

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO

**APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA
BERGAMO E MONTELLO**

PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE

Relazione generale

SCALA:

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

N B 1 R 0 8 D 6 9 R G C A 0 0 0 0 0 0 0 2 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato | Data |
|------|---------------------|---------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| A | Emissione esecutiva | M. Mula | Giugno 2020 | D. Bensaadi | Giugno 2020 | M. Bertinotti | Giugno 2020 | D. Bensaadi | Giugno 2020 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
Dott. Ing. Donato L. Bensaadi
Ordine degli Ingegneri di Roma
Al.6319

File: NB1R08D69RGCA0000002A.doc

n. Elab.:

INDICE

| | |
|--|-----------|
| PARTE A - INQUADRAMENTO GENERALE | 5 |
| 1 PREMESSA..... | 6 |
| 1.1 STRUTTURA DEL PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE | 6 |
| 1.2 SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE..... | 7 |
| 1.2.1 Approccio analitico | 8 |
| 1.2.2 Identificazione degli aspetti ambientali | 8 |
| 1.2.3 Criteri di valutazione degli aspetti ambientali | 10 |
| 1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 12 |
| 1.3.1 Normativa Nazionale | 12 |
| 1.3.2 Normativa Regionale | 12 |
| 2 INQUADRAMENTO GENERALE | 13 |
| 2.1 Descrizione del progetto | 13 |
| 2.2 Organizzazione del sistema di cantierizzazione | 13 |
| PARTE B – ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI | 15 |
| 3 PIANIFICAZIONE E TUTELA TERRITORIALE | 16 |
| 3.1 Pianificazione territoriale e locale | 16 |
| 3.2 Il sistema dei vincoli e delle discipline e di tutela paesistico-ambientale..... | 17 |
| 4 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA | 20 |
| 4.1 Inquadramento demografico..... | 20 |
| 4.2 Inquadramento epidemiologico sanitario | 21 |
| 5 RISORSE NATURALI..... | 23 |
| 5.1 SUOLO..... | 23 |
| 5.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 23 |
| 5.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 34 |
| 5.1.3 Misure di prevenzione e mitigazione..... | 37 |
| 5.2 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE | 38 |
| 5.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 38 |
| 5.2.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 43 |
| 5.2.3 Misure di prevenzione e mitigazione..... | 48 |
| 5.3 BIODIVERSITÀ | 54 |
| 5.3.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 54 |
| 5.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 61 |
| 5.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione..... | 70 |
| 5.4 MATERIE PRIME | 71 |
| 5.4.1 Stima dei fabbisogni | 71 |
| 5.4.2 Gestione dei materiali di fornitura | 71 |
| 5.4.3 Le aree estrattive..... | 71 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.4.4 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 72 |
| 6 | EMISSIONE E PRODUZIONE | 74 |
| 6.1 | DATI DI BASE | 74 |
| 6.1.1 | Ricettori | 74 |
| 6.1.2 | Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione..... | 75 |
| 6.1.3 | Quantità, tipologia e frequenza dei macchinari | 76 |
| 6.1.4 | Viabilità di cantiere | 77 |
| 6.2 | CLIMA ACUSTICO | 78 |
| 6.2.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 78 |
| 6.2.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 83 |
| 6.2.3 | Misure di prevenzione e mitigazione..... | 96 |
| 6.3 | VIBRAZIONI | 100 |
| 6.3.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 100 |
| 6.3.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 105 |
| 6.3.3 | Misure di prevenzione e mitigazione..... | 107 |
| 6.4 | ARIA E CLIMA | 108 |
| 6.4.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 108 |
| 6.4.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 124 |
| 6.4.3 | Misure di prevenzione e mitigazione..... | 146 |
| 6.5 | RIFIUTI E MATERIALI DI RISULTA..... | 152 |
| 6.5.1 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 152 |
| 6.6 | SCARICHI IDRICI E SOSTANZE NOCIVE..... | 153 |
| 6.6.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 153 |
| 6.6.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 153 |
| 6.6.3 | Misure di prevenzione e mitigazione..... | 154 |
| 7 | RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO | 155 |
| 7.1 | PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI | 155 |
| 7.1.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 155 |
| 7.1.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 157 |
| 7.2 | TERRITORIO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE | 160 |
| 7.2.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 160 |
| 7.2.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 163 |
| 7.3 | PAESAGGIO | 165 |
| 7.3.1 | Descrizione del contesto ambientale e territoriale..... | 165 |
| 7.3.2 | Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere | 169 |
| 7.3.3 | Misure di prevenzione e mitigazione..... | 173 |
| 8 | ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI..... | 174 |
| | ALLEGATI..... | 176 |
| | Allegato 1 – Quadro Normativo | |
| | Allegato 2 – Mappe diffusionali | |
| | Allegato 3 – Calcolo produzione polveri | |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 4 di 181 |

Allegato 4 – Calcolo emissione macchinari

Allegato 5 – Risultati GRID



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLIO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLIO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 5 di 181 |

PARTE A - INQUADRAMENTO GENERALE

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 6 di 181 |

1 PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto l'individuazione degli aspetti ambientali significativi, la definizione delle misure di mitigazione e delle procedure operative per contenere gli impatti ambientali relativi al Progetto Definitivo del raddoppio della tratta Curno-Bergamo e del PRG di Ponte San Pietro nell'ambito della direttrice ferroviaria Ponte San Pietro-Bergamo-Montello.

Sulla base dell'attuale assetto del territorio, il presente progetto definisce i criteri generali del sistema di cantierizzazione individuando la possibile organizzazione e le eventuali criticità di questo; va comunque evidenziato che l'ipotesi di cantierizzazione rappresentata non è vincolante ai fini di eventuali diverse soluzioni che l'Appaltatore intenda attuare nel rispetto della normativa vigente, delle disposizioni emanate dalle competenti Autorità, dei tempi e costi previsti per l'esecuzione delle opere. In tal senso sarà, quindi, onere e responsabilità dell'Appaltatore adeguare/ampliare/modificare tale proposta sulla scorta della propria organizzazione del lavoro e di eventuali vincoli esterni.

1.1 STRUTTURA DEL PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE

Il presente elaborato denominato "Relazione Generale" si compone delle seguenti parti:

- Parte A, la presente, con un inquadramento generale dell'opera e del sistema di cantierizzazione;
- Parte B, contenente l'identificazione, la descrizione e la valutazione di significatività delle problematiche ambientali dirette ed indirette che si possono generare in fase di costruzione delle opere, nonché l'illustrazione degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti.

Ad esso sono inoltre correlati i seguenti elaborati:

- NB1R08D69P5CA0000001A Planimetria localizzazione interventi di mitigazione;
- NB1R08D69PZCA0000001A Tipologico barriera antirumore/antipolvere di cantiere;
- NB1R08D69STCA0000001A Computo Metrico Estimativo

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 7 di 181 |

1.2 SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

Per le opere in progetto rientra tra gli oneri dell'Appaltatore l'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale delle attività di cantiere esteso a tutti i siti in cui si svolgono attività produttive, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento, strutturato secondo i requisiti della norma UNI EN ISO 14001 (o Regolamento CE 761/2001).

Il Sistema di Gestione Ambientale prevede in particolare la redazione di un documento di Analisi Ambientale Iniziale, contenente l'analisi dei dati qualitativi e quantitativi dell'impianto di cantiere, dei siti e delle attività di cantiere, allo scopo di stabilire le correlazioni tra attività, aspetti ambientali ed impatti. Tale analisi dovrà esplicitare il processo:

Opera/Parte d'Opera → Lavorazioni → Strumenti ed Attrezzature utilizzati – Materiali impiegati → Aspetti Ambientali → Impatti → Mitigazioni/Prescrizioni/Adempimenti legislativi.

Il predetto documento costituisce quindi un approfondimento del presente, redatto direttamente dall'Appaltatore.

Relativamente al controllo operativo dei cantieri il Sistema di Gestione Ambientale prevede la messa a punto di apposite procedure per:

- caratterizzazione e gestione dei rifiuti e dei materiali di risulta;
- contenimento delle emissioni di polveri e sostanze chimiche nell'atmosfera;
- contenimento delle emissioni acustiche;
- gestione delle sostanze pericolose;
- gestione scarichi idrici;
- protezione del suolo da contaminazioni e bonifica dei siti contaminati;
- gestione dei flussi dei mezzi di cantiere sulla rete stradale pubblica;
- individuazione e risposta a potenziali incidenti e situazioni di emergenza per prevenire ed attenuare l'impatto ambientale che ne può conseguire.

Tali procedure dovranno essere redatte recependo tutte le indicazioni contenute nel presente elaborato, eventuali prescrizioni degli enti competenti in materia di tutela ambientale nonché le eventuali sopraggiunte normative.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 8 di 181 |

Un ulteriore elemento che è qui utile richiamare del Sistema di Gestione Ambientale è il Piano di Controllo e di Misurazione Ambientale: si tratta del documento che pianifica i controlli ambientali da effettuarsi nel corso delle attività di cantiere, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento.

Tale piano implementerà le attività di controllo previste nel presente Progetto Ambientale della Cantierizzazione e da eventuali altre prescrizioni contrattuali.

1.2.1 Approccio analitico

La metodologia generale applicata all'interno del presente documento per l'analisi degli aspetti ambientali di progetto (AAPG) e per lo svolgimento del processo di valutazione fa riferimento agli indirizzi dettati dal sistema di gestione ambientale adottato da Italferr S.p.A. in applicazione alla norma UNI-EN ISO 14001:2004.

Gli Aspetti Ambientali di Progetto, identificati secondo le modalità riportate nei paragrafi seguenti, vengono descritti al fine di fornire informazioni relative alle caratteristiche e specificità che essi assumono nel progetto analizzato.

Nella descrizione, che avviene in termini qualitativi e, ove possibile, quantitativi, sono inserite tutte le informazioni necessarie ai fini della successiva identificazione degli Aspetti Ambientali di Processo ed in particolare:

1. Adempimenti legislativi;
2. Descrizione dello stato iniziale - ante operam – dell'aspetto ambientale in termini di consistenza, stato di conservazione, tendenza evolutiva, ecc.
3. Analisi delle possibili interferenze allo stato iniziale dell'aspetto ambientale ipotizzabili per effetto della costruzione e dell'esercizio dell'opera (corso d'opera – post operam).

1.2.2 Identificazione degli aspetti ambientali

Il Sistema di Gestione Ambientale adottato da Italferr S.p.A. ai sensi della norma UNI-EN ISO 14001:2004 ha identificato, relativamente al processo di progettazione, 14 aspetti ambientali (Aspetti Ambientali Iniziali) comuni a tutti i livelli di progettazione.

Gli Aspetti Ambientali in questione sono:

1. Pianificazione e tutela territoriale
2. Popolazione e salute umana

3. Suolo
4. Acque superficiali e sotterranee
5. Biodiversità
6. Materie prime
7. Clima acustico
8. Vibrazioni
9. Aria e clima
10. Rifiuti e materiali di risulta
11. Scarichi idrici e sostanze nocive
12. Patrimonio culturale e beni materiali
13. Territorio e patrimonio agroalimentare
14. Paesaggio

Tenendo conto degli aspetti ambientali sopra riportati, nella parte B del presente elaborato sarà effettuata una disamina di quelle tematiche ambientali che, in base a considerazioni sulle caratteristiche del territorio, sulla tipologia dell'opera e delle attività da svolgere ed in funzione del sistema di cantierizzazione previsto, sono considerate di rilievo per la fase di cantiere degli interventi previsti dal presente progetto.

Il metodo utilizzato per l'identificazione degli Aspetti Ambientali Significativi di progetto si basa, quindi, sulla correlazione fra gli elementi tipologici di un'opera (tipologie di opera prevalenti) e gli aspetti ambientali tipologici, individuati in base alla scomposizione della "matrice ambiente", riportata nella Tabella 1-1 "Matrice Correlazione Tipologia Opera – Aspetto Ambientale Processo Progettazione Opera".

Sempre nella stessa tabella, sono state evidenziate le tipologie di opera relative al Progetto a cui si riferisce il presente studio in modo da individuare gli AA interessati.

Tabella 1-1: Matrice Correlazione Tipologia Opera – Aspetto Ambientale Processo Progettazione Opera

| TIPOLOGIA OPERA | | | Risorse naturali | | | | Emissione e produzione | | | | | Risorse antropiche e paesaggio | | |
|--|------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------|--------------|---------------|------------------------|------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| | Pianificazione e tutela ambientale | Popolazione e salute umana | Suolo | Acque superficiali e sotterranee | Biodiversità | Materie prime | Clima acustico | Vibrazioni | Aria e clima | Rifiuti e materiali di risulta | Scarichi idrici e sostanze nocive | Patrimonio culturale e beni materiali | Territorio e Patrimonio agroalimentare | Paesaggio |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| RI -Rilevati | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | • | | • |
| TR - Trincee | | • | • | • | • | | • | • | • | • | | • | | • |
| GN -Gallerie naturali | | • | • | • | | • | | • | | • | • | | | |
| GA -Gallerie artificiali / Imbocchi | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | • | | • |
| VI Viadotti | | • | | • | • | • | • | • | | | • | • | | • |
| Viabilità /sottovia in interferenza | | • | | • | | • | • | • | • | • | | | | • |
| FV/FA -Stazioni / Fermate / Fabbricati tecnologici | | • | • | • | • | • | • | | • | • | | • | | • |
| SSE | | • | • | | • | | • | | • | • | | • | | • |
| Armamento | | | | | | • | | | | | | | | |
| Trazione Elettrica | | | | | | | | | | | | | | |
| Siti deposito / approvvigionamento | • | • | | • | | • | • | | • | | | • | • | • |
| Sistema di cantierizzazione (aree di cantiere, aree di stoccaggio, flussi) | • | • | • | • | • | | • | | • | • | • | • | • | • |

1.2.3 Criteri di valutazione degli aspetti ambientali

L'attività condotta nell'ambito delle singole analisi specialistiche documentate nei paragrafi successivi viene effettuata secondo:

- Contestualizzazione della matrice generale di causalità rispetto alle specificità del contesto di localizzazione dell'area di cantiere/lavorazione in esame, al fine di verificare se ed in quali termini gli effetti potenziali ipotizzati possano effettivamente configurarsi
Tale operazione ha consentito di selezionare quegli aspetti che rappresentano i "temi del rapporto Opera – Ambiente", intesi nel presente studio come quei nessi di causalità intercorrenti tra Azioni di progetto, Fattori causali ed effetti potenziali, che, trovando una concreta ed effettiva rispondenza negli aspetti di specificità del contesto localizzativo, informano detto rapporto.
- Analisi e stima degli effetti attesi, sulla base dell'esame di dettaglio delle Azioni di progetto alla base di detti effetti e dello stato attuale dei fattori da queste potenzialmente interessati. Tale analisi ha consentito, in primo luogo, di verificare se già all'interno delle scelte progettuali fossero contenute soluzioni atte ad evitare e/o prevenire il prodursi di potenziali effetti significativi sull'ambiente, nonché, in caso contrario, di stimarne l'entità e, conseguentemente di prevedere le misure ed interventi di mitigazione/compensazione e di monitoraggio ambientale.

Relativamente alla stima degli effetti, la scala a tal fine predisposta è articolata nei seguenti livelli crescenti di significatività:

- A. Effetto assente, stima attribuita sia nei casi in cui si ritiene che gli effetti individuati in via teorica non possano determinarsi, quanto anche laddove è possibile considerare che le scelte progettuali operate siano riuscite ad evitare e/o prevenire il loro determinarsi
- B. Effetto trascurabile, stima espressa in tutti quei casi in cui l'effetto potrà avere una rilevanza non significativa, senza il ricorso ad interventi di mitigazione
- C. Effetto mitigato, giudizio assegnato a quelle situazioni nelle quali si ritiene che gli interventi di mitigazione riescano a ridurre la rilevanza. Il giudizio tiene quindi conto dell'efficacia delle misure e degli interventi di mitigazione previsti, stimando con ciò che l'effetto residuo e, quindi, l'effetto nella sua globalità possa essere considerato trascurabile
- D. Effetto oggetto di monitoraggio, stima espressa in quelle particolari circostanze laddove si è ritenuto che le risultanze derivanti dalle analisi condotte dovessero in ogni caso essere suffragate mediante il riscontro derivante dalle attività di monitoraggio
- E. Effetto residuo, stima attribuita in tutti quei casi in cui, pur a fronte delle misure ed interventi per evitare, prevenire e mitigare gli effetti, la loro rilevanza sia sempre significativa

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 12 di 181 |

1.3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1.3.1 **Normativa Nazionale**

Il Progetto Ambientale della Cantierizzazione è stato redatto in conformità alle principali normative nazionali applicabili alle finalità del presente studio, sulla base di quanto riportato nel documento redatto da Italferr in data 20/10/2010 e revisionato in data 19/03/2015 “Quadro Normativo per la progettazione ambientale e archeologica delle opere infrastrutturali”, che raccoglie le principali norme ambientali applicabili alle attività di progettazione, monitoraggio ambientale, realizzazione e collaudo delle opere infrastrutturali (cfr. Allegato 1 alla presente relazione).

Per far fronte alla continua evoluzione della normativa relativa a ciascuna delle matrici ambientali significative sottodescritte, il Gruppo Ferrovie dello Stato, nel rispetto dei requisiti generali previsti dalla norma UNI EN ISO 14001, si è dotato di un presidio normativo, contenente i principali riferimenti a carattere nazionale e regionale, disponibile online all’indirizzo <http://presidionormativo.italferr.it/>.

1.3.2 **Normativa Regionale**

DGR n. 2880 del 29 dicembre 2011 *“Ricognizione sistematica e riordino degli Atti Amministrativi Regionali in materia di gestione dei rifiuti”*

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 13 di 181 |

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Descrizione del progetto

Gli interventi previsti dal Progetto Definitivo, così come riportato nell'elaborato "NB1R08D26P7NV02000001_Planimetria di progetto e tracciamento" e nell'elaborato "NB1R08D26P7NV03000001_Planimetria di progetto e tracciamento", sono indicati in Tabella 2-1 e descritti a seguire.

Tabella 2-1 Interventi principali previsti dal Progetto Definitivo – Lotto 8

| WBS | Intervento | Da Pk | A Pk |
|------|----------------------------------|--------|------|
| NV02 | Viabilità di accesso al sottovia | 29+660 | |
| NV03 | Viabilità di accesso al sottovia | 31+085 | |

In congruenza con gli input progettuali e nel rispetto delle indicazioni nonché esigenze emerse nel corso degli incontri effettuati con i vari Comuni interessati dal progetto del raddoppio ferroviario, si prevede la soppressione di tutti i passaggi a livello lungo la linea ferroviaria da Bergamo a Montello.

Di seguito si riportano, pertanto, gli interventi progettuali inerenti alla viabilità sostitutiva nella tratta ferroviaria Bergamo – Montello.

Tabella 2-2 Opere viarie connesse al progetto – Lotto 8

| Progressiva | Nome viabilità | WBS di progetto | Tipologia opera |
|-------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|
| 29+660 | SP70 (29+503) | NV02 | soppressione PL – nuovo sottovia |
| 31+085 | Via Filzi (33+843) | NV03 | soppressione PL – nuovo sottovia |

2.2 Organizzazione del sistema di cantierizzazione

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della linea ferroviaria.

In particolare, è prevista la realizzazione delle seguenti tipologie di cantieri:



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| | | | | | |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 14 di 181 |

- Cantieri Base (CB)
- Cantieri Operativi (CO)
- Aree Tecniche (AT)
- Aree di Armamento e attrezzaggio tecnologico (AR)
- Aree di Stoccaggio (AS)
- Aree di deposito terre (DT)

Nella tabella che segue si riportano nel dettaglio le aree di cantiere previste per la realizzazione degli interventi in esame.

Tabella 2-3 Elenco aree di cantiere – Lotto 8

| Codice | WBS | Superficie | Comune | Provincia |
|---------------|------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 2.AT.04 | - | 1.280 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.AT.05 | - | 1.400 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.AS.04 | - | 2.365 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.AS.05 | - | 3.195 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.AS.06 | - | 1.667 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.AS.07 | - | 2.055 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.CO.02 | NV02 | 2.930 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.CO.03 | NV03 | 1.351 | Albano S. Alessandro | BG |
| 2.CB.01 | - | 3.000 | San paolo D'Argon | BG |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 15 di 181 |

PARTE B – ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 16 di 181 |

3 PIANIFICAZIONE E TUTELA TERRITORIALE

3.1 Pianificazione territoriale e locale

Rimandando a quanto riportato nello Studio di impatto ambientale (NB1R80D22RGS000001001A) in merito allo stato della pianificazione territoriale e locale, nonché ai relativi contenuti, nell'ambito della presenta relazione l'attenzione è stata centrata sullo stato approvativo.

A tal riguardo, i livelli e gli strumenti di pianificazione presi in considerazione sono stati i seguenti:

- Pianificazione di livello regionale, con specifico riferimento alla pianificazione paesaggistica (Piano Territoriale Regionale e Piano Paesaggistico Regionale)
- Pianificazione di livello provinciale, con riferimento al Piano Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP)
- Pianificazione di livello locale, con riferimento ai Piani di Governo del Territorio (PGT)

In breve, per quanto riguarda la pianificazione di livello regionale, il Piano Territoriale Regionale (PTR), approvato con DCR del 19/01/2010 e successivi aggiornamenti, costituisce atto fondamentale di indirizzo della programmazione di settore della Regione, nonché di orientamento della programmazione e pianificazione territoriale dei comuni e delle province.

Il PTR, in applicazione dell'art. 19 della LR 12/2005, assolve la natura e detiene gli effetti di piano territoriale paesaggistico ai sensi della legislazione nazionale (D.lgs. n. 42/2004 e smi). In tal senso, il PTR 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.

Rispetto agli strumenti di pianificazione sott'ordinati redatti dagli enti provinciali, comunali e dagli enti gestori, redatti e conformati secondo gli obiettivi e le logiche di tutela paesaggistica del PPR, questi si configurano come atto paesaggistico di maggiore definizione rispetto al PPR stesso.

Relativamente alla pianificazione di livello provinciale, la provincia di Bergamo è dotata del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, approvato con DCP n. 40 del 22/04/2004.

Il PTCP specifica i contenuti del Piano Paesistico Regionale e quindi esso assume specifica valenza paesistica ed è parte integrante del Piano del Paesaggio Lombardo.

Il PTCP articola i propri contenuti rispetto alle seguenti tematiche di interesse territoriale:

- Tutela del suolo e regimazione delle acque,

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 17 di 181 |

- Aspetti paesistico ambientali e sistema delle reti ecologiche,
- Infrastrutture per la mobilità,
- Organizzazione e disciplina degli insediamenti.

Per quanto riguarda il livello comunale, in riferimento alla LR 12/2005, la pianificazione comunale si attua mediante il Piano di Governo del Territorio (PGT) che definisce l'assetto dell'intero territorio comunale ed è articolato nei seguenti atti:

- il Documento di Piano,
- il Piano dei Servizi,
- il Piano delle Regole.

Il quadro pianificatorio delle diverse realtà amministrative interessate dagli interventi in esame è riassunto sinteticamente nella Tabella 3-1.

Tabella 3-1 – Stato della pianificazione urbanistica

| Ambito amministrativo | Piano | Estremi approvativi |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Comune di Albano Sant'Alessandro | Piano di Governo del Territorio | DCC n. 23 del 12/09/2011 |
| Comune di Montello | Piano di Governo del Territorio | DCC n. 4 del 26/02/2009 |
| Comune di San Paolo D'Argon | Piano di Governo del Territorio | DCC n. 15 del 03/06/2010 |

Per ulteriori approfondimenti e dettagli riguardo lo stato di pianificazione territoriale e locale si rimanda al documento "NB1R80D22RGSA0001001A Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".

3.2 Il sistema dei vincoli e delle discipline e di tutela paesistico-ambientale

Per il progetto in esame, le tipologie di vincoli rispetto ai quali l'opera in progetto è stata oggetto di approfondimento sono le seguenti:

- Beni culturali di cui alla parte seconda del D.lgs. 42/2004 e smi*
- Beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.lgs. 42/2004 e smi e segnatamente ex artt. 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico", 142 "Aree tutelate per legge"*

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 18 di 181 |

C. Aree naturali protette, così come definite dalla L 394/91 e dalla LR 86/1983, ed aree della Rete Natura 2000

D. Vincolo idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923

Dalle analisi e approfondimenti effettuati per la verifica di interferenze tra le tipologie di vincoli e le aree di cantiere previste per il progetto in esame, si evidenzia l'interferenza delle suddette aree esclusivamente con i beni paesaggistici che rientrano al punto B) del precedente elenco.

La tabella che segue mostra le interferenze tra i beni paesaggistici e le aree di cantiere.

Tabella 3-2 Rapporto tra Beni paesaggistici e aree di cantiere fisso Lotto 8

| Cantiere | Bene paesaggistico |
|----------|------------------------------|
| 2.AT.04 | - |
| 2.AT.05 | Art. 142 co. lett. c |
| 2.AS.04 | - |
| 2.AS.05 | Art. 136 co. 1 lett. c) e d) |
| 2.AS.06 | Art. 142 co. lett. c |
| 2.AS.07 | Art. 142 co. lett. c |
| 2.CO.02 | Art. 136 co. 1 lett. c) e d) |
| 2.CO.03 | Art. 142 co. lett. c |
| 2.CB.01 | Art. 142 co. lett. g |

Come si evince dalla tabella precedente, quasi tutte le aree di cantiere fisso sono coinvolgono territori oggetto di vincoli paesaggistici, costituiti da:

- Area di notevole interesse pubblico di cui all'art. 136 co. 1 lett. c) e d) del D.lgs. 42/2004 e smi
 - "Sistema collinare di Comonte, Brusaporto, e Monte Tomenone" (DGR 30 settembre 2004);
- Aree tutelate per legge di cui all'art. 142 del D.lgs. 42/2004 e smi e nello specifico:



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 19 di 181 |

- fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna (Art. 142 co. 1 lett. c);
- territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227 (Art. 142 co. 1 lett. g).

Per ulteriori approfondimenti circa il quadro vincolistico e tutela ambientale si rimanda al documento “NB1R80D22RGSA0001001A Studio di impatto ambientale – Relazione Generale”.

4 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

4.1 Inquadramento demografico

Secondo i dati dell'Istat¹, riferiti all'anno 2018, la popolazione residente in Lombardia è di circa 10 milioni, dei quali circa 4,9 mln sono uomini e 5,1 mln donne.

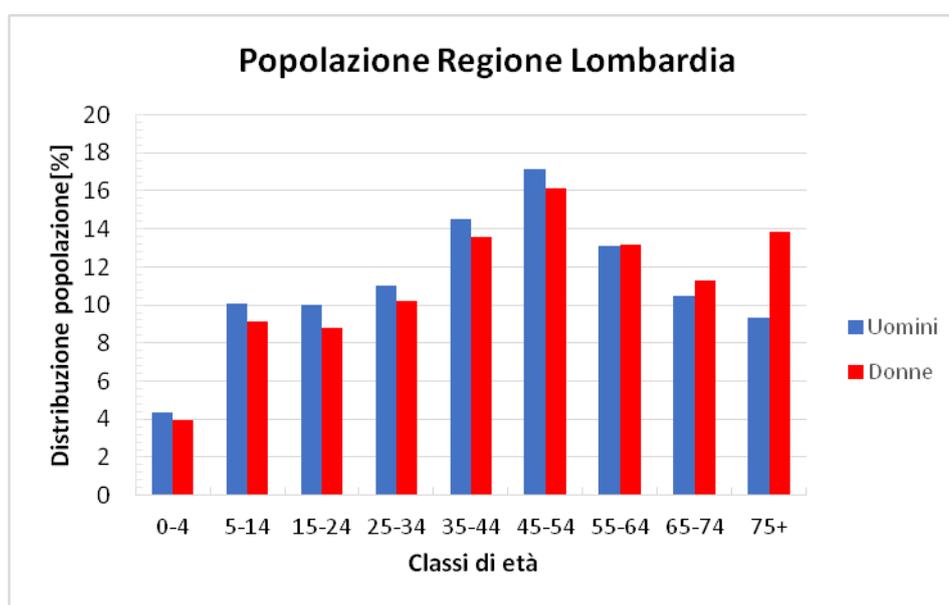


Figura 4-1 Composizione della popolazione residente in Lombardia distinta per tipologia e fascia d'età (elaborazione HFA 2019 - anno 2018)

A livello provinciale, la popolazione residente nella provincia di Bergamo, all'annata 2018, ammonta a circa 1.112.813 individui, ripartiti in 551.911 uomini e 560.902 donne.

¹ Sistema informativo territoriale su sanità e salute – Health for All (HFA) Italia - aggiornato a dicembre 2019

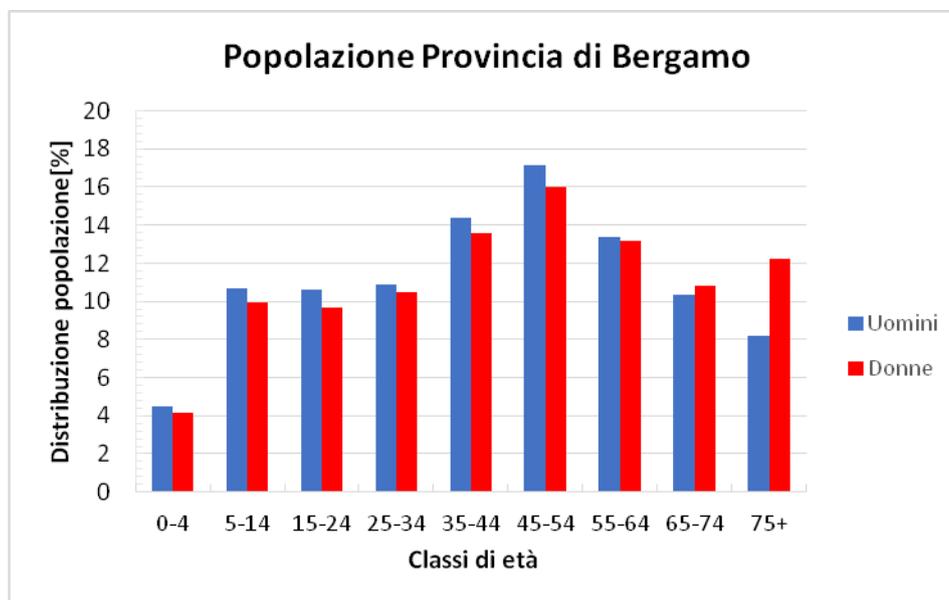


Figura 4-2 Composizione della popolazione residente nella Provincia di Bergamo distinta per tipologia e fascia d'età (elaborazione HFA 2019 - anno 2018)

4.2 Inquadramento epidemiologico sanitario

Per ottenere un corretto quadro dello stato di salute della popolazione dell'area di studio sono stati analizzati gli ultimi dati disponibili forniti da Istat sulla mortalità nell'anno 2016 e sulla morbosità nell'anno 2018, in funzione alle seguenti patologie indagate:

- tumori;
- patologie del sistema cardiovascolare;
- patologie del sistema respiratorio;
- patologie del sistema nervoso.

Dallo studio del contesto epidemiologico effettuato sui dati messi a disposizione dall'Istat, è stato possibile confrontare lo stato di salute relativo alla provincia di Bergamo, con i valori dell'ambito regionale lombardo e nazionale. Ne è emerso che le cause di decesso maggiormente incidenti nella provincia risultano essere le malattie del sistema circolatorio ed i tumori maligni.

Per quanto riguarda le cause di ospedalizzazione quelle che influiscono maggiormente sono le malattie del sistema circolatorio seguite dai tumori maligni e dalle malattie dell'apparato respiratorio.

Da tali confronti è possibile affermare che allo stato attuale tra la provincia di Bergamo e l'ambito regionale e nazionale non esistono sostanziali differenze tra i valori di mortalità e di ricoveri relativi



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 22 di 181 |

alle patologie eventualmente collegate alle attività pertinenti con l'opera oggetto di studio. È pertanto possibile escludere fenomeni specifici rispetto all'infrastruttura in esame.

5 RISORSE NATURALI

5.1 SUOLO

5.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

5.1.1.1 Inquadramento geologico

Gli interventi in progetto si sviluppano nel settore centrale della regione Lombardia, nel comune di Albano Sant'Alessandro.

Il territorio dell'area oggetto di studio è suddivisibile in due settori distinti dal punto di vista geologico e geomorfologico:

- la zona dei colli appartiene alla porzione più meridionale delle Prealpi Lombarde che è formata da rocce di età cretacea, fagliate e piegate;
- la fascia pedecollinare e la pianura sono costituite da ampie falde di depositi quaternari originati dallo smantellamento sin-orogenetico e post-orogenetico delle rocce del substrato roccioso.

Generalmente è possibile affermare l'area di progetto si trova a ridosso della fascia pedecollinare, nella zona più settentrionale di quella di pianura.

Dal punto di vista dell'assetto geologico strutturale, il territorio oggetto di studio è situato nella provincia tettonica delle Alpi e Prealpi Orobiche, a loro volta comprese nelle Alpi Meridionali. Le Alpi Meridionali sono caratterizzate da uno stile tettonico a pieghe e sovrascorrimenti, differente da quello dell'edificio alpino vero e proprio in quanto sono interessate unità appartenenti allo stesso dominio paleogeografico e non sono caratterizzate da significativi episodi di metamorfismo.

L'attuale assetto geologico delle Alpi e delle Prealpi è il risultato di un processo orogenetico molto articolato.

Più in dettaglio le Alpi e Prealpi Orobiche sono suddivise in cinque settori, estesi in senso est-ovest, con differenti caratteristiche strutturali, di seguito elencate:

- 1) il Basamento orobico: situato lungo il fianco idrografico destro della Valtellina. È caratterizzato da deformazioni del basamento cristallino con un sovrascorrimento sudvergente sopra la serie sedimentaria permo-triassica.
- 2) l'Anticlinale Orobica: ubicata nel settore settentrionale della provincia di Bergamo. Presenta un sistema di pieghe e sovrascorrimenti che interessa la copertura sedimentaria permo-triassica.

- 3) la Scaglia Valtorta-Valcanale: si trova in una stretta fascia a sud della linea Valtorta-Valcanale. I litotipi triassici che la costituiscono sono sovrascorsi, raddrizzati e tettonizzati.
- 4) il Parautoctono e le unità alloctone: è ubicato nel settore centrale delle Prealpi Orobiche e ne costituisce l'unità strutturale fondamentale; è caratterizzato da uno stile strutturale a faglie e sovrascorrimenti che localmente provocano una duplicatura o triplicatura della sequenza carbonatica triassica.
- 5) il settore a pieghe-faglie (Flessura Pedemontana): ubicato nel settore meridionale delle Prealpi Orobiche fino al margine della pianura. È caratterizzato da uno stile a pieghe e a pieghe-faglie, con disposizione dei piani assiali prevalente est-ovest. In questa parte delle Prealpi Orobiche la Flessura Pedemontana è ben rappresentata dall'anticlinale dell'Albenza e da diverse pieghe minori associate, dritte o rovesciate, ed è costituita da una cintura di pieghe en echelon SSO vergenti e faglie con immersione regionale N/110-120. Verso ovest, l'unità è interrotta lateralmente dalla faglia Roncola-Catremerio, situata pochi chilometri a sud di Costa Valle Imagna.

I rilievi del comune di Albano Sant'Alessandro appartengono, dal punto di vista strutturale, alla zona a pieghe e a faglie delle Prealpi.

Da un punto di vista stratigrafico, le unità litostratigrafiche che costituiscono il substrato roccioso appartengono al periodo Cretaceo medio-superiore.

Sono unità di facies torbidity generate dall'azione di correnti sottomarine ad elevata velocità e ad alta densità, in grado di rimuovere ingenti quantità di sedimenti di acque basse e litoranee e di ridepositarli in zone più profonde.

L'affioramento del substrato è generalmente concentrato nel settore nord-occidentale, oppure non riconoscibile a causa dell'estesa copertura detritica quaternaria rappresentata anche dalle unità di bacino dei fiumi Adda, Brembo, Serio e Morla. La coltre detritica è costituita da materiale incoerente distinto sulla base dell'età relativa nonché dei meccanismi di deposizione ed è formata prevalentemente da terreni di origine fluvioglaciale.

I terreni presenti sono costituiti da:

- da depositi ghiaioso-sabbioso in matrice limosa appartenenti al Supersistema di Grassobbio, sovrastanti materiali appartenenti al Supersistema di Gorle e, a partire da 21 metri da p.c., arenarie del Flysch di Pontida.
- da depositi sabbioso-ghiaiosi appartenenti al Supersistema di Palazzago, sovrastante il Supersistema della Selva di Clusone ed il Supersistema di Gorle.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 25 di 181 |

Per un maggior approfondimento si rimanda all'elaborato specialistico "Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica" (NB1R00D69RGGE0001001A) e relativi allegati.

5.1.1.2 Inquadramento geomorfologico

Le aree di studio ricadono in un territorio pressoché pianeggiante, facente parte del bacino della Pianura Padana, a ridosso dei sistemi di pieghe e faglie che vanno a formare la fascia collinare al bordo delle Prealpi orobiche.

L'ampio bacino della Pianura Padana presenta caratteristiche climatiche, geologiche, paesaggistiche e antropiche assai peculiari e varie, nonostante la sua apparente omogeneità.

La Pianura Padana è un ampio bacino sedimentario colmato da ingenti spessori di sedimenti sciolti di età quaternaria ed origine prevalentemente alluvionale. L'approfondimento del bacino avvenne in epoca pre-quaternaria, già dal Miocene medio, ed il sollevamento della catena appenninica portò alla formazione di un vasto golfo marino che iniziò a colmarsi di sedimenti. L'evoluzione plio-quaternaria della pianura si può dividere in tre fasi:

1. Sedimentazione di depositi continentali, deltizi e di piana costiera (Pliocene sup. - Pleistocene inf.; prima di 700.000 anni fa).
2. Sedimentazione di depositi governati dall'alternarsi delle fasi glaciali ed interglaciali pleistocenici (da circa 700.000 a 10.000 anni fa).
3. Cicli di sedimentazione ed erosione di età olocenica (post-glaciale), cui si accompagna l'impatto antropico (da circa 10.000 anni fa ad oggi).

Dal punto di vista morfologico e morfo-stratigrafico, si possono distinguere alcuni grandi sistemi fisiografici principali. Procedendo da nord si incontra, presso il margine alpino ed allo sbocco delle principali vallate prealpine, il sistema di depositi glaciali che costituiscono gli apparati morenici del limite alpino. Questo sistema è composto da una grande varietà di sedimenti di origine glaciale, proglaciale ed eolica, depositi durante le fasi di maggiore recrudescenza climatica del Pleistocene, quando i ghiacciai alpini si spingevano sino al margine della pianura trasportando e depositando materiali erosi nelle Alpi. Vi si trovano morfologie relitte e inattive, che testimoniano condizioni morfodinamiche, climatiche ed ambientali non in equilibrio con il sistema attuale. Depositi e forme sono databili al Pleistocene; le morfologie meglio conservate sono quelle relative all'ultima espansione glaciale – comunemente definito in letteratura come Würm – che raggiunse il suo massimo all'incirca 18.000 anni fa. Su questi depositi si sono sviluppati, dal momento del ritiro dei ghiacciai fino ad oggi, suoli derivanti dall'azione dei processi di alterazione pedogenetica; si



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 26 di 181 |

tratta nella maggior parte dei casi di suoli profondi e discretamente alterati dall'evoluzione continuativa almeno degli ultimi 15.000 anni circa.

La porzione centrale della Pianura Padana è occupata dal sistema dei depositi alluvionali. Nel settore di pianura a nord del Po si riconosce una certa omogeneità nella sequenza evolutiva. In corrispondenza del margine prealpino si individua un sistema di conoidi che va a raccordarsi con i complessi morenici delle glaciazioni più recenti, e che, procedendo verso l'area centro-padana, forma un ampio terrazzo rilevato rispetto agli alvei dei principali corsi d'acqua di provenienza alpina, sebbene con alcune significative eccezioni (il fiume Serio).

Questo terrazzo è tradizionalmente indicato dalla letteratura scientifica quale "Livello Fondamentale della Pianura", la cui superficie, lievemente ondulata da una serie di dossi, è interrotta dalle incisioni dei principali tributari sinistri del Po che vanno a costituire un sistema di valli, il cui limite è sottolineato da scarpate erosive. In queste stesse valli è sovente possibile distinguere più terrazzi morfologici; vi affiorano depositi fluviali olocenici del cosiddetto "Alluvium attuale" ed "Alluvium medio": si tratta di sedimenti sciolti, con tessitura da ghiaiosa a limosa, al cui tetto si trovano suoli poco evoluti.

L'assetto fisiografico e stratigrafico della pianura alluvionale riflette i caratteri dell'evoluzione morfologica durante il Quaternario. Il modello evolutivo più recente ritiene, in linea generale, che il "livello fondamentale" rappresenti l'ultima grande fase di riempimento del bacino padano, i cui più recenti episodi di accrescimento si sarebbero attuati alla fine del Tardiglaciale.

Successivamente, nell'Olocene iniziale un'intensa fase erosiva portò i corsi d'acqua di provenienza alpina ad incidere linearmente i depositi del livello fondamentale, approfondendosi rispetto ad esso e dando origine alle valli.

In tal modo la superficie del livello fondamentale, isolata dai fenomeni fluviali che avevano luogo nelle valli, è venuta a trovarsi in una situazione di sostanziale stabilità geomorfologica, soggetta ai soli processi pedogenetici e, a meno di alcune eccezioni, senza significativi fenomeni di sedimentazione.

Questa morfologia di tipo pianeggiante la si può riscontrare in prossimità degli interventi in progetto.

Per un maggior approfondimento si rimanda all'elaborato specialistico "Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica" (NB1R00D69RGGE0001001A) e relativi allegati.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 27 di 181 |

5.1.1.3 Inquadramento idrogeologico

La successione stratigrafica dei depositi presenti nel sottosuolo della provincia di Bergamo individua due unità idrogeologiche corrispondenti a due sistemi acquiferi principali: un sistema superficiale, con falda libera/semiconfinata, ed uno inferiore con falda confinata.

1. L'unità superiore è formata da ghiaie e sabbie passanti con la profondità a conglomerati ed arenarie, con intercalazioni di limi ed argille. Lo spessore medio è di 80-100 metri ed il limite inferiore è posizionato convenzionalmente in corrispondenza delle prime intercalazioni metriche di argille che abbiano continuità orizzontale.
2. L'unità inferiore è costituita da più livelli permeabili ghiaiosi ma soprattutto conglomeratici, porosi e fessurati, separati da setti argillosi; con la profondità si registra un progressivo aumento della componente argillosa: i livelli conglomeratici sono sede di falde confinate captate, a scopo idropotabile, nei comuni a sud di Bergamo.

Per quanto concerne il Comune di Albano Sant'Alessandro, in cui sono inseriti gli interventi in progetto, il territorio è costituito da due litozone principali.

La prima, più superficiale, è costituita da ghiaie eterogenee frammiste a sabbie limose con locali lenti argillose, ed ha uno spessore variabile che tende ad aumentare verso est. La seconda litozona è costituita da depositi conglomeratici, la cui fratturazione consente la circolazione idrica. Il livello conglomeratico perde di continuità spostandosi verso est, contemporaneamente all'avvicinarsi del substrato roccioso alla superficie. Alla base della successione fluvioglaciale è presente un livello argilloso che impedisce l'alimentazione per fratturazione del substrato roccioso. L'innalzamento del substrato roccioso determina il sollevamento della falda verso est. Nonostante ci si trovi ad attraversare una zona tendenzialmente pianeggiante, con variazioni topografiche limitate, è presente una dorsale sommersa, rappresentante lo spartiacque, che condiziona il flusso sotterraneo delle acque. Questo carattere morfologico ha una sua corrispondenza diretta osservando l'andamento delle isopieze determinando un certo sollevamento della falda in corrispondenza dello spartiacque stesso. A contatto con il substrato roccioso sono presenti argille cineree o verdognole con spessore variabile. Sulle argille si sovrappone un eterogeneo spessore di depositi alluvionali costituito da ghiaie sciolte o cementate (conglomerato) intercalate da locali lenti sabbiose o limose, a tetto dei quali si possono riscontrare taluni livelli di argille di un certo spessore, di origine glacio-palustre.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 28 di 181 |

La falda idrica si attesta ad una profondità poco maggiore ai 10 metri dal piano campagna. I conglomerati presentano, al loro interno, intercalazioni di ghiaie sabbioso - limose e livelli di argilla. I conglomerati sono rappresentati in quasi tutta la sezione sotto forma di lenti più o meno spesse. La sezione permette di individuare la presenza di un acquifero monostrato tale da ritenere che l'unica litozona sfruttabile sia quella più superficiale alluvionale sovrastante le argille cineree. La carta delle isopiezometriche del PGT comunale mostra un flusso diretto da NW verso sud-est con quote piezometriche comprese tra i 240 m s.l.m a nord-ovest ed i 220 m s.l.m. ad est dell'abitato di Albano. La soggiacenza media della falda all'interno dell'area comunale oscilla tra -13.0m da p.c. a nord-ovest e i -10.0m da p.c. a sud-est.

5.1.1.4 Sismicità

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e degli effetti macrosismici registrati nel sito di progetto nel corso di terremoti storici.

Successivamente, facendo diretto riferimento alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica in funzione delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere e della loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Con riferimento sempre alle indicazioni normative, la definizione dell'accelerazione di progetto si baserà sulla effettiva localizzazione delle opere.

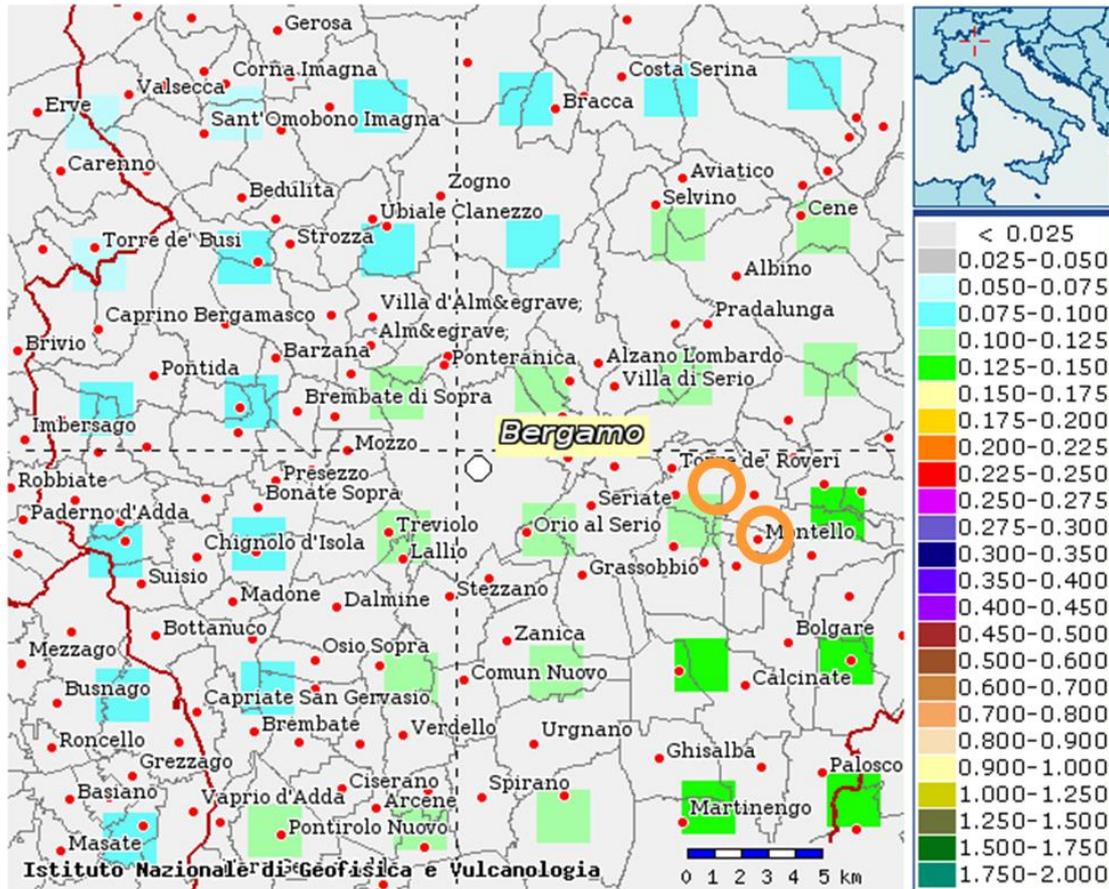


Figura 5-1 Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno degli interventi di progetto in arancione da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Ai sensi delle NTC2018, l'azione sismica deve essere innanzitutto determinata in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); si fa qui riferimento alle tabelle in allegato alla edizione 2008 delle NTC, le quali elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, in corrispondenza dei punti di una griglia di apertura 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 5-1).

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", viene effettuata una suddivisione del territorio nazionale su base sismica. Per la Regione Lombardia la nuova zonizzazione sismica approvata con la DGR n. X/5001 del 30/03/2016 e le disposizioni previste dalla LR n. 33/2015 del 12/10/2015 sono divenute efficaci dal 10/04/2016 (Figura 5-2). Sulla base

della zonizzazione sismica aggiornata, gli interventi in progetto ricadono interamente all'interno della zona sismica 3 e dunque risultano caratterizzati da una sismicità moderata.

