

# AUTOSTRADA (A11): FIRENZE - PISA NORD

TRATTO: FIRENZE - PISTOIA

## AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA

LOTTO 2

### PROGETTO ESECUTIVO

#### DOCUMENTAZIONE GENERALE

#### NORME TECNICHE E CAPITOLATI

Capitolato ambientale

#### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Ferruccio Bucalo  
Ord. Ingg. Genova n.4940

Responsabile Monitoraggio Ambientale

#### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Andrea Federico Ceppi  
Ord. Ingg. Milano n.A26059

#### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia n.1496

DIVISIONE PROGETTAZIONE E D.L.  
NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

#### CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO		RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore	
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS		PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.	-
					tipologia	progressivo						
111117	LL02	PE	DG	CDA	00000	00000	00000	R	MAM	0001	0	SCALA -

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Paolo Simonetta Ord. Ingg. Varese n.2239						n.	data
							0	Maggio 2018
	REDATTO:		VERIFICATO:					

#### VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Giovanni Scotto Lavina

#### VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE AD AREE DI CANTIERE E VIABILITA' DI SERVIZIO .....</b>	<b>4</b>
1.1	OBBLIGHI DELL'APPALTATORE .....	4
1.1.1	<i>Disposizioni relative alla documentazione dei cantieri .....</i>	<i>5</i>
1.2	DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE ALLA VIABILITÀ DI SERVIZIO .....	6
<b>2</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE AL CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI ACUSTICI E VIBRAZIONALI.....</b>	<b>8</b>
2.1	CRITERI GENERALI PER IL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE .....	8
2.2	INDICAZIONI PER SPECIFICHE SORGENTI .....	10
2.3	PIANO DI GESTIONE DEGLI IMPATTI ACUSTICI .....	10
2.4	VIBRAZIONI .....	11
<b>3</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA TUTELA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERANEE.....</b>	<b>13</b>
3.1	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.....	13
3.2	TUTELA DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO .....	14
3.3	TUTELA DEI CORSI D'ACQUA.....	18
<b>4</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE AL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....</b>	<b>20</b>
4.1	DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE AL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	20
4.1	DISPOSIZIONI RELATIVE AI VEICOLI .....	20
4.2	DISPOSIZIONI PER IL CONTENIMENTO DELLE POLVERI .....	21
4.3	TRATTAMENTO A CALCE .....	22
4.3.1	<i>Monitoraggio anemometrico .....</i>	<i>23</i>
4.3.2	<i>Preparazione e stesa del terreno naturale .....</i>	<i>24</i>
4.3.3	<i>Stesa della calce .....</i>	<i>25</i>
4.3.4	<i>Prima fresatura di miscelamento terra-calce.....</i>	<i>26</i>
4.3.5	<i>Seconda e terza fresatura per riduzione granulometrica.....</i>	<i>27</i>
4.3.6	<i>Profilamento rilevato, rullatura e compattazione .....</i>	<i>27</i>
4.3.7	<i>Tutela componente idrica .....</i>	<i>28</i>
<b>5</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE A FAUNA, VEGETAZIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI.....</b>	<b>30</b>
5.1	RACCOMANDAZIONI DI CARATTERE GENERALE .....	30
5.2	VEGETAZIONE E FAUNA .....	30
5.3	MODALITÀ DI MESSA A DEPOSITO DEL TERRENO DI SCOTICO .....	32
<b>6</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA GESTIONE DEI RIFIUTI.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>CAUTELE IN RELAZIONE ALLA PRESENZA DI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE.....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>36</b>
8.1	VALIDITÀ .....	37
8.2	VARIAZIONI DEL PIANO DI UTILIZZO .....	37
8.2.1	<i>Attuazione.....</i>	<i>37</i>
8.2.2	<i>Aree di deposito in attesa di utilizzo .....</i>	<i>43</i>
8.3	GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI.....	45
8.3.1	<i>Cautele in relazione alla presenza di aree contaminate.....</i>	<i>45</i>
<b>9</b>	<b>CAUTELE IN RELAZIONE ALLA PRESENZA DI MATERIALE CONTENENTE AMIANTO.....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>MONITORAGGIO AMBIENTALE.....</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICA FINALE DELLO STATO DEI LUOGHI DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE.....</b>	<b>50</b>

## ALLEGATI

Allegato 1 . Linee guida per la valutazione di impatto acustico

Allegato 2 . Moduli di gestione delle terre e rocce

Allegato 3 . Linee guida Città Metropolitana di Firenze per la valutazione delle emissioni in atmosfera e moduli relativi

## 1 PREMESSA

Il presente Capitolato Ambientale costituisce parte integrante della documentazione del Progetto Esecutivo predisposto per l'ampliamento alla terza corsia dell'autostrada A11 nel tratto compreso tra il termine dell'intervento di adeguamento dello svincolo di Firenze Peretola (km 0+621) e lo svincolo di Pistoia (km 27+392), per uno sviluppo complessivo pari a 26,8 km circa. Nel progetto è compreso anche l'intervento di adeguamento dello svincolo di Firenze Peretola.

Il progetto interessa la Città Metropolitana di Firenze, nei comuni di Firenze, Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio, la Provincia di Prato, nel comune di Prato, e la Provincia di Pistoia, nei comuni di Agliana e Pistoia.

Il documento costituisce in particolare un allegato al Contratto, e definisce un insieme di disposizioni a cui l'Appaltatore dovrà rigorosamente attenersi nel corso dell'esecuzione dei lavori, per ogni attività di cantiere e per le operazioni di ripristino dei luoghi, che sono integrative rispetto alla normativa vigente e basate sul concetto di prevenzione dell'inquinamento ambientale, nonché derivanti dalle prescrizioni contenute nel Decreto VIA (D.M. n°134 del 20/05/2016) e nei verbali della Conferenza di Servizi approvativa del Progetto Definitivo.

Si evidenzia che rispetto al Progetto Definitivo sottoposto a VIA e Conferenza dei Servizi nel Progetto Esecutivo non è presente l'intervento di ampliamento alla terza corsia del tratto di A11 ricadente nei comuni di Monsummano e Pieve a Nievole (PT) tra le progressive km 36+660 e 38+111. La realizzazione dell'ampliamento in questo tratto era prevista al fine di accogliere le richieste delle Amministrazioni locali in merito all'anticipazione della costruzione delle opere di mitigazione acustica già previste nel più esteso intervento del tratto Pistoia - Montecatini Terme che invece saranno realizzati nell'ambito del Piano di Risanamento Acustico previsto alle lettere C4 ed E dell'art. 2 comma 2 della Convenzione Unica ANAS/ASPI, come previsto nella comunicazione di ASPI al Ministero dell'Ambiente n.8588 del 12/04/2018.

Fatte salve le responsabilità civili e penali previste dalla vigente normativa in caso di illecito ambientale, con particolare riferimento all'inquinamento ambientale, al fine di prevenire al massimo le possibilità di incorrere in tali situazioni eventualmente connesse alle attività dei cantieri, l'Appaltatore è tenuto ad attuare, a propria cura e spese, tutti gli adempimenti nel rispetto della normativa ambientale e ad acquisire tutte le autorizzazioni necessarie allo svolgimento delle attività, rispettando le prescrizioni contenute negli atti autorizzativi

L'Appaltatore, inoltre, dovrà attenersi a tutte le ulteriori disposizioni per la prevenzione e tutela all'inquinamento che verranno emanate dagli Enti Competenti, ed è tenuto redigere, preventivamente all'installazione del cantiere, tutta la documentazione informativa che verrà richiesta dai suddetti Enti/Committente/Direzione Lavori, anche a chiarimento e/o integrazione della documentazione richiesta nel presente Capitolato.

L'impresa esecutrice è inoltre tenuta a dare evidenza del proprio sistema di gestione ambientale del cantiere che deve considerare e risultare rispondente anche alle procedure ed ai flussi informativi previsti nel sistema di qualità dei lavori.

L'impresa esecutrice è tenuta a informare e dare evidenza dei contenuti del presente documento non solo alle proprie maestranze ma anche alle ditte che a vario titolo operano all'interno dei cantieri.

# 1 DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE AD AREE DI CANTIERE E VIABILITÀ DI SERVIZIO

## 1.1 OBBLIGHI DELL'APPALTATORE

Fatto salvo il rispetto della normativa di settore, dei contenuti del presente capitolato ambientale, delle prescrizioni e disposizioni emanate dagli Enti competenti in materia ambientale, l'Appaltatore è tenuto a recepire tutte le ulteriori richieste, prescrizioni e raccomandazioni che verranno formulate dalla Committenza e dalla Direzione Lavori, che richiameranno l'applicazione dei principi di cautela e le prescrizioni del Decreto VIA 134/2016 e della Conferenza di Servizi, il cui rispetto dovrà essere sempre garantito nel corso dei lavori.

Nella progettazione dei campi base l'Appaltatore deve fare riferimento alle Note Interregionali e relativi documenti attuativi emanati dalle Regioni Toscana ed Emilia Romagna. Standard di sicurezza da adottare nella realizzazione dei campi base per la costruzione di grandi opere pubbliche quali la linea ferroviaria ad alta velocità e la variante autostradale di valico 20 Agosto 2001+, aggiornate al marzo 2008 (Osservatorio Sicurezza Grandi Opere), tenendo conto delle ulteriori prescrizioni:

- le caratteristiche del campo base devono essere tali da contenere il livello di rumore all'interno dei locali di lavoro sotto 45 dBA e l'area deve essere tale da garantire il ricovero in camere singole qualora i lavori siano eseguiti anche con turni notturni. Deve essere quindi fatta una accurata analisi sulle fonti di rumore provenienti dall'ambiente esterno e da eventuali attività lavorative adiacenti;
- nel suo Piano Operativo della Sicurezza l'Appaltatore dovrà indicare, relativamente al rischio silice ed al rischio radon, le misure di contenimento che intende adottare e le opportune prescrizioni (art. 12 punto m D.Lgs 494/96);
- le costruzioni prefabbricate dovranno essere di tipologia accuratamente studiata per il loro razionale inserimento nel territorio e per limitare al massimo l'impatto ambientale. L'allestimento delle aree di cantiere resta, comunque, soggetto alle disposizioni che verranno impartite da Enti Locali ed Amministrazioni competenti.

Per tutti i cantieri (fissi e mobili) l'Appaltatore è tenuto ad individuare preventivamente le idonee soluzioni atte a minimizzare l'impatto associato alle varie attività, con l'obbligo contrattuale di garantire un livello di tutela ambientale, in ogni caso, non inferiore a quello della progettazione esecutiva e tale da garantire la piena compatibilità ambientale delle proprie scelte organizzative.

L'Appaltatore, inoltre, dovrà gestire le eventuali situazioni di criticità che dovessero manifestarsi in corso d'opera, nel pieno rispetto della legge.

In particolare l'Appaltatore dovrà:

- organizzare sempre le lavorazioni individuando le opportune cautele rispetto a tutte le matrici ambientali, per evitare qualsiasi pregiudizio all'ambiente. In particolare dovrà prestare particolare attenzione in corrispondenza dei siti dove si concentrano le lavorazioni che possono produrre effetti inquinanti, gestendo con la massima cura le varie lavorazioni che comportano per loro natura i maggiori impatti (movimentazioni di materiali, scavi, perforazioni, getti di miscele cementizie, formazione puntuale e provvisoria di depositi)
- predisporre, prima dell'inizio delle attività di cantiere, idonee procedure per la gestione delle emergenze che potrebbero aversi durante l'esecuzione dei lavori.

L'Appaltatore dovrà, prima di installare le attrezzature e gli impianti per i campi, cantieri o depositi temporanei, ottenere tutte le necessarie autorizzazioni rilasciate dalle Competenti Autorità Locali in conformità con la normativa vigente.

L'Appaltatore è tenuto sotto la propria ed esclusiva responsabilità al rispetto di tutte le prescrizioni contenute negli atti autorizzativi e a curare il rinnovo degli stessi nel corso dei lavori.

L'Appaltatore dovrà provvedere ad eseguire, a sua cura e spese, previo accordo con le Competenti Autorità Locali e gli Enti Gestori, in conformità alle norme vigenti, tutti gli allacciamenti e recapiti (energia elettrica, telefono, gas, acqua, scarichi, ecc.)

L'Appaltatore, è tenuto a realizzare, prima dell'inizio di qualsiasi attività nelle aree di cantiere fisse o mobili, le opere funzionali alla cantierizzazione.

Prima di avviare le attività di ciascun cantiere fisso e mobile (anche per i lavori di adeguamento di viabilità esistenti o di piste di accesso) dovranno essere realizzate le opere di regimazione delle acque superficiali nell'ambito del cantiere stesso (fossi di guardia, canalette, pozzetti o vasche di sedimentazione) e le sistemazioni ambientali, atte ad escludere la formazione di fenomeni erosivi e dissesti ed evitare l'incremento del trasporto solido ed eventuali diffusioni di inquinanti.

L'Appaltatore, nel corso dei lavori, è tenuto alla corretta manutenzione e gestione di tutti gli impianti, dotazioni, apprestamenti, etc.. necessari per la corretta gestione ambientale dei cantieri. In particolare dovrà assicurare a propria cura e spese la corretta gestione e il corretto funzionamento di tutti gli impianti per lo smaltimento controllato degli inquinanti, garantendo la capacità e l'efficacia del trattamento e dello smaltimento nel tempo. Ove inosservanza di tale disposizione fosse causa di fenomeni di inquinamento, accidentale o continuativo, la relativa responsabilità civile e penale sarà a carico dell'Appaltatore.

### 1.1.1 Disposizioni relative alla documentazione dei cantieri

È onere dell'Appaltatore:

- emettere ufficialmente, a firma del Direttore di commessa, tutta la documentazione relativa alla cantierizzazione e quella richiesta dalla Committenza/Direzione Lavori/Enti competenti a chiarimento /integrazione/aggiornamento della suddetta documentazione;
- produrre la documentazione debitamente firmata a cura del Direttore di Commessa necessaria ai fini dell'acquisizione e gestione delle autorizzazioni e per ogni altro tipo di adempimento ai fini di legge, curando la coerenza con la documentazione tecnica richiesta nel capitolato ambientale

Gli studi specialistici richiesti dovranno essere redatti da tecnici competenti, in particolare, le valutazioni di impatto acustico dovranno essere redatte da un tecnico competente in acustica ai sensi della L.447/95 e approvate dal Direttore di commessa. La mancanza dei requisiti formali ivi richiesti è motivo di rigetto della documentazione a prescindere dai contenuti tecnici.

L'Appaltatore dovrà sempre assicurare la rispondenza, riscontrabile sul campo, tra la documentazione progettuale dei cantieri consegnata alla Direzione Lavori e l'effettiva organizzazione degli stessi, avendo cura di fornire alla Direzione Lavori i necessari aggiornamenti. Tali aggiornamenti andranno comunicati con congruo anticipo ad definirsi con la DL e comunque con un anticipo di non meno di 15 gg rispetto all'attuazione delle variazioni che eventualmente si renderanno necessarie in corso d'opera, rimanendo in ogni caso responsabile

della tempestiva comunicazione dei suddetti aggiornamenti agli Enti preposti al rilascio delle autorizzazioni e alla vigilanza e controllo.

In particolare l'Appaltatore dovrà consegnare la seguente documentazione:

**1. Piano di gestione dei rifiuti**

L'Appaltatore è tenuto a presentare un Piano di gestione dei rifiuti conforme al documento di Progetto Esecutivo AMB0020 e a quanto richiesto al capitolo 3.5.

**2. Documentazione tecnica per singolo cantiere fisso:**

- Relazione tecnica descrittiva, dove vengono illustrati anche gli aspetti idraulici e gli aspetti legati alla gestione delle terre e rifiuti;
- Planimetrie di insieme del cantiere e layout di dettaglio del cantiere.
- Planimetria del ciclo delle acque di cantiere.
- Analisi di impatto acustico, nel rispetto dei contenuti del paragrafo 3.1 del presente capitolato, cui si rimanda, e delle specifiche di cui all'allegato 1 . Linee Guida per la valutazione di impatto acustico.
- Studi dell'impatto atmosferico comprendenti stime della produzione e della propagazione delle polveri, redatto in conformità alle Linee guida ARPAT di cui alla D.G.P. di Firenze n. 213/2009.

**2. Documentazione tecnica per i cantieri mobili:**

- le analisi di impatto acustico per la specifica lavorazione, come dettagliato nel paragrafo 2;

**3. Documentazione per la gestione delle terre e rocce da scavo (cfr. capitolo 8)**

**1.2 DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE ALLA VIABILITÀ DI SERVIZIO**

Per ridurre al minimo i disagi che si possono creare per effetto del passaggio di tali mezzi, in uscita dai campi e dai siti di lavorazione dovranno essere messi in sicurezza i percorsi sporchi+ e installate apposite vasche di lavaggio dei pneumatici. È obbligo dell'Appaltatore tenere pulite le strade di servizio attraverso il lavaggio e l'abbattimento delle polveri.

La viabilità di servizio dovrà essere mantenuta perfettamente funzionale con particolare riferimento allo stato della pavimentazione, che in caso di ammaloramento dovrà essere immediatamente ripristinato, per garantire l'assenza di buche e avvallamenti.

L'Appaltatore è tenuto ad utilizzare esclusivamente la rete della viabilità di servizio e i tratti di viabilità ordinaria indicati in progetto, fatto salvo il rilascio da parte degli Enti competenti delle necessarie autorizzazioni per l'utilizzo di una diversa viabilità locale, da ottenere a cura e spese dell'Appaltatore.

Le piste dovranno essere provviste di idonei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque e ove necessario dovranno essere realizzati apprestamenti che, interrompendo e deviando periodicamente il flusso dell'acqua di ruscellamento, ne riducano la velocità e di conseguenza la capacità erosiva, limitando così il trasporto solido lungo la pista.

**Materiale per la realizzazione delle viabilità di servizio**

Le piste di cantiere a servizio del fronte di avanzamento devono essere trattate con materiale avente una percentuale di limo inferiore al 4% (silt).

Il valore del silt del materiale utilizzato deve essere fornito alla DL e all'Ente di controllo individuato, previo campionamento e determinazione condotte secondo l'Appendice C.1 " Procedures For Sampling Surface/Bulk Dust Loading " e l'Appendice C.2 " Procedures For Laboratory Analysis Of Surface/Bulk Dust Loading Samples " al documento US-EPA " AP 42, Fifth Edition - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources ".

**Identificazione dei mezzi**

Tutti i mezzi di cantiere che percorreranno le viabilità, comunali, di servizio, etc.. necessarie per lo svolgimento dei lavori dovranno essere dotati di un adesivo identificativo, leggibile a distanza e che riporti l'identificazione dei lavori oggetto dell'appalto ed il nominativo della Ditta di appartenenza.

**Ripristini**

A termine dei lavori, nella fase di smobilitazione l'appaltatore dovrà rimuovere completamente qualsiasi opera, terreno, pavimentazione o relitto stradale, adoperata per la realizzazione della viabilità di servizio da dismettere a fine lavori, inviando, quando il caso, il materiale proveniente dalla demolizione al conferimento in discariche autorizzate, al fine di realizzare il ripristino eventualmente previsto negli elaborati e nella documentazione di appalto.

## 2 DISPOSIZIONI RELATIVE AL CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI ACUSTICI E VIBRAZIONALI

### 2.1 CRITERI GENERALI PER IL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE

Al fine di minimizzare problemi di disturbo sui ricettori posti nelle vicinanze delle aree di cantiere, l'Appaltatore è tenuto a rispettare tutte le prescrizioni e raccomandazioni contenute nel presente Capitolato e a realizzare tutti gli interventi di mitigazione (attivi, passivi, gestionali, etc..) previsti nel progetto esecutivo e quelli prescritti nel Decreto VIA (D.M. n°134/2016).

Gli eventuali, ulteriori, interventi di mitigazione che si renderanno necessari a seguito della redazione delle Valutazioni di Impatto Acustico . come specificato al successivo paragrafo 2.3 . sulla base della reale organizzazione dei cantieri e dei lavori ovvero in relazione a qualsiasi contingenza che si dovesse verificare in corso d'opera, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Appaltatore e sono da intendersi integrativi ma non sostitutivi degli interventi previsti nel progetto esecutivo.

L'Appaltatore è tenuto a rispettare scrupolosamente le seguenti prescrizioni generali relative all'organizzazione delle aree di cantiere:

- localizzare gli impianti fissi più rumorosi (impianti di betonaggio/bitumaggio/misti cementati, officine meccaniche, elettrocompressori, ecc.) alla massima distanza dai ricettori esterni;
- localizzare le aree di stoccaggio provvisorio dei materiali sciolti e gli impianti più rumorosi in posizione meno sensibile rispetto ai ricettori presenti nell'area di interazione;
- orientare gli impianti che hanno un'emissione direzionale in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con un ricettore esterno, il livello minimo di pressione sonora;
- dotare gli impianti di betonaggio di tunnel afonici nell'area di carico delle betoniere e utilizzare elettrocompressori e gruppi elettrogeni insonorizzati tramite apposite strutture di confinamento fonoassorbenti;
- utilizzare, nei cantieri di imbocco, se presenti, impianti di ventilazione silenziati soggetti a manutenzione costante;

L'Appaltatore è tenuto ad impiegare macchine e attrezzature che rispettino i limiti di emissione sonora previsti, per la messa in commercio, dalla normativa regionale, nazionale e comunitaria vigente entro i tre anni antecedenti la data di esecuzione dei lavori.

In particolare si dovrà tenere conto delle seguenti norme:

- Normativa nazionale in vigore in tema di inquinamento acustico (DPCM 1.3.1991, Legge Nazionale n. 447/95, DPCM 14.11.1997, DMA 16.3.1998, DPR n. 142/04);
- Normativa regionale in vigore in tema di inquinamento acustico (Legge Regionale 89/98; DGR n. 857/2013; D.P.G.R. n. 2/R del 08/01/2014; D.P.G.R. n. 38/R del 07/07/2014);
- Piani di classificazione acustica dei Comuni interessati.

Normativa nazionale per le macchine da cantiere in vigore:

- Decreto Legislativo n. 262/02 Attuazione della Direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, integrato con DM 24/07/2006.

L'appaltatore è tenuto a presentare, a richiesta della Direzione Lavori, la documentazione attestante il rispetto dei requisiti di emissione sonora su specificati. Qualora venga accertata la presenza di macchine non idonee ne verrà richiesto l'allontanamento dal cantiere.

Per quanto concerne le modalità operative l'appaltatore è tenuto a seguire le seguenti prescrizioni/raccomandazioni:

- installazione di silenziatori sugli scarichi in particolare sulle macchine di una certa potenza;
- utilizzo di impianti fissi schermati;
- evitare l'impiego di condotte di ventilazione flessibili all'esterno della galleria (se previste);
- utilizzo di macchine, attrezzature, impianti silenziati e conformi alle normative;
- mantenere in perfetto stato le pavimentazioni stradali di cantiere al fine di evitare il sobbalzo dei cassoni, dei carichi e delle sponde;
- prevedere quando possibile dei sistemi di movimentazione e carico dei materiali sciolti a basso impatto (nastri trasportatori, rulliere, ecc.);
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati
- minimizzare l'inserimento degli avvisatori acustici di retromarcia con preventiva programmazione dei percorsi all'interno delle aree di cantiere e/o utilizzare segnali sonori ad ampio spettro;
- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (non tenere i motori o le attrezzature accese quando non ce n'è bisogno; non sbattere ma posare; non far cadere i materiali dall'alto; evitare percorsi o manovre inutili; ecc.).
- prevedere l'approvvigionamento del calcestruzzo da betoniere di recente fabbricazione;
- privilegiare l'impiego di macchinari da scavo a rotazione anziché a percussione;
- regolamentazione dei transiti dei mezzi pesanti, imponendo la riduzione delle velocità di transito in corrispondenza dei centri abitati ed evitando il transito dei mezzi nelle prime ore della mattina e nel periodo notturno;
- i percorsi destinati ai mezzi, in ingresso e in uscita dal cantiere, siano rigorosamente individuati e delimitati in maniera da minimizzare l'esposizione al rumore dei ricettori.
- privilegiare l'utilizzo di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate, con potenza minima appropriata al tipo di intervento.
- preferenza per le lavorazioni nel periodo diurno. In ogni caso dovrà essere programmato un avviamento graduale delle attività all'inizio del turno lavorativo mattutino;
- uso di barriere acustiche mobili da posizionare di volta in volta in prossimità delle lavorazioni più rumorose e a protezione dei cantieri mobili, tenendo presente che, in linea generale, la barriera acustica sarà tanto più efficace quanto più vicino si troverà alla sorgente sonora.
- programmazione delle operazioni più rumorose nei momenti in cui sono più tollerabili evitando, per esempio, le ore di maggiore quiete o destinate al riposo;
- effettuazione delle operazioni di carico dei materiali inerti in zone dedicate sfruttando anche tecniche di convogliamento e di stoccaggio di tali materiali diverse dalle macchine di movimento terra, quali nastri trasportatori, tramogge, ecc;
- per il caricamento e la movimentazione del materiale inerte, preferenza dell'uso di pale caricatori piuttosto che escavatori in quanto quest'ultimo, per le sue caratteristiche d'uso, durante l'attività lavorativa viene posizionato sopra al cumulo di inerti da movimentare, facilitando così la propagazione del rumore, mentre la pala caricatrice svolge la propria attività, generalmente, dalla base del cumulo in modo tale che quest'ultimo svolge un'azione mitigatrice sul rumore emesso dalla macchina stessa;
- rispetto della manutenzione e del corretto funzionamento di ogni attrezzatura garantendo:
  - *eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;*
  - *sostituzione dei pezzi usurati soggetti giochi meccanici;*
  - *controllo e serraggio delle giunzioni;*
  - *bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;*
  - *verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;*

- *svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.*
- nella progettazione dell'utilizzo delle varie aree del cantiere venga privilegiato il deposito temporaneo degli inerti in cumuli da interporre fra le aree dove avvengono lavorazioni rumorose ed i ricettori;
- la movimentazione di cantiere di materiali in entrata ed uscita deve essere ottimizzata, con obiettivo di minimizzare l'impiego di viabilità pubblica.

L'impresa dovrà contenere il rumore sui ricettori entro i valori previsti nello studio acustico della fase di cantiere del progetto esecutivo o dello Studio di Impatto Ambientale.

In ogni caso dovranno essere rispettati i limiti definiti dai Piani di classificazione acustica dei comuni interessati dall'intervento. Sarà cura e responsabilità dell'impresa la eventuale richiesta di deroga a tali limiti.

## 2.2 INDICAZIONI PER SPECIFICHE SORGENTI

In riferimento alle prescrizioni contenute nel Decreto VIA n. 134 del 20/05/2016, si prevedono le seguenti indicazioni per alcune tipologie di macchinari:

- frantumatori  
*Il collaudo acustico degli impianti, salvo diverse prescrizioni ARPAT, verrà effettuato con metodica R6 (le cui specifiche sono riportate nel Piano di Monitoraggio Ambientale) e dovrà consentire di verificare il rispetto dei seguenti limiti:*

- *Impianti di frantumazione: potenza sonora non superiore a **110 dBA***

*Nel caso si evidenzino superamenti dei valori di potenza sonora sopra riportati, si cercherà di regolare opportunamente il funzionamento degli impianti al fine di ridurre, ove possibile tali valori.*

*Qualora le particolari esigenze tecniche legate al tipo di lavorazione, non permettano l'utilizzo di macchinari con le caratteristiche acustiche suddette, ne verrà data opportuna evidenza e dettaglio, con documentazione da conservare in cantiere, che giustifichi tale scelta.*

*Al fine di verificare il livello di impatto dell'intero cantiere sui ricettori, in conformità con la valutazione di impatto acustico prodotta dall'Appaltatore, verrà realizzato a cura del Monitoraggio Ambientale il collaudo acustico delle aree di cantiere con metodica R5, le cui specifiche e modalità di esecuzione sono riportate nel Piano di Monitoraggio Ambientale.*

## 2.3 PIANO DI GESTIONE DEGLI IMPATTI ACUSTICI

L'Appaltatore dovrà produrre e consegnare alla Direzione Lavori le **Valutazioni di impatto acustico+** per la cui redazione si riferirà alle indicazioni della normativa regionale, rispettando altresì le specifiche di redazione allegate al presente capitolato (allegato 1).

Le Valutazioni di impatto acustico dovranno essere redatte e firmate da un tecnico abilitato in acustica ai sensi della L.447/95 e approvate dalla Direttore di commessa. Esse, dovranno essere obbligatoriamente presentate per:

- tutti i cantieri fissi;
- tutti i cantieri mobili;

È onere dell'appaltatore, inoltre, trasmettere alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività, le ulteriori valutazioni di impatto acustico che si rendessero necessarie per la dimostrazione del rispetto dei limiti di legge, in relazione a contingenze operative e, in generale, a situazioni non prevedibili al momento della redazione del progetto di cantierizzazione.

Il documento di analisi di impatto acustico deve essere considerato da parte dell'Appaltatore di riferimento per la:

- scelte di macchine, attrezzature, impianti
- programmazione temporale delle attività
- progettazione del layout di cantiere (nel caso in cui effettuati, in un qualsiasi momento nel corso dei lavori, modifiche alla progettazione esecutiva dei cantieri)
- progettazione degli opportuni interventi di mitigazione per la minimizzazione dell'impatto acustico.

La dimostrazione di aver effettuato tutte le scelte tecnicamente ed economicamente possibili per la minimizzazione dell'impatto acustico è condizione vincolante per il rispetto dei requisiti contrattuali di idoneità ambientale dei cantieri.

L'appaltatore è tenuto a fornire, puntualmente e a propria cura e spese, tutti i chiarimenti e le integrazioni alle Valutazioni di impatto acustico che saranno richieste dalla Direzione Lavori e dagli Enti competenti, ai fini della sua approvazione.

Le attività rumorose all'interno delle aree di cantiere potranno essere avviate solo dopo aver acquisito parere favorevole degli Enti Competenti sulla base delle valutazioni di impatto acustico prodotte dall'Appaltatore, e previa comunicazione alla Direzione Lavori.

Qualora, per le lavorazioni acusticamente più impattanti, sia ritenuto opportuno e/o necessario richiedere l'autorizzazione in deroga ai limiti acustici, l'Appaltatore non dovrà iniziare tali lavorazioni fino a che il Comune non avrà rilasciato tale autorizzazione. Nel caso di concessione di deroga ai limiti acustici, l'Appaltatore è tenuto al rigoroso e puntuale rispetto delle prescrizioni che verranno emanate dagli Enti Competenti.

Nella richiesta di deroga l'appaltatore farà riferimento ai contenuti degli studi acustici progettuali evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, specificando l'entità e la durata delle deroghe richieste.

La Analisi di impatto acustico sarà considerata valida nel corso dei lavori, se e solo se, conforme alla reale organizzazione del cantiere e dei lavori. Ad ogni modifica delle attività previste nelle aree oggetto di Analisi di impatto acustico, che comporti un incremento delle previsioni di impatto acustico, dovrà essere quindi presentata una revisione aggiornata della stessa avendo cura di effettuare le necessarie comunicazioni agli Enti competenti.

## 2.4 VIBRAZIONI

In linea generale, l'impatto da vibrazioni sui ricettori presenti nell'area di cantiere, è dato da particolari categorie di lavorazioni quali ad esempio lo scavo di gallerie naturali, ovvero dall'utilizzo di mezzi di lavoro e attrezzature di superficie quali rulli vibranti, vibro compattatori, martelli pneumatici, ecc.. potendo generare sia problemi di disturbo alla popolazione sia problemi di danni agli edifici.

L'Appaltatore è tenuto tenere in debita considerazione i potenziali impatti derivanti dalle lavorazioni più significative punto di vista vibrazionale, quali, a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

- lo scavo di gallerie (se presenti)
- la realizzazioni pali, micropali e paratie
- la compattazione con rulli vibranti
- le demolizioni

Sulla base delle specifiche scelte organizzative, l'Appaltatore dovrà procedere ad una valutazione dell'impatto vibrazionale in modo da individuare i ricettori potenzialmente impattati e individuare così eventuali azioni di mitigazione, come ad esempio specifiche campagne informative ai ricettori, la pianificazione delle lavorazioni in modo da minimizzare il disagio dei ricettori e il controllo tramite specifiche campagne di misura che i livelli di vibrazione indotte dalle lavorazioni risultino sempre inferiori alle soglie di danno per gli edifici.

Nell'ambito della documentazione generale della cantierizzazione ed entro 60 giorni dalla consegna dei lavori, l'Appaltatore dovrà presentare le perizie giurate dei manufatti (edifici, strade, muri a secco, tralicci, pali di illuminazione, etc..) in duplice copia (una copia dovrà essere depositata in prefettura e l'altra fornita alla Committente e alla Direzione Lavori), attestante l'effettivo stato ante operam.

L'individuazione dei manufatti avverrà, a cura dell'appaltatore e sulla base di possibili impatti sulle strutture dovute alle lavorazioni e tenendo conto degli edifici potenzialmente impattati individuati nello Studio di Impatto Ambientale e che, per quanto concerne le gallerie, la fascia per la definizione dei ricettori deve essere di **almeno** 100 m dalle casse delle future gallerie naturali, mentre per quanto riguarda le opere geotecniche si considererà una fascia di **almeno** 100 m a monte della paratia. Per quanto concerne le lavorazioni impattanti all'aperto, la perizia giurata andrà realizzata per gli edifici situati ad una distanza di **almeno** 60 m dalla recinzione autostradale.

La programmazione delle valutazioni di impatto vibrazionale e la consegna delle perizie giurate, non esime l'Appaltatore dall'effettuare, nel corso dei lavori e almeno 30 giorni prima della specifica attività, censimenti aggiornati dei ricettori impattati e a realizzare la Valutazione di impatto vibrazionale e/o la perizia giurata per l'attestazione dello stato ante operam, laddove contingenze operative e, in generale, situazioni ad oggi non prevedibili (come ad esempio variazioni dello stato d'uso dei luoghi e delle strutture), ne rendano necessaria la preventiva realizzazione.

In caso di attività particolarmente impattanti dal punto di vista delle vibrazioni prodotte dovranno essere predisposte e attuate anche specifiche campagne informative. L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori il proprio piano di informazione 60 giorni prima dalla data di inizio dello scavo della galleria, o della specifica attività, secondo la relativa WBS del programma esecutivo dei lavori.

Nel caso in cui durante i lavori si presentassero problematiche connesse alle vibrazioni originate dai lavori (fessurazioni, deformazioni) dovranno essere eseguiti gli opportuni approfondimenti nonché interventi necessari basati sulla verifica dello stato di consistenza post intervento.

### 3 DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA TUTELA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERANEE

#### 3.1 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

L'Appaltatore è tenuto ad ottenere a propria cura e spese tutte le necessarie concessioni/autorizzazioni relative all'approvvigionamento idrico, rispettando le prescrizioni contenute nei relativi atti sotto la propria esclusiva responsabilità;

In particolare per quanto riguarda i **cantieri fissi**, dovrà essere presentato - nella sezione aspetti idraulici+ della relazione tecnica descrittiva di cui al paragrafo 1.1.1 - un dettagliato bilancio idrico, che dovrà contenere, sia le fonti di approvvigionamento sia i fabbisogni delle seguenti attività, ove presenti:

- Acque sanitarie . bagni e servizi dei cantieri, fabbisogni idropotabili dei campi base (servizi, uffici, dormitori..);
- Acque industriali . produzione di calcestruzzo;
- Acque industriali . bagnatura e pulizia di piazzali, viabilità di servizio e piste cantiere, aree di lavoro;
- Acque industriali . lavaggio gomme;
- Acque industriali . avanzamento cantiere;
- Acque industriali . lavaggio canale betoniere;

A tal fine l'Appaltatore dovrà dimostrare di aver previsto adeguati impianti e/o modalità di recupero delle acque reflue di lavorazione, sia nel rispetto del progetto esecutivo sia ad integrazione di quanto già previsto.

In relazione alla eventuale realizzazione di pozzi e depositi di accumulo per l'acqua piovana ed al pompaggio da un corso d'acqua, l'Appaltatore è tenuto a fornire all'Amministrazione locale competente la precisa indicazione delle caratteristiche di realizzazione, funzionamento ed ubicazione delle fonti di approvvigionamento idrico di cui l'impresa stessa intende avvalersi durante la esecuzione dei lavori.

L'utilizzo delle acque delle gallerie può avvenire solo dietro presentazione di domanda di concessione, da inoltrare alla Regione Toscana e/o altri enti competenti.

In caso di approvvigionamento idrico da pozzi, dovranno comunque essere acquisite le seguenti autorizzazioni e documentazioni:

- Autorizzazione della Regione per la ricerca di acque sotterranee;
- Comunicazione alla Regione di scoperta di acqua
- Richiesta di concessione ai sensi di R.D. 1775/33 e D.Lgs n.132 del 27/01/1992;
- Denuncia dei pozzi alla Regione ai sensi del D.Lgs n.274 del 1993
- Autorizzazione della Regione all'impungimento ai sensi dei R.D. n.1285 del 1920 e R.D. 1775/33.

In caso di approvvigionamento idrico da fonti diverse dal pubblico acquedotto, l'Appaltatore è tenuto ad installare uno strumento di misura del volume d'acqua prelevato.

Qualora, successivamente alla fase di ricerca di acque sotterranee vi fossero cambiamenti sostanziali nel Piano di sfruttamento per la cantierizzazione è necessario richiedere l'espressione dell'Autorizzazione dell'Autorità di Bacino.

Nel caso durante i lavori autostradali o a fine lavori si debba procedere con la dismissione di un pozzo, questo dovrà essere chiuso secondo le procedure degli Enti territoriali competenti, in modo da escludere che l'opera costituisca una via preferenziale di inquinamento della falda da parte di apporti superficiali.

Dal punto di vista tecnico amministrativo, l'Appaltatore potrà fare riferimento ai regolamenti regionali n. 11/R del 24.03.2009, n. 50/R, n. 51/R del 21.04.2015 e n. 61/R del 16.08.2016.

### 3.2 TUTELA DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO

Per l'intera durata dei lavori dovranno essere adottate a propria cura, spese e sotto la diretta e completa responsabilità dell'Appaltatore tutte le precauzioni e gli interventi necessari ad assicurare la tutela dall'inquinamento dei reflui originati, direttamente e indirettamente, dalle attività di cantiere, delle acque superficiali e sotterranee e del suolo, nel rispetto delle vigenti normative comunitarie, nazionali e regionali, nonché delle disposizioni che potranno essere impartite dalle Autorità competenti in materia di tutela ambientale.

Fermo restando il riconoscimento dei costi, fissi ed immutabili, degli interventi per la tutela delle acque (impermeabilizzazione, raccolta, impianti di depurazione, etc..) previsti nella progettazione esecutiva l'Appaltatore dovrà provvedere a propria cura e spese alla manutenzione e gestione di tutti i suddetti sistemi, compresi gli impianti di trattamento e di tutti i loro accessori.

Tutti gli ulteriori costi derivanti dalla realizzazione, manutenzione e gestione di qualsiasi tipo di intervento integrativo, necessario per la tutela dalle acque dall'inquinamento e non previsto dalla progettazione esecutiva, anche in relazione ai possibili eventi e situazioni operative che verranno ad aversi durante tutto il corso dei lavori, sono da considerarsi un onere esclusivo dell'Appaltatore.

#### Scarichi

Le attività che comportano la produzione di acque reflue all'interno dei cantieri sono le seguenti:

**acque di lavorazione:** relative all'ampliamento delle opere d'arte esistenti ed in modo particolare delle opere provvisorie come pali o micropali. Tutti questi fluidi risultano gravati da diversi agenti inquinanti di tipo fisico quali sostanze inerti finissime (filler di perforazione, fanghi, etc.) o chimico (cementi, idrocarburi e olii provenienti dai macchinari, schiumogeni, etc.) dovranno pertanto essere trattati con impianti di decantazione o quant'altro necessario per il rispetto della normativa nazionale e regionale vigente.

**acque di drenaggio** prodotte da attività di avanzamento degli scavi delle gallerie

**acque di piazzale** comprese le aree stoccaggio dello smarino, le aree di frantumazione e quelle di caratterizzazione, relativo alla prima pioggia: i piazzali del cantiere e le aree di sosta delle macchine operatrici dovranno essere dotati di una regimazione idraulica che consenta la raccolta delle acque di qualsiasi origine (piovane o provenienti da processi produttivi) per convogliarle nell'unità di trattamento generale previo trattamento di disoleatura o a qualsiasi altro trattamento necessario per il rispetto della normativa nazionale e regionale vigente. Devono essere individuati, all'interno delle aree di cantiere, così come fatto nel progetto di appalto, dei percorsi sporchi, cioè quelle aree utilizzate dai mezzi di smarino della galleria. Per tali aree occorrerà prevedere il trattamento dell'acqua di prima pioggia secondo quanto previsto dalla normativa regionale (Ai sensi della normativa regionale L.R. 20/06 e del Regolamento di attuazione 76/R del 17/12/2012, così come modificato con DPGR n. 10/R del 21/01/2015) e dovrà essere prodotto il Piano di Prevenzione e Gestione delle AMD (Acque Meteoriche di Dilavamento) ai sensi del titolo V del regolamento regionale di attuazione della L. R. 20/06.

**acque di officina:** che provengono dal lavaggio dei mezzi meccanici o dei piazzali dell'officina e sono ricche di idrocarburi e olii, oltre che di sedimenti terrigeni, dovranno essere sottoposti ad un ciclo di disoleazione prima di essere immessi nell'impianto di trattamento generale. I residui del processo di disoleazione dovranno essere smaltiti come rifiuti speciali in discarica autorizzata.

**acque di lavaggio betoniere e acque di supero dei cls:** che contengono una forte componente di materiale solido, che dovrà essere separato dal fluido mediante una vasca di sedimentazione, prima della loro immissione nell'impianto di trattamento generale. La componente solida ha una granulometria che non ne consente il trattamento nei normali impianti di disidratazione (nastropresse o filtropresse): dovrà quindi essere previsto il convogliamento dei residui ad un letto di essiccamento e prevista una destinazione finale ai sensi della normativa nazionale e regionale vigente.

**acque di lavaggio gomme dei mezzi**

**acque da scarichi civili** provenienti da cantieri (bagni, servizi...) e campi base (bagni, spogliatoi, cucine )

**acque nere:** dovranno essere presenti, nei cantieri collocati non vicino ai campi, un congruo numero di servizi igienici e potranno essere utilizzate, per lo smaltimento delle acque nere, fosse Imhoff in aggiunta ad una subirrigazione (anche fitoassistita) e drenaggio (D.L. 152/06, L.R.T. 5/86 e D.C.I.M. 4/2/77, L.R. 64/2001) o quanto altro stabilito dall'Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione allo scarico.

In particolare le acque reflue dei cantieri principali, dei campi base, dei cantieri di deposito e delle aree di lavorazione, le acque meteoriche di dilavamento dei cantieri, dei piazzali, delle aree di caratterizzazione e le acque provenienti dagli scavi in galleria, andranno sottoposte a processi di chiarificazione e depurazione che consentano la loro restituzione in conformità al Decreto Legislativo 152/06, alla Legge Regionale 20/06 e al relativo Regolamento di attuazione n. 46/R del 8/9/2008 modificato dal Regolamento Regionale n. 76/r del 17.12.2012. In ogni caso, qualsiasi scarico o sversamento dovrà essere autorizzato dall'Autorità competente in materia.

La scelta della tipologia degli impianti di trattamento dovrà essere valutata secondo quanto indicato nell'allegato 2 della L.R. 28/R e nel successivo allegato 3 del regolamento di attuazione n. 76/R del 2012.

Per gli scarichi di impianti di depurazione di acque reflue domestiche ed assimilate, non recapitanti in pubblica fognatura, è necessario attestare la conformità del trattamento depurativo adottato ai requisiti dell'allegato 5 alla parte terza del D.Lgs 152/06 ed al titolo III del D.P.G.R. 46/r/08 così come modificato dal D.P.G.R. 76/r/2012 in materia di trattamenti appropriati.

Per ogni impianto di trattamento l'Appaltatore dovrà descrivere nella relazione per singolo cantiere il piano di monitoraggio e autocontrollo per il funzionamento degli impianti di depurazione dei reflui civili (campo base), industriali e di prima pioggia. I contenuti nel Piano di Manutenzione e Gestione degli impianti (PMG) dovranno essere rispondenti alle prescrizioni degli Enti di Competenti contenute negli atti di autorizzazione allo scarico e dovranno soddisfare i requisiti del D.Lgs 152/06, della L.R. 20/06 e del relativo Regolamento di attuazione (46/r/2008 e 76/r/2012). Il PMG dovrà essere trasmesso alla Provincia di Firenze; l'Appaltatore è responsabile della corretta gestione del suddetto piano, i cui dati dovranno essere inviati periodicamente agli Enti Competenti.

Nel caso di malfunzionamento o rottura degli impianti di depurazione lo scarico nel corpo idrico ricettore dovrà essere interrotto fino al ripristino del corretto funzionamento dell'impianto.

L'unità di trattamento generale di acque e fanghi dovrà essere adeguatamente dimensionata per le portate previste in entrata, consentendo l'assorbimento di eventuali picchi di adduzione e dovrà garantire:

- lo scarico delle acque sottoposte al trattamento secondo i requisiti richiesti dal Decreto Legislativo 152/06;
- la disidratazione dei fanghi dovuti ai sedimenti terrigeni che saranno classificati rifiuti+e, quindi, indirizzati verso una destinazione finale in linea con la loro classificazione;
- la separazione degli oli ed idrocarburi eventualmente presenti nelle acque che saranno classificati rifiuti speciali+e, quindi, smaltiti a discarica autorizzata

L'Appaltatore dovrà realizzare, preliminarmente alle operazioni di scavo, l'impianto di trattamento delle acque derivanti dalle lavorazioni in galleria, predisponendo trattamenti specifici, quali trattamento del pH, abbattimento dei solidi sospesi e disoleatura, per consentire un adeguato trattamento nel rispetto della normativa vigente in relazione alle attività effettivamente svolte nei cantieri.

