

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

**COMUNE DI SANT'AGATA DI PUGLIA (BT)
Provincia di Foggia**

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
ALIMENTATO DA OLI VEGETALI DA 500 kWe NETTI**

**Studio Modellistico sulla Ricaduta al Suolo degli
Inquinanti**

Pagina 1 di 35

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica ha lo scopo di stimare le massime concentrazioni al suolo derivanti dalle emissioni degli inquinanti prodotte dall'impianto di produzione di energia elettrica da realizzarsi nel Comune di Sant'Agata di Puglia (FG) alimentato a biomasse liquide costituite da oli vegetali per una potenza elettrica pari a 500 kWe ed una potenza termica di 1.300 kWt circa.

Il modello di calcolo utilizzato per valutare la diffusione in atmosfera degli inquinanti è il modello gaussiano multisorgente a plume DIMULA dell'ENEA che permette di svolgere calcoli di diffusione di inquinanti non reattivi emessi da sorgenti multiple, puntuali e areali.

L'equazione gaussiana che esprime la concentrazione per sorgenti puntiformi elevate con emissioni continue assume la seguente forma :

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma(x)_y \sigma(x)_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma(x)_y^2}\right] \cdot V \cdot D$$

dove :

Q : emissione di inquinante espresso come massa per unità di tempo

V : termine verticale

D : termine di decadimento

σ : coefficienti di dispersione laterale e verticale (m)

u : velocità del vento alla quota del rilascio (m/s)

x : distanza sottovento tra la sorgente e il recettore rispetto alla direzione del vento

y : distanza perpendicolare alla direzione del vento tra l'asse del pennacchio e il recettore

z : quota del recettore rispetto al suolo

Tale equazione viene ricavata in base alle seguenti ipotesi:

- processo stazionario
- condizioni meteorologiche costanti
- trasporto turbolento lungo l'asse x trascurabile rispetto al trasporto per avvezione
- coefficienti di dispersione costanti in y e z
- emissione costante
- suolo riflettente

L'equazione Gaussiana non è applicabile in condizioni di calma di vento; per questo motivo si assume generalmente un valore minimo di 1 m/s per la velocità del vento.

La forma generale del termine verticale V è la seguente :

$$V = \exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + V_{inv}$$

dove il secondo termine rappresenta l'effetto della riflessione del terreno e il termine V_{inv} rappresenta l'effetto delle riflessioni del plume causate dalla presenza di un' inversione in quota.

Il termine h assume inizialmente la seguente forma:

$$h = H_{cam} + \Delta H$$

dove H_{cam} rappresenta l'altezza fisica del camino (eventualmente corretta per la presenza dell'effetto scia o della formula utilizzata per descrivere il downwash degli edifici) e ΔH rappresenta il sovralzato dei fumi.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 PARTE QUINTA DEL D.LGS. N. 152/2006

I principali riferimenti normativi in tema di Aria sono:

Emissioni industriali:

D.Lgs 3 aprile 2006. n. 152 – “Norme in materia ambientale. Parte quinta - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera”

D.Lgs 11 maggio 2005 n. 133 – “Attuazione della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti”

Qualità dell'aria:

[Decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155](#), Attuazione della direttiva 2008/50/Ce relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (Allegati e appendici inclusi)

[Direttiva 2008/50/Ce](#) relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

2.2 CONVOGLIAMENTO DELLE EMISSIONI

In sede di rilascio dell'autorizzazione, l'autorità competente verifica se le emissioni diffuse di un impianto o di un macchinario fisso dotato di autonomia funzionale sono tecnicamente convogliabili sulla base delle migliori tecniche disponibili e sulla base delle pertinenti prescrizioni dell'allegato I alla parte quinta del presente decreto e, in tal caso, ne

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

dispone la captazione ed il convogliamento (art. 270, comma 1 del d.lgs 152/2006).

Di seguito, sono riportate le principali definizioni sulle emissioni:

- per "emissione convogliata" si intende l'emissione di un effluente gassoso effettuata attraverso uno o più appositi punti,
- per "emissione diffusa" si intende l'emissione diversa da quella ricadente nella definizione di cui sopra,
- per "emissione tecnicamente convogliabile" si intende l'emissione diffusa che deve essere convogliata sulla base delle migliori tecniche disponibili o in presenza di situazioni o di zone che richiedono una particolare tutela (art. 268, comma 1 del d.lgs 152/2006),

In caso di emissioni convogliate o di cui è stato disposto il convogliamento, ciascun impianto o macchinario fisso dotato di autonomia funzionale deve avere un solo punto di emissione, ove ciò non sia tecnicamente possibile l'autorità competente può autorizzare:

- un nuovo impianto o macchinario fisso dotato di autonomia funzionale avente più punti di emissione, in tal caso, i valori limite di emissione espressi come flusso di massa, fattore di emissione e percentuale sono riferiti al complesso delle emissioni dell'impianto o del macchinario fisso dotato di autonomia funzionale e quelli espressi come concentrazione sono riferiti alle emissioni dei singoli punti (art. 270, commi 5 e 6 del d.lgs 152/2006);

il convogliamento delle emissioni di più nuovi impianti o macchinari fissi dotati di autonomia funzionale in uno o più punti di emissione comuni, anche appartenenti ad impianti anteriori al 2006 ed al 1988, purché le emissioni di tutti gli impianti o di tutti i macchinari fissi dotati di autonomia funzionale presentino caratteristiche chimico-fisiche omogenee.

In tal caso, a ciascun punto di emissione comune si applica il più severo dei valori limite di emissione espressi come concentrazione previsti per i singoli impianti o macchinari fissi dotati di autonomia funzionale (art. 270, commi 5 e 7 del d.lgs 152/2006).

2.3 VALORI LIMITE DI EMISSIONE IN ATMOSFERA

Alla Parte quinta del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 sono riportate le "Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera".

Viene di seguito riportata parte del contenuto dell'Allegato I alla parte quinta che stabilisce i valori limite di emissione, e le prescrizioni per l'esercizio degli impianti di che trattasi.

Parte III

Valori di emissione per specifiche tipologie di impianti (3) motori fissi a combustione interna.

I valori di emissione riportati nella tabella seguente si riferiscono ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 5%.

<i>polveri</i>	<i>130 mg/Nm3</i>
<i>ossidi di azoto</i>	<i>200 mg/Nm3 per i motori ad accensione spontanea di potenza uguale o superiore a 3 MW</i>
<i>monossido di carbonio</i>	<i>650 mg/Nm3</i>

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

2.4 VALORI LIMITE NAZIONALI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

La legislazione nazionale relativa all'inquinamento atmosferico con la pubblicazione del D.Lgs. 155 del 13 agosto 2010, applicazione della Direttiva 2008/50/CE "Relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", si allinea definitivamente alla legislazione europea.

Con questo testo vengono recepite le previsioni della Direttiva e abrogati tutti i precedenti atti normativi a partire dal DPCM 28 marzo 1983 fino al recente D.Lgs. 152/2007, raccogliendo in una unica norma le Strategie Generali, i Parametri da monitorare, le Modalità di Rilevazione, i Livelli di Valutazione, i Limiti, Livelli Critici e Valori Obiettivo di alcuni parametri, i Criteri di Qualità dei dati.