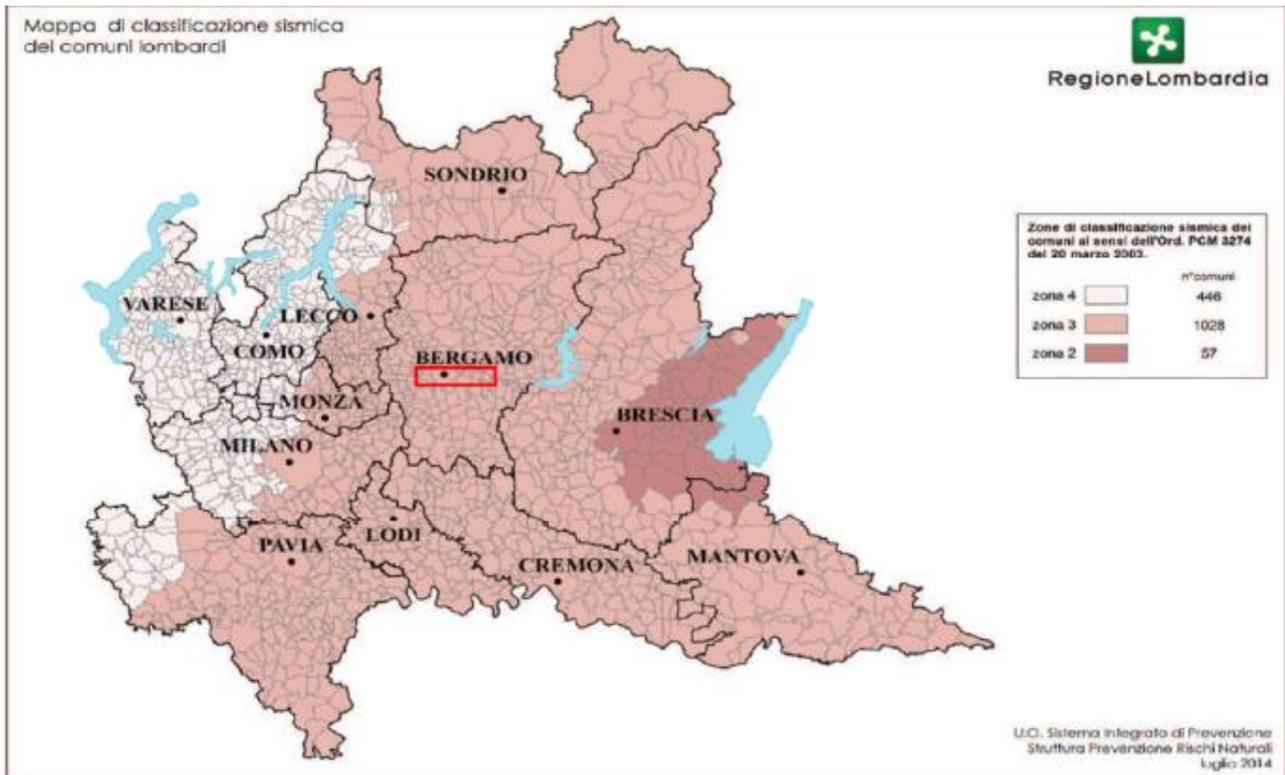


Figura 5-2 Mappa della classificazione sismica regionale. L'area di progetto è indentifica in rosso.

I risultati della campagna di indagini geofisiche (che ha compreso l'esecuzione di prove MASW in numero di 16 lungo il tracciato e 2 prove Down-Hole) hanno evidenziato che il sito di progetto è classificabile in categoria di suolo B. Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, nessuno dei motivi di esclusione risulta verificato a priori, per cui dovrà essere effettuata una verifica del fenomeno di liquefazione, oggetto della relazione geotecnica.

Tenuto conto della Classe d'Uso II (linea ferroviaria), la valutazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica pari a quello dello stato limite SLV, ossia 475 anni. I risultati di tale analisi mostrano come siano dominanti terremoti con valori di magnitudo compresi tra 4.0-5.5 ed epicentro a distanza 0-20 km. I valori medi di magnitudo e distanza da analisi di disaggregazione sono rispettivamente $M=4.74$ e $d=9.36$. Sulla base della sismicità storica, la magnitudo di riferimento da considerare risulta generalmente più elevata. Tenendo conto dei terremoti con maggiore risentimento nell'area di progetto è ragionevole assumere, una magnitudo di riferimento per la verifica a liquefazione pari a 5.8.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 31 di 181 |

Per un maggior approfondimento si rimanda all'elaborato specialistico "Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica" (NB1R00D69RGGE0001001A) e relativi allegati.

5.1.1.5 Siti contaminati e potenzialmente contaminati

Siti di interesse nazionale

I **Siti di Interesse Nazionale (SIN)** sono riconosciuti dallo Stato in funzione delle caratteristiche del sito, delle caratteristiche degli inquinanti e della loro pericolosità, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali.

I Siti di Interesse Nazionale **in Italia sono 57** e sono stati istituiti a partire dal 1998 con la [legge 9 dicembre 1998, n. 426](#), che prevedeva l'adozione del Programma Nazionale di bonifica e identificava un primo elenco di interventi di bonifica di interesse nazionale.

Dal 1998, con Decreto ministeriale 18 settembre 2001, n. 468, "Regolamento recante: Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale", è stato adottato un ulteriore programma di finanziamento e l'istituzione di nuovi SIN, tra cui quelli di Bovisa/Gasometri di Milano e Cascina Gazzera di Cerro al Lambro in provincia di Milano. La [legge 31 luglio 2002, n. 179](#), "Disposizioni in materia ambientale", aggiunge nove siti da bonificare di interesse nazionale, riconoscendo in regione Lombardia i siti di Mantova, Brescia e Broni (Pavia).

Le perimetrazioni dei SIN sono definite ed approvate con decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del Mare e seguono un iter di concertazione tra gli enti locali e la regione.

In Regione Lombardia sono stati riconosciuti i seguenti Siti di Interesse Nazionale:

- SIN di Broni,
- SIN di Brescia Caffaro,
- SIN Sesto San Giovanni, Milano,
- SIN Pioltello e Rodano,
- SIN Laghi di Mantova e polo chimico.

Siti di interesse regionale e di competenza comunale

Il [decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152](#), ha assegnato alle Regioni gli adempimenti tecnico-amministrativi per la bonifica dei siti contaminati.

La Regione Lombardia, con [legge regionale 27 dicembre 2006, n. 30](#), ha trasferito ai Comuni le funzioni amministrative inerenti gli interventi di bonifica di siti contaminati che ricadono interamente

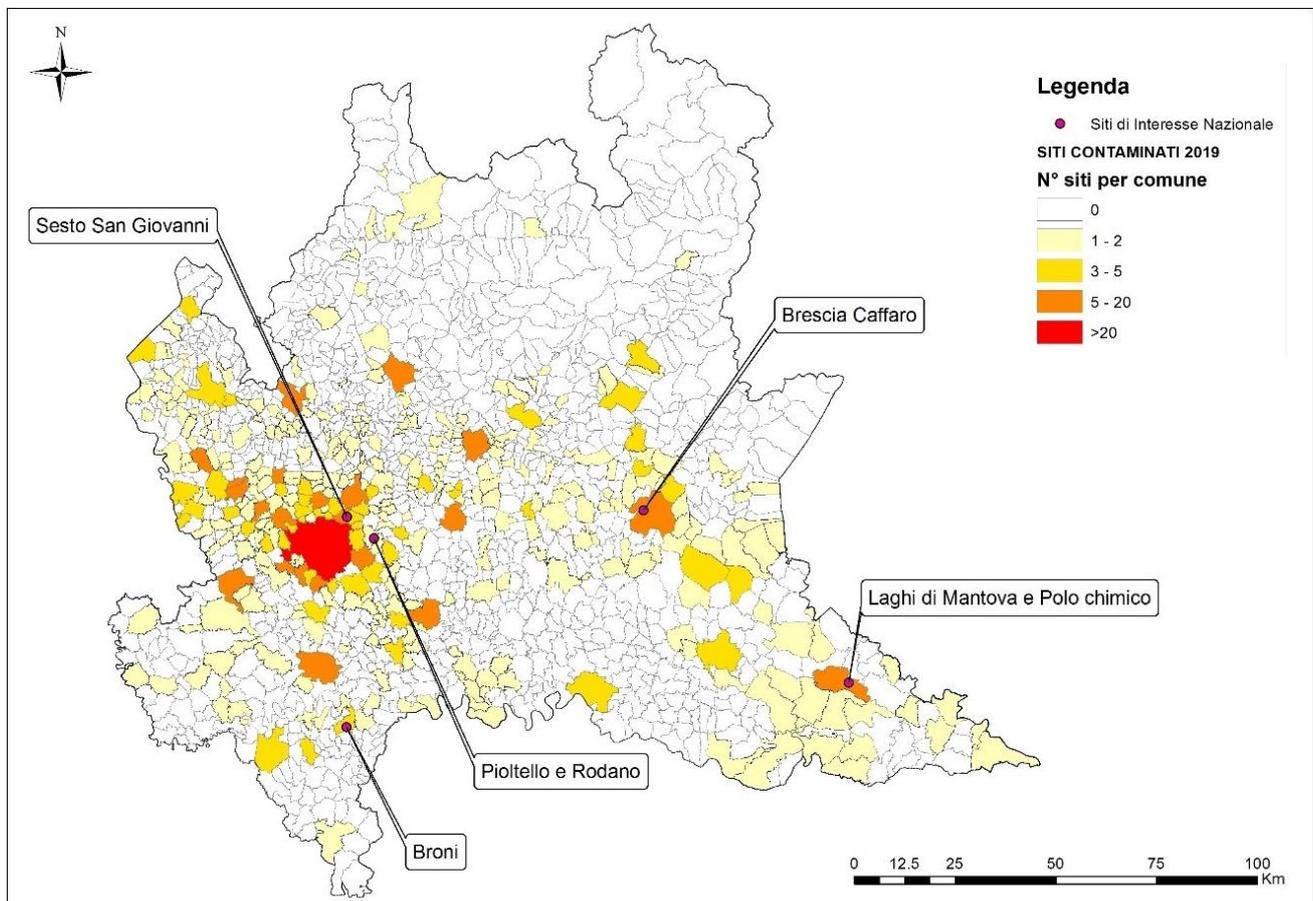
nel territorio comunale. Con successiva [D.g.r. n. 4033 del 24 gennaio 2007](#) ha dettato le modalità di trasferimento delle competenze a carico dei Comuni.

Alla Regione viene posta a carico la responsabilità del procedimento per i siti contaminati ricadenti sul territorio di due o più Comuni. Il procedimento prevede sempre l'approvazione del piano della caratterizzazione, dell'analisi di rischio sito-specifica e del progetto operativo di bonifica.

Ogni singola fase procedimentale si conclude con il documento amministrativo che prende atto delle conclusioni raggiunte nella Conferenza di Servizi, convocata ai sensi dell'art. 14 della [Legge 7 agosto 1990, n. 241](#) e s.m.i.

È facoltà della Regione e del Comune determinare l'entità della garanzia finanziaria fino a un massimo del 50% della stima dei costi di bonifica. La garanzia è prestata a favore di Regione Lombardia per i siti regionali e a favore dei Comuni per i siti comunali.

La figura seguente mostra i SIN e i siti contaminati aggregati a livello comunale della Regione Lombardia.



| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 33 di 181 |

Figura 5-3 Siti Contaminati – Dati ISPRA 2019

L'area di progetto non ricade nei siti di interesse nazionale da sottoporre a procedimento di Bonifica.

Siti oggetto di procedura di bonifica

Il Piano di Bonifica è impostato su contenuti innovativi rispetto alla precedente pianificazione, conseguenti sia al mutamento del contesto normativo di riferimento, sia all'esperienza derivata in materia anche a seguito della attuazione della pianificazione stessa.

Tra tali contenuti innovativi sono da considerare la piena presa in carico della riqualificazione delle aree contaminate e bonificate, in una prospettiva di sviluppo socio – economico delle comunità locali interessate, l'impulso all'avvio delle procedure di caratterizzazione dei siti potenzialmente contaminati per la eventuale successiva bonifica, le attività di comunicazione volte alla diffusione delle informazioni sulle aree contaminate e sulle loro potenzialità di riqualificazione ambientale e urbanistica, in modo da raggiungere una vasta platea di soggetti potenzialmente interessati, le intese con i Comuni per avviare e completare la bonifica e la riqualificazione delle aree contaminate in tempi certi, l'armonizzazione della procedura di bonifica con le altre normative e pianificazioni in materia ambientale e urbanistica, mettendo l'accento in particolare sulle attività di prevenzione della contaminazione delle matrici ambientali.

Gli obiettivi e le misure del Piano di Bonifica rientrano pertanto in una strategia integrata, finalizzata a prevenire le contaminazioni, procedere alla bonifica delle aree contaminate e alla caratterizzazione e eventuale bonifica di quelle potenzialmente contaminate secondo criteri di priorità, caratterizzare la contaminazione delle acque sotterranee per evidenziare la necessità di misure cautelari per gli interventi e gli usi delle stesse e procedere alla riqualificazione delle aree contaminate.

In tale contesto, è importante evidenziare che il Piano di Bonifica prevede il supporto regionale su aree contaminate suscettibili di valorizzazione, con azioni di marketing in grado di evidenziare i fattori attrattivi per i potenziali soggetti interessati alla bonifica e alla riqualificazione urbanistica e ambientale dell'area.

Per le aree da bonificare già oggetto di contributo regionale, è prevista la possibilità di un supporto della Regione ai Comuni con la previsione di intese finalizzate ad assicurare tempi certi per l'esecuzione delle attività di bonifica e a promuovere la riqualificazione delle aree contaminate, anche con l'intento di recuperare, in coerenza con le previsioni dei provvedimenti regionali in materia, le somme spese dalla pubblica amministrazione per la bonifica delle aree stesse.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 34 di 181 |

Di seguito lo stralcio dell'area di progetto con indicati i punti di interesse censiti in anagrafe:

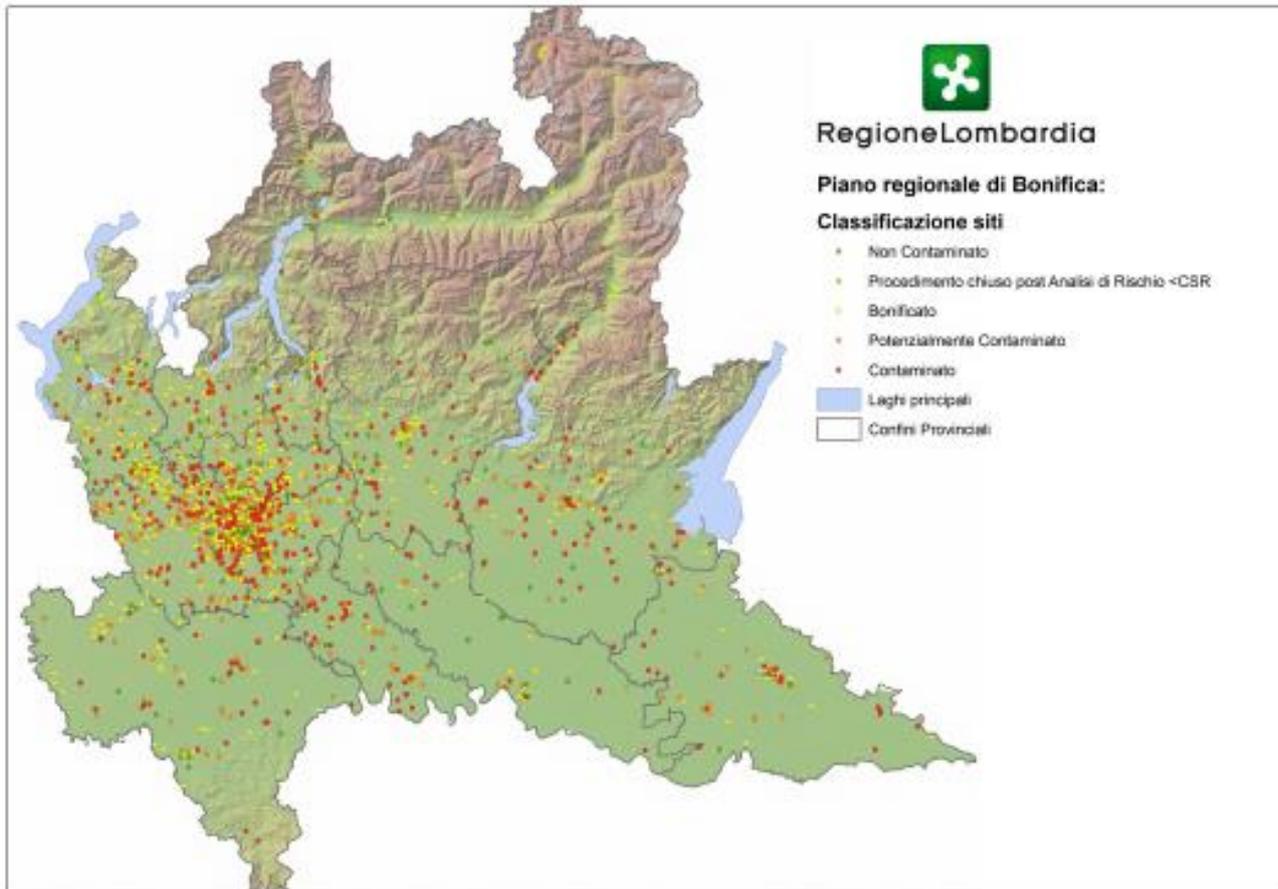


Figura 5-4: Stralcio area siti contaminati censiti in anagrafe - Regione Lombardia

Relazioni tra l'area oggetto delle lavorazioni e siti contaminati o potenzialmente contaminati

L'analisi della banca dati regionale sui siti contaminati e l'osservazione della cartografia contenuta nel Geoportale della Regione Lombardia permettono di escludere l'interferenza tra le opere in progetto e i siti attualmente contaminati o con procedura di bonifica attiva

5.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

5.1.2.1 Perdita di suolo

Se dal punto di vista ambientale il terreno pedogenizzato (suolo) rappresenta una risorsa indispensabile per lo sviluppo della vegetazione, da quello geotecnico tale tipologia di terreno costituisce un elemento disomogeneo, con presenza di elementi vegetali, spesso alterato e

argillificato, soggetto a cedimenti. Tali caratteristiche sono ovviamente incompatibili con una corretta interazione terreno - struttura.

Entrando nel merito del caso in specie, si evidenzia che, come riportato nella *“Relazione di cantierizzazione” (NB1R00D53RGCA0000001A)*, il terreno vegetale asportato sarà stoccato in siti idonei, ovvero le aree di stoccaggio, a ciò destinati e conservato secondo modalità agronomiche specifiche, ai fini del suo successivo utilizzo.

L’aver previsto delle specifiche aree atte allo stoccaggio del terreno vegetale asportato si configura come scelta progettuale atta a prevenire l’effetto in esame la cui significatività può essere considerata, pertanto, trascurabile.

5.1.2.2 Consumo di risorse non rinnovabili

L’effetto in esame è determinato dal consumo di terre ed inerti necessari al soddisfacimento dei fabbisogni costruttivi dettati dalla realizzazione di rinterrì, rilevati ed opere in calcestruzzo.

In linea teorica, la significatività di detto effetto discende, in primo luogo, dalle caratteristiche fisiche dell’opera in progetto e dai conseguenti volumi di materie prime, necessari alla sua realizzazione, nonché dalle modalità poste in essere ai fini del soddisfacimento di tali fabbisogni. Un ulteriore elemento che, sempre sotto il profilo teorico, concorre alla determinazione della stima dell’effetto è inoltre rappresentato dall’offerta di dette risorse, per come definita dagli strumenti di pianificazione del settore e/o dalle fonti conoscitive istituzionali, e dal conseguente raffronto con gli approvvigionamenti previsti.

Per quanto concerne i quantitativi di materiale, nella tabella seguente si riporta una sintesi delle modalità di gestione dei materiali di risulta dei prodotti nel corso delle lavorazioni in progetto, in funzione di quelli che sono i fabbisogni del progetto.

Tabella 5-1 Riepilogo bilancio complessivo dei materiali di scavo

| Produzione complessiva [m ³] | Utilizzo in qualità di sottoprodotti [m ³] | | Utilizzo esterno in qualità di rifiuti [m ³] | Fabbisogno del progetto [m ³] | Approvvigionamento esterno [m ³] |
|--|--|--|--|---|--|
| | Utilizzo interno in qualità di sottoprodotti [m ³] | Utilizzo esterno in qualità di sottoprodotti [m ³] | | | |
| 88.343 | | | Terre OCCC [m ³] | 48.886 | 48.886 |
| | 0 | 0 | 88.343 | | |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 36 di 181 |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| | 0 | | | |
|--|---|--|--|--|

In considerazione dei risultati ottenuti nelle caratterizzazioni eseguite, si ipotizza che l'80% del materiale sarà conferito non a discariche ma ad impianti di recupero.

Stante quanto analizzato si ritiene che la significatività dell'effetto in esame possa essere considerata trascurabile.

Per ulteriori approfondimenti di rimanda al documento "Gestione dei materiali di risulta" (NB1R08D69RGTA0000001A).

5.1.2.3 Modifica dell'assetto geomorfologico

Al fine di identificare possibili aree pericolose dal punto di vista geomorfologico e conseguenti aree classificate a rischio in prossimità degli interventi in esame, si è fatto riferimento alla tavola del PGT del Comune di Albano Sant'Alessandro ed in particolare alla Carta dei dissesti con legenda uniformata P.A.I., cui di seguito se ne riporta uno stralcio con l'indicazione degli interventi in progetto.

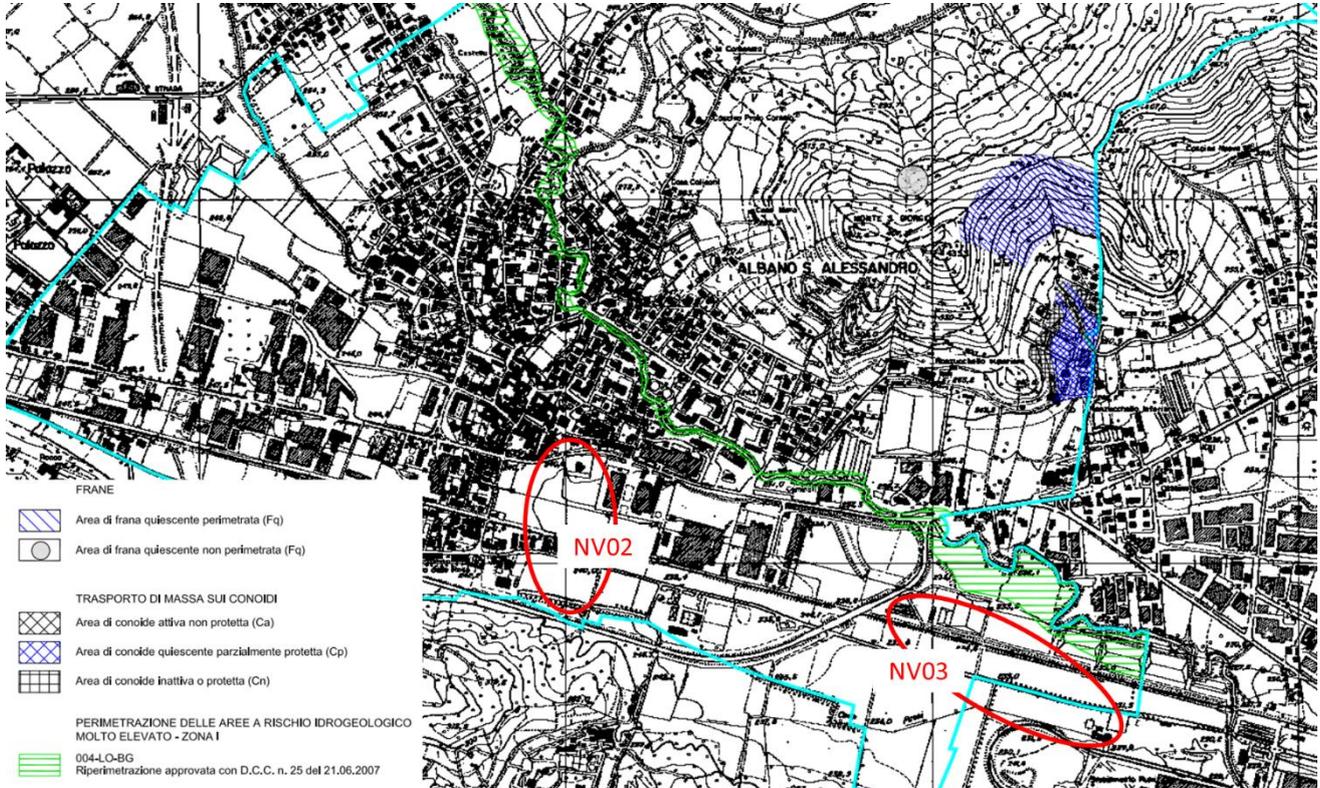


Figura 5-5 Stralci carta dei dissesti con legenda uniformata P.A.I (fonte: Piano di Governo del Territorio del Comune di Albano Sant'Alessandro – aggiornata al 2017)

Come si osserva nella figura sopra riportata, le viabilità NV02 e NV03 oggetto di intervento non ricadono in nessuna area a rischio frana e pertanto l'effetto in esame può ritenersi assente.

5.1.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Gli impatti sul presente fattore ambientale non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma sono legati a situazioni accidentali, e non sono definibili impatti diretti e sistematici, costituendo dunque piuttosto impatti potenziali.

Per tale motivo non sono previsti interventi di mitigazione propriamente detti su tale componente ambientale.

Una riduzione del rischio di impatti significativi sulla componente in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti ed alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 38 di 181 |

5.2 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

5.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

5.2.1.1 Inquadramento normativo

Regione Lombardia

d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017: “*Approvazione PTUA 2016*”.

5.2.1.2 Reticolo idrografico

Dal punto di vista idrografico le aree di studio intersecano o vengono lambite da dei corsi d’acqua, minori e non, appartenenti al bacino del Brembo e del Serio.

Il reticolo idrografico naturale dell’area di Bergamo comprendente le aree di studio è formato, oltre che dal fiume Brembo, dai numerosi torrenti che scendono dai rilievi collinari, ed in particolare dal torrente Quisa (Ponte San Pietro e Mozzo), dal Torrente Morla (Bergamo) e dal Torrente Zerra (Albano Sant’Alessandro e Montello), oltre che da una rete di canali e rogge piuttosto fitta.

Qui di seguito viene riportata una breve descrizione dei 4 principali elementi idrografici del territorio corsi d’acqua dal punto di vista idrografico.

- 1) Il *Fiume Brembo* nasce nella porzione occidentale delle Alpi Orobiche da numerosi torrenti che portano questo nome a monte di Lenna (Brembo di Carona, di Valleve, di Mezzoldo) nella zona fra il Pizzo dei Tre Signori e il Pizzo del Diavolo, e sbocca nel Fiume Adda a monte dell’abitato di Canonica d’Adda, dove sottende un bacino di circa 945 km². Nell’alta valle il bacino è diviso in due rami principali dai contrafforti dei monti Pegherolo e Torcola, che disegnano un ampio ventaglio sorgentifero. Verso sud, a partire dal nodo di Lenna, la valle si restringe alternando alle strette forre le brevi pause delle conche e i fitti segnali di innesto delle valli laterali. A partire da Almenno il Brembo presenta un alveo per lo più monocursale subrettilineo, abbastanza stabile dal punto di vista altimetrico (anomalie si osservano solo in corrispondenza di aree soggette ad attività estrattiva), con moderata instabilità morfologica dell’alveo ed erosioni di sponda a tratti intense. Il regime idrologico del fiume è a deflusso perenne ma di tipo torrentizio, con portate di magra molto scarse e portata di massima piena spesso più elevate di quelle dell’Adda; si ricorda infatti che durante l’alluvione del 1987 il Brembo ha raggiunto, sempre presso Ponte San Pietro, una portata di circa 1000 m³/s; ciò è da imputarsi prevalentemente al fatto che a monte di tale fiume non è presente un bacino regolatore naturale che traduca le notevoli variazioni

pluviometriche stagionali in variazioni di portata meno considerevoli. Nel comune di Ponte San Pietro il Brembo presenta sponde ben definite in quanto scorre incassato, rispetto al piano campagna, di circa 20- 30 metri, tra pareti verticali modellate nella formazione del ceppo Lombardo (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Nel corso dell'ultimo secolo, l'alveo del Fiume Brembo, che nel tratto del Comune di Curno si presenta piuttosto rettilineo, ha subito significative modificazioni. Ciò è stato dovuto sia per cause naturali legate alla normale e continua evoluzione che subiscono gli alvei dei fiumi in seguito ai fenomeni contemporanei di erosione e rideposizione, sia in seguito alla realizzazione dello sbarramento dell'ENEL in comune di Ponte San Pietro. Ciò ha comportato una migrazione verso est del letto fluviale, come risulta evidente anche dal fatto che il limite comunale di Curno, che presumibilmente coincideva in origine con il percorso seguito dal Fiume Brembo, delimita oggi porzioni di territorio appartenenti alla sponda idrografica destra dello stesso Fiume. Oggi le sponde risultano per lo più ben protette da scogliere in massi ciclopici in buono stato di conservazione e di dimensioni che, per quanto detto precedentemente, possono essere anche notevoli.

- 2) *Il torrente Quisa* individua grossomodo il confine di Bergamo con il comune di Sorisole, dove nasce, dai rilievi montuosi del Monte Canto Alto. Raccoglie le acque di numerosi sottobacini dell'area pedecollinare e allo sbocco nell'alta pianura assume un andamento irregolare, alternando tratti meandriformi a tratti più regolari, rettilinei. trae origine da una serie di tributarie minori in bassa Val Brembana, localizzate nell'area di Azzonica-Sorisole, quindi percorre la valle di Petosino in direzione SEE-NNW e, in corrispondenza di Paladina, piega in direzione sud fiancheggiando Mozzo e congiungendosi al Brembo in corrispondenza di Ponte San Pietro (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).
- 3) *Il torrente Morla* attraversa da nord a sud l'intero territorio comunale di Bergamo. Esso nasce sulle pendici del Monte Solino, nel comune di Ponteranica, ed il suo bacino imbrifero, di circa 22 km², comprende i territori di Ponteranica, Sorisole, Bergamo ed Orio al Serio. Lungo il suo corso riceve il contributo del torrente Tremana, in prossimità di Viale Giulio Cesare a Bergamo, e del torrente Gardellone che drena un piccolo bacino a monte dell'abitato di Torre Boldone. Nel tratto iniziale il torrente ha un andamento prevalentemente meandriforme e un buon grado di naturalità, che perde entrando nell'abitato dove assume il carattere di un canale scolmatore (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 40 di 181 |

- 4) *Il torrente Zerra* nasce dalle pendici del Colle dei Pasta, in località Serradesca, nei pressi di Tribulina, ad un'altezza di circa 400 m s.l.m. Con andamento estremamente sinuoso attraversa i centri abitati di Torre de' Roveri ed Albano Sant'Alessandro, raccogliendo le acque di numerosi piccoli corsi d'acqua e della roggia Borgogna. Presenta un andamento meandriforme avvicinandosi dalle alture a nord di Albano S. Alessandro per poi aggirare le colline della zona Montello - Brusaporto arrivando alla confluenza con il Rio Seniga presentante direzione nord - sud con anse molto meno accentuate.

Dopo aver lambito il territorio di San Paolo d'Argon giunge prima a Montello (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), dove ingloba l'affluente Rio Seniga, e poi a Costa di Mezzate, caratterizzando non poco il territorio dei due borghi. Lasciato alle spalle il borgo storico di Costa di Mezzate, il corso d'acqua comincia a perdere le sue connotazioni di torrente per diventare con il passare dei chilometri un canale vero e proprio utilizzato per fini agricoli ed irrigui. Da esso inoltre si distacca il secondo tratto della roggia Borgogna, che lo priva di una buona parte della portata. Si dirige quindi verso Calcinate, dove riceve le acque del torrente Patera, e Mornico al Serio. Da questo tratto si mantiene all'esterno dei centri abitati, attraversando le campagne tra Martinengo, Palosco e Civate al Piano, nelle quali è fatto oggetto di massicci prelievi d'acqua destinati all'irrigazione delle colture della pianura occidentale bergamasca.

Da questo punto la portata idrica si riduce notevolmente, tanto che il corso risulta sempre meno evidente anche a causa di divisioni in canali minori. Questo rende difficile la distinzione tra il corso principale e quelli secondari, fino alle campagne tra Cortenova e Martinengo, nelle quali si disperde tra canali irrigui ed un fondo con terreno permeabile.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato specialistico "*NB1R00D69RGGE0001001A_Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica*".

5.2.1.3 Inquadramento idrogeologico

La successione stratigrafica dei depositi presenti nel sottosuolo della provincia di Bergamo individua due unità idrogeologiche corrispondenti a due sistemi acquiferi principali: un sistema superficiale, con falda libera/semiconfinata, ed uno inferiore con falda confinata.

- 1) L'unità superiore è formata da ghiaie e sabbie passanti con la profondità a conglomerati ed arenarie, con intercalazioni di limi ed argille. Lo spessore medio è di 80-100 metri ed il limite inferiore è posizionato convenzionalmente in corrispondenza delle prime intercalazioni metriche di argille che abbiano continuità orizzontale.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO**
**APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 41 di 181 |

- 2) L'unità inferiore è costituita da più livelli permeabili ghiaiosi ma soprattutto conglomeratici, porosi e fessurati, separati da setti argillosi; con la profondità si registra un progressivo aumento della componente argillosa: i livelli conglomeratici sono sede di falde confinate captate, a scopo idropotabile, nei comuni a sud di Bergamo.

L'unità idrogeologica superiore è formata da uno strato superficiale, di spessore compreso tra i 20 e i 30 metri, costituito da ghiaie e sabbie intercalate da livelli argillosi anche metrici; segue, fino al letto dell'unità, intorno agli 80-100 metri dal piano campagna, una successione di conglomerati e arenarie localmente fessurate, intercalate da livelli ghiaiosi compatti e/o livelli argilloso limosi. Questa descrizione risulta valida per l'area comunale di pianura di Bergamo e per quella di Curno. Il sottosuolo di Mozzo presenta invece, da un punto di vista idrogeologico generale, i caratteri tipici dei territori posti in posizione di interfaccia fra le propaggini più meridionali dei rilievi prealpini ed i riempimenti fluvioglaciali-alluvionali dell'alta pianura bergamasca. La zona orientale e nord-orientale del comune è occupata dai colli flyschoidi e presenta pertanto diffusa circolazione idrica in roccia, senza poter identificare un preciso acquifero. Si riscontra nella zona alta delle Carpiane un'area di emergenza idrica superficiale costituita da diffuse sorgenti non captate in forma di fontanili incipienti, la cui esatta configurazione tende a variare nel tempo. La zona occidentale è al contrario occupata dai depositi ghiaioso-sabbiosi del Quisa e del Brembo, che fungono, per almeno 20 metri dalla superficie topografica, da livelli acquiferi scarsamente protetti, potenzialmente sedi di falde libere o semiconfiniate. Verso il basso, i depositi grossolani passano a lenti di conglomerato a conducibilità idraulica variabile, e solo localmente a livelli argillosi poco o non permeabili, che fungono da acquicludi o, al limite, da acquitardi. La distribuzione delle intercalazioni argillose entro le ghiaie è irregolare; in particolare verso ovest i depositi grossolani sono nettamente prevalenti anche ad oltre 20 metri di profondità e giungono ad appoggiare direttamente sul substrato roccioso, o passano alle bancate del ceppo brembano, mentre verso est, al contrario, i limi e le argille sono frequenti ed assumono il carattere di un grosso corpo lenticolare a partire dalla profondità di circa 30 metri dal piano campagna. Tale corpo tende ad ispessirsi procedendo ulteriormente verso oriente, laddove inizia a delinearsi una situazione stratigrafica più regolare, con tre livelli sovrapposti di ghiaie superficiali, conglomerato ed argille ghiaiose. La zona sud-orientale (Fornaci) è dominata dai sedimenti argillosi del bacino lacustre di Longuelo e non è pertanto sede di significativi livelli acquiferi. La soggiacenza della prima falda mostra un andamento incostante, uniformandosi all'assetto idrogeologico del sottosuolo; in linea di massima, comunque, Mozzo è situato ad ovest (piana fluvioglaciale) lungo un asse di drenaggio sotterraneo orientato nord-sud, e ad est (colli – Borghetto) lungo uno spartiacque sotterraneo di

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 42 di 181 |

modesta entità, orientato NE-SO. Tranne per l'estremità sud-orientale del territorio, le direttrici di drenaggio sotterraneo sono quindi orientate generalmente verso la valle del Quisa (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, valida per l'area nord del Comune di Curno e anche per l'area meridionale di Mozzo). I valori di soggiacenza riscontrati variano fra i 225 m s.l.m. a nord e i 205 m s.l.m. a sud, mostrando un dislivello di circa 20 metri in meno di 3 km, a delineare un gradiente idraulico medio pari allo 0,5‰ circa. La soggiacenza nella zona dei colli non è facilmente definibile a causa della presenza del substrato; in corrispondenza della cintura collinare, infatti, le isopiezometriche tracciate in carta sono volutamente interrotte.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato specialistico "NB1R00D69RGGE0001001A_ *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica*".

5.2.1.4 Vulnerabilità della falda

Per vulnerabilità degli acquiferi si intende la suscettibilità dell'acquifero ad assorbire elementi inquinanti provenienti dalla superficie per infiltrazione. La valutazione della vulnerabilità richiede la conoscenza dettagliata di diversi elementi: le geometrie ed i parametri idraulici delle unità costituenti il sottosuolo; i meccanismi di alimentazione delle falde; i processi di interscambio tra l'inquinante, il non saturo, l'acquifero e le falde. Trattandosi di elementi non sempre di facile acquisizione e la cui importanza può essere variamente stimata, alcuni Autori hanno proposto metodologie di calcolo basate su pochi parametri significativi.

Il Piano di governo del territorio di Bergamo ha redatto la cartografia della vulnerabilità dell'acquifero utilizzando il metodo DRASTIC. Il tracciato in progetto, nell'area di Bergamo ricade nella porzione centrale in classe 4 (vulnerabilità alta, 61-70%) e nella porzione a ovest in classe 5 (vulnerabilità mediamente alta, 51-60%).

Il testo della relazione geologica del comune di Bergamo riporta quanto segue per tali classi:

"Pur non trovandosi in condizioni estreme delle classi a maggiore vulnerabilità, la dizione "mediamente alta – alta" deve richiamare ad una certa attenzione nella gestione della risorsa idrica superficiale da parte delle utenze private e ad un'adeguata politica di controllo di soggetti privati produttori reali o potenziali di inquinamento."

Proseguendo verso ovest, anche il comune di Curno utilizza la metodologia sopracitata per determinare la vulnerabilità dell'acquifero, applicandola alle unità geologiche individuate.

L'elaborazione fornisce i seguenti risultati:

| Unità Geologiche | Grado di vulnerabilità con pesi normali | | Grado di vulnerabilità con pesi agricoli | |
|------------------------------|---|----------------------|--|---------------------------|
| | % | Classe vulnerabilità | % | Classe vulnerabilità |
| Complesso di Palazzago | 36 | bassa | 51 | mediamente bassa |
| Unità di Brembate | 34 | bassa | 52-46 | da med. alta a med. bassa |
| Complesso del Brembo | 42 | mediamente bassa | 58 | mediamente alta |
| Alluvioni Antiche del Brembo | 44 | mediamente bassa | 60-56 | mediamente alta |
| Riporto | 43 | mediamente bassa | 60 | mediamente alta |
| Alluvioni Attuali del Brembo | 63 | alta | 79 | molto alta |

Il tracciato, nel comune di Curno, ricade nell'unità di Brembate quindi in una classe di permeabilità che va dal "basso" a "da mediamente alta a mediamente bassa".

Per quanto riguarda il comune di Mozzo, nei documenti del PGT non è incluso lo studio di vulnerabilità dell'acquifero; tuttavia, considerando che il tracciato, anche in questo comune, risulta impostato sull'unità di Brembate, si assegna cautelativamente la medesima classe di vulnerabilità del comune di Curno.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato specialistico "NB1R00D69RGGE0001001A_Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica".

5.2.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

5.2.2.1 Modifica delle caratteristiche qualitative delle acque

La modifica delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee, è il risultato di una variazione dei parametri chimico-fisici, microbiologici e biologici, che può derivare da un complesso di azioni che, seppur nel loro insieme ascrivibili alla fase costruttiva, presentano fattori causali tra loro differenti in ragione della diversa origine delle sostanze potenzialmente inquinanti prodotte durante il ciclo costruttivo.

Un primo fattore all'origine dell'effetto in esame può essere rappresentato dall'uso di sostanze potenzialmente inquinanti, quali per l'appunto quelle additivanti usate nella realizzazione delle fondazioni indirette al fine principale di sostenere le pareti delle perforazioni dei pali di fondazione. In tal caso, pertanto, la produzione di residui è strettamente funzionale al processo costruttivo.

Ulteriori fattori all'origine del medesimo effetto possono essere rappresentati da altre cause che sono, invece, correlate alle lavorazioni o, più in generale, alle attività di cantiere. Dette cause possono essere così sinteticamente individuate:



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 44 di 181 |

- La produzione di acque che possono veicolare nei corpi idrici ricettori e/o nel suolo eventuali inquinanti, distinguendo tra:
 - Produzione delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate delle aree di cantiere fisso, quali ad esempio quelle realizzate in corrispondenza dei punti di stoccaggio di sostanze potenzialmente inquinanti.
 - Produzione di acque reflue derivanti dallo svolgimento delle ordinarie attività di cantiere, quali lavaggio mezzi d'opera e bagnatura cumuli.
- Produzione di liquidi inquinanti derivanti dallo sversamento accidentale di olii o altre sostanze inquinanti provenienti dagli organi meccanici e/o dai serbatoi dei mezzi d'opera.

Per quanto riguarda il primo dei fattori precedentemente elencati, ossia con riferimento alla produzione di sostanze potenzialmente inquinanti dovuta alla realizzazione delle opere di palificazione, i parametri che concorrono a configurare l'effetto in esame sono schematicamente individuabili, sotto il profilo progettuale, nelle tecniche di realizzazione delle palificazioni di fondazione delle opere d'arte e nelle loro caratteristiche dimensionali, mentre, per quanto concerne le caratteristiche del contesto di intervento, detti parametri possono essere identificati nella vulnerabilità degli acquiferi e nei diversi fattori che concorrono a definirla (soggiacenza, conducibilità idraulica, acclività della superficie topografica, etc.).

Relativamente alla seconda tipologia di fattori (Dilavamento delle superfici pavimentate; Produzione acque reflue; Sversamenti accidentali), oltre ai succitati parametri di contesto, per quanto concerne quelli progettuali un ruolo dirimente ai fini del potenziale configurarsi dell'effetto in esame è rivestito dalle tipologie di misure ed interventi previsti nell'apprestamento delle aree di cantiere e per la gestione delle attività costruttive e, più in generale, di cantiere.

Come riportato nella "NB1R00D69RGGE0001001A_ *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica*", l'interpretazione di dettaglio della struttura idrogeologica in essa contenuta discende dalla consultazione di una pluralità di dati, desunti da fonti istituzionali e/o da specifiche campagne di indagine.

In particolare, i dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Si sottolinea che le ricostruzioni della superficie piezometrica in profilo derivano da un'analisi approfondita dei dati di monitoraggio strumentale a

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 45 di 181 |

disposizione, opportunamente integrati con tutte le informazioni raccolte circa l'assetto idrogeologico e stratigrafico strutturale dell'area.

Nel dettaglio gli studi condotti hanno consentito di definire con buona accuratezza la superficie piezometrica nel settore d'interesse progettuale e quindi di definire le eventuali interferenze con l'opera. In particolare, per quanto concerne i dati strumentali, le ricostruzioni sono state effettuate utilizzando i livelli piezometrici registrati durante le campagne di monitoraggio effettuate, incrociando, poi, i dati con le isopieze delle carte geologiche dei PGT dei comuni interessati. I dati misurati dalle campagne di monitoraggio e quelli ricavati dalla lettura delle carte idrogeologiche comunali non sempre collimano, a volte mostrando anche sostanziali differenze.

Sulla scorta delle letture dei piezometri installati nei sondaggi realizzati sia in fase di progetto definitivo a partire dal novembre 2019, sia precedentemente in fase di progetto di fattibilità si può affermare che nell'area indagata la falda ha valori di soggiacenza compresi tra 5.7 e 6 metri da p.c. Eseguendo un confronto tra questi dati ed i dati calcolati a partire dalle isopieze della carta idrogeologica del PGT comunale è possibile notare una differenza di circa 7 metri.

Stante il quadro qui sintetizzato, ne consegue che la realizzazione delle fondazioni indirette delle principali opere d'arte, nonché gli scatolari dei sottopassi SL02 e SL03, potranno presentare una potenziale interazione con l'acquifero

In tal senso, al preciso fine di prevenire detta circostanza, si ritiene che dovrà essere prestata particolare attenzione nella scelta dei componenti il fluido utilizzato nel corso della realizzazione dei pali di fondazione, ossia nella definizione e nel dosaggio degli additivi utilizzati. La scelta degli additivi per la preparazione del fluido di perforazione dovrà essere rivolta a conseguire una miscela che, non solo, presenti caratteristiche coerenti con le tipologie di terreni da attraversare e, quindi, in grado di garantire elevate prestazioni tecniche – ad esempio – in termini di velocità di avanzamento, protezione da franamenti, lubrificazione degli utensili di scavo; al contempo, la miscela utilizzata dovrà essere tale da conseguire una minima contaminazione delle falde e, in tal senso, è fondamentale l'utilizzo di sostanze biodegradabili.

Per quanto concerne il primo tema e, nello specifico, quello delle acque meteoriche, sulla scorta di quanto previsto negli elaborati Relazione di Cantierizzazione (NB1R00D53RGCA0000001A), si evidenzia che, prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere, saranno



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 46 di 181 |

predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche, a valle della quale è prevista la presenza di una vasca di prima pioggia.

Nello specifico, le acque meteoriche saranno convogliate nella rete di captazione costituita da pozzetti e caditoie collegati ad un cunettone in c.a. e da una tubazione interrata che convoglierà tutte le acque nella vasca di accumulo di prima pioggia, dimensionata per accogliere i primi 15 minuti dell'evento meteorico.

Inoltre, per quanto riguarda le zone delle aree di cantiere adibite a deposito dei lubrificanti, gli olii ed i carburanti utilizzati dagli automezzi di cantiere, sempre in ragione di quanto previsto dalla citata relazione di cantierizzazione, dette zone saranno dotate di soletta impermeabile in calcestruzzo e di sistema di recupero e trattamento delle acque.

L'insieme di tali tipologie di interventi si configura come scelta progettuale atta ad evitare il prodursi di qualsiasi modifica delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee, nonché del suolo, per effetto del dilavamento delle acque meteoriche.

Relativamente al prodursi di eventi accidentali in esito ai quali possa prodursi una fuoriuscita di sostanze inquinanti provenienti dagli organi meccanici e/o dai serbatoi dei mezzi d'opera e la loro conseguente percolazione nel sottosuolo o dispersione nelle acque superficiali, tale circostanza genericamente riguarda le lavorazioni che avverranno in corrispondenza di aree non pavimentate o di attraversamenti di corsi d'acqua.

Nel caso in specie, in considerazione delle condizioni prima descritte, si ritiene che detta circostanza potrebbe eventualmente verificarsi in corrispondenza degli scavi connessi alla realizzazione dei sottovia.

Con riferimento a detta tematica occorre, in primo luogo, sottolineare che gli effetti derivanti dal loro determinarsi presentano un livello di probabilità e di frequenza che dipendono in modo pressoché diretto dalle procedure manutentive dei mezzi d'opera.

In tal senso, sarà necessario predisporre specifici protocolli operativi di manutenzione dei mezzi d'opera e di controllo del loro stato di efficienza, così da prevenire il determinarsi di eventi accidentali.

Un ulteriore aspetto che concorre a definire tali effetti e, nello specifico, la loro portata, è rappresentato dalla preventiva predisposizione di misure e sistemi da attivare in casi di eventi accidentali. A tal riguardo, al fine di limitare gli effetti derivanti da detti eventi, sarà necessario predisporre istruzioni operative in cui siano dettagliate le procedure da seguire, nonché dotare le aree di cantiere di appositi kit di emergenza ambientale, costituiti da materiali assorbenti quali

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 47 di 181 |

sabbia o sepiolite, atti a contenere lo spandimento delle eventuali sostanze potenzialmente inquinanti.

Conclusivamente, con specifico riferimento alla modifica delle caratteristiche qualitative delle acque sotterranee e del suolo conseguente alla realizzazione delle opere di fondazione indiretta ed al prodursi di eventi accidentali, ancorché si repute possibile ritenere che l'adozione delle misure precedente indicate consenta di prevenire detto effetto, in ogni caso è apparso opportuno definire un sistema di punti di monitoraggio della qualità delle acque, la cui localizzazione è stata operata in modo tale da consentire una puntuale verifica degli effetti derivanti dalla realizzazione delle principali opere d'arte e, in termini complessivi, delle lavorazioni. A tal riguardo si rimanda al documento *Progetto di monitoraggio ambientale (CODIFICA)* ed ai relativi elaborati cartografici.