Per quanto concerne gli eventuali tratti di piste/viabilità realizzati in sterrato è onere dell'appaltatore la realizzazione degli opportuni interventi per la tutela dell'ambiente (es. pozzetti di sedimentazione/disoleazione) tra il fosso di guardia della suddetta viabilità e il reticolo di restituzione.

A valle dei vari impianti (acque reflue civili, acque meteoriche di prima pioggia, acque industriali) dovranno essere installati dei pozzetti per il prelievo campioni.

### Regimazione delle acque

Ai sensi della normativa regionale L.R. 20/06 e del Regolamento di attuazione 76/R del 17/12/2012, così come modificato con DPGR n. 10/R del 21/01/2015, dovrà essere presentato all'Ente Competente un piano di gestione delle acque meteoriche per i cantieri di cui all'allegato 5, tabella 6 punto 1 del Regolamento di attuazione; in tale piano, qualora non già fatto in precedenza dal Proponente, dovranno essere individuate le aree operative o cantieri mobili ai sensi dell'art. 40 ter comma 5, ovvero le aree escluse dalle attività di cantiere di cui all'allegato 5 tab 6 punto 1, e quindi per le quali non si deve provvedere alla raccolta e convogliamento delle acque meteoriche dilavanti, con separazione delle acque di prima pioggia e loro trattamento. In tutte le aree del cantiere, ivi comprese quelle escluse ai sensi dei commi 4 e 5 dell'art 40 ter del Regolamento, l'avanzamento dei lavori deve essere condotto, compatibilmente con lo stato dei luoghi, in modo da limitare l'ingresso delle acque meteoriche dilavanti dalle aree esterne al cantiere stesso.

Ai fini della salvaguardia della qualità delle acque in qualunque modo interferenti con le attività di cantiere, l'Appaltatore dovrà realizzare, preliminarmente all'inizio di qualsiasi attività, tutte le opere necessarie per la completa regimazione e trattamento (canalette, vasche di raccolta, impianti di depurazione, etc..) delle acque reflue, di dilavamento o lavorazione o derivanti da possibili sversamenti determinati dalla conduzione delle stesse attività.

Dovrà essere garantita la separazione delle acque meteoriche provenienti dai versanti (acque pulite+), dalle aree di cantiere e di lavoro, comprese le piste e le viabilità di cantiere, a mezzo di fossi di guardia, canalette, arginelli, vasche di raccolta o presidi idraulici anche di tipo provvisorio per tutta la durata dei lavori.

In particolare risulta opportuno predisporre lungo le piste di cantiere idonei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque e realizzare apprestamenti che, interrompendo e deviando periodicamente il flusso dell'acqua di ruscellamento, ne riducano la velocità e di conseguenza la capacità erosiva, limitando così il trasporto solido lungo la pista. Dovranno infatti essere evitati

ristagni e ruscellamenti diffusi all'interno delle aree e delle piste di cantiere, in modo da ridurre i fenomeni di intorbidimento delle acque e conseguente trasporto solido.

All'interno delle aree dei piazzali dei cantieri, negli spazi dei campi base destinati alla viabilità e ai parcheggi, nelle aree di stoccaggio dello smarino, di caratterizzazione e di frantumazione deve essere organizzato un sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche dilavanti, con separazione delle acque meteoriche di prima pioggia e loro trattamento, provvedendo per quanto possibile ad avviare le acque raccolte e trattate al riuso. Le aree di caratterizzazione dei materiali, di stoccaggio dello smarino, di deposito temporaneo e stoccaggio silicati dovranno inoltre essere adeguatamente perimetrate mediante fossi di guardia, griglie o canalette di raccolta delle acque di meteoriche di dilavamento.

Dovrà essere garantita una corretta manutenzione e pulizia di tutti gli apprestamenti di cantiere atti alla tutela dei corpi idrici, con particolare riferimento a fossi di guardia, canalette, griglie di scolo e tombini.

Dovrà altresì essere attuato, primariamente, il controllo del ruscellamento delle acque meteoriche e degli sversamenti di acque o altre sostanze durante le operazioni di realizzazione dei viadotti, delle gallerie e delle piste di cantiere. In quest'ottica tutte le operazioni di rimozione, movimentazione e deposito della copertura vegetale devono essere limitate alla minima superficie necessaria e devono durare il minor tempo possibile in relazione alle necessità di svolgimento dei lavori, specialmente in prossimità dei corpi idrici.

Per prevenire qualsiasi rischio di inquinamento l'Appaltatore dovrà prevedere:

- l'impermeabilizzazione delle aree di sosta delle macchine operatrici e degli automezzi nei cantieri che dovranno, inoltre, essere dotate di tutti gli appositi sistemi di raccolta dei liquidi provenienti da sversamento accidentale e dalle acque di prima pioggia;
- gli eventuali materiali di scavo, qualora previsto ed autorizzato un loro successivo riutilizzo secondo quanto previsto dal progetto e comunque dalla normativa vigente, dovranno essere stoccati utilizzando basamenti pavimentati realizzati in stabilizzato opportunamente rullato e ben compattato di spessore non inferiore a 30 cm con strato di conglomerato bituminoso di 10 cm;
- per quanto riguarda i getti in calcestruzzo si sottolinea la necessità di attuare tutte le precauzioni al fine di evitare la dispersione del cemento e degli additivi sul suolo, in prossimità di corsi d'acqua e nelle falde idriche sotterranee;

Inoltre al fine di limitare i rischi di inquinamento delle falde e dei corsi d'acqua, l'Appaltatore dovrà adottare i seguenti accorgimenti:

- eseguire rifornimenti di carburante e lubrificanti ai mezzi meccanici su pavimentazione impermeabile;
- controllare giornalmente i circuiti oleodinamici dei mezzi operativi,
- adottare idonei sistemi di deviazione delle acque con apposite casseformi al fine di evitare rilasci di miscele cementizie e relativi additivi per i getti di calcestruzzo in alveo;
- i serbatoi di carburante, in conformità delle vigenti normative in materia D.M. 29/11/2002 e D.M. 24/05/1999, dovranno essere dotati di apposita vasca anti spandimento e di tettoia di protezione dalle intemperie e periodicamente controllati, con particolare riferimento alla funzionalità del dispositivo di sovrappieno e prova di tenuta dei serbatoi;
- i mezzi utilizzati per la bagnatura e la pulizia delle viabilità devono essere tali da garantire la completa rimozione delle polveri depositate, evitando quindi la formazione di fango e l'accumulo lungo la viabilità e l'immissione nei corsi d'acqua in corrispondenza di sponde e attraversamenti;

L'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione a tutte le lavorazioni che riguardano le perforazioni, getti di calcestruzzo, iniezioni di cemento o malta cementizia, in prossimità dei corsi d'acqua e delle falde idriche sotterranee, provvedendo, a sua cura e spese, al preventivo intubamento ed isolamento del cavo al fine di evitare la dispersione in acque sotterranee del cemento e di altri additivi, nel rispetto delle vigenti Normative comunitarie, nazionali e regionali, nonché delle disposizioni che potranno essere impartite dalle Autorità competenti in materia di tutela ambientale. I medesimi lavori dovranno essere condotti con tutte le cautele necessarie ad eliminare la possibilità di sversamenti e dispersioni di sostanze inquinanti nelle acque superficiali e sul suolo, evitando altresì di sciacquare cisterne, autocisterne o simili in loco.

Nelle aree interessate da lavorazioni che prevedono perforazioni, getti di calcestruzzo, iniezioni di cemento o malta cementizia, devono essere allestiti idonei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque e dei fluidi di lavorazione e delle acque sotterranee naturali, eventualmente miscelate con i fluidi di lavorazione, al fine di evitare dilavamenti, infiltrazioni, immissioni e sversamenti in acque superficiali e sotterranee. In particolare devono essere evitate e rimosse le zone di ristagno e i ruscellamenti di acque meteoriche nelle aree oggetto di interventi, in particolare lungo viabilità e piste, aree di cantiere e di lavoro e in prossimità del passaggio dei mezzi di cantiere.

In particolare in caso di lavorazioni che possono interessare le falde acquifere la scelta dei fanghi dovrà avvenire anche in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda, prevedendo nel caso l'impiego di materiali "biodegradabili" al fine di tutelare gli aspetti ambientali, prevedendo pertanto materiali eco-compatibili.

Dovranno essere realizzati adeguati presidi idraulici in corrispondenza degli attraversamenti sui corsi d'acqua; in corrispondenza dei guadi dovranno essere predisposti tutti gli accorgimenti necessari (arginelli, tubazioni, canalette, pozzetti di raccolta..) ad impedire che le acque di dilavamento della viabilità, delle piste, delle aree di cantiere e di lavoro si immettano nel corso d'acqua attraversato e che conseguentemente si verifichi il trasporto di eventuali inquinanti verso valle.

In caso di sversamento accidentale di oli o carburanti e di altri eventi accidentali, che presuppongano possibilità di inquinamento del suolo e delle acque o qualora si presentino problematiche di ritrovamento di terreni o/o acque inquinate, dovranno essere attivate le procedure operative e amministrative ai sensi degli artt. 242 e 245 del D.Lgs 152/2006.

### 3.3 TUTELA DEI CORSI D'ACQUA

Al fine di non interferire con il libero deflusso delle acque che scorrono nei corsi d'acqua interferenti con i lavori autostradali di che trattasi, l'impresa dovrà garantire la funzionalità di tutti i corsi d'acqua interessati dai lavori. Dovrà inoltre garantire la funzionalità degli argini esistenti, anche in situazioni transitorie, sia per quanto riguarda le caratteristiche di impermeabilità sia per quanto attiene alla quota di sommità arginale che dovrà rimanere sempre la medesima. Inoltre l'accantonamento dei materiali dovrà avvenire a debita distanza dal bordo del cantiere, evitando il rotolamento degli stessi verso il torrente; le principali operazioni di cantiere dovranno svolgersi a sufficiente distanza dal corso d'acqua prevedendo prima del recapito finale briglie per l'intercettazione del trasporto solido dilavato dalle aree di cantiere.

L'Appaltatore è tenuto ad osservare le seguenti prescrizioni generali:

- I guadi previsti per la viabilità cantieristica devono essere realizzati ed eserciti garantendo la massima tutela della qualità delle acque dei corpi idrici attraversati;
- si dovrà evitare qualsiasi danno di qualunque natura che possa compromettere il buon regime dei corsi d'acqua;

- nel corso dei lavori si dovranno attuare tutte le precauzioni necessarie affinché l'interferenza con la dinamica fluviale dei canali e dei corsi d'acqua, non determini aggravii di rischio idraulico e pericoli per l'incolumità delle persone e danni ai beni pubblici e privati; l'alveo non dovrà essere occupato da materiali, né eterogenei, né di cantiere;
- nella realizzazione e nell'esercizio delle opere viarie occorrerà tenere in debito conto dell'osservanza di tutte le leggi e regolamenti vigenti in materia di acque pubbliche ed all'eventuale parere ed autorizzazione di altre Autorità ed Enti interessati; In particolare l'appaltatore dovrà definire prima dell'inizio dei lavori le opere provvisoriale, da sottoporre alla preventiva approvazione degli enti o consorzi competenti.
- dovrà, a propria cura e spese, eseguire le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere realizzate ed interferenti con la rete idraulica fino al positivo collaudo delle opere.
- dovrà consentire in qualunque momento l'accesso - anche con mezzi meccanici - al cantiere e alle proprietà private interessate alla esecuzione dei lavori e alle opere del personale degli Enti preposti al controllo e al rilascio delle autorizzazioni, consentendo di effettuare tutti gli accertamenti/interventi ritenuti necessari a giudizio insindacabile degli Enti;
- evitare, ove possibile, l'entrata dei mezzi meccanici in alveo per limitare fenomeni di intorbidimento delle acque. Se necessario, per consentire ai mezzi di lavorare all'asciutto si deve ricorrere alla realizzazione di arginelli e banchine con la loro eliminazione al termine dei lavori
- adottare i necessari accorgimenti volti a limitare l'intorbidimento delle acque, eventualmente realizzando vasche di sedimentazione o pozzetti di raccolta prima della loro immissione nel corso d'acqua;
- L'eventuale messa in asciutta di alcuni tratti del corso d'acqua deve avvenire tramite laminazione lenta e progressiva da effettuarsi realizzando un piccolo canale scavato in alveo avanzando da valle verso monte così da evitare l'intrappolamento della fauna ittica;

## 4 DISPOSIZIONI RELATIVE AL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

### 4.1 DISPOSIZIONI GENERALI RELATIVE AL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'Appaltatore dovrà assumere tutti i provvedimenti atti a contenere gli impatti associati alle attività di cantiere, in particolare per ciò che concerne la emissione di polveri (PTS/PM10) e inquinanti gassosi (NOx/NO2, IPA, CO, SO2, HC, PM10).

Le macchine di cantiere con motore diesel dovranno essere dotate di filtri di abbattimento del particolato; si utilizzeranno gruppi elettrogeni e di produzione di calore in grado di assicurare le massime prestazioni energetiche al fine di minimizzare le emissioni; si impiegheranno inoltre, ove possibile, apparecchi di lavoro a basse emissioni (con motore elettrico).

Qualora vengano attivati stabilimenti che producono emissioni in atmosfera, ai sensi dell'art. 267 comma 2 lettera h del D. Lgs 152/2006 così come modificato dal D.Lgs 128/2010, l'Appaltatore è tenuto a richiedere un'autorizzazione ai sensi della parte quinta del D.Lgs 152/2006, presentando preventiva istanza di autorizzazione tramite il SUAP competente per il territorio.

Contestualmente alla presentazione della documentazione per singolo cantiere fisso, l'Appaltatore dovrà presentare uno specifico documento (analisi delle fonti emmissive), comprendenti stime della produzione e della propagazione delle polveri, redatto in conformità alle Linee guida ARPAT di cui alla D.G.P. di Firenze n. 213/2009, in cui vengono dettagliate le attività di tutti i cantieri, indicando le modalità ed i tempi di funzionamento degli strumenti e mezzi impiegati, per individuare non solo le fonti emmissive convogliate o da combustione interna di automezzi, ma anche eventuali emissioni diffuse. Con particolare riferimento alle attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali pulverulenti, nel documento dovranno essere definiti e specificati gli accorgimenti e gli interventi di mitigazione che l'Appaltatore adotterà per ridurre le polveri diffuse, considerando come riferimento le Linee Guida adottate dalla Provincia di Firenze con deliberazione di Giunta n. 213 del 3 novembre 2009, riportate in allegato.

Al fine di minimizzare le emissioni in atmosfera, l'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti riportati nel presente capitolo.

#### 4.1 DISPOSIZIONI RELATIVE AI VEICOLI

Per quanto riguarda i veicoli, l'Appaltatore è obbligato ad utilizzare nei cantieri esclusivamente veicoli omologati secondo la direttiva 2004/26/C (fase III A o fase III B) o in alternativa, veicoli muniti di filtro per il particolato muniti di attestato di superamento dei test di idoneità del VERT.

L'Appaltatore dovrà utilizzare per le macchine di cantiere carburanti diesel a bassa tenore di zolfo (< 50 ppm) e filtri di abbattimento del particolato, nonché gruppi elettrogeni e di produzione di calore in grado di assicurare le massime prestazioni energetiche e minimizzare le emissioni; impiegare inoltre, ove possibile apparecchi con motore elettrico.

## 4.2 DISPOSIZIONI PER IL CONTENIMENTO DELLE POLVERI

Per ogni **cantiere fisso** (cantieri principali e di lavoro) devono essere predisposti idonei sistemi di lavaggio dei pneumatici, per il lavaggio delle superfici esterne ed interne delle ruote singole e gemellate. Le acque di lavaggio dovranno essere raccolte e adeguatamente trattate.

L'Appaltatore dovrà provvedere alla spazzatura dei piazzali ogni 24 ore e al lavaggio degli stessi ogni 48 ore, fermo restando la necessità di garantire, nel corso dei lavori, un'intensificazione delle operazioni di pulizia/bagnatura - comprese la viabilità di servizio e le piste di cantiere - in relazione e situazioni specifiche, sia ai fini di garantire costantemente condizioni sanitarie compatibili con la presenza delle persone sia ai fini della tutela all'inquinamento ambientale.

Fermo restando il rispetto di quanto previsto nell'allegato V parte V del D.Lgs n.152/06, L'Appaltatore è tenuto al rispetto delle seguenti prescrizioni relative a:

### Trattamento e movimentazione del materiale

- Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un'irrorazione controllata.
- Impiego di sminuzzatrici che causano scarsa abrasione di materiale e che riducono il materiale di carico mediante pressione anziché urto.
- Dotazione degli impianti di frantumazione fine di impianti di captazione delle polveri: per prodotti >5mm sono indispensabili una separazione e depolverazione dell'aria di scarico. Per prodotti < 5mm occorrono un'incapsulamento degli impianti, la captazione e la separazione delle polveri. Se il tipo di materiale, la granulometria o il previsto trattamento successivo non consentono un'umidificazione dei materiali o se la riduzione delle emissioni è insufficiente, occorre adottare altre misure che consentono una riduzione delle emissioni equivalente. Tali interventi dovranno essere previsti per i cantieri principali in cui sono presenti impianti di frantumazione.
- Processi di movimentazione con scarse altezze di getto, basse velocità di uscita e contenitori di raccolta chiusi.
- Per la riduzione delle polveri, lungo la tratta i nastri trasportatori all'aperto (se presenti) dovranno essere coperti. Tutti i punti di trasferimento vanno incapsulati.
- Ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo.
- Per il trasporto di materiali polverulenti devono essere utilizzati dispositivi chiusi.
- Le applicazioni di calcestruzzo a proiezione vanno eseguite di regola mediante il procedimento di proiezione a umido con additivi esenti di alcali. Le eccezioni vanno concordate con le autorità di esecuzione.

### Depositi di materiale

- Gli apparecchi di riempimento e di svuotamento dei sili per materiali polverosi o a granulometria fine vanno adeguatamente incapsulati e l'eventuale aria di spostamento depolverizzata.
- 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. In generale si dovrà assicurare una costante bagnatura dei cumuli di materiale stoccati nelle aree di cantiere
- Proteggere adeguatamente i depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione dall'esposizione al vento mediante misure come la copertura con stuoie/teli di rapido approntamento coperture verdi, da utilizzarsi soprattutto durante i giorni di fermo della lavorazione o in caso di vento sostenuto.

### Aree di circolazione nei cantieri

- Bagnare costantemente le strade utilizzate, pavimentate e non, entro 100 m da edifici o fabbricati garantendo, in ogni condizioni climatica, le opportune condizioni sanitarie ai residenti;
- Limitare la velocità massima sulle piste di cantiere a 30 km/h.
- Lavare i pneumatici di tutti i mezzi in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali prima dell'insediamento sulla viabilità ordinaria;
- Bagnare e coprire con teloni i materiali trasportati con autocarri;
- Mantenere una pavimentazione e manutenzione adeguata delle piste di cantiere e del ponte provvisorio tramite l'utilizzo di spazzolatrice e autobotte, al fine di evitare accumuli di fango e ristagni d'acqua.
- L'altezza dei cumuli di materiale stoccato dovrà essere mantenuta inferiore a 6 m rispetto al piano campagna.

#### Delimitazione aree di cantiere

Per la delimitazione delle aree di cantiere e deposito devono essere adottate specifiche pannellature opache o recinzioni dotate di reti di tipo antipolvere qualora le aree di cantiere risultino situate in prossimità di aree fruibili dalla popolazione o in presenza di ricettori sensibili, e siano previste in progetto.

#### Limitazioni stagionali

Poiché l'area di interesse rientra tra quelle critiche per l'inquinamento atmosferico si evidenzia che le cautele e le misure di mitigazione sopra descritte dovranno essere applicate con particolare intensità nel periodo che va da novembre a febbraio compresi.

In ogni caso, in base agli esiti del Monitoraggio Ambientale, potranno essere imposte sospensioni dei lavori o delle attività più impattanti durante episodi particolarmente critici di inquinamento atmosferico che vedano ripetuti e continui superamenti del valore limite giornaliero della concentrazione di PM10.

#### Specifiche relative alle operazioni di bagnatura

Oltre alle indicazioni generali sopra riportate (spazzatura dei piazzali ogni 24 ore e al lavaggio degli stessi ogni 48 ore) si prescrive che tutte le aree di cantiere e le aree di supporto dovranno essere attrezzate con idoneo sistema di bagnatura delle ruote dei veicoli in uscita e dei cumuli, dotato di dispositivo di misura e registrazione dell'acqua o altra sostanza impiegata per l'abbattimento delle polveri. La bagnatura dei cumuli e delle viabilità di servizio deve essere effettuata almeno una volta al giorno, nelle giornate non piovose.

### **4.3 TRATTAMENTO A CALCE**

Il trattamento a calce andrà condotto in conformità alla procedura di stabilizzazione a calce+aggiornata, che costituisce un allegato al Piano di utilizzo delle Terre e Rocce da scavo (AMB0010), redatto ai sensi del DM 161/2012, e sinteticamente riportato nel presente paragrafo.

Come già evidenziato nella procedura di stabilizzazione a calce, il tempo di latenza della calce non miscelata potrà essere al massimo pari a 15 minuti.

In generale l'Appaltatore provvederà in fase esecutiva a formare le maestranze in merito alle procedure e agli aspetti ambientali correlati con le operazioni di stabilizzazione con la calce.

L'Appaltatore sarà tenuto ad utilizzare prodotti le cui schede tecniche e di sicurezza rispondano alla normativa vigente.

L'Appaltatore dovrà tenere dei registri di cantiere in cui vengono annotate le operazioni relative al trattamento a calce e le interruzioni delle lavorazioni effettuate in relazione alle condizioni anemologiche e pluviometriche oltre soglia. Copia di tali registri sarà consegnata alla Direzione Lavori con cadenza trimestrale o su specifica richiesta.

#### 4.3.1 Monitoraggio anemometrico

Con specifico riferimento alle condizioni anemologiche al verificarsi delle quali occorre interrompere le lavorazioni potenzialmente impattanti, è stata fissata una soglia che tiene conto del verificarsi di raffiche di vento superiori a 5 m/s ed in particolare della persistenza di tale situazione. In particolare dato un periodo osservazionale di 15q - periodo adottato nel sito del Servizio Idrologico della Regione Toscana (<http://www.sir.toscana.it/>) - ed una frequenza di campionamento dei dati anemologici di almeno 1 valore ogni 10 s, la sospensione della lavorazione potenzialmente impattante avviene ogni qual volta il valore medio su 15q della velocità del vento risulti superiore a 5 m/s qualora la misura del vento sia effettuata ad una quota pari o superiore a 5 m dal suolo ed inferiore a 7 m dal suolo; nel caso la quota di misura sia compresa tra 7 m e 10 m dal suolo il valore di soglia da adottare è pari a 6 m/s (*condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento*).

La ripresa della lavorazione interrotta potrà avvenire al ripristino delle *condizioni anemologiche ordinarie*, vale a dire a seguito di un intervallo osservazionale pari a 15q nel quale si verifichi un valore della media della velocità del vento nuovamente inferiore alla soglia sopra indicata (5 m/s oppure a 6 m/s, in relazione alla quota delle misura del vento).

Le eventuali sospensioni delle lavorazioni determinate dalle avverse condizioni meteorologiche potranno essere registrate in opportuna documentazione di cantiere.

Ai fini del controllo delle condizioni anemologiche locali si prevede che i cantieri siano dotati di un apposito sistema di rilevazione composto da un anemometro e relativo sistema elettronico di funzionamento.

Il sistema dovrà essere configurato per attivare gli allarmi per eccesso di vento presso i singoli cantieri in attività.

Per non duplicare eccessivamente i rilievi anemometrici sarà possibile installare un anemometro presso i soli cantieri attivi in cui sono previste le attività di trattamento più estese (in termini di quantità e di durata temporale).

Sulla base del cronoprogramma e dei livelli di attività dei cantieri potranno essere individuati dei *%cluster+* di più cantieri, posti in ambiti omogenei sotto il profilo delle condizioni anemologiche, che faranno riferimento a un solo anemometro.

Al superamento della soglia di allarme un opportuno sistema di segnalazione dovrà essere attivato presso tutti i cantieri del *%cluster+* di riferimento dell'anemometro in cui è stato registrato il superamento.

Il campionamento dei dati anemologici dovrà avvenire con una frequenza non inferiore ad 1 dato ogni 10 s, ovvero almeno 6 campioni al minuto. I dati anemometrici saranno archiviati in forma di valore medio relativo ad un periodo di 15q (pari a 900 s, in cui quindi dovranno essere raccolti almeno 90 campioni). I dati anemometrici archiviati saranno resi disponibili agli Enti di controllo e alla Direzione Lavori.

Il sistema di monitoraggio anemometrico dovrà essere tale da permettere la verifica in tempo reale dei dati anche da parte dei tecnici della Direzione Lavori.

Compatibilmente con le dimensioni e le caratteristiche dei cantieri mobili, gli anemometri dovranno essere posizionati nell'ambito o in prossimità delle aree di cantiere, su terreno possibilmente piano, senza ostacoli fissi di altezza superiore a 3m in un intorno di almeno 20m, al di fuori delle aree di lavorazione e di movimentazione dei mezzi di cantiere.

Gli anemometri dovranno essere installati su opportuni pali riposizionabili a quota non inferiore a 5 m e non superiore a 10 m, in prossimità del cantiere di attività e, compatibilmente con la peculiarità dei luoghi, facendo attenzione a che non vi siano ostacoli rilevanti (ovvero con dimensioni in pianta maggiori di 4 m x 4 m ed aventi altezza superiore alla quota di installazione degli anemometri) per un raggio di circa 50 m intorno.

Gli anemometri saranno ricollocati in base all'avanzamento dei lavori e all'eventuale interessamento di ambiti territoriali diversi.

Le caratteristiche, la posizione ed il funzionamento degli anemometri, comprese le modalità di attivazione dei segnali di allarme, saranno comunicati all'Ente di Controllo entro l'inizio dei lavori.

#### **4.3.2 Preparazione e stesa del terreno naturale**

##### Condizioni anemologiche ordinarie

La fase di preparazione del terreno naturale consiste nelle lavorazioni seguenti:

Allontanamento di tutti gli inerti con dimensioni maggiori di 40 cm dal terreno soggetto a trattamento (lavorazione eseguita per mezzo di ripper), successivamente frantumazione e sminuzzamento delle zolle, fino alla riduzione dei grumi del terreno limo-argilloso a dimensioni massime di 40 cm (lavorazione eseguita per mezzo di fresa).

Si procede quindi alla modellazione di uno strato omogeneo di terreno naturale precedentemente preparato per essere sottoposto a stabilizzazione. Quest'ultima lavorazione dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie dello strato precedente attraverso erpicatura per garantire l'ammorsamento necessario tra strati successivi. Lo spessore massimo steso dovrà risultare non superiore a quello finale aumentato del 15-20%, comunque non superiore a 50 cm.

Al termine delle operazioni di stesa si deve verificare l'omogeneità e la corrispondenza dell'umidità del terreno naturale alla miscela ottima definita in fase di indagine. Nel caso in cui si verifichi un eccesso di umidità risulta opportuno erpicare e arieggiare il materiale per favorirne l'evaporazione; in caso contrario si provvede all'umidificazione del terreno attraverso l'aspersione di acqua nebulizzata per mezzo di autobotte dotata di barra spruzzatrice.

### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Tali condizioni non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h, vedi definizione al paragrafo 5.2.1.7) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante la compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

In caso di pioggia moderata (3-8 mm/h) o forte (oltre 10 mm/h) le lavorazioni in oggetto vengono sospese, e quindi riprese solo dopo l'evento meteorico ed il ristabilirsi nelle condizioni ottimali di umidità del terreno già steso.

## 4.3.3 Stesa della calce

### Condizioni anemologiche ordinarie

La calce (recapitata in sito per mezzo di autobotte) viene sparsa sul rilevato in terreno naturale precedentemente predisposto tramite spandi-calce a controllo volumetrico o gravimetrico, capace di assicurarne un dosaggio costante in accordo alla miscela progettata in fase di indagine (solitamente prossima al 3% in peso del terreno da trattare) e sulla base dell'umidità del terreno verificata in fase esecutiva.

Appositi profili in gomma, disposti sui quattro lati dell'apertura da cui la calce viene depositata, consentono l'accompagnamento della stessa a contatto con il terreno scongiurando fenomeni di spolvero.

Terminata la stesa della calce si verifica visivamente l'omogeneità del processo provvedendo a trattare eventuali zone non coperte. **Nel corso della giornata lavorativa non vengono mai stese quantità di calce maggiori a quelle lavorabili il giorno stesso**, si evitano così sia asportazioni e spolvero di calce a causa dell'aria (benché entro i limiti di velocità prescritti), sia indesiderati fenomeni di carbonatazione della stessa (reazione a contatto con l'anidride carbonica atmosferica) che ne potrebbero inficiare le capacità relative.

### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Qualora durante le operazioni di stesa di calce si registrino tali condizioni, in considerazione del conservativo limite anemologico e della limitata durata complessiva della fase (non superiore ai 15 minuti) viene ultimata la stesa procedendo quindi alla immediata rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno al fine di evitare eventuale spolvero.

La fresatura di soli 10 cm consente una miscelazione più rapida che scongiuri in tempi brevi fenomeni di trasporto aereo della calce stesa, **limitando quindi la durata della fase di miscelazione (ed il tempo di latenza della calce stesa) entro i 15 minuti circa**.

Le operazioni di stesa della calce potranno riprendere solo al ripristino delle condizioni ordinarie. Nel caso in cui le operazioni di spandimento vengano sospese, si passerà direttamente alle operazioni di fresatura, secondo le procedure descritte nei paragrafi a seguire.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di stesa della calce non viene invece eseguita in caso di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento del materiale.

Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla immediata sospensione dei lavori di stesa, alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce, si garantisce così l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni.

#### **4.3.4 Prima fresatura di miscelamento terra-calce**

##### Condizioni anemologiche ordinarie

Al fine di scongiurare dispersione di calce in atmosfera, è **prevista la simultaneità delle operazioni di spandimento e successiva miscelazione con il terreno, evitando di superare i 15 minuti di latenza.**

Il rilevato in terreno naturale cosparso con calce viene quindi trattato con un primo passaggio di fresa (Pulvimixer), consentendo una miscelazione omogenea tra le due parti e dando inizio alle reazioni di stabilizzazione del terreno. Al termine della prima fresatura si procede a rimuovere eventuali accumuli laterali di misto terra-calce (riccioli) tramite escavatore portandoli al centro del rilevato lavorandoli nuovamente.

Si precisa che il rotore è dotato di carter o di una campana in grado di evitare l'innalzamento e lo spolvero di materiale durante tutta l'attività in questione.

##### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Come già descritto al paragrafo relativo alla stesa della calce, in tali condizioni, a lavorazioni iniziate, si procede alla immediata rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno con calce non ancora miscelata, al fine di evitare eventuale spolvero.

La fresatura di soli 10 cm consente una miscelazione più rapida che scongiuri in tempi brevi fenomeni di trasporto aereo della calce stesa, limitando quindi la durata della fase di miscelazione (ed il tempo di latenza della calce stesa) entro i 15 minuti circa.

Terminata la fresatura di tutta la calce stesa (messa in sicurezza), si procede ad un ulteriore passaggio con pulvimixer, al fine di raggiungere l'intero spessore di miscelazione previsto.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di prima fresatura non viene invece eseguita in condizioni di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento del materiale. Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce.

### **4.3.5 Seconda e terza fresatura per riduzione granulometrica**

#### Condizioni anemologiche ordinarie

Successivamente alla prima fresatura la miscelazione con il terreno deve procedere fino a ridurre le zolle limo-argillose a dimensioni tali che tutta la terra passi interamente attraverso i setacci da 25 mm e che almeno il 60% di essa abbia dimensioni minori di 4.75 mm. A tale scopo si eseguono due ulteriori passaggi di fresa (Pulvimixer) sul terreno da stabilizzare.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Le attività di seconda e terza fresatura non vengono eseguite in tali condizioni di vento.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di fresatura per riduzione granulometrica non viene invece eseguita nel caso di condizioni di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento del materiale. Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce precedentemente miscelato.

### **4.3.6 Profilamento rilevato, rullatura e compattazione**

#### Condizioni anemologiche ordinarie

Al termine delle lavorazioni suddette, si procede alla profilatura dello strato disposto tramite ruspa o graeder.

Successivamente, lo strato in questione è soggetto a compattazione e costipamento tramite rulli con numero di passaggi dettato dalle specifiche progettuali richieste. Si specifica che in caso di costruzione di rilevati multistrato si procede a fronte chiuso, completando in giornata tutte le lavorazioni finora descritte per la quantità di materiale trattato quotidianamente.

La lavorazione si conclude con la profilatura delle scarpate laterali tramite escavatore (operazione eseguita ogni 2 metri circa di strati sovrapposti), nonché con la finitura superficiale dello strato superiore con l'impiego di macchine livellatrici.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Tali condizioni anemologiche non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

#### Condizioni di pioggia

Condizioni di pioggia debole, moderata o forte non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

#### **4.3.7 Tutela componente idrica**

Per quanto riguarda i potenziali rischi relativi alla componente idrica, si fa riferimento a quanto riportato di seguito:

La pioggia in intensità è definita debole (1-2 mm/h), moderata (3-8 mm/h) e forte (oltre 10 mm/h) secondo il sistema internazionale definito dal World Meteorological Organization. La durata della pioggia è in genere inversamente proporzionale alla sua intensità. Pertanto:

- a) In caso di pioggia debole, i lavori di spandimento della calce, di miscelazione con il terreno e di compattazione possono essere continuati in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento;
- b) In caso di pioggia moderata: non vi sono possibilità di impatti rilevanti a meno che notevoli pendenze non producano erosioni negli strati in corso di stabilizzazione; la compattazione degli strati di terreno con la calce rende praticamente impermeabile lo strato stesso tanto che si comporterà sotto la pioggia come una strada pavimentata,
- c) il dilavamento della calce durante la fase di spargimento ad opera dell'acqua nella zona di lavorazione potrebbe essere generato solo da eventi atmosferici estremi (piogge improvvise ed intense), durante i quali però sono previste le interruzioni lavorative e le disposizioni sopra indicate.

In caso di pioggia moderata o forte le lavorazioni non avranno inizio e verranno sempre immediatamente sospese ad esclusione delle fasi di miscelazione con pulvimixer, eventualmente in corso, e di compattazione che saranno ugualmente completate secondo le procedure definite in precedenza nel presente documento.

I cantieri dovranno essere dotati di pluviometri per la misura, la registrazione e l'archiviazione dei dati pluviometrici.

### Dilavamento della calce

Per quanto riguarda il potenziale rischio connesso al dilavamento delle scarpate, nelle procedure di realizzazione dei rilevati sarà cura dell'Appaltatore evitare durante le operazioni di fresatura che venga lasciata calce non mescolata nelle parti laterali dei singoli strati. Tale operazione viene evitata procedendo a portare la parte di calce non reagita, con escavatore, al centro dello strato in fase di fresatura. Tale lavorazione permette di evitare che lungo le scarpate laterali del rilevato vengano mantenuti quantitativi di calce non legata e quindi oggetto di potenziale dilavamento in caso di pioggia moderata o forte.

Oltre a tale indicazione, al termine di ogni giornata lavorativa dovrà essere effettuata una nebulizzazione della parte di rilevato lavorata durante la giornata, allo scopo di fissare l'eventuale calce non reagita col terreno.

In caso di pioggia moderata o forte, la stabilizzazione a calce viene sospesa, per evitare la stabilizzazione di terreno con grado di umidità elevato e fuori dal range stabilito in sede progettuale per rendere ottimale la reazione di stabilizzazione.

In tal caso si procede alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce, si garantisce così l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni.

Compatibilmente con le dimensioni delle aree da trattare a calce ed in ragione delle effettive durate delle lavorazioni potenzialmente impattanti a seguito dell'utilizzo di calce, cautelativamente ed ove possibile, potrà essere richiesta la realizzazione di elementi naturali posti al piede del rilevato e costituiti da terreno trattato e compattato, aventi la funzione di contenere l'eventuale dilavamento della calce causato dalla pioggia e nel caso si verificano contestualmente eventi imprevedibili ed imprevedibili (ad esempio fuoriuscita fortuita di eccessive quantità di calce).

### Percolazione all'interno del rilevato

Per quanto riguarda invece il potenziale rischio connesso con la percolazione all'interno del rilevato, è da evidenziare come nessuna percolazione sia possibile nel caso di terreni sottoposti a trattamento a calce e successivamente compattati, come nel caso della costruzione dei rilevati stradali, in quanto i valori di permeabilità misurati mediante appositi campi prova sono dell'ordine di  $10^{-10} \div 10^{-9}$  m/s. Per verificare la sussistenza di tali valori e quindi la assenza di reali fenomeni di percolazione, potranno essere necessarie prove di permeabilità sui rilevati trattati a calce.

## 5 DISPOSIZIONI RELATIVE A FAUNA, VEGETAZIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI

### 5.1 RACCOMANDAZIONI DI CARATTERE GENERALE

Nella realizzazione delle aree di cantiere dovranno essere seguiti tutti gli accorgimenti atti a ridurre per quanto possibile l'impatto sull'ambiente naturale andranno tenute presenti le seguenti raccomandazioni di carattere generale:

- si raccomanda di ridurre al minimo la superficie di esbosco nelle zone interessate dalla cantierizzazione. In ogni caso in tutta l'area di occupazione non direttamente interessata dai lavori (e a cambiamento di destinazione) è previsto il ripristino vegetazionale ed arboreo;
- per tutti i siti di cantiere posti nelle vicinanze di torrenti o canali si dovranno prevedere adeguate barriere vegetali
- si raccomanda di rispettare gli ambiti fluviali riducendo al minimo la distruzione della vegetazione ripariale, elemento fondamentale della vita dell'ecosistema; in particolare modo si raccomanda particolare cautela per le formazioni boschive interferite

### 5.2 VEGETAZIONE E FAUNA

Per quanto concerne l'ecosistema ripariale, dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- limitare l'area occupata dai cantieri allo stretto necessario, in modo da non creare una zona di sconnesione molto vasta fra i tratti a monte e a valle del corso d'acqua;
- evitare l'escavazione di movimenti di terreno e la realizzazione di piazzali (anche temporanei) per stoccaggio di materiali o simili nell'alveo, sulle rive e su tutte le fasce a lato contraddistinte da vegetazione ripariale;
- anche quando si è in regime di siccità e l'alveo è in secca, non utilizzare lo stesso come pista di servizio;
- anche nel caso di abbattimento di parte della vegetazione ripariale per la creazione di attraversamenti di piste non devono essere lasciati allo scoperto tratti di corso d'acqua superiori a quanto strettamente necessario al passaggio dei mezzi;
- nel caso di piste di servizio che attraversano alvei fluviali dovranno essere realizzate nella zona di attraversamento strutture atte a permettere il libero passaggio delle acque al di sotto della strada, evitando in ogni caso il contatto diretto fra ruote degli automezzi e acqua. Al momento di dismettere queste piste dopo la chiusura dei cantieri, il materiale accumulato nei punti di attraversamento dovrà essere rimosso senza creare ulteriori danni all'ecosistema circostante e all'alveo. Quest'ultimo dovrà essere ripristinato in modo da connettersi in modo armonioso con i tratti a monte e a valle. Dovrà quindi essere riportato, se mancante, materiale simile all'esistente come ghiaia, ciottoli e massi avendo cura di evitare la presenza di manufatti in cemento o laterizio;
- nell'ambito della progettazione dei piazzali dei cantieri e delle aree di deposito deve essere limitato l'uso di briglie per l'impatto sulla possibilità di risalita delle specie ittiche lungo il corso d'acqua;
- al termine delle fasi di cantiere necessarie per la realizzazione dell'opera autostradale, in base ai rilievi fitosociologici eseguiti sulla vegetazione preesistente, saranno eseguiti gli interventi di ripristino ambientale, se previsti in progetto, in modo da ottenere in un tempo ragionevole di nuovo una continuità naturale fra il tratto del corso d'acqua posto a monte e quello posto a valle.

In relazione ai seguenti ecosistemi, ovvero ecosistema boschivo, ecosistema degli arbusteti e cespuglieti, ecosistema degli incolti e dei pascoli, andrà limitata il più possibile l'ampiezza delle aree a lato del tracciato in costruzione interessate dalle lavorazioni dei cantieri e/o dalle aree di manovra dei mezzi, in modo da compromettere il meno possibile le fasce vegetate presenti e di minimizzare l'edge effect. Dovranno essere limitate quindi la realizzazione di piazzali, anche

temporanei, per stoccaggi di materiali o simili nelle aree a lato del tracciato autostradale esistente.

Per quanto riguarda la vegetazione si raccomanda di rispettare le misure di protezione e cautela di seguito descritte.

Le *misure di protezione* riguardano specificamente gli individui arborei che per il loro valore paesaggistico, ambientale, didattico e culturale andranno in ogni modo protetti durante la costruzione dell'opera.

Gli interventi da attuare comprendono vari tipi di protezione da porre attorno ai fusti ed in prossimità delle radici, in modo tale da impedire danneggiamenti da parte delle macchine.

Le *misure di cautela* si riferiscono alla cura con cui devono essere svolte, in sede di cantiere, determinate operazioni in prossimità di piante non destinate all'abbattimento, tra le quali si ricordano:

- la distanza dal tronco a cui effettuare movimenti terra dovrà essere calcolata in rapporto allo sviluppo della pianta ed in particolare della sua chioma, dato che entro la proiezione al suolo di quest'ultima si colloca la massa delle radici;
- il taglio accidentale delle radici in seguito a scavo, che dovrà essere effettuato di netto, senza rilascio di sfilacciamenti; sulla superficie di taglio delle radici più grosse dovrà essere applicato mastice antibiotico;
- nel caso le chiome interferiscano con i lavori si potrà attuare un leggero taglio di contenimento o, se possibile, l'avvicinamento dei rami all'asse centrale del tronco tramite legatura;
- nel caso di abbassamento del piano di campagna attorno alle piante si avrà cura di formare muretti di contenimento o gradoni e di non interrare il tronco.

Dovranno essere limitate le sottrazioni dirette di vegetazione compensando eventuali tagli con opere di ripristino, in ogni caso rispettando le indicazioni progettuali e le specifiche prescrizioni approvative.

Relativamente agli aspetti faunistici, al fine di mitigare l'impatto sugli ecosistemi acquatici e, in particolare, sulla fauna ittica dei corsi d'acqua interessati, è necessario prevedere l'adozione di opportuni accorgimenti in fase di realizzazione del progetto, in particolare durante la stagione riproduttiva della fauna ittica, che vede le uova e gli stadi giovanili estremamente sensibili alle alterazioni dei parametri chimico-fisici dell'ambiente. Tenuto, quindi, conto dei cicli riproduttivi, risulta necessario concentrare le misure di tutela nel periodo aprile-luglio. In particolare, in fase di realizzazione dell'opera:

a) I lavori in alveo devono essere realizzati conformemente alle normative vigenti in materia idraulica e di difesa idrogeologica;

b) I lavori in alveo devono essere eseguiti preferibilmente al di fuori del periodo aprile-luglio. Devono essere posti in essere tutti i possibili accorgimenti in grado di limitare al massimo il deflusso a valle dei sedimenti, per la salvaguardia della fauna ittica e dell'ambiente fluviale. In particolare, si deve porre particolare attenzione a evitare, ove possibile, l'entrata dei mezzi meccanici in alveo, per limitare fenomeni di intorbidimento delle acque. Se necessario, per consentire ai mezzi di lavorare all'asciutto, si deve ricorrere alla realizzazione di arginelli e banchine con la loro eliminazione al termine dei lavori;

c) Si devono adottare i necessari accorgimenti volti a limitare l'intorbidimento delle acque, eventualmente realizzando vasche di sedimentazione, o pozzetti di raccolta, prima della loro immissione nel corso d'acqua laddove non già previsti in progetto;

d) L'eventuale messa in asciutta di alcuni tratti del corso d'acqua deve avvenire tramite laminazione lenta e progressiva, da effettuarsi realizzando un piccolo canale scavato in alveo avanzando da valle a monte, così da evitare l'intrappolamento della fauna ittica.

### 5.3 MODALITÀ DI MESSA A DEPOSITO DEL TERRENO DI SCOTICO

Le aree di deposito del terreno vegetale saranno separate dalle aree di deposito di altre tipologie di terre.

Il terreno derivante dalle operazioni di scotico sarà adeguatamente accantonato, avendone cura in modo da non alterarne le caratteristiche chimico-fisiche. I cumuli secondo quanto indicato hanno lo scopo di mantenere la struttura e la potenziale fertilità del suolo accantonato. I cumuli dovranno inoltre essere protetti dall'insediamento di vegetazione infestante e dall'erosione idrica superficiale. Tutte le operazioni di movimentazione dovranno essere eseguite con mezzi e modalità tali da evitare eccessivi compattamenti del terreno.

Per mantenere le caratteristiche pedologiche del terreno vegetale, i cumuli potranno essere irrigati nei periodi di particolare e grave siccità.

Ulteriori prescrizioni riguardo la messa a deposito del terreno di scotico sono riportate in elaborato AMB0001.

## 6 DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA GESTIONE DEI RIFIUTI

L'Appaltatore, in qualità di produttore e detentore, ha l'obbligo e la responsabilità della corretta gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere ai sensi di quanto disciplinato dalla parte IV del Decreto Legislativo n. 152/2006 e s.m.i.