SO ₂		CO		C ₆ H ₆	
Limite Orario	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte/ anno	Valore Limite	10 mg/m ³ come media mobile massima su 8 ore	Valore Limite	5 µg/m ³ media annua
Limite giornaliero	125 µg/m ³ da non superare per più di 3 giorni anno				
NO ₂		O ₃		PM ₁₀	
Limite giornaliero	200 µg/m ³ media oraria da non superare per più di 18 volte anno	Soglia di Info	180 µg/m ³ media oraria	Limite giornaliero	50 µg/m ³ da non superarsi per più di 35 giorni anno
Limite Annuale	40 µg/m ³ media annua	Soglia di Allarme	240 µg/m ³ media oraria	Limite annuale	40 µg / m ³ media annua
		Valore bersaglio salute umana	120 µg/m ³ come media mobile massima su 8 ore da non superarsi per più di 25 volte/anno		

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il comune di Sant'Agata di Puglia intende realizzare ed esercire un impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide costituite da oli vegetali per una potenza elettrica pari a 500 kWe ed una potenza termica pari a 1.300 kWt in assetto cogenerativo. L'area dello stesso comune è riportata in catasto al foglio mappale n. 24 part..la n. 871 ha una superficie di mq. 625,00 ed è orograficamente impostata a quota 618 s.l.m.m..

L'impianto è di tipo termoelettrico ed è costituito da n. 1 motore a combustione interna a ciclo "Diesel" avente potenza elettrica netta pari a 500kWe.

Lo studio modellistico di ricaduta al suolo degli inquinanti che segue viene effettuato assumendo pertanto la configurazione dell'impianto come innanzi descritto.

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA

(Provincia di Foggia)

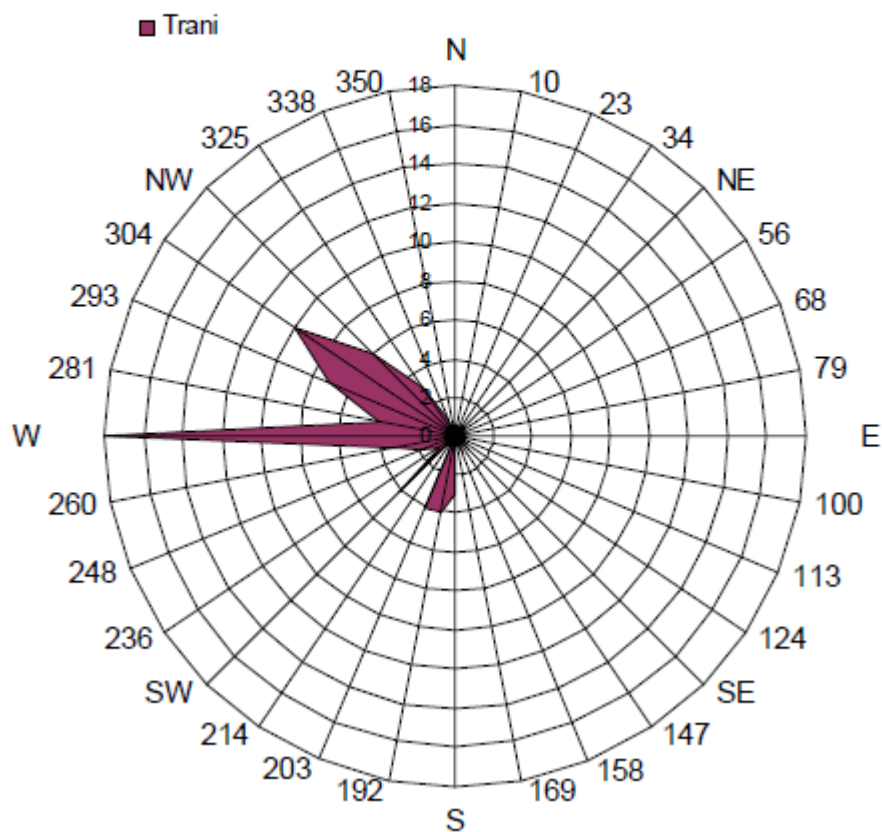
Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI

Direzione prevalente [°] (occorrenza mensile)



3 QUALITA' DELL'ARIA MISURATA DA ARPA PUGLIA

La qualità dell'aria delle zone circostanti l'area d'intervento viene rilevata e misurata dalle reti di monitoraggio gestite da ARPA Puglia.

In particolare i dati si riferiscono ai livelli di qualità dell'aria nel mese di dicembre 2011 riportati nel "Report di dicembre 2011" registrati nella provincia BAT per gli inquinanti SO₂, NO₂, CO, ozono, benzene e PM₁₀.

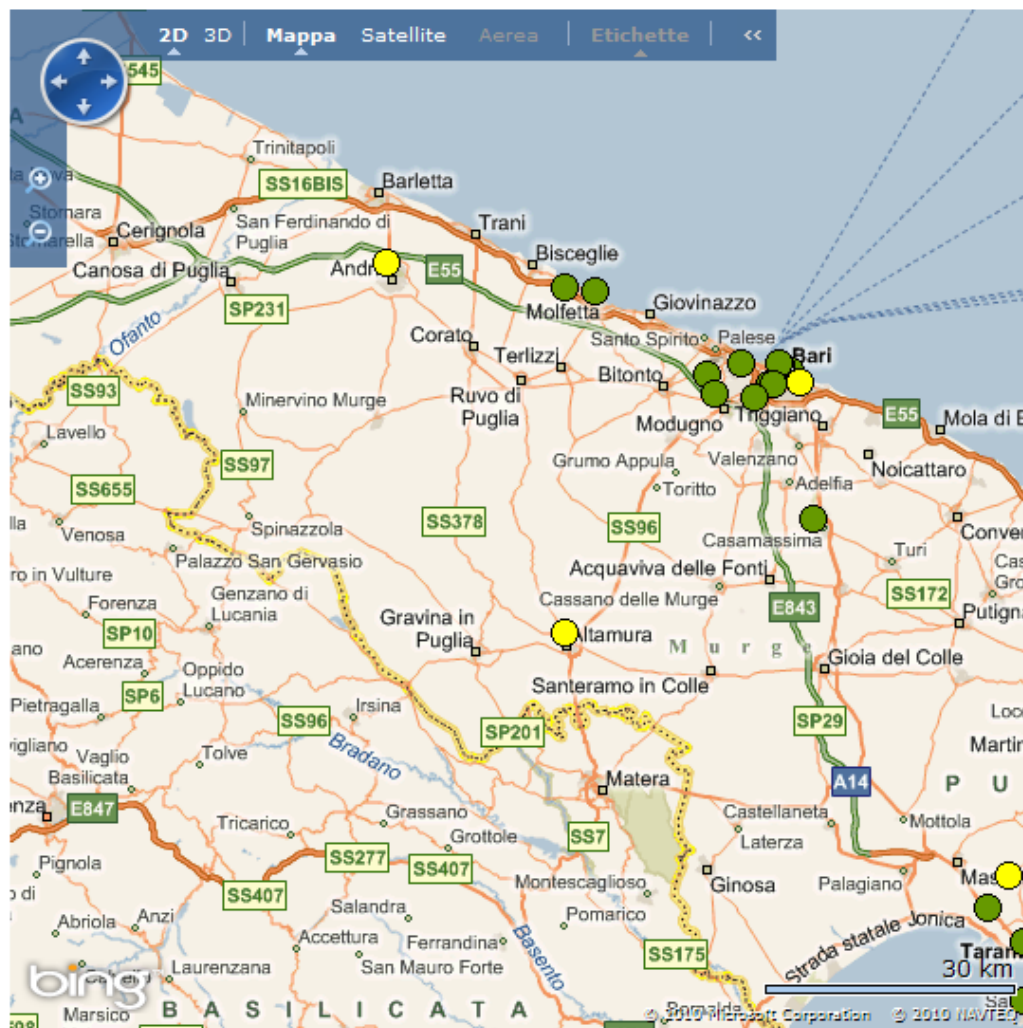
I report indicano che per gli inquinanti SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ e benzene le attività di validazione, elaborazione dei dati e valutazione dei risultati sono eseguite secondo quanto prevede il D.M. 155/2010. Per l'ozono, la normativa di riferimento è il D. Lgs. 183/04.