Per quanto invece concerne gli effetti sulla qualità delle acque sotterranee / suolo derivanti dalla dispersione delle acque meteoriche di dilavamento delle aree pavimentate di cantiere o di sostanze inquinanti stoccate nelle aree di cantiere, si ritiene che i presidi già individuati nell'ambito della progettazione di dette aree di cantiere rendano pressoché nulla la probabilità di accadimento di tali effetti.

In termini complessivi, con riferimento ai criteri assunti alla base delle valutazioni condotte nel presente documento, l'effetto in esame può essere considerato come "effetto oggetto di monitoraggio" (Cfr. par. 1.2.3 – Livello di significatività D).

5.2.2.2 Modifica della circolazione idrica sotterranea

Nello schema di circolazione idrica dell'area, buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi.

I dati piezometrici derivanti dalle campagne di monitoraggio appositamente condotto evidenziano la probabile presenza di falde sospese laddove è maggiore l'abbondanza di depositi argilloso-limosi.

La falda freatica più importante è contenuta all'interno dei depositi ghiaioso sabbiosi, talvolta a profondità piuttosto elevate. In ogni caso il monitoraggio dei livelli piezometrici risulta piuttosto irregolare.

Le opere potenzialmente interferenti con la falda idrica sono:

- NV01 – sottovia al km 9+185, in questa area il monitoraggio piezometrico restituisce valori di altezza della falda da 5.7 a 6 m dal p. c.;

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 48 di 181 |

- NV02 – sottovia al km 7+760, anche in questo caso i valori di soggiacenza della falda sono da 5.7 a 6 m dal p.c..

Le suddette falde potrebbero determinare venute d'acqua lungo i fronti di scavo, per maggiori dettagli si consulti l'elaborato "relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e sismica – NB1R00D69RGGE0001001A".

5.2.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Gli impatti sull'ambiente idrico sotterraneo non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali.

Una riduzione del rischio di impatti significativi sull'ambiente idrico in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi.

Di seguito sono illustrate una serie di procedure operative che dovranno essere seguite a questo scopo dall'impresa esecutrice nel corso dei lavori.

Lavori di movimento terra - L'annaffiatura delle aree di cantiere tesa a prevenire il sollevamento di polveri deve essere eseguita in maniera tale da evitare che le acque fluiscono direttamente verso una canalizzazione superficiale, trasportandovi dei sedimenti (a questo fine occorrerà in generale realizzare un fosso di guardia a delimitazione dell'area di lavoro).

Costruzione di fondazioni e interventi di consolidamento dei terreni di fondazioni - La contaminazione delle acque sotterranee durante le attività di realizzazione degli interventi di consolidamento dei terreni può essere originata da:

- danneggiamento di sottoservizi esistenti, sia in maniera diretta per perforazione degli stessi, sia in maniera indiretta a causa di cedimenti indotti dal peso dei macchinari impiegati per la perforazione;
- perdite dei fanghi di perforazione e/o di miscela cementizia all'interno dei terreni permeabili;
- contaminazione per dilavamento incontrollato delle acque dal sito di cantiere;
- perdite di oli e carburante da parte dei macchinari impiegati nei lavori.

In generale tali rischi possono essere evitati tramite un'accurata organizzazione dell'area di cantiere, comprendente: un rilievo accurato dei sottoservizi e dei manufatti interrati esistenti



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 49 di 181 |

nell'area di lavoro, la realizzazione di fossi di guardia intorno all'area di lavoro e la predisposizione di apposite procedure di emergenza.

Operazioni di cassetatura a getto - Le cassetture da impiegare per la costruzione delle opere in c.a. devono essere progettate e realizzate in maniera tale che tutti i pannelli siano adeguatamente a contatto con quelli accanto o che gli stessi vengano sigillati in modo da evitare perdite di calcestruzzo durante il getto. Le cassetture debbono essere ben mantenute in modo che venga assicurata la perfetta aderenza delle loro superfici di contatto. Durante le operazioni di getto in corrispondenza del punto di consegna occorrerà prendere adeguate precauzioni al fine di evitare sversamenti dalle autobetoniere, che potrebbero tradursi in contaminazione delle acque sotterranee.

Trasporto del calcestruzzo - Al fine di prevenire fenomeni di inquinamento delle acque e del suolo è necessario che la produzione, il trasporto e l'impiego dei materiali cementizi siano adeguatamente pianificate e controllate.

Per l'appalto in esame è previsto l'approvvigionamento di calcestruzzo da impiegare per i lavori mediante autobetoniere.

I rischi di inquinamento indotti dall'impiego delle autobetoniere possono essere limitati applicando le seguenti procedure:

- il lavaggio delle autobetoniere dovrà essere effettuato presso l'impianto di produzione del calcestruzzo;
- nel caso in cui l'appaltatore scelga di svolgere in sito il lavaggio delle autobetoniere, esso dovrà provvedere a realizzare un apposito impianto collegato ad un sistema di depurazione; - secchioni, pompe per calcestruzzo ed altre macchine impiegate per i getti dovranno essere anch'esse lavate presso lo stesso impianto;
- gli autisti delle autobetoniere, qualora non dipendenti direttamente dall'appaltatore, dovranno essere informati delle procedure da seguire per il lavaggio delle stesse;
- tutti i carichi di calcestruzzo dovranno essere trasportati con la dovuta cautela al fine di evitare perdite lungo il percorso; per lo stesso motivo, le autobetoniere dovranno sempre circolare con un carico inferiore di almeno il 5% al massimo della loro capienza;
- in aree a particolare rischio, quali quelle in vicinanza di corsi d'acqua, occorrerà usare particolare prudenza durante il trasporto, tenendo una velocità particolarmente moderata; nelle stesse aree l'appaltatore dovrà curare la manutenzione delle piste di cantiere e degli incroci con la viabilità esterna.

Alterazione del ruscellamento in fase di costruzione - Durante la fase di costruzione riveste particolare importanza garantire il deflusso della rete idrica, anche secondaria nelle aree interessate dai lavori; a tale scopo saranno realizzati gli opportuni sistemi per il convogliamento e il rallentamento dei flussi superficiali delle acque.

Impermeabilizzazione delle superfici in calcestruzzo - Si prevede l'impiego di diversi tipi di materiali per l'impermeabilizzazione delle strutture in calcestruzzo. Le strutture in sotterraneo a contatto con il terreno ed i materiali di riempimento potranno essere impermeabilizzate mediante emulsioni bituminose applicate con pennello. I materiali impermeabilizzanti impiegati per tali operazioni devono essere conservati in contenitori ben chiusi e stoccati in aree sicure opportunamente individuate nell'ambito dell'area di cantiere e non sul sito di costruzione, e comunque lontano dai corsi d'acqua. Al sito di costruzione i materiali devono essere trasportati solo in occasione del loro utilizzo, prevedendo le dovute precauzioni al fine di evitare sversamenti accidentali. I contenitori vuoti devono essere stoccati nelle aree apposite predisposte nell'area di cantiere prima del loro conferimento agli impianti di smaltimento. L'impermeabilizzazione delle superfici fuori terra della struttura può avvenire attraverso l'applicazione a spruzzo di sostanze impregnanti (additivi a penetrazione osmotica o altro). Le operazioni di applicazione di sostanze a spruzzo devono essere condotte in assenza di vento ed in giorni di tempo stabile e asciutto. Occorre eseguire le operazioni con estrema cura al fine di evitare che le sostanze impermeabilizzanti percolino nel terreno e che gli aerosol possano raggiungere i corpi idrici superficiali.

Per le modalità di gestione dei contenitori si rimanda alle indicazioni che seguono con riferimento alle emulsioni bituminose.

Utilizzo di sostanze chimiche - La possibilità d'inquinamento dei corpi idrici da parte delle sostanze chimiche impiegate sul sito di cantiere deve essere prevenuta da parte dell'Appaltatore tramite apposite procedure che comprendono:

- la scelta, tra i prodotti che possono essere impiegati per uno stesso scopo, di quelli più sicuri (ad esempio l'impiego di prodotti in matrice liquida in luogo di solventi organici volatili);
- la scelta della forma sotto cui impiegare determinate sostanze (prediligendo ad esempio i prodotti in pasta a quelli liquidi o in polvere);
- la definizione di metodi di lavoro tali da prevenire la diffusione nell'ambiente di sostanze inquinanti (ad esempio tramite scelta di metodi di applicazione a spruzzo di determinate sostanze anziché metodi basati sul versamento delle stesse);

- la delimitazione con barriere di protezione (formate da semplici teli o pannelli di varia natura) delle aree dove si svolgono determinate lavorazioni;
- l'utilizzo dei prodotti potenzialmente nocivi per l'ambiente ad adeguata distanza da aree sensibili del territorio come i corsi d'acqua;
- la limitazione dei quantitativi di sostanze mantenuti nei siti di lavoro al fine di ridurre l'impatto in caso di perdite (ciò si può ottenere ad esempio acquistando i prodotti in recipienti di piccole dimensioni);
- la verifica che ogni sostanza sia tenuta in contenitori adeguati e non danneggiati, contenenti all'esterno una chiara etichetta per l'identificazione del prodotto;
- lo stoccaggio delle sostanze pericolose in apposite aree controllate;
- lo smaltimento dei contenitori vuoti e delle attrezzature contaminate da sostanze chimiche secondo le prescrizioni della vigente normativa;
- la definizione di procedure di bonifica per tutte le sostanze impiegate nel cantiere;
- la formazione e l'informazione dei lavoratori sulle modalità di corretto utilizzo delle varie sostanze chimiche;
- la pavimentazione delle aree circostanti le officine dove si svolgono lavorazioni che possono comportare la dispersione di sostanze liquide nell'ambiente esterno.

Modalità di stoccaggio delle sostanze pericolose - Qualora occorra provvedere allo stoccaggio di sostanze pericolose, il Responsabile del cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori e con il Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione, provvederà ad individuare un'area adeguata. Tale area dovrà essere recintata e posta lontano dai baraccamenti e dalla viabilità di transito dei mezzi di cantiere; essa dovrà inoltre essere segnalata con cartelli di pericolo indicanti il tipo di sostanze presenti.

Lo stoccaggio e la gestione di tali sostanze verranno effettuati con l'intento di proteggere il sito da potenziali agenti inquinanti. Le sostanze pericolose dovranno essere contenute in contenitori non danneggiati; questi dovranno essere collocati su un basamento in calcestruzzo o comunque su un'area pavimentata e protetti da una tettoia.

Modalità di stoccaggio temporaneo dei rifiuti prodotti – al fine di salvaguardare la contaminazione delle acque l'impresa appaltatrice dovrà attenersi alle disposizioni generali contenute nella

Delibera 27 luglio 1984 smaltimento rifiuti "Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del DPR 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti".

Drenaggio delle acque e trattamento delle acque reflue - I piazzali del cantiere dovranno essere provvisti di un sistema di adeguata capacità per la raccolta delle acque meteoriche. Inoltre per l'area destinata a cantiere operativo, dove sono installati i magazzini, le officine e gli impianti di lavaggio dei mezzi e di distribuzione del carburante potranno essere realizzate una vasca per la sedimentazione dei materiali in sospensione ed una vasca per la disoleazione prima dello scarico in fognatura delle acque di piazzale.

Manutenzione dei macchinari di cantiere - La manutenzione dei macchinari impiegati nelle aree di cantiere è di fondamentale importanza anche al fine di prevenire fenomeni d'inquinamento. Gli addetti alle macchine operatrici dovranno a questo fine controllare il funzionamento delle stesse con cadenza periodica, al fine di verificare eventuali problemi meccanici.

Ogni perdita di carburante, di liquido dell'impianto frenante, di oli del motore o degli impianti idraulici deve essere immediatamente segnalata al responsabile della manutenzione. L'impiego della macchina che abbia problemi di perdite dovrà essere consentito solo se il fluido in questione può essere contenuto tramite un apposito recipiente o una riparazione temporanea ed alla sola condizione che la riparazione del guasto sia effettuata nel più breve tempo possibile. In ogni altro caso la macchina in questione non potrà operare, ed in particolare non potrà farlo in aree prossime a corsi d'acqua.

La contaminazione delle acque superficiali può avvenire anche durante operazioni di manutenzione o di riparazione. Al fine di evitare ogni problema è necessario che tali operazioni abbiano luogo unicamente all'interno del cantiere, in aree opportunamente definite e pavimentate, dove siano disponibili dei dispositivi e delle attrezzature per intervenire prontamente in caso di dispersione di sostanze inquinanti.

Il lavaggio delle betoniere, delle pompe, dei secchioni e di altre attrezzature che devono essere ripulite del calcestruzzo dopo l'uso dovrà essere svolto in aree appositamente attrezzate.

Controllo degli incidenti in sito e procedure d'emergenza - Nel caso di versamenti accidentali di sostanze inquinanti sarà cura del Responsabile del Cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori, mettere immediatamente in atto i provvedimenti di disinquinamento ai sensi della normativa vigente.

Piano d'intervento per emergenze d'inquinamento - Nell'elaborazione del sistema di gestione ambientale dovrà essere posta particolare attenzione al piano d'intervento per emergenze di

inquinamento di corpi idrici per prevenire incidenti tali da indurre fenomeni di inquinamento durante le attività di costruzione.

Il piano dovrà definire:

- le operazioni da svolgere in caso di incidenti che possano causare contaminazione delle acque superficiali e sotterranee;
- il personale responsabile delle procedure di intervento;
- il personale addestrato per intervenire;
- i mezzi e le attrezzature a disposizione per gli interventi e la loro ubicazione;
- gli enti che devono essere contattati in funzione del tipo di evento.

Lo scopo della preparazione di tale piano è quello di ottimizzare il tempo per le singole procedure durante l'emergenza, per stabilire le azioni da svolgere e per fare in modo che il personale sia immediatamente in grado di intervenire per impedire o limitare la diffusione dell'inquinamento.

Il piano di intervento dovrà essere periodicamente aggiornato al fine di prendere in considerazione eventuali modifiche dell'organizzazione dei cantieri.

Il personale dovrà essere istruito circa le procedure previste nel piano; lo stesso piano dovrà essere custodito in cantiere in luogo conosciuto dai soggetti responsabili della sua applicazione.

Le procedure di emergenza contenute nel piano possono comprendere:

- misure di contenimento della diffusione degli inquinanti;
- elenco degli equipaggiamenti e dei materiali per la bonifica disponibili sul sito di cantiere e della loro ubicazione;
- modalità di manutenzione dei suddetti equipaggiamenti e materiali;
- nominativi dei soggetti addestrati per l'emergenza e loro reperibilità;
- procedure da seguire per la notifica dell'inquinamento alle autorità competenti;
- recapiti telefonici degli enti pubblici da contattare in caso di inquinamento (compresi i consorzi di bonifica);
- nominativi delle imprese specializzate in attività di bonifica presenti nell'area.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 54 di 181 |

È necessario, inoltre, che vengano predisposte adeguate procedure per la consegna, lo stoccaggio, l'impiego e lo smaltimento di sostanze quali bentonite, liquami fognari, pesticidi ed erbicidi.

5.3 BIODIVERSITÀ

5.3.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

5.3.1.1 Inquadramento vegetazionale e floristico

L'area oggetto di studio è posta nella fascia pedemontana della Regione Lombardia in una zona intensamente interessata dalle attività antropiche legate all'ambito urbano, industriale e agricolo. Gli interventi sulla linea ferroviaria della tratta in esame in particolare interessano l'alta pianura bergamasca al confine con la fascia delle colline pedemontane e le aree urbanizzate dell'abitato di Bergamo mentre a sud si apre l'alta pianura caratterizzata da diversi corsi fluviali (Adda, Serio e Oglio) con scorrimento prevalente Nord – Sud che si ricongiungono verso il Po.

La pianura bergamasca era in origine ricoperta da una fitta vegetazione. Secondo Keller (1932) il paesaggio vegetale era costituito da foreste di querce, tigli e olmi, mentre lungo i corsi d'acqua erano presenti boscaglie di ontani salici e pioppi.

La vegetazione naturale potenziale è rappresentata, come in tutta l'area Padana, da formazioni forestali di latifoglie decidue mesofile dominate da querce e, nello specifico da Roverella (*Quercus pubescens*). Nelle aree con falda freatica superficiale contribuisce a caratterizzare la maggiore potenzialità la presenza di *Quercus robur*. Queste cenosi sono sostituite da formazioni arboree o arbustive ripariali a Pioppi (*Populus alba*, *P. nigra*) e Salici (*Salix sp. pl.*) lungo il corso dei fiumi, e da formazioni forestali ad Ontano nero (*Alnus glutinosa*) nelle zone umide e palustri.

A queste entità si aggiungono altri elementi quali *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* e *Prunus avium* che con Farnia e Rovere rappresentano il massimo grado di sviluppo della vegetazione che naturalmente si instaurerebbe in tutto il territorio in assenza di alterazioni antropogene.

Il quadro attuale della pianura Bergamasca è condizionato dalla meccanizzazione dell'agricoltura che ha portato all'unione degli appezzamenti e quasi totalmente asportato le ultime tracce di vegetazione arborea che fino a pochi decenni fa resisteva come siepi o filari divisorii dei campi.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 55 di 181 |

Non mancano però aree costituite da lembi di bosco superstiti; ad esempio, nei primi rilievi collinari retrostanti la città di Bergamo e lungo corsi fluviali piccoli nuclei di vegetazione costituiscono memoria delle foreste che ricoprivano la Pianura anni fa.

nell'area in esame la sola vegetazione naturale presente nell'area consta dell'esile foresta a tunnel rimasta lungo il Brembo e il Serio e dei lembi di bosco che ammantano l'area tra Brusaporto e Montello che è riconducibile all'ultima propaggine dei boschi che più estensivamente ammantano il Parco dei colli di Bergamo. Il resto della vegetazione presente è legato al contesto urbano e ne è un esempio la stessa linea ferroviaria per il cui inserimento ambientale sono stati realizzati dei filari alberati con sesto naturaliforme. La vegetazione naturale principale si limita alle formazioni del Parco dei colli di Bergamo dove si segnala comunque una forte presenza di specie alloctone quali robinia, ciliegi tardivi e ailanti specie che sono divenute quasi dominanti tra la vegetazione sinantropica al margine dei campi coltivati, del sistema infrastrutturale e delle aree residuali che si creano tra le aree urbane.

Tra le formazioni antropogene e quelle che non rappresentano la vegetazione idonea alle condizioni stazionali locali, figurano il castagno (*Castanea sativa*) e la robinia (*Robinia pseudoacacia*) che, seppur non si riferiscano alla vegetazione potenziale naturale, costituiscono la maggioritaria porzione dei boschi dell'area vasta.

Sono anche presenti boschi antropogeni a dominanza di *Ailanthus altissima* caratterizzanti aree con elevata aridità edafica dovuta al substrato drenante su cui sono impostati, ovvero terrazzi aridi fortemente drenati. Floristicamente molto simili ai robinieti prima descritti, si distinguono per uno strato arboreo piuttosto dominato dall'ailanto (*Ailanthus altissima*) e in subordine dalla robinia (*Robinia pseudoacacia*).

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al documento "NB1R00D22RGSA0001001A_Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".

5.3.1.2 Inquadramento faunistico ed ecosistemico

Il paesaggio bergamasco racchiude diverse tipologie di ecosistemi in quanto dotato di aree di pianura, di collina e di montagna che permettono un ambiente assai diversificato. Tale diversità però risulta essere confinata in particolari aree dove l'urbanizzazione e lo sfruttamento agricolo non sono giunti per presenza di aree tutelate o condizioni morfologiche particolari.

In termini di valori di biodiversità la provincia di Bergamo mostra un gradiente lungo un asse nord - sud (montagna, collina, assi fluviali, pianura) con il valore minimo che si registra in pianura ad

eccezione delle zone degli alvei fluviali, mentre nella zona collinare si hanno condizioni di maggiore variabilità da ricollegarsi all'abbandono delle aree decentrate e marginali infine i valori di diversità espressi dalla montagna risultano mediamente superiori a quelli della pianura e della collina.

Gli ecosistemi più rappresentativi sono rappresentati dal sistema urbano e agricolo mentre, come detto, le aree naturali sono limitate e confinate nell'ambito collinare e nei due corridoi fluviali presenti.

L'ecosistema urbano è costituito da vegetazione ridotta se non del tutto assente.

La classe maggiormente favorita è costituita dagli uccelli come il Piccione torraio (*Columba livia var. domestica*), il Colombaccio (*Columba palumbus*) la Tortora dal collare (*Streptopelia decaocto*), la Civetta (*Athene noctua*), il Rondone (*Apus apus*), il Rondone pallido (*Apus pallidus*), il Torcicollo (*Jynx torquilla*), la Rondine montana (*Ptyonoprogne rupestris*), la Rondine (*Hirundo rustica*), il Balestruccio (*Delichon urbica*), il Codiroso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*), la Cornacchia grigia (*Corvus corone cornix*), tra gli ubiquitari si possono osservare il Merlo (*Turdus merula*) e la Capinera (*Sylvia atricapilla*).

Per quanto riguarda l'ecosistema agricolo dal punto di vista faunistico le principali specie avifaunistiche che si rivengono e caratterizzano questo habitat sono i rapaci notturni quali la civetta (*Athene noctua*), il gufo comune (*Asio otus*) nei mesi invernali, mentre in estate è possibile udire il canto dell'assiolo (*Otus scops*). Un'altra specie rappresentativa e caratteristica è l'allodola (*Alauda arvensis*) che nidifica all'interno dei prati stabili. Altrettanto tipiche di questo ambiente sono la cutrettola (*Motacilla flava*), la ballerina bianca (*Motacilla alba*) e la rondine (*Hirundo rustica*) che nidifica in prossimità delle cascate e dei manufatti umani presenti nelle zone coltivate. Il pigliamosche (*Muscicapa striata*) e il saltimpalo (*Saxicola torquata*) sono altre specie caratteristiche di tale ambiente. Si unisce a queste due specie il codiroso (*Phoenicuros phoenicuros*), specie che si osserva anche in prossimità dei centri urbani, soprattutto nei giardini. Tra i fringillidi oltre il verdone (*Carduelis chloris*) e il verzellino (*Serinus serinus*) compare una specie tipica di aree aperte e semiaperte: il cardellino (*Carduelis carduelis*). Immaneabili e comunissimi in queste zone sono la passera d'Italia (*Passer italiae*) e la passera mattugia (*Passer montanus*), il merlo (*Turdus merula*) e lo storno (*Sturnus vulgaris*). Le altre classi faunistiche sono meno frequenti.

Nelle aree naturali la fauna risulta essere molto differente rispetto alle aree dell'alta pianura bergamasca in particolare, sono molto comuni gli ungulati come ad esempio il capriolo. Nel bosco

sono presenti altri mammiferi come la talpa europea (*Talpa europaea*) che per nutrirsi scava gallerie sotterranee alla ricerca di lombrichi e larve di insetti nei terreni più morbidi e ricchi in humus. Mentre, ricercano, risorse alimentari nei primi strati del suolo il topo selvatico collo giallo (*Apodemus flavicollis*) e l'arvicola rossastra (*Clethrionomys glareolus*). Il moscardino (*Muscardinus avellanarius*), un altro frequentatore delle aree arborate, costruisce il nido, utilizzando erba e foglie legate fra loro, alla biforcazione di un arbusto, a meno di due metri d'altezza; lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), invece, intreccia ramoscelli e foglie, tra i rami, a maggior altezza.

Non mancano nei boschi della bergamasca, il riccio (*Erinaceus europaeus*), il tasso (*Meles meles*), la volpe (*Vulpes vulpes*), la faina (*Martes foina*) e la donnola (*Mustela nivalis*).

Tra gli anfibi è nota la presenza della rana di Lataste (*Rana latastei*) tipica delle aree più umide del bosco come, d'altronde, lo sono la salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), il rospo comune (*Bufo bufo*), la raganella italiana (*Hyla intermedia*) e la rana agile (*Rana dalmatina*). I rettili che vivono nelle formazioni boschive occupano perlopiù i margini e le aree aperte. Tra le specie presenti vi è il biacco (*Hierophis viridiflavus*) e di particolare interesse faunistico il colubro di Esculapio o saettone (*Zamenis longissimus*). Tra gli uccelli il rappresentante delle specie nidificanti è il picchio rosso maggiore (*Picoides major*) che vive in tutte le tipologie forestali e scava il suo nido dentro i tronchi degli alberi nutrendosi di insetti xilofagi che vi risiedono. Inoltre, sono presenti il torcicollo (*Jinx torquilla*) e il picchio muratore (*Sitta europaea*) che solitamente sfrutta nicchie già scavate dal picchio rosso. Raro è invece il rampichino (*Certhia familiaris*) che costruisce il nido nelle fenditure dei tronchi o in manufatti presenti nel bosco.

Tra i rapaci notturni, all'interno di cavità arboree, si trova comunemente l'allocco (*Strix aluco*) diffuso in tutta la bergamasca. Una delle specie più rappresentative dello strato arbustivo è, invece, la capinera (*Sylvia atricapilla*). Molto comuni sono il merlo (*Turdus merula*) che si nutre al suolo rivoltando foglie e terra e il fringuello (*Fringilla coelebs*).

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al documento "NB1R00D22RGSA0001001A_Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".

5.3.1.3 Aree di interesse ambientale e connessioni ecologiche

In Lombardia circa il 23,6% del territorio è racchiuso in aree protette (Parchi Nazionali, Parchi Regionali, Riserve Naturali, Monumenti Naturali e Parchi Locali di Interesse Sovracomunale) che ne salvaguardano l'ingente patrimonio naturale, ricco di varie tipologie di habitat e di biodiversità vegetale e animale, che comprende numerose specie di interesse comunitario e/o inserite in liste

di attenzione (IUCN, liste rosse nazionali, ecc.) nonché un numero elevato di endemismi. Con la legge regionale 30 novembre 1983 n. 86 viene istituito il "Sistema delle Aree Protette Lombarde", che comprende, ad oggi, 24 parchi regionali, 90 parchi di interesse sovracomunale, 3 riserve naturali statali e 66 riserve naturali regionali, 32 monumenti naturali.

In particolare nell'area indagata sono presenti: un Parco Naturale, due Parchi Regionali, cinque PLIS (Parchi locali di interesse sovracomunale) e una Zona di Conservazione Speciale. I PLIS, secondo l'art. 34 della legge regionale n. 86 del 1983, si inquadrano come elementi di connessione e integrazione tra il sistema del verde urbano e quello delle aree protette di interesse regionale (cfr. Tabella 5-2).

Tabella 5-2 Aree di interesse ambientale: Distanza minima intercorrente di 5 km con l'asse della linea di progetto

| <i>Aree naturali protette</i> | <i>Denominazione</i> |
|-------------------------------|--|
| Aree protette lombarde | Parco Naturale dei Colli di Bergamo (EUAP0192) |
| | Parco Regionale dei Colli di Bergamo |
| | Parco Regionale del Serio |
| | Parco del Monte Canto e del Bedesco (PLIS) |
| | Parco del basso corso del fiume Brembo (PLIS) |
| | Parco Agricolo Ecologico Madonna dei Campi (PLIS) |
| | Parco del Serio Nord (PLIS) |
| | Parco del Rio Morla e delle rogge (PLIS) |
| Rete Natura 2000 | IT2060012 – Boschi dell'Astino e dell'Allegrezza (ZSC) |

Per l'analisi della **Rete ecologica** si è fatto riferimento agli strumenti di pianificazione presenti sul territorio e nello specifico:

- Rete Ecologica Regionale della Lombardia;
- Rete Ecologica Provinciale a valenza paesistico-ambientale.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 59 di 181 |

LA RER è stata approvata con la D.G.R n.8/10962 del 30 dicembre 2009 pubblicata con BURL n. 26 Edizione speciale del 28 giugno 2010 che ha pubblicato la versione cartacea e digitale degli elaborati.

La Rete Ecologica Regionale è riconosciuta come infrastruttura prioritaria del Piano Territoriale Regionale e costituisce strumento orientativo per la pianificazione regionale e locale.

La RER, e i criteri per la sua implementazione, forniscono al Piano Territoriale Regionale il quadro delle sensibilità prioritarie naturalistiche esistenti, ed un disegno degli elementi portanti dell'ecosistema di riferimento per la valutazione di punti di forza e debolezza, di opportunità e minacce presenti sul territorio regionale.

Essa costituisce un'infrastruttura prioritaria all'interno del Piano Territoriale Regionale e uno strumento orientativo, e quindi di indirizzo, per la pianificazione a livello regionale e locale.

La Rete ecologica Regionale primaria si compone di elementi raggruppabili secondo due livelli definiti: elementi di primo livello ed elementi di secondo livello.

Gli elementi di primo livello della RER già esistenti e messi a sistema nella rete sono: Parchi Nazionali e Regionali; Siti di Natura 2000 (SIC e ZPS) e Aree prioritarie per la Biodiversità.

Sono stati individuati, inoltre, i "gangli", ovvero nodi prioritari sui quali appoggiare i sistemi di relazione spaziale all'interno del disegno di rete ecologica, e i "corridoi regionali primari",

Gli elementi secondari della RER sono invece: Aree importanti per la biodiversità non ricoperte nelle aree prioritarie; Elementi di secondo livello delle Reti Ecologiche Provinciali, quando individuati secondo criteri naturalistici/ecologici e ritenuti funzionali alla connessione tra Elementi di primo e/o secondo livello che rientrano.

Rispetto all'area oggetto di intervento si evidenzia che afferisce ai settori 90 - Colli di Bergamo, 91 - Alta pianura bergamasca e parte del settore 111 – Alto Oglio; all'interno dei quali sono presenti i seguenti elementi:

- Corridoi primari: Fiume Brembo (classificato come "fluviale antropizzato");
- Elementi di primo livello compresi nelle Aree prioritarie per la biodiversità: 08 Fiume Brembo, 09 Boschi di Astino e dell'Allegrezza, 10 Colli di Bergamo;
- Elementi di secondo livello: aree agricole e boscate di connessione tra i Colli di Bergamo e i boschi di Astino e dell'Allegrezza; aree agricole nel settore centro-occidentale, tra il fiume Brembo e l'area prioritaria Canto di Pontida.

Trattasi di importanti settori di connessione tra la fascia alpina a Nord e la pianura a Sud. Il nucleo principale consta nei Colli di Bergamo che si estendono su di un'area collinare e montana situata appena a nord della città, la quale si configura quale avamposto delle Prealpi orobiche ed è caratterizzata da boschi maturi di latifoglie di grande pregio naturalistico, pareti rocciose, sorgenti, torrenti, corsi d'acqua temporanei, prati e mosaici agricoli. I Colli di Bergamo sono anche considerati area prioritaria per la biodiversità e costituiscono una *core* sorgente per le popolazioni faunistiche presenti nelle aree pianiziali poste più a sud. Il fiume Brembo e il Fiume Serio sono entrambi elementi importanti per la connettività che scorrendo da nord a sud (e ricevendo molti affluenti) si configurano come corridoi ecologici particolarmente importanti per numerose specie ittiche, ornitiche e floristiche, anche endemiche. L'area meridionale appare caratterizzata da una fitta matrice urbana che causa elevata frammentazione della continuità ecologica, mentre la parte settentrionale risulta essere un importante settore di connessione tra la fascia alpina a Nord e la pianura a Sud.

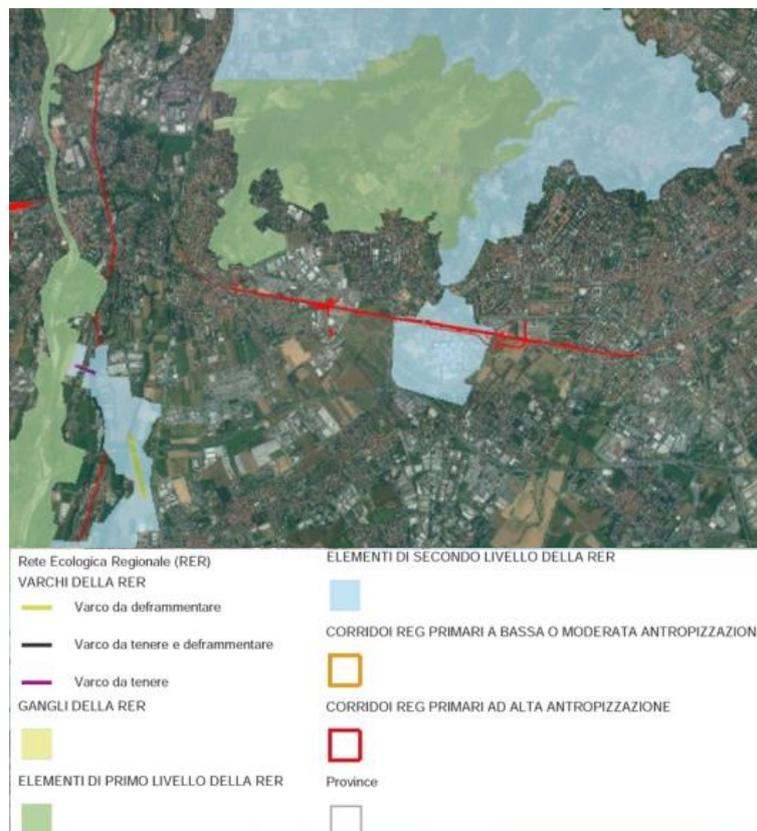


Figura 5-6 Stralcio della Rete Ecologica Regionale. Fonte: Geoportale Regione Lombardia

La Rete Ecologica Provinciale (REP), definita dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), sarà oggetto di uno specifico piano di settore come previsto dall'articolo 17 delle NdA del

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 61 di 181 |

PTCP, il quale prevede che la Provincia approvi appositi Piani di Settore per la disciplina puntuale di materie e settori di specifico e prevalente interesse provinciale.

Ad oggi, come potuto verificare dagli enti competenti, il piano non è ancora approvato. La Giunta provinciale con Deliberazione n. 559 del 23 ottobre 2008 ha preso atto del documento preliminare del Piano di settore della Rete Ecologica Provinciale.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al documento “NB1R00D22RGSA0001001A_Studio di impatto ambientale – Relazione Generale”.

5.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Prima di entrare nel merito dell’effetto in esame, si ritiene necessario condurre alcune precisazioni in merito all’effetto oggetto della presente analisi.

L’effetto in esame consiste nella sottrazione di habitat e biocenosi, ossia nella perdita di specie vegetali e di lembi di habitat, nonché – conseguentemente - di possibili siti di nidificazione, riposo, alimentazione, ecc. per la fauna locale, ed è determinato dalle operazioni di taglio ed eradicazione della vegetazione, che si rendono necessarie ai fini dell’approntamento delle aree di cantiere fisso e delle aree di lavoro.

In tal senso, l’azione di progetto all’origine dell’effetto in esame è rappresentata dall’approntamento delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro e, come tale, detta azione è ascrivibile alla fase di cantierizzazione.

Ciò premesso, affrontando l’analisi sotto il profilo strettamente concettuale, l’effetto in esame non è unicamente attribuibile alla sola fase di cantierizzazione, quanto anche alla presenza fisica dell’opera in progetto. In tal senso, occorre distinguere le aree oggetto dell’azione di progetto, ossia le aree di cantiere fisso/aree di lavoro, rispetto a due distinte situazioni.

La prima di dette due situazioni riguarda la quota parte di aree di cantiere fisso/aree di lavoro che, al termine delle lavorazioni, saranno ripristinate nel loro stato originario; in tal caso, l’azione di progetto è data dalle attività necessarie al loro aprrontamento e l’effetto si esaurisce all’interno della fase di cantierizzazione. La seconda situazione è riferita a quella restante parte delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro che sarà impegnata dall’impronta dell’opera in progetto, intesa con riferimento ai tratti di opere di linea in rilevato ed in trincea, alle opere connesse (i.e. fabbricati di stazione, fabbricati tecnologici e relative aree pertinentziali), nonché alle opere connesse; in tale secondo caso, l’azione di progetto è più propriamente rappresentata dalla presenza del corpo



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 62 di 181 |

stradale ferroviario, delle aree di localizzazione di tutte le opere accessorie, nonché delle opere viarie connesse, e di conseguenza l'effetto è ascrivibile alla dimensione fisica dell'opera in progetto.

Ciò premesso, pur nella consapevolezza di dette differenze di ordine concettuale, nell'economia della presente trattazione è stata operata la scelta di considerare l'effetto in esame come esito dell'attività di approntamento delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro, assunta nella sua totalità, con ciò prescindendo dall'essere dette aree restituite allo stato originario o interessate dall'opera in progetto. Per coerenza logica, tale differenza è stata quindi considerata sotto il profilo delle caratteristiche dell'effetto, temporaneo e reversibile, nel primo caso, e definitivo ed irreversibile, nel secondo.

Chiarito l'approccio metodologico assunto ai fini della presente analisi, per quanto concerne gli aspetti strettamente operativi si precisa che le analisi nel seguito riportate sono l'esito della consultazione delle seguenti fonti conoscitive istituzionali:

- Uso e copertura del suolo 2018 (DUSAF 6.0). Fonte: Geoportale della Regione Lombardia;
- "Carta forestale (perimetro boschi), realizzata dalla "mosaicatura" delle carte dei tipi forestali dei Piani di Indirizzo Forestale redatti dalle Comunità montane, dai Parchi regionali e dalle Province e inviati a Regione Lombardia. Fonte: Geoportale della Regione Lombardia;
- Carta della copertura forestale e dei sistemi verdi del Piano di Indirizzo Forestale dei territori esterni ai Parchi e alle Comunità Montane. Fonte SIT Provincia di Bergamo.

Le informazioni tratte dalle fonti conoscitive soprariportate sono state, inoltre, integrate con la consultazione delle ortofoto satellitari disponibili sul web, il cui aggiornamento, per quanto segnatamente riguarda quelle consultabili attraverso "google maps", è al 2020.

Nello specifico, rispetto ad un'estensione complessiva della quota parte di aree di cantiere fisso ricadenti su superfici vegetate (escludendo, quindi, reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche) pari a circa 18.457 m². La quasi totalità di queste ricade in aree ad uso agricolo (seminativi semplici, orti familiari e prati permanenti; mentre in minima parte interessano aree naturali quali boschi di latifoglie e cespuglieti (cfr. Tabella 5-3; Tabella 5-4)².

² Si precisa che le quantità riportate in tabella sono state tratte dall'elaborato "Planimetria delle aree di cantiere e relative viabilità di accesso"

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 63 di 181 |

Tabella 5-3 Aree di cantiere fisso: Tipologie vegetazionali interessate

| <i>Cantieri</i> | <i>Vegetazione</i> | <i>Area (m²)</i> |
|-----------------|---|-----------------------------|
| 2AT04 | 2111 - seminativi semplici | 8972 |
| 2AT05 | 2111 - seminativi semplici | 1319 |
| | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 83 |
| 2AS07 | 2111 - seminativi semplici | 2055 |
| 2CO03 | 2111 - seminativi semplici | 10 |
| | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 1538 |
| 2AS06 | 21132 - Colture orticole protette. | 1481 |
| 2CB01 | 2311 - prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive | 2484 |
| | 31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo | 515 |
| TOTALE | | 18.457 |

Tabella 5-4 Aree di cantiere fisso: Quadro riepilogativo tipologie vegetazionali interessate

| <i>Tipologia vegetazionale</i> | | <i>Aree vegetate interessate (m²)</i> | |
|--|--|--|---------------|
| | | <i>Parziale</i> | <i>Totale</i> |
| Aree a vegetazione naturale | boschi di latifoglie a densità media e alta governati | 515 | 2.136 |
| | cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 1.621 | |
| Vegetazione seminaturale | seminativi semplici | 12.356 | 16.231 |
| | colture orticole protette. | 1.481 | |
| | prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive | 2.484 | |
| Tot aree vegetate interessate dalle aree di cantiere | | 2.546 | 18.457 |

Rispetto alla predetta situazione, i casi principali di interessamento di aree naturali è rappresentato dalle aree di cantiere fisso 2.AT.05, 2.CO.03 e 2.CB.01

Di seguito verranno rappresentate attraverso le fonti precedentemente citate le aree di cantiere segnalate onde verificare l'effettiva presenza di interferenza e nel caso il valore ecologico delle

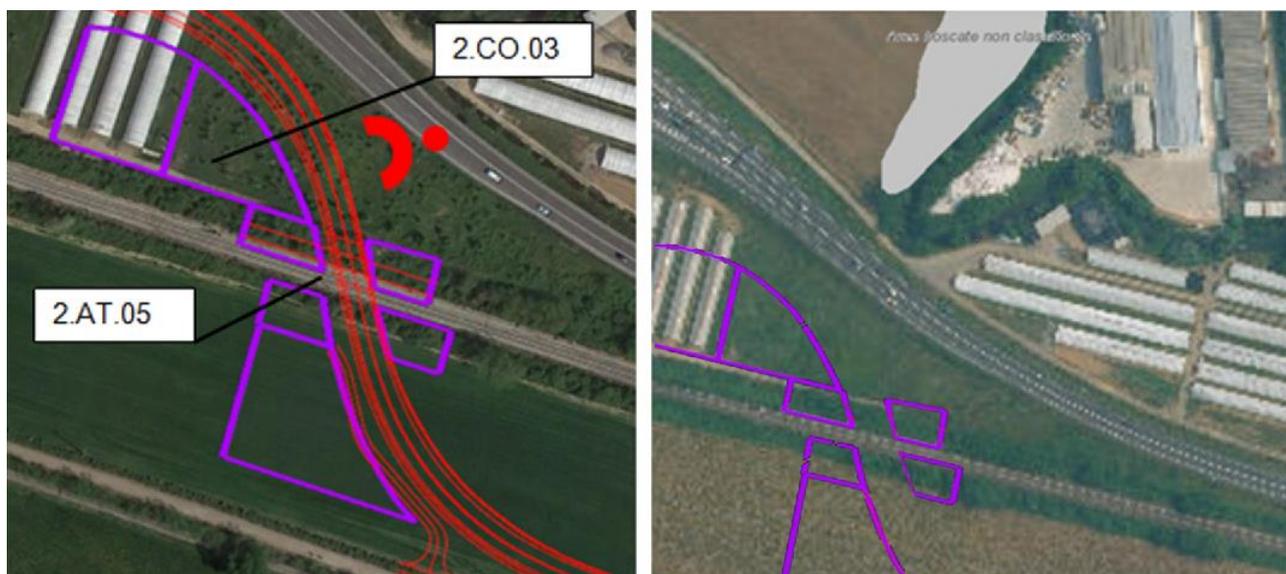
| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 64 di 181 |

formazioni interferite. Nell'eseguire tale analisi verrà effettuato un raffronto tra le aree di cantiere individuate su foto aerea, la Carta forestale della Regione Lombardia in caso di presenza di formazioni arboree o arbustive e un rilievo fotografico dell'area a conferma degli elementi indicati dalle fonti.

Tabella 5-5 Aree di cantiere fisso ricadenti su aree a vegetazione naturale secondo il DUSAF 6.0

| Id. | Tipologia vegetazionale da Corine Land Cover | Sup. (m ²) | Incidenza su Sup. tot. cantieri |
|--|---|------------------------|---------------------------------|
| 2.AT.05 | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 82,8 | 8,37% |
| 2.CO.03 | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 1537,8 | 2,83% |
| 2.CB.01 | 31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo | 515,4 | 11,2% |
| Tot sup. cantieri fissi su aree a vegetazione naturale | | 2.136 | 2.136 |
| Tot sup. cantieri fissi su aree a vegetazione semi-naturale | | 16.231 | 16.231 |

Riguardo ai cantieri 2.AT.05 e 2.CO.03 si conferma la presenza di vegetazione arbustiva che si sviluppa nell'area interclusa tra la viabilità stradale esistente e l'attuale linea ferroviaria rappresentando probabilmente un intervento di inserimento paesaggistico e ambientale di una delle due infrastrutture. Tale area non compare nella Carta forestale della regione Lombardia che riporta invece un'area a nord dell'area di cantiere identificata come "Aree boscate non classificate".



| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 65 di 181 |

Figura 5-7 Aree di cantiere fisso 2.AT.05 e 2.CO.03 su foto aerea e su Carta forestale (in rosso l'area del cantiere)



Figura 5-8 Rilievo fotografico dell'area in cui ricadono i cantieri fissi 2.AT.05 e 2.CO.03

Infine l'ultimo caso oggetto di analisi è rappresentato dal cantiere 2.CB.01 il DUSAF segnala la presenza di un bosco di latifoglie rappresentato da un'area a prevalenza di vegetazione arborea che costeggia l'attuale linea ferroviaria costituita da specie di basso valore ecologico. Il resto dell'area di cantiere si compone da un seminativo e l'area in generale come per la maggior parte del territorio è fortemente antropizzata.



Figura 5-9 Area di cantiere fisso 2.CB.01 su foto aerea e rilievo fotografico

In sintesi, rispetto alle situazioni individuate le aree in cui sono presenti formazioni arboree e arbustive sono rappresentate da elementi residuali al margine dei campi o delle infrastrutture viarie e ferroviarie e si compongono in prevalenza da robinia, sambuco, olmo e ailanto dunque formazioni a bassa naturalità.

Per quanto riguarda le aree a vegetazione seminaturale, come si evince dalle precedenti tabelle di sintesi la maggior parte delle aree di cantiere fisso che ricadono in aree vegetate sono relative a seminativi semplici e in parte minore orti urbani e praterie permanenti.

In ultimo, occorre considerare che la sottrazione di vegetazione conseguente alla localizzazione delle citate aree di cantiere si connota quale effetto a carattere temporaneo in quanto, al termine delle lavorazioni, dette aree saranno restituite allo stato originario, preferendo, nel caso di aree con formazioni arboree e arbustive, l'impianto di specie vegetazionali autoctone.

Relativamente agli effetti dovuti alla presenza dell'opera, ossia alla sottrazione definitiva di habitat e biocenosi, un primo elemento di supporto alla stima di detto effetto è offerto dal rapporto intercorrente tra l'entità delle superfici a vegetazione seminaturale sottratte e di quelle a vegetazione naturale.

Come si evince dalle successive tabelle, che mostrano la superficie sottratta a causa della presenza dell'opera in progetto il 93% delle aree sottratte in modo permanente è costituito da vegetazione che, essendo costituita per la maggior parte da coltivi, per le ragioni prima esposte presenta un basso livello di naturalità, a fronte di circa il 3% costituito da cespuglieti in aree agricole abbandonate.

Tabella 5-6 Elementi vegetazionali sottratti in maniera permanente dalla presenza dell'opera in progetto

| Tipologia vegetazionale | | Superficie sottratta (m²) | |
|---------------------------------|--|---|---------------|
| | | Parziale | Totale |
| Area a vegetazione seminaturale | 2111 - seminativi semplici | 12.997 | 16.702 |
| | 21131 - Colture orticole a pieno campo | 847 | |
| | 21132 - Colture orticole protette. | 2.858 | |
| Area a vegetazione naturale | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 1.260 | 1.260 |
| TOTALE | | | 17.962 |

Opera in progetto: Rapporto con le aree a vegetazione naturale e seminaturale

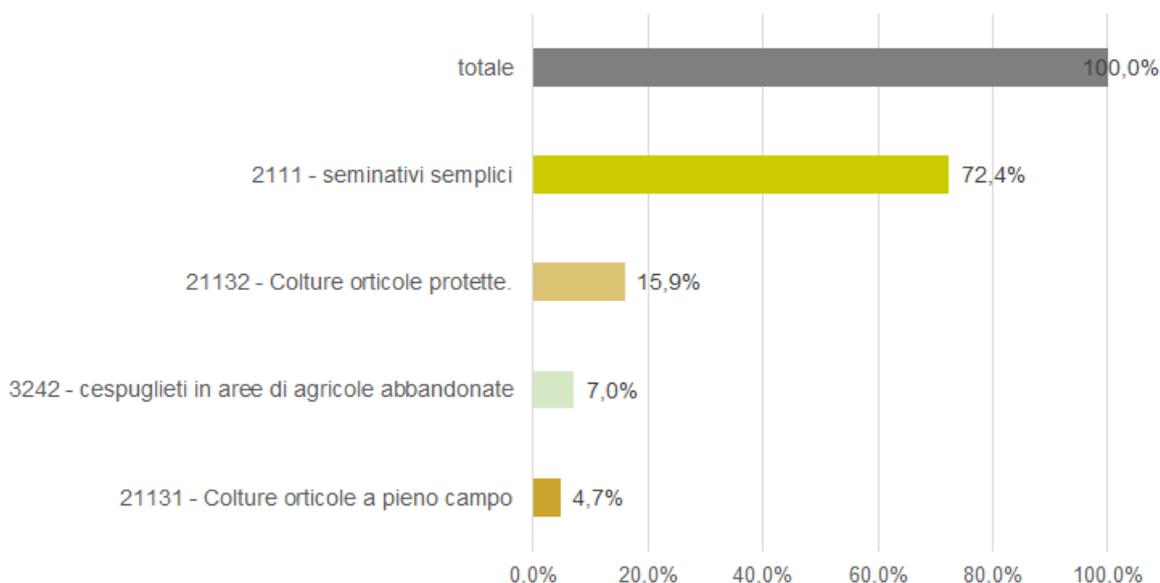


Figura 5-10 Elementi vegetazionali sottratti in maniera permanente dalla presenza dell'opera in progetto – Lotto 8

Un ulteriore elemento di supporto alla stima degli effetti è offerto dall'analisi dell'incidenza delle aree a vegetazione naturale e seminaturale rispetto alle macro-tipologie di opere in progetto, in tal senso distinguendo tra:

- Opera in linea,
- Opere connesse (piazzali, stazioni, fabbricati tecnologici);
- Opere viarie connesse.