L'Appaltatore è tenuto a redigere ed attuare sotto propria esclusiva responsabilità nei confronti degli Enti Competenti, un **Piano di gestione dei rifiuti** relativo a tutte le aree di cantiere (cantieri fissi e cantieri mobili), i cui requisiti minimi sono riportati di seguito e illustrati nelle linee guida riportate nell'elaborato AMB0020.

Nel piano deve essere dato riscontro della classificazione di tutti i rifiuti prodotti, mediante la corretta attribuzione del codice CER, la contestuale classificazione in pericolosi o non pericolosi e l'attribuzione ai rifiuti pericolosi, delle pertinenti caratteristiche di pericolo e conseguentemente devono essere descritte le specifiche modalità operative e di gestione relative sia ai rifiuti pericolosi (modalità di deposito temporaneo, smaltimento oli esausti e filtri usati, accumulatori al piombo, pneumatici, ecc.) sia ai rifiuti non pericolosi (modalità di deposito temporaneo e smaltimento/recupero di rifiuti prodotti nella fase di cantiere: metalli, plastica, imballaggi ecc.), nel pieno rispetto della normativa vigente.

L'Appaltatore dovrà individuare tutte le aree fisiche destinate alla corretta gestione dei rifiuti (contenitori per la raccolta e la differenziazione, aree ecologiche, aree di deposito temporaneo) in ciascun cantiere evidenziandole in appositi allegati planimetrici.

Nel Piano di Gestione dei Rifiuti dovrà essere data evidenza delle modalità di gestione, compreso l'eventuale deposito temporaneo, di tutti i rifiuti prodotti durante le lavorazioni previste per l'ampliamento autostradale, compresi i rifiuti da demolizione e costruzione e quelli provenienti dalla demolizione e dalla dismissione delle pavimentazioni stradali.

Il deposito temporaneo dei rifiuti deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché per i rifiuti pericolosi nel rispetto delle norme tecniche che regolano il deposito delle sostanze pericolose in esso contenute.

Nel Piano di Gestione Rifiuti dovranno essere individuati gli **impianti di recupero o smaltimento** che l'Appaltatore ha intenzione di utilizzare per la gestione dei rifiuti prodotti per la realizzazione delle opere autostradali; per ognuno degli impianti proposti, dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- Autorizzazione dell'impianto ai sensi dell'art. 208/216 del D.Lgs. 152/2006 e successivi aggiornamenti o integrazioni;

L'elenco degli impianti di conferimento dovrà essere costantemente aggiornato ed eventuali nuovi impianti dovranno essere comunicati dall'Appaltatore prima di attivare le lavorazioni che daranno origine ai rifiuti.

Dovranno inoltre essere individuati gli eventuali **intermediari** e i **trasportatori** che verranno utilizzati per lo smaltimento rifiuti e fornita la documentazione attestante le autorizzazioni atte al trasporto delle tipologie di rifiuti individuate nel Piano Gestione Rifiuti.

In relazione alla evidenziata presenza di materiale contenente pietre verdi (ofioliti) nei rilevati autostradali si specifica che i lavori di demolizione o rimozione dei materiali contenenti amianto possono essere effettuati solo da imprese iscritte all'Albo nazionale gestori ambientali+, categoria 10 [art. 212 D.Lgs. 152/06]. Tale iscrizione deve essere rinnovata ogni cinque anni e sostituisce l'autorizzazione all'esercizio delle attività di raccolta, trasporto, commercio e intermediazione dei rifiuti. Il datore di lavoro della ditta esecutrice, almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori, presenta il piano di lavoro a SPISAL

L'Appaltatore dovrà effettuare le analisi di caratterizzazione secondo quanto previsto dalla normativa vigente e in particolare per i rifiuti da conferire a impianto di recupero, secondo quanto previsto dall'art. 8 del DM 5/02/1998 o qualora destinati a discarica, secondo l'allegato 3 del DM 27/09/2010.

Si dovrà rispettare quanto indicato dagli artt. 190 e 193 e l'art. 258 del D.Lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. (applicazione del D.Lgs. n. 4/08) che disciplinano, rispettivamente, le attività di di carico e scarico e di trasporto dei rifiuti e le sanzioni per le violazioni degli obblighi di tenuta.

Dovrà essere messa a disposizione della Direzione Lavori tutta la documentazione attestante la regolare gestione dei rifiuti, con particolare attenzione ai certificati di caratterizzazione dei rifiuti e alle quarte copie dei formulari controfirmate dagli impianti.

Nel caso in cui l'Appaltatore intendesse procedere con il recupero di rifiuti al fine di ottenere materie prime seconde da reimpiegare nelle lavorazioni (ad esempio frantumazione di materiali derivanti da demolizioni di opere in calcestruzzo, ecc.), dovrà preventivamente richiedere le necessarie autorizzazioni come previsto dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/06) ed eventualmente procedere alla sua preliminare caratterizzazione secondo il DM 27 settembre 2010.

## **7 CAUTELE IN RELAZIONE ALLA PRESENZA DI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE**

Al momento della redazione del progetto esecutivo non risultano presenze nella area vasta interessata dai lavori (entro 500m ) di stabilimenti a rischio di incidente.

Nel caso in cui emergessero nuove installazioni industriali sottoposte alle specifiche normative relative al rischio di incidente rilevante si prescrive inoltre di adottare particolari cautele nella movimentazione dei mezzi pesanti, escludendo percorsi adiacenti a detti stabilimenti.

## 8 DISPOSIZIONI RELATIVE ALLA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito dei lavori relativi all'Ampliamento alla 3a corsia: tratto Firenze - Pistoia dell'Autostrada (A11): Firenze - Pisa Nord (incluso il Nodo terminale di Peretola) verranno gestite come sottoprodotti ai sensi dell'art. 183 comma 1, lettera qq) del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., secondo le condizioni di cui all'articolo 184-bis del suddetto decreto e secondo quanto previsto dal Regolamento per la gestione delle terre e rocce da scavo, adottato dal Ministero dell'Ambiente con Decreto Ministeriale n. 161 del 10/08/2012 (nel seguito Regolamento).

In particolare, all'articolo 4 del Regolamento vengono dettate le condizioni qualitative specifiche che il materiale da scavo deve rispettare al fine di poter essere considerato sottoprodotto:

*1. Il materiale da scavo è un sottoprodotto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq) del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modifiche e integrazioni, se sono soddisfatte tutte le seguenti condizioni:*

*a) il materiale da scavo è generato durante la realizzazione di un'opera, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;*

*b) il materiale da scavo è utilizzato, in conformità al Piano di Utilizzo: 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera, nel quale è stato generato, o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, ripascimenti, interventi a mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali; oppure: 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;*

*c) il materiale da scavo è idoneo ad essere utilizzato direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*

*d) il materiale da scavo, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla precedente lettera b), soddisfa i requisiti di qualità ambientale di cui all'allegato 4.*

Secondo l'articolo 5 del Regolamento, la sussistenza delle condizioni sopra riportate è comprovata tramite il Piano di Utilizzo (PdU) presentato da Autostrade per l'Italia in qualità di Proponente.

Il Piano di Utilizzo, redatto secondo le indicazioni dell'Allegato 5 del Regolamento, indica che i materiali da scavo derivanti dalla realizzazione dell'intervento autostradale (Lotto 1 e Lotto 2 - Variante San Donato) saranno utilizzati all'interno dello stesso intervento, specificando le modalità ed i dettagli del suddetto utilizzo. In particolare il PdU indica le quantità e le modalità di gestione delle terre e rocce, che si originano nell'ambito delle attività di realizzazione dell'opera, nelle fasi di produzione, caratterizzazione, trasporto ed utilizzo, nonché il processo di tracciabilità dei materiali dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ed ai siti di destinazione.

Il Piano di Utilizzo è stato approvato (con prescrizioni) con Determinazione direttoriale DVA-2013-0017407 del 24/07/2013 del Ministero dell'Ambiente.

Di seguito vengono riportati gli adempimenti che l'Appaltatore, in qualità di esecutore del Piano di Utilizzo, è tenuto ad eseguire.

## 8.1 VALIDITÀ

Come indicato nei provvedimenti approvativi, la durata di validità del Piano di Utilizzo è di 40 mesi dall'inizio dei lavori, che devono avvenire entro 2 anni dal DEC VIA+. Si evidenzia che il DecVIA n. 134/2016 con cui è stata decretata la compatibilità ambientale dell'intervento (con prescrizioni) all'art. 10 Disposizioni finali+ prevede che [6 ] il progetto di cui al presente decreto dovrà essere realizzato entro cinque anni decorrenti dalla data di pubblicazione del relativo estratto sulla Gazzetta Ufficiale; trascorso tale periodo, fatta salva la facoltà di proroga su richiesta del proponente, la procedura di valutazione dell'impatto ambientale dovrà essere reiterata. [6 ]+

Entro due mesi dalla scadenza del predetto termine, potrà essere presentato un nuovo Piano di Utilizzo, che potrà avere la durata massima di un anno (art. 5 comma 7 del DM 161/2012). L'esecutore comunicherà all'Autorità competente la data di inizio dell'attività di scavo.

Sarà quindi cura del proponente operarsi per compiere gli eventuali adempimenti necessari per richiedere le proroghe che dovessero rendersi necessarie.

## 8.2 VARIAZIONI DEL PIANO DI UTILIZZO

In caso di modifica sostanziale delle condizioni di produzione e/o utilizzo delle terre e rocce da scavo riportate nel Piano di Utilizzo, il proponente o l'esecutore hanno facoltà di aggiornare lo stesso Piano.. Costituisce modifica sostanziale ai sensi dell'art. 8 del Regolamento:

- a) l'aumento del volume in banco oggetto del Piano di Utilizzo in misura superiore al 20%;
- b) la destinazione del materiale escavato ad un sito di destinazione o ad un utilizzo diverso da quello indicato nel PdU;
- c) la destinazione del materiale escavato ad un sito di deposito intermedio diverso da quello indicato nel PdU;
- d) la modifica delle tecnologie di scavo.

L'Appaltatore dovrà considerare obbligatoriamente, nell'ambito delle attività relative alla gestione delle terre e rocce da scavo, tutte le indicazioni e prescrizioni che gli Enti ed Organi competenti intenderanno definire.

### 8.2.1 Attuazione

Ai sensi dell'art. 9 del Regolamento, prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento, il proponente comunicherà all'Autorità competente l'indicatore dell'esecutore del presente Piano di Utilizzo. A far data dalla suddetta comunicazione, l'esecutore sarà tenuto a far proprio e rispettare il Piano di Utilizzo e ne diverrà responsabile. L'esecutore sarà inoltre tenuto a redigere la modulistica necessaria a garantire la tracciabilità del materiale da scavo.

Sulla base delle indicazioni fornite all'interno del Piano di Utilizzo, viene definita la tipologia ed il contenuto della documentazione che l'esecutore deve fornire all'Autorità Competente nel rispetto di quanto richiesto dal Regolamento. In particolare, sulla base di quanto stabilito dall'art. 11 del Regolamento, in tutte le fasi di movimentazione delle terre l'esecutore è tenuto a redigere la modulistica necessaria a garantire la tracciabilità del materiale da scavo.

Tale documentazione, che accompagna il trasporto del materiale da scavo, deve essere redatta secondo le indicazioni dell'Allegato 6 del Regolamento.

Nel presente paragrafo sono descritti gli oneri documentali a carico dell'Appaltatore, finalizzati alla rendicontazione verso la Direzione dei Lavori di specifiche informazioni inerenti la gestione dei materiali da scavo.

In particolare, l'Appaltatore è libero di concordare con gli Enti competenti i dettagli formali e sostanziali di tutti i documenti relativi alla gestione dei materiali da scavo nel rispetto della normativa vigente e delle prescrizioni degli stessi Enti.

Si riassumono nella tabella sottostante, insieme dei documenti da produrre a cura dell'esecutore, specificando le tempistiche di consegna e di aggiornamento. Suddetti documenti - realizzati in formato digitale al fine di consentire la elaborazione dei dati - dovranno essere trasmessi alla Committente e alla Direzione Lavori, secondo le scadenze di seguito elencate e comunque conservati in cantiere e resi disponibili a richiesta della Direzione Lavori e degli Enti di Controllo.

DOCUMENTAZIONE	SCADENZA DI CONSEGNA ASPI E DL	DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE SU RICHIESTA
Registro delle caratterizzazioni	15 giorni successivi alla fine di ogni semestre	Verbali di campionamento / nota di trasmissione al laboratorio  certificati di analisi
Registro delle movimentazioni	15 giorni successivi alla fine di ogni semestre	Documenti di trasporto
Registro di tracciabilità	15 giorni successivi alla fine di ogni semestre	
DAU semestrale	15 giorni successivi alla fine di ogni semestre	Quanto previsto dalla normativa

**Tabella riassuntiva degli adempimenti documentali**

### 8.2.1.1 Bilancio statico dei materiali da scavo

L'Appaltatore, prima di iniziare la movimentazione dei materiali da scavo e a seguito della comunicazione del proponente di cui all'art. 9 del Regolamento, è tenuto a confermare o correggere il bilancio statico di progetto riportato nel Piano di Utilizzo, trasmettendolo alla Direzione Lavori.

Qualora fossero ravvisati errori o manchevolezze nella computazione dei volumi in banco, oggetto del Piano di Utilizzo e fosse superata la percentuale di variazione del 20%, l'Appaltatore è tenuto a ripresentare il Piano di Utilizzo, previa verifica della Direzione Lavori, all'approvazione del Ministero dell'Ambiente, in linea con quanto indicato all'art. 8 del Regolamento in materia di modifica sostanziale.

L'Appaltatore è tenuto alla verifica di tutti gli aspetti che possano determinare variazioni sostanziali ai sensi dell'articolo 8 del Regolamento, comunicando tempestivamente alla Direzione Lavori eventuali criticità. L'Esecutore è in ogni caso Responsabile del puntuale aggiornamento del PdU a seguito del verificarsi di una modifica sostanziale ai sensi dell'articolo 8 del Regolamento.

### 8.2.1.2 Caratterizzazioni ambientali in corso d'opera

Fatto salvo quanto salvo dal Regolamento in tema di caratterizzazione ambientale, i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione in corso d'opera contenuti nel PdU sono:

1. L'impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare per le opere all'aperto la caratterizzazione dei materiali da scavo relativi ai punti risultati inaccessibili in fase progettuale e indicati nel PdU (AMB010);
2. L'impresa esecutrice ha la facoltà di ricaratterizzare i materiali relativi agli scavi all'aperto;
3. L'impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare preventivamente per le opere all'aperto la caratterizzazione dei materiali da scavo per la verifica delle anomalie puntuali rilevate in metalli pesanti lungo il tracciato nell' intorno dei punti PZPE05, SD3, PZLL27 (come esplicitato nel capitolo 6 del PdU - AMB010);

4. L'impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare preventivamente per le opere all'aperto, direttamente sull'area di scavo o nell'intera area di intervento, le caratterizzazioni dei materiali da scavo nelle porzioni del rilevato autostradale esistente, realizzati anche mediante l'impiego di pietre verdi e di seguito riportate:
- carreggiata dir. Firenze: dalla prog. km 5+000 alla prog. km 20+000, per una lunghezza complessiva di 15 km circa;
  - carreggiata dir. Pistoia: dalla prog. km 8+000 alla prog. km 19+500, per una lunghezza complessiva di 11,5 km circa.

Relativamente ai punti precedenti, si precisa che:

- per caratterizzazione si intende la caratterizzazione ambientale di cui agli allegati 1, 2 e 4 del Regolamento, svolta per attestare la sussistenza dei requisiti di compatibilità ambientale, ove non è stato possibile indagare in fase propedeutica o per quei materiali la cui caratterizzazione necessita di un maggiore approfondimento esplicabile solo in fase realizzativa;
- per ricaratterizzazione si intende la verifica della permanenza dei requisiti di qualità ambientale a seguito dell'esecuzione di attività di scavo, da svolgere in fase di corso d'opera secondo gli allegati 4 e 8 parte A).

Prima di iniziare le attività di scavo, l'esecutore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori, il crono programma delle caratterizzazioni, individuando per ciascuna WBS, il periodo presunto entro il quale saranno svolte le attività di caratterizzazione.

L'esecutore, con 3 giorni di preavviso, darà comunicazione alla Direzione Lavori delle attività di caratterizzazione ambientale; tale comunicazione dovrà contenere data, ora e luogo della caratterizzazione.

### 8.2.1.3 Interferenza con porzione satura del terreno

L'impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare una campagna di misura quali-quantitativa sulla falda acquifera sotterranea così come indicato in allegato 2 del Regolamento, individuando i tratti autostradali oggetto di ampliamento in cui le operazioni di scavo potranno interessare la porzione satura del terreno, interferendo con la falda sub affiorante nella piana prato-pistoiese (vedere par. 4.5 AMB 010). Sulla base dell'effettiva interferenza con la falda dovrà essere definita la densità dei campionamenti, tenendo conto di quanto indicato in allegato 2 del Regolamento prevedendo nel primo caso un rilievo piezometrico almeno ogni 500 m lineari e nel caso di opera profonda (es. fondazione dei viadotti) un rilievo piezometrico in corrispondenza almeno di una delle 2 spalle o lati. I limiti di riferimento sono da riferirsi alla Tabella 2, allegato 5, al Titolo V, parte IV, del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., considerando come set analitico gli stessi parametri proposti per la caratterizzazione dei terreni (rif. tabella 4.1 del Regolamento).

La campagna di misura dovrà essere sottoposta alla Direzione Lavori, la cui esecuzione dovrà seguire le modalità previste per le altre caratterizzazioni (cronoprogramma, preavviso, trasmissione risultati) e definite nel paragrafo precedente.

Si ricorda che ai sensi dell'allegato 4 del Regolamento, nel caso in cui il materiale da scavo venga utilizzato per nuove attività di riempimenti e reinterri in condizioni di falda affiorante o sub affiorante, al fine di salvaguardare le acque sotterranee ed assicurare un grado di tutela ambientale, si dovrà utilizzare dal fondo sino alla quota di massima escursione della falda più un metro di franco, materiale da scavo per il quale sia stato verificato il rispetto dei limiti di cui alla colonna A.

### 8.2.1.4 Registro di caratterizzazione dei materiali da scavo

L'Esecutore, sotto la propria esclusiva responsabilità, eseguirà l'attività di caratterizzazione ambientale dei materiali da scavo prevista nel Piano di Utilizzo, nel rispetto del Regolamento e dei suoi allegati.

Il Registro di caratterizzazione dei materiali da scavo è un documento, da redigersi a cura e spese dell'Appaltatore, finalizzato alla registrazione di tutti i dati delle caratterizzazioni necessari per dimostrare la compatibilità ambientale del materiale da scavo ai sensi del Regolamento e del Piano di Utilizzo.

Il registro delle caratterizzazioni dovrà essere trasmesso alla Committente e alla Direzione Lavori entro 15 gg dalla fine di ogni semestre.

Nel registro delle caratterizzazioni dovranno essere associate, a ciascuna WBS, sia di scavo sia di utilizzo, tutte le caratterizzazioni ambientali ad essa riferite, distinguendole in relazione alle diverse fasi in cui sono effettuate:

1. Caratterizzazioni effettuate in corso d'opera sui materiali provenienti da scavi all'aperto per i siti ai quali in fase di progettazione non è stato possibile accedere (AMB010);
2. Caratterizzazioni effettuate in corso d'opera sui materiali provenienti da scavi all'aperto integrative di cui ha facoltà l'Appaltatore;
3. Caratterizzazioni effettuate in corso d'opera per la verifica delle anomalie puntuali rilevate in metalli pesanti lungo il tracciato nell'ambito dei punti PZPE05, SD3, PZLL27 (come esplicitato nel capitolo 6 del PdU . AMB010);
4. Caratterizzazioni effettuate in corso d'opera, direttamente sull'area di scavo o nell'intera area di intervento, nelle porzioni del rilevato autostradale esistente, realizzati anche mediante l'impiego di pietre verdi e di seguito riportate:
  - a) carreggiata dir. Firenze: dalla prog. km 5+000 alla prog. km 20+000, per una lunghezza complessiva di 15 km circa;
  - b) carreggiata dir. Pistoia: dalla prog. km 8+000 alla prog. km 19+500, per una lunghezza complessiva di 11,5 km circa.
5. Caratterizzazioni della falda nelle zone di interferenza con le operazioni di scavo.

Il modello puramente indicativo del registro di caratterizzazione, da particolareggiare per ogni WBS secondo quanto sopra evidenziato, viene di seguito riportato.

WBS	Sito di produzione	Modalità caratterizzazione (1)	Fase di caratterizzazione (3)	Data	Sito di caratterizzazione	Qualificazione ambientale (2)	Certificato di analisi

### Esempio di Registro di caratterizzazione

- (1) Modalità di caratterizzazione preventiva, sul fronte di scavo, in cumulo
- (2) concentrazione (CSC) D.Lgs. 152/2006, Tab.1, All.5, titolo V, Parte IV, colonne A e B
- (3) fase di caratterizzazione: siti inaccessibili, facoltà appaltatore, anomalie metalli pesanti, presenza pietre verdi, caratterizzazione falda

Qualora le caratterizzazioni ambientali forniscano risultati non conformi all'utilizzo come sottoprodotto, l'appaltatore dovrà darne tempestiva comunicazione al Committente e alla Direzione Lavori, indicando la WBS interessata ed allegando il corrispondente certificato di analisi.

#### **8.2.1.5 Documenti di trasporto e registri di movimentazioni e tracciabilità delle terre**

L'appaltatore, ai sensi dell'art. 11 e dell'Allegato 6 del Regolamento, provvederà a mettere in atto tutti gli obblighi informativi e di rendicontazione delle attività di trasporto dei materiali da scavo previste dalla legge. L'appaltatore provvederà alla corretta gestione e conservazione dei documenti di trasporto ex art. 11 e Allegato 6, e alla predisposizione di una quarta copia da trasmettere con cadenza mensile alla Committente, presso gli uffici della Direzione Lavori. Infatti, sulla base di quanto stabilito dall'art. 11 del Regolamento, in tutte le fasi successive all'uscita del materiale dal sito di produzione, il trasporto del materiale escavato è accompagnato dalla documentazione di cui all'Allegato 6 del Regolamento, predisposta in quattro copie (una per l'appaltatore, una per il trasportatore, una per il destinatario e una per il proponente).

I moduli di trasporto di cui all'Allegato 6 del Regolamento attestano la provenienza e la destinazione del materiale da scavo e si riferiscono alle singole WBS, riportando così il codice relativo, invece dell'indirizzo civico richiesto.

L'appaltatore del Piano di Utilizzo invierà alla Direzione Lavori, le informazioni indicate nell'Allegato 6 del Regolamento, preventivamente con una comunicazione cumulativa all'inizio della giornata, anche solo per via telematica, che contenga il cronoprogramma complessivo dei trasporti programmati per la giornata. Laddove le previsioni non dovessero essere rispettate integralmente, l'appaltatore dovrà inviare tempestivamente alla Committente e alla Direzione Lavori, anche solo per via telematica, una comunicazione cumulativa rettificata.

L'appaltatore inserirà i dati provenienti dai documenti di trasporto in un apposito registro delle movimentazioni informatico.

Le quantità di materiale indicate dall'appaltatore nei documenti di trasporto e riportate nel registro delle movimentazioni, fanno riferimento a volumi di materiale sciolto e prima della sistemazione finale.

	Data del trasporto	Mezzo di trasporto	Identificativo mezzo	Quantità trasportata	Qualità ambientale	Caratteristiche merceologiche	
Sito di produzione (WBS)							Sito di utilizzo (WBS)
Sito di produzione (WBS)							Deposito temporaneo
Deposito temporaneo							Sito di utilizzo (WBS)
<b>TOTALI</b>							

**Registro delle movimentazioni**

A partire dalle informazioni contenute nel registro delle movimentazioni, le quantità progressive trasportate potranno essere aggregate per siti di produzione, di destinazione e di deposito intermedio.

Il registro di movimentazione, presentato come consuntivazione semestrale rispetto ai siti di produzione e di utilizzo, saranno trasmessi dall'esecutore alla Committente e alla Direzione Lavori entro 15 giorni successivi al termine del semestre di riferimento.

In aggiunta a quanto sopra riportato, ai fini della tracciabilità, verrà redatto il registro della tracciabilità, dove per ogni quantitativo di volume %a banco+ movimentato nel periodo di riferimento, viene indicato il sito di produzione e il sito di utilizzo, nonché le caratteristiche di qualità ambientale (dato contenuto nel format del registro).

Con riferimento alla qualità ambientale, l'esecutore indicherà il rispetto delle colonne A e B della Tabella 1, Allegato 5 parte IV del D.lgs. n. 152/2006 e s.m.i..

La tabella seguente mostra una possibile modalità di registrazione, da compilarsi singolarmente per ogni sito di produzione con cadenza trimestrale, valido quando non si passi per un deposito temporaneo.

Sito di produzione (luogo e identificativo di progetto)	Volume in banco del trimestre (produzione)	Qualità ambientale	Sito di utilizzo (luogo e identificativo di progetto)
<b>Totale produzione</b>			

**Registro di tracciabilità trimestrale**

Nel caso in cui prima di arrivare a destinazione il materiale soste in corrispondenza di un sito di deposito intermedio, si adotterà invece una diversa tabella che ha una cadenza volumetrica.

Sito di produzione		Qualità ambientale	Deposito temporaneo	Sito di utilizzo	
Nome	Volume in banco			Nome	Volume
TOTALE		TOTALE		TOTALE	

**Registro di tracciabilità con deposito intermedio**

L'appaltatore una volta raggiunto il volume complessivo del deposito temporaneo è tenuto a smaltirlo completamente, tenendo registrazione dei siti di utilizzo. A questo punto il sito di stoccaggio può essere utilizzato per costituire un altro cumulo.

Il registro di tracciabilità, presentato come consuntivazione semestrale rispetto ai siti di produzione e di utilizzo, sarà conservato in cantiere e reso disponibile a richiesta della Direzione Lavori e degli Enti di Controllo.

### 8.2.1.6 Dichiarazione avvenuto utilizzo

Secondo quanto indicato nell'art. 12 del Regolamento, l'avvenuto utilizzo del materiale escavato in conformità al piano di Utilizzo deve essere attestato dall'appaltatore mediante la Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU). Tale documentazione, da produrre a conclusione dei lavori di escavazione e di utilizzo di tutta l'opera a progetto, deve essere redatta dall'appaltatore in conformità alle indicazioni dell'allegato 7 del regolamento.

Inoltre in relazione alla complessità dell'opera, l'appaltatore è tenuto a redigere, oltre alla dichiarazione di avvenuto utilizzo di cui all'art. 12 del Regolamento anche una dichiarazione di avvenuto utilizzo con cadenza semestrale attestante l'avvenuto utilizzo dei materiali sia relativamente al periodo per il quale viene emessa sia a consuntivo.

La dichiarazione di avvenuto utilizzo semestrale dovrà essere trasmessa alla Committente e alla Direzione Lavori entro 15 giorni successivi al termine del semestre di riferimento.

### 8.2.2 Aree di deposito in attesa di utilizzo

Nell'ambito delle aree di cantiere sono individuati i siti di deposito secondo la definizione all'art. 10 del Regolamento.

I siti definiti in ambito progettuale sono localizzati nelle predette aree di cantiere:

- CO-02: prog. km 3+340 carreggiata dir. Est: raccoglierà i terreni provenienti dai primi 7 chilometri di tracciato, compreso lo svincolo di Peretola, con posizione baricentrica rispetto ad essi.

- CB-01: prog. km 17+150 carreggiata dir. Ovest: raccoglierà i terreni provenienti dal tratto tra i km 7 e 20 per totali 13 km.
- CO-03: progr. km 22+200 carreggiata dir. Ovest: raccoglierà i terreni provenienti dagli ultimi 7 chilometri di tracciato.
- CO-04: progr. km 37+950 carreggiata dir. Ovest: raccoglierà i terreni provenienti dal tratto nel comune di Monsummano.

Queste aree sono individuate per la deposizione del materiale in attesa della destinazione/utilizzo finale. Sono utilizzate e organizzate sulla base della caratterizzazione chimica dei terreni e dei materiali, sulla loro compatibilità ambientale e idoneità ad essere riutilizzati nella fase di corso d'opera.

#### Caratteristiche e tipologie delle aree di deposito in attesa di utilizzo

I materiali che verranno depositati nelle aree possono essere suddivisi genericamente nelle seguenti categorie:

- terreno sterile derivante da scavi all'aperto;
- terreno vegetale (corrispondente al primo strato di terreno, risultante dalle operazioni di scotico, generalmente 20-30 cm);

Le differenti caratteristiche dei materiali determinano diverse caratteristiche delle aree all'interno delle quali esse verranno allocate.

In tutti i casi le aree di deposito, dimensionate in maniera diversa in funzione dei quantitativi di materiali da accumulare, verranno realizzate in modo da contenere al minimo gli impatti sulle matrici ambientali, con specifico riferimento alla tutela delle acque superficiali e sotterranee ed alla dispersione delle polveri, con eventuale e continua umidificazione della superficie del deposito del materiale.

All'interno delle singole aree il terreno deve essere stoccato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza del materiale, con altezza massima derivante dall'angolo di riposo del materiale in condizioni sature, tenendo conto degli spazi necessari per operare in sicurezza durante le attività di deposito e prelievo del materiale.

In linea generale poi si possono distinguere i materiali già caratterizzati sulla base della loro concentrazione chimica:

- deposito di terreni già caratterizzati e che contengono concentrazioni di inquinanti inferiori ai limiti di tabella A (conc. < limiti col. A);
- deposito di terreni già caratterizzati per i quali sia stato riscontrato il superamento dei limiti della colonna A e comunque minori di colonna B;

La preparazione e disposizione delle aree di deposito richiede in breve le seguenti lavorazioni:

- lo scotico del terreno vegetale, che verrà accantonato lungo il perimetro di ciascuna area;
- la regolarizzazione, compattazione ed impermeabilizzazione del fondo;
- la creazione di un fosso di guardia per allontanare le acque di pioggia;
- la posa, ove ritenuto necessario, di una recinzione di delimitazione.

#### Aree di deposito per terreno vegetale

La rimozione del terreno vegetale interessa non solo le aree di sedime dell'opera, ma anche tutte le aree interessate dalla cantierizzazione (ivi comprese le piste, le aree di cantiere propriamente dette e le stesse aree di deposito).

Le aree di deposito del terreno vegetale saranno separate dalle aree di deposito di altre tipologie di terre, come sopra indicato.

### 8.3 GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI

Durante la gestione dei materiali di scavo sono immediatamente identificati quali rifiuto, e quindi opportunamente gestiti, le seguenti tipologie:

- i materiali di risulta derivanti da perforazioni per la realizzazione di micropali;
- terre derivanti dai tratti segnalati caratterizzati da scavi all'aperto con potenziali tenori in amianto superiori ai limiti di legge consentiti (1000 mg/kg);

In particolare relazione alla evidenziata presenza di materiale contenente amianto / pietre verdi si specifica che i lavori di demolizione o rimozione dei materiali contenenti amianto possono essere effettuati solo da imprese iscritte all'Albo nazionale gestori ambientali, categoria 10 [art. 212 D.Lgs. 152/06]. Tale iscrizione deve essere rinnovata ogni cinque anni e sostituisce l'autorizzazione all'esercizio delle attività di raccolta, trasporto, commercio e intermediazione dei rifiuti. Il datore di lavoro della ditta esecutrice, almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori, presenta il piano di lavoro a SPISAL.

Nell'ottica che tali operazioni rientrino in un piano di gestione dei rifiuti secondo l'art. 183 del D.Lgs. 152/05 ss.mm.ii., si sottolinea anche che le acque, utilizzate durante l'operazione di abbattimento delle polveri nella fase di cantierizzazione, nei tratti caratterizzati dalla potenziale presenza di amianto devono essere specificatamente raccolte e trattate e che il materiale di risulta dal processo di sedimentazione, costituito anche da polveri di cemento e additivi, debba essere considerato rifiuto.

Il materiale a rifiuto sarà poi gestito internamente alle aree di deposito individuate presso le aree di cantiere CO01-lotto 1, CB01-lotto 1, CO01-lotto 2 e CB01-lotto 2, ubicate tutte in prossimità dell'intervento.

#### 8.3.1 Cautele in relazione alla presenza di aree contaminate

##### **Area di Servizio Peretola Nord**

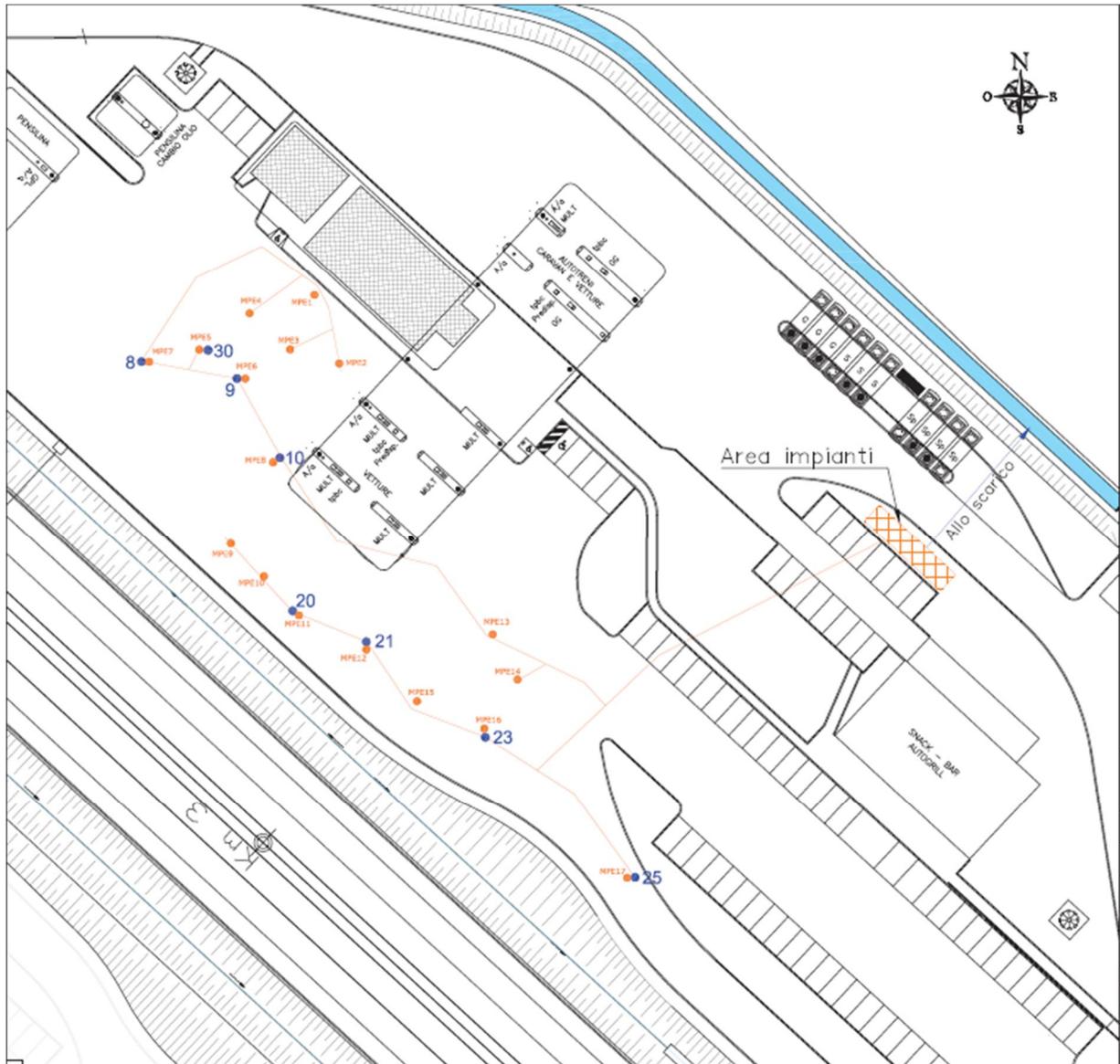
Dall'esame del progetto predisposto per gli interventi relativi al potenziamento alla terza corsia, si evidenzia che opere e le lavorazioni potrebbero interferiranno marginalmente con l'area di servizio Peretola Nord.

L'ADS Peretola Nord: è in procedura di bonifica da prima del 2003. Nel tempo, le attività di bonifica effettuate come da progetti presentati ed approvati e gli impianti installati, hanno portato alla rimozione delle fonti inquinanti.

Sull'area, infatti, sono stati installati:

- nel 2013 un impianto di Pump & Treat per la rimozione dei contaminanti in falda;
- nel 2014 un impianto di Multi Phase Extraction per la separazione e la rimozione del surnatante riscontrato in falda;
- nel 2016 un impianto di Soil Vapor Extraction per la rimozione della contaminazione adsorbita nel terreno.

Gli impianti di bonifica sono situati all'interno di box insonorizzati. La rete dei punti di aspirazione è riportata in figura.



I risultati dei monitoraggi eseguiti, infatti, almeno fino al novembre 2017 mostravano il raggiungimento degli obiettivi di bonifica per i terreni.

Per tale motivo, a Novembre 2017, ENI ha eseguito una campagna di sondaggi e monitoraggi di collaudo.

I risultati, però, non hanno confermato l'assenza di contaminazione. In particolare, le analisi di collaudo sui terreni hanno mostrato un superamento dei limiti tabellari nel campione prelevato nel sondaggio PC1 per il parametro Idrocarburi leggeri alla profondità fino a 1 m da p.c. tale parametro non era stato mai riscontrato nell'area.

Questo, oltre a rimandare il collaudo, ha comportato la necessità di riaggiornare il documento di Analisi di Rischio sito specifico che dovrà tenere conto di tale parametro.

Per tale motivo, ENI ha richiesto di proseguire con le attività di monitoraggio delle acque di falda fino al luglio 2018 e ha richiesto la proroga delle attività di bonifica in corso almeno fino a Dicembre 2018.

Dalla sovrapposizione planimetrica tra le opere di progetto e la erte di aspirazione non si evidenziano interferenze. In ogni caso eventuali modifiche alla situazione attuale andranno

verificate puntualmente preliminarmente all'avvio dei lavori nelle aree interessate, mentre la loro risoluzione è carico della stazione appaltante.

Si esplicita in ogni caso che il riferimento normativo che disciplina i lavori da eseguire presso aree in cui risultano avviati procedimenti di bonifica è l'art. 34 comma 7 del D.L. 12.09.2014 n. 133 convertito, con modificazioni, dalla Legge 11.11.2014 n. 163 (Decreto "sblocca Italia").

In particolare la norma indica che:

*7. Nei siti inquinati, nei quali sono in corso o non sono ancora avviate attività di messa in sicurezza e di bonifica, possono essere realizzati interventi e opere [o] altre opere lineari di pubblico interesse a condizione che detti interventi e opere siano realizzati secondo modalità e tecniche che non pregiudicano né interferiscono con il completamento e l'esecuzione della bonifica, né determinano rischi per la salute dei lavoratori e degli altri fruitori dell'area.*

*8. Ai fini dell'applicazione del comma 1 sono rispettate le seguenti procedure e modalità di caratterizzazione, scavo e gestione dei terreni movimentati:*

*a) [o];*

*b) in presenza di attività di messa in sicurezza operativa già in essere, il proponente, in alternativa alla caratterizzazione di cui alla lettera a), previa comunicazione all'ARPA da effettuarsi con almeno quindici giorni di anticipo, può avviare la realizzazione degli interventi e delle opere. Al termine dei lavori, l'interessato*

*assicura il ripristino delle opere di messa in sicurezza operativa;*

*c) le attività di scavo sono effettuate con le precauzioni necessarie a non aumentare i livelli di inquinamento delle matrici ambientali interessate e, in particolare, delle acque sotterranee. Le eventuali fonti attive di contaminazione, quali rifiuti o prodotto libero, rilevate nel corso delle attività di scavo, sono rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione rifiuti.*

Tale norma, inoltre, è stata integrata dall'art. 25 del DPR 120/2017; esso prescrive che nella realizzazione degli scavi in siti oggetto di bonifica, deve essere analizzato un significativo numero di campioni di suolo insaturo.

Il piano di dettaglio di analisi da eseguire è concordato con l'ARPA territorialmente competente che si pronuncia in 30 gg dalla richiesta dettando eventuali prescrizioni. Entro 30 gg dall'avvio dei lavori il proponente trasmette agli Enti il piano operativo degli interventi ed un dettagliato cronoprogramma con l'indicazione della data di inizio dei lavori.

Inoltre, presso le aree descritte, le eventuali attività di escavazione dovranno essere condotte da un'impresa iscritta alla categoria n°9+ dell'Albo dei gestori Ambientali e tutto il materiale di risulta, previa adeguata caratterizzazione e attribuzione del codice CER anche mediante apposito Test di Pericolosità, verrà destinato allo smaltimento presso un sito dotato delle adeguate autorizzazioni, in conformità con la normativa vigente.

## 9 CAUTELE IN RELAZIONE ALLA PRESENZA DI MATERIALE CONTENENTE AMIANTO

In relazione alla evidenziata presenza di pietre verdi (ofioliti) nei rilevati autostradali esistenti il progetto esecutivo prevede specifiche indicazioni per la gestione di tali situazioni in riferimento ai diversi profili coinvolti.

In particolare il Piano di utilizzi ai sensi del DM 161/2012 (AMB0010) e il Piano di sicurezza e coordinamento (SIC0001) riportano le procedure e gli apprestamenti che dovranno essere adottati al fine di minimizzare i rischi relativi alla contaminazione ambientale e alla sicurezza e salute dei lavoratori.

In particolare nei documenti sopra citati sono illustrati e dettagliati gli apprestamenti ed i processi previsti per l'applicazione in sicurezza della tecnologia esecutiva in presenza di materiali con amianto, che in sintesi possono essere così riassunti:

- l'esposizione dei lavoratori al contatto con la roccia amiantifera sarà limitato al solo tratto limitrofo in cui si sta procedendo con l'avanzamento dello scavo: le superfici scavate verranno ricoperte con una pioggia nebulizzata che inumidiscono il materiale stesso in modo da ridurre immediatamente l'estensione del pericolo in termini di tempo e di entità;
- il tratto di scavo sarà isolato operativamente con una zona filtro, per consentire il lavaggio dei mezzi e il cambio di indumenti alle maestranze;
- ovviamente i lavoratori soggetti all'esposizione all'amianto saranno dotati degli opportuni dispositivi di protezione individuale (DPI) e tutto l'ambiente di lavoro in cantiere verrà monitorato per verificare l'assenza di fibre.

Per l'esecuzione delle lavorazioni stradali lungo linea o degli scavi di fondazione dei viadotti o cavalcavia dovranno essere utilizzati sistemi peculiari vista la specificità della problematica. La soluzione individuata è mutuata dall'esperienza dei lavori di bonifica nella ex-cava amiantifera di Balangero e dalla di altri progetti sviluppati in contesti con tali problematiche, dove, per operare sul terreno contaminato dalle fibre, viene creata una bolla di sicurezza utilizzando dei fog-cannon. Attorno alla zona di lavoro viene installato un sistema di monitoraggio che verifica il funzionamento del sistema.

## 10 MONITORAGGIO AMBIENTALE

In ottemperanza alle prescrizioni del Decreto VIA (D.M. n°134/2016) e della Conferenza di Servizi la realizzazione dell'opera è soggetta ad un Monitoraggio Ambientale esteso e a tutte le componenti ambientali nelle fasi ante corso e post operam, i cui dettagli sono riportati nell'estratto del Piano di Monitoraggio Ambientale allegato al progetto.

L'appaltatore è tenuto a consentire, agevolandola, l'esecuzione delle misure di monitoraggio ambientale e le verifiche in sito per l'ottemperanza alle disposizioni del presente capitolato.

L'appaltatore è tenuto ad attuare a propria cura e spese e nei tempi che verranno prescritti:

- le disposizioni e gli interventi correttivi finalizzati alla prevenzione e al contenimento degli impatti ambientali
- la produzione di specifica documentazione tecnico/informativa
- la gestione degli adempimenti relativi a permessi ed autorizzazioni ambientali nel rispetto della normativa vigente

che verranno disposti dal Gestore del Monitoraggio Ambientale, attraverso la Direzione Lavori, ovvero dall'Osservatorio Ambientale/Comitato Tecnico istituito in sede ministeriale o regionale e dagli organi istituzionali di Vigilanza e Controllo Ambientale, anche in ragione delle risultanze delle misure strumentali del monitoraggio ambientale.

Nell'ambito delle attività di monitoraggio ambientale è compresa la gestione delle emergenze ambientali che si dovessero verificare nel corso dei lavori.

In linea generale tale gestione prevede il confronto tra i dati rilevati dal monitoraggio e gli eventuali limiti normativi esistenti o livelli di soglia (attenzione ed allarme) che saranno definiti prima dell'inizio dei lavori (al termine della fase ante operam) e che saranno soggetti ad approvazione da parte dell'Osservatorio Ambientale/Tavolo Tecnico.

Premesso che i livelli di soglia possono essere diversi (limiti di attenzione, di allarme, o limiti di legge), in modo da attivare le procedure in tempo utile prima che si raggiungano situazioni di reale criticità ambientale, i criteri per la definizione di tali soglie si possono riassumere nelle seguenti modalità:

- le soglie vengono definite a partire dai limiti normativi esistenti, anche se non strettamente cogenti, come ad esempio Linee Guida od obiettivi di qualità ambientale (normativa europea); i livelli di soglia in questo caso sono rappresentati da percentuali dei valori normativi;
- le soglie vengono definite sulla base di criteri statistici, con riferimento ai dati ante operam (ad esempio: media dei valori ante operam più deviazione standard);
- le soglie possono essere definite anche in base ad un criterio di peggioramento progressivo, analizzando cioè le serie più recenti dei rilievi effettuati (nella fase di corso d'opera) e calcolando medie e deviazione standard su questi valori.