Le centraline di monitoraggio dislocate sul territorio della provincia BAT sono elencate nelle figure seguenti:

La stazione di rilevamento più prossima all'impianto è quella ubicata ad Andria.

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI



Ubicazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria

Naturalmente lo studio dei dati pubblicati da Arpa, poiché trattasi di misure puntuali, non può essere preso a riferimento per indicare il carattere generale della qualità dell'aria. Infatti ogni punto di misura costituisce una singolarità.

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

MONITORAGGIO SULLA QUALITA' DELL'ARIA IN PROVINCIA DI FOGGIA

1 – PM10

LIMITI VIGENTI	CONCENTRAZIONE LIMITE	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
VALORE LIMITE GIORNALIERO	50 µg/m³ , da non superare per più di 35 volte nell'anno	D.Lgs. 155/10
VALORE LIMITE ANNUALE	40 µg/m³	

2 – NO₂

LIMITI VIGENTI	CONCENTRAZIONE LIMITE	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
VALORE LIMITE ORARIO PER L'ANNO 2011	200 µg/m³ , da non superare per più di 18 volte nell'anno	D.Lgs. 155/10
VALORE LIMITE ANNUALE PER L'ANNO 2011	40 µg/m³	
SOGLIA DI ALLARME	400 µg/m³ da misurarsi su 3 ore consecutive	

Dall'analisi dei dati riportati nel Report di Dicembre 2011 si rileva che i livelli di CO, misurati nel mese di dicembre nelle stazioni di monitoraggio della provincia di Foggia sono stati sempre sotto il limite di legge. Pertanto non vengono riportati.

**4 STUDIO DELLA DIFFUSIONE MEDIANTE MODELLO DI
SIMULAZIONE**

4.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per lo studio della diffusione degli inquinanti atmosferici è stato utilizzato il programma Main Model Suite - WINDimula 3.0 - realizzato

Pagina 12 di 35

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

dalla Maind S.r.l. (Milano). WINDimula rappresenta l'evoluzione sotto Windows del noto modello gaussiano DIMULA sviluppato da ENEA. Tale modello di calcolo utilizza i seguenti dati di input.

1. Tipologie di sorgenti emissive:

- sorgenti puntiformi
- sorgenti areali

2. Meteorologia:

- supporto di condizioni di vento con e senza inversione in quota
- supporto di condizioni di calma con e senza inversione tramite il modello di Cirillo Poli
- utilizzo di Joint Frequency Function per gestire i calcoli climatologici
- calcolo della velocità del vento in quota mediante legge esponenziale

3. Coefficienti di dispersione laterale e verticale

- formule di Briggs urbane
- formule di Briggs rurali
- formule basate sulla rugosità superficiale
- formule di Cirillo Poli basate sulla deviazione standard del vento per le condizioni di calma di vento
- formula di Cirillo e Cagnetti per il calcolo della Sigma laterale per sorgenti areali

4. Effetti di DownWash di edifici

- correzione dell'altezza efficace
- modello di Huber Snyder per la variazione delle sigma

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

5. Calcolo dell'altezza efficace

- valutazione dell'effetto scia del camino
- formule di Briggs
- formula per la valutazione della BID (Buoyancy Induced Turbulence)
- formule di Briggs per il calcolo del Gradual Plume Rise

6. Calcolo della deposizione secca e umida

- calcolo inserito nel modulo short term per sorgenti puntiformi e areali
(NOTA: il modello di Cirillo Poli supporta solo la deposizione secca)

7. Formulazioni aggiuntive

- supporto dell'orografia
- calcolo a quote superiori al suolo
- valutazione effetti di deposizione umida
- presenza di un termine di "decadimento" esponenziale

- valutazione della penetrazione dei fumi in inversioni in quota

4.2 IL MODULO SHORT TERM

La versione Short Term del modello permette di calcolare la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo dell'inquinante considerato sul breve periodo. L'input meteorologico è rappresentato in questo caso da un valore istantaneo di direzione e intensità del vento.

Le ipotesi alla base di questo modulo sono la stazionarietà nel tempo delle condizioni meteorologiche e la continuità delle emissioni in esame. È possibile considerare i risultati come concentrazioni orarie.

Il modulo Short Term può essere eseguito utilizzando una sola situazione meteorologica o una serie di dati orari: in questo caso il salvataggio delle elaborazioni per ogni situazione meteo consente l'utilizzo del modulo di post-elaborazione per valutare il rispetto dei limiti di legge e i valori percentuali.

Il modulo Short Term oltre a calcolare in ogni punto la concentrazione totale media oraria prodotta dalle sorgenti in esame valuta anche la concentrazione totale massima prodotta in ogni punto di calcolo.

E' inoltre possibile calcolare anche la deposizione secca e umida: il modello valuta la deposizione oraria media e la deposizione oraria cumulata. La deposizione è espressa in massa/(m²h).

4.3 IL CALCOLO DELLA DEPOSIZIONE

Il calcolo della deposizione si basa sul modello implementato in ISC e CALPUFF

4.3.1 Deposizione secca

Il flusso di deposizione F_d è calcolato mediante il prodotto della concentrazione C per la velocità di deposizione V_d .

Il calcolo della velocità di deposizione segue il modello di Slinn e Plein ed è ottenuta sommando la velocità di sedimentazione gravitazionale V_g all'inverso della somma delle resistenze all'attraversamento dei vari strati:

Particolato:

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

$$V_d = \frac{1}{r_a + r_d + r_a r_d V_g} + V_g$$

Inquinanti gassosi:

$$V_d = \frac{1}{r_a + r_d + r_c}$$

dove :

ra resistenza aerodinamica

rd resistenza dello strato di deposizione

rc resistenza dello strato di vegetazione

Vg velocità di sedimentazione gravitazionale

4.3.2 Deposizione umida

Il meccanismo di dilavamento del pennacchio è supposto di tipo "scavenging ratio", con relativo impoverimento del termine sorgente.

Il flusso di deposizione F (massa per unità di tempo e di area) viene valutato come:

$$F(x,y) = - \int_0^{\infty} \Delta - C(x,y,z) dz$$

dove la concentrazione può essere valutata tenendo conto dell'impoverimento del termine di sorgente Q (disponibile nelle opzioni

avanzate) oppure assumendo conservativamente che non si abbia impoverimento del pennacchio.