In tal senso, con riferimento alle tipologie desunte dall'analisi vegetazionale condotte sulla base delle fonti conoscitive prima indicate, la quantificazione delle superfici vegetazionali sottratte in modo permanente a ragione della presenza delle succitate macro-tipologie di opera in progetto risulta quella riportata nella successiva Tabella 5-7.

Tabella 5-7 Elementi vegetazionali sottratti in maniera permanente per macro-tipologie di opere

| Macro-tipologia opera | Superfici sottratte per tipologia vegetazionale (m ²) | | | |
|---------------------------|---|---------------------------------|----|----|
| | A | B | | |
| | Aree a vegetazione naturale | Aree a vegetazione seminaturale | | |
| | A1 | B1 | B2 | B3 |
| Opera in linea | - | - | - | - |
| Opere connesse (piazzali, | - | - | - | - |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
 Relazione Generale

| | | | | | |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 68 di 181 |

| Macro-tipologia opera | Superfici sottratte per tipologia vegetazionale (m ²) | | | |
|-------------------------------|---|--|---------------------------------|-------|
| | A | | B | |
| | Aree a vegetazione naturale | | Aree a vegetazione seminaturale | |
| | A1 | B1 | B2 | B3 |
| stazioni, fabbricati) | | | | |
| Opere viarie connesse | 1.260 | 12.997 | 847 | 2.858 |
| TOTALE macro-tipologia | 1.260 | 16.702 | | |
| TOTALE | 17.962 | | | |
| Legenda | | | | |
| Vegetazione naturale | A1 | Cespuglieti in aree agricole abbandonate | | |
| Vegetazione seminaturale | B1 | Seminativi semplici | | |
| | B2 | Colture orticole a pieno campo | | |
| | B3 | Colture orticole protette | | |

Come si evince dalle precedenti tabelle, la maggiore incidenza di aree a vegetazione naturale sottratte in modo permanente è dovuta alle le opere viarie connesse che interessano in totale 17.962 m² con una incidenza percentuale sulla vegetazione naturale pari al 7% e costituita da cespuglieti mentre la restante parte è riconducibile a seminativi e orti.

In riferimento alla matrice naturale interferita dal progetto, nell'elenco seguente vengono riportati i singoli casi, descrivendoli, dapprima, con riferimento all'uso del suolo (DUSAF 6.0) e a differenza dell'analisi dei cantieri si è fatto riferimento alla Carta della copertura forestale e dei sistemi verdi del Piano di Indirizzo Forestale dei territori esterni ai Parchi e alle Comunità Montane nella quale oltre alle aree boschive vengono riportati anche gli elementi lineari quali siepi e filari, la prima tratta dal Geoportale della Regione Lombardia e la seconda dal Geoportale della Provincia di Bergamo.

Di particolare interesse per le casistiche analizzate sono i "Sistemi verdi" che comprendono:

- impianti di arboricoltura da legno;
- filari a fila semplice o doppia, composta da specie arboree governate ad alto fusto e/o a ceduo semplice;
- siepi, di larghezza (riferita alla proiezione a terra della chioma) inferiore o uguale a 10 metri;
- fasce o macchie arborate, con larghezza (riferita alla proiezione a terra della chioma) superiore a 10 metri e inferiore a 25.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 69 di 181 |

Tabella 5-8 Opera in progetto: Tipologie vegetazionali ed habitat di Direttiva 92/43/CEE interessati

| <i>Pk/Opera</i> | <i>Tipologia vegetazionale (DUSAF 6.0)</i> | <i>PIF – Copertura forestale e sistemi verdi</i> |
|-----------------|--|--|
| NV03 | Cespuglieti in aree agricole abbandonate | - |

Dalla tabella precedente è possibile osservare quanto già affermato durante l'analisi riguardo il basso grado di naturalità del territorio interessato confermato dalle poche e limitate interferenze presenti e dalle formazioni vegetali coinvolte che sono per lo più rappresentate da specie sinantropiche o specie infestanti che si sono affermate al margine del sistema infrastrutturale. Gli elementi di maggior interesse in termini di specie sono le siepi e i filari presenti in prossimità della attuale linea ferroviaria che sono probabilmente elementi verdi facenti parte degli interventi di inserimento paesaggistico della ferrovia.

Per quanto riguarda l'opera viaria connessa NV03 attraversa un'area interclusa tra l'attuale ferrovia e la viabilità esistente la cui vegetazione è probabilmente rappresentata dagli interventi di inserimento paesaggistico delle infrastrutture. Tali elementi non sono presenti nella Carta della copertura forestale e dei sistemi verdi del PIF mentre è indicata nella copertura del suolo come area a cespuglieti in coltivi abbandonati. Difatti in base alle analisi su foto aerea e rilievo fotografico è possibile osservare un'area in evoluzione dominata dalla componente arbustiva tra cui una elevata presenza di robinia.



Figura 5-11 NV03 – Lotto 8. Inquadramento su foto aerea con cono visivo e Carta della copertura forestale e dei sistemi verdi del PIF

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 70 di 181 |



Figura 5-12 Pk 3+650 – Lotto 8. Rilievo fotografico dell'area

In ultimo, si ricorda che l'opera in progetto non interessa alcuna area di interesse ambientale, intendendo con tale denominazione quelle aree il cui interesse sia stato ufficialmente riconosciuto attraverso la loro inclusione nell'Elenco ufficiale delle aree naturali protette e/o nella Rete Natura 2000. Per maggiori approfondimenti in merito si rimanda allo Studio di Incidenza Ambientale allegato al presente SIA (NB1R00D22RGIM0003001A).

In sintesi, considerando le aree di intervento nella loro totalità, la composizione floristica delle specie oggetto di sottrazione, la loro naturalità e rappresentatività sul territorio e considerati gli interventi di mitigazione, facenti parte integrante del progetto, che andranno a ristabilire ed incrementare il sistema del verde del territorio ripristinando le superfici vegetate e quelle agricole, si può ritenere trascurato e quindi trascurabile, l'effetto del progetto in riferimento alla sottrazione di habitat e biocenosi. (Livello di significatività C). Si rimanda alla Relazione generale dello Studio di impatto ambientale per una più approfondita trattazione di tale specifico caso (cfr. NB1R00D22RGSA000001001A).

5.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Lo studio delle mitigazioni dell'impatto dei cantieri sulle componenti naturalistiche viene rivolto sia a contenere il fenomeno dell'alterazione della qualità visiva indotto dall'impianto dei cantieri sia il danno o l'alterazione alle componenti naturalistiche.

Al termine dei lavori le aree di cantiere saranno oggetto di interventi di ripristino della situazione ante – operam.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 71 di 181 |

Per quanto riguarda il disturbo generato dalle polveri e dal rumore si rimanda alle misure di mitigazione descritte nei rispettivi paragrafi.

5.4 MATERIE PRIME

5.4.1 Stima dei fabbisogni

Per la realizzazione delle opere previste si necessita di un fabbisogno complessivo di 48.886 mc di materiali terrigeni, di cui l'approvvigionamento esterno ammonta all'intero quantitativo. In particolare, i quantitativi di materiale previsti sono:

- 41.568 mc di inerti per calcestruzzi/anticapillare;
- 7.318 mc di rilevati/supercompattato;

5.4.2 Gestione dei materiali di fornitura

Premesso che il periodo di deposito in cantiere del materiale di fornitura sarà limitato nel tempo, ovvero che lo stesso sarà impiegato nell'immediato, è comunque previsto l'impiego di un telo di protezione del terreno.

5.4.3 Le aree estrattive

Gli impianti di seguito riportati sono stati selezionati in ragione dell'adeguatezza dei materiali estratti alle caratteristiche richieste dal progetto, della distanza intercorrente con l'area di intervento, nonché della dotazione di titoli autorizzativi in termini di validità.

Sarà comunque onere dell'Appaltatore qualificare in fase di esecuzione gli impianti di approvvigionamento, verificandone disponibilità ed attività, integrando eventualmente l'elenco di cui sotto.

La seguente Tabella 5-9 riporta l'elenco delle cave attive individuate in prossimità delle aree di intervento.

Tabella 5-9: Siti di approvvigionamento inerti

| ID | SOCIETA' | LOCALITA' COMUNE PROVINCIA | LITOLOGIA | Det. Decreto | Volumetria (mq) | Dist (km) |
|----|----------|-------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|--------------|
|----|----------|-------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|--------------|

| | | | | | | |
|-----|--|--|---------------------|---------------------|---------|------|
| C1 | Cava Sabbionera S.r.l. | Loc. Cerro, Bottanuco, BG | Sabbia e Ghiaia | 2909 del 20/12/2018 | 1260263 | 19,6 |
| C2 | Consorzio Dell'Isola | Loc. Facchinette e Loc. Molino, Medolago e Solza, BG | Sabbia e Ghiaia | 3010 del 28/12/2018 | 362819 | 20,3 |
| C3 | Italcementi S.p.a. | Loc. Colle Pedrino, Caprino Bergamasco e Palazzago, BG | Calcare per cemento | 1258 del 25/06/2019 | 4600000 | 31,8 |
| C4 | Nuova Demi S.p.a. | Loc. Arnichi, Brembate, BG | Sabbia e Ghiaia | 1404 del 17/07/2019 | 164104 | 18,1 |
| C5 | Imprese Pesenti S.r.l. | Loc. Cascina Bellinzana, Covo, BG | Sabbia e Ghiaia | 1857 del 20/09/2018 | 1529000 | 28,7 |
| C6 | Cava delle Capannelle S.r.l. | Loc. Capannelle, Grassobbio BG | Sabbia e Ghiaia | 1796 del 11/10/2017 | 887500 | 13,6 |
| C7 | F.lli Testa S.r.l. | Loc. Cascina Portico Nuovo, Ghisalba, BG | Sabbia e Ghiaia | 1151 del 08/06/2018 | 535600 | 17,5 |
| C8 | Milesi geom. Sergio S.r.l. | Loc. Cascina Birond, Brusaporto, BG | Sabbia e Ghiaia | 1195 del 15/06/2018 | 354000 | 9,8 |
| C9 | Cava di Palosco di Tiraboschi, Carrara e Morosini S.r.l. | Loc. Bettolino, Palosco, BG | Sabbia e Ghiaia | 1117 del 07/06/2018 | 1250000 | 26,7 |
| C10 | Cava Francesca S.r.l. | Loc. Fornasetta, Pontirolo Nuovo, BG | Sabbia e Ghiaia | 67 del 18/01/2018 | 602600 | 23,0 |
| C11 | Cava Santo Stefano S.r.l. | Loc. Cascina Campagna, Calcinata, BG | Sabbia e Ghiaia | 1174 del 13/06/2018 | 256000 | 14,8 |
| C12 | CO.GEST S.r.l. | Loc. Ca' D'Arcene, Pontirolo Nuovo e Ciserano | Sabbia e Ghiaia | 1958 del 06/11/2017 | 2232376 | 18,3 |

Per approfondimenti e dettagli circa le aree estrattive selezionate si rimanda all'elaborato specialistico e relativi elaborati cartografici "NB1R08D69RGCA0000001A_Siti di approvvigionamento e smaltimento – Relazione Generale".

5.4.4 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Come si evince dai quantitativi riportati al precedente paragrafo 5.4.1, a fronte di un fabbisogno di materiali terrigeni pari a 48.886 m³, in ragione delle previste modalità di gestione delle terre di scavo (gestione in qualità di interamente gestite in qualità di rifiuto; cfr. "Gestione dei materiali di risulta – Relazione Generale NB1R08D69RGTA0000001A), si prevede l'approvvigionamento esterno dell'intero fabbisogno del progetto.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 73 di 181 |

Per quanto invece concerne l'offerta di siti estrattivi, la ricognizione condotta e documentata nell'elaborato "*NB1R08D69RGCA0000001A_Siti di approvvigionamento e smaltimento – Relazione Generale*", tutti i siti identificati in via preliminare sono dotati di titolo autorizzativo in corso di validità e sono posti entro un raggio massimo di distanza dall'area di interventi di ca. 40 chilometri, nonché – come ovvio – coerenti sotto il profilo delle tipologie di materiali estratti.

Considerato il basso quantitativo di materiale da approvvigionare e l'esistenza di offerta pianificata/autorizzata di siti estrattivi, l'effetto concernente l'uso di materie prime può essere ritenuto trascurabile (cfr. par. 1.2.3 – Livello di significatività B).

6 EMISSIONE E PRODUZIONE

6.1 DATI DI BASE

6.1.1 Ricettori

L'appalto in questione riguarda due varianti di viabilità entrambe situate nel territorio di Albano Sant'Alessandro. Il territorio circostante risulta prettamente di carattere abitativo, salvo zone agricole per lo più utilizzate a seminativo quali quelle su cui sorgeranno le suddette varianti di viabilità.

Per il presente studio è possibile individuare e definire, quindi, un contesto ambientale nella quale sono localizzate le principali aree di cantiere fisse e/o mobili: il contesto cittadino, con presenza di ricettori ad alta densità e ricettori sensibili.

In riferimento alla tipologia individuata, a scopo illustrativo, si riporta uno stralcio delle aree di cantiere.



Figura 6-1 Contesto ambientale Presenza di ricettori in prossimità delle aree di cantiere di tipo fisso e/o mobile

6.1.2 Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione

Sulla scorta delle valutazioni avanzate nel precedente paragrafo è possibile identificare le aree di cantiere fisso e/o mobile, che potrebbero interferire in termini di emissioni acustiche, vibrazionali e atmosferiche con i ricettori contermini.

Premettendo, quindi, che entrambe le varianti di viabilità si sviluppano in un contesto fortemente urbanizzato e che quindi tutte le aree di cantiere sono potenzialmente interferenti con ricettori contermini, sono stati individuati 2 scenari di simulazione, scelti in base ai maggiori impatti potenzialmente portati ai ricettori in termini di emissioni acustiche, atmosferiche e vibrazionali.

Gli scenari di massimo impatto così identificati vengono di seguito approfonditi.

Primo scenario di simulazione

Il primo scenario di simulazione è finalizzato alla valutazione del rumore nel fronte di avanzamento dei lavori, esso è rappresentato da un cantiere tipologico che permette la simulazione dello scenario più impattante dai punti di vista del rumore.

Il fronte di avanzamento dei lavori è interamente situato all'interno del comune di Albano Sant'Alessandro in un contesto fortemente urbanizzato.

I limiti massimi di emissioni sonore sono stabilite dal PCCA di cui è dotato il comune.

Le caratteristiche principali delle aree di cantiere/lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono di seguito riassunte, in funzione della descrizione e della superficie (cfr. Tabella 6-1).

Tabella 6-1 Elenco delle aree di cantiere/lavoro oggetto della valutazione

| Cantiere tipo | Lunghezza [m] | Larghezza [m] | Area [mq] |
|------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Area di lavoro del cantiere mobile | 30 | 15 | 450 |

Secondo scenario di simulazione

Il secondo scenario è localizzato, ugualmente, nel comune di Albano Sant'Alessandro ed è rappresentato dal cantiere operativo 2.CO.02. il cantiere si trova a circa 150 metri da ricettori residenziali.

Nelle vicinanze sorge, inoltre la viabilità SS671.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 76 di 181 |

Le caratteristiche principali dell'area di cantiere/lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono di seguito riassunte, in funzione della descrizione e della superficie (cfr. Tabella 6-2).

Tabella 6-2 Elenco dell'area di cantiere/lavoro oggetto della valutazione

| ID | Descrizione | Superficie Cantieri |
|---------|--------------------|---------------------|
| 2.CO.02 | Cantiere Operativo | 2.930 mq |

6.1.3 Quantità, tipologia e frequenza dei macchinari

Per le analisi acustiche e atmosferiche nelle tabelle seguenti sono illustrati i dati identificativi, ai fini della caratterizzazione delle due componenti, di ciascuna tipologia di cantiere considerate, comprendenti il tipo e il numero di mezzi operativi utilizzati all'interno dell'area di cantiere oggetto di simulazione.

Poiché la definizione del numero di macchinari non è in questa fase un dato certo si è operato in maniera quanto più realistica nel ricostruire i vari scenari, con ipotesi adeguatamente cautelative e pertanto a favore di sicurezza.

Si riportano di seguito il numero e la tipologia di mezzi di cantiere utilizzati all'interno delle aree di lavorazione.

Tabella 6-3 Numero e tipologia di mezzi di cantiere utilizzati all'interno di un'Area di stoccaggio e deposito terre

| Numero | Macchinari |
|--------|--------------------|
| 2 | Escavatore |
| 1 | Gruppo elettrogeno |
| 2 | Pala meccanica |

Tabella 6-4 Numero e tipologia di mezzi di cantiere utilizzati all'interno di un Cantiere operativo

| Numero | Macchinari |
|--------|--------------------------|
| 1 | Gruppo elettrogeno |
| 1 | Impianto drenaggio acque |
| 1 | Impianto aria compressa |
| 1 | Gru leggera |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 77 di 181 |

Tabella 6-5 Numero e tipologia di mezzi di cantiere utilizzati all'interno di un Cantiere base

| Numero | Macchinari |
|--------|--------------------|
| 1 | Gruppo elettrogeno |
| 1 | Centrale termica |

Tabella 6-6 Numero e tipologia di mezzi di cantiere utilizzati per aree di lavoro/fronte avanzamento dei lavori

| Numero | Macchinari |
|--------|--------------------------|
| 2 | Escavatore |
| 2 | Gru leggera |
| 2 | Pala gommata |
| 2 | Pompa cls |
| 2 | Macchine diaframmi |
| 2 | Pompa aggettamento acqua |
| 1 | Gruppo elettrogeno |
| 2 | Macchine jet grounding |

Si precisa che nel presente paragrafo sono state indicate il numero e la tipologia dei macchinari. Tuttavia nei paragrafi specifici “Clima Acustico”, “Vibrazioni” e “Aria e Clima” verranno riportate le caratteristiche tecniche relative alle emissioni acustiche, vibrazionali e atmosferiche.

6.1.4 Viabilità di cantiere

In riferimento agli scenari di simulazione precedentemente individuati si è ritenuto opportuno considerare ai fini delle simulazioni modellistiche i traffici di cantieri.

Il traffico di cantiere circolante sulla viabilità esterna alle aree di cantiere/lavoro è stato stimato in funzione dei quantitativi di movimentazione del materiale scavato e in funzione del tipo di automezzi utilizzati per il trasporto dei materiali che per le simulazioni effettuate è stato ipotizzato l'impiego di autocarri con carico massimo di 15 mc.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 78 di 181 |

6.2 CLIMA ACUSTICO

6.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

6.2.1.1 Inquadramento normativo

Ai fini dell'inquadramento del clima acustico dell'ambito interessato dagli interventi, si evidenzia che il regolamento Comunale disciplina le competenze in materia di inquinamento acustico, come esplicitamente indicato alla lettera e), comma 1, art. 6 della Legge n. 447/1995.

Pertanto, si attribuisce, alle diverse aree del territorio comunale, la classe acustica di appartenenza in riferimento alla classificazione introdotta dal DPCM 1 Marzo 1991 e confermate nella Tab. A del DPCM 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore".

Tabella 6-7: Descrizione delle classi acustiche (DPCM 14/11/1997)

| Classe | Aree |
|--------|--|
| I | <i>Aree particolarmente protette:</i> 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 ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc |
| 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. |
| III | Aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o 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. |
| 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. |
| V | Aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni. |
| VI | Aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi. |

In relazione alla sopra descritte Classi di destinazione d'uso del territorio, il DPCM 14/11/1997 fissa, in particolare, i seguenti valori limite:

- i valori limiti di emissione - valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- i valori limiti assoluti di immissione - il valore massimo di rumore, determinato con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale, che può essere immesso dall'insieme delle sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno misurato in prossimità dei ricettori.

Tabella 6-8: Valori limite di emissione - Leq in dBA

| Classi di destinazione d'uso del territorio | tempi di riferimento | |
|---|----------------------|------------------------|
| | diurno (06.00-22.00) | Notturmo (22.00-06.00) |
| 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 6-9: Valori limite assoluti di immissione- Leq in dBA

| Classi di destinazione d'uso del territorio | tempi di riferimento | |
|---|----------------------|------------------------|
| | diurno (06.00-22.00) | Notturmo (22.00-06.00) |
| I aree particolarmente protette | 50 | 40 |
| II aree prevalentemente residenziali | 55 | 45 |
| III aree di tipo misto | 60 | 50 |
| IV aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

I limiti sopra indicati vengono presi in considerazione per la valutazione dell'impatto acustico nei confronti dell'ambiente circostante l'area di intervento, fermo restando che per le aree di pertinenza ferroviaria valgono i limiti stabiliti dal D.P.R. 459/98 riportati nella seguente tabella.

Tabella 6-10: Valori limite assoluti di immissione previsti dal DPR 459/98

| | | VALORI LIMITE ASSOLUTI DI IMMISSIONE (dB(A)) | |
|---|---|--|------------------------------------|
| | | Periodo diurno (6÷22) | Periodo notturno (22÷6) |
| Velocità di progetto non superiore a 200 km/h | scuole, ospedali, case di cura e case di riposo | 50 | 40 (non si applica alle scuole) |
| | Fascia A (come definita alla lettera a del punto 1.3.1.1 delle presenti N.d.A.) | 70 | 60 |
| | Fascia B (come definita alla lettera a del punto 1.3.1.1 delle presenti N.d.A.) | 65 | 55 |
| Velocità di progetto superiore a 200 km/h | scuole, ospedali, case di cura e case di riposo | 50 | 40 (non si applica alle scuole) |
| | Fascia (come definita alla lettera b del punto 1.3.1.1 delle N.d.A.) | 65 | 55 |

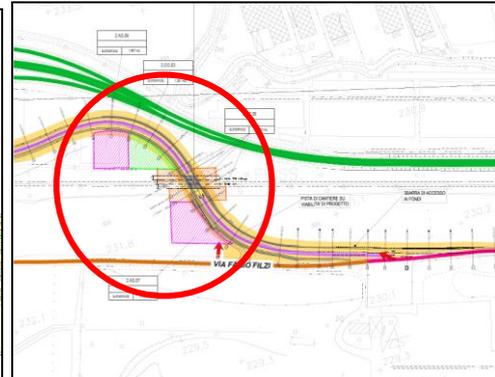
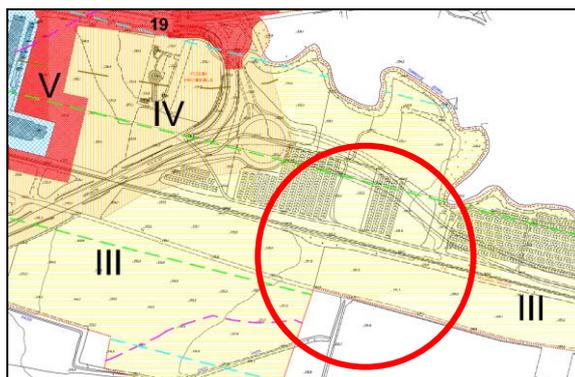
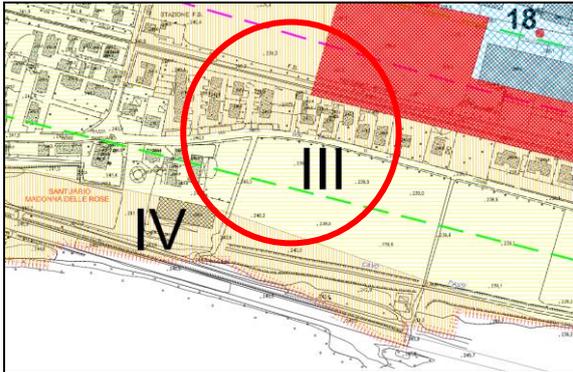
Con riferimento agli aspetti acustici che verranno trattati nei successivi paragrafi, il contesto ambientale e territoriale è descritto dai Piani di Zonizzazione Acustica dei comuni interessati dalle attività di lavorazione che si svolgeranno all'interno dei cantieri fissi e/o mobili. Per tali ragioni si riporta nella successiva tabella lo stato della pianificazione acustica, in riferimento al presente studio.

Tabella 6-11: Stato della pianificazione acustica nei Comuni di localizzazione delle aree di cantiere

| Codice | Tipologia | Localizzazione | PCCA |
|---------|--|------------------------|------------|
| 2.AS.04 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe IV |
| 2.AS.05 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.AT.04 | Area tecnica | Albano Sant'Alessandro | Classe IV |
| 2.CO.02 | Cantiere operativo | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.AS.06 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.AS.07 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.AT.05 | Area tecnica | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.CO.03 | Cantiere operativo | Albano Sant'Alessandro | Classe III |
| 2.CB.01 | Campo base | San Paolo D'Argon | Classe V |

Come evidenziato in tabella 6.5, tutti i comuni interessati dalle opere in progetto sono provvisti di un Piano di Zonizzazione Acustica.

Comune di Albano Sant'Alessandro



Comune di San Paolo D'Argon



-  I - Aree Particolarmente Protette
-  II - Aree Prevalentemente Residenziali
-  III - Aree di Tipo Misto
-  IV - Aree di Intensa Attività Umana
-  V - Aree Prevalentemente Industriali
-  VI - Aree Esclusivamente Industriali

Ricettori di riferimento Appalto 8

| <i>Codice</i> | <i>Tipologia</i> | <i>Localizzazione</i> | <i>PCCA</i> | <i>Ricettori di riferimento</i> |
|---------------|--|---------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 2.AS.04 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe IV | 1567 REC (minimo 30m) |
| 2.AS.05 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III | RES (15m) Su via Don G. Canini |
| 2.AT.04 | Area tecnica | Albano Sant'Alessandro | Classe IV | 1567 REC (minimo 30m) |
| 2.CO.02 | Cantiere operativo | Albano Sant'Alessandro | Classe III | RES (15m) Su via Don G. Canini |
| 2.AS.06 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III | --- |
| 2.AS.07 | Area stoccaggio armamento e tecnologie | Albano Sant'Alessandro | Classe III | --- |
| 2.AT.05 | Area tecnica | Albano Sant'Alessandro | Classe III | --- |
| 2.CO.03 | Cantiere operativo | Albano | Classe III | --- |

| Codice | Tipologia | Localizzazione | PCCA | Ricettori di riferimento |
|---------|------------|----------------------|----------|----------------------------------|
| | | Sant'Alessandro | | |
| 2.CB.01 | Campo base | San Paolo D'Argon | Classe V | COMM (<5m) Su via Fabio Filzi |

6.2.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

6.2.2.1 Descrizione degli impatti potenziali

Caratteristiche fisiche del rumore

Il rumore è un fenomeno fisico, definibile come un'onda di pressione che si propaga attraverso un gas.

Nell'aria le onde sonore sono generate da variazioni della pressione sonora sopra e sotto il valore statico della pressione atmosferica, e proprio la pressione diventa quindi una grandezza fondamentale per la descrizione di un suono.

La gamma di pressioni è però così ampia da suggerire l'impiego di una grandezza proporzionale al logaritmo della pressione sonora, in quanto solamente una scala logaritmica è in grado di comprendere l'intera gamma delle pressioni.

In acustica, quando si parla di livello di una grandezza, si fa riferimento al logaritmo del rapporto tra questa grandezza ed una di riferimento dello stesso tipo.

Al termine livello è collegata non solo l'utilizzazione di una scala logaritmica, ma anche l'unità di misura, che viene espressa in decibel (dB). Tale unità di misura indica la relazione esistente tra due quantità proporzionali alla potenza.

Si definisce, quindi, come livello di pressione sonora, corrispondente ad una pressione p , la seguente espressione:

$$L_p = 10 \log (P/p_0)^2 \text{ dB} = 20 \log (P/p_0) \text{ dB}$$

dove p_0 indica la pressione di riferimento, che nel caso di trasmissione attraverso l'aria è di 20 micro pascal, mentre P rappresenta il valore RMS della pressione.

I valori fisici riferibili al livello di pressione sonora non sono, però, sufficienti a definire l'entità della sensazione acustica. Non esiste, infatti, una relazione lineare tra il parametro fisico e la risposta dell'orecchio umano (sensazione uditiva), che varia in funzione della frequenza.

A tale scopo, viene introdotta una grandezza che prende il nome di intensità soggettiva, che non risulta soggetta a misura fisica diretta e che dipende dalla correlazione tra livello di pressione e composizione spettrale.

I giudizi di eguale intensità a vari livelli e frequenze hanno dato luogo alle curve di iso-rumore, i cui punti rappresentano i livelli di pressione sonora giudicati egualmente rumorose da un campione di persone esaminate.

Dall'interpretazione delle curve iso-rumore deriva l'introduzione di curve di ponderazione, che tengono conto della diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze; tra queste, la curva di ponderazione A è quella che viene riconosciuta come la più efficace nella valutazione del disturbo, in quanto è quella che si avvicina maggiormente alla risposta della membrana auricolare. In acustica, per ricordare la curva di peso utilizzata, è in uso indicarla tra parentesi nell'unità di misura adottata, che comunque rimane sempre il decibel, vale a dire dB(A).

Allo scopo di caratterizzare il fenomeno acustico, vengono utilizzati diversi criteri di misurazione, basati sia sull'analisi statistica dell'evento sonoro, che sulla quantificazione del suo contenuto energetico nell'intervallo di tempo considerato.

Il livello sonoro che caratterizza nel modo migliore la valutazione del disturbo indotto dal rumore è rappresentato dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, Leq , definito dalla relazione analitica:

$$Leq = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right]$$

essendo:

$p(t)$ = valore istantaneo della pressione sonora secondo la curva A;

p_0 = valore della pressione sonora di riferimento, assunta uguale a 20 micro pascal in condizioni standard;

T = intervallo di tempo di integrazione.

Il Leq costituisce la base del criterio di valutazione proposto sia dalla normativa italiana che dalla raccomandazione internazionale I.S.O. n. 1996 sui disturbi arrecati alle popolazioni, ed inoltre viene adottato anche dalle normative degli altri paesi.

Il livello equivalente continuo costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad una sequenza di rumore compresa entro un dato intervallo di tempo; esso corrisponde cioè al livello di rumore continuo e costante che nell'intervallo di tempo di riferimento possiede lo stesso "livello energetico medio" del rumore originario.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 85 di 181 |

Il criterio del contenuto energetico medio è basato sull'individuazione di un indice globale, rappresentativo dell'effetto sull'organo uditivo di una sequenza di rumori entro un determinato intervallo di tempo; esso in sostanza commisura, anziché i valori istantanei del fenomeno acustico, l'energia totale in un certo intervallo di tempo.

Il Leq non consente di caratterizzare le sorgenti di rumore, in quanto rappresenta solamente un indicatore di riferimento; pertanto, per meglio valutare i fenomeni acustici è possibile considerare i livelli percentili, i livelli massimo e minimo, il SEL.

I livelli percentili (L1, L5, L10, L33, L50, L90, L95, L99) rappresentano i livelli che sono stati superati per una certa percentuale di tempo durante il periodo di misura:

- l'indice percentile L1 connota gli eventi di rumore ad alto contenuto energetico (livelli di picco);
- l'indice percentile L10 è utilizzato nella definizione dell'indicatore "clima acustico", che rappresenta la variabilità degli eventi di rumore rilevati;
- l'indice L50 è utilizzabile come indice di valutazione del flusso autoveicolare;
- l'indice percentile L95 è rappresentativo del rumore di fondo dell'area;
- il livello massimo (Lmax), connota gli eventi di rumore a massimo contenuto energetico;
- il livello minimo (Lmin), consente di valutare l'entità del rumore di fondo ambientale;
- il SEL rappresenta il livello sonoro di esposizione ad un singolo evento sonoro.

Cenni sulla propagazione

Nella propagazione del suono avvengono più fenomeni che contemporaneamente provocano l'abbassamento del livello di pressione sonora e la modifica dello spettro in frequenza.

Principale responsabile dell'abbassamento del livello di pressione sonora è la divergenza del campo acustico, che porta in campo libero (propagazione sferica) ad una riduzione di un fattore quattro dell'intensità sonora (energia per secondo per unità di area) per ogni raddoppio della distanza. Di minore importanza, ma capace di grandi effetti su grandi distanze, è l'assorbimento dovuto all'aria, che dipende però fortemente dalla frequenza e dalle condizioni meteorologiche (principalmente dalla temperatura e dall'umidità).

Vi sono poi da considerare l'assorbimento da parte del terreno, differente a seconda della morfologia (suolo, copertura vegetativa e altimetria) dell'area in analisi, inoltre l'effetto dei gradienti di temperatura, della velocità del vento ed effetti schermanti vari causati da strutture naturali e create dall'uomo.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 86 di 181 |

La differente attenuazione delle varie frequenze costituenti il rumore da parte dei fattori citati e la contemporanea tendenza all'equipartizione dell'energia sonora tra le stesse portano ad una modifica dello spettro sonoro "continua" all'aumentare della distanza da una sorgente, specialmente se questa è complessa ed estesa come una struttura stradale o ferroviaria.

Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora

La presenza di ostacoli modifica la propagazione teorica delle onde sonore generando sia un effetto di schermo e riflessione, sia un effetto di diffrazione, ovvero di instaurazione di una sorgente secondaria. Quindi, come è nell'esperienza di tutti, colli o, in alcuni casi, semplici dossi o trincee sono in grado di limitare sensibilmente la propagazione del rumore, o comunque di variarne le caratteristiche. Tale attenuazione aumenta al crescere della dimensione dell'ostacolo e del rapporto tra dimensione dell'ostacolo e la distanza di questo dal ricevitore; in particolare le metodologie di analisi più diffuse utilizzano il cosiddetto "numero di Fresnel" che prende in considerazione parametri come la lunghezza d'onda del suono e la differenza del cammino percorso dall'onda sonora in presenza o meno dell'ostacolo.

Infine, si segnala tra gli altri, il fenomeno della concentrazione dell'energia sonora che può essere determinato da riflessioni multiple su ostacoli poco fonoassorbenti. Tipicamente tale fenomeno può creare un effetto di amplificazione con le sorgenti poste nelle gole.

Metodologia per la valutazione dell'impatto acustico mediante il modello di simulazione SoundPlan

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN 8.0 della soc. Braunstein + BerntGmbH.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni già effettuate in altri studi analoghi.

SoundPLAN è un modello previsionale ad "ampio spettro" in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Per quanto riguarda i cantieri per la realizzazione delle opere e dei manufatti in progetto, non essendo al momento possibile determinare le caratteristiche di dettaglio dei macchinari di cantiere, con le relative fasi di utilizzo (queste dipenderanno infatti dall'organizzazione propria dell'appaltatore), sono state eseguite le simulazioni ipotizzando quantità e tipologie di sorgenti standard.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 87 di 181 |

6.2.2.2 Caratterizzazione acustica degli scenari di riferimento

Per le attività di cantiere, le sorgenti di emissione acustica sono rappresentate dai macchinari ed attrezzature utilizzate in cantiere.

L'entità dell'impatto è funzione della tipologia di macchinari utilizzati e, dunque, delle relative potenze sonore, del numero di macchinari e della loro contemporaneità, delle fasi di lavoro e delle percentuali di utilizzo.

Muovendo da tali considerazioni e sulla scorta del quadro conoscitivo riportato precedentemente, si è proceduto all'individuazione delle situazioni ritenute più significative sotto il profilo del potenziale impatto acustico, anche in ragione dei seguenti criteri:

- Tipologia delle attività e delle lavorazioni previste;
- Durata e contemporaneità delle lavorazioni;
- Prossimità a tessuti o ricettori residenziali e/o sensibili;
- Classe acustica nella quale ricadono le aree di cantiere e le zone ad esse contermini.

Nello specifico il presente studio si compone di tre scenari di simulazione: il primo scenario finalizzato alla stima degli effetti dei cantieri lungo linea relativi alla realizzazione del rilevato e della trincea, il secondo connesso alla realizzazione dei viadotti, mentre il terzo ed ultimo scenario analizza le aree di cantiere di tipo fisso.

Scenario di simulazione 1 – Cantiere lungo linea - Realizzazione dei sottovia

Questa fase è finalizzata all'analisi e valutazione del rumore indotto dal fronte di avanzamento dei lavori. Per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è possibile considerare un cantiere tipologico. Il cantiere tipo considera tutte le attività necessarie per la realizzazione delle opere in progetto.

Nello specifico, per il presente scenario di simulazione, è stato definito un cantiere tipologico considerando quale attività principale quella connessa alla realizzazione del rilevato e della trincea. Tale scelta è stata determinata tenendo conto della totalità delle lavorazioni previste e scegliendo quella più significativa sia dal punto di vista delle emissioni acustiche sia dalla ridotta distanza tra le attività di lavorazione considerata e i ricettori abitativi.

La definizione di cantieri mobili tipologici permette di determinare la configurazione peggiore. Per la verifica acustica si è fatto riferimento ai limiti territoriali individuati dal PCCA dei comuni

interessati, o se non presente, dal DPCM del 1 marzo 1991, definendo la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e le curve isolivello rappresentative dei valori limite.

Definita la distanza intercorrente tra il fronte lavori e la curva isolivello si è verificata la presenza di eventuali ricettori all'interno di tale fascia.

Laddove si è riscontrata la presenza di un ricettore abitativo, sono stati identificati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore di tipo mobile.

Per le analisi acustiche nelle tabelle seguenti sono illustrati i dati identificativi, ai fini della caratterizzazione acustica, della tipologia di cantiere considerata, comprendenti:

- La natura della sorgente di rumore;
- La potenza sonora attribuita alla sorgente;
- Il numero di macchinari ipotizzati all'interno del cantiere;
- La percentuale di impiego;
- La potenza sonora complessiva, ottenuta moltiplicando il valore della potenza sonora di ciascuna sorgente per il numero di sorgenti presenti;
- La potenza sonora risultante attribuibile al singolo cantiere, ovvero, il valore della sorgente equivalente impiegata nelle analisi per rappresentare il cantiere.

Poiché la definizione del numero di macchinari non è in questa fase un dato certo, né tantomeno lo è la potenza sonora dei macchinari (che dipende dal modello, dallo stato di manutenzione, dalle condizioni d'uso, ecc.) si è operato in maniera quanto più realistica nel ricostruire i vari scenari, con ipotesi adeguatamente cautelative.

Il cantiere tipologico è schematizzato all'interno del modello di simulazione come una sorgente areale posta ad un'altezza di 1,5 m dal piano campagna e con lunghezza e larghezza, rappresentative di un cantiere mobile, specificate nella tabella successiva.

Tabella 6-12 Caratteristiche dimensionali del cantiere tipologico

| Cantiere tipo | Lunghezza [m] | Larghezza [m] | Area [mq] |
|------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Area di lavoro del cantiere mobile | 30 | 15 | 450 |

Per quanto riguarda i macchinari di cantiere, in riferimento alle attività soprariportate, sono state effettuate le seguenti ipotesi di lavoro, intendendo per percentuale di impiego la potenza con cui la macchina è impegnata all'interno della attività considerata, e per percentuale di attività effettiva la quantità di tempo di effettivo funzionamento delle macchine considerate e quindi il tempo in cui viene prodotta l'emissione sonora nell'ambito del loro periodo di impiego. Dal manuale "Conoscere



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 89 di 181 |

per Prevenire, n. 11” realizzato dal Comitato Paritetico Territoriale (CPT di Torino) per la prevenzione infortuni, l’igiene e l’ambiente di lavoro di Torino e Provincia sono stati desunti i dati di potenza sonora delle macchine o da dati tecnici delle macchine laddove diversamente specificato. Per tale fase sono utilizzati i macchinari indicati nella tabella seguente, con le relative potenze sonore, la percentuale di attività effettiva, la percentuale di impiego e il livello di potenza sonora. Come già descritto, le macchine, all’interno del modello di simulazione, è posta ad un’altezza pari a 1,5 metri dal suolo. I valori di potenza sonora vengono associati all’intera superficie associata all’area di cantiere, ipotizzandola come una sorgente areale.

Si precisa che per tutte le attività ipotizzate è prevista la loro contemporaneità; la simulazione ha riguardato lo scenario più impattante in termini di potenze sonore associate alle macchine utilizzate.

Pacchetto costruzione sottovia (SL02/ SL03):

- escavatore: 2 106 dBA
- macchina pali: 2 105 dBA
- gru pesante: 2 104 dBA
- pompa aggotamento acqua: 2 90 dBA
- gruppo elettrogeno: 2 88 dBA
- pompa cls: 1 100 dBA

È stato inoltre considerato uno scenario notturno lungo linea per la realizzazione di alcune colonne in jet grouting (2-3 giorni), per la posa e rimozione ponte “essen” e per la spinta e scavo dei monoliti.

Le macchine utilizzate sono:

- jet grouting: 1 105 dBA
- autocarri: 2 100 dBA
- gru pesante: 2 104 dBA
- martello pneumatico: 1 107 dBA

Anche in questo caso si precisa che per tutte le attività ipotizzate è prevista la loro contemporaneità.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 90 di 181 |

Scenario di simulazione 2 – Cantiere operativo 2.CO.02

Si premette che saranno considerati nella seguente simulazione tipologica i cantieri operativi, perché potenzialmente più impattanti rispetto ai cantieri base e alle aree di stoccaggio e di deposito terre.

Nello specifico, sarà presa in considerazione l'area di cantiere 2.CO.02 si trova nel comune di Albano Sant'Alessandro, a circa 150 metri da ricettori residenziali.

Per le analisi acustiche nelle tabelle seguenti sono illustrati i dati identificativi, ai fini della caratterizzazione acustica, di ciascuna delle tipologie di cantiere considerate, comprendenti:

- La natura della sorgente di rumore;
- La potenza sonora attribuita alla sorgente;
- Il numero di macchinari ipotizzati all'interno del cantiere;
- La percentuale di impiego;
- La potenza sonora complessiva, ottenuta moltiplicando il valore della potenza sonora di ciascuna sorgente per il numero di sorgenti presenti;
- La potenza sonora risultante attribuibile al singolo cantiere, ovvero, il valore della sorgente equivalente impiegata nelle analisi per rappresentare il cantiere.

Per i cantieri operativi sono da considerarsi i seguenti mezzi:

CANTIERI OPERATIVI:

- gruppo elettrogeno: 1 88 dBA
- impianto drenaggio acque: 1 87 dBA
- impianto aria compressa: 1 90 dBA
- gru leggera: 1 103 dBA

Le macchine, all'interno del modello di simulazione, sono poste ad un'altezza pari a 1,5 metri dal suolo. I valori di potenza sonora vengono associati al singolo mezzo d'opera, ipotizzandola, appunto, come una sorgente puntuale.

Si precisa che per tutte le attività ipotizzate è prevista la loro contemporaneità.

6.2.2.3 Risultati delle simulazioni acustiche

ScENARIO di simulazione 1 – Cantiere lungo linea - Realizzazione sottovia

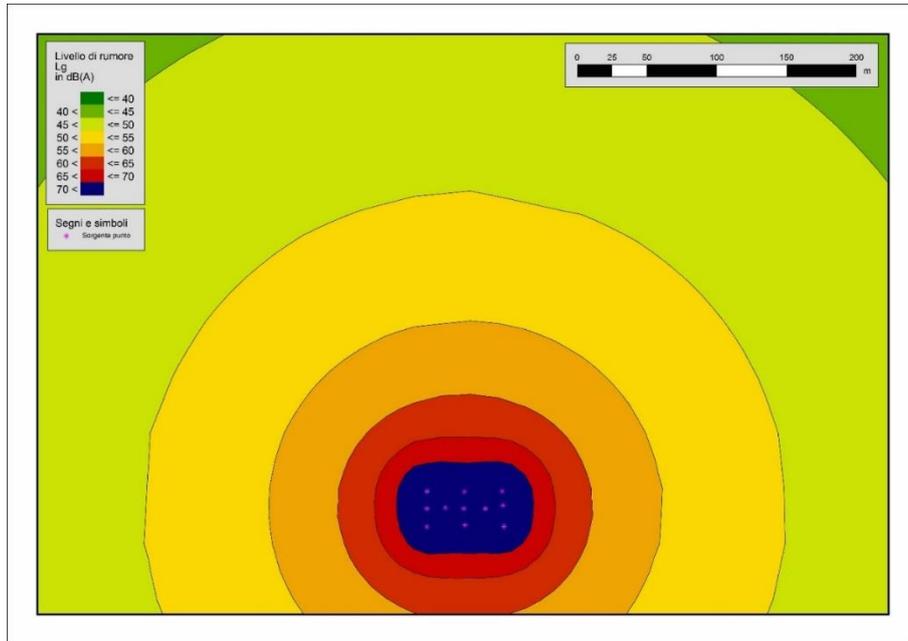


Figura 6-2 Cantiere mobile sottovia – periodo diurno

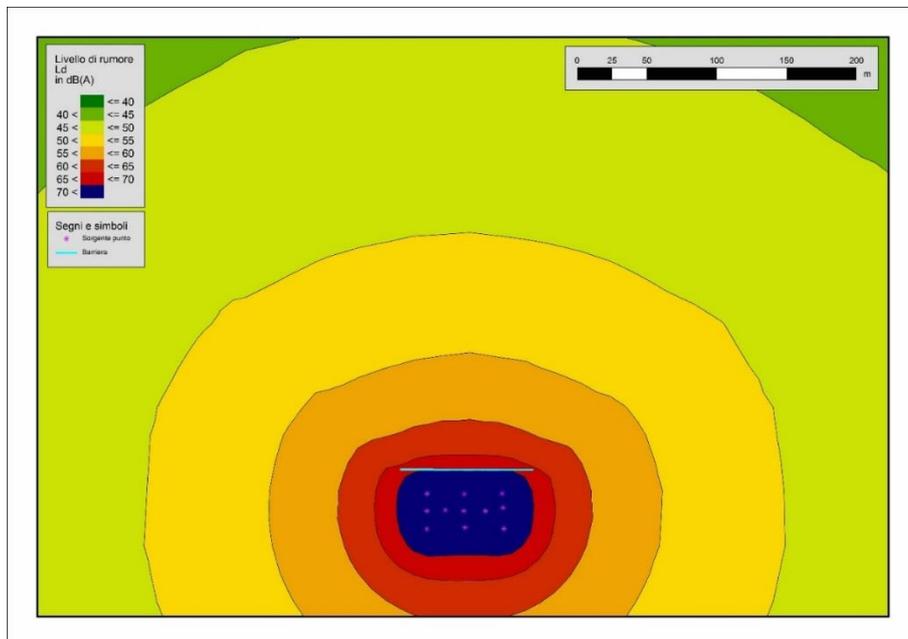


Figura 6-3 Cantiere mobile sottovia con mitigazione $h=3m$ – periodo diurno

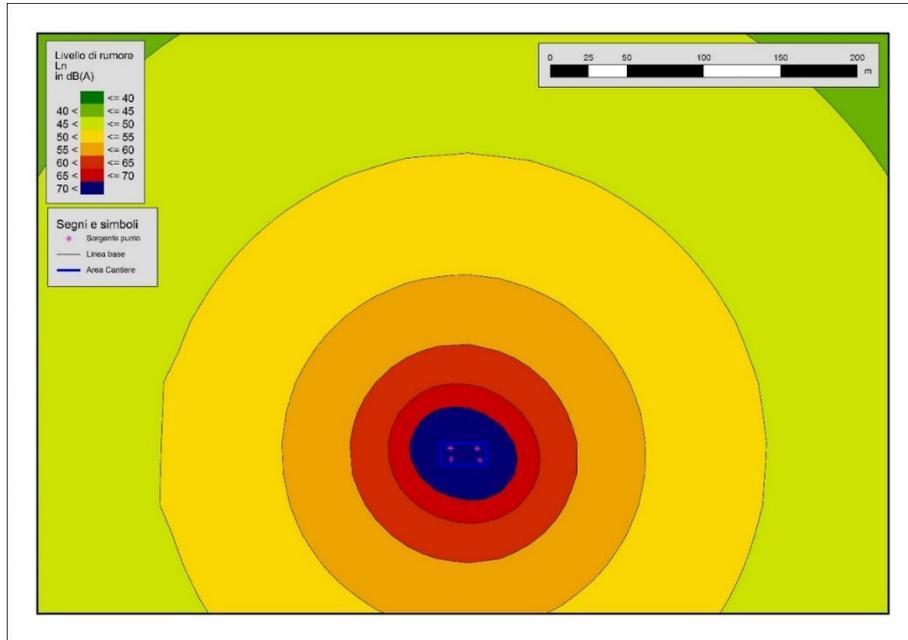


Figura 6-4 Cantiere mobile per jet grouting – periodo notturno

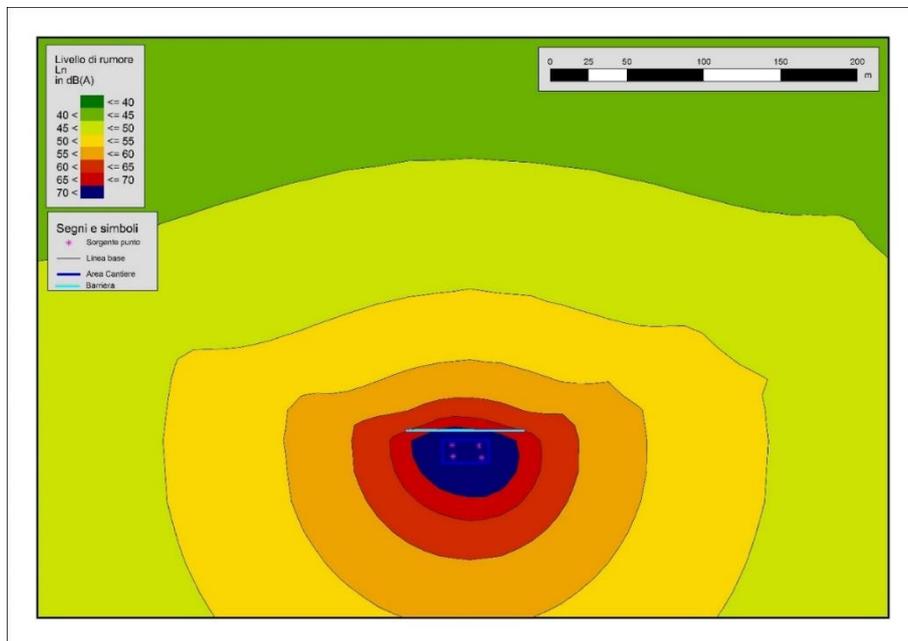


Figura 6-5 Cantiere mobile per jet grouting con mitigazione h=3m – periodo notturno

Tabella 6-13 Distanza che intercorre tra il fronte di cantiere mobile e valori limite di immissione

| Cantiere | Curva Isolivello dB(A) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (Assenza barriera) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (con barriera H=3 m) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (con barriera H=5 m) |
|--|-----------------------------------|--|--|--|
| Cantiere connesso alla realizzazione del Sottovia DIURNO | 50 | 228 | 212 | 195 |
| | 55 | 137 | 122 | 107 |
| | 60 | 86 | 72 | 50 |
| | 65 | 50 | 40 | 28 |
| Cantiere | Curva Isolivello dB(A) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (Assenza barriera) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (con barriera H=3 m) | Distanza fronte di cantiere – Isolivello (con barriera H=5 m) |
| Cantiere connesso alla realizzazione Jet Grouting NOTTURNO | 50 | 197 | 105 | 95 |
| | 55 | 117 | 59 | 48 |
| | 60 | 71 | 34 | 29 |
| | 65 | 45 | 23 | 20 |
| | 70 | 30 | 14 | 10 |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 94 di 181 |

Scenario di simulazione 2 – Cantiere Operativo 2.CO.02

Si riportano le mappe isolivello in planimetria, calcolate a 3 metri di altezza dal piano campagna, della pressione sonora simulata con le ipotesi indicate.

