

Impianto agrivoltaico		oggetto
Progettazione impianto agrivoltaico BOARA presso il comune di Ferrara (FE)		
Calcolo emissioni PM10		riferimento
CS22050		commessa
C50VAR51_Calcolo emissioni PM10		
Firma cliente		
 Taddeo srl		Committente
Via Vittori 20 48018 Faenza (Ra)		
		attività di coordinamento di ingegneria
<p>Sede Legale e Operativa: Piazza della Vittoria 8 - Brescia P.Iva e C.F.: 02754830301</p> <p>T. (+39) 030.2381551 @ info@stream21.it</p>		
		attività di progettazione
Paola ing. Filippini		Nome progettista
		
Novembre 2023		data

rev	descrizione	data	redazione	verifica	approvazione
00	Prima emissione	nov-2023	PF	CGP	CV

Indice

1	<i>PREMESSA</i>	3
2	<i>EMISSIONI IN TERMINI DI PM₁₀</i>	4

1 PREMESSA

La presente relazione vuole rispondere alla richiesta di integrazioni formulata dal MASE in data 15/09/2023

5.5 quantificare la stima delle emissioni in termini di PM10 per il transito dei mezzi e per le attività di: scotico superficiale; modellazione della superficie del terreno; realizzazione della viabilità interna; posa dei cavidotti in corrente continua; posa dei cavidotti BT; posa dei cavidotti MT; scavi per alloggiare le fondazioni dei trasformatori e dei locali tecnici.

L'impianto sarà costituito da un generatore fotovoltaico i cui moduli saranno in grado di convertire in energia elettrica la radiazione solare incidente sulla loro superficie. Il sistema sarà completato dal gruppo di conversione dell'energia elettrica da corrente continua in alternata (inverter), e il tutto sarà equipaggiato di tutti i dispositivi e macchinari necessari alla connessione, protezione e sezionamento del sistema e della rete.

L'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare è denominato "Boara" con una potenza di picco di 67.977,00 kWp, sarà del tipo grid-connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, salvo gli autoconsumi di centrale, con connessione alla rete di distribuzione in Alta Tensione tramite Cabina ed elettrodotto di connessione in AT di nuova costruzione.

L'impianto sarà costituito da moduli fotovoltaici posizionati su strutture ad inseguimento monoassiale est-ovest. Le strutture saranno infisse a terra e connesse elettricamente in stringhe serie/parallelo su inverter di stringa in bassa tensione.

Il progetto è redatto al fine dell'ottenimento dell'Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003, che costituisce titolo per la costruzione ed esercizio dell'impianto, e alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale di competenza statale.

Il presente documento quantifica le emissioni di PM10 in fase di cantiere dovute alle fasi operative necessarie alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico e della connessione alla rete elettrica nazionale.

Si sottolinea che, durante la fase di esercizio, l'impatto generato dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico in progetto sarà positivo, quindi dato dal contributo alla diminuzione delle emissioni di gas climalteranti, in particolare CO₂ e PM₁₀ in atmosfera e di macro inquinanti, rispetto alla produzione di energia mediante combustibili fossili tradizionali.

Infatti il risparmio di combustibili fossili conseguente alla produzione di 1 kWh è di 1,87 TEP¹. Utilizzando il fattore di conversione 404,3 gCO₂/kWh², stante la produzione attesa pari a 1.526,25 kWh/kWp anno per un totale di 130.750.000 kWh il primo anno, l'impianto determinerà un risparmio di energia fossile in un anno 19.401 Tep (549.506 TEP in 30 anni)

Di seguito vengono riportati i valori di risparmio in combustibile ed emissioni evitate in atmosfera dell'intero impianto, tenuto conto del decadimento del rendimento specifico dei pannelli utilizzati e indicato dal Produttore

¹ Delibera EEN 3/08[2] del 20-03-2008 (GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107)