Il coefficiente di dilavamento dipende in modo lineare dalla intensità di precipitazione R secondo:

$$\Delta = \lambda - R$$

4.4 DATI DI INPUT

La simulazione effettuata per valutare lo stato della qualità dell'aria post-operam è stata effettuata per la seguente condizione:

1. Camini avente valori di emissione delle sostanze inquinanti pari ai limiti massimi stabiliti dal D.Lgs. n.152/2006 e s.m.e i..

4.4.1 Sorgenti emissive

Nella Tabella 4 sono riportate le caratteristiche di progetto del punto di emissione dell'Impianto. In particolare è presente il canino espulsione fumi del motogeneratore. La simulazione è stato effettuata considerando che l'impianto funzioni in continuo 24/24 h e che il punto di emissione sia funzionante.

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

Tabella 4

Sorgente	Portata	Temperatura Fumi in uscita i	Tipo di sostanza	Concentrazione media oraria	Flusso di massa	Altezza punto emissione	Diametro camino
Camino	Nmc/min			Mg/Nm ³	Mg/s	(m)	(m)
	76	465 K	Nox	≤200	700	6	0,40
			CO	≤200	700		
			PM10	≤40	140		

4.4.2 La definizione del reticolo

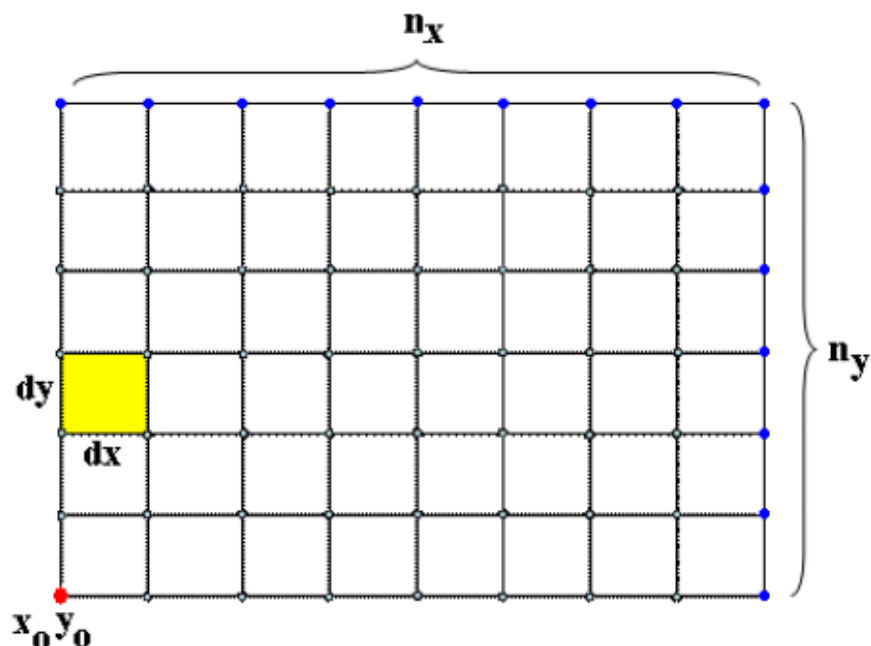
Per effettuare una simulazione è necessario definire un reticolo di calcolo. Le distanze nel reticolo di calcolo sono espresse in metri. Il reticolo di calcolo viene specificato assegnando:

- le coordinate x0,y0 dell'estremo SUD-OVEST
- il numero di maglie nx,ny
- la dimensione della singola maglia dx,dy.

L'area interessata dallo studio è un reticolo di dimensioni m (2500 x 2500) La maglia è stata impostata con passo di 50 m e con 50 x 50 nodi.

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI



4.4.3 Dati meteorologici

4.4.3.1 Le classi di stabilità atmosferica

Lo Strato Limite Planetario o Planetary Boundary Layer (PBL) è quella porzione di Troposfera a diretto contatto con la superficie terrestre prevalentemente interessata dall'Inquinamento Atmosferico. Essa può anche essere definita come quella porzione di Troposfera direttamente influenzata dalla superficie terrestre, che risponde all'immissione di energia da essa proveniente con scale temporali dell'ordine dell'ora.

Le possibili configurazioni del PBL, siano esse convettive che stabili, sono state raggruppate in 6 classi tipiche, definite Categorie di Stabilità Atmosferica.

Questa classificazione non deriva da considerazioni di natura micrometeorologica, ma solo dall'osservazione della forma dei pennacchi di fumo emessi da ciminiere elevate. In effetti negli anni '60

Pagina 19 di 35

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

e '70 sono state realizzate numerose campagne sperimentali negli USA volte a classificare le varie forme dei pennacchi emessi da ciminiere elevate (prevalentemente da centrali termoelettriche) e dall'analisi della forma di questi pennacchi di fumo si è tentata una correlazione con le principali variabili meteorologiche (ma non micrometeorologiche) disponibili.

Tradizionalmente, le 6 Categorie di Stabilità Atmosferica sono le seguenti:

sono previste tre Categorie, denominate A, B, C, che rappresentano le situazioni convettive.

La Categoria A rappresenta situazioni molto convettive, con velocità del vento bassa e forte insolazione.

La Categoria B è una situazione che si presenta quando o la radiazione solare è relativamente poco elevata o la velocità del vento (e quindi la turbolenza di origine meccanica) è elevata.

La Categoria C ha luogo con velocità del vento elevata e radiazione solare ridotta.

Una situazione che rappresenta tutte quelle situazioni (stabili o convettive) prossime all'adiabaticità è denominata Categoria D e rappresenta situazioni diurne o notturne con cielo coperto e vento teso.

Inoltre, sono state previste due situazioni stabili (relative esclusivamente a situazioni notturne) indicate come Categoria E e Categoria F, la prima relativa a situazioni con vento abbastanza elevato e cielo poco nuvoloso, mentre l'ultima relativa a situazioni con cielo sereno e velocità del vento bassa.

Il metodo di stima delle Categorie di Stabilità Atmosferica è quello basato sulla velocità del vento e sulla Radiazione Solare Globale (per le ore diurne) e sulla Radiazione Netta (per le ore notturne).

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA**(Provincia di Foggia)***Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe***STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI***ing. Egidio Tamburrino***IMPIANTI**

Vento (m/s)	Radiazione Solare Globale (W/m ²)					
	>700	700÷540	540÷400	400÷270	270÷140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2 ÷ 3	A	B	B	B	C	D
3 ÷ 4	B	B	B	C	C	D
4 ÷ 5	B	B	C	C	D	D
5 ÷ 6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

Tabella 5 Determinazione della Categoria di Stabilità Atmosferica nelle ore diurne.

Vento (m/s)	Radiazione Netta (W/m ²)		
	> -20	-20 ÷ -40	< -40
< 2	D	F	F
2 ÷ 3	D	E	F
3 ÷ 5	D	D	E
5 ÷ 6	D	D	D
> 6	D	D	D

Tabella 6 Determinazione della Categoria di Stabilità Atmosferica nelle ore notturne.

Il programma di calcolo WINDimula 3.0 considera la classificazione di Pasquill-Gifford per la determinazione delle classi di stabilità atmosferica; tale classificazione definisce 6 + 1 classi di stabilità (le 6 classi precedentemente citate più la classe delle nebbie).