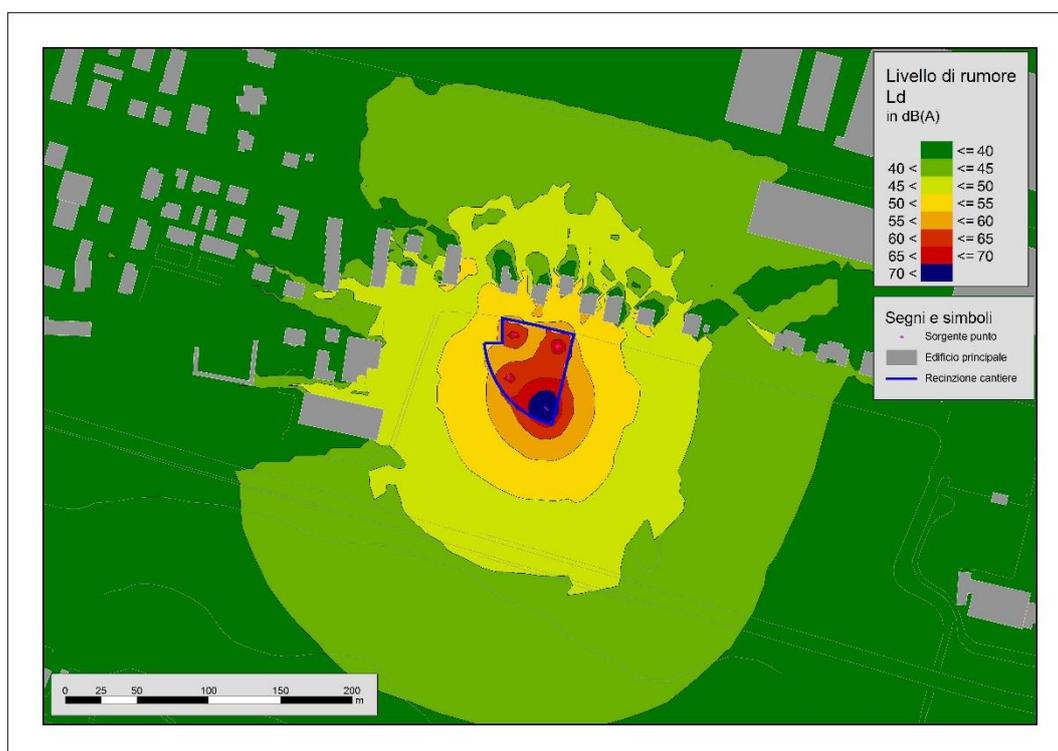


Figura 6-6 Output del modello di simulazione in planimetria.

6.2.2.4 Conclusione

Per valutare il rumore prodotto per la realizzazione degli interventi in fase di cantiere è indispensabile individuare le tipologie di lavorazioni svolte, i macchinari impiegati, le loro modalità di utilizzo e l'entità dei livelli sonori da essi prodotti.

L'analisi dell'impatto acustico delle attività di cantiere è in generale complessa. La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro, unitamente alla variabilità delle macchine impiegate e delle lavorazioni effettuate dagli addetti, nonché alla variabilità dei tempi delle diverse operazioni rendono infatti molto difficoltosa la determinazione dei livelli di pressione sonora.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 95 di 181 |

Inoltre, le attività in corso nel cantiere cambiano con l'avanzamento dello stato dei lavori, e conseguentemente cambiano continuamente il tipo ed il numero dei macchinari impiegati contemporaneamente, generalmente in maniera non standardizzabile.

Sono stati identificati i seguenti scenari di riferimento, ossia quelli ritenuti più significativi sotto il profilo acustico, e le relative attività di lavorazione:

- Scenario 1 – Cantiere lungo linea - Realizzazione Sottovia;
- Scenario 2 – Cantiere operativo 1.CO.02.

Per tutti gli scenari individuati, con il supporto del modello previsionale di calcolo SoundPlan 8.0, sono stati determinati i livelli di rumore indotti dalle attività di cantiere sopracitate, con ipotesi adeguatamente cautelative. Infatti, nella costruzione dello scenario modellistico sono state operate le seguenti ipotesi di lavoro:

- Scelta delle lavorazioni più onerose dal punto di vista delle emissioni acustiche
 Nell'ambito delle diverse attività e lavorazioni previste per le opere in progetto, sono state appositamente scelte quelle che, in ragione della potenza sonora dei macchinari utilizzati, risultavano le più critiche.
- Scelta del numero e delle caratteristiche dei mezzi d'opera impiegati
 Non essendo possibile nella presente fase progettuale avere una chiara definizione del numero e delle caratteristiche tecniche dei mezzi d'opera che saranno impiegati, si è proceduto con ipotesi adeguatamente cautelative.
- Localizzazione delle sorgenti emissive
 Trattando di sorgenti di tipo areale e per i cantieri fissi di sorgenti di tipo puntuali il loro posizionamento risulta sempre prossima ai ricettori abitativi.

In merito alle risultanze dello studio modellistico, è emerso che, per alcuni degli scenari considerati, l'opportuna adozione di barriere antirumore ha permesso di riportare i livelli acustici dei ricettori potenzialmente interferiti.

Lo scenario di simulazione 1 è finalizzato alla stima degli effetti dei cantieri lungo linea.

Per la realizzazione dei sottovia possono essere segnalati superamenti per i ricettori ricadenti in III classe nella fascia fino a 50m, mentre possono essere segnalati superamenti per i ricettori ricadenti in IV classe rispettivamente nella fascia fino a 28m.

Si deve tener conto che i cantieri sono in realtà operativi per otto ore diurne e spente nelle restanti otto, da cui le fasce di criticità si riducono sensibilmente.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 96 di 181 |

Non è tuttavia possibile escludere il superamento residuo, pur adottando barriere mobili di cantiere, per i ricettori più prossimi alle lavorazioni: pur se per un breve transitorio, sarà opportuno richiedere una Deroga ai limiti acustici di zona come di seguito specificatamente descritto.

Per quanto concerne lo scenario di simulazione 2, è stata condotta un'analisi e una valutazione del rumore indotto dalle attività di lavoro all'interno della specifica area di cantiere 2.CO.02.

Pur valendo le considerazioni portate per il cantiere mobile, nel cantiere fisso è a disposizione una superficie più ampia che consente di disporre le sorgenti in modo tale da minimizzare la propagazione sonora. L'utilizzo di barriere di cantiere consente di escludere superamenti residui presso i ricettori più prossimi, nella fascia entro 10 metri dalla pertinenza del cantiere stesso.

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dalle barriere e dagli altri accorgimenti riportati nel successivo paragrafo, qualora non risulti possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore potrà richiedere al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

In considerazione della vicinanza dei cantieri e dei limiti indicate nelle Classificazioni acustiche comunali (quasi tutti i ricettori sono in III o IV classe, ma sono presenti anche ricettori di II classe), nella successiva fase progettuale è necessario uno studio approfondito, oltre a un significativo Piano di Monitoraggio, al fine di determinare puntualmente le mitigazioni e definire gli estremi delle deroghe acustiche.

6.2.3 Misure di prevenzione e mitigazione

6.2.3.1 Barriere antirumore in corrispondenza dei ricettori prossimi alle aree di cantiere

In relazione alle considerazioni cautelative effettuate nei precedenti paragrafi vi è la necessità di installare barriere antirumore. Infatti, a seguito della modellazione e simulazione acustica dei tre scenari di riferimento, i livelli di pressione non sempre risultano entro i limiti previsti.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|-----------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 97 di 181 |

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa degli interventi di mitigazione acustica adottati per i cantieri fissi:

| barriere altezza 3 m | |
|----------------------|--------|
| Barr. CB.01 | 194,00 |

| barriere altezza 5 m | |
|----------------------|--------|
| Barr. AS.04 | 252,00 |
| Barr. AT.04 | 50 |

La localizzazione planimetrica di tutti gli interventi di mitigazione, quali barriere antirumore di tipo fisso, è osservabile nell'elaborato grafico "*Planimetrie localizzazione interventi di mitigazione - NB1R08D69P5CA0000001A*".

La tipologia di barriera di cantiere, meglio dettagliato nell'elaborato grafico "*Tipologico barriera antirumore/antipolvere di cantiere - NB1R08D69PZCA0000001A*" è la seguente:

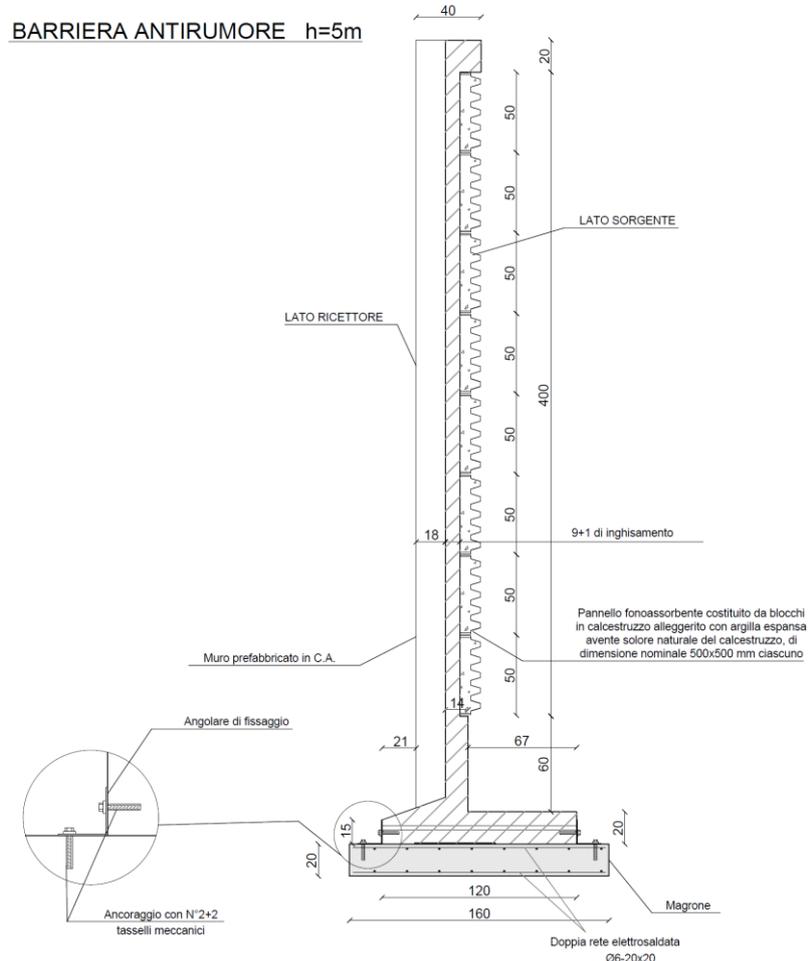


Figura 6-7 Barriera di cantiere, con altezza variabile da 3 a 5 metri

6.2.3.2 Procedure operative

Durante le fasi di realizzazione delle opere verranno applicate generiche procedure operative per il contenimento dell'impatto acustico generato dalle attività di cantiere. In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Dovranno essere previste misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 99 di 181 |

necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari ed impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica gli interventi attivi sui macchinari e le attrezzature possono essere sintetizzati come di seguito:

- scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali;
- selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea ed ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- installazione, se già non previsti ed in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di impianti fissi schermati;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

In particolare, i macchinari e le attrezzature utilizzate in fase di cantiere saranno silenziate secondo le migliori tecnologie per minimizzare le emissioni sonore in conformità al DM 01/04/04 "Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale": il rispetto di quanto previsto dal D.M. 01/04/94 è prescrizione operativa a carico dell'Appaltatore.

Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono:

- eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
- sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 100 di 181 |

- svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

Fondamentale risulta, anche, una corretta definizione del lay-out del cantiere; a tal proposito le principali modalità in termini operazionali e di predisposizione del cantiere risultano essere:

- orientamento degli impianti che hanno una emissione direzionale in posizione di minima interferenza;
- localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori più vicini;
- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...).

6.2.3.3 Deroga

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dalle barriere e dagli altri accorgimenti riportati nel successivo paragrafo, qualora non risulti possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore potrà richiedere al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

6.3 VIBRAZIONI

6.3.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

6.3.1.1 Inquadramento normativo

Norma UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

Le norme tecniche di riferimento sono le DIN 4150 (tedesca) e la UNI 9614 che definiscono:

- i tipi di locali o edifici,

- i periodi di riferimento,
- i valori che costituiscono il disturbo,
- il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne.
- Le vibrazioni immesse in un edificio si considerano:
 - di livello costante: quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s) varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB
 - di livello non costante: quando il livello suddetto varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB
 - impulsive: quando sono originate 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.

La direzione lungo le quali si propagano le vibrazioni sono riferite alla postura assunta dal soggetto esposto. Gli assi vengono così definiti : asse z passante per il coccige e la testa, asse x passante per la schiena ed il petto, asse y passante per le due spalle. Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante, i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, corrispondenti ai più elevati riscontrati sui tre assi, possono essere confrontati con i valori di riferimento riportati nelle tabelle 34 e 35; tali valori sono espressi mediante l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza $a(w)$ e del suo corrispondente livello $L(w)$. Quando i valori delle vibrazioni in esame superano i livelli di riferimento, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Il giudizio sull'accettabilità (tollerabilità) del disturbo oggettivamente riscontrata dovrà ovviamente tenere conto di fattori quali la frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, la sua durata, ecc.

Tabella 6-14 - Valori e livelli di riferimento delle accelerazioni ponderate in frequenza validi per l'asse z

| | a (m/s ²) | La,w (dB) |
|---------------|-----------------------|-----------|
| aree critiche | 5.0 10 ⁻³ | 74 |

| | | |
|---------------------|-----------------------|----|
| abitazioni (notte) | 7.0 10 ⁻³ | 77 |
| abitazioni (giorno) | 10.0 10 ⁻³ | 80 |
| uffici | 20.0 10 ⁻³ | 86 |
| fabbriche | 40.0 10 ⁻³ | 92 |

Tabella 6-15 - Valori e livelli di riferimento delle accelerazioni ponderate in frequenza validi per l'asse x e y

| | a (m/s ²) | La,w (dB) |
|---------------------|-----------------------|-----------|
| aree critiche | 3.6 10 ⁻³ | 71 |
| abitazioni (notte) | 5.0 10 ⁻³ | 74 |
| abitazioni (giorno) | 7.2 10 ⁻³ | 77 |
| uffici | 14.4 10 ⁻³ | 83 |
| fabbriche | 28.8 10 ⁻³ | 89 |

Norma UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

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 quello 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. Per semplicità, la presente norma considera 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 eccitazione causata dall' uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio (per esempio vibrazioni indotte da macchinari all' interno degli edifici): tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio. Gli urti direttamente applicati alla struttura attraverso macchine industriali, gli urti

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 103 di 181 |

prodotti dalle esplosioni, dalla battitura dei pali e da altre sorgenti immediatamente a ridosso dei ristretti limiti della struttura non sono inclusi nella gamma di frequenza indicata, ma lo sono i loro effetti sulla struttura. In appendice A della norma stessa è riportata la classificazione degli edifici.

Nell'Appendice B della norma, che non costituisce parte integrante della norma stessa, sono indicate nel Prospetto IV le velocità ammissibili per tipologia di edificio, nel caso particolare di civile abitazione i valori di riferimento sono riportati nella Tabella 6-16.

Tabella 6-16 - Valori di riferimento delle velocità

| | Civile abitazione | | | |
|-----------------|-------------------|-----------|------------|---------------|
| | Fondazione | Pavimento | | |
| frequenza | < 10 Hz | 10-50 Hz | 50 -100 Hz | diverse freq. |
| velocità (mm/s) | 5 | 5-15 | 15-20 | 15 |

Norma UNI 11048 – Vibrazioni meccaniche ed urti – Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

La norma, sperimentale, definisce i metodi di misurazione delle vibrazioni e degli urti trasmessi agli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi, al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti. Essa affianca la UNI 9614. La norma non si applica alla valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, in relazione a possibili danni strutturali o architettonici, per la quale si rimanda alla UNI 9916.

6.3.1.2 Modello di calcolo

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutti i tipi di onde, si basa sull'equazione di Bornitz che tiene conto dei diversi meccanismi di attenuazione a cui l'onda vibrazionale è sottoposta durante la propagazione nel suolo.

$$w_2 = w_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-\alpha(r_2 - r_1)}$$

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 104 di 181 |

dove w_1 e w_2 sono le ampiezze della vibrazione alle distanze r_1 e r_2 dalla sorgente, n è il coefficiente di attenuazione geometrica e dipende dal tipo di onda e di sorgente, a è il coefficiente di attenuazione del materiale e dipende dal tipo di terreno.

Il primo termine dell'equazione esprime l'attenuazione geometrica del terreno. Questa oltre ad essere funzione della distanza, dipende dalla localizzazione e tipo di sorgente (lineare o puntuale, in superficie o in profondità) e dal tipo di onda vibrazionale (di volume o di superficie). Il valore del coefficiente n è determinato sperimentalmente secondo i valori individuati da Kim-Lee e, nel caso specifico in esame, equivale a 1 in quanto la sorgente è puntiforme e posta in profondità (le onde di volume sono predominanti).

Il secondo termine dell'equazione fa riferimento invece all'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno indotto dai fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore. Il coefficiente di attenuazione a è esprimibile secondo la seguente formula:

$$a = \frac{2\pi\eta f}{c}$$

dove f è la frequenza in Hz, c è la velocità di propagazione dell'onda in m/s e η il fattore di perdita del terreno. Questi dipendono dalle caratteristiche del terreno e i loro valori sono stati determinati dalla letteratura in ragione della natura del terreno. Nel caso in studio, il tratto oggetto interessato dalla realizzazione della trincea (TR.25) risulta essere un terreno costituito da depositi alluvionali recenti (sabbie, sabbie limose ecc.). (cfr. *Relazione Geologica, Geomorfologia e Idrogeologica, elaborato NB1R00D69RGGE0001001A*, e *Carta geologica con elementi di geomorfologia, elaborato CODIFICA*).

Di seguito i valori assunti per la determinazione del coefficiente di attenuazione a :

- η (fattore di perdita): 0,1;
- c (velocità di propagazione): 1800 m/s.

Utilizzando tale metodologia, nota l'emissione vibrazionale del macchinario e la distanza tra ricettore-sorgente è possibile calcolare l'entità della vibrazione in termini accelerometrici in corrispondenza del potenziale edificio interferito.

Per quanto riguarda i valori di emissione, si è fatto riferimento a dati sperimentali desunti in letteratura.

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di mezzi operativi non è soggetta alle stringenti normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore. Pertanto, in questo caso non si ha una caratterizzazione dell'emissione in condizioni

standardizzate, ed una garanzia del costruttore a non superare un preciso valore dichiarato. Non si hanno nemmeno valori limite da rispettare per quanto riguarda i livelli di accelerazione comunicati ai recettori, e quindi ovviamente non è possibile specificare la produzione di vibrazioni con lo stesso livello di dettaglio con cui si è potuto operare per il rumore.

6.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

6.3.2.1 Valutazione degli scenari

Prima di entrare nel merito delle risultanze, si sottolinea che per quanto riguarda le tipologie di attività/aree prese in esame, sono state prese in considerazione tutte le aree di lavoro interessate dalle operazioni di scavo.

Le analisi effettuate nei riguardi delle singole aree di cantiere hanno messo in luce un contesto localizzativo intensamente abitato.

Per la caratterizzazione emissiva della sorgente relativa allo scavo e movimentazione delle terre, che nello specifico si è considerato la contemporaneità di tre mezzi operativi, quali autocarro, escavatore e pala meccanica, si è fatto riferimento ai dati sperimentali desunti in letteratura e riferiti ad un rilievo ad una distanza di 5 m dalla sorgente.

Tabella 6-17 Spettro emissivo assunto per la caratterizzazione emissiva vibrazionale da autocarro, escavatore e pala meccanica calcolata a 5 m dalla sorgente

| Hz | mm/s ² |
|------|-------------------|
| 1 | 1,8 |
| 1,25 | 1,8 |
| 1,6 | 1,5 |
| 2 | 1,2 |
| 2,5 | 1,3 |
| 3,15 | 1 |
| 4 | 0,8 |
| 5 | 2,3 |
| 6,3 | 7,1 |
| 8 | 6,2 |
| 10 | 5,3 |
| 12,5 | 9,9 |
| 16 | 14 |

| | |
|------|------|
| 20 | 19,2 |
| 25 | 39,9 |
| 31,5 | 41,3 |
| 40 | 45,7 |
| 50 | 66 |
| 63 | 87,7 |
| 80 | 47 |

Attraverso la metodologia individuata, opportunamente tarata in funzione della localizzazione della sorgente e del terreno caratterizzante l'ambito di studio specifico, ed utilizzando la curva di ponderazione w_m secondo quanto previsto dalla normativa UNI 9614, è stato calcolato il livello di accelerazione complessivo in dB indotto dal macchinario a diverse distanze dal fronte di lavorazione.

Tabella 6-18 Livelli delle accelerazioni in dB in funzione della distanza dalla sorgente emissiva

| Distanza | 5 m | 10 m | 20 m | 30 m | 40 m | 50 m | 75 m | 100 m |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| L_w | 82,8 | 76,3 | 69,4 | 65,0 | 61,7 | 59,0 | 53,9 | 50,1 |

Inoltre, la norma UNI 9614 definisce i valori limite per il livello totale delle accelerazioni di tipo vibratorio, in funzione della tipologia dei fabbricati e del loro utilizzo. Si noti come i valori presenti nella norma si riferiscono a sorgenti di tipo continuo e risultano dunque conservativi rispetto ad una sorgente di tipo intermittente o addirittura transitoria quale costituita dalle attività di cantiere. I valori limite indicati nella UNI 9614 sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 6-19 Norma UNI 9614 - Valori limite

| Luogo | L [dB] |
|---------------------|----------|
| Aree critiche | 71 |
| Abitazione (notte) | 74 |
| Abitazione (giorno) | 77 |
| Uffici | 83 |
| Fabbriche | 89 |

Lo scenario in esame è stato definito avendo come prima finalità quella di fornire i risultati

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 107 di 181 |

sufficientemente cautelativi. Per tali ragioni si è ipotizzato che le attività di scavo e movimentazione è avvenuta nel periodo diurno per sette ore consecutive.

Con il supporto delle Tabella 6-18 e Tabella 6-19, si evince che per tali attività occorre verificare l'effettivo livello di disturbo generato dalle lavorazioni su tutti i ricettori che si trovano a distanza inferiore a circa 10 m dalla sorgente emissiva.

Nello specifico i lavori lungo linea possono presentare tali situazioni, con presenza di ricettori entro un buffer di 10 metri dal limite del cantiere mobile.

Pur trattandosi di una situazione transitoria, è comunque necessario applicare una serie di misure di mitigazione e prevenzione, dettagliatamente riportate nel paragrafo successivo.

6.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia ed adottare semplici accorgimenti, quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

La definizione di misure di dettaglio è demandata all'Appaltatore, che per definirle dovrà basarsi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati e su apposite misure. In linea indicativa, l'Appaltatore dovrà:

- rispettare la norma di riferimento ISO 2631, recepita in modo sostanziale dalla UNI 9614, con i livelli massimi ammissibili delle vibrazioni sulle persone;
- contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia;
- definire le misure di dettaglio basandosi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati;
- per i ricettori sensibili, dove presumibilmente le attività legate alle lavorazioni più impattanti saranno incompatibili con la fruizione del ricettore, dovrà attuare procedure operative che consentano di evitare lavorazioni impattanti negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 108 di 181 |

6.4 ARIA E CLIMA

6.4.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

6.4.1.1 Inquadramento normativo

Per quanto riguarda strettamente la trattazione si riporta di seguito i principali strumenti legislativi che compongono la cornice giuridica in materia atmosfera.

| | |
|------------------------------|--|
| D.Lgs. n. 250 del 24.12.2012 | <i>Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155;</i> |
| D.Lgs. n. 155 del 13.08.2010 | <i>Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;</i> |
| D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006 | <i>Norme in materia ambientale. Parte quinta - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera;</i> |
| D.Lgs. n. 133 del 11.05.2005 | <i>Attuazione della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti.</i> |

Regione Lombardia

| | |
|------------------------------|--|
| D.G.R. n.2605 del 30.11.2011 | <i>Zonizzazione del territorio regionale in zone e agglomerati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi dell'art. 3 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 - revoca della DGR n. 5290/07</i> |
|------------------------------|--|

6.4.1.2 Stato qualità dell'aria

Zonizzazione del territorio

La misura della qualità dell'aria è utile per garantire la tutela della salute della popolazione e la protezione degli ecosistemi. La legislazione italiana, costruita sulla base della direttiva europea Direttiva 08/50/CE recepita dal D.Lgs. 155/10 definisce che le Regioni sono l'autorità competente in questo campo, e prevede la suddivisione del territorio in zone e agglomerati sui quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite. La zonizzazione deve essere rivista almeno ogni 5 anni. Il D. Lgs. 155/10 ha rivisto i criteri attraverso i quali realizzare la zonizzazione ai fini della valutazione della qualità dell'aria.

La Regione Lombardia con D.g.r. n. 2605 del 30 novembre 2011 (Allegato 1) ha recepito quanto previsto e modificato la precedente zonizzazione distinguendo il territorio in:

AGGLOMERATI URBANI

Agglomerato di Milano

Agglomerato di Bergamo

Agglomerato di Brescia

ZONA A

Pianura ad elevata urbanizzazione

ZONA B

Zona di pianura

ZONA C

Prealpi, Appennino e Montagna

ZONA D

Fondovalle

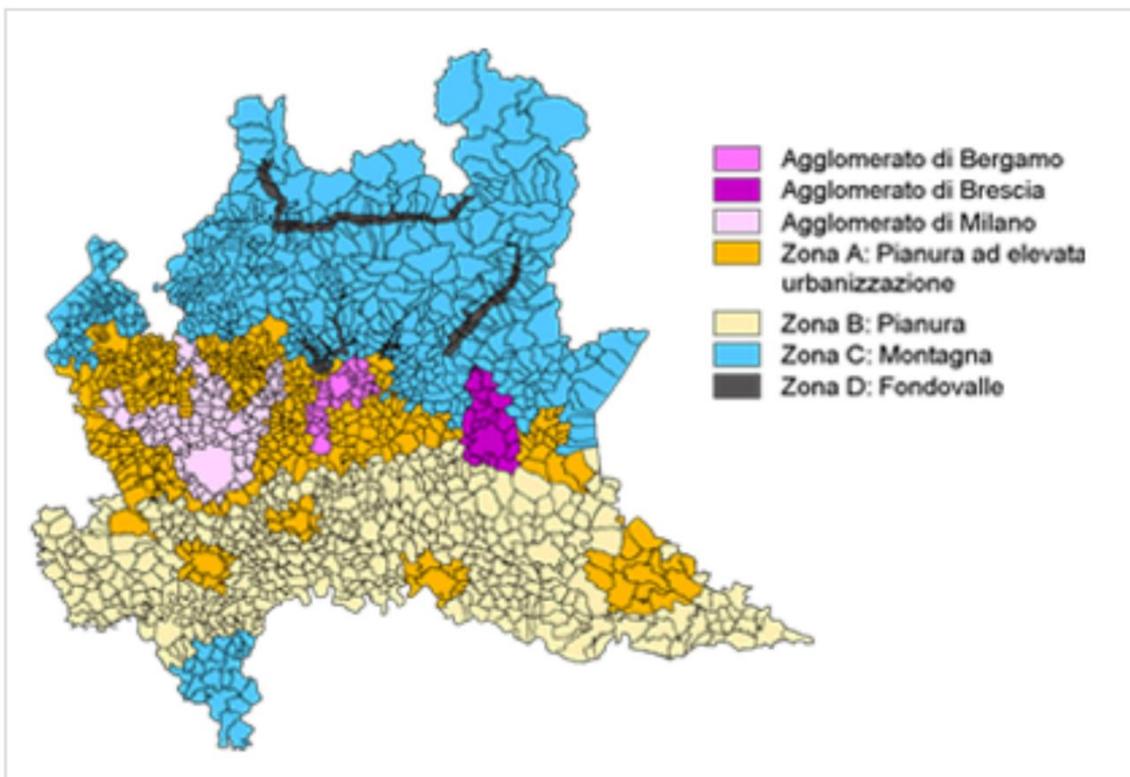


Figura 6-8 Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11

Ai fini della valutazione dell'ozono, la nuova zonizzazione prevede una suddivisione della zona C
zona C1 per Prealpi e Appennino e zona C2 per la Montagna.

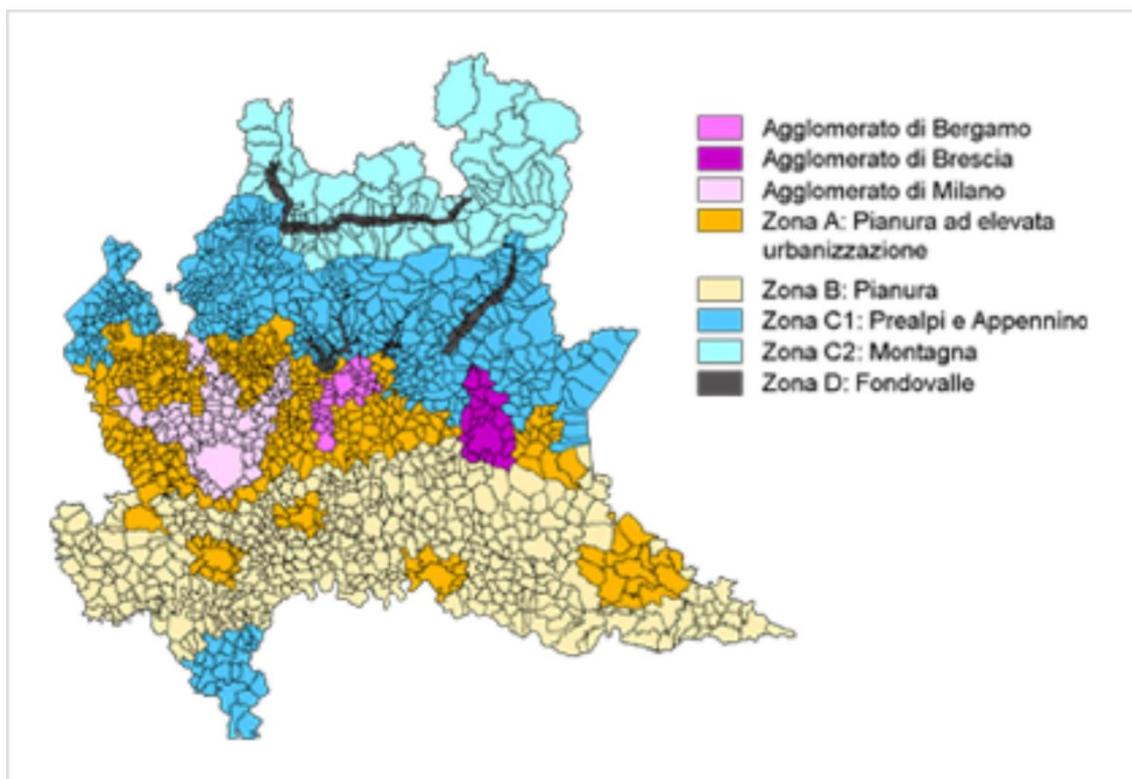


Figura 6-9 Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11 (Valutazione Ozono)

Nella successiva figura viene riportato il dettaglio per la provincia di Bergamo.

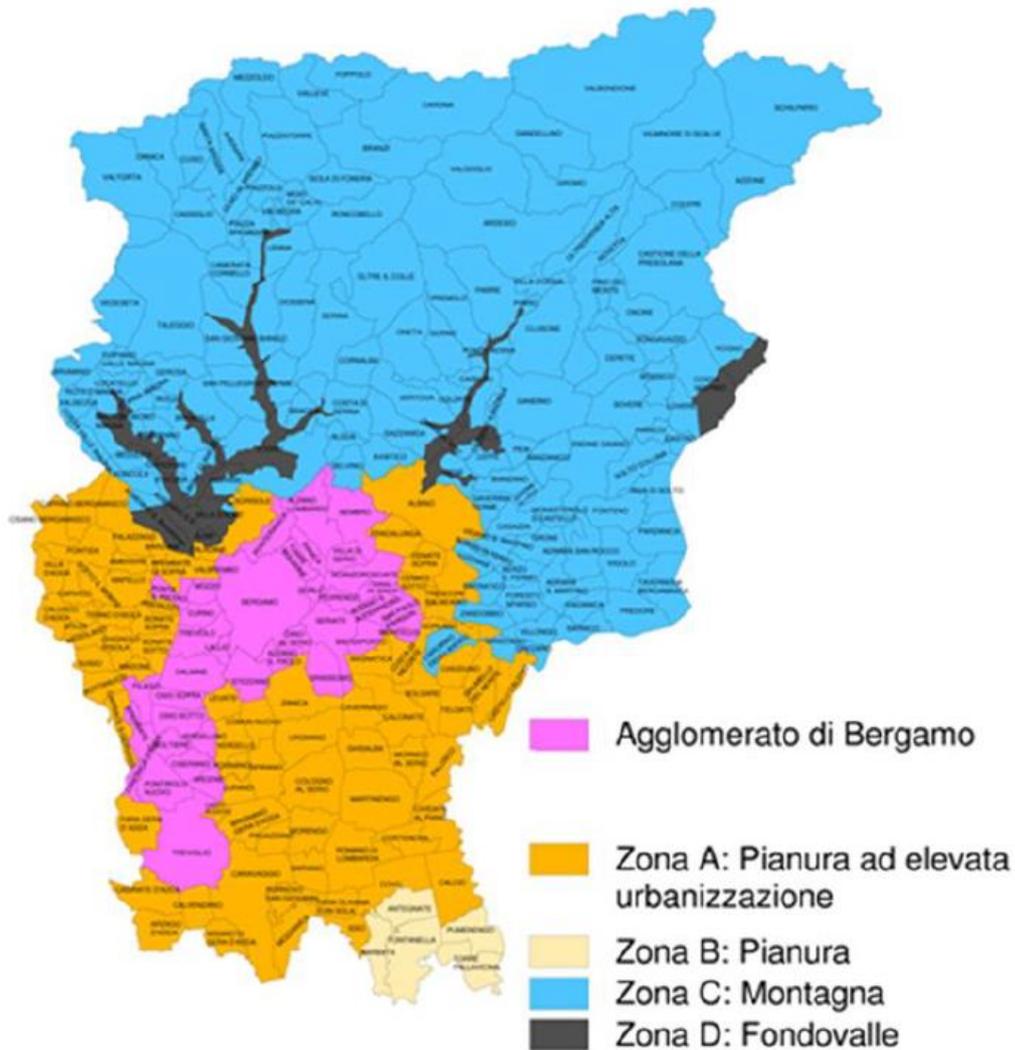


Figura 6-10 Zonizzazione della provincia di Bergamo (ai sensi della D.G.R. n° 2605/2011)

Nelle zone e negli agglomerati la valutazione della qualità dell'aria deve essere condotta in modo integrato, mediante le stazioni fisse, misure indicative e modelli matematici di dispersione. Per siti fissi si intendono le stazioni di misura ubicate presso siti fissi, con campionamento in continuo o discontinuo. Per misurazioni indicative si intendono le misurazioni degli inquinanti effettuate in stazioni ubicate o in siti fissi (ad esempio campionatori passivi) o mediante stazioni di misurazione mobili (fonte Arpa Lombardia).



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 112 di 181 |

Caratterizzazione del contesto territoriale

La provincia di Bergamo è situata nella parte centro-orientale della Lombardia e conta oltre un milione di abitanti. Confina a nord con la provincia di Sondrio, a est con la provincia di Brescia, a ovest con la provincia di Milano e Lecco e la sud con la provincia di Cremona.

Il confine occidentale è segnato dallo spartiacque tra i bacini del Brembo e del Lago di Como a nord e dal fiume Adda a sud. Il confine settentrionale segue lo spartiacque principale delle Alpi Orobie. Il confine orientale segue prima lo spartiacque tra la Val di Scalve e la Val Camonica, quindi il Lago d'Iseo ed il fiume Oglio. Il confine meridionale è sostanzialmente convenzionale. La provincia di Bergamo occupa una superficie di 2722.86 kmq e possiede una morfologia variabile da 3.050 mt sul livello del mare a 82 mt.

La parte settentrionale della provincia è essenzialmente montuosa, occupa il 64% della superficie e qui si trovano le principali valli bergamasche: la Val Brembana (attraversata dal Brembo), la Val Seriana (Serio) e la Val Cavallina (Cherio). Altre valli più piccole sono la Valle Imagna, la Valle di Scalve (Dezzo) e la Val Serina, in passato strategico punto di collegamento tra le valli Seriana e Brembana. È da ricordare per il suo interesse turistico anche la Val Taleggio, diramazione della Val Brembana. Andando verso sud si trova una fascia collinare con una superficie del 12% che comprende la Val San Martino, i Colli di Bergamo e la Valcalepio, zona di produzione dei tipici vini bergamaschi. La zona collinare si estende per 70 km in larghezza, dall'Adda al lago di Iseo.

Dal punto di vista della qualità dell'aria, pertanto, parte del territorio è a pieno titolo inserita nel bacino aerologico della pianura padana ed è quindi caratterizzato dalle tipiche condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti tipico di questo territorio. La parte prealpina e alpina è invece caratterizzata da fondovalle con possibili ristagni anche importanti e zone con condizioni meteorologiche normalmente più favorevoli alla dispersione.

I principali e più popolosi comuni della provincia di Bergamo sono riportati in Tabella 1-1.

| Stemma | Comune | Popolazione [ab] | Superficie [km ²] | Densità [ab/km ²] | Altitudine [m slm] |
|---|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
|  | Bergamo | 120923 | 40.16 | 3011 | 249 |
|  | Treviglio | 29815 | 32.22 | 925 | 125 |
|  | Seriate | 25358 | 11.81 | 2024 | 247 |
|  | Dalmine | 23495 | 12.53 | 199 | 207 |
|  | Romano di Lombardia | 20486 | 19.38 | 1057 | 120 |
|  | Albino | 17903 | 31.81 | 563 | 342 |
|  | Caravaggio | 16261 | 33.39 | 487 | 111 |
|  | Alzano Lombardo | 13637 | 13.68 | 997 | 304 |
|  | Stezzano | 13112 | 9.37 | 1399 | 211 |
|  | Osio Sotto | 12474 | 7.59 | 1644 | 182 |

(popolazione al 01/01/2018 – fonte Istat)

Emissioni atmosferiche

In linea generale i principali inquinanti in aria possono essere suddivisi, schematicamente, in due gruppi: inquinanti primari e secondari. I primi vengono immessi nell'atmosfera direttamente dalle sorgenti, antropogeniche o naturali, mentre i secondi si formano in atmosfera successivamente, a seguito di reazioni chimiche o fisiche che coinvolgono altre specie, sia primarie che secondarie.

Nella tabella seguente sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

| Inquinante | | Principali sorgenti di emissione | |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|
| Biossido di zolfo | SO ₂ | * | Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili). |
| Biossido di azoto | NO ₂ | */** | Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici). |
| Monossido di carbonio | CO | * | Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili). |
| Ozono | O ₃ | ** | Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera. |
| Particolato fine | PM10 PM2.5 | */** | È prodotto principalmente da combustioni e per azioni meccaniche (erosione, attrito, ecc.) ma anche per processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa. |
| Idrocarburi non metanici | IPA C ₆ H ₆ | * | Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali. |

*N.B. (*Inquinante Primario; **Inquinante Secondario).*

Figura 6-11 Sorgenti emissive dei principali inquinanti (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

Nella Figura 6-14 sono presentate le stime delle emissioni atmosferiche per fonte e si possono trarre le seguenti considerazioni circa le fonti che contribuiscono maggiormente alle emissioni delle seguenti sostanze inquinanti:

- SO₂: i maggiori contributi alle emissioni, quasi il 59%, sono dovuti alla combustione industriale, in particolare ai processi di combustione con contatto quali la produzione di calce ed alluminio di seconda fusione.
- NO_x: la principale fonte di emissione è il trasporto su strada (47%), la seconda sorgente è costituita dalla combustione in ambito industriale (30%), seguita dalle emissioni da macchine in agricoltura e riscaldamento domestico, che contribuiscono per un 10% ciascuno.
- COV: la principale sorgente è data dall'uso dei solventi (42%), seguito dal contributo delle foreste (22%) e dell'agricoltura per il 13%.
- CH₄: le emissioni di metano a livello provinciale sono dovute in larga parte al comparto agricoltura (53%). L'estrazione e la distribuzione dei combustibili contribuiscono in maniera minore (25%).

- CO: il maggior apporto alle emissioni di monossido di carbonio è dato dalla combustione non industriale (38%), seguito dai processi produttivi (28%) e dal trasporto su strada (24%), la combustione industriale determina un ulteriore 6%.
- CO₂: il maggior contributo relativo alle emissioni di biossido di carbonio è dato dalla combustione industriale (35%) e dal trasporto su strada (29%). Il contributo della combustione in ambito civile è del 22%. Gli assorbimenti da parte della porzione di territorio a foresta sono stimati attorno al 13%.
- N₂O: le emissioni di questo inquinante a livello provinciale sono dovute per il 77% al comparto agricoltura, in particolare per quanto attiene al trattamento dei reflui da allevamenti.
- NH₃: è il comparto agricoltura a determinare quasi esclusivamente le emissioni di ammoniaca a livello provinciale (97%).
- PM_{2.5}, PM₁₀ e PTS: le polveri, sia fini che grossolane, sono emesse principalmente dal comparto relativo alla combustione non industriale (rispettivamente 57%, 49% e 41% in funzione della frazione considerata). Il trasporto su strada costituisce la seconda sorgente (17%, 19%, 20%). Il comparto agricoltura, considerando sia le emissioni da allevamenti che le emissioni da macchine operatrici, contribuisce per il 6% delle emissioni di PM_{2.5}, tale contributo sale al 7% e al 8% all'aumentare del diametro della frazione considerata.
- CO₂ eq (totale emissioni di gas serra in termine di CO₂ equivalente): come per la CO₂ il contributo principale è dovuto alle emissioni dal comparto relativo alla combustione industriale (28%) e dal trasporto su strada (24%). Assumono rilevanza le emissioni della combustione in ambito civile (18%) e del comparto agricolo (9%). Gli assorbimenti dovuti a foreste assommano a 11%.
- Precursori O₃: le principali fonti di emissione di questa classe di inquinanti sono il trasporto su strada e l'uso dei solventi (23% ciascuno). La combustione nell'industria contribuisce per il 13%. Un ulteriore apporto (12%) è dovuto alle emissioni dalle foreste.
- Tot. Acidificanti (emissioni totali di sostanze in grado di contribuire all'acidificazione delle precipitazioni): la principale fonte di emissione è costituita dall'agricoltura (58%), in particolare per quanto attiene alla gestione dei reflui da allevamento. Un contributo del 17% e del 15% è rispettivamente dovuto al trasporto su strada e alla combustione nell'industria.

| MACROSETTORI | SO ₂ | NO _x | COV | CH ₄ | CO | CO ₂ | N ₂ O | NH ₃ | PM2.5 | PM10 | PTS | CO ₂ eq | Precurs. O ₃ | Tot. acidif. (H ⁺) |
|---|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | kt/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | kt/anno | t/anno | kt/anno |
| Produzione energia e trasform. combustibili | 11 | 63 | 8 | 55 | 48 | 13 | 4 | 0.3 | 1 | 1 | 2 | 15 | 91 | 2 |
| Combustione non industriale | 79 | 1164 | 1341 | 991 | 11525 | 1378 | 67 | 29 | 1219 | 1249 | 1317 | 1423 | 4042 | 29 |
| Combustione nell'industria | 1171 | 4253 | 604 | 279 | 1967 | 2171 | 87 | 64 | 200 | 315 | 516 | 2204 | 6014 | 133 |
| Processi produttivi | 548 | 339 | 1319 | 16 | 8542 | 1353 | 5 | 2 | 73 | 135 | 221 | 1355 | 2672 | 25 |
| Estrazione e distribuzione combustibili | | | 716 | 8118 | | | | | | | | 203 | 830 | |
| Uso di solventi | 0.02 | 21 | 10271 | 0.1 | 16 | | | 1 | 120 | 141 | 216 | 276 | 10299 | 1 |
| Trasporto su strada | 11 | 6662 | 1596 | 136 | 7224 | 1802 | 66 | 103 | 365 | 494 | 636 | 1825 | 10520 | 151 |
| Altre sorgenti mobili e macchinari | 27 | 1075 | 106 | 2 | 497 | 141 | 4 | 0.2 | 47 | 47 | 48 | 142 | 1473 | 24 |
| Trattamento e smaltimento rifiuti | 147 | 566 | 28 | 5553 | 235 | 254 | 51 | 33 | 5 | 6 | 7 | 408 | 822 | 19 |
| Agricoltura | | 36 | 3256 | 17432 | | | 964 | 9031 | 34 | 85 | 166 | 723 | 3544 | 532 |
| Altre sorgenti e assorbimenti | 2 | 10 | 5337 | 231 | 280 | -834 | 0.3 | 8 | 76 | 97 | 112 | -828 | 5383 | 1 |
| Totale | 1996 | 14189 | 24583 | 32813 | 30335 | 6279 | 1247 | 9271 | 2141 | 2572 | 3241 | 7747 | 45690 | 916 |

Figura 6-12 Stime delle emissioni atmosferiche per fonte (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

Stato della qualità dell'aria

La rete di rilevamento della qualità dell'aria di ARPA Lombardia è costituita da 85 stazioni fisse del programma di valutazione che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria). Le specie di inquinanti monitorate in continuo sono NO_x, SO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} e benzene. A seconda del contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc.) nel quale è attivo il monitoraggio, diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare. Pertanto, non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica. Le postazioni regionali sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio rispettando i criteri di definiti dal D.Lgs. 155/2010.

I dati forniti dalle stazioni fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne temporanee di misura mediante laboratori mobili e campionatori utilizzati per il rilevamento del particolato fine, oltre che altra strumentazione avanzata quale ad esempio Contatori Ottici di Particelle e analizzatori di Black Carbon.

Il D.Lgs. 155/2010 (art. 5) prevede che le regioni e le province autonome predispongano un programma per la misura della qualità dell'aria con stazioni fisse coerente con le disposizioni introdotte dal decreto stesso. Il numero delle stazioni di misurazione previste dal programma di valutazione (PdV) deve essere individuato nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità.

Rete di monitoraggio

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio.