Al verificarsi del superamento del valore preso a riferimento per la variabile ambientale considerata, il Gestore del Monitoraggio Ambientale informerà l'Osservatorio Ambientale, mentre la Direzione Lavori procederà a convocare l'appaltatore, che è tenuto a partecipare con rappresentante appositamente delegato e con adeguato potere decisionale.

L'appaltatore che è tenuto ad attuare a propria cura e spese e nei tempi che verranno prescritti gli interventi necessari, ivi compresa l'eventuale sospensione dell'attività causa dell'anomalia, per evitare il raggiungimento dei valori limite o il perdurare di una situazione critica.

## 11 VERIFICA FINALE DELLO STATO DEI LUOGHI DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE

L'Appaltatore sarà inoltre tenuto, alla conclusione dei lavori nella fase di ripristino finale, alla verifica di non contaminazione delle aree di cantiere e delle aree comunque interessate dai lavori.

Nel caso specifico si prescrive all'Appaltatore la pulizia delle aree e delle viabilità con la rimozione completa dei rifiuti presenti nei depositi e nelle aree utilizzate.

L'Appaltatore dovrà effettuare a fine lavori opportune analisi ambientali che attestino la non contaminazione delle aree in relazione ai valori previsti da normativa o, se del caso, ai valori di fondo riscontrati nell'ambito dell'analisi ambientale iniziale.

Le analisi andranno concordate preventivamente con la Direzione Lavori nell'ambito di una riunione ad hoc.

Tale analisi dovrà essere eseguita da personale competente in materia e comporterà la sottomissione da parte dell'Appaltatore di una relazione tecnica nella quale saranno descritte le componenti ambientali oggetto di analisi, le modalità con le quali l'analisi è stata effettuata e i risultati di tali analisi. In caso di contaminazione la relazione dovrà includere l'individuazione delle azioni che l'Appaltatore intraprenderà a norma di legge per far fronte, ove possibile, alla contaminazione.

La relazione sarà corredata da opportuni elaborati grafici nei quali saranno riportati i punti di indagine.

La relazione dovrà essere sottomessa, entro 60 giorni dalla fine dei lavori alla Direzione Lavori che la verificherà chiedendo, se del caso, eventuali integrazioni/modifiche cui l'Appaltatore dovrà rispondere nei tempi previsti dalle parti.

La Direzione Lavori potrà inoltre, se opportuno, richiedere l'esecuzione di nuove e più specifiche analisi. L'Appaltatore dovrà ottemperare alle richieste nei tempi e modi definiti dalle parti.

# **ALLEGATO 1**

Specifiche per la redazione delle Valutazioni di impatto acustico

# **SPECIFICHE PER LA REDAZIONE DELLE VALUTAZIONI DI IMPATTO ACUSTICO**

*Le Valutazioni di impatto acustico dovranno essere redatte nel rispetto del seguente indice di argomenti e dovrà essere completa degli allegati di seguito richiamati, con particolare riferimento agli scenari operativi per il collaudo acustico.*

## **1. PREMESSA**

Descrizione dell'area oggetto della relazione  
Ricettori impattati dalle lavorazioni

## **2. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELLA ZONA**

Recepimento del quadro normativo regionale  
Recepimento ed analisi della classificazione acustica comunale

## **3 ESECUZIONE DELLE MISURE**

Misure del clima acustico (numero e tipologia di misura, modalità di restituzione ed analisi dei dati, caratterizzazione complessiva del clima acustico dell'area)

Censimento dei ricettori (numero, tipologia, caratteristiche e posizione dei ricettori più esposti alle attività di cantiere).

## **4 DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI E DEI MACCHINARI UTILIZZATI**

Scenario operativo del cantiere (posizione, dimensione, configurazione, tipologia di attività).

Descrizione delle lavorazioni (tipologia, durata assoluta e relativa).

Contemporaneità di più lavorazioni.

Caratterizzazione acustica delle sorgenti esaminate (sorgenti lineari, puntuali, areali; tempi di funzionamento) relativi dati di potenza sonora (certificati o da misure):

## **5 APPLICAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO ALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE**

Elencare i dati di input utilizzati nella modellazione e fornire tutti gli elementi per l'interpretazione dei calcoli conseguenti. Specificare se nel calcolo sono utilizzati dati di potenza sonora delle sorgenti oppure livelli di pressione sonora a distanza nota dalla macchina

Specificare riflessione del terreno ed effetto suolo: applicare ipotesi di terreno riflettente e di conseguenza propagazione semisferica (con un conseguente incremento del livello di pressione sonora di 3 dB). Non considerare l'effetto suolo; che costituisce la condizione più cautelativa, a meno che il progettista non fornisca caso per caso le specifiche del terreno ed effettui una ragionata stima del coefficiente di assorbimento.

Specificare se nei calcoli è stato considerato l'effetto dovuto alla riflessione della facciata dell'edificio. Le stime dei livelli attesi in facciata degli edifici devono essere aumentate di 3 dB rispetto alla propagazione in campo libero.

Interventi di mitigazione adottati

5.4.1 Interventi diretti: adozione di interventi di mitigazione (barriere fonoassorbenti, dune, insonorizzazioni meccaniche, ecc). È necessario che vengano forniti tutti i dati tecnici delle mitigazioni acustiche adottate a protezione dei ricettori

5.4.2 Interventi indiretti: indicazioni di tipo procedurale e gestionale del cantiere

## **6 VALUTAZIONE DEL RISPETTO DEI LIMITI ACUSTICI**

Valori di emissione calcolati mediante codice di calcolo

Valori di immissione calcolati mediante codice di calcolo

Valori di immissione differenziale calcolati mediante codice di calcolo

Eventuale richiesta di deroga.



## **ALLEGATO 2**

Moduli di gestione delle terre e rocce

### Registro di caratterizzazione

WBS	Sito di produzione	Modalità caratterizzazione (1)	Data	Sito di caratterizzazione	Qualificazione ambientale (2)	Certificato di analisi

(1) Modalità di caratterizzazione preventiva, sul fronte di scavo, in cumulo

(2) concentrazione (CSC) D.Lgs. 152/2006, Tab.1, All.5, titolo V, Parte IV, colonne A e B

### Registro delle movimentazioni

	Data del trasporto	Mezzo di trasporto	Identificativo mezzo	Quantità trasportata	Qualità ambientale	Caratteristiche merceologiche	
Sito di produzione (WBS)							Sito di utilizzo (WBS)
Sito di produzione (WBS)							Deposito temporaneo
Deposito temporaneo							Sito di utilizzo (WBS)
<b>TOTALI</b>							

### Registro di tracciabilità trimestrale

Sito di produzione (luogo e identificativo di progetto)	Volume in banco del trimestre (produzione)	Qualità ambientale	Sito di utilizzo (luogo e identificativo di progetto)
<b>Totale produzione</b>			

### Registro di tracciabilità con deposito intermedio

Sito di produzione		Qualità ambientale	Deposito temporaneo	Sito di utilizzo	
Nome	Volume in banco			Nome	Volume
<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>	

## **ALLEGATO 3**

**Città Metropolitana di Firenze È ARPAT**

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE ,MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI (DGP.213-09)



---

# **LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI**

*Antongiulio Barbaro, Franco Giovannini, Silvia Maltagliati*

*AFR Modellistica Previsionale*

---

## Introduzione

Le presenti linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

I metodi di valutazione proposti nel lavoro provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors<sup>1</sup>) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria, in particolare degli algoritmi di calcolo, e qualora sorgessero dubbi interpretativi.

Nel Capitolo 1 sono analizzate le sorgenti di particolato dovute alle attività di trattamento di materiali polverulenti e per ciascuna sorgente vengono individuate le variabili da cui dipendono le emissioni ed il metodo di calcolo, in taluni casi semplificato rispetto al modello originale ed adattato dove possibile alla realtà locale.

Nel Capitolo 2 sono presentate delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata compatibile con l'ambiente. Tale conclusione deriva dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione; i risultati indicano che al di sotto dei valori individuati non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria di PM10 dovuti alle emissioni dell'attività in esame. I modelli e le tecniche di stima delle emissioni si riferiscono oltre che al PM10 anche a PTS (polveri totali sospese) e PM2.5. Per queste frazioni granulometriche tuttavia non sono state sviluppate analoghe valutazioni e identificazioni di eventuali soglie emissive.

Per facilitare l'applicazione dei metodi di stima delle emissioni proposti e di seguito descritti, nonché la fornitura delle informazioni necessarie e la predisposizione di una adeguata documentazione, in allegato sono riportate delle "Istruzioni specifiche per il calcolo delle emissioni di PM10 in attività di trattamento di materiali polverulenti", contenenti i passi

---

<sup>1</sup> Il documento AP-42 è disponibile all'indirizzo (01/2009): <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>

I fattori di emissione e modelli emissivi dell'US-EPA sono ripresi ed utilizzati anche da AUS-EPA (Australia), si vedano le sintesi riportate in (01/2009):

[http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/pubs/mining.pdf](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/mining.pdf)

[http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/pubs/ffugitive.pdf](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/ffugitive.pdf)

necessari da seguire per effettuare le stime. Inoltre, sempre al fine di facilitare l'applicazione e uniformare i metodi e le valutazioni, sono state redatte due Appendici:

L'Appendice A (Immagini e termini) contiene una serie di immagini relative alle attività ed ai macchinari impiegati nelle lavorazioni di inerti e nei cantieri, ed un breve glossario di alcuni termini tecnici in lingua inglese che possono essere di aiuto nell'identificazione delle lavorazioni e dei rispettivi fattori di emissione.

L'Appendice B (Esempio di applicazione) contiene invece un esempio dettagliato di applicazione dei metodi qui descritti ad una attività di estrazione e trattamento di inerti; l'esempio può essere considerato propedeutico alla stesura delle valutazioni secondo le indicazioni qui presentate.

## Indice

Introduzione	2
Indice	4
<b>1 STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI</b>	<b>5</b>
1.1 PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE	6
1.2 SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE	19
1.3 FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI	20
1.3.1 SISTEMI DI CONTROLLO O DI ABBATTIMENTO	23
1.4 EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI	23
1.5 TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE	25
1.5.1 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO	27
1.5.2 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO PER TRANSITO DI MEZZI SU STRADE ASFALTATE	30
1.6 UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI	31
<b>2 VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10</b>	<b>33</b>
BIBLIOGRAFIA	40
ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI	43

## 1 STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI

Le sorgenti di polveri diffuse individuate si riferiscono essenzialmente ad attività e lavorazioni di materiali inerti quali pietra, ghiaia, sabbia ecc.; i metodi ed i modelli di stima proposti possono essere utilizzati anche per valutazioni emissive di attività simili con trattamento di materiali diversi, all'interno di cicli produttivi non legati all'edilizia ed alle costruzioni in generale. Le operazioni esplicitamente considerate sono le seguenti (in parentesi vengono indicati i riferimenti all'AP-42 dell'US-EPA):

1. Processi relativi alle attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (AP-42 11.19.2)
2. Scotico e sbancamento del materiale superficiale (AP-42 13.2.3)
3. Formazione e stoccaggio di cumuli (AP-42 13.2.4)
4. Erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5)
5. Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2)
6. Utilizzo di mine ed esplosivi (AP-42 11.9)

Queste operazioni sono state valutate e caratterizzate secondo i corrispondenti modelli US-EPA o gli eventuali fattori di emissione proposti nell'AP-42, con opportune modifiche/specificazioni/semplificazioni in modo da poter essere applicati ai casi di interesse.

Occorre segnalare che:

- Nella trattazione viene riportato il codice identificativo delle attività considerate come sorgenti di emissioni dell'AP-42, denominato SCC (*Source Classification Codes*), in modo da facilitarne la ricerca nella fonte bibliografica, in particolare in FIRE<sup>2</sup>.
- I fattori di emissione ed i modelli emissivi sono classificati dall'US-EPA in relazione alla loro attendibilità/incertezza con dei punteggi (*emission factor rating*) compresi tra A (maggiore attendibilità) ed E (maggiore incertezza). In particolare per attività

---

<sup>2</sup> FIRE: "The Factor Information REtrieval data system, FIRE", è il database contenente i fattori di emissione stimati e raccomandati dall'US-EPA per gli inquinanti normati e pericolosi. Di FIRE esiste una versione software che può essere usata in locale (dopo download) ed una versione Web; <http://cfpub.epa.gov/oraweb/> (12/2008); i fattori di emissione sono comunque disponibili in file di vari formati scaricabili dal sito web.

con emissioni diffuse come quelle qui esaminate, il livello di incertezza è da considerare elevato.

- Molti dei fattori di emissione qui presentati sono stati elaborati e sono applicabili in un contesto di stima delle emissioni a fini inventariali o di censimento; in vari casi, secondo l'US-EPA, la loro applicabilità alle specifiche situazioni ed attività sul territorio con fini di regolamentazione è sconsigliata o richiede un'analisi dettagliata ed approfondita. Nel presente contesto, in assenza di metodi e/o strumenti alternativi di stima, viene invece adottata la linea di impiegare comunque questi fattori.<sup>3</sup> S'intende quindi che tutte le considerazioni e le azioni conseguenti ad una tale applicazione devono essere anche valutate rispetto a questa scelta.
- In generale per tutte le varie lavorazioni le stime devono essere riferite all'unità oraria considerando un livello di attività media sul periodo di lavoro.
- Sempre in termini generali, per le attività e lavorazioni le cui emissioni sono descritte tramite modello emissivo e questo sia utilizzabile con le informazioni disponibili, il suo utilizzo è preferibile rispetto a quello dei fattori di emissione presenti in FIRE.
- In Appendice A sono riportate alcune foto relative ai processi ed alle attività d'interesse con lo scopo di aiutare l'identificazione di questi, e quindi la scelta dei fattori di emissione.

Di seguito sono trattate le emissioni di PM<sub>10</sub> (PTS e PM<sub>2,5</sub>) in termini di rateo emissivo, generalmente orario, nonché descritti i possibili sistemi di abbattimento o mitigazione applicabili.

### **1.1 PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE (AP-42 11.19.2)**

Per il calcolo delle emissioni vengono forniti i relativi fattori per processi senza abbattimento e con abbattimento in base alla dimensione del particolato. Il calcolo del rateo emissivo totale si esegue secondo la formula:

---

<sup>3</sup> In tal modo viene assicurata l'uniformità della valutazione tecnica delle emissioni.

$$E_i(t) = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t) \quad (1)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

$l$  processo

$m$  controllo

$t$  periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.)

$E_i$  rateo emissivo (kg/h) dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$AD_l$  attività relativa all' $l$ -esimo processo (ad es. *materiale lavorato/h* )

$EF_{i,l,m}$  fattore di emissione

I fattori di emissione sono presentati nel paragrafo 11.19.2 “*Crushed stone processing and pulverized mineral processing*” dell’AP-42 (US-EPA).<sup>4</sup>

Le diverse possibili, ma non esaustive, fasi di lavorazione relative alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione sono riportate per chiarezza negli schemi a blocchi (flowchart) dei processi (Figura 2 e Figura 3).

Le emissioni da processi di frantumazione sono caratterizzate in base alla pezzatura del materiale prodotto:

1. *frantumazione primaria: 75 – 300mm*
2. *frantumazione secondaria: 25 – 100mm*
3. *frantumazione terziaria: 5 – 25mm*

Per la frantumazione primaria non è definito uno specifico fattore di emissione.<sup>5</sup>

Il prodotto finale di tutti i processi di frantumazione citati arriva alla macinazione, da cui si produce un materiale di pezzatura inferiore a 5 mm.

Nell’attività di agglomerazione il materiale processato ha dimensioni comprese tra 1 e 75 mm.

---

<sup>4</sup> Per le attività ed i trattamenti di sabbia e ghiaia, occorre fare riferimento al paragrafo 11.19.1 “*Sand and Gravel processing*” dell’AP-42; tuttavia per i fattori di emissione di gran parte delle operazioni viene indicato di riferirsi a quelli del paragrafo 11.19.2 (vengono escluse alcune fasi specifiche, ad esempio l’impiego di sistemi di essiccazione, Sand Dryer, SCC3-05-027-20)

<sup>5</sup> Si osserva che nella documentazione dell’AP-42 sono riportate stime di emissione anche per alcuni casi di frantumazione primaria. Probabilmente a causa dell’esiguità dei casi e/o delle insufficienti informazioni raccolte, l’US-EPA non ha utilizzato questi dati per la definizione di un fattore emissivo da assegnare all’attività. Sono comunque presenti in FIRE numerosi fattori di emissione per la frantumazione primaria di materiali e minerali relativi a diversi processi produttivi.

Per l'esecuzione dei calcoli si richiede di utilizzare degli schemi a blocchi e riportare su di essi (si veda anche l'esempio in allegato) i seguenti elementi:

1. i bilanci di massa dei processi in  $Mg/h$ , indicando il flusso di materiale di ingresso e in uscita a ciascun processo,
2. i flussi di materiale trasportati all'interno del sito industriale dagli automezzi e quelli dovuti allo spostamento del materiale all'interno del sito, in  $Mg/h$ ; siano questi ottenuti con automezzi oppure per mezzo di nastri trasportatori,
3. la pezzatura del materiale in uscita a ciascun in  $mm$ .

Nel caso non siano disponibili i dati specifici, in particolare quelli dei flussi di materiale trattato in ogni processo o le dimensioni della pezzatura, è opportuno inserire nelle stime valori conservativi ed indicare l'origine dei dati adottati e le eventuali motivazioni che hanno indirizzato verso tale scelta.

Si raccomanda di verificare che i flussi di massa riportati nei processi siano congruenti con i flussi trasportati dagli automezzi e dai nastri trasportatori. A questo scopo si suggerisce di indicare all'interno degli schemi a blocchi il tipo di trasporto (automezzi, nastri trasportatori o altro) ed i flussi trasportati in  $Mg/h$  per ogni processo.

In Tabella 1 riferendosi agli schemi delle Figure 2 e 3 si fornisce l'elenco dei processi per ciascuna attività e le relative unità di misura richieste per il calcolo delle emissioni. Per ciascun processo viene riportata la denominazione originale (in inglese), il codice SCC adottato nella nomenclatura dell'AP-42 (cui riferirsi per individuare la fonte), e viene inoltre riportato il calcolo dell'efficienza di rimozione riferita ai sistemi di abbattimento o mitigazioni applicabili, stimata in base ai fattori di emissione proposti dall'US-EPA (vedi formula 2). Gli abbattimenti o le mitigazioni considerate comprendono la bagnatura e l'umidificazione del materiale, il convogliamento dell'aria di processo in sistemi di abbattimento delle polveri, quali i filtri a maniche, e la copertura ed inscatolamento delle attività o dei macchinari. Si sottolinea che l'efficienza della bagnatura con acqua è valutata in relazione al contenuto di umidità del materiale che deve essere compreso tra 0.5% e 3.0%, inteso come rapporto tra massa del contenuto di acqua e massa totale del materiale.

L'efficienza di rimozione è definita come:

$$\text{efficienza di rimozione \%} = 100 - \left( \frac{EF_{\text{con abbattimento}}}{EF_{\text{senza abbattimento}}} * 100 \right) \quad (2)$$

Si segnala inoltre che:

- Le attività di “scarico camion” (alla tramoggia od alla griglia) sono state associate al SCC 3-05-020-31 “*Truck unloading*” relativo al “Stone Quarrying – Processing”; si ricorda che per altri materiali sono disponibili scelte alternative.
- Le operazioni relative al “carico camion” del materiale processato sono state associate al SCC 3-05-020-32 “*Truck Loading Conveyor*”, ovvero si è ipotizzato che tale operazione avvenga mediante un convogliatore o nastro trasportatore. Anche in questo caso sono presenti differenti fattori di emissione per lo stesso tipo di attività, effettuato con materiali e metodiche o macchinari differenti; ad esempio relativamente al settore “Construction Sand and Gravel” è presente “*Bulk loading*” SCC 3-05-025-06, per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” è presente “*Truck Loading: Overburden*” SCC 3-05-010-37, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.
- Per le operazioni relative al “carico camion” del materiale estratto cui corrisponde SCC 3-05-020-33, non è disponibile un fattore di emissione. Può essere eventualmente utilizzato quello del SCC 3-05-010-37 “*Truck Loading: Overburden*” presente per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling”, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.

Per tutte le diverse fasi e operazioni d’interesse occorre individuare il corrispondente caso all’interno dell’elenco dei fattori di emissione; in caso di mancanza del fattore di emissione o nel caso in cui la lavorazione o l’operazione non sia censita, occorre determinare o scegliere un fattore di emissione alternativo, tenendo presente la similitudine tra le attività considerate, la corrispondenza in termini di materiale trattato, e adottando un criterio di norma conservativo. Ovviamente la scelta deve essere indicata e giustificata nella documentazione redatta. Considerazioni analoghe valgono per quanto riguarda le azioni di mitigazione delle emissioni; in particolare l’efficienza della bagnatura non è definita per tutte le operazioni/processi ed in alcuni casi deve quindi essere valutata o ipotizzata e giustificata.

Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati i valori dei fattori di emissione rispettivamente di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> relativi ai processi descritti. Si noti che per i processi di agglomerazione i fattori di

emissione sono disponibili solo per il processo a secco in quanto si considera che non si verifichino emissioni durante il processo a umido.

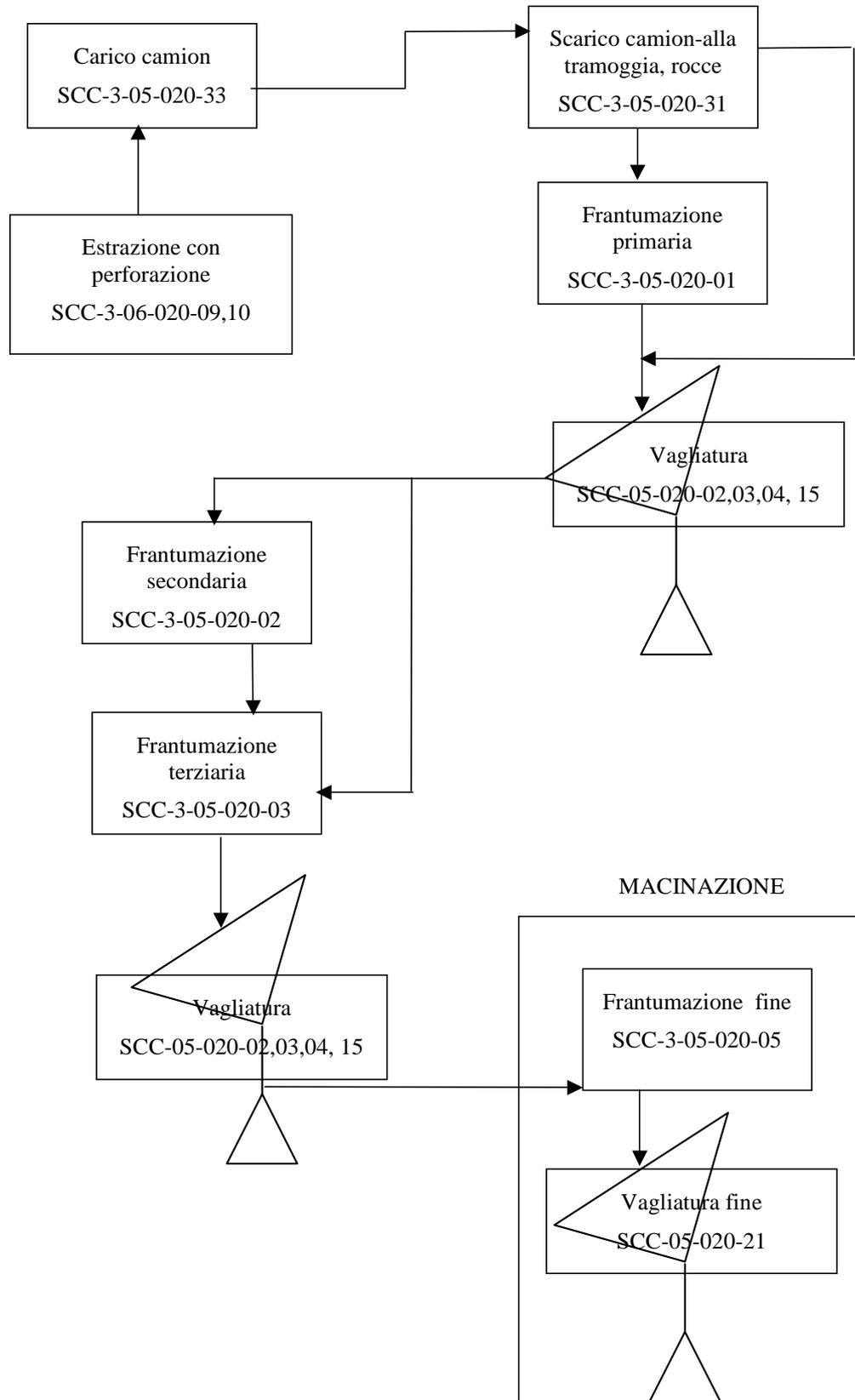


**Figura 1:** In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto SCC 3-05-020-33; in basso a sinistra un esempio di SCC 3-05-020-32 “Truck Loading Conveyor” (crushed stone) e a destra di SCC 3-05-01-038 “Truck Loading Coal”.

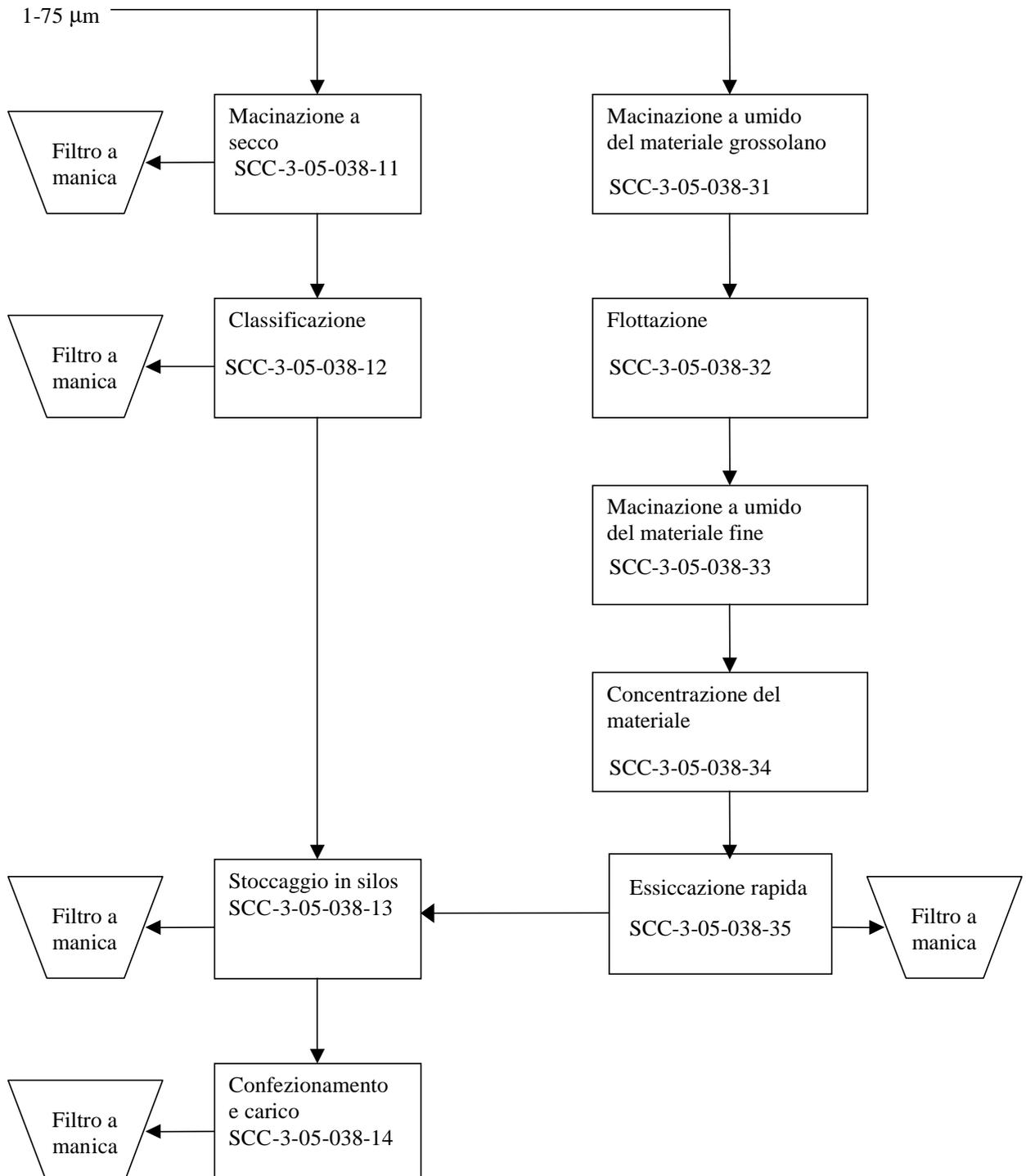
Si nota infine che il calcolo delle emissioni è richiesto nelle unità di misura del Sistema Internazionale; viene quindi utilizzato il megagrammo ( $1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$ ) equivalente al *metric tonne* ( $1 \text{ metric tonne} = 1000 \text{ kg}$ ). Occorre fare attenzione perché nell’applicazione dell’AP-42 sono talvolta utilizzate le unità del sistema anglosassone, ovvero il *pound* o *libbra* ( $1 \text{ lb} = 0.45 \text{ kg}$ ), lo *short tonne*,  $1 \text{ ton} = 907 \text{ kg}$ , il *miglio*,  $1 \text{ mi} = 1.609 \text{ km}$ , la *yard*

---

1 *yd* = 0.91 *m*, il piede *foot* 1 *ft* = 0.30 *m*. In FIRE, frequentemente il fattore di emissione è espresso come *lb/tonn* di materiale trattato, corrispondente a 0.50 *kg/Mg* di materiale trattato; altre volte il fattore di emissione viene riferito al volume di materiale trattato e quindi in *lb/(cubic yards)* corrispondente a 0.59 *kg/m<sup>3</sup>*.



**Figura 2:** Processi di frantumazione e macinazione



**Figura 3:** Processi di agglomerazione

**Tabella 1:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione.

<b>Attività di frantumazione e macinazione</b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua <sup>6</sup>
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01	<i>Mg/h</i>	
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	<i>Mg/h</i>	
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	<i>Mg/h</i>	
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	<i>Mg/h</i>	
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	<i>Mg/h</i>	
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	<i>Mg/h</i>	
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	<i>Mg/h</i>	Copertura o inscatolamento
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua <sup>7</sup>
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32	<i>Mg/h</i>	
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	<i>Mg/h</i>	

Continua **Tabella 1**

<sup>6</sup> Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

<sup>7</sup> Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

---

<b>Attività di agglomerazione<sup>8</sup></b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche

---

<sup>8</sup> Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

**Tabella 2:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione per il PM10

Attività di frantumazione e macinazione (tab. 11.19.2-1)	Codice SCC	Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)	Efficienza di rimozione %
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	4.E-05	Bagnatura con acqua		
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01				
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	0.0043		3.7E-04	91
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	0.0012		2.7E-04	77
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	0.0075		6.E-04	92
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	0.0043		3.7E-04	91
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	0.036		0.0011	97
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	5.5E-04	Copertura o inscatolamento	2.3E-05	96
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	8.E-06	Bagnatura con acqua	-	-
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)		5.E-05		-	-
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32				
carico camion (truck loading)	3-05-020-33				

Continua **Tabella 2**

<b>Attività di agglomerazione</b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>	<b>Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)</b>	<b>Efficienza di rimozione %</b>
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	3.4	Filtro a maniche	0.0169	99.5 <sup>9</sup>
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	1.04	Filtro a maniche	0.0052	99.5
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	1.5	Filtro a maniche	0.0073	99.5
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	0.16	Filtro a maniche	8.E-04	99.5
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14		Filtro a maniche		

<sup>9</sup> Il fattore di emissione senza abbattimento è calcolato da quello con abbattimento invertendo la formula (2) con l'efficienza di rimozione impostata secondo la tabella stessa.

**Tabella 3:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione di PM<sub>2,5</sub>

Attività di frantumazione e macinazione	Codice SCC	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	Bagnatura con acqua	
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01		2.5E-05
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02		5E-05
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03		3.5E-05
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05		2.5E-05
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15		2.5E-05
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	Copertura o inscatolamento	6.5E-06
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	Bagnatura con acqua	
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31		
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32		
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	<b>Abbattimento o mitigazione</b>	<b>Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)</b>
<b>Attività di agglomerazione<sup>10</sup></b>	<b>Codice SCC</b>	Filtro a maniche	0.006
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	Filtro a maniche	0.002
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	Filtro a maniche	0.0042
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	Filtro a maniche	3E-04
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	Filtro a maniche	

<sup>10</sup> Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

## 1.2 SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale viene effettuata di norma con ruspa o escavatore e, secondo quanto indicato al paragrafo 13.2.3 "Heavy construction operations" dell'AP-42, produce delle emissioni di PTS<sup>11</sup> con un rateo di 5.7 kg/km. Per utilizzare questo fattore di emissione occorre quindi stimare ed indicare il percorso della ruspa nella durata dell'attività, esprimendolo in km/h. In altri settori (ad esempio "Mineral Products Industry: Coal Mining, Cleaning, and Material Handling" paragrafo 11.9) alle attività di rimozione degli strati superficiali sono associati altri fattori di emissione. Nella Tabella 4 sono riportate le relazioni presenti in FIRE, con il relativo codice SCC, che si riferiscono a trattamento del materiale superficiale.

**Tabella 4** fattori di emissione per il PM10 relativi alle operazioni di trattamento del materiale superficiale

SCC	operazione	Fattore di emissione in kg	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		kg per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9.3 \times 10^{-4} \times (H / 0.30)^{0.7}}{M^{0.3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	kg per ogni m <sup>3</sup> di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		kg per ogni Mg di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		kg per ogni Mg di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0.3375 \times s^{1.5}}{M^{1.4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	kg per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		kg per ogni Mg di materiale processato

<sup>11</sup> Il fattore di emissione è assegnato per le polveri totali (PTS); per riferirsi al PM10 si può cautelativamente considerare l'emissione come costituita completamente dalla frazione PM10, oppure considerarla solo in parte costituita da PM10. In tal caso occorre esplicitare chiaramente la percentuale di PM10 considerata. In mancanza di informazioni specifiche, osservando i rapporti tra i fattori di emissione di PM10 e PTS relativi alle altre attività oggetto del presente lavoro, si può ritenere cautelativo considerare una componente PM10 dell'ordine del 60% del PTS.

### 1.3 FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI

Un'attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di formazione e stoccaggio del materiale in cumuli.

Il modello proposto nel paragrafo 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42 calcola l'emissione di polveri per quantità di materiale lavorato in base al fattore di emissione:

$$EF_i (kg/Mg) = k_i (0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \quad (3)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i$  fattore di emissione

$k_i$  coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato (vedi Tabella 5)

$u$  velocità del vento ( $m/s$ )

$M$  contenuto in percentuale di umidità (%)

La quantità di particolato emesso da questa attività quindi dipende dal contenuto percentuale di umidità  $M$ : valori tipici nei materiali impiegati in diverse attività, corrispondenti ad operazioni di lavorazione di inerti, sono riportati in Tabella 13.2.4-1 del suddetto paragrafo 13.2.4 dell'AP-42.

**Tabella 5** Valori di  $k_i$  al variare del tipo di particolato

	$k_i$
PTS	0.74
PM10	0.35
PM2.5	0.11

L'espressione (3) è valida entro il dominio di valori per i quali è stata determinata, ovvero per un contenuto di umidità di 0.2-4.8 % e per velocità del vento nell'intervallo 0.6-6.7  $m/s$ .

Si osserva che, a parità di contenuto di umidità e dimensione del particolato, le emissioni corrispondenti ad una velocità del vento pari a 6  $m/s$  (più o meno il limite superiore di impiego

previsto del modello) risultano circa 20 volte maggiori di quelle che si hanno con velocità del vento pari a  $0.6 \text{ m/s}$  (più o meno il limite inferiore di impiego previsto del modello). Alla luce di questa considerazione appare ragionevole pensare che se nelle normali condizioni di attività (e quindi di velocità del vento) non si crea disturbo con le emissioni di polveri, in certe condizioni meteorologiche caratterizzate da venti intensi, le emissioni possano crescere notevolmente tanto da poter da luogo anche a disturbi nelle vicinanze dell'impianto.

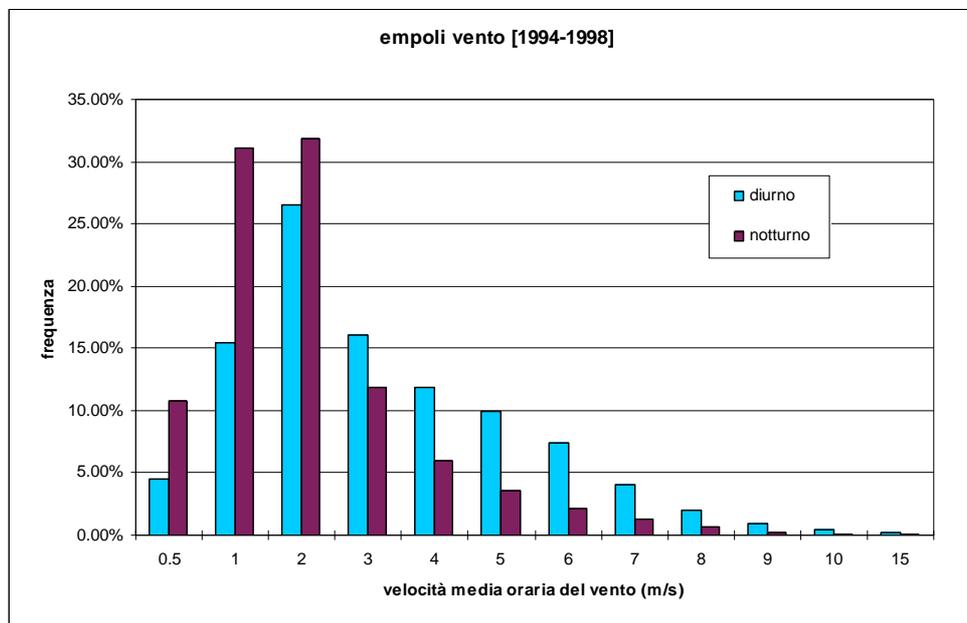
Poiché le emissioni dipendono dalle condizioni meteorologiche, esse variano nel tempo e per poter ottenere una valutazione preventiva delle emissioni di una certa attività occorre riferirsi ad uno specifico periodo di tempo, ipotizzando che in esso si verifichino mediamente le condizioni anemologiche tipiche dell'area in cui avviene l'attività. L'intervallo di tempo da considerare è di almeno un anno. Quindi, utilizzando le frequenze di intensità del vento nel periodo è possibile calcolare una emissione complessiva e anche quella media relativa ad un sottoperiodo giornaliero specificato.

A titolo di esempio si può considerare la distribuzione statistica delle medie orarie della velocità del vento della stazione meteorologica di Empoli-Riottoli.<sup>12</sup> Tale distribuzione è rappresentata in Figura 4 e riportata nella successiva Tabella 6 distinguendo i dati relativi ai singoli periodi diurno e notturno. Si osserva così che circa l'85% delle ore diurne corrisponde a velocità del vento minori o uguali a  $5 \text{ m/s}$  e meno dell'8% delle ore diurne corrisponde a valori di velocità superiori ai  $6 \text{ m/s}$ .

Utilizzando l'espressione (3), ipotizzando attività uniformi nell'arco dell'anno e nel periodo diurno, questa distribuzione del vento comporta che all'85% di ore con velocità del vento minori o uguali a  $5 \text{ m/s}$  corrisponde una quantità di emissioni pari al 58% del totale, e che alle ore con valori di velocità del vento superiori ai  $6 \text{ m/s}$ , corrispondenti a meno dell'8% delle ore, corrisponde circa il 26% delle emissioni. La limitazione dell'attività nelle ore di vento intenso può quindi corrispondere, a fronte di una minima interferenza con le stesse attività, ad una importante riduzione, anche complessiva, delle emissioni di particolato.

---

<sup>12</sup> La stazione di Empoli-Riottoli (il cui anemometro è posto a circa 10 m di altezza) per la sua collocazione in ambiente rurale fornisce una buona descrizione dell'andamento del vento in assenza di ostacoli rilevanti; la distribuzione ha valore locale, ma la frequenza relativa dei valori elevati di velocità del vento, essendo questi prodotti nella quasi totalità dei casi da condizioni non locali, bensì geostrofiche, può avere validità spaziale molto più estesa. La distribuzione prende in considerazione 5 anni di dati orari, quindi pur non avendo valenza climatologica è senz'altro sufficientemente rappresentativa dei fenomeni.



**Figura 4:** Distribuzione della frequenza di velocità media oraria del vento della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998.

**Tabella 6** Distribuzione di frequenza delle medie orarie della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998

Classe di velocità del vento (m/s)	diurno	notturno
≤0.5 m/s	4.58%	10.83%
(0.5; 1]	15.57%	31.16%
(1; 2]	26.58%	31.85%
(2; 3]	16.08%	11.91%
(3; 4]	11.92%	5.99%
(4; 5]	9.97%	3.56%
(5; 6]	7.45%	2.19%
(6; 7]	4.12%	1.29%
(7; 8]	2.01%	0.68%
(8; 9]	0.99%	0.28%
(9; 10]	0.45%	0.16%
≥10	0.26%	0.09%

In assenza di dati anemometrici specifici del sito di interesse, si ritiene che ai fini di una stima globale delle emissioni dovute a questo tipo di attività, sia utilizzabile la distribuzione di frequenze della velocità del vento della stazione di Empoli-Riottoli e quindi l'espressione per il calcolo può essere semplificata riducendosi a:

$$E_{i,diurno} = k_i \cdot (0.0058) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad E_{i,notturmo} = k_i \cdot (0.0032) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad (3')$$

### 1.3.1 Sistemi di controllo o di abbattimento

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività, si possono ipotizzare varie azioni mitiganti, oltre a quella già anticipata relativa all'evitare la lavorazione in condizioni di vento elevato.

1. Trattamento della superficie tramite bagnamento (*wet suppression*) con acqua.
2. Copertura dei cumuli. Varie tecniche di copertura sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).
3. Costruzione di barriere protettive come ad esempio innalzamento di muri.

Le varie tecniche sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).

## 1.4 EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI

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. La scelta operata nel presente contesto è quella di presentare l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. In particolare si fa riferimento alla distribuzione di frequenze dei valori della velocità del vento già utilizzata nel precedente paragrafo.

Il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

$$E_i (kg/h) = EF_i \cdot a \cdot movh \quad (5)$$

*i* particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i (kg/m^2)$  fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$a$  superficie dell'area movimentata in  $m^2$

$movh$  numero di movimentazioni/ora

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità inoltre si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale. Dai valori di:

1. altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in  $m$ ,
2. diametro della base  $D$  in  $m$ ,

si individua il fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

**Tabella 7** Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM <sub>10</sub>	7.9E-06
PM <sub>2.5</sub>	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM <sub>10</sub>	2.5 E-04
PM <sub>2.5</sub>	3.8 E-05

Ovviamente qualora siano disponibili i dati specifici richiesti, è possibile effettuare la stima diretta impiegando le espressioni riportate nell'AP-42. I sistemi di mitigazione sono analoghi a quelli citati nel precedente paragrafo (1.3.1).

### 1.5 TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale a (i) il volume di traffico e (ii) il contenuto di limo (*silt*) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a  $75 \mu m$ . Il fattore di emissione lineare dell'*i*-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo  $EF_i(kg/km)$  per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i(kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i} \quad (6)$$

*i* particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

*s* contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%)

*W* peso medio del veicolo (*Mg*)

$k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 8:

**Tabella 8** Valori dei coefficienti  $k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  e al variare del tipo di particolato

	$k_i$	$a_i$	$b_i$
PTS	1.38	0.7	0.45
PM <sub>10</sub>	0.423	0.9	0.45
PM <sub>2.5</sub>	0.0423	0.9	0.45

Il peso medio dell'automezzo *W* deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Si ricorda che la relazione (6) è valida per veicoli con un peso medio inferiore a 260 *Mg* e velocità media inferiore a 69 *km/h*. Per il calcolo dell'emissione finale si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di *km/ora*, *kmh*), sulla

base della lunghezza della pista ( $km$ ); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno:

$$E_i (kg / h) = EF_i \cdot kmh \quad (7)$$

Nel caso non sia disponibile il numero di viaggi al giorno è opportuno ricorrere a stime con valori conservativi. Per esempio il numero di viaggi al giorno si può ottenere dal rapporto tra la quantità di materiale in entrata al processo iniziale (ad esempio la tramoggia) ed il peso medio dell'automezzo utilizzato per il trasporto nell'arco di una giornata lavorativa di 8 ore; questo calcolo va poi ripetuto per gli altri eventuali processi che richiedono o vengono effettuati con mezzi di trasporto in movimento su piste.

Si specifica che l'espressione (6) è valida per un intervallo di valori di limo (*silt*) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise<sup>13</sup>, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%. Si osserva che la scelta del valore del parametro risulta incidere significativamente sulle emissioni: a parità degli altri parametri, raddoppiare il valore del silt corrisponde a quasi raddoppiare l'emissione (più precisamente a moltiplicarla per un fattore 1.9).