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA

(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI

Tabella 7 Classificazione di Pasquill-Gifford per la det. delle classi di stabilità atmosferica

Classe di stabilità		
I condizione	A	Instabilità forte
II condizione	B	Instabilità moderata
III condizione	C	Instabilità debole
IV condizione	D	Neutralità
V condizione	E	Stabilità debole
VI condizione	F	Stabilità moderata/forte

Tabella 8 Categorie di Stabilità Atmosferica di Pasquill-Gifford (ore diurne)

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA

(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI

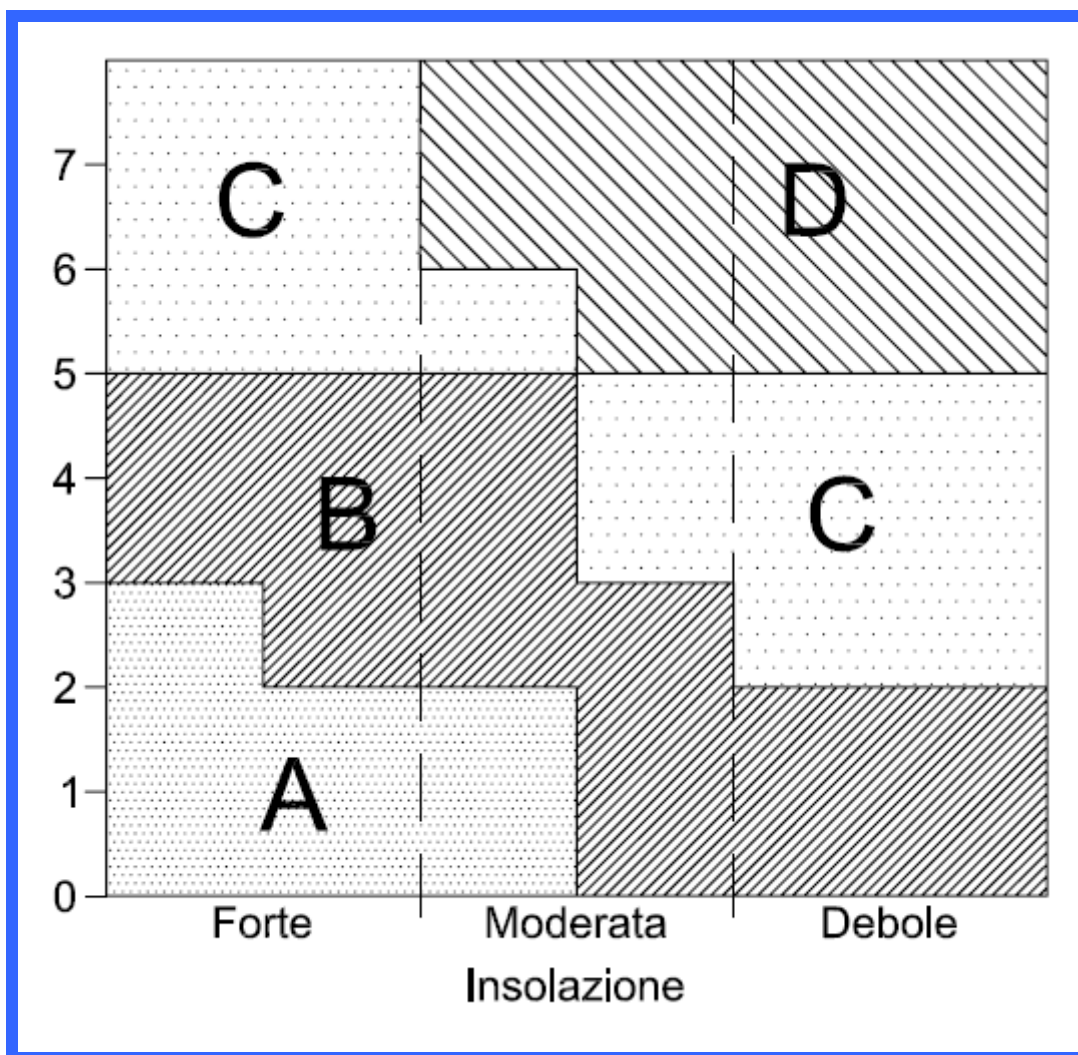
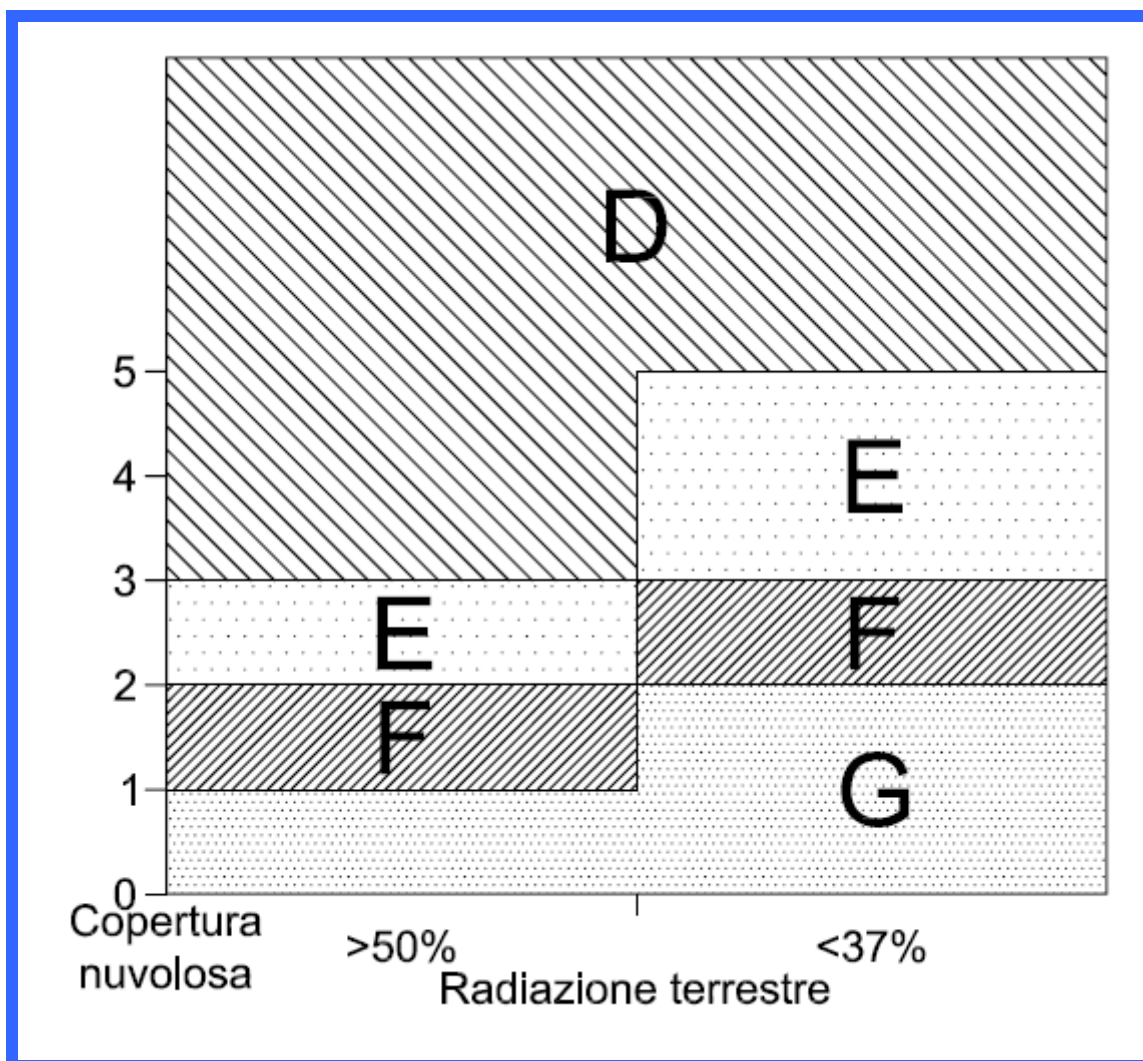