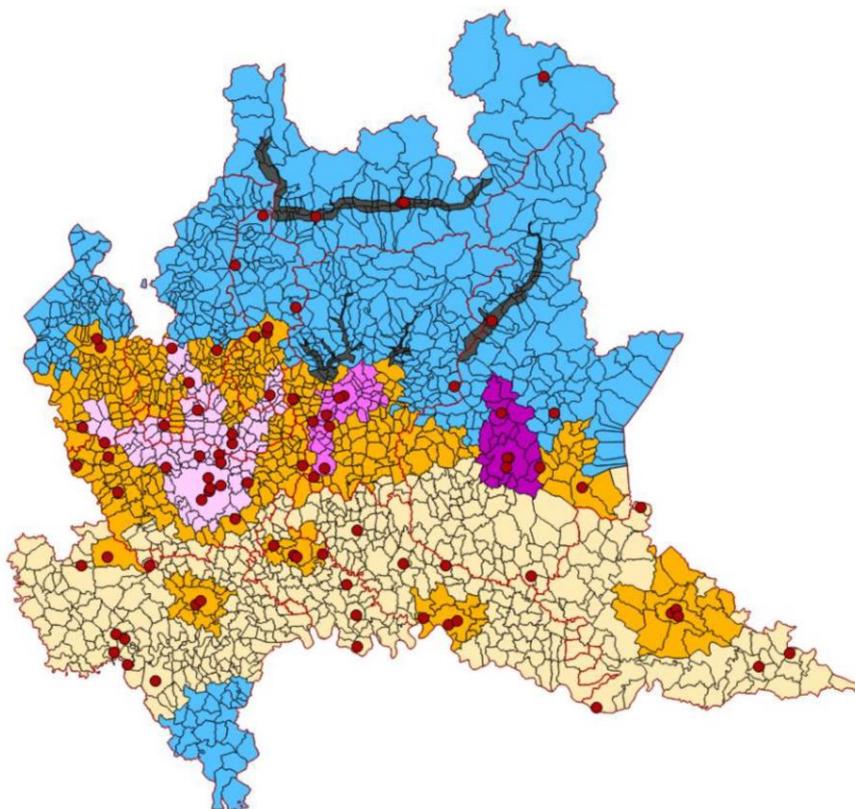


Figura 6-13 Distribuzione geografica delle stazioni di rilevamento del PdV (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

Nel 2013 è stato istituito il Centro Regionale per il Monitoraggio della Qualità dell’Aria e suddiviso in quattro aree territoriali che gestiscono, in termini di manutenzione e analisi dati, le stazioni dell’intera rete di rilevamento ARPA. Nello specifico la suddivisione è la seguente:

- AREA NORD: Bergamo Como, Lecco, Sondrio.
- AREA OVEST: Milano, Monza e Brianza, Varese.
- AREA EST: Brescia, Mantova.
- AREA SUD: Cremona, Lodi, Pavia

Nel territorio della provincia di Bergamo è presente una rete pubblica di rilevamento della qualità dell’aria (RRQA) di proprietà dell’ARPA e gestita dal CRMQA. La rete pubblica attualmente è costituita da 11 stazioni fisse. Di queste postazioni, 9 sono considerate ai fini del programma di valutazione della qualità dell’aria mentre le restanti sono considerate di interesse locale. La rete fissa è integrata dalle informazioni raccolte da postazioni mobili e campionatori gravimetrici per la misura delle polveri.

| Nome stazione | Rete | Tipo zona | Tipo stazione | Altitudine (m.s.l.m.) |
|--|------|-----------|---------------|-----------------------|
| <i>Stazioni del Programma di valutazione</i> | | | | |
| Bergamo-Meucci | PUB | Urbana | Fondo | 249 |
| Bergamo-Garibaldi | PUB | Urbana | Traffico | 249 |
| Dalmine | PUB | Urbana | Traffico | 207 |
| Filago Centro | PRIV | Urbana | Fondo | 190 |
| Osio Sotto | PRIV | Suburbana | Fondo | 182 |
| Treviglio | PUB | Urbana | Traffico | 125 |
| Calusco d’Adda | PRIV | Suburbana | Ind./Fondo | 273 |
| Tavernola Bergamasca | PUB | Suburbana | Ind. | 306 |
| Casirate d’Adda | PRIV | Rurale | Fondo | 100 |
| <i>Altre stazioni</i> | | | | |
| Lallio | PRIV | Urbana | Traffico | 207 |
| Filago Marne | PRIV | Suburbana | Ind. | 190 |

Tabella 6-20 Stazioni fisse di misura nella provincia di Bergamo (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell’aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

La successiva figura 6-16 mostra la mappa con i comuni che ospitano sul proprio territorio le stazioni di rilevamento fisse incluse nel Programma di Valutazione (rosso) e di interesse locale

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 119 di 181 |

(gialle) e i siti in cui sono state eseguite campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile nel 2018 (blu).

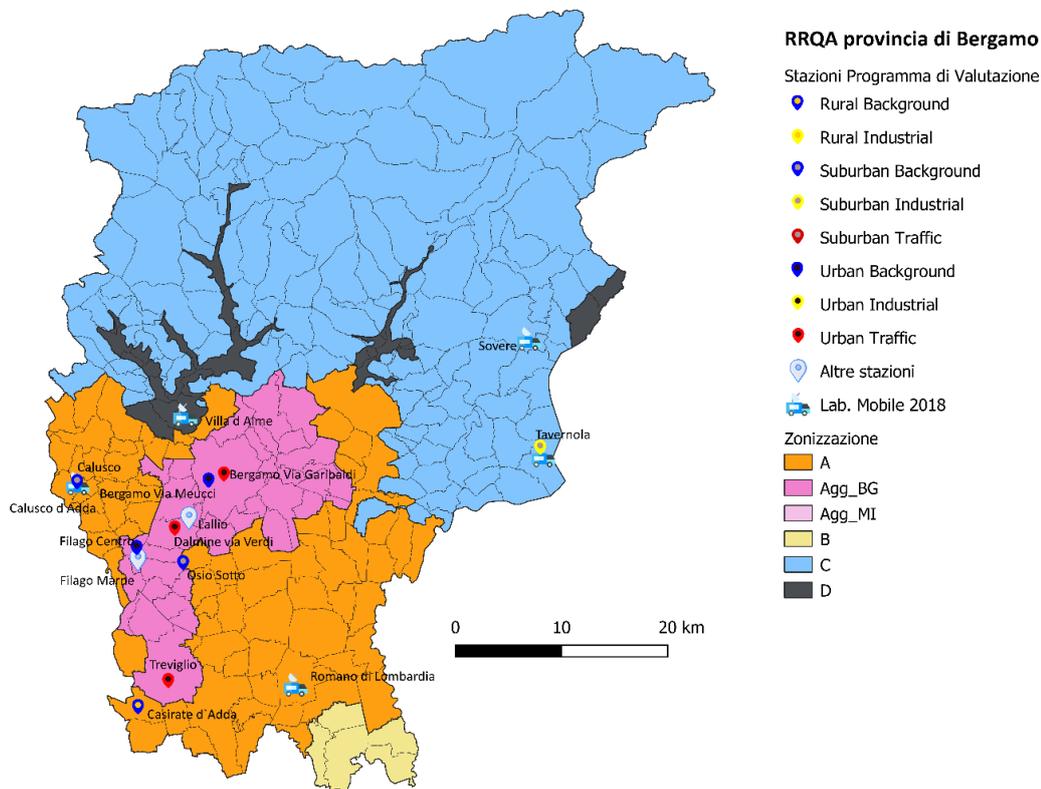


Figura 6-14 Localizzazione delle stazioni fisse e delle campagne di monitoraggio con laboratorio mobile della provincia di Bergamo (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

Nel seguito sono riportati trend e valori di concentrazione dei vari inquinanti per l'anno 2018 e confrontati con i limiti di legge. Nelle tabelle riepilogative, le statistiche come la concentrazione medie annuale e il numero di superamenti dei valori limiti annuali sono riportate in grassetto se non hanno rispettato il limite normativo, tra parentesi se il rendimento dello strumento di misura non è stato tale da rendere rappresentativa, secondo i parametri dettati dal D. Lgs. 155/10, la valutazione su scala annuale.

→ **Biossido di Azoto (NO₂)**

L'NO₂ è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO, è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. È un forte agente ossidante e reagisce violentemente con materiali combustibili e riducenti mentre in

presenza di acqua è in grado di ossidare diversi metalli. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo.

| Stazione | Rendimento (%) | Protezione della salute umana | | Protezione degli ecosistemi |
|--|----------------|---|---|---|
| | | N° superamenti del limite orario NO ₂ (200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte/anno) | Media annuale NO ₂ (limite: 40 µg/m ³) | Media annuale NO _x (limite: 30 µg/m ³) |
| <i>stazioni del Programma di Valutazione</i> | | | | |
| Bergamo-Meucci | 99 | 0 | 31 | n.a.* |
| Bergamo-Garibaldi | 97 | 0 | 41 | n.a.* |
| Dalmine | 97 | 0 | 24 | n.a.* |
| Filago Centro | 92 | 0 | 23 | n.a.* |
| Osio Sotto | 98 | 0 | 27 | n.a.* |
| Treviglio | 99 | 0 | 34 | n.a.* |
| Tavernola | 91 | 0 | 22 | n.a.* |
| Casirate d'Adda | 70 | (0) | (31) | n.a.* |
| Calusco d'Adda | 98 | 0 | 21 | n.a.* |
| <i>altre stazioni</i> | | | | |
| Lallio | 96 | 0 | 29 | n.a.* |

**Limite non applicabile in quanto la stazione non è idonea alla valutazione della protezione della vegetazione secondo le prescrizioni dell'allegato III, paragrafo 3, punto 2, del D. Lgs. 155/2010.*

Tabella 6-21 Confronto con i limiti di riferimento (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

→ PM10 e PM2.5 (Polveri fini)

Un aerosol è definito come la miscela di particelle solide o liquide e il gas nel quale esso sono sospese; il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli presenti nell'aerosol. Con particolato atmosferico si fa quindi riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto.

Si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 µm. Spesso, sebbene in modo improprio, il PM10 viene considerato come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm. In modo del tutto analogo viene definito il PM2.5 (UNI EN12341/2014).

La legislazione europea e nazionale (D. Lgs. 155/2010) ha definito un valore limite sulle medie annuali per il PM10 e per il PM2.5 e un valore limite sulla concentrazione giornaliera per il PM10.

Il PM10 ha un limite sulla concentrazione media annuale di 40 µg/m³ e uno sulla media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte all'anno. Il PM2.5 ha un valore limite sulla concentrazione media annuale di 25 µg/m³.

| Stazioni | Rendimento (%) | Media annuale (limite: 40 µg/m ³) | N° superamenti del limite giornaliero (50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte/anno) |
|--|----------------|---|---|
| <i>stazioni del Programma di Valutazione</i> | | | |
| Bergamo Garibaldi | 99 | 30 | 42 |
| Bergamo Meucci | 97 | 28 | 39 |
| Calusco d'Adda | 96 | 26 | 23 |
| Dalmine | 95 | 30 | 42 |
| Filago centro | 99 | 30 | 45 |
| Osio Sotto | 98 | 28 | 27 |
| Casirate d'Adda | 96 | 32 | 42 |
| Treviglio | 96 | 31 | 37 |
| <i>altre stazioni</i> | | | |
| Lallio | 95 | 27 | 29 |

Tabella 6-22 Confronto con i limiti di riferimento PM10 (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

| Stazione | Rendimento (%) | Media annuale (limite: 25 µg/m ³) |
|--|----------------|---|
| <i>stazioni del Programma di Valutazione</i> | | |
| Bergamo Meucci | 97 | 21 |
| Calusco d'Adda | 98 | 22 |
| Dalmine | 95 | 24 |
| Casirate d'Adda | 94 | 21 |
| Treviglio | 100 | 18 |

Tabella 6-23 Confronto con i limiti di riferimento PM2.5 (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

→ Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas inodore, incolore, infiammabile e molto tossico. La sua concentrazione in aria, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato.

| Stazione | Rendimento (%) | Media annuale (mg/m ³) | N° superamenti del limite giornaliero (10 mg/m ³ come massimo della media mobile su 8 ore) | Massima media su 8 ore (mg/m ³) |
|--|----------------|------------------------------------|---|---|
| <i>stazioni del Programma di Valutazione</i> | | | | |
| Bergamo Garibaldi | 99 | 0.5 | 0 | 1.9 |
| Bergamo Meucci | 98 | 0.3 | 0 | 1.5 |
| Dalmine | 97 | 0.5 | 0 | 2.0 |
| Treviglio | 99 | 0.4 | 0 | 1.7 |
| <i>stazioni del Programma di Valutazione non usate per la valutazione del CO</i> | | | | |
| Calusco d'Adda | 97 | 0.3 | 0 | 1.3 |

Tabella 6-24 Confronto con i limiti di riferimento (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

→ Benzene

Il benzene (C₆H₆) è un idrocarburo aromatico monociclico. A temperatura e pressione ambiente si presenta come un liquido volatile, incolore, con un odore caratteristico e altamente infiammabile. È un costituente naturale del petrolio e viene sintetizzato a partire da composti chimici presenti nel petrolio stesso. Possiede notevoli proprietà solventi: è miscibile in tutte le proporzioni con molti altri solventi organici, mentre è poco solubile in acqua. Il benzene viene utilizzato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi e come antidetonante nelle benzine.

| Stazione | Rendimento (%) | Media annuale (limite: 5 µg/m ³) |
|--|----------------|--|
| <i>stazioni del Programma di Valutazione</i> | | |
| Bergamo Garibaldi | 98 | 1 |
| Calusco d'Adda | 92 | 1 |
| Dalmine | 92 | 1 |

Tabella 6-25 Confronto con i limiti di riferimento (Fonte: Rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Provincia di Bergamo - anno 2018)

Scelta delle centraline

Le due centraline di Bergamo (Garibaldi/Meucci) possono essere prese a riferimento per lo stato di qualità dell'aria della zona sottoposta a cantierizzazione.

6.4.1.3 Meteorologia

Per la valutazione della qualità dell'aria è necessario considerare ed analizzare le variabili meteorologiche che più influenzano l'accumulo, il trasporto, la diffusione, la dispersione e la rimozione degli inquinanti nell'atmosfera.

Sono parametri rilevanti:

- l'altezza dello strato di rimescolamento (m), che dà la misura della turbolenza (di origine termica, dovuta al riscaldamento della superficie, e di origine meccanica, dovuta al vento) nello strato di atmosfera più vicino al suolo, esprimendo l'intensità dei meccanismi di dispersione verticale;
- la percentuale di condizioni atmosferiche stabili (%), che esprime con quale frequenza lo strato superficiale risulta stabile e quindi meno favorevole alla dispersione degli inquinanti;
- la velocità del vento (m/s), determinante per la dispersione, e la direzione del vento (gradi), utile per valutare il trasporto degli inquinanti.

Nel caso specifico si riportano le elaborazioni dei dati riferiti all'anno 2018 di Arpa Lombardia, rilevati presso le stazioni di Bergamo (su Via Stezzano, via Maffei e via Meucci).

Temperatura

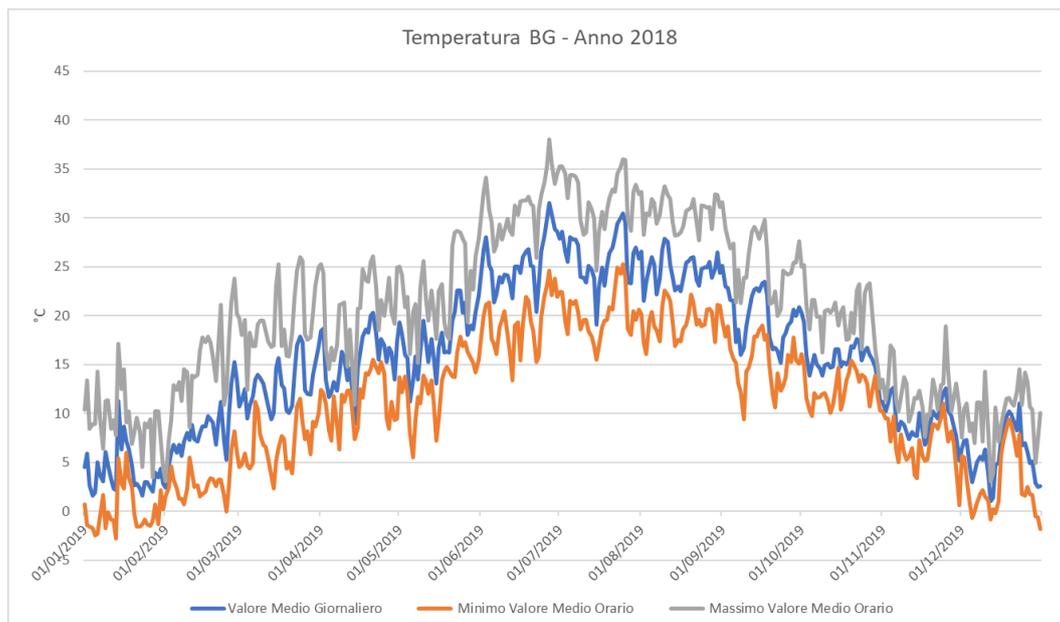


Figura 6-15 Andamento della temperatura minima, media, massima ed oraria registrate nel 2018 (fonte: elaborazione dati Arpa Lombardia – centraline Bergamo Stezzano/Maffei/Meucci)

Regime anemologico

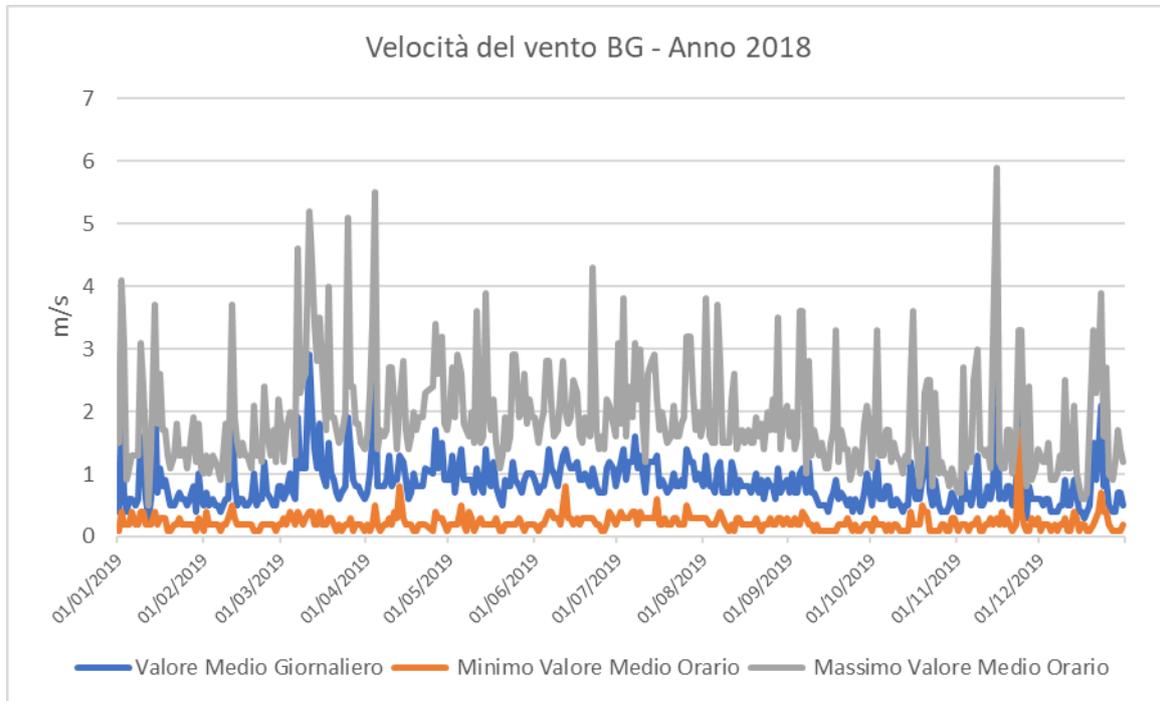


Figura 6-16 Andamento della velocità del vento minima, media, massima ed oraria registrate nel 2018 (fonte: elaborazione dati Arpa Lombardia – centraline Bergamo Stezzano/Maffei/Meucci)

Il valore massimo di raffica si raggiunge nel mese di gennaio, con un valore pari a circa 14 m/s.

Per quanto riguarda la direzione del vento, le direzioni di provenienza prevalenti sono N e NNE e in misura minore S e SSW.

6.4.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Al fine di caratterizzare correttamente il dominio spaziale e temporale per configurare le simulazioni per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria durante le lavorazioni, si è proceduto allo studio delle seguenti variabili e parametri:

- Caratteristiche tecniche dei singoli cantieri in programma;
- Cronoprogramma delle fasi e lavorazioni;
- Elaborati tecnici di progetto.

Le valutazioni effettuate, che si approssimano a favore di sicurezza, hanno permesso di individuare sull'intero arco temporale del P. L. dell'opera oggetto di studio, quello che è da considerarsi *l'anno*

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 125 di 181 |

tipo, che identifica il periodo di potenziale massimo impatto sulle matrici ambientali ed in particolare sulla qualità dell'aria per le emissioni di polveri e gas.

Nei seguenti paragrafi si dettagliano le caratteristiche dei cantieri e la stima delle emissioni di polveri e gas necessarie alle simulazioni per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria.

6.4.2.1 Descrizione degli impatti potenziali

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

Il controllo dell'effettivo impatto delle attività di cantiere verrà eseguito attraverso il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria in corso d'opera, in corrispondenza delle aree di lavorazioni, secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: **PM10** (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti;
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare **NOX**).

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di movimento terra (scavi e realizzazione rilevati);
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

In generale, la dimensione dell'impatto legato al transito indotto sulla viabilità esistente risulta essere direttamente correlato all'entità dei flussi orari degli autocarri e pertanto risulta stimabile in relazione sia ai fabbisogni dei cantieri stessi che al materiale trasportato verso l'esterno.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 126 di 181 |

6.4.2.2 Inquinanti considerati nell'analisi modellistica

Le operazioni di lavorazione, scavo e movimentazione dei materiali, ed il transito di mezzi meccanici ed automezzi utilizzati per tali attività, possono comportare potenziali impatti sulla componente in esame in termini di emissione e dispersione di inquinanti.

In particolare nel presente studio, in riferimento alla loro potenziale significatività, sono stati analizzati:

- polveri (il parametro assunto come rappresentativo delle polveri è il PM10, ossia la frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm, il cui comportamento risulta di fatto assimilabile a quello di un inquinante gassoso);
- ossidi di azoto (NOx).

Nella presente analisi modellistica è stata analizzata la dispersione e la diffusione in atmosfera dei parametri sopra elencati, con riferimento alle attività di cantiere previste dal progetto, al fine di verificarne i potenziali effetti ed il rispetto dei valori limite sulla qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente. In particolare, con riferimento agli ossidi di azoto (NOx) è necessario fare delle precisazioni, per le quali si rimanda al paragrafo successivo.

Tuttavia, come precedentemente indicato, l'impatto potenzialmente più rilevante esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è legato alla possibile produzione di polveri, provenienti direttamente dalle lavorazioni e, in maniera meno rilevante, quelle indotte indirettamente dal transito di mezzi meccanici ed automezzi sulla viabilità interna ed esterna.

Meccanismi di formazione del biossido di azoto

Gli ossidi di azoto NOx sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NOx e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N2 e O2) comunemente presenti in atmosfera.

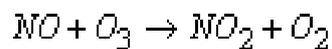
L'inquinante primario (per quanto riguarda gli NOx) prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

- temperatura di combustione : più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;

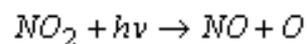
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;
- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO₂ dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO₂ (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O₃). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO₂ è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

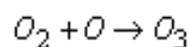
- l'O₃ reagisce con l'NO emesso per formare NO₂ e O₂



- le molecole di NO₂ presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO₂ producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.



- gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O₂ presenti in aria per generare ozono (O₃) che quindi è un inquinante secondario:



Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO₂ si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO₂ senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO₂ e NO in aria.

Tuttavia in condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO₂ secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO₂, con conseguente accumulo di NO₂ e O₃ in atmosfera.

I fattori di emissione per gli ossidi di azoto forniti dagli inventari delle emissioni sono espressi in termini di NO_x e non NO₂. Al contrario la vigente normativa sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite (media annua e massima oraria) espressi come NO₂ e non come NO_x.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 128 di 181 |

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO₂ a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO_x. E' difficile prevedere la percentuale di NO₂ contenuta negli NO_x, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O₃) e di luce. Inoltre i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Tuttavia, come è possibile riscontrare nei paragrafi che seguono, anche si assumesse che il rapporto NO₂/NO_x è pari a 1 (situazione limite poco probabile), ovvero che tutti gli NO_x sono costituiti interamente da NO₂, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

Se si assume che l'impatto più significativo esercitato dai cantieri sulla componente atmosfera sia generato dal sollevamento di polveri si ritiene che le aree di lavoro più impattanti siano quelle in corrispondenza delle quali avvengono le principali operazioni di scavo e movimentazione dei materiali terrigeni potenzialmente polverulenti e che presentino al loro interno aree per lo stoccaggio in cumulo dei materiali di risulta dalle lavorazioni.

Contestualmente è risultato fondamentale, come già specificato, l'individuazione degli elementi sensibili presenti al contorno dell'area interessata dalle operazioni di realizzazione dell'opera e per le quali l'impatto atmosferico risulta maggiormente critico. La significatività dell'esposizione alle polveri prodotte dalle attività di cantiere dipende dalla tipologia e dall'entità di dette attività, per quanto riguarda i parametri progettuali, e dalla tipologia e dalla localizzazione dei ricettori, ossia dall'entità di ricettori residenziali/sensibili e dalla distanza che intercorre tra questi e le aree di cantiere in cui avvengono le attività di scotico e di scavo, di movimentazione delle terre e degli inerti, di stoccaggio e di trasporto di detti materiali.

Prima di entrare nel merito delle risultanze della prima fase di analisi, si sottolinea che, per quanto riguarda le tipologie di attività/aree di cantiere prese in considerazione, sono state prese in considerazione tutte le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, movimentazione e stoccaggio terre, accumulo e stoccaggio degli inerti provenienti dall'esterno.

Le Aree di stoccaggio (CO) e i Depositi Terre (DT) rappresentano le situazioni potenzialmente più critiche e saranno pertanto analizzate. I risultati che ne derivano saranno poi estesi anche al Cantiere Base (CB), alle Aree tecniche (AT) e ai Cantieri Operativi (CO), nonché le aree di lavoro. Operativamente le analisi effettuate nei riguardi delle singole aree di cantiere hanno messo in luce un contesto localizzativo spesso fortemente urbanizzato.

In particolare, è stata individuata l'area di cantiere 2.AS.04 come la più rappresentativa in termini di emissioni di NOX e PM10. I risultati ottenuti saranno quindi riportati per tutti gli altri cantieri fissi, considerando omogeneità di macchine, di orari di lavori e di condizioni meteorologiche per la diffusione degli inquinanti.

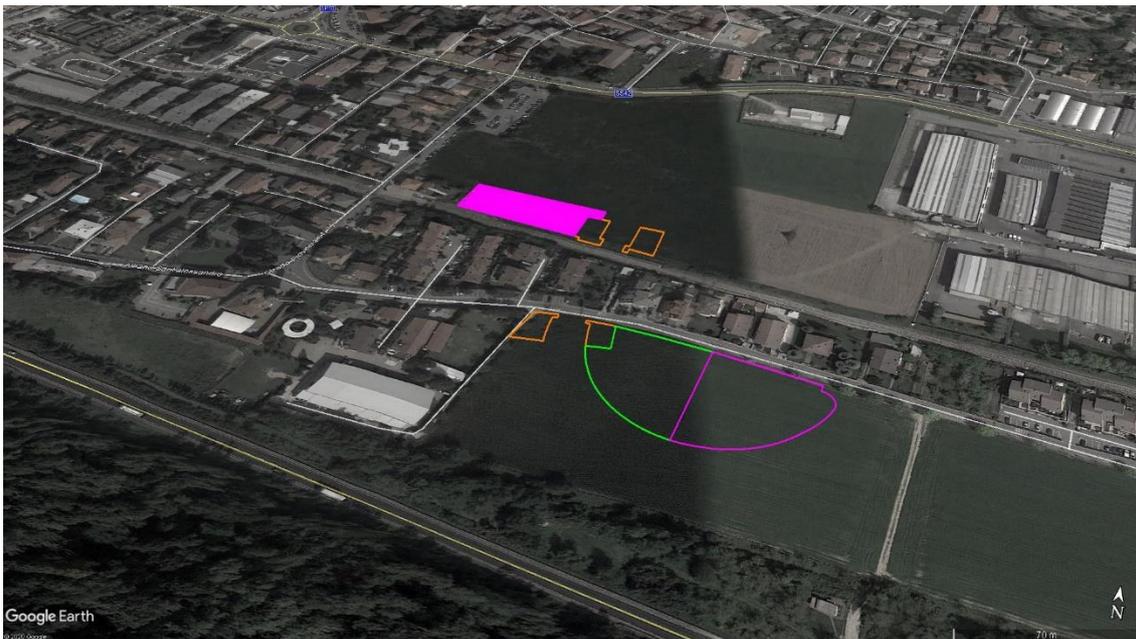


Figura 6-17 Area di cantiere 2.AS.04 (con retinatura rosa)

Analogamente, i risultati sono applicabili alle aree di lavoro dei fronti di avanzamento per la realizzazione dei sottovia e per il cantiere mobile.

Una volta definite le aree di cantiere e di lavoro da valutare, relativamente alla localizzazione in prossimità di ricettori residenziali e sensibili ed in funzione della tipologia di attività svolta, si è provveduto all'analisi di dettaglio dei due fattori sinergici che contribuiscono alla definizione del cosiddetto scenario di massimo impatto: il cronoprogramma dei lavori e il bilancio dei materiali.

Il cronoprogramma dei lavori consente, infatti, di verificare la durata della singola lavorazione o opera e di valutarne le eventuali sovrapposizioni temporali (e, conseguentemente, le possibili sovrapposizioni degli effetti laddove le aree di lavorazione siano fra loro relativamente vicine e poste all'interno della cosiddetta area di potenziale influenza, soggetta agli impatti cumulativi).

Il bilancio dei materiali consente, di verificare le quantità di materiale movimentato, opportunamente suddivise in materiali di scavo, di demolizione e materiali movimentati.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 130 di 181 |

In tal modo si è dapprima associato il relativo quantitativo di materiale movimentato (espresso nella forma standardizzata sotto forma di mc/g) e successivamente si è provveduto, sulla base del cronoprogramma a verificare, il periodo di durata annuale corrispondente alla sequenza di mesi consecutivi caratterizzati dal maggior quantitativo di materiale movimentato al giorno.

Da ultimo, si è introdotto il criterio finale della localizzazione dell'area di cantiere e della relativa definizione dei domini di calcolo da introdurre all'interno delle simulazioni, aventi caratteristiche omogenee e requisiti dimensionali tali da comprendere, al loro interno, gli interi areali di impatti, definiti come la porzione di territorio compresa all'interno della curva di isoconcentrazione relativa all'incremento di impatto minimamente significativo.

Analizzando in dettaglio il processo valutativo volto alla definizione degli scenari di impatto da verificare mediante l'applicazione modellistica, il primo passo è stato, pertanto, quello di definire, per ciascuna area di cantiere/di lavoro, le volumetrie di materiale movimentato, scavato o approvvigionato nonché la durata delle attività, così da poter definire il volume giornaliero movimentato (indicatore idoneo a rendere fra loro confrontabili le varie aree di cantiere).

Lo scenario relativo al cantiere 2.AS.04 è così rappresentato.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 131 di 181 |

Scenario simulazione modellistica

Tabella 6-26 Elenco dell'area di cantiere oggetto della valutazione

| ID | Descrizione | Superficie Cantieri |
|---------|-----------------|---------------------|
| 2.AS.04 | Area Stoccaggio | 2.365 mq |

Area Stoccaggio

Scenari di emissione:

- movimentazione terra;
- flusso di mezzi associati al trasporto dei materiali;
- definizione all'interno del cantiere delle zone di stoccaggio per le polveri.

Tabella 6-27 Sorgenti emissive areali

| Sorgenti emissive areali |
|--|
| Unpaved Roads - Mezzi in transito su strade non pavimentate (EPA AP-13.2.2) |
| Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico (EPA AP-13.2.4) |
| Wind Erosion - Erosione delle aree di stoccaggio (EPA AP-13.2.5) |
| Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera (S.C.A.Q.M.D. "Off road mobile Source Emission Factor") |

Tabella 6-28 Macchine di cantiere

| Macchine di cantiere | n° mezzi |
|-----------------------------|-----------------|
| Escavatore | 2 |
| Pala Gommata | 2 |
| Gruppo elettrogeno | 1 |

6.4.2.3 Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione per le sorgenti di polvere:

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 132 di 181 |

A1. Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);

A2. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);

A3. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5).

Sono state inoltre considerate:

B1. Scarichi dei mezzi di cantiere (intesi come sorgenti di emissione *puntuali* ubicate sull'area di cantiere);

B2. Scarichi dei mezzi di trasporto (intesi come sorgenti di emissione *linear*).

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (E_i). Il fattore di emissione E_i dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni.

La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)_i = A * E_i$$

dove:

Q(E)_i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);

A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);

E_i: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività.

Come già accennato per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 133 di 181 |

- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (n. di mezzi in circolazione).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo e caricamento dei materiali sui camion;
- Transito mezzi su piste non asfaltate: ai fini della simulazione si considera che tutte le piste di cantiere percorse dai mezzi di interne al cantiere siano non pavimentate, non è prevista asfaltatura delle strade interne al cantiere.
- N. ro 8 ore lavorative / giorno.

A1. Unpaved Roads: Mezzi su strade non pavimentate (EPA, AP-42 13.2.2)

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi (escavatori, pale gommate, camion in carico e scarico dei materiali ecc.) in transito sulle piste interne al cantiere, si utilizzano le relazioni fornite dall'EPA. 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.

Non avendo informazioni dettagliate sul numero di mezzi meccanici (escavatori, pale gommate, ecc.) in transito su tragitti interni alle aree di cantiere e sulle distanze esatte percorse da ognuno di essi su strade non asfaltate, è stato necessario ipotizzare dei dati verosimili per le opere in progetto.

Il particolato sollevato dal rotolamento delle ruote sulle piste non asfaltate è stimato dalla seguente equazione:

$$E = k \left(\frac{sL}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b$$

dove:

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 134 di 181 |

E: fattore di emissione di particolato su strade non pavimentate in siti industriali, per veicolo-miglio viaggiato (lb/VMT);

k, a, b: costanti empiriche per strade industriali, rispettivamente pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM₁₀;

sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari al 4%;

W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 18 tonnellate (calcolato come media tra il peso a pieno carico e una tara di 12 ton).

Il fattore di emissione così calcolato viene convertito nell'unità di misura g/VKT (VKT, veicolo-chilometro viaggiato) mediante un fattore di conversione pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT).

L'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni viene considerato mediante l'assunzione semplificata che l'emissione media annua sia inversamente proporzionale al numero di giorni con precipitazione superiore a 0,2 mm (precipitazione misurabile):

$$E_{ext} = E \left[\frac{(365 - P)}{365} \right]$$

dove:

E_{ext}: fattore di emissione ridotto per mitigazione naturale (g/VKT);

P: numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori a 0,2 mm, (assunto pari a 15 giorni piovosi in un anno).

Il sollevamento di particolato dalle strade non asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione E_{ext} per l'indicatore di attività A. Tale parametro, espresso come veicolo-chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

A2. Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico (EPA AP-42 13.2.4)

La produzione totale di polvere legata all'attività di movimentazione e stoccaggio è legata alle seguenti singole attività:

- carico e scarico dei mezzi;
- traffico dei mezzi nelle aree di stoccaggio, carico e scarico;
- erosione del vento nella fase di carico e scarico.

La quantità di polveri generate da tali attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = k(0.0016) \left(\frac{U}{2.2} \right)^{1.3} \left(\frac{M}{2} \right)^{-1.4}$$

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 135 di 181 |

dove:

E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);

k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);

U = velocità media del vento (m/s);

M = umidità del terreno (%).

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato nella tabella sottostante:

Tabella 6-29 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

| Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) | | | | |
|---|--------|--------|-------|---------|
| <30 µm | <15 µm | <10 µm | <5 µm | <2.5 µm |
| 0,74 | 0,48 | 0,35 | 0,20 | 0,053 |

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento Tabella 6-30.

Tabella 6-30 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

| Ranges Of Source Conditions | | | |
|------------------------------------|----------------------|------------|----------|
| Silt Content (%) | Moisture Content (%) | Wind speed | |
| | | m/s | mph |
| 0,44 – 19 | 0,25 – 4,8 | 0,6 – 6,7 | 1,3 – 15 |

Con riferimento ai valori dei coefficienti assunti per l'analisi si è considerato:

- U = velocità media del vento considerando la configurazione più frequente pari a 4,8 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica),
- M = percentuale di umidità considerata pari a 3,0%;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10.

La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione E per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente.

A3. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5)

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste

emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento.

In considerazione nell'attività di erosione del vento sui cumuli, il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di "movimentazioni" a cui è sottoposto il cumulo e P_i è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima. Il valore di k è anche in questo caso tabellato.

Tabella 6-31 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

| Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) | | | |
|---|-------------------|-------------------|--------------------|
| 30 μm | <15 μm | <10 μm | <2.5 μm |
| 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,075 |

Il fattore N dipende dal numero di movimentazioni a cui è sottoposto un cumulo ogni anno. Nel caso in esame si è supposto, in via cautelativa, che tutti i cumuli fossero sottoposti ad almeno una movimentazione giornaliera, in considerazione delle diverse tempistiche con cui possono essere approvvigionati i diversi cumuli. In ultimo, l'erosione potenziale parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u^* rappresenta la velocità di attrito.

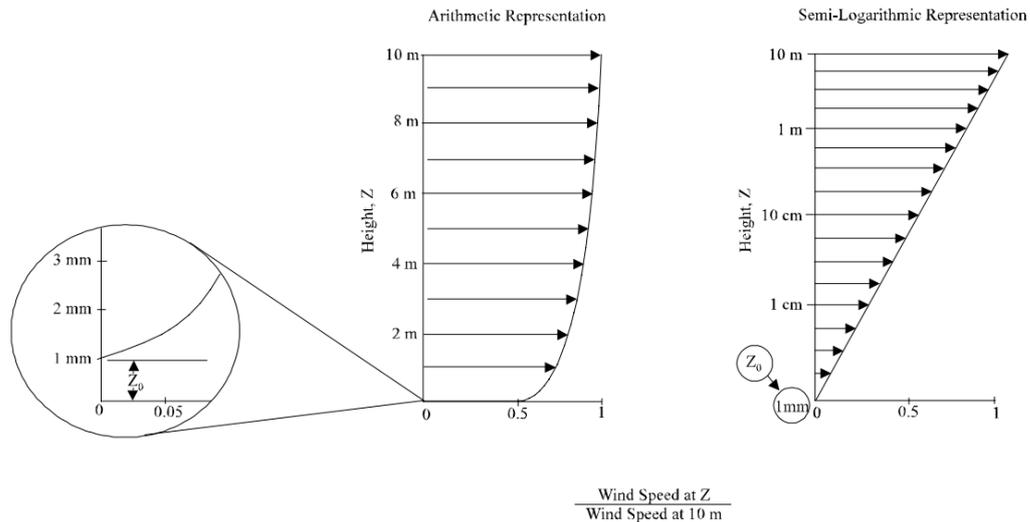


Figura 6-18 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità fonte: EPA AP42

L'erosione potenziale pertanto dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedures published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in tabella.

Tabella 6-32 Valore di velocità di attrito limite

| Material | Threshold Friction Velocity (m/s) | Roughness Height (cm) | Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s) | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|
| | | | Z0=act | Z0=0,5cm |
| Overburden | 1,02 | 0,3 | 21 | 19 |
| Scoria (roadbed material) | 1,33 | 0,3 | 27 | 25 |
| Ground coal (surrounding coal pile) | 0,55 | 0,01 | 16 | 10 |
| Uncrusted coal pile | 1,12 | 0,3 | 23 | 21 |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
 Relazione Generale

| | | | | | |
|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|
| PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 138 di 181 |
|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|

| Material | Threshold Friction Velocity (m/s) | Roughness Height (cm) | Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s) | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|
| | | | Z0=act | Z0=0,5cm |
| Scraper tracks on coal pile | 0,62 | 0,06 | 15 | 12 |
| Fine coal dust on concrete pad | 0,54 | 0,2 | 11 | 10 |

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni. Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 metri, non hanno bisogno di alcuna correzione e pertanto è possibile determinare la relazione.

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

in cui u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati. Una volta individuati i valori di u^* si determinano i casi in cui u^* supera u_t^* assunto pari a 1,33.

Il fattore di emissione per PM10 è stimato applicando la formula sottostante in cui k è stato assunto pari a 0,5.

$$EF_v(PM10) = k \sum_{i=1}^N P_i$$

Nel caso in esame il valore di P è nullo poiché non si verifica alcun superamento del valore u_t^* e pertanto il fattore di emissione dovuto all'erosione dei cumuli risulta trascurabile.

B1. Scarichi dei mezzi d'opera

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici e degli automezzi in circolazione sulle piste di cantiere e sulla viabilità principale, oltre al parametro PM10 si aggiungono anche gli NOx, tipici inquinanti da traffico veicolare.

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento alle elaborazioni della *South Coast Air Quality Management District*, "Off road mobile Source emission Factor" che forniscono i fattori di emissione dei mezzi fuori strada. Questi fattori di emissione sono funzione della categoria dell'equipaggiamento (trattore, dozer, raschiatore, ecc.), del numero di veicoli in ciascuna categoria, della potenza e del fattore di carico.

Il calcolo delle emissioni si basa sulla seguente formula:

$$E = n \times H \times EF$$

E = massa di emissioni prodotta per unità di tempo [lb/g];

n = numero di veicoli in ciascuna categoria;

H = ore al giorno di funzionamento dell'apparecchiatura [h];

EF= il fattore di emissione della fonte mobile "Off road mobile Source Emission Factor" [lb/h].

Di seguito vengono riassunti i fattori di emissione per i diversi mezzi di cantiere previsti, in funzione dell'inquinante (NOx e PM10):

Tabella 6-33 Fattori di emissione fonte: South Coast Air Quality Management District - "Off road mobile Source emission Factor"

| Macchine di cantiere | Potenza motore [KW] | EF del PM10 [lb/h] | EF del NOx [lb/h] | EF del PM10 [g/s] | EF del NOx [g/s] |
|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Pala gommata | 175 | 0,0362 | 0,6571 | 0,0015 | 0,0276 |
| Escavatore | 175 | 0,0308 | 0,5783 | 0,0013 | 0,0243 |
| Gruppo elettrogeno | 120 | 0,0381 | 0,5629 | 0,0016 | 0,0236 |
| Autocarro | 250 | 0,0256 | 0,7625 | 0,0011 | 0,0320 |
| Autogru | 250 | 0,0235 | 0,6832 | 0,0010 | 0,0287 |
| Autocisterna | 120 | 0,0329 | 0,5013 | 0,0014 | 0,0211 |
| Rullo compattatore | 120 | 0,0378 | 0,4749 | 0,0016 | 0,0199 |

B2. Scarichi dei mezzi di trasporto

Anche i gas di scarico degli automezzi che transitano sulle piste esterne al cantiere costituiscono una potenziale sorgente di emissione di NOx e di PM10. Con riferimento ai dati utili al calcolo del fattore di emissione si è ipotizzato una gamma di mezzi di cantiere suddivisa omogeneamente tra veicoli con omologazione Euro IV, Euro V ed Euro VI prendendo in considerazione la categoria veicolare dei mezzi pesanti tra le 14 e le 20 tonnellate.

I fattori di emissioni corrispondenti per NOx e PM10 sono rispettivamente 3,59 g/km e 0,03 g/km.

(fonte: Copert)

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| | Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A |

Il fattore di emissione espresso in [g/s] legato ad ogni tronco stradale considerato per ogni inquinante è dato dal prodotto tra il FE sopra indicato [g/ veic km], la lunghezza del tronco stradale ed il numero di veicoli in transito giornalmente sullo stesso.

Tabella 6-34 Fattore di emissione lineare PM10 e NOx

| FLUSSO [veicoli/giorno] | LUNGHEZZA [km] | Fattore di emissione lineare | |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------|
| | | PM10 [g/s] | NOx [g/s] |
| 70 (max viaggi A/R) | 1 (lunghezza di riferimento) | 0,000024 | 0,0029 |

In riferimento alle altre emissioni, le suddette relative al transito dei mezzi di trasporto per gli NOx e per i PM10 sono rispettivamente uno e due ordini di grandezza inferiori, pertanto si ritengono trascurabili.

Si deve inoltre tener conto che sono stati previsti degli interventi di bagnatura delle piste con la finalità di ridurre l'entità delle emissioni di PM10 dovuto al sollevamento delle polveri. Secondo quanto proposto dalle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", l'efficienza di abbattimento delle polveri col sistema di bagnatura dipende dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito.

Si assume di ottenere un'efficienza di abbattimento col sistema di bagnatura pari al 75%, effettuando il trattamento ogni 8 ore (ossia una volta al giorno) ed impiegando circa 1 l/m² per ogni trattamento.

| Efficienza di abbattimento | 50% | 60% | 75% | 80% | 90% |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Quantità media del trattamento applicato I (l/m ³) | | | | | |
| 0.1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0.2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 0.3 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 |
| 0.4 | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 |
| 0.5 | 8 | 7 | 4 | 3 | 2 |
| 1 | 17 | 13 | 8 | 7 | 3 |
| 2 | 33 | 27 | 17 | 14 | 7 |

Figura 6-19 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive per un valore di traffico medio orario > 10

Il fattore di emissione da utilizzare per le simulazioni modellistiche è allora dato dal fattore di emissione precedentemente calcolato, moltiplicato per il prodotto dei fattori di riduzione cioè:

$$FE \text{ tot ridotto} = FE \text{ tot} * \% * I$$

In considerazione della mitigazione, si conferma che il contributo rispetto alle altre tipologie di sorgenti può ritenersi trascurabile.

6.4.2.4 Parametri di calcolo

Simulazione sorgenti puntuali

La simulazione è eseguita con il software MMS WinDimula, che utilizza un modello gaussiano per il calcolo della diffusione e deposizione di inquinanti in atmosfera.

Al fine di dettagliare l'analisi, è utilizzato il preprocessore MMS LandUse per preparare per l'area di calcolo e le condizioni al contorno per la propagazione.

Infine, il postprocessore MMS RunAnalyzer consente di aggregare in dati in uscita da WinDimula e di renderli disponibili per il confronto con i limiti normativi.

Parametri meteorologici

I parametri meteo climatici sono stati impostati per l'anno 2019, tenendo conto delle prevalenze di ventosità sul sito considerato.

Parametri orografici

L'orografia del sito è stata ricostruita tramite il software Land use.

Parametri progettuali

Sono state considerate sia le sorgenti puntuali in azione sul sito per otto ore, sia la movimentazione del materiale sul sito specifico, il cui contributo influisce sulla concentrazioni delle polveri in uscita. Le macchine sono state ipotizzate come sorgenti puntuali, con emissioni all'altezza di 0,5 metri.

I mezzi d'opera sulle aree di cantiere sono così distribuiti:

Cantieri base:

- gruppo elettrogeno: 1
- centrale termica: 1

Cantieri operativi:

- gruppo elettrogeno: 1
- impianto drenaggio acque: 1
- impianto aria compressa: 1
- gru leggera: 1

Aree di stoccaggio e aree deposito terre:

- pala meccanica: 2
- escavatore: 2
- gruppo elettrogeno: 1

Maglia di calcolo

Per il calcolo delle concentrazioni dovute alle macchine con il software WinDimula è stata ricostruita una maglia di calcolo centrata sul cantiere, comprendente i primi ricettori nell'intorno. La quota di calcolo delle concentrazioni è fissata a h=1 metro dal suolo.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 143 di 181 |

Metodologia di modellazione per cumuli stoccati

Le quantità di materiale da movimentare per ogni sito sono le seguenti:

| AREA DI STOCCAGGIO | SUPERFICIE [mq] | QUANTITA' [mc] | NOTE |
|--------------------|-----------------|----------------|---|
| AS.04 | 2365 | 4730 | Considerata 50% della superficie per il deposito, con cumulo di 4 metri |
| AS.05 | 3195 | 6390 | |
| AS.06 | 1667 | 3334 | |
| AS.07 | 2055 | 4110 | |

La stima della *diffusione* delle polveri prodotte per la movimentazione del materiale e per erosione del vento è stata condotta utilizzando il codice di calcolo SCREEN "Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised" versione 3 della US-EPA.

SCREEN è un codice di calcolo utilizzato frequentemente per la valutazione degli effetti di dispersione atmosferica degli inquinanti. Esso è progettato per la valutazione delle massime concentrazioni al suolo ad una certa distanza dalla sorgente di emissione ed è basato su equazioni gaussiane stazionarie.

Il parametro simulato sono le polveri PM10 che sono state quindi confrontate con il valore limite annuale di qualità dell'aria (ossia 40 µg/m³). Si deve tuttavia sottolineare che le stime della dispersione delle polveri sono state condotte a partire dai dati orari di emissione e al fine di permettere il confronto con i limiti di qualità dell'aria, sono stati utilizzati dei coefficienti suggeriti dall'US-EPA (Screening Procedure for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised – US-EPA 1992). Il coefficiente per ottenere la massima media annua risulta compreso tra 0,06 e 0,10.

Per le simulazioni condotte con SCREEN sono stati utilizzati i seguenti dati ed assunzioni:

- quantità di emissione specifica di ciascuna area di deposito;
- superficie di emissione pari all'area utile di ciascun cantiere (stima a favore di sicurezza);
- altezza di rilascio pari a 2 metri: l'altezza iniziale della particella può oscillare tra 1 e 10 metri in relazione alla modalità con la quale la particella viene rilasciata;
- codice applicato in ambiente suburbano;
- modalità "full meteorology (all stabilities & wind speed)": tale modalità di simulazione consente di stimare le massime concentrazioni al suolo considerando tutte le possibili condizioni meteorologiche (classi di stabilità atmosferica e velocità del vento), selezionando

automaticamente la peggiore e fornendo i risultati corrispondenti alla condizione più sfavorevole.