Nel calcolo delle emissioni dovute al transito di veicoli su strade non asfaltate nei calcoli aventi fini inventariali si può considerare anche l'effetto dovuto alla mitigazione naturale delle precipitazioni (pioggia) secondo l'espressione:

$$E_{EXT,i} (kg / h) = E_i [(365 - gp) / 365] \quad (8)$$

$E_{EXT,i}$  rateo emissivo per i-esimo tipo di particolato estrapolato per la mitigazione naturale

$gp$  numero di giorni nell'anno con almeno 0.254 mm di precipitazione

$E_i$  rateo emissivo calcolato con l'eq. (7)

---

<sup>13</sup> Si ricorda che l'AP-42 in Appendice C.1 e C.2 propone un metodo per il calcolo del contenuto di "silt"- limo; in tale metodo, basato sulla metodologia ASTM (American Society for Testing and Materials), si ricorre all'utilizzo di un vaglio di 200 mesh.

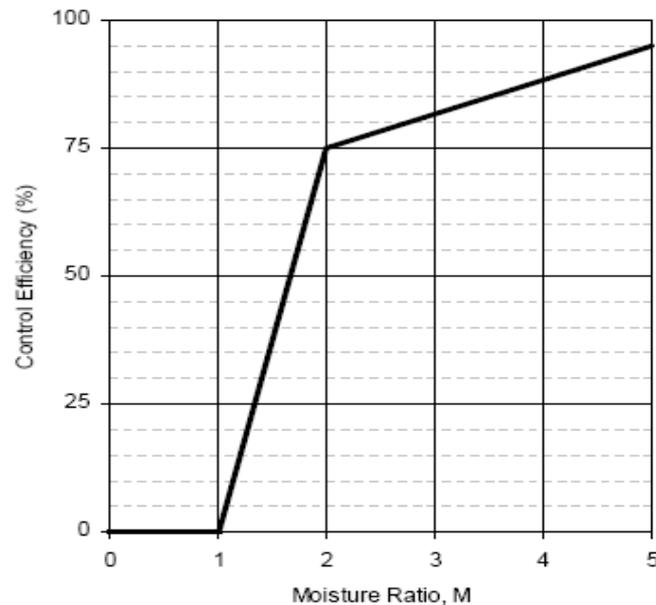
Ad esempio, considerando un valore di 60 giorni di precipitazioni (corrispondente ad un numero di giorni minimo per il territorio della Regione Toscana) si ottiene:

$$E_{EXT,i}(kg/h) = E_i \cdot 0.84 \quad (8')$$

Si deve notare che il calcolo della mitigazione naturale viene effettuato su base annuale quindi non è applicabile alle stime di emissione su base oraria. Per queste si può assumere che in presenza di precipitazioni l'emissione sia assente.

### **1.5.1 Sistemi di controllo o abbattimento**

- 1) Restrizione del limite di velocità dei mezzi all'interno del sito industriale. Questa misura è consigliata sia all'interno dell'AP-42 che nel BREF (paragrafo 4.4.6.12) relativo alle emissioni da stoccaggi (*Emissions from storage*). Si consiglia l'installazione di cunette per limitare la velocità dei veicoli sotto un limite di velocità da definire, per esempio 30 km/h.
- 2) Trattamento della superficie – bagnamento (*wet suppression*) e trattamento chimico (*dust suppressants*). I costi sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Inoltre bisogna considerare un sistema di monitoraggio per verificare che il trattamento venga effettuato. Esistono due modi per il calcolo indicativo dell'efficienza di rimozione del bagnamento con acqua del manto stradale:
  - a) L'utilizzo di Figura 4, in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità  $M$  tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta).  $M$  è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. In base all'andamento sperimentale della curva mostrata in figura si considera un valore di riferimento dell'efficienza di controllo del 75%.



**Figura 4:** Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

b. La formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I \quad (9)$$

- $C$  efficienza di abbattimento del bagnamento (%)  
 $P$  potenziale medio dell'evaporazione giornaliera ( $mm/h$ )  
 $trh$  traffico medio orario ( $h^{-1}$ )  
 $I$  quantità media del trattamento applicato ( $l/m^2$ )  
 $\tau$  Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni ( $h$ )

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione (9), per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione

giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali<sup>14</sup>, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998a)  $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Per esemplificare il calcolo si riportano nelle Tabelle 9, 10 e 11, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive  $t(h)$ , considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora  $trh$ : inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10.

L'uso di sostanze chimiche, come polimeri a base d'acqua, richiede un'applicazione meno frequente, ma bisogna considerare che può produrre una variazione nel contenuto di particolato della strada con un aumento del contenuto di limo. L'efficienza effettiva di questo tipo di controllo dipende da molti fattori ed è in generale difficile da stimare. In caso di utilizzo di sostanze chimiche si richiede di fornire i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato. Da passate campagne di misurazione effettuate dall'US-EPA risulta che l'efficienza per il PM<sub>10</sub> si aggira intorno all'80% con applicazioni regolari effettuate ad intervalli compresi tra 2 settimane ed 1 mese.

**Tabella 9** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di  $trh < 5$

Quantità media del trattamento applicato I (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	5	4	2	2	1
0.2	9	8	5	4	2
0.3	14	11	7	5	3
0.4	18	15	9	7	4
0.5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

<sup>14</sup> Ritchie ("Modeling Soil Water Redistribution during Second-Stage Evaporation", Soil Science Society of America Journal 67:377-386 (2003), A. A. Suleiman, a and J. T. Ritchie) riporta 0.3-0.8 mm/h per terreni tra sabbiosi ed argillosi.

**Tabella 10** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per  $trh$  tra 5-10

Efficienza di abbattimento	50%	60%	75%	80%	90%
Quantità media del trattamento applicato I ( $l/m^2$ )					
0.1	4-2	3-1	2-1	1	1
0.2	7-4	6-3	4-2	3-1	1
0.3	11-5	9-4	5-3	4-2	2-1
0.4	15-7	12-6	7-4	6-3	3-2
0.5	18-9	15-7	9-5	7-4	4-2
1	37-18	30-15	18-9	15-7	7-4
2	74-37	59-30	37-18	30-15	15-7

**Tabella 11** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di  $trh > 10$

Efficienza di abbattimento	50%	60%	75%	80%	90%
Quantità media del trattamento applicato I ( $l/m^2$ )					
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

### 1.5.2 Sistemi di controllo o abbattimento per transito di mezzi su strade asfaltate

Un metodo generalmente usato e semplice è la pulizia automatica delle ruote con un sistema automatico di irrigazione. Nel BREF (paragrafo 4.4.6.13 *Emissions from storage*) viene riportata questa metodologia che consiste nel costruire una viabilità interna al sito tale che il mezzo è costretto a passare attraverso un sistema di irrigazione automatico che provvede a pulire le ruote dalla polvere. Ciò comporta la verifica circa la necessità di un successivo trattamento delle acque.

## 1.6 UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI

Le emissioni di polvere diffuse dovute all'utilizzo di mine sono trattate nel paragrafo 11.9 (*Western Surface Coal Mining*) dell'AP-42 (US.EPA). Il modello si riferisce a cave di carbone, ma può essere utilizzato per fornire un ordine di grandezza delle emissioni di questa attività. Il fattore di emissione proposto è:

$$EF_i(kg/Mg) = k_i \cdot a \quad (10)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i(kg/Mg)$  fattore di emissione dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$a$  superficie del fronte di esplosione in  $m^2$

$k_i$ , è un coefficiente che varia a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 12.

**Tabella 12** Valori del coefficiente  $k_i$  per il calcolo delle emissioni per cave che utilizzano mine

	$k_i$
PTS	0.00022
PM <sub>10</sub>	$0.52 \cdot 0.00022$
PM <sub>2.5</sub>	$0.03 \cdot 0.00022$

L'eq. (10) è valida per una profondità della volata  $\leq 21m$  e una estensione del fronte di esplosione compreso tra 700 e 8000  $m^2$ .

Anche le demolizioni di edifici e manufatti per mezzo di esplosivi (implosioni) costituiscono una fonte di emissione di particolato. Al riguardo si possono fare alcune considerazioni:

- In generale l'evento implosivo ha una durata estremamente limitata nel tempo (dell'ordine di qualche minuto), mentre sono le successive operazioni di rimozione dei detriti che hanno maggiore durata temporale; le emissioni di queste fasi possono essere trattate facendo riferimento alle attività precedentemente esaminate.

- 
- Durante la fase di implosione si ha una emissione significativa di particolato; tuttavia gli studi disponibili indicano che l’impatto in termini di qualità dell’aria è molto limitato: si hanno infatti concentrazioni estremamente elevate di PM10 sottovento alla sorgente per tempi molto ridotti, e la situazione ritorna in poche ore su livelli di concentrazione analoghi a quelli precedenti l’evento (Beck C.M. et al. 2003).
  - Allo stato attuale delle conoscenze l’importanza di queste emissioni appare circoscritta ai singoli eventi e, in relazione al numero di eventi che possono verificarsi, di eventuale rilevanza inventariale.

## 2 VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10<sup>15</sup>

Mediante l'impiego dei modelli di dispersione è possibile valutare gli effetti delle emissioni di polveri diffuse in termini di concentrazioni al suolo. Questi valori possono quindi essere confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il PM10 (e quelli futuri per il PM2.5). La proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette allora di valutare quali emissioni specifiche (e globali) corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria.

Le stime valgono per una serie di condizioni meteorologiche ed emissive; qualora la situazione reale si discosti fortemente da quella simulata è evidente che le soglie non possono essere ritenute di sufficiente salvaguardia ed occorrono valutazioni specifiche, generalmente tramite modelli di dispersione in atmosfera che rispettino la complessità delle condizioni.

Si ricorda che i limiti di legge per il PM10 (riferiti al 2005) sono relativi alle concentrazioni medie annue ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ed alle medie giornaliere ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) il cui valore può però essere superato per 35 volte in un anno; quindi occorre riferirsi alla distribuzione dei valori medi giornalieri ed al 36° valore più elevato (all'incirca il suo 90° percentile) per valutare il superamento di questo limite<sup>16</sup>. Sia i dati rilevati direttamente dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria, sia le simulazioni modellistiche, indicano che il rispetto del limite per le medie giornaliere comporta anche quello della media annua. Per il PM2.5, il futuro limite ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è riferito esclusivamente alla media annua delle concentrazioni.<sup>17</sup>

Nell'ipotesi di terreno piano, facendo riferimento ad una meteorologia tipica del territorio pianeggiante della Provincia di Firenze, considerando concentrazioni di fondo dell'ordine dei  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed un'emissione di durata di pari a 10 ore/giorno, per il rispetto dei limiti di concentrazione

---

<sup>15</sup> Si veda il contenuto di "Emissioni di polveri diffuse: un approccio modellistico per la valutazione dei valori di emissione di PM10 compatibili con i limiti di qualità dell'aria", Franco Giovannini, AFR "Modellistica previsionale", U.O. PCAI, ARPAT - Dipartimento provinciale di Firenze

<sup>16</sup> DM n. 60 del 2 aprile 2002.

per il PM10 sono stati individuati alcuni valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente ed al variare della durata annua (in giorni/anno) delle attività che producono tale emissione. Queste soglie  $E_T(d,ng)$  (in cui  $d$  rappresenta la distanza dalla sorgente e  $ng$  il numero di giorni di attività nell'anno) sono riportate nella successiva tabella.

**Tabella 13** proposta di soglie assolute di emissione di PM10 al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in  $g/h$ )

Intervallo di distanza ( $m$ )	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 ÷ 250	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	<100
0 ÷ 50	145	152	158	167	180	208
50 ÷ 100	312	321	347	378	449	628
100 ÷ 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Se si utilizzano in emissione i valori  $E_T(d,ng)$  riportati in Tabella 13 all'interno di una simulazione con i dati meteorologici disponibili, si può ottenere il raggiungimento del valore limite relativo al 36° valore più elevato delle concentrazioni medie giornaliere, pari a  $50 \mu g/m^3$ . Per operare praticamente occorre definire delle situazioni che non comportino questa eventualità, ovvero condizioni di emissione per le quali si ha la ragionevole certezza che tale evento non si verifichi. Il criterio proposto è quello di impiegare un fattore di cautela (pari a 2) per definire tali soglie effettive. In pratica quando un'emissione risulta essere inferiore alla metà delle soglie presentate in Tabella 13, tale emissione può essere considerata a priori compatibile con i limiti di legge per la qualità dell'aria (nei limiti di tutte le assunzioni effettuate che hanno determinato le soglie predette). Quando l'emissione è compresa tra la metà del valore soglia e la soglia, la possibilità del superamento dei limiti è soprattutto legata alle differenze tra le condizioni reali e quelle adottate per le simulazioni, pertanto in tali situazioni appare preferibile una valutazione diretta dell'impatto o una valutazione modellistica specifica che dimostri con strumenti e dati adeguati la compatibilità dell'emissione. Tale procedura è esemplificata nelle successive Tabelle.

<sup>17</sup> Direttiva 2008/50/CEE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

**Tabella 14** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore a 300 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<73	Nessuna azione
	73 ÷ 145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 145	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<156	Nessuna azione
	156 ÷ 312	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 312	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<304	Nessuna azione
	304 ÷ 608	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 608	Non compatibile (*)
>150	<415	Nessuna azione
	415 ÷ 830	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 830	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 15** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 300 e 250 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<76	Nessuna azione
	76 ÷ 152	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 152	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<160	Nessuna azione
	160 ÷ 321	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 321	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<331	Nessuna azione
	331 ÷ 663	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 663	Non compatibile (*)
>150	<453	Nessuna azione
	453 ÷ 908	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 908	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 16** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 250 e 200 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<79	Nessuna azione
	79 ÷ 158	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 158	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<174	Nessuna azione
	174 ÷ 347	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 347	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<360	Nessuna azione
	360 ÷ 720	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 720	Non compatibile (*)
>150	<493	Nessuna azione
	493 ÷ 986	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 986	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 17** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 200 e 150 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<83	Nessuna azione
	83 ÷ 167	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 167	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<189	Nessuna azione
	189 ÷ 378	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 378	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<418	Nessuna azione
	418 ÷ 836	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 836	Non compatibile (*)
>150	<572	Nessuna azione
	572 ÷ 1145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1145	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 18** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività tra 150 e 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<90	Nessuna azione
	90 ÷ 180	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 180	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<225	Nessuna azione
	225 ÷ 449	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 449	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<519	Nessuna azione
	519 ÷ 1038	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1038	Non compatibile (*)
>150	<711	Nessuna azione
	711 ÷ 1422	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1422	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 19** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività inferiore a 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<104	Nessuna azione
	104 ÷ 208	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 208	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<364	Nessuna azione
	364 ÷ 628	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 628	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<746	Nessuna azione
	746 ÷ 1492	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1492	Non compatibile (*)
>150	<1022	Nessuna azione
	1022 ÷ 2044	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 2044	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

Nella definizione dei precedenti valori di soglia assumono rilevanza anche la forma e le dimensioni della sorgente; in pratica le valutazioni effettuate sono adeguate per sorgenti che possono essere ricondotte ad aree con emissioni uniformi aventi dimensioni lineari inferiori ai 100 m.

Quando ci si discosta da tali condizioni è preferibile effettuare valutazioni dirette mediante modelli di dispersione. In alternativa, per trattare situazioni caratterizzate da sorgenti più estese, si può ipotizzare di suddividerle in parti aventi dimensioni coerenti con quanto sopra espresso.

Rimangono allora da definire le modalità con le quali si possono analizzare situazioni emissive composte da più sorgenti contemporanee.

Per poter trattare situazioni con più sorgenti occorre in primo luogo porre una condizione di limitazione per l'utilizzo dei valori di soglia precedentemente riportati: occorre infatti che le sorgenti non circondino completamente il recettore, perché in tal caso le valutazioni effettuate non risulterebbero certamente cautelative.

Considerando le situazioni geometriche utilizzate nelle simulazioni si può osservare che la condizione estrema in termini di copertura dell'orizzonte ovvero di angolo (piano) sotto il quale il recettore “vede” la sorgente, corrisponde ad un angolo massimo di  $180^\circ$  (o  $\pi$  in radianti).

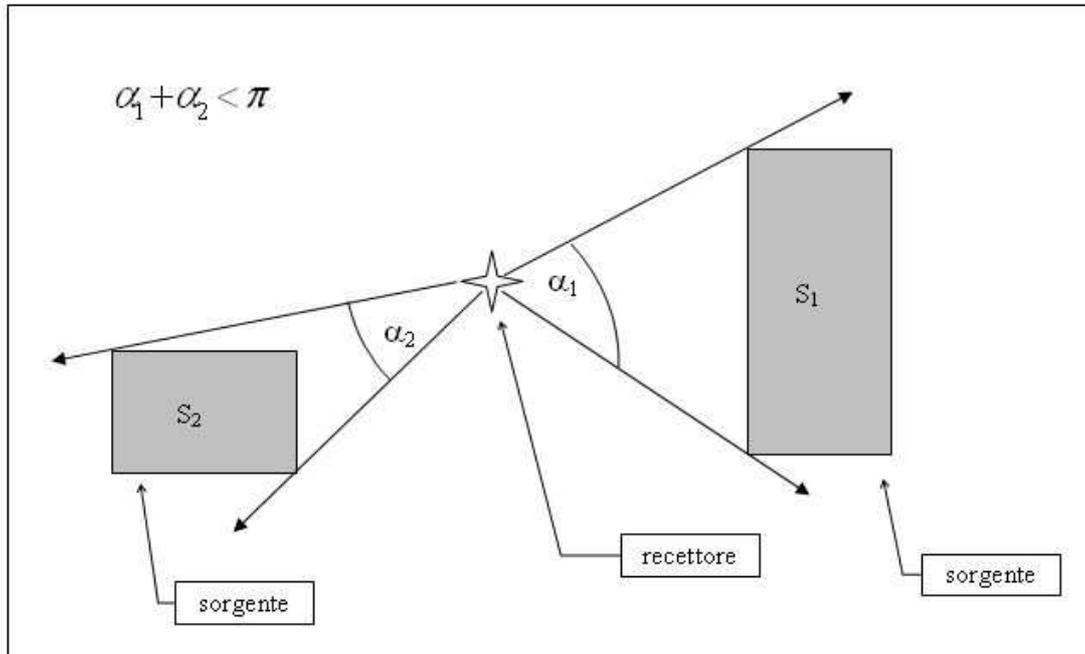
Per poter utilizzare i risultati delle simulazioni effettuate e le relative soglie in presenza di più sorgenti appare allora necessario che l'angolo complessivo sotto cui le sorgenti sono viste dal recettore non risulti superiore a  $180^\circ$  (ovvero  $\pi$ ).

In presenza di più sorgenti occorre quindi verificare l'esistenza di tale condizione (si veda la Figura 5); se questa non è verificata non possono essere impiegate le soglie precedentemente determinate ed occorre provvedere a stime dirette attraverso simulazioni modellistiche specifiche.

Se invece tale condizione è rispettata si può procedere nel seguente modo:

Detta  $S_i$  la  $i$ -esima sorgente cui corrisponde una emissione media oraria  $E_i$ , ipotizziamo che  $S_i$  sia posta alla distanza  $d_i$  da un dato recettore, così che ad essa corrisponderebbe una soglia emissiva  $E_{Ti}$ . Supponendo siano presenti  $n$  sorgenti, affinché nel complesso siano rispettate le soglie di emissione occorre che sia:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{Ti}} < 1$$



**Figura 5:** esempio di angoli sotto cui vengono viste le sorgenti da parte di un recettore e condizione richiesta affinché sia utilizzabile la metodologia ipotizzata di verifica delle soglie di emissione in presenza di più sorgenti.

Inoltre, nel caso in cui i tempi delle attività e quindi delle conseguenti emissioni risultino corrispondenti ad un numero di giorni diversificato per ogni sorgente, le soglie  $E_{Ti}$  dovranno essere riferite ai periodi di attività, ovvero dovranno essere scelte opportunamente dalle tabelle precedentemente riportate.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Cowherd, C, Muleski G, E and Kinsey, J.S. 1998. *Control of open fugitive dust sources*. EPA-450/3-88-008. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency
- EIPPCB, 2006. *Best Available Techniques Reference Document on the Emission from Storage*. Seville: European IPCC Bureau. (<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/FActivities.htm>, dicembre 2008)
- USA-EPA, 1998a. *Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities*. Draft. Pennsylvania Avenue, NW: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste.  
(<http://yosemite.epa.gov/ee/epa/ria.nsf/vwRef/S.98.31?OpenDocument> febbraio 2009)
- USA-EPA, 1998b. *Western Surface Coal Mining*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.9, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.  
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2004. *Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.19.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.  
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2006. *Unpaved Roads*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S.

---

Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1995. *Heavy Construction Operations*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.3, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Aggregate Handling and Storage Piles*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.4, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Industrial Wind Erosion*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.5, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Sampling Surface/Bulk Dust Loading*. AP-42, Vol.I, Appendix C.1, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf>, dicembre 2008)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Laboratory Analysis of Surface/Bulk Dust Loading Samples*. AP-42, Vol.I, Appendix C.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. ([http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/appendix\\_c/final/appc2\\_1995.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/appendix_c/final/appc2_1995.pdf), dicembre 2008)

SKM, 2005. *Improvement of NPI Fugitive Particulate Matter Emission Estimation Techniques*. Australia: Sinclair Knight Merz. (<http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/pm10may05.pdf>, dicembre 2008).

Beck C.M., Geyh A., Srinivasan A. Breysse P.N. et al. 2003; *The impact of a building implosion on airborne particulate matter in an urban community*, Journal of the Air & Waste Management Association; Oct 2003; 53, 10; 1256-1264.

## **ALLEGATO**

# **ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 E PM2.5 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI**

---

## **ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI**

Per fornire gli elementi necessari alla stima delle emissioni di polveri in maniera tale da permettere un efficace e proporzionato percorso di adeguamento dell'attività di trattamento di materiali polverulenti al dispositivo del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti), sono applicabili i fattori di emissione e gli algoritmi di calcolo precedentemente discussi e presentati. Tali strumenti sono validamente impiegabili anche in altri contesti di valutazione preventiva degli impatti. Affinché le informazioni presentate in tali contesti siano comprensibili, chiare e tecnicamente corrette si ritiene necessario fornire delle indicazioni specifiche sui loro contenuti (come vengono calcolate le emissioni) e sul formato con cui queste debbono venire proposte (quali dati presentare affinché sia valutabile e verificabile la correttezza di quanto dichiarato). Di seguito vengono quindi specificati i passi e gli accorgimenti da adottare nella valutazione e nella sua resa. Occorre:

1. descrivere le attività presenti indicando il tipo di materiale utilizzato o trattato (sabbia, argilla, ghiaia, pietra, ecc.);
2. definire le ore/giorno e i giorni/anno presunti di attività (il periodo di attività se stagionale o temporaneo, distinzione tra periodo diurno e notturno).
3. individuare le sorgenti emissive presenti nel sito industriale legate alle lavorazioni effettuate (fare riferimento a quelle trattate nel Capitolo 1). Qualora non sia possibile identificare un adeguato fattore di emissione per una sorgente oppure non si abbia corrispondenza con alcuna attività prevista (ad es. le attività di ripristino di una cava) occorre individuare la tipologia di attività o processo che più le assomiglia (riportarne anche una descrizione dettagliata) ed utilizzare il relativo fattore di emissione. In caso di incertezza utilizzare fattori di emissione cautelativi oppure porre il quesito all'autorità competente. In ogni caso

l'ente competente deve poter comprendere le approssimazioni o le scelte effettuate in modo da approvarle o meno ed eventualmente proporre delle modifiche.

4. predisporre uno schema a blocchi (sulla base di quelli riportati nelle Figure 2 e 3 oppure nell'Appendice B "Esempio di applicazione"), nel quale siano riportati tutti i processi, i controlli applicati, le tipologie di movimentazione (camion, nastri trasportatori, ruspe, ecc.) e i punti dei processi in cui sono effettuati tali spostamenti di materiale, le dimensioni del materiale (*mm*) e i flussi trattati nei processi (*Mg/h*). Si suggerisce di introdurre nello schema a blocchi dei codici o delle lettere identificativi in corrispondenza dei processi e/o del passaggio da un processo all'altro (si veda al riguardo l'esempio sviluppato in Appendice B).

Al termine della fase descrittiva si consiglia di produrre una scheda tecnica di riepilogo contenente le informazioni principali, ovvero:

- i. l'attività considerata,
- ii. il riferimento specifico per il calcolo dell'emissione o la scelta del fattore di emissione,
- iii. i parametri eventualmente necessari per il calcolo,
- iv. le mitigazioni previste e la loro efficienza
- v. il fattore di emissione risultante
- vi. l'emissione media oraria associata all'attività.

(si veda l'esempio in Appendice B)

5. per il calcolo delle emissioni dovute ad attività di frantumazione e macinazione e ad attività di agglomerazione, §1.1, si può utilizzare la relazione (1) in cui si impostano i fattori di emissione dalle Tabelle 2 e 3 oppure quelli estratti dall'AP-42 (indicare esplicitamente quale fattore è impiegato in modo da rendere certa l'identificazione) o da FIRE (indicare il codice SCC).
6. Analogamente per il calcolo delle emissioni dovute a scotico e sbancamento di materiale superficiale, §1.2, si scelgono i fattori/formule della Tabella 4 e si definiscono chiaramente i parametri utilizzati ed i valori che quantificano l'attività.

7. per il calcolo delle emissioni dovute a formazione e stoccaggio di cumuli, §1.3, si possono utilizzare le relazioni (3') in relazione al periodo di attività previsto (se prevalentemente diurno o notturno), ed in cui occorre impostare il contenuto di umidità ( $m$  in %). Il valore di  $m$  deve essere compreso nell'intervallo [0.25%; 5%]; nel caso si disponga di una stima o misura diretta di  $m$  inserire tale valore, altrimenti inserire un dato (all'interno dell'intervallo assegnato) coerente con il materiale trattato ed i valori riportati nella Tabella 13.2.4-1 del § 13.2.4 dell'AP-42. Il fattore di emissione così calcolato si utilizza nella relazione (1) impostando la quantità oraria o giornaliera (riportata al valore orario tramite il numero di ore lavorative al giorno) di materiale stoccato. Qualora siano disponibili i valori di velocità del vento (frequenze delle medie orarie) misurati su di un periodo di alcuni anni in un sito considerato rappresentativo rispetto a quello in esame, si può impiegare la relazione (3) considerando eventualmente le frequenze delle velocità limitatamente al periodo giornaliero di attività.
8. per il calcolo delle emissioni dovute all'erosione del vento dai cumuli, §1.4, si utilizza l'espressione (5) in cui si imposta il fattore di emissione areale individuato in Tabella 6 in base a: altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in  $m$ , diametro della base  $D$  in  $m$ , superficie dell'area movimentata  $a$  in  $m^2$ , numero di movimentazioni/ora ( $movh$ ).
9. per il calcolo delle emissioni dovute al transito di mezzi su strade non asfaltate, §1.5, si utilizza l'eq. (7) in cui si impostano il fattore di emissione del singolo mezzo e il percorso medio orario. Il fattore di emissione è calcolato dall'espressione. (6) in cui si impostano: peso veicolo medio in  $Mg$  (dato dal peso veicolo vuoto e a pieno carico), e il contenuto in limo (*silt*) del suolo (in %). Nel caso sia prevista la mitigazione per mezzo della bagnatura con acqua si può far riferimento alle Tabelle 9-10-11 per individuare la frequenza delle applicazioni o calcolarla direttamente con l'espressione (9). Qualora si utilizzino sostanze chimiche si deve riportare la scheda tecnica del prodotto in modo che sia possibile verificare il dosaggio da applicare. Per quanto riguarda il contenuto in limo del suolo (%), si deve utilizzare un valore compreso nell'intervallo [1.8%; 25%]. Nel caso si disponga di una misura diretta o una stima specifica si utilizzi tale valore, altrimenti inserire un valore

- (interno all'intervallo assegnato) coerente con il terreno ed il territorio in cui si svolge l'attività.
10. per il calcolo delle emissioni dovute all'utilizzo di mine si utilizza l'espressione (10) e la Tabella 11 impostando la superficie del fronte di esplosione ( $m^2$ ).
  11. il valore di emissione oraria totale, calcolata come sommatoria delle emissioni di tutte le sorgenti, può essere confrontato con il valore di soglia di emissione riportato nelle Tabelle 14-19 del Capitolo 2. Poiché la distanza degli eventuali recettori assume un ruolo fondamentale nella definizione dell'impatto potenziale indicato in queste Tabelle, è buona norma presentare una documentazione cartografica (aggiornata e leggibile, in scala 1:5000 o 1:2000) che indichi la presenza dei possibili recettori nelle vicinanze dell'area di attività.
  12. Nel caso l'attività sia suddivisa in più aree o zone, in relazione alle distanze tra queste ed all'esistenza di eventuali barriere fisiche e alla presenza e posizione dei diversi recettori, queste potranno essere considerate concorrere insieme all'impatto oppure separatamente. Nel primo caso per riferirsi alle soglie di emissione si può adottare il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2.

## **RINGRAZIAMENTI - ACKNOWLEDGEMENTS**

Questo lavoro è stato prodotto come parte di una specifica convenzione tra il Dipartimento ARPAT di Firenze e la Provincia di Firenze.

Il nucleo iniziale di questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito di un tirocinio volontario presso il Dipartimento ARPAT di Firenze dalla Dott.ssa in Ingegneria Chimica Hyun-mi Palatella.

Aprile 2009

---

# LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

## APPENDICE A

### IMMAGINI E TERMINI



---

In questa parte viene proposta una serie di immagini tratte dal web relative alle varie fasi e lavorazioni, attrezzature, strutture e macchinari utilizzati nelle attività di interesse.

Inoltre vengono riportate alcune descrizioni e definizioni attinenti a queste attività che possono essere di aiuto anche nell'interpretazione dei termini tecnici legati ai fattori di emissione. Queste descrizioni-definizioni sono liberamente tratte dal "Dizionario enciclopedico scientifico e tecnico inglese-italiano, italiano-inglese" McGraw-Hill Zanichelli 1990. La predisposizione di un glossario, anche corredato da immagini, di cui questa parte costituisce un esempio embrionale, esula dalle finalità del lavoro, ma costituirebbe senz'altro un utile strumento informativo volto a favorire l'uniformità di valutazione e di impiego delle tecniche di stima proposte.

## IMMAGINI



In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto” SCC 3-05-020-33; in basso due esempi di SCC 3-05-020-32 “Truck Loading Conveyor”.



A sinistra: Bulk Loading, “Construction Sand and Gravel” SCC 3-05-025-06; a destra: Truck Load-out, “Asphalt Concrete” SCC 3-05-002-14



Bagnatura



Bagnatura piste di cantiere



Drilling SCC 3-05-020-10



Dragline Overburden Removal SCC 3-05-010-36



Bulldozing Overburden 3-05-010-45



Truck Loading: Overburden SCC 3-05-010-37



Primary Crushing (blast over size reduce) SCC 3-05-020-01



Secondary crushing SCC 3-05-020-02



Secondary crushing mobile SCC 3-05-020-02



Mobile plant for secondary (SCC 3-05-020-02) and tertiary crushing (SCC 3-05-020-03)



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Lavaggio ruote



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Essiccatore (Sand dryer) SCC 3-05-027-20



Unloading Bottom dump truck



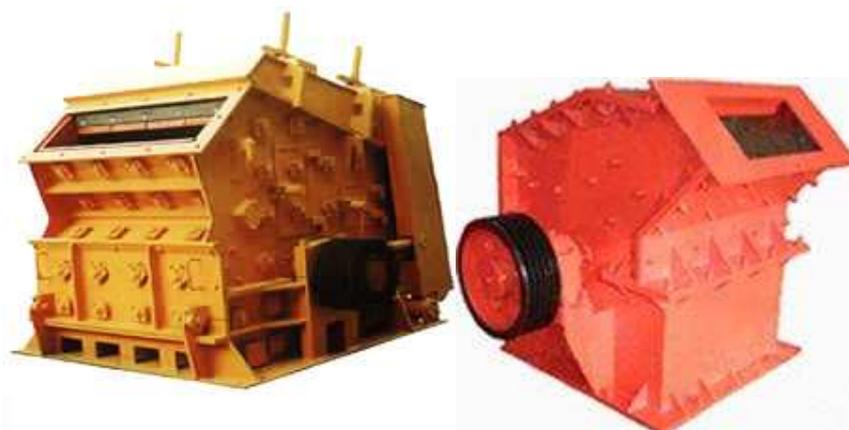
Demolizione con implosione del Velodromo di Roma (2008)



Demolizione con implosione degli edifici di Punta Perotti a Bari (aprile 2006)



Sfangatrice e Griglia a dischi



Impact Crusher e Fine Crusher

---

## TERMINI

**Bulk Transport:** trasporto alla rinfusa; conveying, hoisting, or elevating systems for movement of solids such as grain, sand, gravel, coal, or wood chips.

**Overburden:** copertura; material of any nature that overlies a deposit of useful materials, ores, coal ecc.; loose soil, sand or gravel that lies above the bedrock.

**Dragline:** escavatore a benna trascinata; an excavator operated by pulling a bucket of ropes toward the jib from which it is suspended.

**Grinding:** macinazione; reducing a material to relatively small particles.

**Classifier:** classificatore; any apparatus for separating mixtures of materials into their constituents according to size and density.

**Crushing:** minerale triturato, e sua quantità; the quantity of ore pulverized or crushed at a single operation in processing.

**Screening:** crivellatura, vagliatura; the separation of a mixture of grain of various sizes into two or more size-range portions by means of a porous or woven-mesh screening media.

**Grizzly:** griglia; a coarse screen used for rough sizing and separation of ore, gravel or soil.

---

# LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

## APPENDICE B

### ESEMPIO DI APPLICAZIONE



---

In questa Appendice viene proposto un esempio di stima delle emissioni utilizzando le tecniche e le indicazioni presentate nelle Linee Guida.

L'applicazione esemplificativa oltre a definire quali fattori di emissione possono essere scelti nelle situazioni esaminate, ha lo scopo di mostrare come questi devono essere utilizzati. L'obiettivo è soprattutto quello di indicare quali e quante informazioni è necessario ottenere e fornire affinché tutto il percorso di stima possa essere chiaro, adeguato e conseguentemente condiviso.

L'esempio specifico non ha alcun valore assoluto e non è assicurata alcuna verosimiglianza tra quanto riportato e le possibili attività reali; l'attività ipotizzata è semplicemente un esercizio volto a mostrare come effettuare la stima, come interpretare i risultati, ed evidenziare quali difficoltà possono intervenire.

L'esempio è sviluppato in termini analitici e di estremo dettaglio in modo da costituire una guida su come occorre procedere nella stima. La presentazione dei risultati e delle informazioni può variare da caso a caso in mancanza di una codifica formale (che non può che venire dalle autorità che svolgono la funzione di amministrazione attiva, ovvero che rilasciano le eventuali autorizzazioni) ma deve comunque contenere tutti gli elementi necessari ad effettuare verifiche e controlli sulle stime da parte degli enti preposti.

## ESEMPIO

### Informazioni sull'attività

Cava di inerti (sabbia e ghiaia) con impianto di selezione e frantumazione; la fase di trattamento (selezione e frantumazione) viene svolta sia sul materiale estratto direttamente che su quello proveniente dall'esterno.

In Figura E1 è schematizzata la geometria dell'impianto

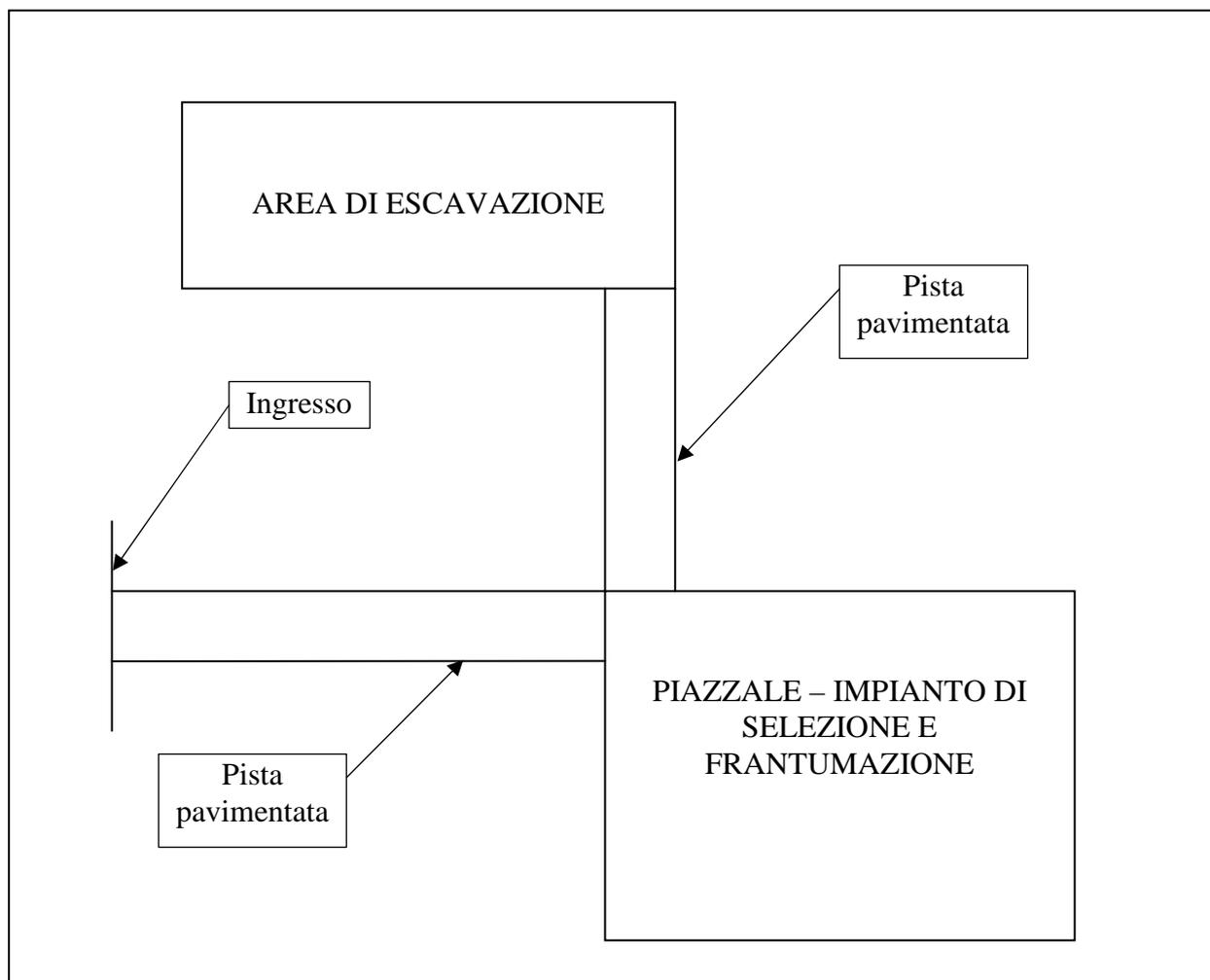


Figura E1: rappresentazione schematica delle aree di attività dell'impianto esempio.

Secondo quanto rappresentato in Figura E1, l'attività si svolge su due aree distinte (l'area di escavazione ed il piazzale delle lavorazioni) collegate attraverso delle piste asfaltate. A causa della distanza tra le due aree le emissioni di queste saranno considerate separatamente.

### Area di escavazione

Le attività svolte consistono nella “scopertura del cappellaccio” o materiale superficiale non produttivo, nel suo allontanamento, nell'estrazione del materiale da avviare all'impianto di produzione e nel suo trasporto.

La rimozione del materiale superficiale avviene mediante ruspa cingolata, la quale lo accumula temporaneamente sul luogo; successivamente questo materiale viene allontanato trasferendolo su camion e scaricandolo in un'area specifica, in modo da poter essere eventualmente impiegato successivamente per il ripristino dell'area stessa. Quindi la ruspa effettua lo sbancamento del materiale da trattare ed il suo trasferimento ai camion che provvedono al trasporto presso il piazzale delle lavorazioni.

Nella fase di scotico la ruspa rimuove circa  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  di “materiale sterile” effettua quindi il lavoro su di un tratto lineare di  $7 \text{ m/h}$  ( $7 \times 0.52$  [profondità scavo]  $\times 3.19$  [larghezza ruspa]= $12 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Questa è la grandezza che interessa nel caso si utilizzi per tale operazione il fattore di emissione delle operazioni di scotico previsto in “13.2.3 Heavy construction operation”, pari a  $5.7 \text{ kg/km}$  di PTS. Ipotizzando una frazione di PM10 dell'ordine del 60% del PTS, si ottiene un fattore di emissione per il PM10 pari a  $3.42 \text{ kg/km}$ . L'emissione oraria stimata per questa fase è allora di  $7 \times 10^{-3} \text{ km/h} \times 3.42 \text{ kg/km} = 0.02394 \text{ kg/h} = 24 \text{ g/h}$ .<sup>1</sup>

Nella stessa ora di attività la ruspa effettua anche lo sbancamento di  $30 \text{ m}^3$  di materiale, il quale viene caricato su dumper e trasportato all'impianto.

Per la fase di sbancamento o estrazione non è presente uno specifico fattore di emissione; considerando che il materiale estratto è bagnato, si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 *Sand Handling, Transfer, and Storage* in “Industrial Sand and Gravel”, pari a  $1.30 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$  di PTS equivalente a  $3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$  di PM10 avendo considerato il 60% del particolato come PM10. Ipotizzando una densità del materiale pari a  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , si trattano  $51.0 \text{ Mg/h}$ , e quindi si ha una emissione oraria pari a  $20 \text{ g/h}$ .

La fase di caricamento del materiale estratto corrisponde al SCC 3-05-025-06 *Bulk Loading* “Construction Sand and Gravel” per cui FIRE indica un fattore di emissione (molto incerto) pari a  $2.40 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$ , ovvero  $1.20 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$  di materiale caricato.<sup>2</sup>

Ipotizzando sempre una densità del materiale pari a  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , si ha una emissione oraria di  $61 \text{ g/h}$ .

Il materiale superficiale accantonato viene caricato su camion e tale operazione può corrispondere al SCC 3-05-010-37 *Truck loading overburden* (si veda Tabella 4) cui è assegnato un fattore di emissione di  $7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ ; ipotizzando una densità pari a  $1.5 \text{ Mg/m}^3$ , i  $12 \text{ m}^3$  rimossi corrispondono a  $18.0 \text{ Mg}$  e l'emissione oraria della fase di carico risulta complessivamente di  $135 \text{ g/h}$ .

<sup>1</sup> In alternativa in FIRE, SCC 3-05-010-30 *Topsoil removal* in “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” indica un fattore di emissione per il PTS pari a  $0.03 \text{ kg/Mg}$  di materiale rimosso, il quale produce una emissione oraria di PM10 (ipotizzato il 60% del PTS) per questa fase pari a  $324 \text{ g/h}$ ; si osserva che questa stima è oltre 10 volte superiore a quella inserita nel testo.

<sup>2</sup> Considerando che il materiale viene lasciato cadere sul dumper, si potrebbe pensare di utilizzare in alternativa anche il fattore proposto per “Dragline: Overburden Removal” (si veda la Tabella 4) per determinare il quale occorre definire l'umidità percentuale del materiale e l'altezza di caduta; impostando un'altezza minima di caduta di  $1.5 \text{ m}$  (si veda AP-42 paragrafo 11.9, Tab. 11.9-3) si ottiene un valore di  $1.77 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$  con l'umidità al 5%, ed un valore di  $1.44 \times 10^{-3}$  impostando l'umidità al 10%. Si osserva quindi che queste scelte alternative non producono variazioni tali da modificare l'ordine di grandezza dell'emissione.

Questo materiale superficiale è allontanato lungo una pista non pavimentata di una lunghezza media di 50 m; si ipotizza che il contenuto di “silt” del materiale che costituisce la pista sia pari al 14%; il dumper ha un peso di 16 Mg a vuoto e può portare un carico di 24 Mg, per cui il peso medio durante il trasporto è pari a 28 Mg. Poiché ogni ora vengono accantonati 18 Mg di materiale sterile, occorrono 0.75 carichi per smaltire il materiale, ovvero il dumper effettua 3 corse ogni 4 ore. Inserendo questi dati nell’espressione (6) “Unpaved road”, si ottiene un fattore di emissione di 1.328 kg/km. Poiché ogni viaggio risulta mediamente di 100 m, si ha una emissione di 0.133 kg per viaggio e quindi si assegna una emissione di 133 g/viaggio  $\times (0.75) \text{ viaggi/h} = 100 \text{ g/h}$ .

Quindi il materiale sterile viene scaricato, si può scegliere in questo caso il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-010-42 *Truck Unloading: Bottom Dump – Overburden* (vedi Tabella 4), pari a  $5 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$ . L’emissione media oraria risulta di 9 g/h.

I camion con il materiale da portare all’impianto prima di raggiungere la pista asfaltata che collega le due aree, devono percorrere mediamente un tratto di 40 m su pista non pavimentata. Con gli stessi parametri utilizzati in precedenza, tenuto conto che si ha un trasporto di  $30 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.7 \text{ Mg/m}^3 = 51 \text{ Mg/h}$ , si hanno  $(51 \text{ Mg/h}) / (24 \text{ Mg/camion}) = 2.13 \text{ camion/h}$ . Ognuno dei camion percorre  $(40 \times 2) = 80 \text{ m}$  di pista, quindi il percorso complessivo risulta di 170 m. Impiegando il fattore di emissione precedentemente utilizzato, pari a 1.328 kg/km si ottiene una emissione complessiva di questa fase pari a 226 g/h.