Tabella 9 Categorie di Stabilità Atmosferica di Pasquill-Gifford (ore notturne)

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI



4.4.3.2 Il set di dati meteo utilizzato

Il programma WINDimula 3.0 permette di effettuare la ricerca del massimo di ricaduta attraverso la definizione di un set completo di dati meteo Short Term, consistente nei seguenti dati:

- classe di stabilità
- velocità del vento
- direzione di provenienza del vento

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

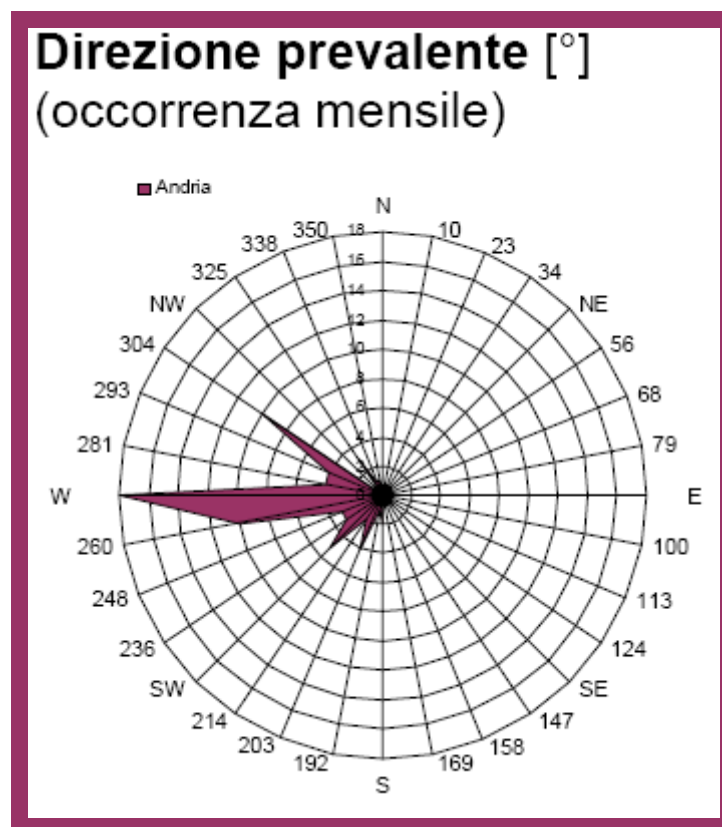
Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

- temperatura dell'aria.

in assenza di dati misurati, si è proceduto ad inizializzare il modello con una serie di dati tipici per effettuare la ricerca del massimo di ricaduta.

Si è scelto di creare un set di dati meteo che provengono da un'unica direzione, che è quella che si evince dalla rosa dei venti in figura.

Per determinare l'intensità del vento e la classe di stabilità si è utilizzato il set di dati meteo del modello screening dell'EPA.



**Rosa dei venti - distribuzione delle
frequenze della direzione di provenienza dei venti**

4.5 DATI DI OUTPUT

Il calcolo "short term" rappresenta una sorta di fotografia istantanea della diffusione degli inquinanti in base a dati meteorologici puntuali.

E' possibile valutare in ogni recettore del grigliato di calcolo il valore massimo orario di concentrazione.

In questo caso, se l'inquinante considerato è NO_x è possibile valutare direttamente il limite di legge orario e medio annuo in ogni recettore del reticolo.

4.6 VERIFICA LIMITI DI LEGGE - SIMULAZIONE CON MODELLO SHORT TERM

Al fine di verificare il rispetto dei limiti di legge relativamente al D.Lgs.13 agosto n. 155 che recepisce la Direttiva 2008/50/CE si è utilizzata la simulazione short term che fornisce i valori delle concentrazioni medie orarie.

4.6.1 Ossido di Azoto (NO₂)

Sono stati verificati i seguenti limiti di legge relativamente al parametro NO₂ previsti dal D.L. gs.13 agosto n. 155:

(limite)	(valore limite)
Media oraria	200 µg/m ³
Valore massimo	19 µg/m ³

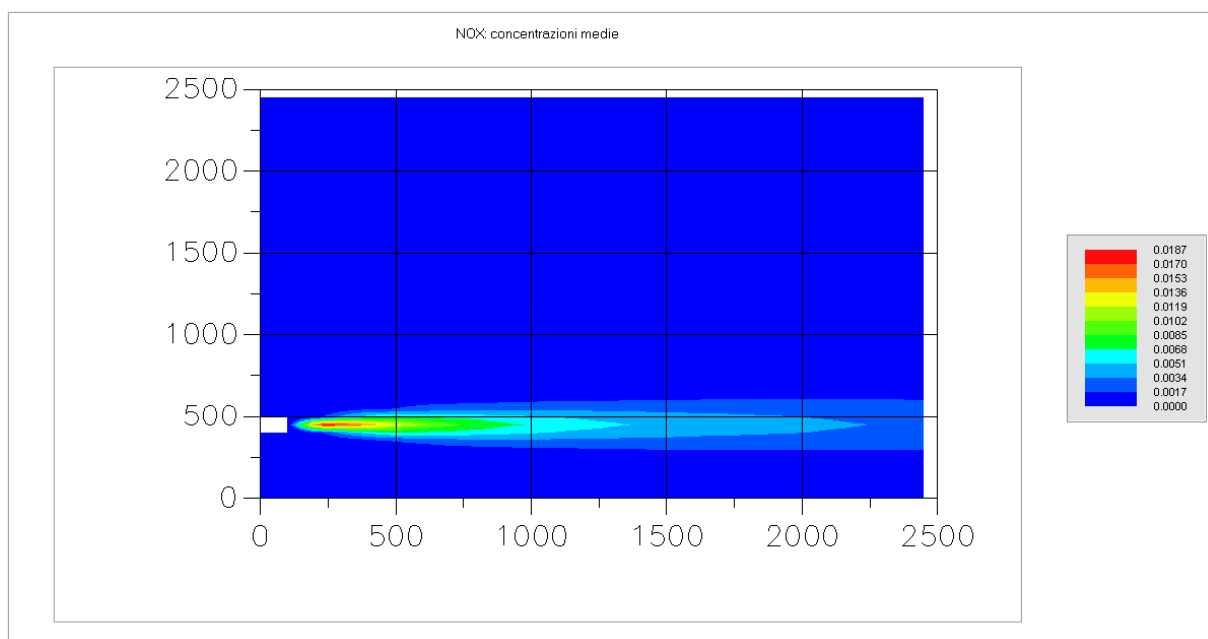
COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