6.4.2.5 Risultati

Concentrazioni di PM10 da sorgenti puntuali

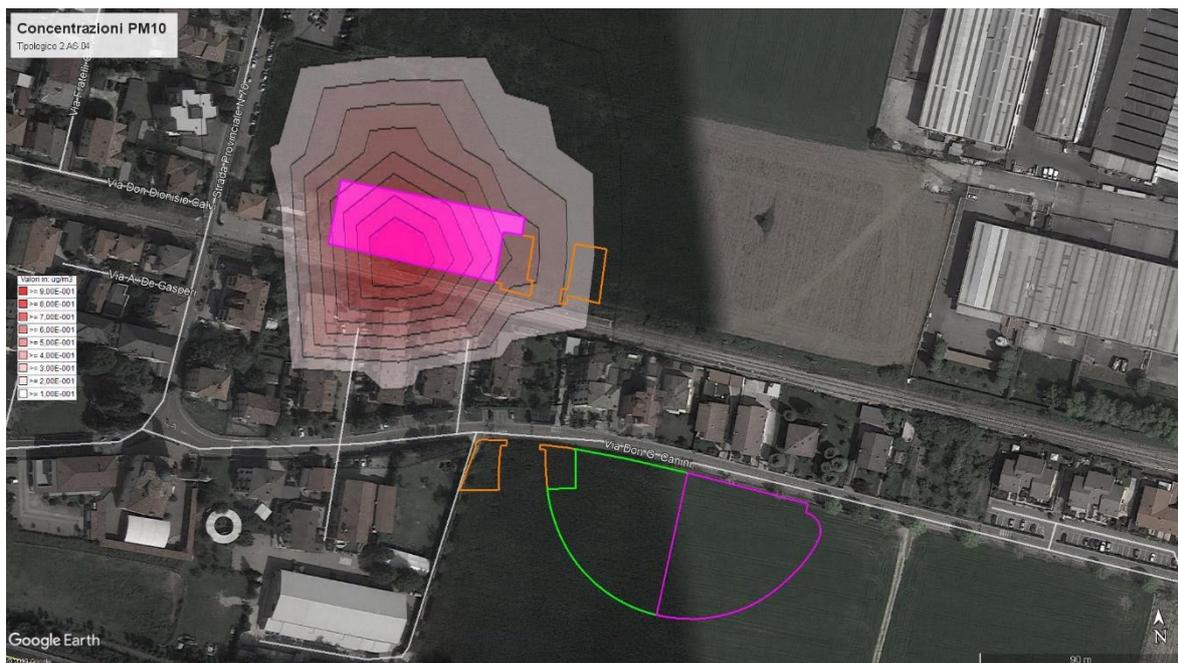
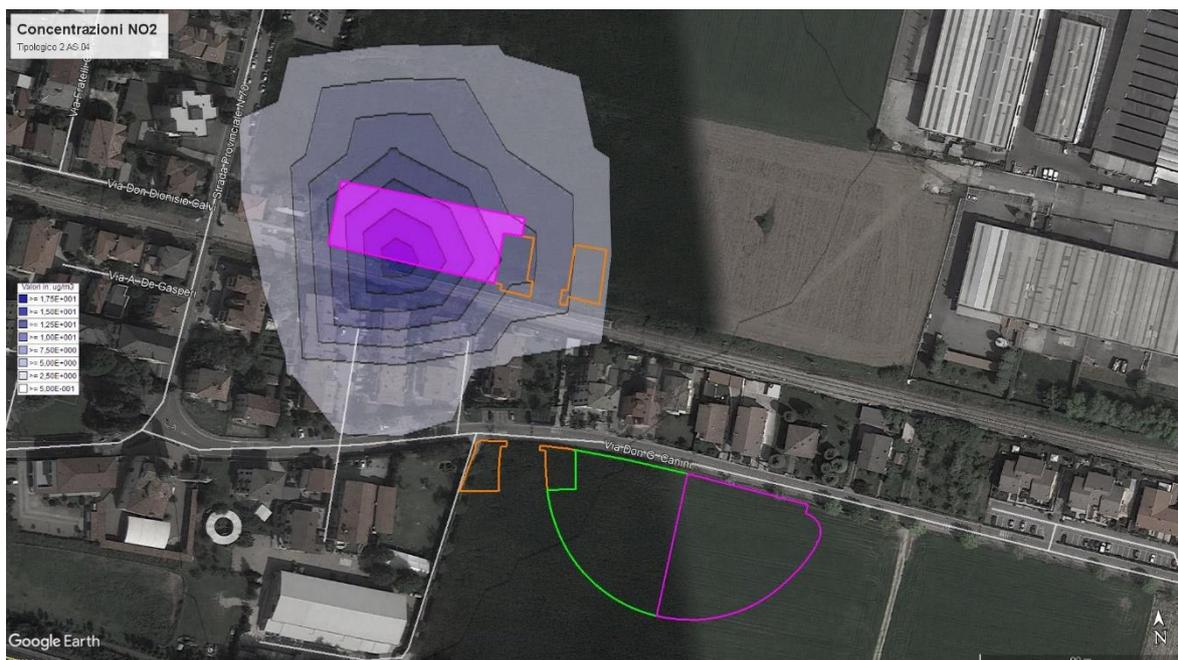


Figura 6-20 Concentrazioni di PM10 dovute agli scarichi dei mezzi d'opera per il cantiere 2.AS.04

Concentrazioni di NO2 da sorgenti puntuali



| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 145 di 181 |

Figura 6-21 Concentrazioni di NO2 dovute agli scarichi dei mezzi d'opera per il cantiere 2.AS.04

Concentrazioni di PM10 da cumuli (risultato ottenuto per 2.AS.04)

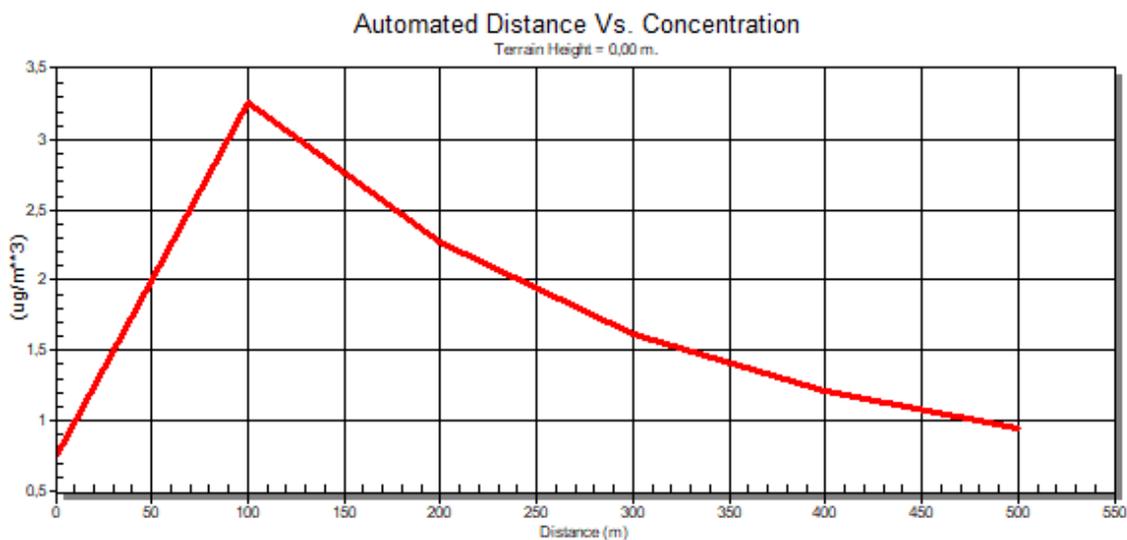


Figura 6-22 Concentrazioni attese in prossimità del cantiere 2.AS.04 per movimentazione del materiale

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 146 di 181 |

6.4.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Le principali problematiche indotte dalla fase di realizzazione delle opere in progetto sulla componente ambientale in questione riguardano essenzialmente la produzione di polveri che si manifesta principalmente nelle aree di cantiere.

In virtù della presenza di diversi ricettori nei pressi delle aree di intervento, si prevede la necessità di introdurre adeguate misure di mitigazione.

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

6.4.3.1 Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.

L'appaltatore provvederà all'installazione di tali tipologie di impianti immediatamente all'uscita dalle aree di cantiere nelle quali le lavorazioni eseguite potrebbero comportare la diffusione di polveri, tramite le ruote degli automezzi, all'esterno delle aree stesse.

L'installazione di tali impianti è compresa e compensata negli oneri della cantierizzazione.

6.4.3.2 Bagnatura delle aree di cantiere

Saranno predisposti gli opportuni interventi di bagnatura delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri.

Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 147 di 181 |

al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m² per ogni trattamento di bagnatura.

In maniera indicativa, è possibile prevedere un programma di bagnature articolato su base annuale che tenga conto del periodo stagionale e della tipologia di pavimentazione dell'area di cantiere, per esempio:

- Gennaio 2 giorni /settimana
- Febbraio 2 giorni / settimana
- Marzo 3 giorni / settimana
- Aprile 4 giorni / settimana
- Maggio 5 giorni / settimana
- Giugno 5 giorni / settimana
- Luglio 5 giorni / settimana
- Agosto 5 giorni / settimana
- Settembre 4 giorni / settimana
- Ottobre 3 giorni / settimana
- Novembre 2 giorni / settimana
- Dicembre 2 giorni / settimana

Per contenere le interferenze dei mezzi di cantieri sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.

Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

6.4.3.3 Spazzolatura del primo tratto di strada impegnato dal passaggio dei mezzi in uscita dal cantiere

Si prevede la periodica spazzolatura ad umido di un tratto della viabilità esterna in uscita dal cantiere per una estensione, calcolata dal punto di accesso del cantiere, di media 150 metri, per una sezione media di 7,5 m (per una superficie complessiva di intervento pari a 1125 mq) per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 148 di 181 |

Tale attività, finalizzata ad impedire il sollevamento di particelle di polvere di parte delle ruote dei mezzi finalizzate a rimuovere le particelle fini, sarà effettuata ogni 2 giorni lavorativi (mediamente, 11 volte al mese) e considerando la durata dei cantieri pari a circa 3,0 anni, circa 802 volte nell'arco della durata dei lavori.

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;

Per i mezzi di cantiere dovranno, inoltre, essere adottate le idonee misure per la vigilanza sul rispetto delle regole di trasporto degli inerti, affinché sia sempre garantita la copertura dei cassoni quando carichi ed il rispetto delle velocità all'interno dell'area di cantiere.

6.4.3.4 Procedure operative

Oltre agli interventi di mitigazione sopra descritti, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione della polverosità in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Organizzazione del cantiere

L'Appaltatore dovrà applicare tutte le misure possibili al fine di limitare la generazione di polveri durante le lavorazioni di cantiere e la diffusione di polveri all'esterno del cantiere.

A questo fine, in particolare:

- le aree interessate da lavorazioni che generano polveri dovranno essere periodicamente innaffiate: ciò vale in particolare per le aree dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- i cumuli di terre di scavo verranno realizzati in aree lontane da possibili ricettori;
- i piazzali di cantiere verranno realizzati con uno strato superiore in misto cementato o misto stabilizzato al fine di ridurre la generazione di polveri;



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 149 di 181 |

- gli stessi piazzali e le piste interne ai cantieri verranno sistematicamente irrorati con acqua; lo stesso verrà fatto anche per la viabilità immediatamente esterna ai cantieri, sulla quale si procederà anche a spazzolatura.

Prescrizioni per i mezzi di cantiere

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi.

I mezzi di cantiere destinati al trasporto di materiali di risulta dalle demolizioni, terre da scavo e inerti in genere dovranno essere coperti con teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo.

I mezzi di cantiere dovranno tenere velocità ridotta sulle piste di servizio; a questo fine l'Appaltatore dovrà installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri.

Gli autocarri e gli altri macchinari impiegati nelle aree di cantiere dovranno risultare conformi ai limiti di emissione previsti dalle norme vigenti.

Misure di ottimizzazione per l'inquinamento atmosferico a carico dell'Appaltatore

Di seguito vengono prescritti provvedimenti, sotto forma di una lista di controllo, generali e specifici in funzione del metodo di costruzione per la riduzione delle emissioni di sostanze nocive nell'aria sui cantieri.

Altri provvedimenti ed altre soluzioni non sono esclusi purché sia comprovato che comportano una riduzione delle emissioni almeno equivalente.

La maggior parte dei provvedimenti comprende requisiti base e corrisponde ad una "buona prassi di cantiere", altri consistono in misure preventive specifiche.

Processi di lavoro meccanici

Le polveri e gli aerosol in cantieri prodotti da sorgenti puntuali o diffuse (impiego di macchine ed attrezzature, trasporti su piste di cantiere, lavori di sterro, estrazione, trattamento e trasbordo di materiale, dispersione tramite il vento ecc.) sono da ridurre alla fonte mediante l'adozione di adeguate misure. In particolare, per le attività che producono polvere, come smerigliatura – fresatura – foratura – sabbiatura – sgrossatura – lavorazione alla punta e allo scalpello, spaccatura – frantumazione – macinatura – getto – deposizione – separazione -crivellatura – carico/scarico – presa con la benna – pulizia a scopa – trasporto, vanno adottati i seguenti provvedimenti:

| MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE | M1 | Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un'irrorazione controllata. |
|---------------------------------|----|---|
| | M2 | Impiego di sminuzzatrici che causano scarsa abrasione di materiale e che riducono il materiale di carico mediante pressione anziché urto. |
| | M3 | Ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo, risp. proteggere i punti di raduno dal vento. |

| DEPOSITI DEL MATERIALE | M4 | I depositi di materiale sciolto e macerie come materiale non bituminoso di demolizione delle strade, calcestruzzo di demolizione, sabbia ghiaiosa riciclata con frequente movimentazione del materiale vanno adeguatamente protetti dal vento per es. mediante una sufficiente umidificazione, pareti/valli di protezione o sospensione dei lavori in caso di condizioni climatiche avverse. |
|---------------------------|----|--|
| | M5 | Proteggere adeguatamente i depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione dall'esposizione al vento mediante misure come la copertura con stuoie, teli o copertura verde. |

| AREE DI CIRCOLAZIONE NEI CANTIERI | M6 | Sulle piste non consolidate legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna a pressione o impianto d'irrigazione. |
|--------------------------------------|----|--|
| | M7 | Limitazione della velocità massima sulle piste di cantiere a per es. 30 km/h. |
| | M8 | Munire le piste di trasporto molto frequentate con un adeguato consolidamento, per es. una pavimentazione o una copertura verde. Le piste vanno periodicamente pulite e le polveri legate per evitare depositi di materiali sfusi sulla pista. |
| | M9 | Munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci vasche di pulizia, come per esempio impianti di lavaggio delle ruote. |

| DEMOLIZIONE E SMANTELLAMENTO | M10 | Gli oggetti da demolire o da smantellare vanno scomposti possibilmente in grandi pezzi con adeguata agglomerazione delle polveri (per es. umidificazione). |
|---------------------------------|-----|--|
|---------------------------------|-----|--|

| | | |
|---|----|---|
| OPERE DI PAVIMENTAZIONE E IMPERMEABILIZZAZIONE Mastice d' asfalto, materiale di tenuta a caldo, bitume a caldo (riscaldatore mobile) | T3 | Impiego di mastice d'asfalto e bitume a caldo con bassa tendenza di esalazione di fumo. Le temperature di lavorazione non devono superare i seguenti valori: - mastice d'asfalto, posa a macchina: 220°C - mastice d'asfalto, posa a mano: 240°C - bitume a caldo: 190°C |
| | T4 | Impiego di caldaie chiuse con regolatori della temperatura. |

Processi di lavoro termici e chimici

Durante i processi di lavoro termici nei cantieri (riscaldamento - pavimentazione – taglio – rivestimento a caldo – saldatura) si sprigionano gas e fumi. Sono prioritarie misure in relazione alla lavorazione a caldo di bitume (pavimentazione stradale, impermeabilizzazioni, termoadesione) nonché ai lavori di saldatura.

Nella lavorazione di prodotti contenenti solventi (attività: rivestire – incollare – decapare – schiumare – pitturare – spruzzare) o nei processi chimici (di indurimento) vengono sprigionate sostanze solventi. L'Appaltatore valuterà le azioni di seguito proposte evidenziando se esistono impedimenti tecnici alla loro attuazione. Qualora così non fosse, sarà sua cura darne attuazione.

| | | |
|---|----|--|
| OPERE DI PAVIMENTAZIONE ED IMPERMEABILIZZAZIONE Trattamento di materiali per la pavimentazione stradale | T1 | Impiego di bitume con basso tasso di emissione d'inquinanti atmosferici (tendenza all'esalazione di fumo). |
| | T2 | Riduzione della temperatura di lavorazione mediante scelta di leganti adatti. |

| | | |
|-------------------------------|----|--|
| Opere di impermeabilizzazione | T5 | Impiego di stuoie di bitume con scarsa tendenza all'esalazione di fumo. |
| | T6 | Procedimento di saldatura: evitare il surriscaldamento delle stuoie di bitume. |

| | | |
|--|----|--|
| Saldatura (ad arco ed autogena) di metalli | T7 | I posti di lavoro di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato ed evacuato (per es. con un'aspirazione puntuale). |
|--|----|--|

| | | |
|----------------------------|----|---|
| Processi di lavoro chimici | T8 | Utilizzare prodotti ecologici per il trattamento delle superfici (mani di fondo, prime mani, strati isolanti, stucchi, vernici, intonaci, ponti di aderenza, primer ecc.) come pure per incollare e impermeabilizzare i |
|----------------------------|----|---|



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
 Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 152 di 181 |

| | | |
|--|--|---------|
| | | giunti. |
|--|--|---------|

| Requisiti di macchine ed attrezzature | | |
|---------------------------------------|----|--|
| | G1 | Impiegare attrezzature di lavoro a basse emissioni, per es. con motore elettrico. |
| | G2 | Equipaggiamento e periodica manutenzione di macchine e attrezzature con motore a combustione secondo le indicazioni del fabbricante. |
| | G3 | Per macchine e attrezzature con motori a combustione <18 kW la periodica manutenzione deve essere documentata, per es. con un adesivo di manutenzione. |
| | G4 | Tutte le macchine e tutti le attrezzature con motori a combustione ≥18 kW devono: - essere identificabili; - venire controllati periodicamente ed essere muniti di un corrispondente documento di manutenzione del sistema antinquinamento; - essere muniti di un adeguato contrassegno dei gas di scarico. |
| | G5 | Le attrezzature di lavoro con motori a benzina a 2 tempi e con motori a benzina a 4 tempi senza catalizzatore vanno alimentati con benzina giusta. |
| | G6 | Per macchine e attrezzature con motore diesel vanno utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo (tenore in zolfo < 50ppm). |
| | G7 | Per i lavori con elevata produzione di polveri con macchine e attrezzature per la lavorazione meccanica dei materiali (come per es. mole per troncane, smerigliatrici), vanno adottate misure di riduzione delle polveri (come per es. bagnare, captare, aspirare, separare). |

6.5 RIFIUTI E MATERIALI DI RISULTA

Per tutti i dettagli si faccia riferimento agli elaborati specialistici (Gestione dei Materiali di Risultato e relazione siti di approvvigionamento e smaltimento).

6.5.1 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Come indicato nel precedente paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** della presente relazione e come meglio descritto nel documento "NB1R08D69RGTA0000001A_Gestione dei materiali di risulta – Relazione generale" l'intera

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 153 di 181 |

produzione complessiva di 88.343 m³ (in banco) di terre e rocce da scavo sarà gestita nel regime dei rifiuti.

Per quanto riguarda la gestione degli esuberanti sarà privilegiato il conferimento presso siti esterni autorizzati al recupero e, solo secondariamente, ne sarà previsto lo smaltimento finale in discarica.

Stante le precedenti considerazioni e l'esigua quantità di materiale di risulta, in relazione alla produzione di rifiuti e materiali di risulta la significatività dell'effetto può essere considerata trascurabile (cfr. par. 1.3.2 – Livello di significatività B).

6.6 SCARICHI IDRICI E SOSTANZE NOCIVE

6.6.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

Per le attività previste all'interno delle diverse aree di lavorazione e di cantiere è possibile avere la necessità di utilizzare e stoccare sostanze pericolose quali sostanze chimiche, olii, vernici, solventi, carburanti. Gli impatti relativi a questo aspetto ambientale sono più apprezzabili in corrispondenza delle aree di cantiere ove vengono stoccate le sostanze stesse.

6.6.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Secondo quanto riportato dall'elaborato specialistico "NB1R00D53RGCA0000001A_Relazione di Cantierizzazione – Relazione Generale", le acque trattate potranno essere riciclate per gli usi interni al cantiere, limitando così i prelievi da acquedotto. Inoltre, lo scarico finale delle acque trattate verrà realizzato, in ottemperanza alle norme vigenti.

Per quanto riguarda i lubrificanti, gli olii ed i carburanti utilizzati dagli automezzi di cantiere, questi verranno stoccati in un'apposita area recintata, dotata di soletta impermeabile in calcestruzzo e di sistema di recupero e trattamento delle acque.

Inoltre, sempre dall'elaborato specialistico "NB1R00D53RGCA0000001A_Relazione di Cantierizzazione – Relazione Generale" al par. 7.4 "Raccolta e smaltimento delle acque nei cantieri", risulta che prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere saranno predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche. Le acque meteoriche saranno convogliate nella rete di captazione costituita da pozzetti e caditoie collegati ad un cunettone in c.a. e da una tubazione interrata che convoglia tutte le acque nella

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 154 di 181 |

vasca di accumulo di prima pioggia, dimensionata per accogliere i primi 15 minuti dell'evento meteorico. Un deviatore automatico, collocato all'ingresso della vasca di raccolta dell'acqua di prima pioggia, invia l'acqua in esubero (oltre i primi 15 minuti) direttamente al recapito finale.

Per quanto concerne le acque nere, gli impianti di trattamento delle acque assicureranno un grado di depurazione tale da renderle idonee allo scarico secondo le norme vigenti.

Per tali ragioni, vista la tipologia di opere da realizzare e l'assenza di depositi di grandi dimensioni per lo stoccaggio di sostanze pericolose, nonché la dotazione impiantistica prevista a corredo delle aree di cantiere, la probabilità di effetti legati alla dispersione al suolo e nelle acque superficiali e sotterranee di sostanze nocive è da considerarsi solo limitatamente ad eventuali sversamenti accidentali di tali sostanze. Detti effetti potranno essere efficacemente prevenuti e, nell'eventualità di loro determinarsi, mitigati, attraverso il ricorso alle misure gestionali ed operative riportate al successivo paragrafo 6.6.3.

Nel complesso la significatività dell'effetto può essere considerata trascurabile (cfr. par. 1.2.3 – Livello di significatività B).

6.6.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Gli effetti connessi all'utilizzo di sostanze pericolose non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali. Una riduzione del rischio di impatti significativi connessi all'utilizzo di sostanze pericolose in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi. Tali procedure operative sono dettagliate nel paragrafo delle mitigazioni riferito alle "Acque superficiali e sotterranee".

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 155 di 181 |

7 RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO

7.1 PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI

7.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

7.1.1.1 Il patrimonio culturale

L'area di studio, qui intesa come la porzione territoriale all'interno della quale è collocata la tratta ferroviaria oggetto di intervento, presenta, sia beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs. 42/2004 e smi, ovvero «*le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà*», sia beni paesaggistici di cui alla parte terza del citato decreto, costituiti dagli «*immobili e le aree indicati all'articolo 134, costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge*».

Con riferimento a dette tipologie di beni, l'area di studio, qui intesa come la porzione territoriale all'interno della quale è collocata la tratta ferroviaria oggetto di intervento presenta, sia beni culturali di cui alla parte seconda del D.Lgs 42/2004 e smi, sia beni paesaggistici di cui alla parte terza del citato decreto.

Stante quanto premesso, la sintetica descrizione di detti beni, riportata nel presente paragrafo, è stata espressamente riferita, per quanto attiene ai beni culturali, a quelli il cui interesse culturale sia stato dichiarato e, per quelli paesaggistici, a quelli oggetto di vincoli dichiarativi, ossia tutelati ai sensi dell'articolo 136 del Codice del paesaggio e dei beni culturali. Inoltre, nel condurre detta descrizione, è stata centrata l'attenzione sulle ragioni alla base del riconoscimento dell'interesse pubblico di tali beni, per come riportate nei relativi decreti di vincolo, così da poter offrire una chiara rappresentazione della loro rilevanza.

L'ambito territoriale indagato è connotato da numerose aree oggetto di tutela paesaggistica rivolta principalmente all'ambito del paesaggio collinare e pedecollinare del Bergamasco. Nello specifico, l'area interessata dalle opere è caratterizzata dalla presenza del sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone sita nei comuni di Brusaporto, Bagnatica, Costa di Mezzate, Montello, Albano S. Alessandro e Seriate, dichiarata di notevole interesse pubblico ai sensi dell'art. 136 co.1 lett. c) e d) DLgs 42/2004 con DGR del 30 settembre 2004.



Figura 7-1 Perimetrazione del sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone (Geoportale Regione Lombardia, Vincoli Paesaggistici, formato shapefile su Vista area Google Earth).

7.1.1.2 Il patrimonio storico-testimoniale

Come noto, il D.Lgs 42/2004 e smi, all'articolo 131, individua nel "paesaggio" «il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni» e, sulla base di detta definizione, nel definire le finalità proprie della parte terza del Codice, le individua nel «tutela[re] il paesaggio relativamente a quegli aspetti e caratteri che costituiscono rappresentazione materiale e visibile dell'identità nazionale, in quanto espressione di valori culturali». Nel patrimonio storico-testimoniale si è inteso identificare quell'insieme di manufatti edilizi che, a prescindere dal regime di tutela al quale sono soggetti, rappresentano chiara manifestazione, ossia – come recita il citato articolo del D.Lgs 42/2004 e smi - «rappresentazione materiale e visibile», di modelli insediativi, tipologie edilizie, tecniche costruttive o stilemi che sono espressione dell'identità locale di un determinato contesto territoriale.

Stante tale accezione, nel caso in specie, una fondamentale base conoscitiva ai fini del riconoscimento degli elementi costitutivi il patrimonio storico-testimoniale sono gli allegati al Piano delle Regole e segnatamente quelli riguardanti i nuclei e i centri storici e di antica formazione,

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 157 di 181 |

nonché le informazioni deducibili dalla Tavola delle previsioni di Piano dei PGT comunali consultabile dal Geoportale della Regione Lombardia.

Bergamo e le colline bergamasche preservano tra le bellezze panoramiche e paesaggistiche numerose architetture e manufatti che contribuiscono al riconoscimento dei caratteri storico-testimoniali dei luoghi e dell'abitare bergamasco. Sovente, tra le motivazioni alla base del vincolo paesaggistico vi è la presenza di nuclei di antica formazione, ben riconoscibili nell'assetto della tessitura urbana e caratterizzati da manufatti edilizi costruiti secondo i criteri e le tipologie della tradizione edilizia come è possibile osservare nelle immagini seguenti tratte dagli allegati per la catalogazione degli edifici costituenti centro e nucleo storico di alcuni comuni interessati dalle opere.

Le architetture residenziali ricomprese nei centri e nuclei storici sono spesso affiancate da edifici e architetture religiose ed ecclesiastiche, come nel caso del centro di Montello, che oltre le chiese parrocchiali ospita un Monastero delle suore francescane di clausura.

Sempre a Montello, si segnala la presenza del Castello ghibellino dei Suardi sito in posizione dominante sulle colline, ultime propaggini delle Prealpi Orobie.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "NB1R00D22RGSA0001001A_Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".

7.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Il quadro degli effetti ai quali, nell'ambito della seguente trattazione, si è fatto riferimento può essere schematicamente identificato, da un lato, nella compromissione dei beni appartenenti al patrimonio culturale, così come identificato dall'articolo 2 co. 1 del DLgs 42/2004 e smi, e/o aventi valenza storico testimoniale, e, dall'altro, nella riduzione del patrimonio edilizio, a prescindere da qualsiasi considerazione in merito al pregio architettonico di tali manufatti.

Entrando nel merito del primo profilo di analisi, ossia dell'alterazione fisica dei beni del patrimonio culturale, in primo luogo si evidenzia che alcun bene tutelato a termini della parte seconda del DLgs 42/2004 e smi, è interessato dalle aree di cantiere fisso o di lavoro. Gli unici casi in cui si rilevano interferenze con il patrimonio culturale, per come precedentemente definito, riguardano le fasce di rispetto dei corsi d'acqua per una profondità di 150 metri ciascuna di cui all'articolo 142 co.

1 lett. c), territori coperti da boschi o foreste di cui alla lettera g) dello stesso articolo. In misura minore Aree di notevole interesse pubblico di cui all'art. 136 co.1 lett. c) e d) del DLgs 42/2004.

Entrando nel merito delle aree tutelate *ope legis* ai sensi dell'art. 142 lett. c) e g), relativamente alle aree di cantiere in esse ricadenti occorre, in primo luogo, sottolineare che la *ratio* secondo la quale la norma sottopone a tutela detta tipologia di beni risiede nell'aver ad essi attribuita la valenza di elementi tipologici di strutturazione e caratterizzazione del paesaggio e non nell'aver riconosciuto in tali luoghi particolari e specifici valori paesaggistici. Ciò premesso, l'analisi condotta è stata espressamente rivolta a verificare l'esistenza e la consistenza, all'interno delle aree interessate dalla localizzazione dei cantieri, di elementi rappresentativi della tipologia di paesaggio che la norma ha inteso tutelare.

Per quanto specificatamente attiene le aree di cantiere 2.AT.05, 2.AS.06, 2.AS.07, e 2.CO.03, ricadenti in aree vincolate di cui all'art. 142 co.1 lett. c) DLgs42/2004, queste saranno allestite su terreni agricoli a ridosso della ferrovia e limitrofi agli estesi comparti industriali di Montello e Albano S. Alessandro. Il vincolo operante è rivolto ad un corso d'acqua minore che scorre segnando il perimetro della zona industriale e attraversa l'abitato di S. Alessandro. Tale situazione ha fortemente compromesso la percezione del bene paesaggistico e il suo significato di segno strutturante o connotante il paesaggio.

Per quanto riguarda l'area di cantiere 2.CB.01 ricadente in aree vincolate ai sensi dell'art. 142 co.1 lett. g) DLgs42/2004 si evidenzia che il sito scelto è posto su un terreno agricolo a ridosso dell'area industriale di Mapello. La vegetazione arborea oggetto di tutela ha carattere di residualità e vive a ridosso del corpo stradale ferroviario, già in luoghi compromessi dalla pressione antropica.



Cantieri in area vincolate ai sensi dell'art. 142



Cantieri in area vincolate ai sensi dell'art. 142

co.1 lett. c).

co.1 lett. g).

Figura 7-2 Aree di cantiere fisso ricadenti in territori vincolati ope legis.

Entrando nel merito di potenziali effetti derivanti dall'allestimento di parte delle aree tecniche 2.AT.04, e le aree 2.CO.02 e 2.AS.05 in siti lungo la strada perimetrale della zona sottoposta a tutela ai sensi dell'art. 136 co1 lett. c) e d) DLgs42/2004 denominata "Sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone", l'analisi ha posto in evidenza che la localizzazione di dette aree di cantiere fisso è marginale rispetto i territori che connotano il sistema collinare. Occupano terreni agricoli e pianeggianti lungo la strada locale che attraversa lo scalo di Albano S. Alessandro e collega i due comparti industriali a valle.



Figura 7-3 Aree di cantiere fisso Lotto 8 ricadenti nella perimetrazione del sistema collinare di Comonte, Brusaporto e Monte Tomenone (Geoportale Regione Lombardia, Vincoli Paesaggistici, formato shapefile su Vista area Google Earth).

In tale condizione, si ritiene che nessuna delle peculiarità del luogo possano essere compromesse. Non si prevedono lavorazioni che possano modificare la particolare morfologia formata dal sistema collinare che si stacca dalla pianura, o la tradizionale conduzione agricola su terrazzamenti. Inoltre, non si rileva la presenza di manufatti a cui è possibile attribuire valore culturale o storico

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 160 di 181 |

testimoniale, quali edifici rurali realizzati secondo le tipologie e le tecniche edilizie tradizionali e costruzioni a carattere fortificato che storicamente contraddistinguono le prime emergenze collinari che dominano sulla pianura, così come descritto e specificato nelle motivazioni alla base della tutela contenute nel DGR del 30 settembre 2004.

A fronte delle considerazioni fin ora illustrate, unitamente alla possibilità di ripristino delle aree di cantiere fisso al termine della fase costruttiva, così come previsto dal progetto delle opere a verde, si ritiene che potenziali alterazioni di beni del patrimonio culturale possano ritenersi trascurabili.

In merito ai beni a valenza storico testimoniale ed alla seconda tipologia di effetto oggetto di indagine, ossia l'alterazione fisica dei beni materiali, si precisa nell'ambito del progetto per la realizzazione delle opere di viabilità sostitutiva, non si prevede alcuna demolizione di manufatti edilizi.

Stante quanto sopra riportato, l'effetto in esame possa ritenersi assente.

7.2 TERRITORIO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE

7.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

Sotto il profilo del sistema degli usi in atto, il contesto territoriale all'interno del quale si colloca l'opera in progetto, ancorché si presenti in modo sostanzialmente omogeneo, è distinguibile in ambiti distinti in base all'antropizzazione maggiore o minore del territorio come in parte anticipato nel precedente paragrafo in quanto il tracciato di progetto attraversa ambiti territoriali differenti in particolare attraversa l'area urbana di Bergamo e altre aree urbane, commerciali e aeroportuali contornate da campi agricoli e il sistema naturale che si rinviene nella zona collinare e in corrispondenza dei due corridoi fluviali presenti..



Figura 7-4 Aree agricole con sullo sfondo area collinare con soprassuolo arboreo.



Figura 7-5 Aree urbane al contorno della ferrovia

Da una lettura di tutte le aree attraversate dal progetto di raddoppio della linea ferroviaria si evidenzia che le tessere di uso del suolo attraversate sono rispettivamente: per il 70% aree urbane; per il 12% aree naturali; mentre per il 18% aree agricole utilizzate.



Figura 7-6 Sistema degli usi in atto

Uso del suolo

| | |
|--|--|
| 1111 - Tessuto residenziale denso | 2113 - Colture orticole |
| 1112 - Tessuto residenziale continuo mediamente denso | 2114 - Colture floro - vivaistiche |
| 1121 - Tessuto residenziale discontinuo | 2115 - Orti familiari |
| 1122 - Tessuto residenziale rado e nucleiforme | 221 - Vigneti |
| 1123 - Tessuto residenziale sparso | 222 - Frutteti e frutti minori |
| 1211 - Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e agricoli con spazi annessi | 223 - Oliveti |
| 1212 - Insediamenti di grandi impianti di servizi pubblici e privati | 224 - Arboricoltura da legno |
| 1221 - Reti stradali e spazi accessori | 2311 - Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive |
| 1222 - Reti ferroviarie e spazi accessori | 2312 - Prati permanenti con presenza di specie arborea ed arbustive sparse |
| 124 - Aeroporti ed eliporti | 3111 - Boschi di latifoglie a densità media e alta |
| 131 - Cave | 3112 - Boschi di latifoglie a densità bassa |
| 132 - Discariche | 3113 - Formazioni ripariali |
| 133 - Cantieri | 3131 - Boschi misti a densità, media e alta |
| 134 - Aree degradate non utilizzate e non vegetate | 314 - Rimboschimenti recenti |
| 1411 - Parchi e giardini | 3222 - Vegetazione dei greti |
| 1412 - Aree verdi incolte | 3241 - Cespugli con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree |
| 1421 - Impianti sportivi | 3242 - Cespuglieti in aree di agricole abbandonate |
| 1422 - Campeggi e strutture turistiche e ricettive | 331 - Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi |
| 1423 - Parchi divertimento | 511 - Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali |
| 2111 - Seminativi semplici | 5122 - Bacini idrici artificiali |
| 2112 - Seminativi arborati | |

Figura 7-7 Legenda della Carta degli Usi in atto (nel riquadro rosso le classi più rappresentative)

7.2.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Con riferimento agli aspetti legati al territorio ed al patrimonio agroalimentare, gli effetti potenziali connessi alla fase di cantierizzazione possono essere individuati nella modifica degli usi in atto conseguente all'approntamento ed alla presenza delle aree di cantiere.

Le tipologie di uso del suolo interessate dalle aree di cantiere sono state desunte dall'ultimo aggiornamento dell'uso e copertura del suolo 2018 (DUSAF 6.0), integrato – in particolare – mediante l'analisi dei rilievi satellitari disponibili sul web.

Per quanto concerne le tipologie di uso in atto, come già evidenziato in precedenza, l'opera in progetto è collocata in un territorio connotato dalla prevalente presenza di aree antropiche e agricole. Le aree agricole sono caratterizzate dalla prevalenza di seminativi semplici ed in misura minore da colture orticole.

In termini di occupazione di superficie le aree di cantiere fisso, la cui superficie complessiva ammonta a circa 19.206 m² in linea generale su tutta la tratta la maggior parte ricadono in aree ad uso agricolo aree urbane e, in misura minore, in aree naturali (cfr. Tabella 7-1).

Tabella 7-1 Usi in atto interessati dalle aree di cantiere³.

| Area di cantiere fisso | Usi in atto | Area (m2) |
|------------------------|---|-----------|
| 2AT04 | 1121 - Tessuto residenziale discontinuo | 150 |
| | 2111 - seminativi semplici | 6.894 |
| 2AT05 | 2111 - seminativi semplici | 605 |
| | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 83 |
| 2AS07 | 2111 - seminativi semplici | 2.055 |
| 2AT04 | 1121 - Tessuto residenziale discontinuo | 602 |
| | 2111 - seminativi semplici | 2.078 |
| 2AT05 | 2111 - seminativi semplici | 714 |
| 2CO03 | 2111 - seminativi semplici | 10 |
| | 3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate | 1.538 |
| 2AS06 | 21132 - Colture orticole protette. | 1.481 |
| 2CB01 | 2311 - prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive | 2.484 |

³ Si precisa che le quantità riportate in tabella sono state tratte dall'elaborato "Planimetria delle aree di cantiere e relative viabilità di accesso" (RS3U40D53P6CA000001-017C)



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO**

**APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO**

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| | | | | | |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 164 di 181 |

| Area di cantiere fisso | Usi in atto | Area (m2) |
|------------------------|---|---------------|
| | 31111 - boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo | 515 |
| TOTALE | | 19.206 |



Figura 7-8 Ubicazione e contesto aree di cantiere su seminativi semplici e orti protetti. Lotto 8

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLLO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 165 di 181 |

Esprimendo i dati sopra riportati in termini percentuali, risulta che rispetto alla totalità della superficie occupata dalle aree di cantiere, per il 85% ricadono in aree ad uso agricolo, per il 4% interessano aree urbane e infrastrutturali e il 11% riguardano porzioni di territorio naturale.

A fronte di tali considerazioni si ritiene lecito ritenere che la durata temporanea della modifica degli usi in atto, unitamente alla possibilità di ripristinare allo stato originario gli usi delle aree interessate dai cantieri fissi a conclusione della fase costruttiva, fa sì che il presente effetto possa essere stimato trascurabile (Livello di significatività B).

Si rimanda alla Relazione generale dello Studio di impatto ambientale per una più approfondita trattazione di tale specifico caso (cfr. NB1R00D22RGSA000001001A).

5.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Al termine dei lavori le aree di cantiere saranno oggetto di interventi di ripristino della situazione ante – operam.

Per quanto riguarda il disturbo generato dalle polveri si rimanda alle misure di mitigazione descritte nel rispettivo paragrafo.

7.3 PAESAGGIO

7.3.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

7.3.1.1 Contesto paesaggistico di riferimento

L'intervento ferroviario in progetto si colloca lungo l'ambito urbano pedemontano appartenente all'ambito geografico della Pianura bergamasca per come è stato definito dal Piano Paesaggistico Regionale della Lombardia.

L'assetto del paesaggio agrario discende dalle bonifiche operate in epoca storica con la scomparsa delle aree boscate primigenie a favore delle coltivazioni irrigue e seccagne. Sporadici elementi di sopravvivenza del paesaggio naturale sussistono solo in coincidenza dei solchi fluviali dei maggiori fiumi (Adda, Serio, Oglio).

Ma anche il disegno del paesaggio agrario presenta, specie seguendo l'evoluzione recente, una notevole dinamica evolutiva che configura assetti agrari sempre meno caratterizzati nel loro disegno distributivo e sempre più rivolti a una organizzazione di tipo estensivo monocolturale.

A tali considerazioni si aggiunge la forza eversiva del fenomeno urbano tale da configurare una larga porzione della Pianura Padana, ed anche quella bergamasca, nei termini di campagna urbanizzata.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 166 di 181 |

Approfondendo il dettaglio di analisi, l'ambito della pianura bergamasca e quello della Brianza orientale attraversati dalla linea ferroviaria oggetto di intervento risultano costituiti dalle seguenti unità tipologiche di paesaggio:

- Paesaggi urbanizzati - Aree urbanizzate delle frange metropolitane
- Paesaggi urbanizzati - Urbanizzazione diffusa a bassa densità
- Fascia dell'alta pianura
- Fascia della bassa pianura
- Paesaggi delle fasce fluviali

7.3.1.2 Struttura del paesaggio

Come descritto al precedente paragrafo, l'area all'interno della quale si inserisce l'opera in progetto è ricompresa all'interno della pianura bergamasca che, a sua volta, gli strumenti della pianificazione territoriale hanno articolato in sub-ambiti secondo caratteristiche abiotiche e biotiche prevalenti.

Partendo dalla struttura del paesaggio così definita dalla pianificazione a valenza paesaggistica, le cui considerazioni descrittive sono state interpolate e rielaborate tramite osservazioni desunte per fotointerpretazione, sono state individuate le unità di paesaggio interessate dalle opere in progetto.

L'infrastruttura ferroviaria oggetto degli interventi attraversa un contesto paesaggistico variegato, connotato dalla predominante presenza di ambiti urbanizzati di frangia metropolitana appartenente a Bergamo, circondati da frammentati e marginali ambiti agricoli a prevalente coltura intensiva, dove l'unico elemento naturale più rilevante è costituito dal Fiume Brembo e la sua vegetazione ripariale, presente solo laddove l'urbanizzazione pedemontana non si è spinta sino alle sponde del corso d'acqua.

Nel quadro così delineato, al fine di descrivere la struttura del mosaico paesaggistico in cui si colloca l'opera, una prima lettura interpretativa della struttura paesaggistica dell'area si fonda sulla individuazione delle caratteristiche e delle componenti che possono essere ricondotte alle seguenti tre categorie prevalenti che, a loro volta sono state articolate in Unità di paesaggio secondo categorie di interpretazione della conformazione.

- Sistema degli insediamenti urbani
 - UdP della città storica

- UdP del tessuto consolidato e compatto ad impianto a regolare, per tipi edilizi in linea e puntuali
- UdP del tessuto consolidato connotato da eterogeneità di impianto e di tipi edilizi
- UdP del tessuto ad impianto aperto per tipi edilizi prevalentemente in linea
- UdP del tessuto per tipi edilizi puntuali ed in linea
- UdP del tessuto ad impianto compatto con tipi edilizi in linea e minuti e sistema del verde pertinenziale
- UdP del tessuto di frangia urbana per tipi edilizi puntuali e minuti
- UdP dei servizi e delle attività metropolitane
- UdP degli insediamenti produttivi e commerciali
- UdP delle infrastrutture
- UdP del verde urbano e di svago
- Sistema agricolo
 - UdP delle colture intensive di pianura
 - UdP delle colture intensive di collina
- Sistema naturale e semi-naturale
 - UdP delle pendici boscate
 - UdP fluviale

7.3.1.3 Caratteri percettivi del paesaggio

Il progetto in esame si inserisce in un territorio con caratteristiche strutturali variegata che rende necessario analizzare l'inserimento dell'intervento sul paesaggio interessato in relazione agli elementi morfologici, naturali e artificiali dei luoghi.

Nel caso specifico, il tratto ferroviario oggetto di intervento attraversa un ambito della alta pianura lombarda compreso tra la bassa pianura padana ed i rilievi collinari prealpini che, sulla scorta delle caratteristiche strutturali appena descritte, lo si può definire come ambito di transizione del paesaggio pedemontano, connotato dai caratteri urbani veri e propri che si alternano ad aree a prevalente uso agricolo, poste a margine del paesaggio rurale tipico della bassa pianura padana.

Di conseguenza, per tale struttura paesaggistica avente caratteristiche distinte, che da un punto di vista percettivo offre differenti tipologie di visibilità in ordine alle connotazioni che prevalgono di un determinato ambito territoriale, sono stati individuati due macro ambiti:

- Ambiti urbani consolidati ad alta densità
- Ambiti urbani della frangia metropolitana

- Ambiti della campagna urbanizzata

La prima tipologia di ambito, riguardante gli ambiti urbani consolidati ad alta densità, comprende tutti i centri storici maggiori e gran parte dei minori e sono caratterizzati da un'intensa utilizzazione di suolo, dove l'urbanizzazione e l'edificazione prevalgono sugli spazi vuoti e liberi che assumono, in questo contesto, carattere di rarità o residualità.

Il paesaggio urbano viene in primo luogo percepito attraverso vedute limitate e chiuse. Le uniche fughe prospettiche verso viste più lontane si hanno dagli assi delle direttrici che si dipartono dal centro della città. Lungo queste radiali la città racconta la sua storia edilizia con le sue espansioni avvenute nel corso della storia.

All'interno di tale paesaggio le viste sono spesso ostacolate anche nelle brevi distanze dall'edificato circostante; solo i margini più esterni dell'abitato possono offrire visuali generalmente più aperte verso il paesaggio circostante che varia in base alla ubicazione dell'abitato urbano rispetto all'andamento morfologico del territorio.

La seconda tipologia di ambito è costituito dalla frangia metropolitana, ove la densità dell'urbanizzazione man mano che si allarga si riduce, si frammenta o si organizza altrimenti ed anche i vuoti modificano i loro caratteri. Lo sguardo coglie con frequenza sempre maggiore, visuali più ampie e più lontane. È una periferia metropolitana punteggiata di nuclei ed elementi storici, spesso difficilmente percepibili e riconoscibili, che si colloca per lo più nell'alta pianura e nella fascia pedemontana verso le valli prealpine.

L'abitato di frangia è costituito da manufatti isolati o raggruppati in nuclei da cui le viste sono spesso ostacolate anche nelle brevi distanze dall'edificato circostante; solo i margini più esterni dell'abitato possono offrire visuali generalmente più aperte verso il paesaggio circostante. Tali visuali possono variare in base alla ubicazione degli edifici rispetto all'andamento morfologico del territorio.

Il terzo ambito è quello della campagna urbanizzata, contrassegnata da forti processi di crescita, caratterizzati dalla presenza dei primi segni della dispersione metropolitana con nodi, spesso edifici polifunzionali o centri commerciali, sempre accostati a una direttrice stradale, che fanno da volano all'urbanizzazione.

Ne consegue che, tale ambito risulta connotato dalle configurazioni insediative metropolitane che prevalgono su quelle agricole, dove le espansioni recenti hanno coinvolto progressivamente i

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 169 di 181 |

centri minori, fino alla formazione di un paesaggio urbano con forti connotati di continuità. All'interno del paesaggio della pianura urbanizzata, sono ancora presenti le aree agricole interstiziali che, insieme alla presenza dei corsi d'acqua, costituiscono una importante componente naturale di cerniera tra la pianura ed i rilievi retrostanti.

La tipologia di paesaggio presente in questa area permette vedute generalmente profonde fino a notevoli distanze; in tale contesto, gli elementi che possono costituire delle barriere visive, sono rappresentati dagli elementi verticali che spiccano sul paesaggio pianeggiante e agricolo circostante, costituiti in prevalenza dall'edificato e dai filari di alberi.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "NB1R00D22RGSA0001001A_Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".

7.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Modifica della struttura del paesaggio

Con il concetto di modifica della struttura del paesaggio ci si è intesi riferire ad un articolato insieme di trasformazioni relative alle matrici naturali ed antropiche che strutturano e caratterizzano il paesaggio. Tale insieme, nel seguito descritto con riferimento ad alcune delle principali azioni che possono esserne all'origine, è composto dalle modifiche dell'assetto morfologico, vegetazionale, colturale e insediativo.

Per quanto riguarda la fase di cantierizzazione, i principali parametri che concorrono alla significatività dell'effetto in esame possono essere identificati, sotto il profilo progettuale, nella localizzazione delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro, nonché nell'entità delle lavorazioni previste che, nel caso in specie attengono all'approntamento delle aree di cantiere, agli scavi di terreno ed alla demolizione di manufatti.

Per quanto concerne il contesto di intervento, detti parametri possono essere identificati nella valenza rivestita dagli elementi interessati dalle attività di cantierizzazione, quali fattori di sua strutturazione e caratterizzazione; a tale riguardo si specifica che, in tal caso, il riconoscimento di detta valenza, ossia della capacità di ciascun componente del paesaggio di configurarsi come elemento di sua strutturazione o caratterizzazione, non deriva dal regime normativo al quale detto elemento è soggetto, quanto invece dalle risultanze delle analisi condotte.

Per quanto riguarda la localizzazione delle aree di cantiere fisso, la relazione tra l'opera, intesa nella sua dimensione costruttiva, e la struttura del paesaggio non determina, nel complesso, un effetto rilevante sul paesaggio in considerazione del fatto che, rispetto alla complessiva superficie occupata dalle aree di cantiere fisso, circa il 5% ricade in ambito urbano, ferroviario e stradale, la maggior parte di dette aree, circa il 95 %, ricade in ambito agricolo.