² <https://www.isprambiente.gov.it/files2023/pubblicazioni/rapporti/r386-2023.pdf>

potenza di picco (kWp)	67.977,00
Produzione elettrica unitaria (kWh/kWp)	1.526,25
Produzione teorica elettrica - anno zero (kWh)	103.750.000
Produzione elettrica attesa - 30 anni (kWh)	2.938.536.354
Risparmio combustibile fossile	
Fattore conversione energia elettrica in energia primaria (TEP(MWh))	0,187
Risparmio combustibile fossile - 1° anno (TEP)	19.401
Risparmio combustibile fossile - 30 anni (TEP)	549.506

Emissioni evitate in atmosfera				
Emissioni evitate in atmosfera	CO ₂	Sox	Nox	Polveri
Emissioni specifiche (g/kWh)	404,3	0,0455	0,2054	0,0237
Emissioni evitate 1° anno (t)	41.946,13	4,72	21,31	2,46
Emissioni evitate 30 anni (t)	1.188.050,25	133,70	603,58	69,64

2 EMISSIONI IN TERMINI DI PM₁₀

2.1 Emissioni inquinanti dai gas di scarico dei mezzi di cantiere

Al fine di rappresentare uno scenario emissivo realistico, si sono considerati la tipologia di mezzi di cantiere, il numero di tali mezzi e il numero di ore giornaliere di impiego, così come da cronoprogramma. Considerando i fattori di emissione riportati in Tabella 6 in funzione della potenza dei mezzi (kW), contemporaneamente operativi, e considerando la durata del cantiere in fase di realizzazione si ottengono i valori riassunti nelle tabelle successive. Duplicando i valori ottenuti, al fine di valutare le emissioni anche in fase di dismissione, risulta immediatamente evidente come i quantitativi di inquinanti emessi siano enormemente minori rispetto a quelli risparmiati.

Inquinante (g/kWh)	Intervallo di Potenza kW							
	0-20	20-37	37-75	75-130	130-300	300-560	560-1MW	>1MW
CO	8,38	5,50	5,00	5,00	3,50	3,50	3,00	3,00
NOx	14,4	6,40	4,00	3,50	3,50	3,50	14,4	14,4
PM _{2,5}	2,09	0,56	0,38	0,28	0,18	0,19	1,03	1,03
PM	2,22	0,60	0,40	0,30	0,20	0,20	1,10	1,10

Fattori di Emissione EMEP-CORINAIR per NRMM – Stage III (in vigore da luglio 2005).

MEZZI IN FASE DI COSTRUZIONE							
Mezzo da cantiere	KW mezzo	n° mezzi giorno	lavorazione	settimane	ore giornaliere	ore totali	ore totali per mezzo in costruzione
Escavatore per demolizione	125	2	Posa recinzione esterna	4,6	2,4	55,6	1207,0
			Scavi viabilità e fondazioni	7,4	6,4	238,3	
			Fondazioni cabine	8,7	5,6	242,4	
			Realizzazione linee elettriche	19,5	4	390,5	
			Piantumazione siepe su strada	11,7	4,8	280,2	
Apripista	335	1	Accantieramento	1,0	4,8	24,2	687,6
			Scavi viabilità e fondazioni	7,4	6,4	238,3	
			Fondazioni cabine	8,7	2,4	103,9	
			Realizzazione linee elettriche	19,5	2,4	234,3	
			Posa cabine prefabbricate	5,4	3,2	87,0	
Autocarro	323	2	Accantieramento	1,0	5,6	28,2	2860,8
			Posa recinzione esterna	4,6	2,4	55,6	
			Scavi viabilità e fondazioni	7,4	2,4	89,4	
			Infissaggio e posa strutture in acciaio	52,7	2,4	632,9	
			Fondazioni cabine	8,7	1,6	69,2	
			Posa cabine prefabbricate	5,4	4,8	130,4	
			Realizzazione linee elettriche	19,5	3,2	312,4	
			Montaggio pannelli FV	51,5	4,8	1236,7	
			Installazione quadri MT/BT e completamento impianti cabine	7,4	3,2	119,2	
Piantumazione siepe su strada	11,7	3,2	186,8				
Macchine per infissione sostegni moduli	100	2	Montaggio pannelli FV	51,5	5,6	1442,9	1442,9

ore totali per ogni mezzo da cantiere in fase di costruzione.