Valore orario medio $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

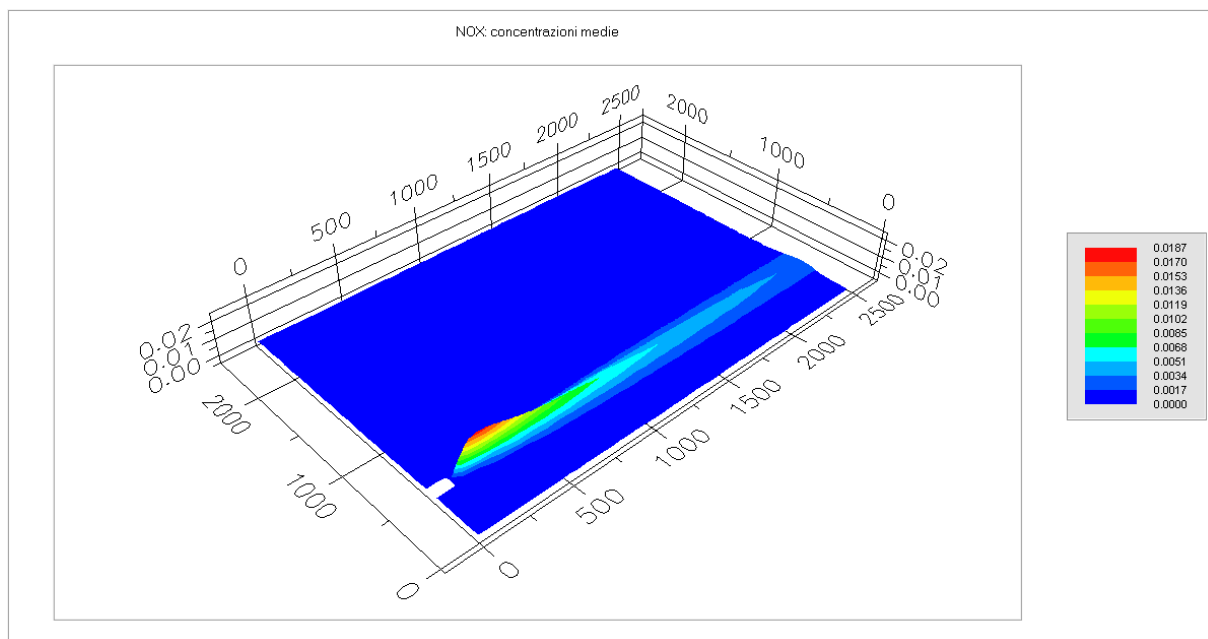
Dalla simulazione è emerso che le emissioni dell'impianto non provocano superamenti dei limiti di legge relativamente al parametro NO_2 .

Nel seguito è riportata l'analisi grafica della simulazione relativa alla ricaduta al suolo degli inquinanti monitorati, dove in ascisse è riportata la distanza in metri dalla sorgente ed in ordinate la concentrazione in mg/m^3



**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI



**Isolinee in 2D e 3D della concentrazione al suolo dell'inquinante
Nox**

Il valore massimo riscontrato è pari a $0,019 \text{ mg/m}^3$ e si riscontra a circa 200 m dal camino.

4.6.2 Monossido di Carbonio (CO)

Inquinante in esame: CO

Unità di misura: milligrammi/ m^3

Sono stati verificati i seguenti limiti:

(limite)	(valore limite)
Media oraria	(8 ore) 10

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

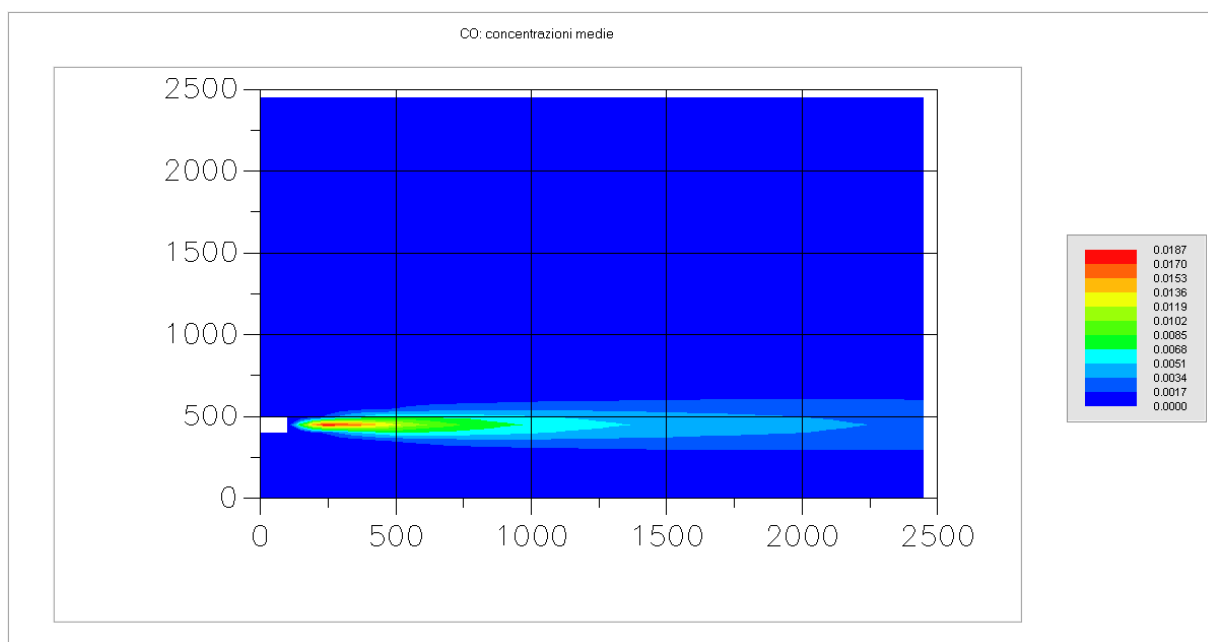
IMPIANTI

Valore massimo 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Valore orario medio 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

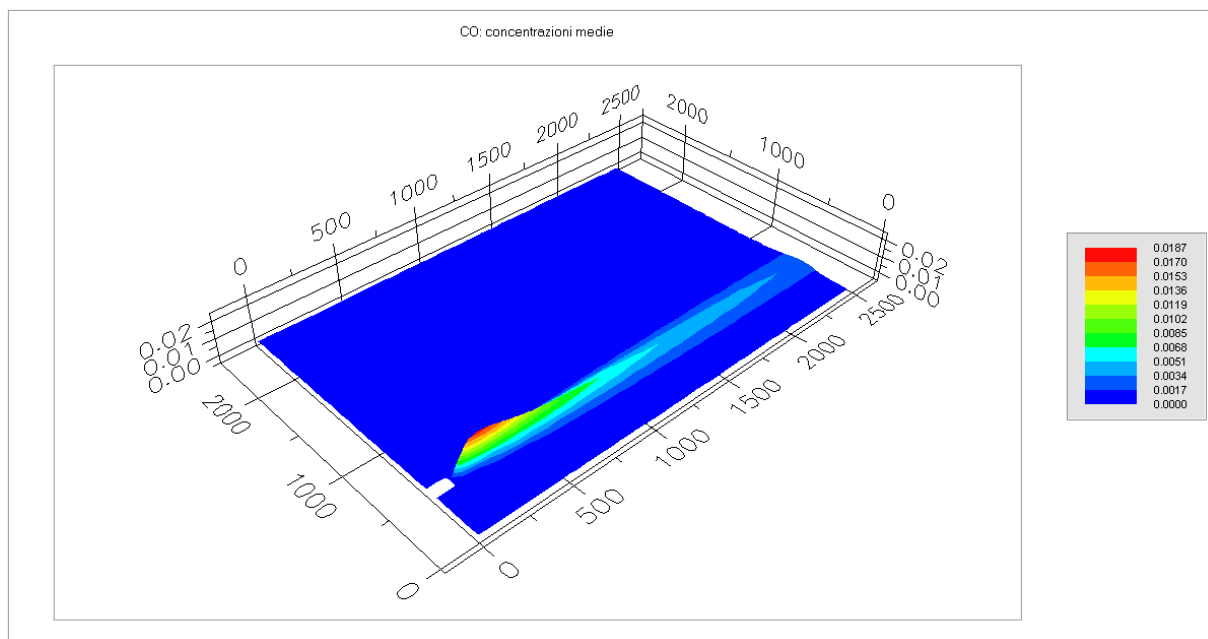
Dalla simulazione è emerso che le emissioni dell'impianto non provocano superamenti dei limiti di legge relativamente al parametro CO.