Occorre inoltre evidenziare che, unitamente al carattere temporaneo dell'opera nella sua dimensione costruttiva, per le aree occupate dai cantieri fissi è previsto il ripristino degli stati originari al termine delle lavorazioni.

A fronte delle considerazioni sin qui esposte, le potenziali modifiche della struttura del paesaggio, riferite alla dimensione costruttiva, possono ragionevolmente considerarsi trascurabili.

Modifica delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo

Gli effetti in esame fanno riferimento alla accezione cognitiva del paesaggio, intendendo con ciò sia gli aspetti percettivi che quelli interpretativi; in entrambi i casi le tipologie di effetti potenziali ad essi relativi riguardano la modifica delle relazioni intercorrenti tra "fruitore" e "paesaggio scenico" determinata dalla presenza di manufatti ed impianti tecnologici nelle fasi di realizzazione delle opere.

Il discrimine esistente tra dette due tipologie di effetti, ossia tra la modifica delle condizioni percettive, da un lato, e la modifica del paesaggio percettivo, dall'altro, attiene alla tipologia di relazioni alle quali queste sono riferite.

In breve, nel primo caso, la tipologia di relazioni prese in considerazione sono quelle visive; ne consegue che il fattore causale d'effetto conseguente alla presenza dell'opera in realizzazione si sostanzia nella conformazione delle visuali esperite dal fruitore, ossia nella loro delimitazione dal punto di vista strettamente fisico. Nel secondo caso, ossia in quello della modifica del paesaggio percettivo, la tipologia di relazioni alle quali ci si riferisce è invece di tipo concettuale; la presenza dell'opera in realizzazione, in tal caso, è all'origine di una differente possibilità di lettura ed interpretazione, da parte del fruitore, del quadro scenico osservato.

Stanti dette fondamentali differenze, nel caso della modifica delle condizioni percettive riferiti alla dimensione costruttiva il principale fattore casuale è rappresentato dalla presenza delle aree di cantiere ed il loro rapporto rispetto ai principali punti di osservazione visiva. In altre parole, la presenza di mezzi d'opera e, più in generale, quella delle diverse tipologie di manufatti tipici delle

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO | | | | | |
| | APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELO | | | | | |
| Progetto ambientale della cantierizzazione Relazione Generale | PROGETTO NB1R | LOTTO 08 D 69 | CODIFICA RG | DOCUMENTO CA0000002 | REV. A | FOGLIO 171 di 181 |

aree di cantiere (quali baraccamenti, impianti, depositi di materiali) potrebbe costituire un elemento di intrusione visiva, originando ciò una modificazione delle condizioni percettive e, con essa, quella del significato dei luoghi, determinando una modificazione del paesaggio percettivo.

Entrando nel merito del caso in specie, occorre evidenziare che, unitamente al carattere temporaneo dell'opera nella sua dimensione costruttiva, per le aree di cantiere fisso è prevista la installazione di barriere fisse di altezza pari a 5 metri che, oltre a contrastare una azione di mitigazione nei confronti delle emissioni sonore e di polveri, rappresentano una valida schermatura degli impianti e macchinari presenti all'interno di ciascun cantiere.

I caratteri connotanti il paesaggio sono attribuibili a quelli della porzione di alta pianura lombarda posta in corrispondenza della città di Bergamo, dai caratteri marcatamente urbani, e della sua cinta urbana che si sviluppa tra le prime propaggini collinari e la bassa pianura padana, ove la frangia urbana si diffonde all'interno di un paesaggio dai caratteri rurali ancora ben percepibili. In ragione delle diverse caratteristiche paesaggistiche, dovute all'assetto strutturale ed alla copertura vegetazionale, tale diversità territoriale offre differenti condizioni di visibilità che nella presente analisi sono riconducibili all'ambito urbano della frangia metropolitana.

Pertanto le tabelle che seguono riportano gli esiti delle analisi relative alle condizioni percettive delle aree di cantiere fisso site in ambito urbano della frangia metropolitana (cfr. *Tabella 7-2*).

Tabella 7-2 Rapporti intercorrenti tra ambito urbano della frangia metropolitana e aree di cantiere fisso
AMBITO URBANO DELLA FRANGIA METROPOLITANA

All'ambito urbano della frangia metropolitana appartiene l'estesa periferia costituita dagli innumerevoli complessi residenziali e commerciali sorti intorno ai principali nuclei urbani, primi fra tutti quello di Bergamo. Tale ambito è caratterizzato da una densità più ridotta, l'urbanizzazione si frammenta lasciando alcuni vuoti caratterizzati da lembi di territorio rurale o connotati da elementi naturali.

All'interno di tale ambito le visuali sono chiuse e limitate all'interno dell'edificato, lo sguardo coglie con frequenza sempre maggiore, visuali più ampie e più lontane laddove le volumetrie lasciano spazio alle aree agricole; analogamente, visuali ampie si possono ritrovare lungo i margini più esterni dell'edificato.



TIPOLOGIA DI CANTIERE



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 172 di 181 |

AMBITO URBANO DELLA FRANGIA METROPOLITANA

Cantieri operativi

2.CO.02 - 2.CO.03

Aree di stoccaggio

2.AS.04 - 2.AS.05 - 2.AS.06 -
2.AS.07

Aree tecniche

2.AT.04 - 2.AT.05

Cantieri base

2.CB.01

Le aree di cantiere fisso previste all'interno dell'ambito urbano della frangia metropolitana attengono alle aree di stoccaggio, alle aree tecniche, ed ai cantieri operativi e base.

Le opere viarie connesse NV02 ed NV03 previste in ambito di frangia metropolitana, consentono, mediante la realizzazione di sottopassi ferroviari, la soppressione di passaggi a livello, e di connettere la SS42 e la SS671 con la viabilità locale minore. In tal senso, tali assi stradale fungono da ambiti di fruizione percettiva verso le aree di cantiere fisso previste. Fatta eccezione per i tratti stradali più distanti, la visuale verso i cantieri risulta in genere frammentata in ragione della presenza di fasce alberate e manufatti commerciali addossati all'asse stradale; tale condizione fa sì che la percezione delle aree di cantiere sia possibile esclusivamente lungo i tratti più prossimi ad esse.

L'ambito di paesaggio di frangia metropolitana è connotato da aree in cui ad agglomerazioni di manufatti per la produzione artigianale si alternano ampi brani di paesaggi rurali e/o semi naturali per cui il quadro scenico osservato risulta ampiamente diversificato a seconda della densificazione o della rarefazione degli elementi costituenti tali caratteri. Pertanto, l'inserimento temporaneo di elementi verticali, quali le barriere fisse e la conseguente occlusione visiva possono essere considerati facilmente assimilabili dal fruitore, in quanto il quadro scenico osservato è già suscettibile a repentine condizioni di modificazioni.

A fronte di tali condizioni, ai fini della analisi della potenziale modifica delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo è opportuno prendere in considerazione due ordini di fattori.

Un primo fattore da tenere in considerazione ai fini suddetti è rappresentato dal contesto di localizzazione delle aree di cantiere. In tal senso, come si è avuto modo di osservare sin qui, la



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 173 di 181 |

struttura paesaggistica fortemente urbanizzata, unitamente alla presenza di vegetazione arborea in prossimità degli assi di fruizione visiva, limitano la possibilità di percepire chiaramente le aree di cantiere fisso.

La loro percezione diviene possibile lunghi i tratti stradali più prossimi ad esse o in ambito rurale, ove le colture a seminativo permettono una percezione ampia e profonda verso il paesaggio circostante e, inevitabilmente, verso le aree di cantiere fisso.

Un secondo fattore da considerare ai fini della stima della sua rilevanza è rappresentato dalla durata e dalla reversibilità, che sono rispettivamente limitate nel tempo e totalmente reversibili. In tal senso è possibile affermare che, anche qualora la presenza delle aree di cantiere e dei mezzi d'opera potesse determinare una qualche intrusione visiva, tale effetto sarà esclusivamente limitato al periodo di esecuzione dei lavori e che, alla loro conclusione, le condizioni percettive torneranno ad essere quelle iniziali.

Stante le considerazioni sin qui riportate, unitamente alla possibilità di ripristinare allo stato originario il quadro scenico nelle aree interessate dai cantieri fissi a conclusione della dimensione costruttiva, l'effetto in questione può essere ritenuto trascurabile.

7.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Dato il contesto paesaggistico e la scarsa facilità di percepire le modifiche apportate dall'intervento in esame, per l'aspetto ambientale in esame non sono previsti interventi di mitigazione propriamente detti.



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLLO**

**Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 174 di 181 |

8 ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI

Si riportano nella tabella che segue, a scopo di riepilogativo, i risultati della fase di valutazione di significatività degli aspetti ambientali.

Ai fini di una corretta interpretazione della seguente tabella si precisa che le valutazioni in essa riportate fanno riferimento al livello di significatività dell'effetto ritenuto più rilevanti tra quelli presi in considerazione nell'ambito di ciascuno dei fattori ambientali indagati.

In altri termini, in tutti i casi in cui le analisi condotte hanno portato ad una stima della significatività diversificata per i diversi effetti potenziali considerati nell'ambito di un medesimo fattore ambientale, le valutazioni riportate nella tabella successiva hanno fatto sempre riferimento al maggiore dei livelli tra quelli stimati.

Tabella 8-1 Livelli significatività effetti

| LIVELLI SIGNIFICATIVITÀ EFFETTI | | | Risorse naturali | | | | Emissione e produzione | | | | | Risorse antropiche e paesaggio | | |
|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------|--------------|---------------|------------------------|------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| | Pianificazione e tutela ambientale | Popolazione e salute umana | Suolo | Acque superficiali e sotterranee | Biodiversità | Materie prime | Clima acustico | Vibrazioni | Aria e clima | Rifiuti e materiali di risulta | Scarichi idrici e sostanze nocive | Patrimonio culturale e beni materiali | Territorio e Patrimonio agroalimentare | Paesaggio |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| A | | | | | | | | • | | | | | | |
| B | • | | • | | | | | | • | • | • | | • | • |
| C | | | | | • | • | | | | | | • | | |
| D | | • | | • | | | • | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | |

| Legenda | |
|---------|---|
| A | Effetto assente, stima attribuita sia nei casi in cui si ritiene che gli effetti individuati in via teorica non possano determinarsi, quanto anche laddove è possibile considerare che le scelte progettuali operate siano riuscite ad evitare e/o prevenire il loro determinarsi |
| B | Effetto trascurabile, stima espressa in tutti quei casi in cui l'effetto potrà avere una rilevanza non significativa, senza il ricorso ad interventi di mitigazione |
| C | Effetto mitigato, giudizio assegnato a quelle situazioni nelle quali si ritiene che gli interventi di mitigazione riescano a ridurre la rilevanza. Il giudizio tiene quindi conto dell'efficacia delle misure e degli interventi di mitigazione previsti, stimando con ciò che l'effetto residuo e, quindi, l'effetto nella sua globalità possa essere considerato trascurabile |
| D | Effetto oggetto di monitoraggio, stima espressa in quelle particolari circostanze laddove si è ritenuto che le risultanze derivanti dalle analisi condotte dovessero in ogni caso essere suffragate mediante il riscontro derivante dalle attività di monitoraggio |
| E | Effetto residuo, stima attribuita in tutti quei casi in cui, pur a fronte delle misure ed interventi per evitare, prevenire e mitigare gli effetti, la loro rilevanza sia sempre significativa |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 176 di 181 |

ALLEGATI



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA000002 | A | 177 di 181 |

ALLEGATO 1
QUADRO NORMATIVO

INDICE

| | |
|--|----------|
| SEZIONE I | 2 |
| <i>I.1 SCOPO</i> | 2 |
| I.1.1 Quando si applica | 2 |
| I.1.2 Chi è interessato | 2 |
| <i>I.2 CAMPO DI APPLICAZIONE</i> | 2 |
| <i>I.3 RIFERIMENTI</i> | 2 |
| I.3.1 Documenti Referenziati | 2 |
| I.3.2 Documenti correlati | 2 |
| I.3.3 Documenti superati | 2 |
| <i>I.4 ACRONIMI</i> | 2 |
| IL SEZIONE II - PRESCRIZIONI NORMATIVE | 3 |
| <i>II. 1 LEGGI E NORMA TIVE COGENTI</i> | 3 |
| II.1.1 Norme Generali | 3 |
| II.1.2 Norme di settore | 5 |
| II.1.3 Circolari/norme tecniche | 9 |

SEZIONE I

I.1 SCOPO

Il presente documento contiene l'elenco delle principali norme ambientali di riferimento, nonché ulteriori riferimenti correlati alle tematiche specifiche in campo ambientale.

Tale quadro di adempimenti, riportato nel seguito, è rappresentato a titolo indicativo e non esaustivo.

I.1.1 Quando si applica

Questo documento si applica ogni qualvolta si debba redigere uno studio o progetto ambientale/ archeologico; esso costituisce l'elenco dei riferimenti normativi dal quale estrarre quelli da prendere a riferimento per ogni singolo progetto/studio. Per specifiche esigenze è possibile che i riferimenti normativi elencati debbano essere integrati con ulteriori norme non contenute nel presente documento.

Questo documento costituisce parte integrante del presidio normativo di cui al Manuale di Progettazione di Italferr (Rif. [2]) ed è compilato nel rispetto della Specifica Tecnica per i documenti aventi la funzione sopra citata (Rif. [1]). Esso deve sempre essere applicato unitamente agli omologhi documenti emessi dalle altre U.O.della Direzione Tecnica, costituenti il presidio normativo di cui al Manuale di Progettazione.

I.1.2 Chi è interessato

Questo documento costituisce un riferimento per tutti coloro che operano nell'ambito definito al paragrafo 1.2.

I.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Studi e Progetti ambientali ed archeologici di opere infrastrutturali.

I.3 RIFERIMENTI

I.3.1 Documenti Referenziati

Per i documenti referenziati è necessario riportare sia la data che la revisione in quanto le informazioni, a partire dalle quali il presente documento è stato sviluppato, potrebbero variare nelle revisioni successive.

Rif. [1] Italferr, documento n° PPA.0000969, intitolato "Modalità di compilazione dei documenti che compongono il presidio normativo", datato 09/03/2010.

I.3.2 Documenti correlati

I documenti correlati sono documenti la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell'ambito nel quale il presente documento si inquadra.

Non si riporta la revisione e la data in quanto si fa riferimento all'ultima revisione del documento citato.

Rif. [2] Italferr, documento n° PRO.0000689, intitolato "Manuale di Progettazione".

I.3.3 Documenti superati

Il presente documento modifica il documento intitolato "Quadro Normativo per la Progettazione Ambientale e l'Archeologia delle opere infrastrutturali" emesso in revisione A il 20/10/2010 per tenere conto degli aggiornamenti normativi sopraggiunti in tema di Ambiente e Archeologia.

I.4 ACRONIMI

RFI: Rete Ferroviaria Italiana

UO: Unità Organizzativa

II SEZIONE II - PRESCRIZIONI NORMATIVE

Si evidenzia la necessità di integrare il quadro normativo generale di seguito riportato con eventuali prescrizioni locali emanate da Autorità Competenti in relazione ad esempio agli aspetti ambientali Acque, Terre e Rifiuti, Materie Prime, Programmazione - Pianificazione Territoriale - Aree Protette - VIA e VAS, Rumore, come peraltro indicato nelle note riportate negli appositi paragrafi.

II. 1 LEGGI E NORMATIVE COGENTI

II.1.1 Norme Generali

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | Titolo | Data |
|------------------|---------------------|--------------------|--|-------------|
| Governo | Decreto legislativo | 42 | Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio | 2004 |
| Governo | Decreto legislativo | 163 | Codice dei Contratti Pubblici | 2006 |
| Governo | DPR | 207 | Regolamento di esecuzione del Codice dei contratti pubblici | 5/10/2010 |
| Governo | Decreto legislativo | 152 | Norme in materia Ambientale | 03/04//2006 |
| Governo | LEGGE | 98 | Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 21 giugno 2013, n. 69 Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia | 9/08/2013 |
| Governo | Legge | 164 | "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. Decreto Sblocca Italia) - "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la | 11/11/ 2014 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | Titolo | Data |
|------------------|-------------------------------------|--------------------|--|------------|
| | | | semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive" | |
| Governo | Legge | 116 | "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea" | 11/08/2014 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | 120 | Regolamento per la definizione delle attribuzioni e delle modalità di organizzazione dell'Albo nazionale dei gestori ambientali, dei requisiti tecnici e finanziari delle imprese e dei responsabili tecnici, dei termini e delle modalità di iscrizione e dei relativi diritti annuali | 3/06/2014 |
| Governo | Legge | 106 | Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 31 maggio 2014, n. 83 "Disposizioni urgenti per la tutela del patrimonio culturale, lo sviluppo della cultura e il rilancio del turismo" (c.d. Decreto cultura) | 29/07/2014 |
| Governo | Legge | 15 | Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2013, n. 150 Proroga di termini previsti da disposizioni legislative (c.d. mille proroghe) | 27/02/2014 |
| Governo | Legge | 98 | "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69 (c.d. Del Fare), recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia" | 9/08/2013 |
| Governo | Legge | 71 | "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 26 aprile 2013, n. 43 recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'area industriale di Piombino, di contrasto ad emergenze ambientali, in favore delle zone terremotate del maggio 2012 e per accelerare la ricostruzione in Abruzzo e la realizzazione degli interventi per Expo 2015. Trasferimento di funzioni in materia di turismo e disposizioni sulla composizione del CIPE" | 24/06/2013 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | - | Disciplina delle modalità di applicazione a regime del SISTRI del trasporto intermodale nonché specificazione delle categorie di soggetti obbligati ad aderire, ex articolo 188-ter, comma 1 e 3 del decreto legislativo n. 152 del 2006. | 24/04/2014 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | 22 | "Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184 -ter, comma 2, del decreto | 14/02/2013 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | Titolo | Data |
|------------------|-------------------------------------|--------------------|---|------------|
| | | | legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni" | |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | - | Approvazione dell'elenco dei siti che non soddisfano i requisiti di cui ai commi 2 e 2-bis dell'art. 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e che non sono più ricompresi tra i siti di bonifica di interesse nazionale. | 11/01/2013 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | 141 | Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 18 febbraio 2011, n. 52, avente ad oggetto «Regolamento recante istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti, ai sensi dell'articolo 189, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modifiche e integrazioni, e dell'articolo 14-bis del decreto-legge 1° luglio 2009, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2009, n. 102». | 25/05/2012 |
| Governo | Legge | 35 | "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 9 febbraio 2012, n. 5, recante disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo" (cd. "Semplificazioni") | 4/04/2012 |
| Governo | Legge | 28 | "Conversione, con modificazioni, del D.L. 25 gennaio 2012, n. 2, recante Misure straordinarie e urgenti in materia di ambiente" | 24/03/2012 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | 219 | Regolamento recante modifiche e integrazioni al decreto del 18 febbraio 2011, n. 52, concernente il regolamento di istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRi) | 10/11/2011 |
| Governo | Decreto del Ministero dell'Ambiente | 52 | Regolamento recante istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti, ai sensi dell'articolo 189 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e dell'articolo 14-bis del decreto-legge 1° luglio 2009, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2009, n. 102 | 18/02/2011 |
| Governo | Decreto legislativo | 205 | "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive" | 3/12/2010 |

II.1.2 Norme di settore

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------|--|------------|
| Governo | Decreto Ministero Ambiente | 161 | Gestione terre e rocce da scavo | Regolamento recante la disciplina dell'utilizzo delle terre e rocce da scavo | 10/08/2012 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|------------------|----------------------|--------------------|------------|---|------------|
| Governo | DPCM | - | Paesaggio | Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 | 12/12/2005 |
| Governo | DPR | 139 | Paesaggio | Regolamento recante procedimento semplificato di autorizzazione paesaggistica per gli interventi di lieve entità, a norma dell'articolo 146, comma 9, del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e successive modificazioni. | 09/07/2010 |
| Governo | Decreto Ministeriale | - | Rifiuti | Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica | 27/09/2010 |
| Governo | Decreto Ministeriale | 186 | Rifiuti | Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 | 05/04/2006 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|------------------|---|--------------------|-------------|--|------------|
| Governo | Legge | 447 | Rumore | Legge quadro sull'inquinamento acustico | 1995 |
| Governo | Decreto del presidente della repubblica | 459 | Rumore | Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario | 1998 |
| Governo | Decreto Ministeriale | - | Rumore | Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore | 29/11/2000 |
| Governo | DPCM | - | Rumore | Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore | 14/11/97 |
| Governo | Decreto Ministeriale | | Rumore | Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico | 16/3/98 |
| Governo | Decreto Legislativo | 152 | Archeologia | Ulteriori disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante il Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture, a norma dell'articolo 25, comma 3, della legge 18 aprile 2005, n. 62. | 11/09/2008 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|-----------------------------|---|--------------------|---|---|------------|
| Governo | Decreto Legislativo | 156 | Archeologia | Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, in relazione ai beni culturali | 24/03/2006 |
| Governo | Decreto Ministeriale | 248 | Amianto | Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto | 29/07/2004 |
| Governo | Decreto Ministeriale | - | Amianto | Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto" | 14/05/1996 |
| Comunità Europea | Direttiva Comunità Europea | 2009/147/CE | Conservazione della Natura, vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi | Direttiva 2009/147/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 novembre 2009, concernente la conservazione degli uccelli selvatici | 30/11/2009 |
| Presidenza della Repubblica | Decreto del Presidente della Repubblica | 120 | Conservazione della Natura, vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi | Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche. | 12/03/2003 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|----------------------|----------------------------|--------------------|--|--|------------|
| Autorità governativa | Regio Decreto | 3267 | Conservazione della Natura, vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi | Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. | 30/12/1923 |
| Comunità Europea | Direttiva Comunità Europea | 92/43/CEE | Conservazione della Natura, vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi | Direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche | 21/05/1992 |
| Comunità Europea | Direttiva Comunità Europea | 2014/52/UE | VIA | Direttiva 2014/52/UE recante modifiche alla direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati | 16/04/2014 |
| Governo | Legge | 394 | Programmazione, pianificazione territoriale, Aree protette, VIA e VAS* | Legge quadro sulle aree protette. | 06/12/1991 |

*: la pianificazione territoriale in ambito locale o sovraordinato è demandata ai singoli strumenti urbanistici e territoriali vigenti; per le normative regionali specifiche in materia di Aree protette, VIA e VAS occorre far riferimento ai testi vigenti nelle singole regioni.

II.1.3 Circolari/norme tecniche

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|------------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------|---|------------|
| RFI | Circolare | RFI/DMA\A\0011\ P\2003\0000203 | Traverse in legno tolte d'opera | Gestione delle traverse in legno creosotate tolte d'opera | 13/03/2003 |

| Ente Originatore | Tipologia | Numero della Norma | disciplina | Titolo | Data |
|------------------|------------------------|----------------------------------|------------|---|---------------|
| RFI | Circolare | RFI/DPR/SIGS/P/11/1/0 | Amianto | Gestione dell'Amianto e dei materiali contenenti amianto | 27/07/2011 |
| UNI | norma tecnica | 9614 | Vibrazioni | Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo | |
| UNI | norma tecnica | 9916 | Vibrazioni | Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici | |
| Italferr | Linee guida | DT.0037286.10.U | Rumore | Linee guida per il dimensionamento delle opere di mitigazione acustica per le linee di nuova realizzazione e per il piano di risanamento acustico | |
| FS | disciplinare | DT FS '98 e s.m.i. | Rumore | Disciplinare Tecnico FS "Barriere Antirumore per impieghi ferroviari" | |
| RFI | Tipologico progettuale | RFI-DTC-INCVA0011\P\2010\0000600 | Rumore | Tipologico Standard RFI - Progetto Esecutivo | 6/10/2010 |
| UNI | Norma tecnica | 10802 | Rifiuti | Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati | 2014 |
| UNI EN ISO | norma tecnica | 14001 | Ambiente | " Sistemi di Gestione Ambientale – Requisiti e guida per l'uso" | Dicembre 2004 |

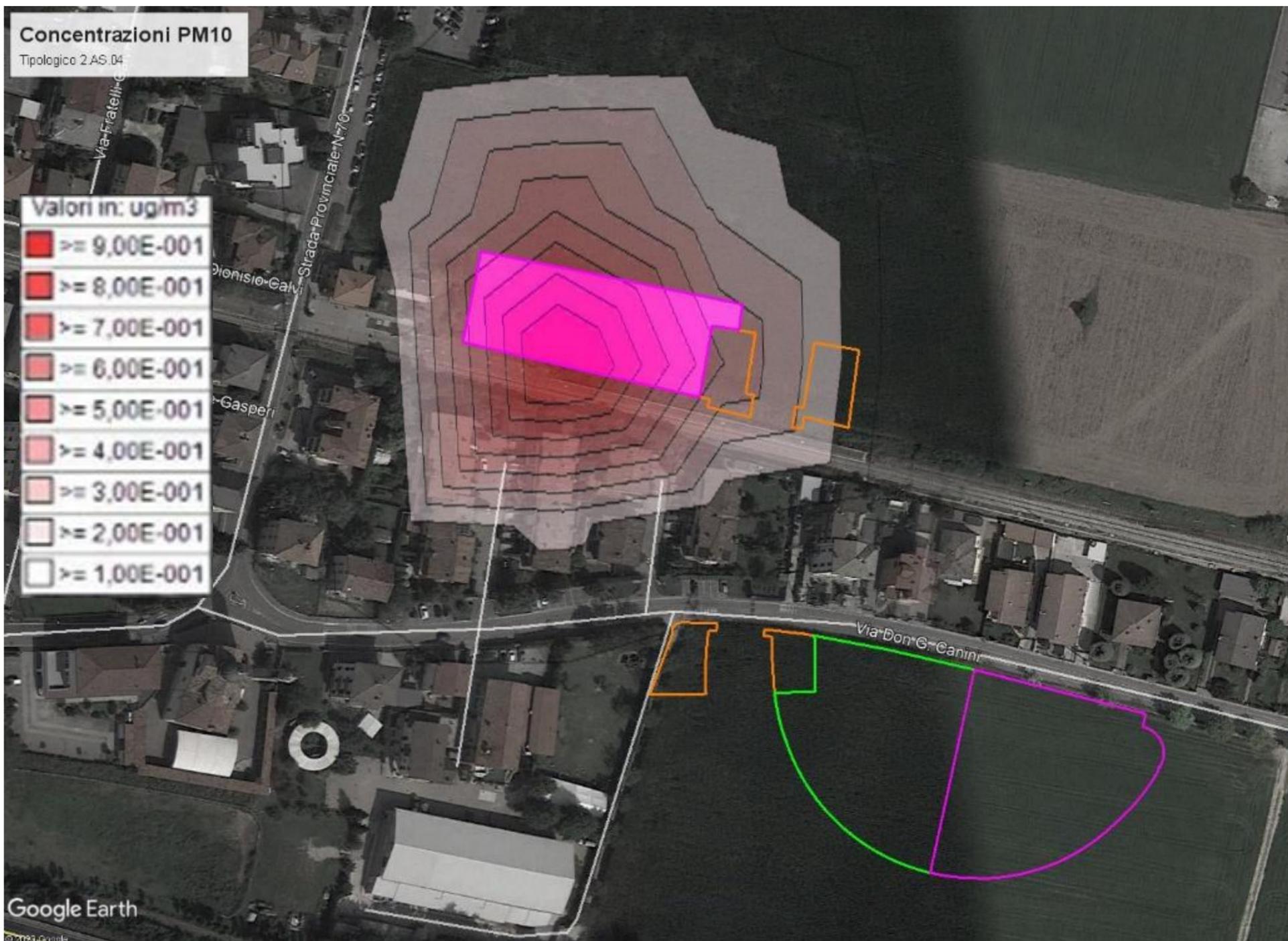


PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

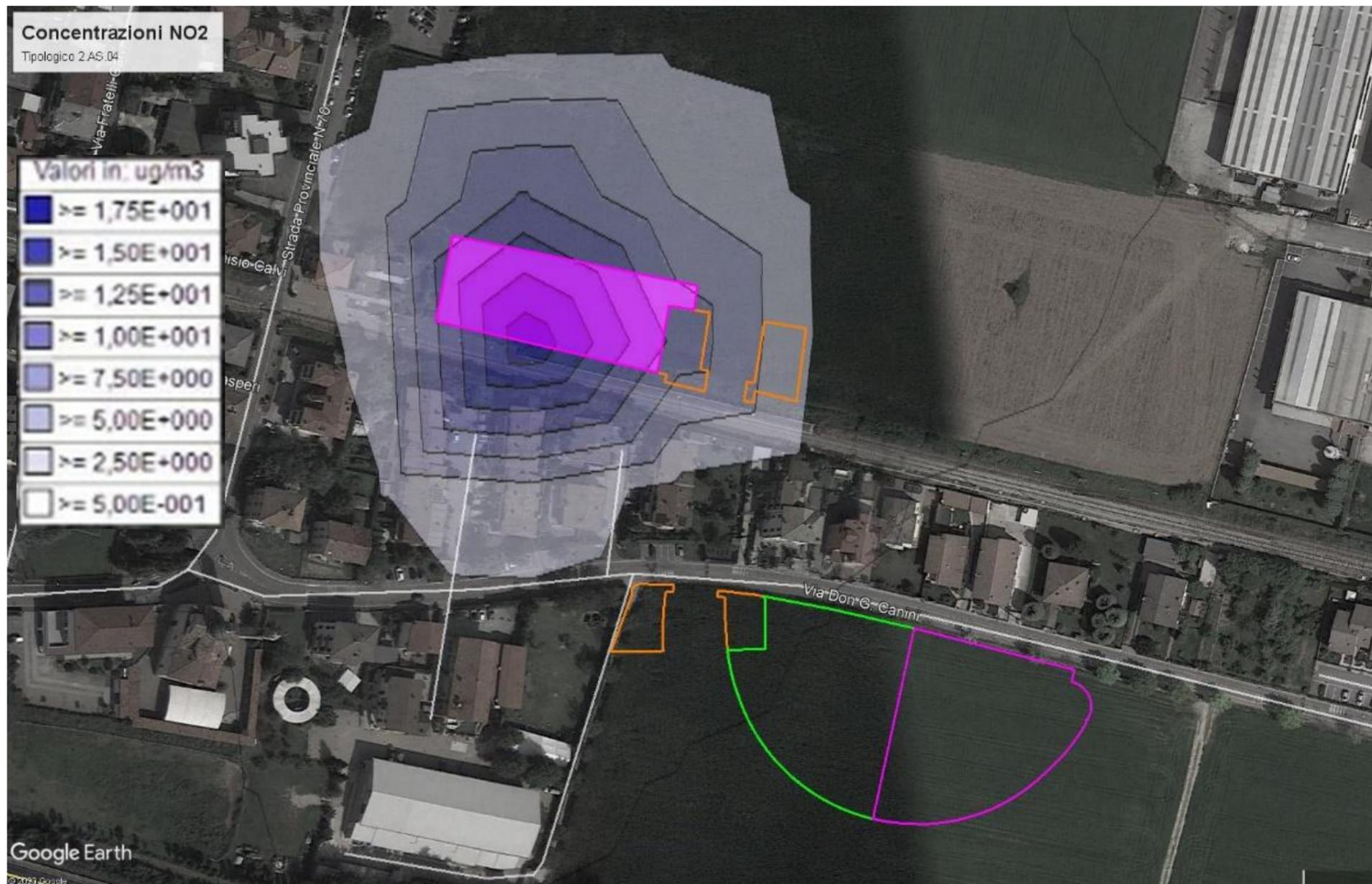
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 178 di 181 |

ALLEGATO 2
MAPPE DIFFUSIONALI



Valori di riferimento per la valutazione della Qualità dell'Aria D.Lgs. 155/10 e smi

| PM ₁₀ | | |
|-----------------------|---------------|-----------------------------|
| Valore limite annuale | Media annuale | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |



Valori di riferimento per la valutazione della Qualità dell'Aria D.Lgs. 155/10 e smi

| NO ₂ | | |
|-----------------------|---------------|----------------------|
| Valore limite annuale | Media annuale | 40 µg/m ³ |



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 179 di 181 |

ALLEGATO 3
CALCOLO PRODUZIONE POLVERI

Unpaved Roads: Mezzi su strade non pavimentate (EPA, AP-42 13.2.2)

Equazione:

$$E = k \left(\frac{sL}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b$$

Dove:

- E: fattore di emissione per veicolo-miglio viaggiato (lb/VMT) convertito nell'unità di misura g/VKT con fattore pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT);
- k, a, b: costanti empiriche, assunte pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM₁₀;
- sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari al 4%;
- W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 18 tonnellate (media tra il peso a pieno carico e una tara di 12 ton).
- E: 0,019808 lb/VMT, ovvero 5,583998184 g/VKT

Effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni

Equazione:

$$E_{ext} = E \left[\frac{365 - P}{365} \right]$$

Dove:

- E_{ext}: fattore di emissione ridotto per mitigazione naturale (g/VKT);
- P: numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori a 0,2 mm, assunto pari a 15 giorni piovosi/anno.

Da cui:

$$E_{ext} = 5,354518806 \text{ g/VKT}$$

Il sollevamento di particolato dalle strade non asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione E_{ext} per l'indicatore di attività A. Tale parametro, espresso come veicolo-chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

Pertanto considerando un ipotesi di flusso medio di mezzi lungo una pista di cantiere non asfaltata

$$E_{ext} = 0,0000007 \text{ g/s}$$

Tale valore è di entità trascurabile rispetto al fattore di emissione totale.

Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico (EPA AP-42 13.2.4)

Equazione:

$$E = k(0,001) \left(\frac{U}{2,2} \right)^{1,3} \left(\frac{M}{2} \right)^{-1,4}$$

Dove:

- E: fattore di emissione di particolato (kg/Mg);
- k: parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato), per il PM₁₀ assunto pari a 0,35;
- U: velocità media del vento (m/s) assunta pari a 1,44 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M: umidità del terreno (%) assunta pari a 2,5%.
- Da cui:
- E: 0,000236176 kg/Mg

La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione (E) per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente nella singola area di cantiere.

Considerando il valore medio giornaliero di camion in uscita da ciascun cantiere, pari a circa 44, e assumendo che il 75% di essi esca a pieno carico con 6 m³ di materiale di scavo con peso specifico di 1,66 t/m³, si ottiene una produzione giornaliera di PM₁₀ stimabile in circa 328 g, equivalente a 0,0009 g/s, come di seguito calcolata

$$E = 0,236 \times 44 \times 0,75 \times 6 \times 1,66 = \frac{77,4 \text{ g}}{86400 \text{ s}} = 0,000896 \frac{\text{g}}{\text{s}} \approx 0,0009 \text{ g/s}$$

Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5)

Equazione:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

Dove:

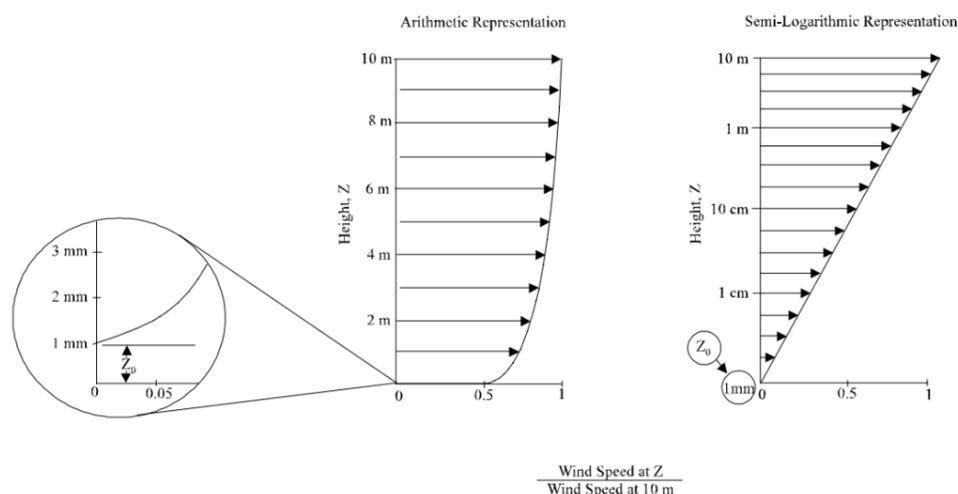
- E: fattore di emissione di particolato (kg/Mg)
- k: costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, per il PM₁₀ assunto pari a 0,5
- N: numero di movimentazioni a cui è sottoposto il cumulo nell'anno, nel caso in esame è stato assunto cautelativamente che i cumuli fossero sottoposti ad almeno una movimentazione giornaliera
- P_i: erosione potenziale ricavata dalla seguente equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Dove:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u^* rappresenta la velocità di attrito fatta pari a $0,053u_{10}^+$ dove u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata.



Dall'espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedure published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in tabella.

TABELLA 1
VALORE DI VELOCITÀ DI ATTRITO LIMITE

| MATERIAL | THRESHOLD FRICTION VELOCITY (M/S) | ROUGHNESS HEIGHT (CM) | THRESHOLD WIND VELOCITY AT 10 M (M/S) | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|
| | | | Z0=act | Z0=0,5cm |
| Overburden | 1,02 | 0,3 | 21 | 19 |
| Scoria (roadbed material) | 1,33 | 0,3 | 27 | 25 |
| Ground coal (surrounding coal pile) | 0,55 | 0,01 | 16 | 10 |
| Uncrusted coal pile | 1,12 | 0,3 | 23 | 21 |
| Scraper tracks on coal pile | 0,62 | 0,06 | 15 | 12 |
| Fine coal dust on concrete pad | 0,54 | 0,2 | 11 | 10 |

Nel calcolo in esame è stato assunto u_t^* pari a 1,33.

Nel caso in esame il valore di P è nullo poiché non si verifica alcun superamento del valore u^*t e pertanto il fattore di emissione dovuto all'erosione dei cumuli risulta trascurabile.

Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera

Sorgenti areali

È stato fatto riferimento alle elaborazioni della South Coast Air Quality Management District, "Off road mobile Source emission Factor" che forniscono i fattori di emissione dei mezzi fuori strada.

TABELLA 2
FATTORI DI EMISSIONE

| Macchine di cantiere | Potenza motore [KW] | EF del PM ₁₀ [lb/h] | EF del NO _x [lb/h] | EF del PM ₁₀ [g/s] | EF del NO _x [g/s] |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Pala gommata | 186 | 0,0218 | 0,6366 | 0,0028 | 0,0802 |
| Escavatore | 186 | 0,0176 | 0,5187 | 0,0022 | 0,0654 |
| Gruppo elettrogeno | 131 | 0,0299 | 0,6719 | 0,0223 | 0,5010 |
| Autocarro | 19 | 0,0022 | 0,0583 | 0,0003 | 0,0074 |
| Autogru | 373 | 0,0286 | 0,7861 | 0,0036 | 0,0991 |
| Autobotte | 19 | 0,0022 | 0,0583 | 0,0003 | 0,0074 |
| Rullo compattatore | 131 | 0,0320 | 0,5929 | 0,0040 | 0,0747 |
| Frantoio | 186 | 0,0319 | 0,9900 | 0,0040 | 0,1247 |
| Betoniera | 19 | 0,0061 | 0,1381 | 0,0008 | 0,0174 |
| Carro ponte TBM | 559 | 0,0490 | 1,3678 | 0,0062 | 0,1723 |
| Perforazione | 186 | 0,0054 | 0,2000 | 0,0007 | 0,0252 |
| Trivella | 186 | 0,0054 | 0,2000 | 0,0007 | 0,0252 |
| Impianto di betonaggio | 210* | 0,0305 | 0,5431 | 0,0038 | 0,0684 |

* Valore calcolato come somma di "Cement and Mortar Mixers (Max HP 25)" e di "Excavators (Max HP 120)"

Sorgenti lineari

È stata ipotizzata una gamma di mezzi di cantiere suddivisa omogeneamente tra veicoli con omologazione Euro IV, Euro V ed Euro VI prendendo in considerazione la categoria veicolare dei mezzi pesanti tra le 14 e le 20 tonnellate.

I fattori di emissioni corrispondenti per NO_x e PM₁₀ sono rispettivamente 3,59 g/km e 0,03 g/km.

Il fattore di emissione espresso in [g/s] legato ad ogni tronco stradale considerato per ogni inquinante è dato dal prodotto tra il FE sopra indicato [g//veic/km], la lunghezza del tronco stradale ed il numero di veicoli in transito giornalmente sullo stesso.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLA
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLA

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 180 di 181 |

ALLEGATO 4
CALCOLO EMISSIONE MACCHINARI

| Macchine di cantiere | Potenza motore [KW] | EF del PM10 [lb/h] | EF del NOx [lb/h] | EF del PM10 [g/s] | EF del NOx [g/s] |
|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Pala gommata | 175 | 0,0362 | 0,6571 | 0,0015 | 0,0276 |
| Escavatore | 175 | 0,0308 | 0,5783 | 0,0013 | 0,0243 |
| Gruppo elettrogeno | 120 | 0,0381 | 0,5629 | 0,0016 | 0,0236 |
| Autocarro | 250 | 0,0256 | 0,7625 | 0,0011 | 0,0320 |
| Autogru | 250 | 0,0235 | 0,6832 | 0,0010 | 0,0287 |
| Autocisterna | 120 | 0,0329 | 0,5013 | 0,0014 | 0,0211 |
| Rullo compattatore | 120 | 0,0378 | 0,4749 | 0,0016 | 0,0199 |

Cantieri base:

- gruppo elettrogeno: 1
- centrale termica: 1

Cantieri operativi:

- gruppo elettrogeno: 1
- impianto drenaggio acque: 1
- impianto aria compressa: 1
- gru leggera: 1

Aree di stoccaggio e aree deposito terre:

- pala meccanica: 2
- escavatore: 2
- gruppo elettrogeno: 1



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO
APPALTO 8: OPERE SOTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL
TRA BERGAMO E MONTELLO

Progetto ambientale della cantierizzazione
Relazione Generale

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|------------|
| NB1R | 08 D 69 | RG | CA0000002 | A | 181 di 181 |

ALLEGATO 5
RISULTATI GRID

CONCENTRAZIONI PM10 – CANTIERE 2.AS.04**MICROGRAMMI/MC SULL'AREA DI CALCOLO**

| | 559642 | 559692 | 559742 | 559792 | 559842 | 559892 | 559942 | 559992 | 560042 | 560092 | 560142 | 560192 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5059436 | 7,22E-03 | 7,98E-03 | 8,78E-03 | 9,75E-03 | 1,11E-02 | 1,21E-02 | 1,17E-02 | 1,04E-02 | 9,30E-03 | 8,36E-03 | 7,07E-03 | 5,73E-03 |
| 5059386 | 8,88E-03 | 1,02E-02 | 1,15E-02 | 1,29E-02 | 1,50E-02 | 1,63E-02 | 1,53E-02 | 1,33E-02 | 1,17E-02 | 9,81E-03 | 7,71E-03 | 6,25E-03 |
| 5059336 | 1,09E-02 | 1,34E-02 | 1,56E-02 | 1,80E-02 | 2,15E-02 | 2,32E-02 | 2,07E-02 | 1,77E-02 | 1,45E-02 | 1,10E-02 | 8,60E-03 | 7,09E-03 |
| 5059286 | 1,23E-02 | 1,78E-02 | 2,26E-02 | 2,72E-02 | 3,37E-02 | 3,54E-02 | 2,99E-02 | 2,38E-02 | 1,71E-02 | 1,27E-02 | 9,94E-03 | 7,79E-03 |
| 5059236 | 1,16E-02 | 2,16E-02 | 3,45E-02 | 4,58E-02 | 6,07E-02 | 6,01E-02 | 4,59E-02 | 3,03E-02 | 2,06E-02 | 1,47E-02 | 1,07E-02 | 8,17E-03 |
| 5059186 | 1,09E-02 | 1,99E-02 | 4,84E-02 | 9,38E-02 | 1,41E-01 | 1,23E-01 | 6,87E-02 | 3,85E-02 | 2,38E-02 | 1,64E-02 | 1,25E-02 | 1,00E-02 |
| 5059136 | 7,60E-03 | 1,65E-02 | 4,48E-02 | 2,13E-01 | 6,00E-01 | 2,80E-01 | 1,00E-01 | 5,14E-02 | 3,19E-02 | 2,15E-02 | 1,53E-02 | 1,13E-02 |
| 5059086 | 1,11E-02 | 2,06E-02 | 4,98E-02 | 1,85E-01 | 1,10E+00 | 5,07E-01 | 9,63E-02 | 4,27E-02 | 2,45E-02 | 1,61E-02 | 1,14E-02 | 8,51E-03 |
| 5059036 | 9,45E-03 | 1,46E-02 | 3,54E-02 | 1,50E-01 | 2,23E-01 | 9,72E-02 | 3,83E-02 | 2,02E-02 | 1,22E-02 | 9,11E-03 | 7,21E-03 | 5,82E-03 |
| 5058986 | 8,44E-03 | 1,42E-02 | 3,08E-02 | 7,77E-02 | 8,26E-02 | 4,24E-02 | 2,46E-02 | 1,44E-02 | 1,01E-02 | 7,27E-03 | 5,16E-03 | 3,95E-03 |
| 5058936 | 7,82E-03 | 1,30E-02 | 2,73E-02 | 4,51E-02 | 4,00E-02 | 2,38E-02 | 1,65E-02 | 1,10E-02 | 7,64E-03 | 5,79E-03 | 4,68E-03 | 3,78E-03 |
| 5058886 | 7,19E-03 | 1,25E-02 | 2,23E-02 | 2,83E-02 | 2,35E-02 | 1,56E-02 | 1,10E-02 | 8,95E-03 | 6,26E-03 | 4,77E-03 | 3,80E-03 | 3,18E-03 |

CONCENTRAZIONI NOX – CANTIERE 2.AS.04**MICROGRAMMI/MC SULL'AREA DI CALCOLO**

| | 559642 | 559692 | 559742 | 559792 | 559842 | 559892 | 559942 | 559992 | 560042 | 560092 | 560142 | 560192 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5059436 | 1,23E-01 | 1,36E-01 | 1,50E-01 | 1,66E-01 | 1,90E-01 | 2,07E-01 | 2,02E-01 | 1,79E-01 | 1,60E-01 | 1,44E-01 | 1,22E-01 | 9,90E-02 |
| 5059386 | 1,51E-01 | 1,74E-01 | 1,96E-01 | 2,20E-01 | 2,57E-01 | 2,80E-01 | 2,63E-01 | 2,29E-01 | 2,02E-01 | 1,70E-01 | 1,33E-01 | 1,08E-01 |
| 5059336 | 1,85E-01 | 2,29E-01 | 2,67E-01 | 3,08E-01 | 3,67E-01 | 3,99E-01 | 3,57E-01 | 3,05E-01 | 2,52E-01 | 1,91E-01 | 1,49E-01 | 1,22E-01 |
| 5059286 | 2,08E-01 | 3,02E-01 | 3,86E-01 | 4,63E-01 | 5,74E-01 | 6,10E-01 | 5,15E-01 | 4,12E-01 | 2,96E-01 | 2,19E-01 | 1,72E-01 | 1,35E-01 |
| 5059236 | 1,95E-01 | 3,62E-01 | 5,85E-01 | 7,79E-01 | 1,03E+00 | 1,04E+00 | 7,97E-01 | 5,27E-01 | 3,57E-01 | 2,55E-01 | 1,86E-01 | 1,41E-01 |
| 5059186 | 1,84E-01 | 3,31E-01 | 8,02E-01 | 1,58E+00 | 2,39E+00 | 2,13E+00 | 1,20E+00 | 6,72E-01 | 4,15E-01 | 2,85E-01 | 2,16E-01 | 1,73E-01 |
| 5059136 | 1,28E-01 | 2,74E-01 | 7,38E-01 | 3,42E+00 | 1,03E+01 | 4,97E+00 | 1,77E+00 | 8,97E-01 | 5,54E-01 | 3,73E-01 | 2,65E-01 | 1,95E-01 |
| 5059086 | 1,86E-01 | 3,43E-01 | 8,16E-01 | 2,94E+00 | 1,96E+01 | 9,28E+00 | 1,72E+00 | 7,52E-01 | 4,29E-01 | 2,80E-01 | 1,98E-01 | 1,48E-01 |
| 5059036 | 1,60E-01 | 2,45E-01 | 5,86E-01 | 2,41E+00 | 3,96E+00 | 1,73E+00 | 6,73E-01 | 3,54E-01 | 2,13E-01 | 1,58E-01 | 1,25E-01 | 1,01E-01 |
| 5058986 | 1,42E-01 | 2,38E-01 | 5,10E-01 | 1,30E+00 | 1,46E+00 | 7,41E-01 | 4,32E-01 | 2,51E-01 | 1,75E-01 | 1,26E-01 | 8,95E-02 | 6,83E-02 |
| 5058936 | 1,33E-01 | 2,18E-01 | 4,54E-01 | 7,70E-01 | 7,00E-01 | 4,17E-01 | 2,87E-01 | 1,91E-01 | 1,33E-01 | 1,00E-01 | 8,09E-02 | 6,54E-02 |
| 5058886 | 1,21E-01 | 2,10E-01 | 3,75E-01 | 4,87E-01 | 4,09E-01 | 2,73E-01 | 1,90E-01 | 1,56E-01 | 1,09E-01 | 8,26E-02 | 6,57E-02 | 5,49E-02 |