EMISSIONI GENERATE IN FASE DI CANTIERE (COSTRUZIONE) [t]					
Inquinante	escavatore e escavatore per demolizione	apripista	autocarro	Macchine per infissione sostegni moduli	Emissioni totali generate in fase di cantiere (costruzione) [t]
CO	1,509	0,806	6,468	1,443	10,226
Nox	1,056	0,806	6,468	1,010	9,341
PM2,5	0,084	0,044	0,351	0,081	0,560
PM	0,091	0,046	0,370	0,087	0,593

emissioni generate in fase di cantiere in costruzione per ciascun inquinante

2.2 Diffusione di polveri in atmosfera

Nella fase di realizzazione e dismissione dell'opera, l'utilizzo di mezzi di cantiere, nonché lo stazionamento dei materiali di cantiere, provocheranno la diffusione di polveri in atmosfera legate al transito di mezzi per raggiungere ed allontanarsi dal cantiere ed al funzionamento in loco degli stessi. Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarimento di polveri dalle pavimentazioni stradali e dalle superfici sterrate dovuto al transito dei mezzi pesanti ed all'opera del vento.

Le dispersioni in atmosfera provocate da tali lavori rimangono comunque legate al periodo di realizzazione e

di dismissione dell'opera. In particolare la fase di cantierizzazione per la realizzazione dell'impianto determinerà condizioni di disturbo per la durata dei lavori relativi alle sole opere civili ed ai movimenti di terra riguardanti le operazioni di scotico superficiale e di scavi a sezione obbligatoria.

E' da notare come il contributo principale all'emissione di PM10 sia legato al transito dei mezzi pesanti su strada non asfaltata piuttosto che a quella dovuta al funzionamento dei motori diesel dei mezzi di cantiere. A questo riguardo, la viabilità sfrutterà principalmente strade esistenti asfaltate. Gli unici tratti non asfaltati sono costituiti da:

- in fase di cantiere (realizzazione e dismissione): la viabilità di cantiere. Il passaggio dei mezzi in tali strade causerà la ricaduta degli inquinanti che, a causa della particolare dinamica di dispersione dalle sorgenti lineari, non si spinge troppo lontano dall'asse stradale, rimanendo confinata approssimativamente all'interno di un buffer di massimo 800 m;
- in fase di esercizio: la viabilità interna che sarà realizzata all'interno dell'impianto per garantire la manutenzione dell'impianto.

Le "Linee guida" elaborate da ARPAT (ARPAT - Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana, 2009) propongono metodi di stima delle emissioni di polveri principalmente basati su dati e modelli dell'Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA: AP-42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factors").

Per le emissioni di polveri, in particolare considereremo il PM10, si sono considerate le seguenti attività:

- Scotico e sbancamento del materiale superficiale (AP-42 13.2.3);
- Erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5);
- Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2).

In generale, per il calcolo delle emissioni di polveri (in particolare PM10), l'equazione generale è del tipo:

$$E = Q * FE * (1 - ER/100)$$

Dove:

E = emissioni di polveri;

Q = quantità di materiale movimentato all'ora;

FE = fattore di emissione;

ER = % di riduzione degli impatti con le opportune misure di mitigazione.

Fase A - 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 (Polveri totali) 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.