Infine seguendo quanto riportato nel paragrafo 1.4 si stima l’emissione dovuta all’erosione del vento sui cumuli di materiale superficiale accantonato. Si ipotizza che ogni nuovo scarico di materiale costituisca un cumulo di 24 Mg ovvero un volume di  $16 \text{ m}^3$  (avendo ipotizzato che il materiale superficiale avesse una densità di  $1.5 \text{ Mg/m}^3$ ). Impostando un’altezza del cumulo di 2 m e ipotizzandolo conico ne risulta un diametro di 5.6 m, e di conseguenza una superficie laterale di circa  $30 \text{ m}^2$ . Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro è superiore a 0.2 quindi il cumulo è considerato “alto” e il fattore di emissione risulta pari a  $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$  (si veda la Tabella 7). L’emissione oraria attribuita al fenomeno vale secondo l’espressione (5):

$$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \times (30 \text{ m}^2) \times 0.75 \text{ movimenti/h} = 178 \times 10^{-6} \text{ kg/h} = 0.2 \text{ g/h}$$

Il valore ottenuto può essere trascurato nel presente contesto.

Nel complesso le attività dell’area producono una emissione media oraria di PM10 di circa 580 g/h; il dettaglio è riportato nella Tabella E1.

Tabella E1: emissioni orarie stimate per le attività dell’area di escavazione

Fase	Emissione oraria media in g/h
Scotico materiale superficiale [A]	24
Carico materiale superficiale su camion [B]	135
Trasporto del materiale superficiale [C]	100
Scarico materiale superficiale [D]	9
Erosione del vento dai mucchi di materiale superficiale [E]	<1
Sbancamento materiale di produzione [F]	20
Carico materiale di produzione [G]	61
Trasporto materiale di produzione [H]	226
totale	575

### **Impianto di selezione e frantumazione**

Lungo la pista asfaltata arrivano all'impianto con i camion  $30 \text{ m}^3$ , pari a  $51 \text{ Mg/h}$  di materiale prodotto nella cava ( $2.13 \text{ camion/h}$ ), ed inoltre  $70 \text{ m}^3$ , corrispondenti a  $119 \text{ Mg}$  di materiale da trattare (circa  $5 \text{ camion/h}$ ) provenienti dall'esterno.

Si assumono trascurabili le emissioni dovute ai motori dei camion così come quelle dovute al risollevarsi di polveri durante il transito sulle piste asfaltate.<sup>3</sup>

La successione delle operazioni con indicate le quantità di materiale trattato sono sintetizzate nei punti successivi (e riportate nello schema di Figura E2):

- Il materiale corrispondente a  $100 \text{ m}^3$  ovvero  $170 \text{ Mg}$  arriva alla tramoggia iniziale;
- da questa passa alla griglia a dischi in cui viene bagnato, e nella quale avviene la separazione tra quello di grossa pezzatura (dimensione minima  $80 \text{ mm}$ ), il quale viene inviato alla frantumazione primaria (pari al  $35\%$ , ovvero  $60 \text{ Mg}$ ), e quello di pezzatura più fine (massimo  $80 \text{ mm}$ ) che va alla sfangatrice (pari al  $65\%$ , ovvero  $110 \text{ Mg}$ ).
- Il trasporto tra griglia e mulino di frantumazione o sfangatrice avviene in entrambi i casi mediante nastri trasportatori.
- Dalla sfangatrice, i fanghi in misura di  $25 \text{ Mg}$  vengono inviati al trattamento con l'idrociclone, mentre i rimanenti  $85 \text{ Mg}$  continuano il processo con nastro trasportatore verso la vagliatura.
- I  $60 \text{ Mg}$  avviati alla frantumazione primaria escono triturati e vanno con nastro trasportatore alla successiva vagliatura.
- Alla vagliatura si separa direttamente un prodotto di  $42 \text{ Mg}$  che va stoccato con nastro trasportatore, mentre il rimanente di  $103 \text{ Mg}$  viene trasferito con nastro trasportatore alla frantumazione secondaria-terziaria.
- Da questa (frantumazione secondaria) con nastro trasportatore il materiale è portato alla vagliatura fine, e da questa passa allo stoccaggio tramite nastri trasportatori in parti di  $63 \text{ Mg}$  (pezzatura media) e  $40 \text{ Mg}$  (pezzatura fine).
- Dall'idrociclone vengono recuperati  $25 \text{ Mg}$  di prodotto nei fanghi; questi sono inviati con nastro trasportatore allo stoccaggio formando un cumulo di prodotto fine e molto umido.

Seguendo anche quanto riportato in Figura E2, è di seguito esemplificato il calcolo delle emissioni. Alla tramoggia [1] vengono scaricati  $170 \text{ Mg/h}$  di materiale; di questi  $51 \text{ Mg}$  provenienti dalla cava sono molto bagnati. In mancanza di un fattore di emissione maggiormente attinente si sceglie di utilizzare quello relativo al SCC 3-05-020-31 *Truck unloading* (in Stone Quarrying - Processing), pari a  $8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$ , portando ad una stima complessiva di circa  $1 \text{ g/h}$ .

In uscita dalla griglia [2] tutto il materiale è bagnato. I due nastri trasportatori [3 e 4] alimentano con  $60 \text{ Mg}$  la frantumazione primaria e con  $110 \text{ Mg}$  la sfangatrice. Per questa movimentazione si sceglie il fattore di emissione associato al SCC 3-05-020-06 (Vedi Tabella 2 o Tab. 11.19.2-1 in 11.19.2.2 Crushed Stone Processing nell'AP-42) considerando la mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale che porta a  $2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$ . Questo produce una emissione dovuta la primo nastro [3] di circa  $1 \text{ g/h}$ , e dal secondo nastro [4] per circa  $3 \text{ g/h}$ .<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Quest'ultime sono trascurabili purché venga effettuata una regolare pulitura delle superfici pavimentate.

<sup>4</sup> In alternativa per il trasporto con i nastri poteva essere impiegato il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-025-03 *Material Transfer and Conveying* (in Construction Sand and Gravel) pari a  $3.2 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ , per il quale non era tuttavia disponibile la correzione da attuare considerando il materiale bagnato.

Per quanto riguarda la frantumazione primaria [5] non è disponibile il fattore di emissione specifico<sup>5</sup>, ma considerando anche la limitata pezzatura del materiale si sceglie di utilizzare quello disponibile per la frantumazione secondaria, tenuto conto tuttavia che il materiale è bagnato. Di conseguenza si utilizza il fattore  $3.7 \times 10^{-4}$  (si veda la Tabella 2) ottenendo quindi una emissione complessiva di 22 g/h. In uscita dalla frantumazione si ha ancora la movimentazione con nastro trasportatore [8] che porta ad una emissione pari a quella in ingresso di 1 g/h.

In uscita dalla sfangatrice ([6] la cui emissione è considerata nulla) il materiale è molto umido e nel trasporto tramite nastro [9] si ha ancora una emissione stimata in 2 g/h.

Alla vagliatura [11] (SCC 3-05-020-02, 03, 04) arriva un totale di 145 Mg/h di materiale bagnato; il fattore di emissione è quello con la mitigazione (si veda la Tabella 2) corrispondente a  $3.7 \times 10^{-4}$  kg/Mg che porta ad una emissione complessiva di 54 g/h. Questo materiale in uscita è in parte (42 Mg) trasferito con nastro [13] a formare un cumulo [19], per una emissione totale pari a  $2.3 \times 10^{-2}$  g/Mg  $\times$  42 Mg/h = 1 g/h, ed in parte (103 Mg) avviato con nastro [12] alla frantumazione secondaria-terziaria [14] per una emissione di 2 g/h.

Questo materiale (103 Mg/h) viene trattato nella frantumazione secondaria-terziaria [14] (SCC 3-05-020-02, 03) con un fattore di emissione (mitigato) di  $3.7 \times 10^{-4}$  kg/Mg per una emissione complessiva pari a 38 g/h. In uscita il nastro trasportatore [16] (con emissione analoga all'ingresso ovvero 2 g/h) porta il materiale alla vagliatura fine [15] (SCC 3-05-020-21, si veda la Tabella 2) con mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale; in questa fase si ha una emissione di 103 Mg/h  $\times$  0.0011 kg/Mg = 113 g/h.

Due nuovi nastri trasportatori [17 e 18] trasferiscono il materiale in uscita allo stoccaggio in due cumuli [20 e 21] di pezzatura differente. Per entrambi si stima una emissione (SCC 3-05-020-06) di 1 g/h. Sul cumulo di materiale fine ( $\phi < 5$  mm) si aggiunge anche il materiale recuperato dai fanghi in uscita dall'idrociclone [7 e 10] di cui si considera nulla l'emissione nel trattamento [7] e si stima una emissione nel trasporto [10] pari a 1 g/h.

Rimangono infine da valutare le emissioni dovute alle attività di prelievo e movimentazione del materiale dei cumuli [19, 20 e 21]. Per questo si ricorre a quanto indicato nel paragrafo 1.3 e corrispondente al 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42, individuando un fattore di emissione di  $2.26 \times 10^{-4}$  kg/Mg di materiale movimentato (avendo utilizzato la formula relativa alle attività del periodo diurno, considerando una umidità del materiale del 4.8%). Ipotizzando che tutto il materiale lavorato sia movimentato, ma che l'emissione di PM10 sia relativa soltanto a quello di dimensioni minori (cumulo di materiale fine) si ottiene una emissione oraria media pari a 15 g/h.

Per quanto riguarda l'erosione del vento si fa ancora riferimento solo al cumulo del materiale più fine: si ipotizza che quanto prodotto in una ora di attività costituisca un singolo cumulo pari a 65 Mg; ipotizzando la densità di  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , il volume occupato risulta di  $38 \text{ m}^3$ . Da questo imponendo l'altezza a 4 m e supponendo la forma conica si ottiene un diametro di 6 m. Il cumulo è quindi classificato come alto ed ha una superficie laterale di  $47 \text{ m}^2$ . Se si ipotizzano nel complesso 3 movimentazioni orarie che interessano il 30% della superficie, l'emissione stimata risulta di:  $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \times (14 \text{ m}^2) \times 3 \text{ movimenti/h} = 332 \times 10^{-6} \text{ kg/h} = 0.3 \text{ g/h}$ ; anche in questo caso l'emissione è trascurabile.

<sup>5</sup> In alternativa possono essere impiegati i fattori di emissione presenti in FIRE relativi alla frantumazione primaria di differenti materiali e minerali.

Tabella E2: emissioni orarie stimate per le attività dell'impianto di selezione e frantumazione

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		$8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$	170 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	110 Mg	3 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	22 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	85 Mg	2 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	25 Mg	1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	145 Mg	54 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	42 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	38 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato	$0.0011 \text{ kg/Mg}$	103 Mg	113 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	63 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	40 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3') periodo diurno	Materiale bagnato (m=4.8%)	$2.26 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	65 Mg	15 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$	movh=3, a=14 m <sup>2</sup>	<1 g/h
totale					258 g/h

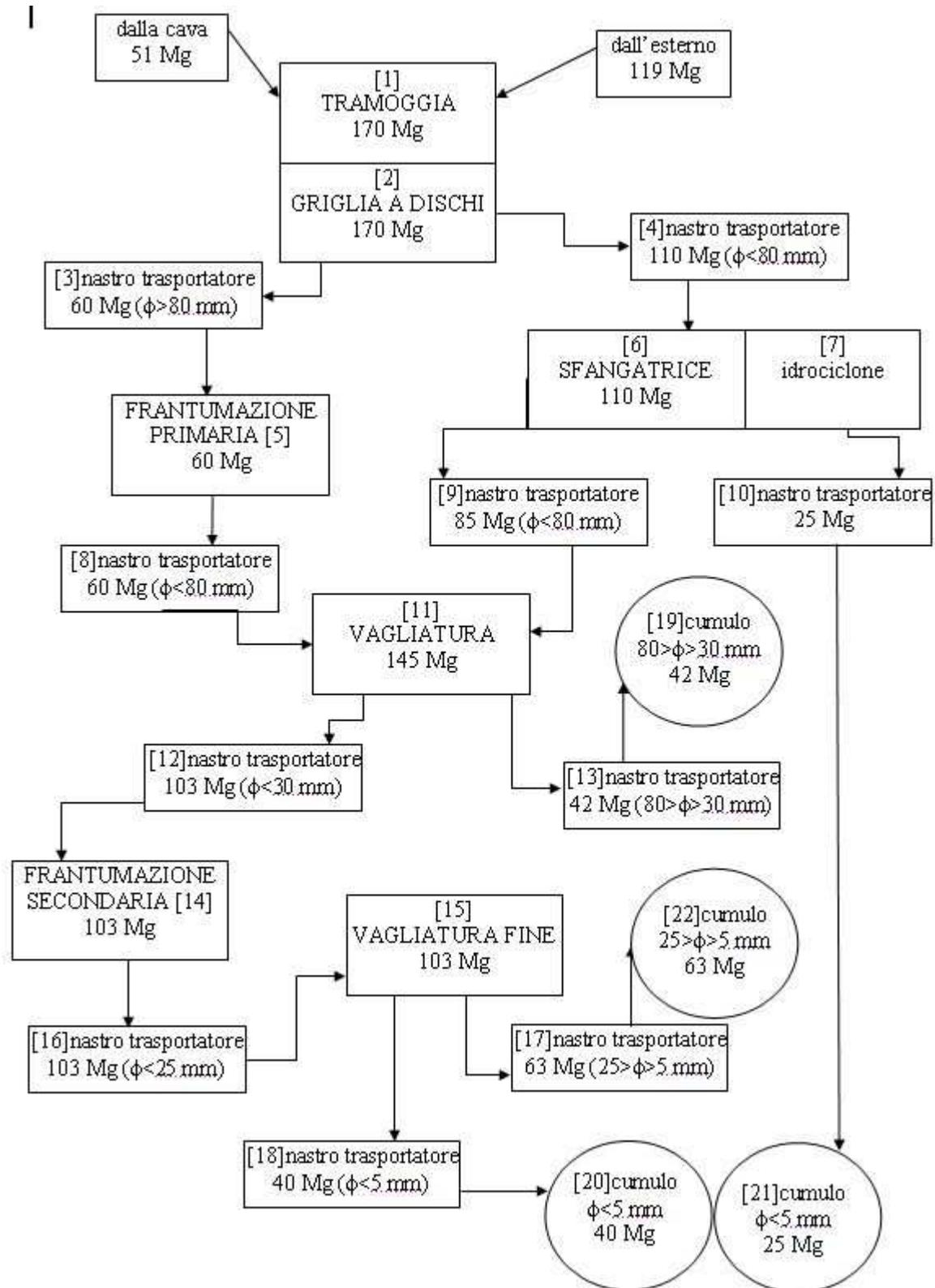


Figura E2: Schema a blocchi delle attività svolte nell'impianto di selezione e frantumazione.

### **Discussione dei risultati ed osservazioni**

In questa parte si propone una analisi critica dei risultati ottenuti nelle stime e si cerca di inquadrarli rispetto alle soglie di emissione presentate nel Capitolo 2.

Complessivamente si osserva che per le attività svolte nell'area di estrazione è stata stimata una emissione media oraria di circa 580 g/h, mentre l'emissione media oraria valutata per le attività dell'impianto è risultata di circa 250 g/h.

Si ipotizza che le attività lavorative si svolgano su di un periodo di 220 giorni all'anno, e che nell'area sia presente un gruppo di recettori sensibili (abitazioni civili) posti a Nord dell'area di escavazione ad una distanza di circa 180 m dai bordi di questa.

Dai valori in Tabella 16 si ottiene che per emissioni inferiori a 493 g/h non è richiesto alcun intervento né valutazione suppletiva. Questo sarebbe il caso se l'emissione fosse quella dovuta esclusivamente all'impianto di selezione e frantumazione; invece le attività di escavazione comportano una emissione superiore a tale soglia.

Inoltre, sommando i valori di emissione stimati per le due aree si ottiene un risultato (833 g/h) vicino ai 986 g/h oltre i quali si presume la non compatibilità ambientale dell'emissione (si veda la Tabella 16).

Il proponente o esercente l'attività deve quindi valutare se sia preferibile attuare delle mitigazioni oppure proporre di effettuare un monitoraggio per il PM10 secondo i criteri del DM 60/02 relativi alle misure almeno indicative (copertura dell'anno con un campione equamente distribuito nelle stagioni di almeno il 15% dei giorni, circa 60 giorni). In alternativa può valutare se sono presenti (o possono essere raccolti) dati meteorologici specifici del sito che permettano di effettuare una valutazione delle ricadute di PM10 per mezzo di idonei modelli di dispersione.

Evidentemente, sia nel caso del monitoraggio del PM10, sia nel caso della valutazione modellistica, i risultati non sono noti a priori e quindi potrebbero portare comunque alla necessità di attuare delle mitigazioni.

Analizzando il dettaglio delle emissioni riportato nella Tabella E1, si osserva che ben 326 g/h, ovvero il 57% del totale, provengono dalla stima associata al trasporto del materiale sulle piste. In genere infatti, per i fattori di emissione in gioco, questa è una delle attività cui corrispondono le maggiori stime di emissione. Su questa è possibile intervenire con mitigazioni, ad esempio effettuando la bagnatura periodica (si veda in dettaglio quanto riportato nel paragrafo 1.5.1) oppure ricorrendo a prodotti specifici.

Nel presente esempio si ammette per semplicità di scegliere questo secondo tipo di intervento che garantisce una efficienza dell'80%.

In tal modo quindi l'emissione associata alla voce "trasporto del materiale superficiale" risulta adesso pari a 20 g/h anziché i 100 g/h della precedente stima, mentre quella relativa al "trasporto del materiale di produzione" risulta di 45 g/h, anziché i precedenti 226 g/h.

L'emissione complessiva delle attività dell'area di escavazione è adesso pari a 314 g/h.

Le emissioni delle singole aree di attività risultano adesso entrambe inferiori al corrispondente valore di soglia, mentre la loro somma (248+314=562) si mantiene superiore, seppur di poco, ai 493 g/h della soglia. In altre parole non sarebbe soddisfatto il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2 per valutare più sorgenti in contemporanea (la somma dei rapporti rispetto alla soglia produce un valore superiore ad 1).

Per valutare se le due emissioni possono o meno essere considerate distinte occorre considerare la distanza tra queste e quella dai recettori, l'orografia del territorio e la presenza di eventuali ostacoli fisici tra le sorgenti e tra queste ed i recettori, nonché l'entità dell'emissione complessiva rispetto alla soglia.

Al riguardo è bene ricordare che le soglie utilizzate sono riferite ad una distanza dal recettore di 150 m, e la loro validità è poi estesa ad ogni distanza superiore a questa. Le concentrazioni continuano invece a decadere con l'allontanarsi dalla sorgente.

In ogni caso in presenza di incertezza (si pensi anche a quella assai elevata relativa ai fattori di emissione utilizzati), risulta buona norma avere una valutazione modellistica che accerti il rispetto o meno dei limiti di qualità dell'aria per il PM10 in presenza delle emissioni dovute all'attività.

Nel presente esempio, nel caso le emissioni debbano considerarsi congiuntamente, anche la precedente configurazione emissiva comporterebbe la necessità di provvedere ad un adeguato monitoraggio. Questo potrebbe invece essere non necessario qualora si adottassero ulteriori azioni di mitigazione.

Nella Tabella E3 sono riportati in dettaglio i valori di stima relativi ad una nuova configurazione emissiva la quale soddisfa ora il criterio relativo alla soglia di emissione (ovvero l'emissione complessiva è inferiore a 493 g/h).

In questa, viene scelto di ridurre l'attività dell'impianto passando da 119 Mg/h a 79 Mg/h di materiale proveniente dall'esterno, ed inoltre attuando la misura più drastica di riduzione delle emissioni per quanto riguarda la fase "[15] vagliatura fine", ovvero l'inscatolamento dell'impianto che viene valutato avere una efficienza dell'ordine del 50%.

In tal modo l'emissione complessiva delle due aree è ora portata a 468 g/h, quindi al di sotto della soglia.

Tabella E3: dettaglio delle emissioni medie orarie per entrambe le attività (dopo le mitigazioni)

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[A] Scotico materiale superficiale	13.2.3 AP-42	60% PTS	0.6x5.7 kg/km	7 m/h	24 g/h
[B] Carico materiale superficiale su camion	SCC 3-05-010-37		7.5x10 <sup>-3</sup> kg/Mg	18 Mg	135 g/h
[C] Trasporto del materiale superficiale	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	0.2x1.328 kg/km	100 m 0.75 viaggi/h	20 g/h
[D] Scarico materiale superficiale	SCC 3-05-010-42		5.4x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	18 Mg	9 g/h
[E] Erosione del vento	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	7.9x10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup>	movh=0.75, a=30 m <sup>2</sup>	<1 g/h
[F] Sbancamento materiale di produzione	SCC 3-05-027-60	60% PTS	3.9x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	51 Mg	20 g/h
[G] Carico materiale di produzione	SCC 3-05-025-06		1.2x10 <sup>-3</sup> kg/Mg	51 Mg	61 g/h
[H] Trasporto materiale di produzione	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	0.2x1.328 kg/km	80 m 2.13 viaggi/h	45 g/h
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		8x10 <sup>-6</sup> kg/Mg	130 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	46 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	84 Mg	2 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	46 Mg	17 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	46 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	65 Mg	1 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	19 Mg	<1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	111 Mg	41 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	79 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	32 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	79 Mg	29 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato e inscatolamento	0.5x0.0011 kg/Mg	79 Mg	43 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	79 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	48 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	31 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3') periodo diurno	Materiale bagnato (m=4.8%)	2.26x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	50 Mg	11 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	7.9x10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup>	movh=3, a=14 m <sup>2</sup>	<1 g/h
totale					468 g/h

**All. 1 - Delibera di Giunta Provinciale n. 213 del 03/11/2009 pubblicata il 06/11/2009.**

*“Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del Dlgs 82/2005 e ri-spettive norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa; il documento informatico e’ memorizzato digitalmente ed e’ rintracciabile sul sito internet <http://attionline.provincia.fi.it/>”*

# **ALLEGATO 1**

Specifiche per la redazione delle Valutazioni di impatto acustico

# **SPECIFICHE PER LA REDAZIONE DELLE VALUTAZIONI DI IMPATTO ACUSTICO**

*Le Valutazioni di impatto acustico dovranno essere redatte nel rispetto del seguente indice di argomenti e dovrà essere completa degli allegati di seguito richiamati, con particolare riferimento agli scenari operativi per il collaudo acustico.*

## **1. PREMESSA**

Descrizione dell'area oggetto della relazione  
Ricettori impattati dalle lavorazioni

## **2. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELLA ZONA**

Recepimento del quadro normativo regionale  
Recepimento ed analisi della classificazione acustica comunale

## **3 ESECUZIONE DELLE MISURE**

Misure del clima acustico (numero e tipologia di misura, modalità di restituzione ed analisi dei dati, caratterizzazione complessiva del clima acustico dell'area)

Censimento dei ricettori (numero, tipologia, caratteristiche e posizione dei ricettori più esposti alle attività di cantiere).

## **4 DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI E DEI MACCHINARI UTILIZZATI**

Scenario operativo del cantiere (posizione, dimensione, configurazione, tipologia di attività).

Descrizione delle lavorazioni (tipologia, durata assoluta e relativa).

Contemporaneità di più lavorazioni.

Caratterizzazione acustica delle sorgenti esaminate (sorgenti lineari, puntuali, areali; tempi di funzionamento) relativi dati di potenza sonora (certificati o da misure):

## **5 APPLICAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO ALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE**

Elencare i dati di input utilizzati nella modellazione e fornire tutti gli elementi per l'interpretazione dei calcoli conseguenti. Specificare se nel calcolo sono utilizzati dati di potenza sonora delle sorgenti oppure livelli di pressione sonora a distanza nota dalla macchina

Specificare riflessione del terreno ed effetto suolo: applicare ipotesi di terreno riflettente e di conseguenza propagazione semisferica (con un conseguente incremento del livello di pressione sonora di 3 dB). Non considerare l'effetto suolo; che costituisce la condizione più cautelativa, a meno che il progettista non fornisca caso per caso le specifiche del terreno ed effettui una ragionata stima del coefficiente di assorbimento.

Specificare se nei calcoli è stato considerato l'effetto dovuto alla riflessione della facciata dell'edificio. Le stime dei livelli attesi in facciata degli edifici devono essere aumentate di 3 dB rispetto alla propagazione in campo libero.

Interventi di mitigazione adottati

5.4.1 Interventi diretti: adozione di interventi di mitigazione (barriere fonoassorbenti, dune, insonorizzazioni meccaniche, ecc). È necessario che vengano forniti tutti i dati tecnici delle mitigazioni acustiche adottate a protezione dei ricettori

5.4.2 Interventi indiretti: indicazioni di tipo procedurale e gestionale del cantiere

## **6 VALUTAZIONE DEL RISPETTO DEI LIMITI ACUSTICI**

Valori di emissione calcolati mediante codice di calcolo

Valori di immissione calcolati mediante codice di calcolo

Valori di immissione differenziale calcolati mediante codice di calcolo

Eventuale richiesta di deroga.



## **ALLEGATO 2**

Moduli di gestione delle terre e rocce

### Registro di caratterizzazione

WBS	Sito di produzione	Modalità caratterizzazione (1)	Data	Sito di caratterizzazione	Qualificazione ambientale (2)	Certificato di analisi

(1) Modalità di caratterizzazione preventiva, sul fronte di scavo, in cumulo

(2) concentrazione (CSC) D.Lgs. 152/2006, Tab.1, All.5, titolo V, Parte IV, colonne A e B

### Registro delle movimentazioni

	Data del trasporto	Mezzo di trasporto	Identificativo mezzo	Quantità trasportata	Qualità ambientale	Caratteristiche merceologiche	
Sito di produzione (WBS)							Sito di utilizzo (WBS)
Sito di produzione (WBS)							Deposito temporaneo
Deposito temporaneo							Sito di utilizzo (WBS)
<b>TOTALI</b>							

### Registro di tracciabilità trimestrale

Sito di produzione (luogo e identificativo di progetto)	Volume in banco del trimestre (produzione)	Qualità ambientale	Sito di utilizzo (luogo e identificativo di progetto)
<b>Totale produzione</b>			

### Registro di tracciabilità con deposito intermedio

Sito di produzione		Qualità ambientale	Deposito temporaneo	Sito di utilizzo	
Nome	Volume in banco			Nome	Volume
<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>	

## **ALLEGATO 3**

**Città Metropolitana di Firenze È ARPAT**

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE ,MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI (DGP.213-09)



---

# **LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI**

*Antongiulio Barbaro, Franco Giovannini, Silvia Maltagliati*

*AFR Modellistica Previsionale*

---

## Introduzione

Le presenti linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti).

I metodi di valutazione proposti nel lavoro provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors<sup>1</sup>) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria, in particolare degli algoritmi di calcolo, e qualora sorgessero dubbi interpretativi.

Nel Capitolo 1 sono analizzate le sorgenti di particolato dovute alle attività di trattamento di materiali polverulenti e per ciascuna sorgente vengono individuate le variabili da cui dipendono le emissioni ed il metodo di calcolo, in taluni casi semplificato rispetto al modello originale ed adattato dove possibile alla realtà locale.

Nel Capitolo 2 sono presentate delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata compatibile con l'ambiente. Tale conclusione deriva dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione; i risultati indicano che al di sotto dei valori individuati non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria di PM10 dovuti alle emissioni dell'attività in esame. I modelli e le tecniche di stima delle emissioni si riferiscono oltre che al PM10 anche a PTS (polveri totali sospese) e PM2.5. Per queste frazioni granulometriche tuttavia non sono state sviluppate analoghe valutazioni e identificazioni di eventuali soglie emissive.

Per facilitare l'applicazione dei metodi di stima delle emissioni proposti e di seguito descritti, nonché la fornitura delle informazioni necessarie e la predisposizione di una adeguata documentazione, in allegato sono riportate delle "Istruzioni specifiche per il calcolo delle emissioni di PM10 in attività di trattamento di materiali polverulenti", contenenti i passi

---

<sup>1</sup> Il documento AP-42 è disponibile all'indirizzo (01/2009): <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>

I fattori di emissione e modelli emissivi dell'US-EPA sono ripresi ed utilizzati anche da AUS-EPA (Australia), si vedano le sintesi riportate in (01/2009):

[http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/pubs/mining.pdf](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/mining.pdf)

[http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/pubs/ffugitive.pdf](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/ffugitive.pdf)

necessari da seguire per effettuare le stime. Inoltre, sempre al fine di facilitare l'applicazione e uniformare i metodi e le valutazioni, sono state redatte due Appendici:

L'Appendice A (Immagini e termini) contiene una serie di immagini relative alle attività ed ai macchinari impiegati nelle lavorazioni di inerti e nei cantieri, ed un breve glossario di alcuni termini tecnici in lingua inglese che possono essere di aiuto nell'identificazione delle lavorazioni e dei rispettivi fattori di emissione.

L'Appendice B (Esempio di applicazione) contiene invece un esempio dettagliato di applicazione dei metodi qui descritti ad una attività di estrazione e trattamento di inerti; l'esempio può essere considerato propedeutico alla stesura delle valutazioni secondo le indicazioni qui presentate.

## Indice

Introduzione	2
Indice	4
1 <b>STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI</b>	5
1.1    PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE	6
1.2    SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE	19
1.3    FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI	20
1.3.1 SISTEMI DI CONTROLLO O DI ABBATTIMENTO	23
1.4    EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI	23
1.5    TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE	25
1.5.1 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO	27
1.5.2 SISTEMI DI CONTROLLO O ABBATTIMENTO PER TRANSITO DI MEZZI SU STRADE ASFALTATE	30
1.6    UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI	31
2 <b>VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10</b>	33
BIBLIOGRAFIA	40
ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI	43

## 1 STIMA DELLE SORGENTI DI EMISSIONE DI POLVERI

Le sorgenti di polveri diffuse individuate si riferiscono essenzialmente ad attività e lavorazioni di materiali inerti quali pietra, ghiaia, sabbia ecc.; i metodi ed i modelli di stima proposti possono essere utilizzati anche per valutazioni emissive di attività simili con trattamento di materiali diversi, all'interno di cicli produttivi non legati all'edilizia ed alle costruzioni in generale. Le operazioni esplicitamente considerate sono le seguenti (in parentesi vengono indicati i riferimenti all'AP-42 dell'US-EPA):

1. Processi relativi alle attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (AP-42 11.19.2)
2. Scotico e sbancamento del materiale superficiale (AP-42 13.2.3)
3. Formazione e stoccaggio di cumuli (AP-42 13.2.4)
4. Erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5)
5. Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2)
6. Utilizzo di mine ed esplosivi (AP-42 11.9)

Queste operazioni sono state valutate e caratterizzate secondo i corrispondenti modelli US-EPA o gli eventuali fattori di emissione proposti nell'AP-42, con opportune modifiche/specificazioni/semplificazioni in modo da poter essere applicati ai casi di interesse.

Occorre segnalare che:

- Nella trattazione viene riportato il codice identificativo delle attività considerate come sorgenti di emissioni dell'AP-42, denominato SCC (*Source Classification Codes*), in modo da facilitarne la ricerca nella fonte bibliografica, in particolare in FIRE<sup>2</sup>.
- I fattori di emissione ed i modelli emissivi sono classificati dall'US-EPA in relazione alla loro attendibilità/incertezza con dei punteggi (*emission factor rating*) compresi tra A (maggiore attendibilità) ed E (maggiore incertezza). In particolare per attività

---

<sup>2</sup> FIRE: "The Factor Information REtrieval data system, FIRE", è il database contenente i fattori di emissione stimati e raccomandati dall'US-EPA per gli inquinanti normati e pericolosi. Di FIRE esiste una versione software che può essere usata in locale (dopo download) ed una versione Web; <http://cfpub.epa.gov/oraweb/> (12/2008); i fattori di emissione sono comunque disponibili in file di vari formati scaricabili dal sito web.

con emissioni diffuse come quelle qui esaminate, il livello di incertezza è da considerare elevato.

- Molti dei fattori di emissione qui presentati sono stati elaborati e sono applicabili in un contesto di stima delle emissioni a fini inventariali o di censimento; in vari casi, secondo l'US-EPA, la loro applicabilità alle specifiche situazioni ed attività sul territorio con fini di regolamentazione è sconsigliata o richiede un'analisi dettagliata ed approfondita. Nel presente contesto, in assenza di metodi e/o strumenti alternativi di stima, viene invece adottata la linea di impiegare comunque questi fattori.<sup>3</sup> S'intende quindi che tutte le considerazioni e le azioni conseguenti ad una tale applicazione devono essere anche valutate rispetto a questa scelta.
- In generale per tutte le varie lavorazioni le stime devono essere riferite all'unità oraria considerando un livello di attività media sul periodo di lavoro.
- Sempre in termini generali, per le attività e lavorazioni le cui emissioni sono descritte tramite modello emissivo e questo sia utilizzabile con le informazioni disponibili, il suo utilizzo è preferibile rispetto a quello dei fattori di emissione presenti in FIRE.
- In Appendice A sono riportate alcune foto relative ai processi ed alle attività d'interesse con lo scopo di aiutare l'identificazione di questi, e quindi la scelta dei fattori di emissione.

Di seguito sono trattate le emissioni di PM<sub>10</sub> (PTS e PM<sub>2,5</sub>) in termini di rateo emissivo, generalmente orario, nonché descritti i possibili sistemi di abbattimento o mitigazione applicabili.

### **1.1 PROCESSI RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI FRANTUMAZIONE E MACINAZIONE E ALL'ATTIVITÀ DI AGGLOMERAZIONE DEL MATERIALE (AP-42 11.19.2)**

Per il calcolo delle emissioni vengono forniti i relativi fattori per processi senza abbattimento e con abbattimento in base alla dimensione del particolato. Il calcolo del rateo emissivo totale si esegue secondo la formula:

---

<sup>3</sup> In tal modo viene assicurata l'uniformità della valutazione tecnica delle emissioni.

$$E_i(t) = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t) \quad (1)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

$l$  processo

$m$  controllo

$t$  periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.)

$E_i$  rateo emissivo (kg/h) dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$AD_l$  attività relativa all' $l$ -esimo processo (ad es. *materiale lavorato/h* )

$EF_{i,l,m}$  fattore di emissione

I fattori di emissione sono presentati nel paragrafo 11.19.2 “*Crushed stone processing and pulverized mineral processing*” dell’AP-42 (US-EPA).<sup>4</sup>

Le diverse possibili, ma non esaustive, fasi di lavorazione relative alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione sono riportate per chiarezza negli schemi a blocchi (flowchart) dei processi (Figura 2 e Figura 3).

Le emissioni da processi di frantumazione sono caratterizzate in base alla pezzatura del materiale prodotto:

1. *frantumazione primaria: 75 – 300mm*
2. *frantumazione secondaria: 25 – 100mm*
3. *frantumazione terziaria: 5 – 25mm*

Per la frantumazione primaria non è definito uno specifico fattore di emissione.<sup>5</sup>

Il prodotto finale di tutti i processi di frantumazione citati arriva alla macinazione, da cui si produce un materiale di pezzatura inferiore a 5 mm.

Nell’attività di agglomerazione il materiale processato ha dimensioni comprese tra 1 e 75 mm.

---

<sup>4</sup> Per le attività ed i trattamenti di sabbia e ghiaia, occorre fare riferimento al paragrafo 11.19.1 “*Sand and Gravel processing*” dell’AP-42; tuttavia per i fattori di emissione di gran parte delle operazioni viene indicato di riferirsi a quelli del paragrafo 11.19.2 (vengono escluse alcune fasi specifiche, ad esempio l’impiego di sistemi di essiccazione, Sand Dryer, SCC3-05-027-20)

<sup>5</sup> Si osserva che nella documentazione dell’AP-42 sono riportate stime di emissione anche per alcuni casi di frantumazione primaria. Probabilmente a causa dell’esiguità dei casi e/o delle insufficienti informazioni raccolte, l’US-EPA non ha utilizzato questi dati per la definizione di un fattore emissivo da assegnare all’attività. Sono comunque presenti in FIRE numerosi fattori di emissione per la frantumazione primaria di materiali e minerali relativi a diversi processi produttivi.

Per l'esecuzione dei calcoli si richiede di utilizzare degli schemi a blocchi e riportare su di essi (si veda anche l'esempio in allegato) i seguenti elementi:

1. i bilanci di massa dei processi in  $Mg/h$ , indicando il flusso di materiale di ingresso e in uscita a ciascun processo,
2. i flussi di materiale trasportati all'interno del sito industriale dagli automezzi e quelli dovuti allo spostamento del materiale all'interno del sito, in  $Mg/h$ ; siano questi ottenuti con automezzi oppure per mezzo di nastri trasportatori,
3. la pezzatura del materiale in uscita a ciascun in  $mm$ .

Nel caso non siano disponibili i dati specifici, in particolare quelli dei flussi di materiale trattato in ogni processo o le dimensioni della pezzatura, è opportuno inserire nelle stime valori conservativi ed indicare l'origine dei dati adottati e le eventuali motivazioni che hanno indirizzato verso tale scelta.

Si raccomanda di verificare che i flussi di massa riportati nei processi siano congruenti con i flussi trasportati dagli automezzi e dai nastri trasportatori. A questo scopo si suggerisce di indicare all'interno degli schemi a blocchi il tipo di trasporto (automezzi, nastri trasportatori o altro) ed i flussi trasportati in  $Mg/h$  per ogni processo.

In Tabella 1 riferendosi agli schemi delle Figure 2 e 3 si fornisce l'elenco dei processi per ciascuna attività e le relative unità di misura richieste per il calcolo delle emissioni. Per ciascun processo viene riportata la denominazione originale (in inglese), il codice SCC adottato nella nomenclatura dell'AP-42 (cui riferirsi per individuare la fonte), e viene inoltre riportato il calcolo dell'efficienza di rimozione riferita ai sistemi di abbattimento o mitigazioni applicabili, stimata in base ai fattori di emissione proposti dall'US-EPA (vedi formula 2). Gli abbattimenti o le mitigazioni considerate comprendono la bagnatura e l'umidificazione del materiale, il convogliamento dell'aria di processo in sistemi di abbattimento delle polveri, quali i filtri a maniche, e la copertura ed inscatolamento delle attività o dei macchinari. Si sottolinea che l'efficienza della bagnatura con acqua è valutata in relazione al contenuto di umidità del materiale che deve essere compreso tra 0.5% e 3.0%, inteso come rapporto tra massa del contenuto di acqua e massa totale del materiale.

L'efficienza di rimozione è definita come:

$$\text{efficienza di rimozione \%} = 100 - \left( \frac{EF_{\text{con abbattimento}}}{EF_{\text{senza abbattimento}}} * 100 \right) \quad (2)$$

Si segnala inoltre che:

- Le attività di “scarico camion” (alla tramoggia od alla griglia) sono state associate al SCC 3-05-020-31 “*Truck unloading*” relativo al “Stone Quarrying – Processing”; si ricorda che per altri materiali sono disponibili scelte alternative.
- Le operazioni relative al “carico camion” del materiale processato sono state associate al SCC 3-05-020-32 “*Truck Loading Conveyor*”, ovvero si è ipotizzato che tale operazione avvenga mediante un convogliatore o nastro trasportatore. Anche in questo caso sono presenti differenti fattori di emissione per lo stesso tipo di attività, effettuato con materiali e metodiche o macchinari differenti; ad esempio relativamente al settore “Construction Sand and Gravel” è presente “*Bulk loading*” SCC 3-05-025-06, per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” è presente “*Truck Loading: Overburden*” SCC 3-05-010-37, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.
- Per le operazioni relative al “carico camion” del materiale estratto cui corrisponde SCC 3-05-020-33, non è disponibile un fattore di emissione. Può essere eventualmente utilizzato quello del SCC 3-05-010-37 “*Truck Loading: Overburden*” presente per il settore “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling”, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico.

Per tutte le diverse fasi e operazioni d’interesse occorre individuare il corrispondente caso all’interno dell’elenco dei fattori di emissione; in caso di mancanza del fattore di emissione o nel caso in cui la lavorazione o l’operazione non sia censita, occorre determinare o scegliere un fattore di emissione alternativo, tenendo presente la similitudine tra le attività considerate, la corrispondenza in termini di materiale trattato, e adottando un criterio di norma conservativo. Ovviamente la scelta deve essere indicata e giustificata nella documentazione redatta. Considerazioni analoghe valgono per quanto riguarda le azioni di mitigazione delle emissioni; in particolare l’efficienza della bagnatura non è definita per tutte le operazioni/processi ed in alcuni casi deve quindi essere valutata o ipotizzata e giustificata.

Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati i valori dei fattori di emissione rispettivamente di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> relativi ai processi descritti. Si noti che per i processi di agglomerazione i fattori di

emissione sono disponibili solo per il processo a secco in quanto si considera che non si verifichino emissioni durante il processo a umido.

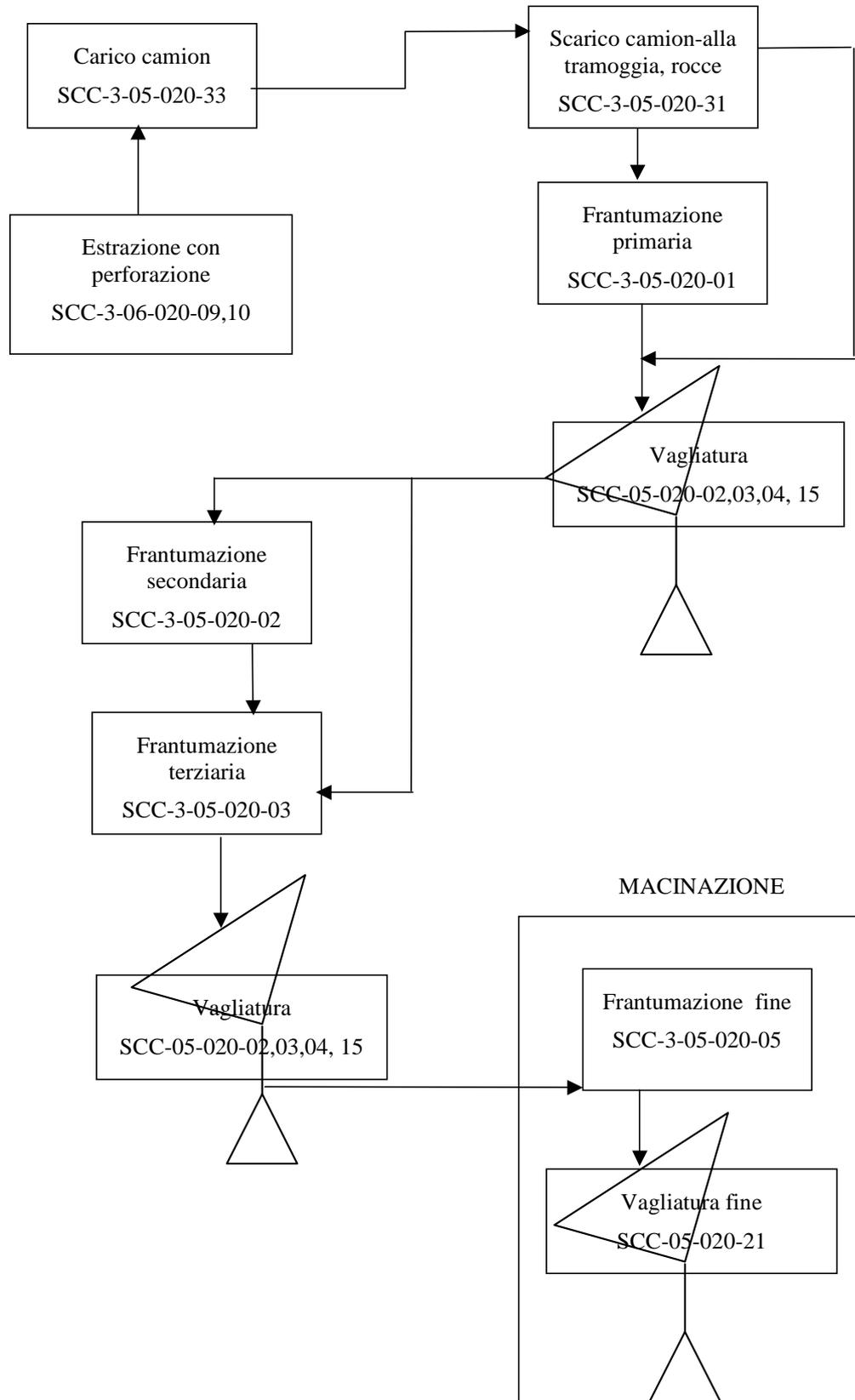


**Figura 1:** In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto SCC 3-05-020-33; in basso a sinistra un esempio di SCC 3-05-020-32 “Truck Loading Conveyor” (crushed stone) e a destra di SCC 3-05-01-038 “Truck Loading Coal”.