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 ³ 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

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

In riferimento al contenuto di limo, poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche le Linee Guida suggeriscono di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%. Nel caso in esame abbiamo posto un contenuto di limo(s) del 18%, una altezza di caduta (H) di 1,8 m ed un contenuto di umidità (M) di 0,6. Si sono ottenuti i seguenti valori:

FASE	Fattore di emissione [Kg ogni Mg]	Durata in giorni	Volume da movimentare		Quantità di materiale movimentato all'ora [Kg/h]	Emissioni del PM10 [g/h]	Emissione globale PM10 [g/h]
			[mc]	[Kg]			
Scotico e sbancamento del materiale superficiale							
Perforazione dei terreni	0,00363	150	252	377.425	314,52	1,14	300,51
Escavatore: scotico e sbancamento del materiale superficiale	0,00363	90	16.981	25.471.673	35.377,32	128,42	
Carico camion	0,0075	30	1.482	2.222.280	9.259,50	69,45	
Scarico camion	0,0005	30	1.482	2.222.280	9.259,50	4,63	
Riposizionamento materiale superficiale	0,003	90	15.500	23.249.394	32.290,82	96,87	

FASE B - Erosione del vento dai cumuli:

Il terreno sarà temporaneamente stoccato sotto forma di cumulo continuo lungo un lato del terreno di proprietà. I cumuli di scotico, tipicamente, non saranno alti più di 2 metri, per prevenirne l'erosione, e metterli al sicuro da eventuali danneggiamenti o compattamenti indesiderati.

Lo stoccaggio avverrà su un lato della pista di lavoro, in modo tale da evitarne la miscelazione con il materiale di scavo degli sbancamenti o che sia smosso dai veicoli. Nel caso in cui lo scotico dovesse essere stoccato per molto tempo, si provvederà ad aerarlo e rimescolarlo allo scopo di evitarne il compattamento.

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione.

Il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

$$E_i \text{ (kg/h)} = EF_i * a * movh$$

Dove:

- i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2,5})
 α superficie dell'area movimentata in m²
 mov/h 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. Nel caso specifico abbiamo considerato in via cautelativa i cumuli alti.

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2,5}	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5 E-04
PM _{2,5}	3.8 E-05

Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato.

Poiché il cumulo viene movimentato integralmente ed è quindi coinvolta tutta la sua superficie, si considera l'erosione del vento agente sull'intera superficie laterale del cumulo. Considerando un tronco di cono con altezza $h=4$ m, raggio della base superiore $r=3$ m ($D=6$ m) e raggio della base inferiore $R=5$ m ($h/D = 0.666$) e un numero di movimentazioni pari a 3.75 ogni ora, si ottengono i seguenti valori:

FASE	Fattore di emissione [Kg ogni mq]	Durata in giorni	Volume da movimentare		Quantità di materiale movimentato all'ora [t/h]	numero movimentazioni ora	Emissioni di polveri UN CUMULO [g/h]	Emissioni di polveri TUTTI I CUMULI [g/h]
			[mc]	[Mg]				
Erosione del vento dai cumuli	0,00000790	30,0	4205	6308	26,28	3,75	3,33	68,22

FASE C - 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 μ m.

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

Dove:

- i particolato (PTS, PM₁₀, PM_{2,5})
 s contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%)
 W peso medio del veicolo (Mg)
 k_i, a_i, b_i coefficienti che variano al variare del tipo di particolato

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM _{2.5}	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. Le linee guida precisano 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, 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:

$$E_i \text{ (kg/h)} = EF_i * kmh \text{ (7)}$$

Nello specifico il materiale superficiale è allontanato lungo una pista non pavimentata di una lunghezza media di 500 m.

FASE	Fattore di emissione [Kg ogni Km]	Durata in giorni	Percorso medio del mezzo [km]	Percorso mezzo riferito all'unità di tempo [kmh]	Emissioni di polveri [g/h]
Transito di mezzi su strade non asfaltate	1,35694673	360	1	0,125000	169,62

Stima delle emissioni totali di PM10:

Come si evince dal cronoprogramma le fasi di cantiere che genereranno emissioni saranno spesso sovrapposte, pertanto sarà valutata, in via cautelativa, la somma delle emissioni dovute alle singole fasi, che sono riportati di seguito:

TABELLA RIASSUNTIVA EMISSIONI PM10		
FASE	Emissioni di PM10 [g/h]	Emissioni di PM10 totale [g/h]
Scotico e sbancamento del materiale superficiale	300,5	538,3
Erosione del vento dai	68,2	
Transito di mezzi su strade non asfaltate	169,6	