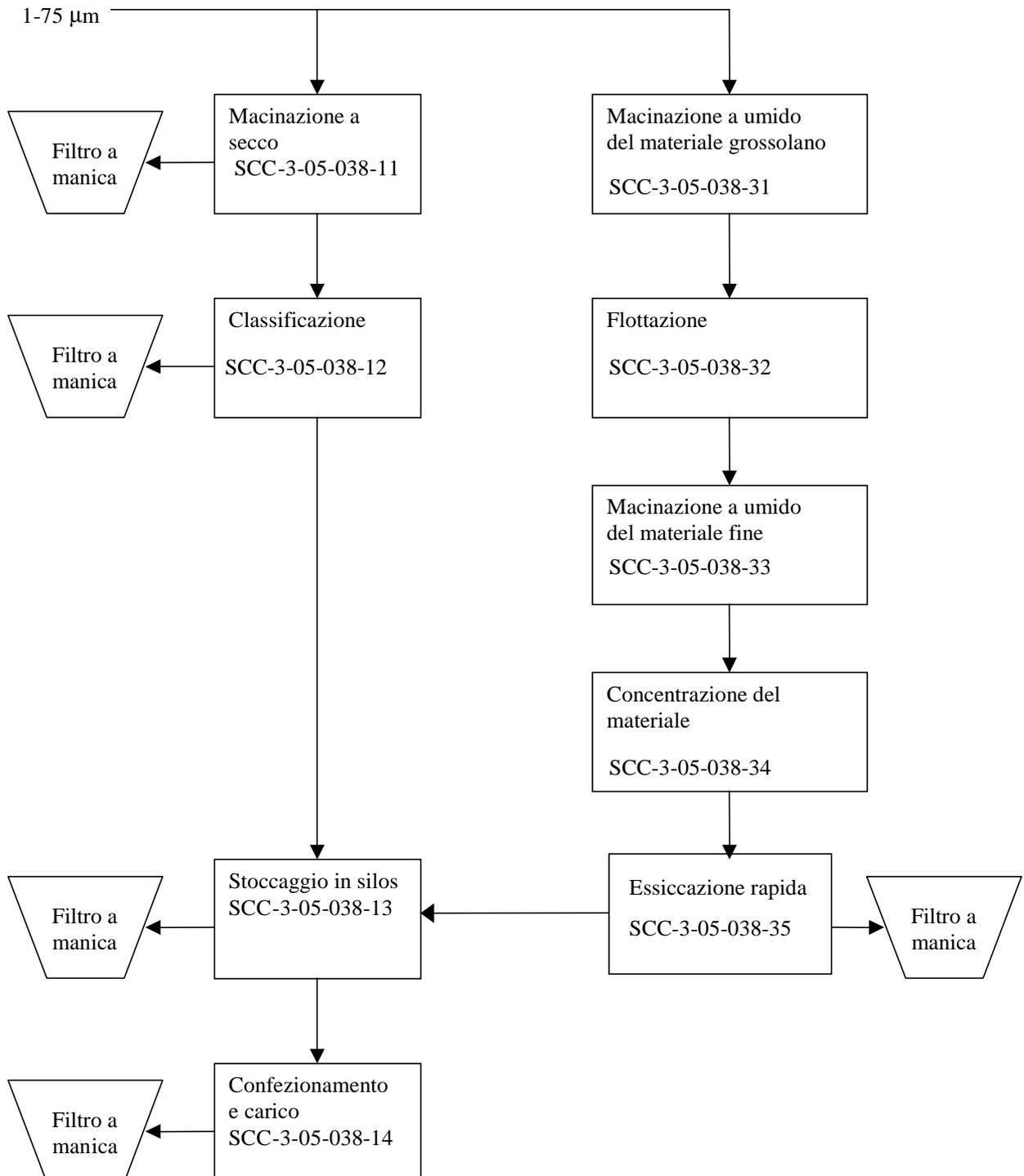
Si nota infine che il calcolo delle emissioni è richiesto nelle unità di misura del Sistema Internazionale; viene quindi utilizzato il megagrammo ( $1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$ ) equivalente al *metric tonne* ( $1 \text{ metric tonne} = 1000 \text{ kg}$ ). Occorre fare attenzione perché nell’applicazione dell’AP-42 sono talvolta utilizzate le unità del sistema anglosassone, ovvero il *pound* o *libbra* ( $1 \text{ lb} = 0.45 \text{ kg}$ ), lo *short tonne*,  $1 \text{ ton} = 907 \text{ kg}$ , il *miglio*,  $1 \text{ mi} = 1.609 \text{ km}$ , la *yard*

---

1 *yd* = 0.91 *m*, il piede *foot* 1 *ft* = 0.30 *m*. In FIRE, frequentemente il fattore di emissione è espresso come *lb/tonn* di materiale trattato, corrispondente a 0.50 *kg/Mg* di materiale trattato; altre volte il fattore di emissione viene riferito al volume di materiale trattato e quindi in *lb/(cubic yards)* corrispondente a 0.59 *kg/m<sup>3</sup>*.



**Figura 2:** Processi di frantumazione e macinazione



**Figura 3:** Processi di agglomerazione

**Tabella 1:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione.

<b>Attività di frantumazione e macinazione</b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua <sup>6</sup>
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01	<i>Mg/h</i>	
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	<i>Mg/h</i>	
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	<i>Mg/h</i>	
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	<i>Mg/h</i>	
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	<i>Mg/h</i>	
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	<i>Mg/h</i>	
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	<i>Mg/h</i>	Copertura o inscatolamento
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	<i>Mg/h</i>	Bagnatura con acqua <sup>7</sup>
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32	<i>Mg/h</i>	
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	<i>Mg/h</i>	

Continua **Tabella 1**

<sup>6</sup> Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

<sup>7</sup> Contenuto di umidità del materiale compreso tra 0.5% e 3.0% in massa.

---

<b>Attività di agglomerazione<sup>8</sup></b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14	<i>Mg/h</i>	Filtro a maniche

---

<sup>8</sup> Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

**Tabella 2:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione per il PM10

Attività di frantumazione e macinazione (tab. 11.19.2-1)	Codice SCC	Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)	Efficienza di rimozione %
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	4.E-05	Bagnatura con acqua		
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01				
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02	0.0043		3.7E-04	91
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03	0.0012		2.7E-04	77
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05	0.0075		6.E-04	92
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15	0.0043		3.7E-04	91
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	0.036		0.0011	97
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	5.5E-04	Copertura o inscatolamento	2.3E-05	96
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31	8.E-06	Bagnatura con acqua	-	-
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)		5.E-05		-	-
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32				
carico camion (truck loading)	3-05-020-33				

Continua **Tabella 2**

<b>Attività di agglomerazione</b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>	<b>Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)</b>	<b>Efficienza di rimozione %</b>
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	3.4	Filtro a maniche	0.0169	99.5 <sup>9</sup>
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	1.04	Filtro a maniche	0.0052	99.5
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	1.5	Filtro a maniche	0.0073	99.5
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	0.16	Filtro a maniche	8.E-04	99.5
confezionamento e scarico (product packaging and bulk loading)	3-05-038-14		Filtro a maniche		

<sup>9</sup> Il fattore di emissione senza abbattimento è calcolato da quello con abbattimento invertendo la formula (2) con l'efficienza di rimozione impostata secondo la tabella stessa.

**Tabella 3:** Processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, fattori di emissione di PM<sub>2,5</sub>

<b>Attività di frantumazione e macinazione</b>	<b>Codice SCC</b>	<b>Abbattimento o mitigazione</b>	<b>Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)</b>
estrazione con perforazione (drilling unfragment stone)	3-05-020-10	Bagnatura con acqua	
frantumazione primaria 75 – 300mm (primary crushing)	3-05-020-01		2.5E-05
frantumazione secondaria 25 – 100mm (secondary crushing)	3-05-020-02		5E-05
frantumazione terziaria 5 – 25mm (tertiary crushing)	3-05-020-03		3.5E-05
frantumazione fine (fine crushing)	3-05-020-05		2.5E-05
vagliatura (screening)	3-05-020-02, 03, 04,15		2.5E-05
vagliatura fine < 5mm (fine screening)	3-05-020-21	Copertura o inscatolamento	6.5E-06
nastro trasportatore – nel punto di trasferimento (conveyor transfer point)	3-05-020-06	Bagnatura con acqua	
scarico camion - alla tramoggia, rocce (truck unloading-fragmented stone)	3-05-020-31		
scarico camion - alla griglia (truck unloading and grizzly feeder)			
carico camion - dal nastro trasportatore, rocce frantumate (truck loading-conveyor, crushed stone)	3-05-020-32		
carico camion (truck loading)	3-05-020-33	<b>Abbattimento o mitigazione</b>	<b>Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)</b>
<b>Attività di agglomerazione<sup>10</sup></b>	<b>Codice SCC</b>	Filtro a maniche	0.006
macinazione a secco (grinding, dry mode)	3-05-038-11	Filtro a maniche	0.002
classificazione (classifiers, dry mode)	3-05-038-12	Filtro a maniche	0.0042
essiccazione rapida (flash drying)	3-05-038-35	Filtro a maniche	3E-04
stoccaggio in silos (product storage)	3-05-038-13	Filtro a maniche	

<sup>10</sup> Nelle Tabelle 1, 2 e 3 non sono state inserite alcune attività presenti in Figura 3 poiché relative a processi ad umido per i quali si suppone l'assenza di emissioni.

## 1.2 SCOTICO E SBANCAMENTO DEL MATERIALE SUPERFICIALE

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale viene effettuata di norma con ruspa o escavatore e, secondo quanto indicato al paragrafo 13.2.3 "Heavy construction operations" dell'AP-42, produce delle emissioni di PTS<sup>11</sup> con un rateo di 5.7 kg/km. Per utilizzare questo fattore di emissione occorre quindi stimare ed indicare il percorso della ruspa nella durata dell'attività, esprimendolo in km/h. In altri settori (ad esempio "Mineral Products Industry: Coal Mining, Cleaning, and Material Handling" paragrafo 11.9) alle attività di rimozione degli strati superficiali sono associati altri fattori di emissione. Nella Tabella 4 sono riportate le relazioni presenti in FIRE, con il relativo codice SCC, che si riferiscono a trattamento del materiale superficiale.

**Tabella 4** fattori di emissione per il PM10 relativi alle operazioni di trattamento del materiale superficiale

SCC	operazione	Fattore di emissione in kg	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		kg per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9.3 \times 10^{-4} \times (H / 0.30)^{0.7}}{M^{0.3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	kg per ogni m <sup>3</sup> di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		kg per ogni Mg di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		kg per ogni Mg di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0.3375 \times s^{1.5}}{M^{1.4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	kg per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		kg per ogni Mg di materiale processato

<sup>11</sup> Il fattore di emissione è assegnato per le polveri totali (PTS); per riferirsi al PM10 si può cautelativamente considerare l'emissione come costituita completamente dalla frazione PM10, oppure considerarla solo in parte costituita da PM10. In tal caso occorre esplicitare chiaramente la percentuale di PM10 considerata. In mancanza di informazioni specifiche, osservando i rapporti tra i fattori di emissione di PM10 e PTS relativi alle altre attività oggetto del presente lavoro, si può ritenere cautelativo considerare una componente PM10 dell'ordine del 60% del PTS.

### 1.3 FORMAZIONE E STOCCAGGIO DI CUMULI

Un'attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di formazione e stoccaggio del materiale in cumuli.

Il modello proposto nel paragrafo 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42 calcola l'emissione di polveri per quantità di materiale lavorato in base al fattore di emissione:

$$EF_i (kg/Mg) = k_i (0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \quad (3)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i$  fattore di emissione

$k_i$  coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato (vedi Tabella 5)

$u$  velocità del vento ( $m/s$ )

$M$  contenuto in percentuale di umidità (%)

La quantità di particolato emesso da questa attività quindi dipende dal contenuto percentuale di umidità  $M$ : valori tipici nei materiali impiegati in diverse attività, corrispondenti ad operazioni di lavorazione di inerti, sono riportati in Tabella 13.2.4-1 del suddetto paragrafo 13.2.4 dell'AP-42.

**Tabella 5** Valori di  $k_i$  al variare del tipo di particolato

	$k_i$
PTS	0.74
PM10	0.35
PM2.5	0.11

L'espressione (3) è valida entro il dominio di valori per i quali è stata determinata, ovvero per un contenuto di umidità di 0.2-4.8 % e per velocità del vento nell'intervallo 0.6-6.7  $m/s$ .

Si osserva che, a parità di contenuto di umidità e dimensione del particolato, le emissioni corrispondenti ad una velocità del vento pari a 6  $m/s$  (più o meno il limite superiore di impiego

previsto del modello) risultano circa 20 volte maggiori di quelle che si hanno con velocità del vento pari a  $0.6 \text{ m/s}$  (più o meno il limite inferiore di impiego previsto del modello). Alla luce di questa considerazione appare ragionevole pensare che se nelle normali condizioni di attività (e quindi di velocità del vento) non si crea disturbo con le emissioni di polveri, in certe condizioni meteorologiche caratterizzate da venti intensi, le emissioni possano crescere notevolmente tanto da poter da luogo anche a disturbi nelle vicinanze dell'impianto.

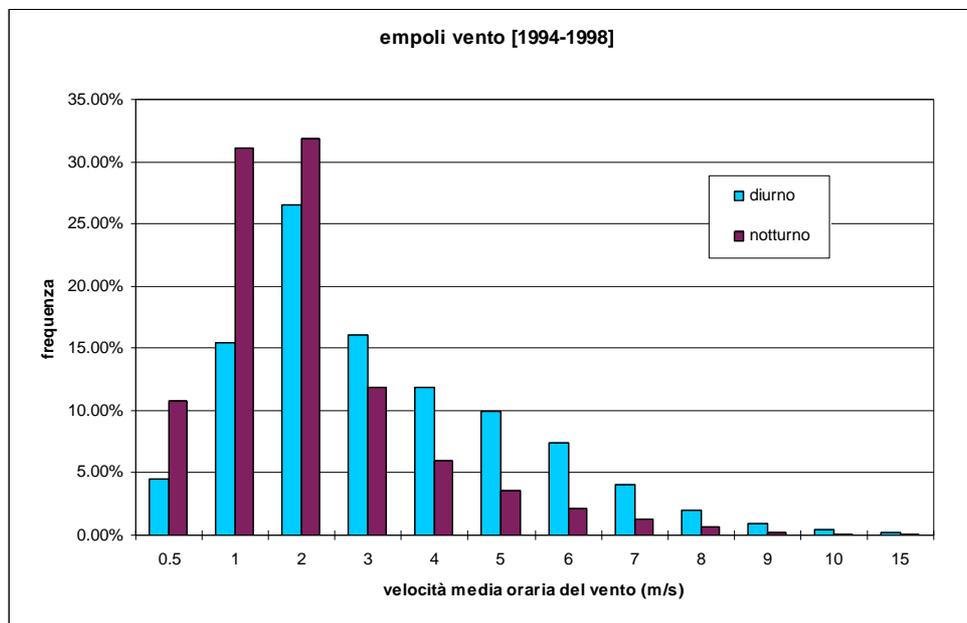
Poiché le emissioni dipendono dalle condizioni meteorologiche, esse variano nel tempo e per poter ottenere una valutazione preventiva delle emissioni di una certa attività occorre riferirsi ad uno specifico periodo di tempo, ipotizzando che in esso si verifichino mediamente le condizioni anemologiche tipiche dell'area in cui avviene l'attività. L'intervallo di tempo da considerare è di almeno un anno. Quindi, utilizzando le frequenze di intensità del vento nel periodo è possibile calcolare una emissione complessiva e anche quella media relativa ad un sottoperiodo giornaliero specificato.

A titolo di esempio si può considerare la distribuzione statistica delle medie orarie della velocità del vento della stazione meteorologica di Empoli-Riottoli.<sup>12</sup> Tale distribuzione è rappresentata in Figura 4 e riportata nella successiva Tabella 6 distinguendo i dati relativi ai singoli periodi diurno e notturno. Si osserva così che circa l'85% delle ore diurne corrisponde a velocità del vento minori o uguali a  $5 \text{ m/s}$  e meno dell'8% delle ore diurne corrisponde a valori di velocità superiori ai  $6 \text{ m/s}$ .

Utilizzando l'espressione (3), ipotizzando attività uniformi nell'arco dell'anno e nel periodo diurno, questa distribuzione del vento comporta che all'85% di ore con velocità del vento minori o uguali a  $5 \text{ m/s}$  corrisponde una quantità di emissioni pari al 58% del totale, e che alle ore con valori di velocità del vento superiori ai  $6 \text{ m/s}$ , corrispondenti a meno dell'8% delle ore, corrisponde circa il 26% delle emissioni. La limitazione dell'attività nelle ore di vento intenso può quindi corrispondere, a fronte di una minima interferenza con le stesse attività, ad una importante riduzione, anche complessiva, delle emissioni di particolato.

---

<sup>12</sup> La stazione di Empoli-Riottoli (il cui anemometro è posto a circa 10 m di altezza) per la sua collocazione in ambiente rurale fornisce una buona descrizione dell'andamento del vento in assenza di ostacoli rilevanti; la distribuzione ha valore locale, ma la frequenza relativa dei valori elevati di velocità del vento, essendo questi prodotti nella quasi totalità dei casi da condizioni non locali, bensì geostrofiche, può avere validità spaziale molto più estesa. La distribuzione prende in considerazione 5 anni di dati orari, quindi pur non avendo valenza climatologica è senz'altro sufficientemente rappresentativa dei fenomeni.



**Figura 4:** Distribuzione della frequenza di velocità media oraria del vento della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998.

**Tabella 6** Distribuzione di frequenza delle medie orarie della stazione di Empoli-Riottoli negli anni 1994-1998

Classe di velocità del vento (m/s)	diurno	notturno
≤0.5 m/s	4.58%	10.83%
(0.5; 1]	15.57%	31.16%
(1; 2]	26.58%	31.85%
(2; 3]	16.08%	11.91%
(3; 4]	11.92%	5.99%
(4; 5]	9.97%	3.56%
(5; 6]	7.45%	2.19%
(6; 7]	4.12%	1.29%
(7; 8]	2.01%	0.68%
(8; 9]	0.99%	0.28%
(9; 10]	0.45%	0.16%
≥10	0.26%	0.09%

In assenza di dati anemometrici specifici del sito di interesse, si ritiene che ai fini di una stima globale delle emissioni dovute a questo tipo di attività, sia utilizzabile la distribuzione di frequenze della velocità del vento della stazione di Empoli-Riottoli e quindi l'espressione per il calcolo può essere semplificata riducendosi a:

$$E_{i,diurno} = k_i \cdot (0.0058) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad E_{i,notturmo} = k_i \cdot (0.0032) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \quad (3')$$

### 1.3.1 Sistemi di controllo o di abbattimento

Per ridurre le emissioni dovute a questo tipo di attività, si possono ipotizzare varie azioni mitiganti, oltre a quella già anticipata relativa all'evitare la lavorazione in condizioni di vento elevato.

1. Trattamento della superficie tramite bagnamento (*wet suppression*) con acqua.
2. Copertura dei cumuli. Varie tecniche di copertura sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).
3. Costruzione di barriere protettive come ad esempio innalzamento di muri.

Le varie tecniche sono descritte in dettaglio nel BREF (EIPPCB, 2006: *Emissions from storage*).

## 1.4 EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI

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. La scelta operata nel presente contesto è quella di presentare l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. In particolare si fa riferimento alla distribuzione di frequenze dei valori della velocità del vento già utilizzata nel precedente paragrafo.

Il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

$$E_i (\text{kg} / \text{h}) = EF_i \cdot a \cdot \text{mov}h \quad (5)$$

*i* particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i (kg/m^2)$  fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$a$  superficie dell'area movimentata in  $m^2$

$movh$  numero di movimentazioni/ora

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità inoltre si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale. Dai valori di:

1. altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in  $m$ ,
2. diametro della base  $D$  in  $m$ ,

si individua il fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

**Tabella 7** Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM <sub>10</sub>	7.9E-06
PM <sub>2.5</sub>	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM <sub>10</sub>	2.5 E-04
PM <sub>2.5</sub>	3.8 E-05

Ovviamente qualora siano disponibili i dati specifici richiesti, è possibile effettuare la stima diretta impiegando le espressioni riportate nell'AP-42. I sistemi di mitigazione sono analoghi a quelli citati nel precedente paragrafo (1.3.1).

### 1.5 TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale a (i) il volume di traffico e (ii) il contenuto di limo (*silt*) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a  $75 \mu m$ . Il fattore di emissione lineare dell'*i*-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo  $EF_i(kg/km)$  per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i(kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i} \quad (6)$$

*i* particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

*s* contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%)

*W* peso medio del veicolo (*Mg*)

$k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 8:

**Tabella 8** Valori dei coefficienti  $k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  e al variare del tipo di particolato

	$k_i$	$a_i$	$b_i$
PTS	1.38	0.7	0.45
PM <sub>10</sub>	0.423	0.9	0.45
PM <sub>2.5</sub>	0.0423	0.9	0.45

Il peso medio dell'automezzo *W* deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Si ricorda che la relazione (6) è valida per veicoli con un peso medio inferiore a 260 *Mg* e velocità media inferiore a 69 *km/h*. Per il calcolo dell'emissione finale si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di *km/ora*, *kmh*), sulla

base della lunghezza della pista ( $km$ ); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno:

$$E_i (kg / h) = EF_i \cdot kmh \quad (7)$$

Nel caso non sia disponibile il numero di viaggi al giorno è opportuno ricorrere a stime con valori conservativi. Per esempio il numero di viaggi al giorno si può ottenere dal rapporto tra la quantità di materiale in entrata al processo iniziale (ad esempio la tramoggia) ed il peso medio dell'automezzo utilizzato per il trasporto nell'arco di una giornata lavorativa di 8 ore; questo calcolo va poi ripetuto per gli altri eventuali processi che richiedono o vengono effettuati con mezzi di trasporto in movimento su piste.

Si specifica che l'espressione (6) è valida per un intervallo di valori di limo (*silt*) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise<sup>13</sup>, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%. Si osserva che la scelta del valore del parametro risulta incidere significativamente sulle emissioni: a parità degli altri parametri, raddoppiare il valore del silt corrisponde a quasi raddoppiare l'emissione (più precisamente a moltiplicarla per un fattore 1.9).

Nel calcolo delle emissioni dovute al transito di veicoli su strade non asfaltate nei calcoli aventi fini inventariali si può considerare anche l'effetto dovuto alla mitigazione naturale delle precipitazioni (pioggia) secondo l'espressione:

$$E_{EXT,i} (kg / h) = E_i [(365 - gp) / 365] \quad (8)$$

$E_{EXT,i}$  rateo emissivo per i-esimo tipo di particolato estrapolato per la mitigazione naturale

$gp$  numero di giorni nell'anno con almeno 0.254 mm di precipitazione

$E_i$  rateo emissivo calcolato con l'eq. (7)

---

<sup>13</sup> Si ricorda che l'AP-42 in Appendice C.1 e C.2 propone un metodo per il calcolo del contenuto di "silt"- limo; in tale metodo, basato sulla metodologia ASTM (American Society for Testing and Materials), si ricorre all'utilizzo di un vaglio di 200 mesh.

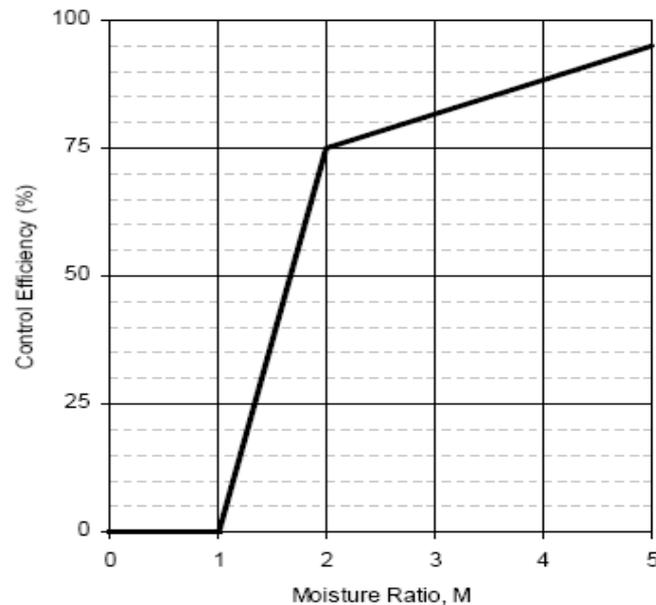
Ad esempio, considerando un valore di 60 giorni di precipitazioni (corrispondente ad un numero di giorni minimo per il territorio della Regione Toscana) si ottiene:

$$E_{EXT,i}(kg/h) = E_i \cdot 0.84 \quad (8')$$

Si deve notare che il calcolo della mitigazione naturale viene effettuato su base annuale quindi non è applicabile alle stime di emissione su base oraria. Per queste si può assumere che in presenza di precipitazioni l'emissione sia assente.

### **1.5.1 Sistemi di controllo o abbattimento**

- 1) Restrizione del limite di velocità dei mezzi all'interno del sito industriale. Questa misura è consigliata sia all'interno dell'AP-42 che nel BREF (paragrafo 4.4.6.12) relativo alle emissioni da stoccaggi (*Emissions from storage*). Si consiglia l'installazione di cunette per limitare la velocità dei veicoli sotto un limite di velocità da definire, per esempio 30 km/h.
- 2) Trattamento della superficie – bagnamento (*wet suppression*) e trattamento chimico (*dust suppressants*). I costi sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Inoltre bisogna considerare un sistema di monitoraggio per verificare che il trattamento venga effettuato. Esistono due modi per il calcolo indicativo dell'efficienza di rimozione del bagnamento con acqua del manto stradale:
  - a) L'utilizzo di Figura 4, in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità  $M$  tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta).  $M$  è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. In base all'andamento sperimentale della curva mostrata in figura si considera un valore di riferimento dell'efficienza di controllo del 75%.



**Figura 4:** Andamento dell'efficienza di abbattimento delle emissioni in funzione del contenuto di umidità del suolo

b. La formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I \quad (9)$$

- $C$  efficienza di abbattimento del bagnamento (%)  
 $P$  potenziale medio dell'evaporazione giornaliera ( $mm/h$ )  
 $trh$  traffico medio orario ( $h^{-1}$ )  
 $I$  quantità media del trattamento applicato ( $l/m^2$ )  
 $\tau$  Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni ( $h$ )

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione (9), per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione

giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali<sup>14</sup>, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998a)  $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Per esemplificare il calcolo si riportano nelle Tabelle 9, 10 e 11, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive  $t(h)$ , considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora  $trh$ : inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10.

L'uso di sostanze chimiche, come polimeri a base d'acqua, richiede un'applicazione meno frequente, ma bisogna considerare che può produrre una variazione nel contenuto di particolato della strada con un aumento del contenuto di limo. L'efficienza effettiva di questo tipo di controllo dipende da molti fattori ed è in generale difficile da stimare. In caso di utilizzo di sostanze chimiche si richiede di fornire i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato. Da passate campagne di misurazione effettuate dall'US-EPA risulta che l'efficienza per il PM<sub>10</sub> si aggira intorno all'80% con applicazioni regolari effettuate ad intervalli compresi tra 2 settimane ed 1 mese.

**Tabella 9** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di  $trh < 5$

Quantità media del trattamento applicato I (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	5	4	2	2	1
0.2	9	8	5	4	2
0.3	14	11	7	5	3
0.4	18	15	9	7	4
0.5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

<sup>14</sup> Ritchie ("Modeling Soil Water Redistribution during Second-Stage Evaporation", Soil Science Society of America Journal 67:377-386 (2003), A. A. Suleiman, a and J. T. Ritchie) riporta 0.3-0.8 mm/h per terreni tra sabbiosi ed argillosi.

**Tabella 10** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per  $trh$  tra 5-10

Efficienza di abbattimento	50%	60%	75%	80%	90%
Quantità media del trattamento applicato I ( $l/m^2$ )					
0.1	4-2	3-1	2-1	1	1
0.2	7-4	6-3	4-2	3-1	1
0.3	11-5	9-4	5-3	4-2	2-1
0.4	15-7	12-6	7-4	6-3	3-2
0.5	18-9	15-7	9-5	7-4	4-2
1	37-18	30-15	18-9	15-7	7-4
2	74-37	59-30	37-18	30-15	15-7

**Tabella 11** Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di  $trh > 10$

Efficienza di abbattimento	50%	60%	75%	80%	90%
Quantità media del trattamento applicato I ( $l/m^2$ )					
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

### 1.5.2 Sistemi di controllo o abbattimento per transito di mezzi su strade asfaltate

Un metodo generalmente usato e semplice è la pulizia automatica delle ruote con un sistema automatico di irrigazione. Nel BREF (paragrafo 4.4.6.13 *Emissions from storage*) viene riportata questa metodologia che consiste nel costruire una viabilità interna al sito tale che il mezzo è costretto a passare attraverso un sistema di irrigazione automatico che provvede a pulire le ruote dalla polvere. Ciò comporta la verifica circa la necessità di un successivo trattamento delle acque.

## 1.6 UTILIZZO DI MINE ED ESPLOSIVI

Le emissioni di polvere diffuse dovute all'utilizzo di mine sono trattate nel paragrafo 11.9 (*Western Surface Coal Mining*) dell'AP-42 (US.EPA). Il modello si riferisce a cave di carbone, ma può essere utilizzato per fornire un ordine di grandezza delle emissioni di questa attività. Il fattore di emissione proposto è:

$$EF_i(kg/Mg) = k_i \cdot a \quad (10)$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$EF_i(kg/Mg)$  fattore di emissione dell' $i$ -esimo tipo di particolato

$a$  superficie del fronte di esplosione in  $m^2$

$k_i$ , è un coefficiente che varia a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 12.

**Tabella 12** Valori del coefficiente  $k_i$  per il calcolo delle emissioni per cave che utilizzano mine

	$k_i$
PTS	0.00022
PM <sub>10</sub>	$0.52 \cdot 0.00022$
PM <sub>2.5</sub>	$0.03 \cdot 0.00022$

L'eq. (10) è valida per una profondità della volata  $\leq 21m$  e una estensione del fronte di esplosione compreso tra 700 e 8000  $m^2$ .

Anche le demolizioni di edifici e manufatti per mezzo di esplosivi (implosioni) costituiscono una fonte di emissione di particolato. Al riguardo si possono fare alcune considerazioni:

- In generale l'evento implosivo ha una durata estremamente limitata nel tempo (dell'ordine di qualche minuto), mentre sono le successive operazioni di rimozione dei detriti che hanno maggiore durata temporale; le emissioni di queste fasi possono essere trattate facendo riferimento alle attività precedentemente esaminate.

- 
- Durante la fase di implosione si ha una emissione significativa di particolato; tuttavia gli studi disponibili indicano che l’impatto in termini di qualità dell’aria è molto limitato: si hanno infatti concentrazioni estremamente elevate di PM10 sottovento alla sorgente per tempi molto ridotti, e la situazione ritorna in poche ore su livelli di concentrazione analoghi a quelli precedenti l’evento (Beck C.M. et al. 2003).
  - Allo stato attuale delle conoscenze l’importanza di queste emissioni appare circoscritta ai singoli eventi e, in relazione al numero di eventi che possono verificarsi, di eventuale rilevanza inventariale.

## 2 VALORI DI SOGLIA DI EMISSIONE PER IL PM10<sup>15</sup>

Mediante l'impiego dei modelli di dispersione è possibile valutare gli effetti delle emissioni di polveri diffuse in termini di concentrazioni al suolo. Questi valori possono quindi essere confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il PM10 (e quelli futuri per il PM2.5). La proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette allora di valutare quali emissioni specifiche (e globali) corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria.

Le stime valgono per una serie di condizioni meteorologiche ed emissive; qualora la situazione reale si discosti fortemente da quella simulata è evidente che le soglie non possono essere ritenute di sufficiente salvaguardia ed occorrono valutazioni specifiche, generalmente tramite modelli di dispersione in atmosfera che rispettino la complessità delle condizioni.

Si ricorda che i limiti di legge per il PM10 (riferiti al 2005) sono relativi alle concentrazioni medie annue ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ed alle medie giornaliere ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) il cui valore può però essere superato per 35 volte in un anno; quindi occorre riferirsi alla distribuzione dei valori medi giornalieri ed al 36° valore più elevato (all'incirca il suo 90° percentile) per valutare il superamento di questo limite<sup>16</sup>. Sia i dati rilevati direttamente dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria, sia le simulazioni modellistiche, indicano che il rispetto del limite per le medie giornaliere comporta anche quello della media annua. Per il PM2.5, il futuro limite ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è riferito esclusivamente alla media annua delle concentrazioni.<sup>17</sup>

Nell'ipotesi di terreno piano, facendo riferimento ad una meteorologia tipica del territorio pianeggiante della Provincia di Firenze, considerando concentrazioni di fondo dell'ordine dei  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed un'emissione di durata di pari a 10 ore/giorno, per il rispetto dei limiti di concentrazione

---

<sup>15</sup> Si veda il contenuto di "Emissioni di polveri diffuse: un approccio modellistico per la valutazione dei valori di emissione di PM10 compatibili con i limiti di qualità dell'aria", Franco Giovannini, AFR "Modellistica previsionale", U.O. PCAI, ARPAT - Dipartimento provinciale di Firenze

<sup>16</sup> DM n. 60 del 2 aprile 2002.

per il PM10 sono stati individuati alcuni valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente ed al variare della durata annua (in giorni/anno) delle attività che producono tale emissione. Queste soglie  $E_T(d,ng)$  (in cui  $d$  rappresenta la distanza dalla sorgente e  $ng$  il numero di giorni di attività nell'anno) sono riportate nella successiva tabella.

**Tabella 13** proposta di soglie assolute di emissione di PM10 al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in  $g/h$ )

Intervallo di distanza ( $m$ )	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 ÷ 250	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	<100
0 ÷ 50	145	152	158	167	180	208
50 ÷ 100	312	321	347	378	449	628
100 ÷ 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Se si utilizzano in emissione i valori  $E_T(d,ng)$  riportati in Tabella 13 all'interno di una simulazione con i dati meteorologici disponibili, si può ottenere il raggiungimento del valore limite relativo al 36° valore più elevato delle concentrazioni medie giornaliere, pari a  $50 \mu g/m^3$ . Per operare praticamente occorre definire delle situazioni che non comportino questa eventualità, ovvero condizioni di emissione per le quali si ha la ragionevole certezza che tale evento non si verifichi. Il criterio proposto è quello di impiegare un fattore di cautela (pari a 2) per definire tali soglie effettive. In pratica quando un'emissione risulta essere inferiore alla metà delle soglie presentate in Tabella 13, tale emissione può essere considerata a priori compatibile con i limiti di legge per la qualità dell'aria (nei limiti di tutte le assunzioni effettuate che hanno determinato le soglie predette). Quando l'emissione è compresa tra la metà del valore soglia e la soglia, la possibilità del superamento dei limiti è soprattutto legata alle differenze tra le condizioni reali e quelle adottate per le simulazioni, pertanto in tali situazioni appare preferibile una valutazione diretta dell'impatto o una valutazione modellistica specifica che dimostri con strumenti e dati adeguati la compatibilità dell'emissione. Tale procedura è esemplificata nelle successive Tabelle.

<sup>17</sup> Direttiva 2008/50/CEE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

**Tabella 14** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore a 300 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<73	Nessuna azione
	73 ÷ 145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 145	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<156	Nessuna azione
	156 ÷ 312	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 312	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<304	Nessuna azione
	304 ÷ 608	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 608	Non compatibile (*)
>150	<415	Nessuna azione
	415 ÷ 830	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 830	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 15** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 300 e 250 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<76	Nessuna azione
	76 ÷ 152	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 152	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<160	Nessuna azione
	160 ÷ 321	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 321	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<331	Nessuna azione
	331 ÷ 663	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 663	Non compatibile (*)
>150	<453	Nessuna azione
	453 ÷ 908	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 908	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 16** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 250 e 200 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<79	Nessuna azione
	79 ÷ 158	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 158	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<174	Nessuna azione
	174 ÷ 347	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 347	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<360	Nessuna azione
	360 ÷ 720	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 720	Non compatibile (*)
>150	<493	Nessuna azione
	493 ÷ 986	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 986	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 17** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 200 e 150 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<83	Nessuna azione
	83 ÷ 167	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 167	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<189	Nessuna azione
	189 ÷ 378	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 378	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<418	Nessuna azione
	418 ÷ 836	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 836	Non compatibile (*)
>150	<572	Nessuna azione
	572 ÷ 1145	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1145	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 18** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività tra 150 e 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<90	Nessuna azione
	90 ÷ 180	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 180	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<225	Nessuna azione
	225 ÷ 449	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 449	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<519	Nessuna azione
	519 ÷ 1038	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1038	Non compatibile (*)
>150	<711	Nessuna azione
	711 ÷ 1422	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1422	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

**Tabella 19** Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività inferiore a 100 giorni/anno

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<104	Nessuna azione
	104 ÷ 208	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 208	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<364	Nessuna azione
	364 ÷ 628	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 628	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<746	Nessuna azione
	746 ÷ 1492	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 1492	Non compatibile (*)
>150	<1022	Nessuna azione
	1022 ÷ 2044	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 2044	Non compatibile (*)

(\*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

Nella definizione dei precedenti valori di soglia assumono rilevanza anche la forma e le dimensioni della sorgente; in pratica le valutazioni effettuate sono adeguate per sorgenti che possono essere ricondotte ad aree con emissioni uniformi aventi dimensioni lineari inferiori ai 100 m.

Quando ci si discosta da tali condizioni è preferibile effettuare valutazioni dirette mediante modelli di dispersione. In alternativa, per trattare situazioni caratterizzate da sorgenti più estese, si può ipotizzare di suddividerle in parti aventi dimensioni coerenti con quanto sopra espresso.

Rimangono allora da definire le modalità con le quali si possono analizzare situazioni emissive composte da più sorgenti contemporanee.

Per poter trattare situazioni con più sorgenti occorre in primo luogo porre una condizione di limitazione per l'utilizzo dei valori di soglia precedentemente riportati: occorre infatti che le sorgenti non circondino completamente il recettore, perché in tal caso le valutazioni effettuate non risulterebbero certamente cautelative.

Considerando le situazioni geometriche utilizzate nelle simulazioni si può osservare che la condizione estrema in termini di copertura dell'orizzonte ovvero di angolo (piano) sotto il quale il recettore “vede” la sorgente, corrisponde ad un angolo massimo di  $180^\circ$  (o  $\pi$  in radianti).

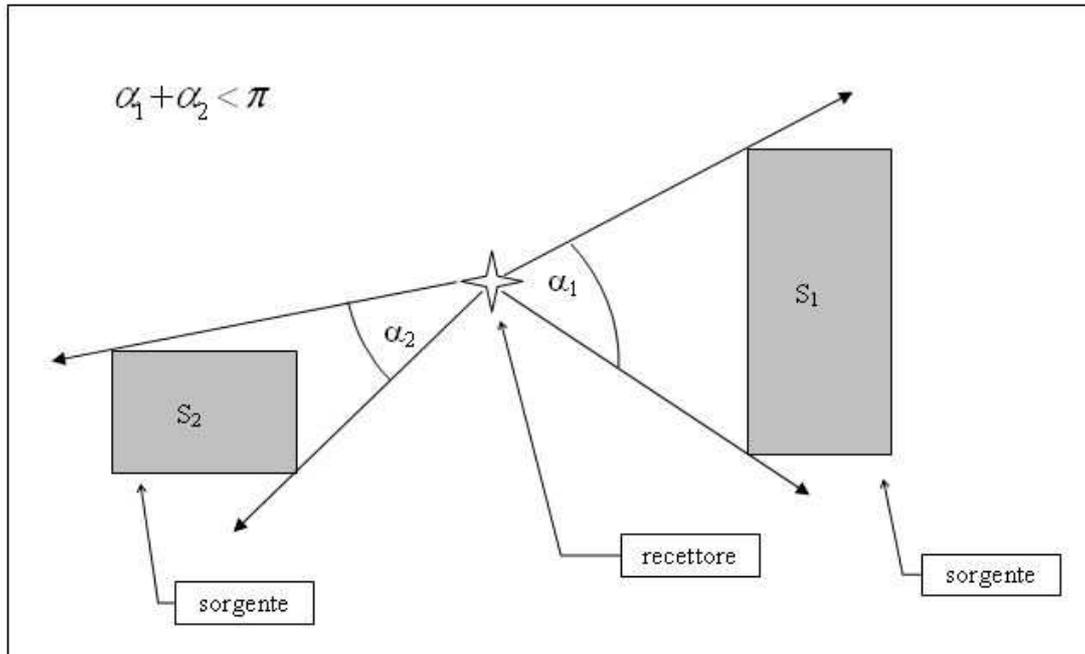
Per poter utilizzare i risultati delle simulazioni effettuate e le relative soglie in presenza di più sorgenti appare allora necessario che l'angolo complessivo sotto cui le sorgenti sono viste dal recettore non risulti superiore a  $180^\circ$  (ovvero  $\pi$ ).

In presenza di più sorgenti occorre quindi verificare l'esistenza di tale condizione (si veda la Figura 5); se questa non è verificata non possono essere impiegate le soglie precedentemente determinate ed occorre provvedere a stime dirette attraverso simulazioni modellistiche specifiche.

Se invece tale condizione è rispettata si può procedere nel seguente modo:

Detta  $S_i$  la  $i$ -esima sorgente cui corrisponde una emissione media oraria  $E_i$ , ipotizziamo che  $S_i$  sia posta alla distanza  $d_i$  da un dato recettore, così che ad essa corrisponderebbe una soglia emissiva  $E_{Ti}$ . Supponendo siano presenti  $n$  sorgenti, affinché nel complesso siano rispettate le soglie di emissione occorre che sia:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_{Ti}} < 1$$



**Figura 5:** esempio di angoli sotto cui vengono viste le sorgenti da parte di un recettore e condizione richiesta affinché sia utilizzabile la metodologia ipotizzata di verifica delle soglie di emissione in presenza di più sorgenti.

Inoltre, nel caso in cui i tempi delle attività e quindi delle conseguenti emissioni risultino corrispondenti ad un numero di giorni diversificato per ogni sorgente, le soglie  $E_{Ti}$  dovranno essere riferite ai periodi di attività, ovvero dovranno essere scelte opportunamente dalle tabelle precedentemente riportate.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Cowherd, C, Muleski G, E and Kinsey, J.S. 1998. *Control of open fugitive dust sources*. EPA-450/3-88-008. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency
- EIPPCB, 2006. *Best Available Techniques Reference Document on the Emission from Storage*. Seville: European IPCC Bureau. (<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/FActivities.htm>, dicembre 2008)
- USA-EPA, 1998a. *Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities*. Draft. Pennsylvania Avenue, NW: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste.  
(<http://yosemite.epa.gov/ee/epa/ria.nsf/vwRef/S.98.31?OpenDocument> febbraio 2009)
- USA-EPA, 1998b. *Western Surface Coal Mining*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.9, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.  
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2004. *Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*. AP-42, Vol.I, Ch. 11.19.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards.  
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html> febbraio 2009)
- USA-EPA, 2006. *Unpaved Roads*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S.

---

Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1995. *Heavy Construction Operations*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.3, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Aggregate Handling and Storage Piles*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.4, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 2006. *Industrial Wind Erosion*. AP-42, Vol.I, Ch. 13.2.5, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html> febbraio 2009)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Sampling Surface/Bulk Dust Loading*. AP-42, Vol.I, Appendix C.1, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/app-c1.pdf>, dicembre 2008)

USA-EPA, 1993. *Procedures for Laboratory Analysis of Surface/Bulk Dust Loading Samples*. AP-42, Vol.I, Appendix C.2, *Compilation of air pollutant emission factors stationary and area source*. Fifth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. ([http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/appendix\\_c/final/appc2\\_1995.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/old/ap42/appendix_c/final/appc2_1995.pdf), dicembre 2008)

SKM, 2005. *Improvement of NPI Fugitive Particulate Matter Emission Estimation Techniques*. Australia: Sinclair Knight Merz. (<http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/pm10may05.pdf>, dicembre 2008).

Beck C.M., Geyh A., Srinivasan A. Breysse P.N. et al. 2003; *The impact of a building implosion on airborne particulate matter in an urban community*, Journal of the Air & Waste Management Association; Oct 2003; 53, 10; 1256-1264.

## **ALLEGATO**

# **ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 E PM2.5 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI**

---

## **ISTRUZIONI SPECIFICHE PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PM10 IN ATTIVITÀ DI TRATTAMENTO DI MATERIALI POLVERULENTI**

Per fornire gli elementi necessari alla stima delle emissioni di polveri in maniera tale da permettere un efficace e proporzionato percorso di adeguamento dell'attività di trattamento di materiali polverulenti al dispositivo del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti), sono applicabili i fattori di emissione e gli algoritmi di calcolo precedentemente discussi e presentati. Tali strumenti sono validamente impiegabili anche in altri contesti di valutazione preventiva degli impatti. Affinché le informazioni presentate in tali contesti siano comprensibili, chiare e tecnicamente corrette si ritiene necessario fornire delle indicazioni specifiche sui loro contenuti (come vengono calcolate le emissioni) e sul formato con cui queste debbono venire proposte (quali dati presentare affinché sia valutabile e verificabile la correttezza di quanto dichiarato). Di seguito vengono quindi specificati i passi e gli accorgimenti da adottare nella valutazione e nella sua resa. Occorre:

1. descrivere le attività presenti indicando il tipo di materiale utilizzato o trattato (sabbia, argilla, ghiaia, pietra, ecc.);
2. definire le ore/giorno e i giorni/anno presunti di attività (il periodo di attività se stagionale o temporaneo, distinzione tra periodo diurno e notturno).
3. individuare le sorgenti emissive presenti nel sito industriale legate alle lavorazioni effettuate (fare riferimento a quelle trattate nel Capitolo 1). Qualora non sia possibile identificare un adeguato fattore di emissione per una sorgente oppure non si abbia corrispondenza con alcuna attività prevista (ad es. le attività di ripristino di una cava) occorre individuare la tipologia di attività o processo che più le assomiglia (riportarne anche una descrizione dettagliata) ed utilizzare il relativo fattore di emissione. In caso di incertezza utilizzare fattori di emissione cautelativi oppure porre il quesito all'autorità competente. In ogni caso

l'ente competente deve poter comprendere le approssimazioni o le scelte effettuate in modo da approvarle o meno ed eventualmente proporre delle modifiche.

4. predisporre uno schema a blocchi (sulla base di quelli riportati nelle Figure 2 e 3 oppure nell'Appendice B "Esempio di applicazione"), nel quale siano riportati tutti i processi, i controlli applicati, le tipologie di movimentazione (camion, nastri trasportatori, ruspe, ecc.) e i punti dei processi in cui sono effettuati tali spostamenti di materiale, le dimensioni del materiale (*mm*) e i flussi trattati nei processi (*Mg/h*). Si suggerisce di introdurre nello schema a blocchi dei codici o delle lettere identificativi in corrispondenza dei processi e/o del passaggio da un processo all'altro (si veda al riguardo l'esempio sviluppato in Appendice B).

Al termine della fase descrittiva si consiglia di produrre una scheda tecnica di riepilogo contenente le informazioni principali, ovvero:

- i. l'attività considerata,
- ii. il riferimento specifico per il calcolo dell'emissione o la scelta del fattore di emissione,
- iii. i parametri eventualmente necessari per il calcolo,
- iv. le mitigazioni previste e la loro efficienza
- v. il fattore di emissione risultante
- vi. l'emissione media oraria associata all'attività.

(si veda l'esempio in Appendice B)

5. per il calcolo delle emissioni dovute ad attività di frantumazione e macinazione e ad attività di agglomerazione, §1.1, si può utilizzare la relazione (1) in cui si impostano i fattori di emissione dalle Tabelle 2 e 3 oppure quelli estratti dall'AP-42 (indicare esplicitamente quale fattore è impiegato in modo da rendere certa l'identificazione) o da FIRE (indicare il codice SCC).
6. Analogamente per il calcolo delle emissioni dovute a scotico e sbancamento di materiale superficiale, §1.2, si scelgono i fattori/formule della Tabella 4 e si definiscono chiaramente i parametri utilizzati ed i valori che quantificano l'attività.

7. per il calcolo delle emissioni dovute a formazione e stoccaggio di cumuli, §1.3, si possono utilizzare le relazioni (3') in relazione al periodo di attività previsto (se prevalentemente diurno o notturno), ed in cui occorre impostare il contenuto di umidità ( $m$  in %). Il valore di  $m$  deve essere compreso nell'intervallo [0.25%; 5%]; nel caso si disponga di una stima o misura diretta di  $m$  inserire tale valore, altrimenti inserire un dato (all'interno dell'intervallo assegnato) coerente con il materiale trattato ed i valori riportati nella Tabella 13.2.4-1 del § 13.2.4 dell'AP-42. Il fattore di emissione così calcolato si utilizza nella relazione (1) impostando la quantità oraria o giornaliera (riportata al valore orario tramite il numero di ore lavorative al giorno) di materiale stoccato. Qualora siano disponibili i valori di velocità del vento (frequenze delle medie orarie) misurati su di un periodo di alcuni anni in un sito considerato rappresentativo rispetto a quello in esame, si può impiegare la relazione (3) considerando eventualmente le frequenze delle velocità limitatamente al periodo giornaliero di attività.
8. per il calcolo delle emissioni dovute all'erosione del vento dai cumuli, §1.4, si utilizza l'espressione (5) in cui si imposta il fattore di emissione areale individuato in Tabella 6 in base a: altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in  $m$ , diametro della base  $D$  in  $m$ , superficie dell'area movimentata  $a$  in  $m^2$ , numero di movimentazioni/ora ( $movh$ ).
9. per il calcolo delle emissioni dovute al transito di mezzi su strade non asfaltate, §1.5, si utilizza l'eq. (7) in cui si impostano il fattore di emissione del singolo mezzo e il percorso medio orario. Il fattore di emissione è calcolato dall'espressione. (6) in cui si impostano: peso veicolo medio in  $Mg$  (dato dal peso veicolo vuoto e a pieno carico), e il contenuto in limo (*silt*) del suolo (in %). Nel caso sia prevista la mitigazione per mezzo della bagnatura con acqua si può far riferimento alle Tabelle 9-10-11 per individuare la frequenza delle applicazioni o calcolarla direttamente con l'espressione (9). Qualora si utilizzino sostanze chimiche si deve riportare la scheda tecnica del prodotto in modo che sia possibile verificare il dosaggio da applicare. Per quanto riguarda il contenuto in limo del suolo (%), si deve utilizzare un valore compreso nell'intervallo [1.8%; 25%]. Nel caso si disponga di una misura diretta o una stima specifica si utilizzi tale valore, altrimenti inserire un valore

(interno all'intervallo assegnato) coerente con il terreno ed il territorio in cui si svolge l'attività.

10. per il calcolo delle emissioni dovute all'utilizzo di mine si utilizza l'espressione (10) e la Tabella 11 impostando la superficie del fronte di esplosione ( $m^2$ ).
11. il valore di emissione oraria totale, calcolata come sommatoria delle emissioni di tutte le sorgenti, può essere confrontato con il valore di soglia di emissione riportato nelle Tabelle 14-19 del Capitolo 2. Poiché la distanza degli eventuali recettori assume un ruolo fondamentale nella definizione dell'impatto potenziale indicato in queste Tabelle, è buona norma presentare una documentazione cartografica (aggiornata e leggibile, in scala 1:5000 o 1:2000) che indichi la presenza dei possibili recettori nelle vicinanze dell'area di attività.
12. Nel caso l'attività sia suddivisa in più aree o zone, in relazione alle distanze tra queste ed all'esistenza di eventuali barriere fisiche e alla presenza e posizione dei diversi recettori, queste potranno essere considerate concorrere insieme all'impatto oppure separatamente. Nel primo caso per riferirsi alle soglie di emissione si può adottare il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2.

## **RINGRAZIAMENTI - ACKNOWLEDGEMENTS**

Questo lavoro è stato prodotto come parte di una specifica convenzione tra il Dipartimento ARPAT di Firenze e la Provincia di Firenze.

Il nucleo iniziale di questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito di un tirocinio volontario presso il Dipartimento ARPAT di Firenze dalla Dott.ssa in Ingegneria Chimica Hyun-mi Palatella.

Aprile 2009

# LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

## APPENDICE A

### IMMAGINI E TERMINI



In questa parte viene proposta una serie di immagini tratte dal web relative alle varie fasi e lavorazioni, attrezzature, strutture e macchinari utilizzati nelle attività di interesse.

Inoltre vengono riportate alcune descrizioni e definizioni attinenti a queste attività che possono essere di aiuto anche nell'interpretazione dei termini tecnici legati ai fattori di emissione. Queste descrizioni-definizioni sono liberamente tratte dal "Dizionario enciclopedico scientifico e tecnico inglese-italiano, italiano-inglese" McGraw-Hill Zanichelli 1990. La predisposizione di un glossario, anche corredato da immagini, di cui questa parte costituisce un esempio embrionale, esula dalle finalità del lavoro, ma costituirebbe senz'altro un utile strumento informativo volto a favorire l'uniformità di valutazione e di impiego delle tecniche di stima proposte.

## IMMAGINI



In alto: operazione di carico su camion del materiale estratto” SCC 3-05-020-33; in basso due esempi di SCC 3-05-020-32 “Truck Loading Conveyor”.



A sinistra: Bulk Loading, “Construction Sand and Gravel” SCC 3-05-025-06; a destra: Truck Load-out, “Asphalt Concrete” SCC 3-05-002-14



Bagnatura



Bagnatura piste di cantiere



Drilling SCC 3-05-020-10



Dragline Overburden Removal SCC 3-05-010-36



Bulldozing Overburden 3-05-010-45



Truck Loading: Overburden SCC 3-05-010-37



Primary Crushing (blast over size reduce) SCC 3-05-020-01



Secondary crushing SCC 3-05-020-02



Secondary crushing mobile SCC 3-05-020-02



Mobile plant for secondary (SCC 3-05-020-02) and tertiary crushing (SCC 3-05-020-03)



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Lavaggio ruote



Inscatolamento delle attività e dei macchinari



Essiccatore (Sand dryer) SCC 3-05-027-20



Unloading Bottom dump truck



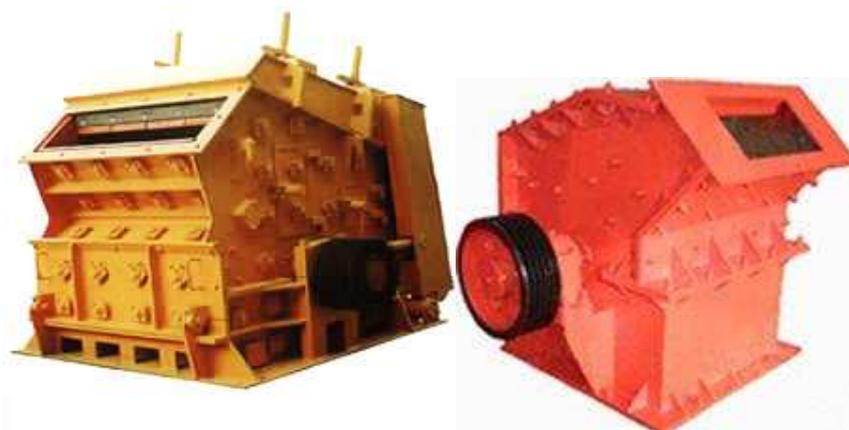
Demolizione con implosione del Velodromo di Roma (2008)



Demolizione con implosione degli edifici di Punta Perotti a Bari (aprile 2006)



Sfangatrice e Griglia a dischi



Impact Crusher e Fine Crusher

---

## TERMINI

**Bulk Transport:** trasporto alla rinfusa; conveying, hoisting, or elevating systems for movement of solids such as grain, sand, gravel, coal, or wood chips.

**Overburden:** copertura; material of any nature that overlies a deposit of useful materials, ores, coal ecc.; loose soil, sand or gravel that lies above the bedrock.

**Dragline:** escavatore a benna trascinata; an excavator operated by pulling a bucket of ropes toward the jib from which it is suspended.

**Grinding:** macinazione; reducing a material to relatively small particles.

**Classifier:** classificatore; any apparatus for separating mixtures of materials into their constituents according to size and density.

**Crushing:** minerale triturato, e sua quantità; the quantity of ore pulverized or crushed at a single operation in processing.

**Screening:** crivellatura, vagliatura; the separation of a mixture of grain of various sizes into two or more size-range portions by means of a porous or woven-mesh screening media.

**Grizzly:** griglia; a coarse screen used for rough sizing and separation of ore, gravel or soil.

# LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DI POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI PRODUZIONE, MANIPOLAZIONE, TRASPORTO, CARICO O STOCCAGGIO DI MATERIALI POLVERULENTI

## APPENDICE B

### ESEMPIO DI APPLICAZIONE



---

In questa Appendice viene proposto un esempio di stima delle emissioni utilizzando le tecniche e le indicazioni presentate nelle Linee Guida.

L'applicazione esemplificativa oltre a definire quali fattori di emissione possono essere scelti nelle situazioni esaminate, ha lo scopo di mostrare come questi devono essere utilizzati. L'obiettivo è soprattutto quello di indicare quali e quante informazioni è necessario ottenere e fornire affinché tutto il percorso di stima possa essere chiaro, adeguato e conseguentemente condiviso.

L'esempio specifico non ha alcun valore assoluto e non è assicurata alcuna verosimiglianza tra quanto riportato e le possibili attività reali; l'attività ipotizzata è semplicemente un esercizio volto a mostrare come effettuare la stima, come interpretare i risultati, ed evidenziare quali difficoltà possono intervenire.

L'esempio è sviluppato in termini analitici e di estremo dettaglio in modo da costituire una guida su come occorre procedere nella stima. La presentazione dei risultati e delle informazioni può variare da caso a caso in mancanza di una codifica formale (che non può che venire dalle autorità che svolgono la funzione di amministrazione attiva, ovvero che rilasciano le eventuali autorizzazioni) ma deve comunque contenere tutti gli elementi necessari ad effettuare verifiche e controlli sulle stime da parte degli enti preposti.

## ESEMPIO

### Informazioni sull'attività

Cava di inerti (sabbia e ghiaia) con impianto di selezione e frantumazione; la fase di trattamento (selezione e frantumazione) viene svolta sia sul materiale estratto direttamente che su quello proveniente dall'esterno.

In Figura E1 è schematizzata la geometria dell'impianto

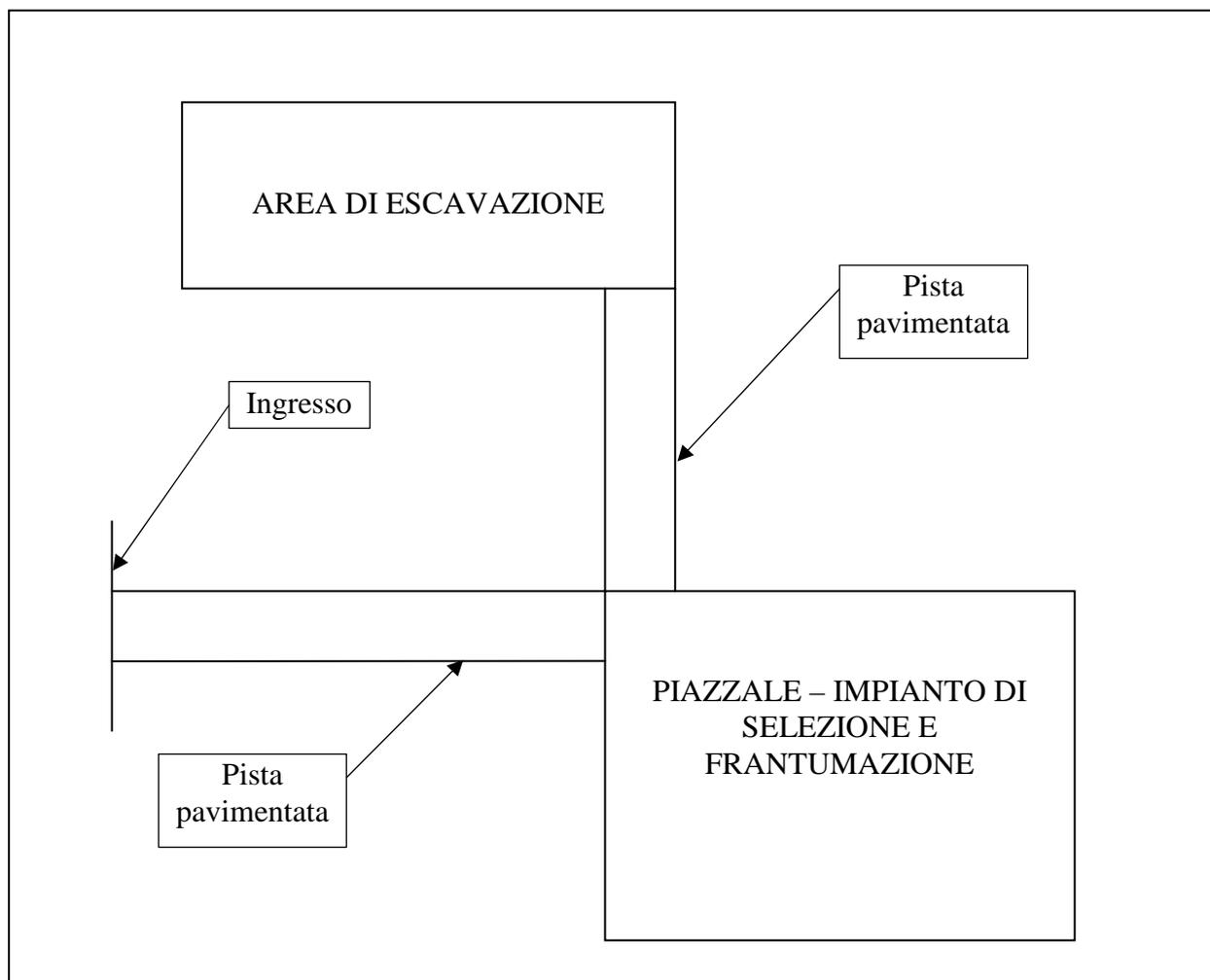


Figura E1: rappresentazione schematica delle aree di attività dell'impianto esempio.

Secondo quanto rappresentato in Figura E1, l'attività si svolge su due aree distinte (l'area di escavazione ed il piazzale delle lavorazioni) collegate attraverso delle piste asfaltate. A causa della distanza tra le due aree le emissioni di queste saranno considerate separatamente.

### Area di escavazione

Le attività svolte consistono nella “scopertura del cappellaccio” o materiale superficiale non produttivo, nel suo allontanamento, nell'estrazione del materiale da avviare all'impianto di produzione e nel suo trasporto.

La rimozione del materiale superficiale avviene mediante ruspa cingolata, la quale lo accumula temporaneamente sul luogo; successivamente questo materiale viene allontanato trasferendolo su camion e scaricandolo in un'area specifica, in modo da poter essere eventualmente impiegato successivamente per il ripristino dell'area stessa. Quindi la ruspa effettua lo sbancamento del materiale da trattare ed il suo trasferimento ai camion che provvedono al trasporto presso il piazzale delle lavorazioni.

Nella fase di scotico la ruspa rimuove circa  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  di “materiale sterile” effettua quindi il lavoro su di un tratto lineare di  $7 \text{ m/h}$  ( $7 \times 0.52$  [profondità scavo]  $\times 3.19$  [larghezza ruspa]= $12 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Questa è la grandezza che interessa nel caso si utilizzi per tale operazione il fattore di emissione delle operazioni di scotico previsto in “13.2.3 Heavy construction operation”, pari a  $5.7 \text{ kg/km}$  di PTS. Ipotizzando una frazione di PM10 dell'ordine del 60% del PTS, si ottiene un fattore di emissione per il PM10 pari a  $3.42 \text{ kg/km}$ . L'emissione oraria stimata per questa fase è allora di  $7 \times 10^{-3} \text{ km/h} \times 3.42 \text{ kg/km} = 0.02394 \text{ kg/h} = 24 \text{ g/h}$ .<sup>1</sup>

Nella stessa ora di attività la ruspa effettua anche lo sbancamento di  $30 \text{ m}^3$  di materiale, il quale viene caricato su dumper e trasportato all'impianto.

Per la fase di sbancamento o estrazione non è presente uno specifico fattore di emissione; considerando che il materiale estratto è bagnato, si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 *Sand Handling, Transfer, and Storage* in “Industrial Sand and Gravel”, pari a  $1.30 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$  di PTS equivalente a  $3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$  di PM10 avendo considerato il 60% del particolato come PM10. Ipotizzando una densità del materiale pari a  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , si trattano  $51.0 \text{ Mg/h}$ , e quindi si ha una emissione oraria pari a  $20 \text{ g/h}$ .

La fase di caricamento del materiale estratto corrisponde al SCC 3-05-025-06 *Bulk Loading* “Construction Sand and Gravel” per cui FIRE indica un fattore di emissione (molto incerto) pari a  $2.40 \times 10^{-3} \text{ lb/tons}$ , ovvero  $1.20 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$  di materiale caricato.<sup>2</sup>

Ipotizzando sempre una densità del materiale pari a  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , si ha una emissione oraria di  $61 \text{ g/h}$ .

Il materiale superficiale accantonato viene caricato su camion e tale operazione può corrispondere al SCC 3-05-010-37 *Truck loading overburden* (si veda Tabella 4) cui è assegnato un fattore di emissione di  $7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ ; ipotizzando una densità pari a  $1.5 \text{ Mg/m}^3$ , i  $12 \text{ m}^3$  rimossi corrispondono a  $18.0 \text{ Mg}$  e l'emissione oraria della fase di carico risulta complessivamente di  $135 \text{ g/h}$ .

<sup>1</sup> In alternativa in FIRE, SCC 3-05-010-30 *Topsoil removal* in “Coal Mining, Cleaning, and Material Handling” indica un fattore di emissione per il PTS pari a  $0.03 \text{ kg/Mg}$  di materiale rimosso, il quale produce una emissione oraria di PM10 (ipotizzato il 60% del PTS) per questa fase pari a  $324 \text{ g/h}$ ; si osserva che questa stima è oltre 10 volte superiore a quella inserita nel testo.

<sup>2</sup> Considerando che il materiale viene lasciato cadere sul dumper, si potrebbe pensare di utilizzare in alternativa anche il fattore proposto per “Dragline: Overburden Removal” (si veda la Tabella 4) per determinare il quale occorre definire l'umidità percentuale del materiale e l'altezza di caduta; impostando un'altezza minima di caduta di  $1.5 \text{ m}$  (si veda AP-42 paragrafo 11.9, Tab. 11.9-3) si ottiene un valore di  $1.77 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$  con l'umidità al 5%, ed un valore di  $1.44 \times 10^{-3}$  impostando l'umidità al 10%. Si osserva quindi che queste scelte alternative non producono variazioni tali da modificare l'ordine di grandezza dell'emissione.

Questo materiale superficiale è allontanato lungo una pista non pavimentata di una lunghezza media di 50 m; si ipotizza che il contenuto di “silt” del materiale che costituisce la pista sia pari al 14%; il dumper ha un peso di 16 Mg a vuoto e può portare un carico di 24 Mg, per cui il peso medio durante il trasporto è pari a 28 Mg. Poiché ogni ora vengono accantonati 18 Mg di materiale sterile, occorrono 0.75 carichi per smaltire il materiale, ovvero il dumper effettua 3 corse ogni 4 ore. Inserendo questi dati nell’espressione (6) “Unpaved road”, si ottiene un fattore di emissione di 1.328 kg/km. Poiché ogni viaggio risulta mediamente di 100 m, si ha una emissione di 0.133 kg per viaggio e quindi si assegna una emissione di 133 g/viaggio  $\times (0.75) \text{ viaggi/h} = 100 \text{ g/h}$ .

Quindi il materiale sterile viene scaricato, si può scegliere in questo caso il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-010-42 *Truck Unloading: Bottom Dump – Overburden* (vedi Tabella 4), pari a  $5 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$ . L’emissione media oraria risulta di 9 g/h.

I camion con il materiale da portare all’impianto prima di raggiungere la pista asfaltata che collega le due aree, devono percorrere mediamente un tratto di 40 m su pista non pavimentata. Con gli stessi parametri utilizzati in precedenza, tenuto conto che si ha un trasporto di  $30 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.7 \text{ Mg/m}^3 = 51 \text{ Mg/h}$ , si hanno  $(51 \text{ Mg/h}) / (24 \text{ Mg/camion}) = 2.13 \text{ camion/h}$ . Ognuno dei camion percorre  $(40 \times 2) = 80 \text{ m}$  di pista, quindi il percorso complessivo risulta di 170 m. Impiegando il fattore di emissione precedentemente utilizzato, pari a 1.328 kg/km si ottiene una emissione complessiva di questa fase pari a 226 g/h.

Infine seguendo quanto riportato nel paragrafo 1.4 si stima l’emissione dovuta all’erosione del vento sui cumuli di materiale superficiale accantonato. Si ipotizza che ogni nuovo scarico di materiale costituisca un cumulo di 24 Mg ovvero un volume di  $16 \text{ m}^3$  (avendo ipotizzato che il materiale superficiale avesse una densità di  $1.5 \text{ Mg/m}^3$ ). Impostando un’altezza del cumulo di 2 m e ipotizzandolo conico ne risulta un diametro di 5.6 m, e di conseguenza una superficie laterale di circa  $30 \text{ m}^2$ . Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro è superiore a 0.2 quindi il cumulo è considerato “alto” e il fattore di emissione risulta pari a  $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$  (si veda la Tabella 7). L’emissione oraria attribuita al fenomeno vale secondo l’espressione (5):

$$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \times (30 \text{ m}^2) \times 0.75 \text{ movimenti/h} = 178 \times 10^{-6} \text{ kg/h} = 0.2 \text{ g/h}$$

Il valore ottenuto può essere trascurato nel presente contesto.

Nel complesso le attività dell’area producono una emissione media oraria di PM10 di circa 580 g/h; il dettaglio è riportato nella Tabella E1.

Tabella E1: emissioni orarie stimate per le attività dell’area di escavazione

Fase	Emissione oraria media in g/h
Scotico materiale superficiale [A]	24
Carico materiale superficiale su camion [B]	135
Trasporto del materiale superficiale [C]	100
Scarico materiale superficiale [D]	9
Erosione del vento dai mucchi di materiale superficiale [E]	<1
Sbancamento materiale di produzione [F]	20
Carico materiale di produzione [G]	61
Trasporto materiale di produzione [H]	226
totale	575

### **Impianto di selezione e frantumazione**

Lungo la pista asfaltata arrivano all'impianto con i camion  $30 \text{ m}^3$ , pari a  $51 \text{ Mg/h}$  di materiale prodotto nella cava ( $2.13 \text{ camion/h}$ ), ed inoltre  $70 \text{ m}^3$ , corrispondenti a  $119 \text{ Mg}$  di materiale da trattare (circa  $5 \text{ camion/h}$ ) provenienti dall'esterno.

Si assumono trascurabili le emissioni dovute ai motori dei camion così come quelle dovute al risollevarsi di polveri durante il transito sulle piste asfaltate.<sup>3</sup>

La successione delle operazioni con indicate le quantità di materiale trattato sono sintetizzate nei punti successivi (e riportate nello schema di Figura E2):

- Il materiale corrispondente a  $100 \text{ m}^3$  ovvero  $170 \text{ Mg}$  arriva alla tramoggia iniziale;
- da questa passa alla griglia a dischi in cui viene bagnato, e nella quale avviene la separazione tra quello di grossa pezzatura (dimensione minima  $80 \text{ mm}$ ), il quale viene inviato alla frantumazione primaria (pari al  $35\%$ , ovvero  $60 \text{ Mg}$ ), e quello di pezzatura più fine (massimo  $80 \text{ mm}$ ) che va alla sfangatrice (pari al  $65\%$ , ovvero  $110 \text{ Mg}$ ).
- Il trasporto tra griglia e mulino di frantumazione o sfangatrice avviene in entrambi i casi mediante nastri trasportatori.
- Dalla sfangatrice, i fanghi in misura di  $25 \text{ Mg}$  vengono inviati al trattamento con l'idrociclone, mentre i rimanenti  $85 \text{ Mg}$  continuano il processo con nastro trasportatore verso la vagliatura.
- I  $60 \text{ Mg}$  avviati alla frantumazione primaria escono triturati e vanno con nastro trasportatore alla successiva vagliatura.
- Alla vagliatura si separa direttamente un prodotto di  $42 \text{ Mg}$  che va stoccato con nastro trasportatore, mentre il rimanente di  $103 \text{ Mg}$  viene trasferito con nastro trasportatore alla frantumazione secondaria-terziaria.
- Da questa (frantumazione secondaria) con nastro trasportatore il materiale è portato alla vagliatura fine, e da questa passa allo stoccaggio tramite nastri trasportatori in parti di  $63 \text{ Mg}$  (pezzatura media) e  $40 \text{ Mg}$  (pezzatura fine).
- Dall'idrociclone vengono recuperati  $25 \text{ Mg}$  di prodotto nei fanghi; questi sono inviati con nastro trasportatore allo stoccaggio formando un cumulo di prodotto fine e molto umido.

Seguendo anche quanto riportato in Figura E2, è di seguito esemplificato il calcolo delle emissioni. Alla tramoggia [1] vengono scaricati  $170 \text{ Mg/h}$  di materiale; di questi  $51 \text{ Mg}$  provenienti dalla cava sono molto bagnati. In mancanza di un fattore di emissione maggiormente attinente si sceglie di utilizzare quello relativo al SCC 3-05-020-31 *Truck unloading* (in Stone Quarrying - Processing), pari a  $8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$ , portando ad una stima complessiva di circa  $1 \text{ g/h}$ .

In uscita dalla griglia [2] tutto il materiale è bagnato. I due nastri trasportatori [3 e 4] alimentano con  $60 \text{ Mg}$  la frantumazione primaria e con  $110 \text{ Mg}$  la sfangatrice. Per questa movimentazione si sceglie il fattore di emissione associato al SCC 3-05-020-06 (Vedi Tabella 2 o Tab. 11.19.2-1 in 11.19.2.2 Crushed Stone Processing nell'AP-42) considerando la mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale che porta a  $2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$ . Questo produce una emissione dovuta la primo nastro [3] di circa  $1 \text{ g/h}$ , e dal secondo nastro [4] per circa  $3 \text{ g/h}$ .<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Quest'ultime sono trascurabili purché venga effettuata una regolare pulitura delle superfici pavimentate.

<sup>4</sup> In alternativa per il trasporto con i nastri poteva essere impiegato il fattore di emissione relativo al SCC 3-05-025-03 *Material Transfer and Conveying* (in Construction Sand and Gravel) pari a  $3.2 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg}$ , per il quale non era tuttavia disponibile la correzione da attuare considerando il materiale bagnato.

Per quanto riguarda la frantumazione primaria [5] non è disponibile il fattore di emissione specifico<sup>5</sup>, ma considerando anche la limitata pezzatura del materiale si sceglie di utilizzare quello disponibile per la frantumazione secondaria, tenuto conto tuttavia che il materiale è bagnato. Di conseguenza si utilizza il fattore  $3.7 \times 10^{-4}$  (si veda la Tabella 2) ottenendo quindi una emissione complessiva di 22 g/h. In uscita dalla frantumazione si ha ancora la movimentazione con nastro trasportatore [8] che porta ad una emissione pari a quella in ingresso di 1 g/h.

In uscita dalla sfangatrice ([6] la cui emissione è considerata nulla) il materiale è molto umido e nel trasporto tramite nastro [9] si ha ancora una emissione stimata in 2 g/h.

Alla vagliatura [11] (SCC 3-05-020-02, 03, 04) arriva un totale di 145 Mg/h di materiale bagnato; il fattore di emissione è quello con la mitigazione (si veda la Tabella 2) corrispondente a  $3.7 \times 10^{-4}$  kg/Mg che porta ad una emissione complessiva di 54 g/h. Questo materiale in uscita è in parte (42 Mg) trasferito con nastro [13] a formare un cumulo [19], per una emissione totale pari a  $2.3 \times 10^{-2}$  g/Mg  $\times$  42 Mg/h = 1 g/h, ed in parte (103 Mg) avviato con nastro [12] alla frantumazione secondaria-terziaria [14] per una emissione di 2 g/h.

Questo materiale (103 Mg/h) viene trattato nella frantumazione secondaria-terziaria [14] (SCC 3-05-020-02, 03) con un fattore di emissione (mitigato) di  $3.7 \times 10^{-4}$  kg/Mg per una emissione complessiva pari a 38 g/h. In uscita il nastro trasportatore [16] (con emissione analoga all'ingresso ovvero 2 g/h) porta il materiale alla vagliatura fine [15] (SCC 3-05-020-21, si veda la Tabella 2) con mitigazione dovuta alla bagnatura del materiale; in questa fase si ha una emissione di 103 Mg/h  $\times$  0.0011 kg/Mg = 113 g/h.

Due nuovi nastri trasportatori [17 e 18] trasferiscono il materiale in uscita allo stoccaggio in due cumuli [20 e 21] di pezzatura differente. Per entrambi si stima una emissione (SCC 3-05-020-06) di 1 g/h. Sul cumulo di materiale fine ( $\phi < 5$  mm) si aggiunge anche il materiale recuperato dai fanghi in uscita dall'idrociclone [7 e 10] di cui si considera nulla l'emissione nel trattamento [7] e si stima una emissione nel trasporto [10] pari a 1 g/h.

Rimangono infine da valutare le emissioni dovute alle attività di prelievo e movimentazione del materiale dei cumuli [19, 20 e 21]. Per questo si ricorre a quanto indicato nel paragrafo 1.3 e corrispondente al 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42, individuando un fattore di emissione di  $2.26 \times 10^{-4}$  kg/Mg di materiale movimentato (avendo utilizzato la formula relativa alle attività del periodo diurno, considerando una umidità del materiale del 4.8%). Ipotizzando che tutto il materiale lavorato sia movimentato, ma che l'emissione di PM10 sia relativa soltanto a quello di dimensioni minori (cumulo di materiale fine) si ottiene una emissione oraria media pari a 15 g/h.

Per quanto riguarda l'erosione del vento si fa ancora riferimento solo al cumulo del materiale più fine: si ipotizza che quanto prodotto in una ora di attività costituisca un singolo cumulo pari a 65 Mg; ipotizzando la densità di  $1.7 \text{ Mg/m}^3$ , il volume occupato risulta di  $38 \text{ m}^3$ . Da questo imponendo l'altezza a 4 m e supponendo la forma conica si ottiene un diametro di 6 m. Il cumulo è quindi classificato come alto ed ha una superficie laterale di  $47 \text{ m}^2$ . Se si ipotizzano nel complesso 3 movimentazioni orarie che interessano il 30% della superficie, l'emissione stimata risulta di:  $7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \times (14 \text{ m}^2) \times 3 \text{ movimenti/h} = 332 \times 10^{-6} \text{ kg/h} = 0.3 \text{ g/h}$ ; anche in questo caso l'emissione è trascurabile.

---

<sup>5</sup> In alternativa possono essere impiegati i fattori di emissione presenti in FIRE relativi alla frantumazione primaria di differenti materiali e minerali.

Tabella E2: emissioni orarie stimate per le attività dell'impianto di selezione e frantumazione

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		$8 \times 10^{-6} \text{ kg/Mg}$	170 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	110 Mg	3 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	22 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	60 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	85 Mg	2 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	25 Mg	1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	145 Mg	54 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	42 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	$3.7 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	38 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato	$0.0011 \text{ kg/Mg}$	103 Mg	113 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	103 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	63 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	$2.3 \times 10^{-5} \text{ kg/Mg}$	40 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3') periodo diurno	Materiale bagnato ( $m=4.8\%$ )	$2.26 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$	65 Mg	15 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	$7.9 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$	movh=3, a=14 m <sup>2</sup>	<1 g/h
totale					258 g/h

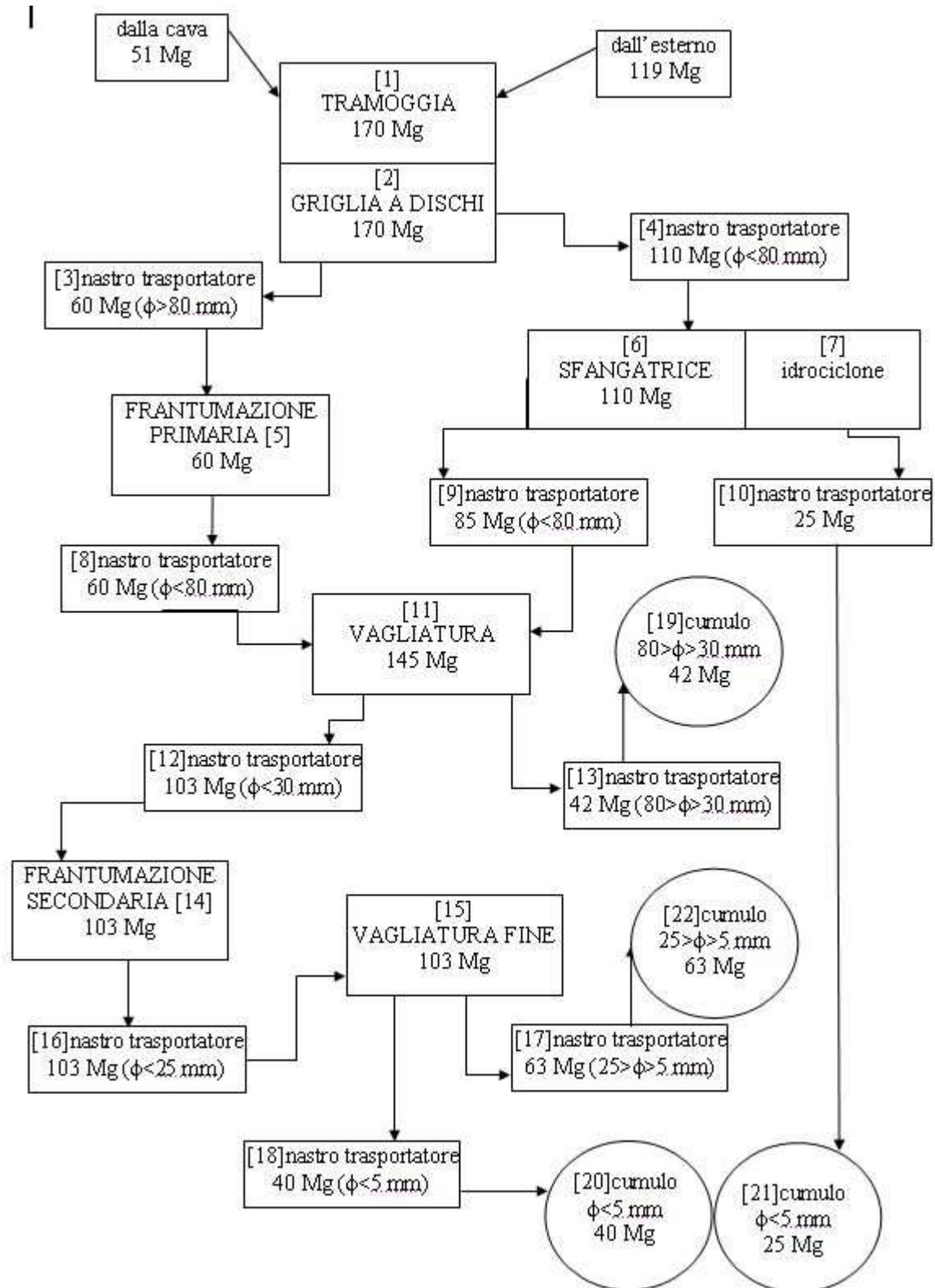


Figura E2: Schema a blocchi delle attività svolte nell'impianto di selezione e frantumazione.

### **Discussione dei risultati ed osservazioni**

In questa parte si propone una analisi critica dei risultati ottenuti nelle stime e si cerca di inquadrarli rispetto alle soglie di emissione presentate nel Capitolo 2.

Complessivamente si osserva che per le attività svolte nell'area di estrazione è stata stimata una emissione media oraria di circa 580 g/h, mentre l'emissione media oraria valutata per le attività dell'impianto è risultata di circa 250 g/h.

Si ipotizza che le attività lavorative si svolgano su di un periodo di 220 giorni all'anno, e che nell'area sia presente un gruppo di recettori sensibili (abitazioni civili) posti a Nord dell'area di escavazione ad una distanza di circa 180 m dai bordi di questa.

Dai valori in Tabella 16 si ottiene che per emissioni inferiori a 493 g/h non è richiesto alcun intervento né valutazione suppletiva. Questo sarebbe il caso se l'emissione fosse quella dovuta esclusivamente all'impianto di selezione e frantumazione; invece le attività di escavazione comportano una emissione superiore a tale soglia.

Inoltre, sommando i valori di emissione stimati per le due aree si ottiene un risultato (833 g/h) vicino ai 986 g/h oltre i quali si presume la non compatibilità ambientale dell'emissione (si veda la Tabella 16).

Il proponente o esercente l'attività deve quindi valutare se sia preferibile attuare delle mitigazioni oppure proporre di effettuare un monitoraggio per il PM10 secondo i criteri del DM 60/02 relativi alle misure almeno indicative (copertura dell'anno con un campione equamente distribuito nelle stagioni di almeno il 15% dei giorni, circa 60 giorni). In alternativa può valutare se sono presenti (o possono essere raccolti) dati meteorologici specifici del sito che permettano di effettuare una valutazione delle ricadute di PM10 per mezzo di idonei modelli di dispersione.

Evidentemente, sia nel caso del monitoraggio del PM10, sia nel caso della valutazione modellistica, i risultati non sono noti a priori e quindi potrebbero portare comunque alla necessità di attuare delle mitigazioni.

Analizzando il dettaglio delle emissioni riportato nella Tabella E1, si osserva che ben 326 g/h, ovvero il 57% del totale, provengono dalla stima associata al trasporto del materiale sulle piste. In genere infatti, per i fattori di emissione in gioco, questa è una delle attività cui corrispondono le maggiori stime di emissione. Su questa è possibile intervenire con mitigazioni, ad esempio effettuando la bagnatura periodica (si veda in dettaglio quanto riportato nel paragrafo 1.5.1) oppure ricorrendo a prodotti specifici.

Nel presente esempio si ammette per semplicità di scegliere questo secondo tipo di intervento che garantisce una efficienza dell'80%.

In tal modo quindi l'emissione associata alla voce "trasporto del materiale superficiale" risulta adesso pari a 20 g/h anziché i 100 g/h della precedente stima, mentre quella relativa al "trasporto del materiale di produzione" risulta di 45 g/h, anziché i precedenti 226 g/h.

L'emissione complessiva delle attività dell'area di escavazione è adesso pari a 314 g/h.

Le emissioni delle singole aree di attività risultano adesso entrambe inferiori al corrispondente valore di soglia, mentre la loro somma (248+314=562) si mantiene superiore, seppur di poco, ai 493 g/h della soglia. In altre parole non sarebbe soddisfatto il criterio indicativo proposto nel Capitolo 2 per valutare più sorgenti in contemporanea (la somma dei rapporti rispetto alla soglia produce un valore superiore ad 1).

Per valutare se le due emissioni possono o meno essere considerate distinte occorre considerare la distanza tra queste e quella dai recettori, l'orografia del territorio e la presenza di eventuali ostacoli fisici tra le sorgenti e tra queste ed i recettori, nonché l'entità dell'emissione complessiva rispetto alla soglia.

Al riguardo è bene ricordare che le soglie utilizzate sono riferite ad una distanza dal recettore di 150 m, e la loro validità è poi estesa ad ogni distanza superiore a questa. Le concentrazioni continuano invece a decadere con l'allontanarsi dalla sorgente.

In ogni caso in presenza di incertezza (si pensi anche a quella assai elevata relativa ai fattori di emissione utilizzati), risulta buona norma avere una valutazione modellistica che accerti il rispetto o meno dei limiti di qualità dell'aria per il PM10 in presenza delle emissioni dovute all'attività.

Nel presente esempio, nel caso le emissioni debbano considerarsi congiuntamente, anche la precedente configurazione emissiva comporterebbe la necessità di provvedere ad un adeguato monitoraggio. Questo potrebbe invece essere non necessario qualora si adottassero ulteriori azioni di mitigazione.

Nella Tabella E3 sono riportati in dettaglio i valori di stima relativi ad una nuova configurazione emissiva la quale soddisfa ora il criterio relativo alla soglia di emissione (ovvero l'emissione complessiva è inferiore a 493 g/h).

In questa, viene scelto di ridurre l'attività dell'impianto passando da 119 Mg/h a 79 Mg/h di materiale proveniente dall'esterno, ed inoltre attuando la misura più drastica di riduzione delle emissioni per quanto riguarda la fase "[15] vagliatura fine", ovvero l'inscatolamento dell'impianto che viene valutato avere una efficienza dell'ordine del 50%.

In tal modo l'emissione complessiva delle due aree è ora portata a 468 g/h, quindi al di sotto della soglia.

Tabella E3: dettaglio delle emissioni medie orarie per entrambe le attività (dopo le mitigazioni)

attività	riferimento	Parametri e mitigazione	Fattore di emissione	quantità	Emissione media oraria
[A] Scotico materiale superficiale	13.2.3 AP-42	60% PTS	0.6x5.7 kg/km	7 m/h	24 g/h
[B] Carico materiale superficiale su camion	SCC 3-05-010-37		7.5x10 <sup>-3</sup> kg/Mg	18 Mg	135 g/h
[C] Trasporto del materiale superficiale	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	0.2x1.328 kg/km	100 m 0.75 viaggi/h	20 g/h
[D] Scarico materiale superficiale	SCC 3-05-010-42		5.4x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	18 Mg	9 g/h
[E] Erosione del vento	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	7.9x10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup>	movh=0.75, a=30 m <sup>2</sup>	<1 g/h
[F] Sbancamento materiale di produzione	SCC 3-05-027-60	60% PTS	3.9x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	51 Mg	20 g/h
[G] Carico materiale di produzione	SCC 3-05-025-06		1.2x10 <sup>-3</sup> kg/Mg	51 Mg	61 g/h
[H] Trasporto materiale di produzione	§ 1.5, relazione (6) 13.2.2 "Unpaved road" AP-42	Prodotti specifici (efficienza 80%) Silt =14%, m=28 Mg	0.2x1.328 kg/km	80 m 2.13 viaggi/h	45 g/h
[1] scarico materiale alla tramoggia	SCC 3-05-020-31		8x10 <sup>-6</sup> kg/Mg	130 Mg	1 g/h
[2] tramoggia e griglia		Materiale bagnato			0
[3] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	46 Mg	1 g/h
[4] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	84 Mg	2 g/h
[5] frantumazione primaria	SCC (3-05-020-01) 3-05-020-02	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	46 Mg	17 g/h
[6] sfangatrice		Materiale bagnato			0
[7] idrociclone		Materiale bagnato			0
[8] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	46 Mg	1 g/h
[9] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	65 Mg	1 g/h
[10] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	19 Mg	<1 g/h
[11] vagliatura	SCC 3-05-020-02, 03, 04	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	111 Mg	41 g/h
[12] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	79 Mg	2 g/h
[13] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	32 Mg	1 g/h
[14] frantumazione secondaria	SCC 3-05-020-02, 03	Materiale bagnato	3.7x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	79 Mg	29 g/h
[15] vagliatura fine	SCC 3-05-020-21	Materiale bagnato e inscatolamento	0.5x0.0011 kg/Mg	79 Mg	43 g/h
[16] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	79 Mg	2 g/h
[17] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	48 Mg	1 g/h
[18] nastro trasportatore	SCC 3-05-020-06	Materiale bagnato	2.3x10 <sup>-5</sup> kg/Mg	31 Mg	1 g/h
[19] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[20, 21] movimentazione cumuli	§ 1.3, relazione (3 <sup>o</sup> ) periodo diurno	Materiale bagnato (m=4.8%)	2.26x10 <sup>-4</sup> kg/Mg	50 Mg	11 g/h
[22] movimentazione cumuli		Materiale bagnato			0
[23] erosione del vento cumuli	§ 1.4, relazione (5) Tabella 7	Cumulo alto,	7.9x10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup>	movh=3, a=14 m <sup>2</sup>	<1 g/h
totale					468 g/h

**All. 1 - Delibera di Giunta Provinciale n. 213 del 03/11/2009 pubblicata il 06/11/2009.**

*“Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del Dlgs 82/2005 e ri-spettive norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa; il documen-to informatico e’ memorizzato digitalmente ed e’ rintracciabile sul sito internet <http://attionline.provincia.fi.it/>”*