Nel seguito sono riportati i grafici relativi ai profili di concentrazione e le isolinee di concentrazione in 2D e 3D.



**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI



**Isolinee in 2D e 3D della concentrazione al suolo dell'inquinante
CO**

Il valore massimo della concentrazione riscontrato è pari
a 0,019 mg/m³ a circa 200 metri dal camino.

4.6.3 PM10

Sono stati verificati i seguenti limiti previsti dal D.L.gs. 13 agosto n.
155:

Inquinante in esame: PM10

Unità di misura: µg/m³

Sono stati verificati i seguenti limiti:

(limite)

(valore limite)

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI

Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valore massimo	3,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valore orario medio	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Dalla simulazione è emerso che le emissioni dell'impianto non provocano superamenti dei limiti di legge relativamente al parametro PM10.

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA

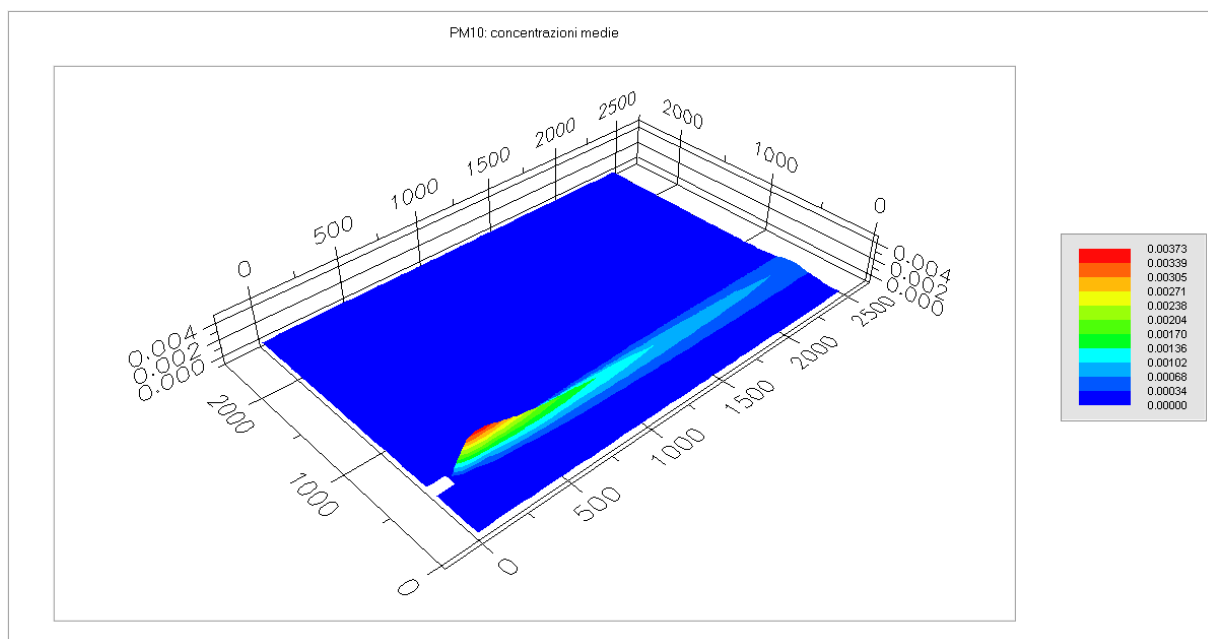
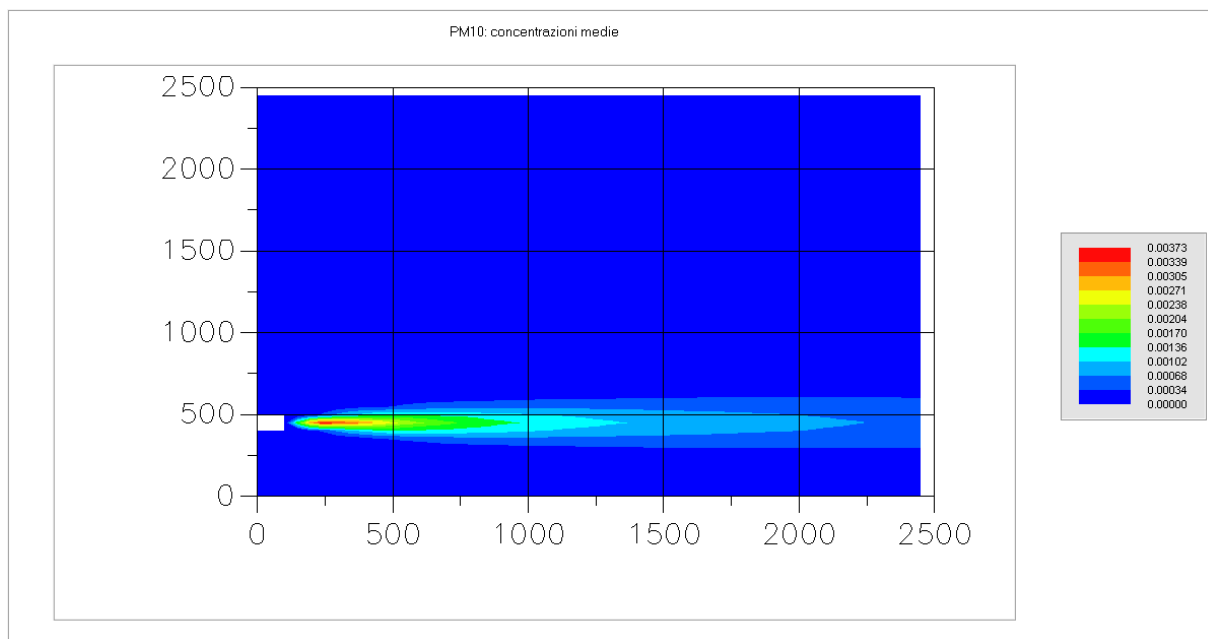
(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI



Isolinee in 2D e 3D della concentrazione al suolo dell'inquinante PM10

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA

(Provincia di Foggia)

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe

STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI

ing. Egidio Tamburrino

IMPIANTI

Il valore massimo della concentrazione è stato riscontrato pari a 0,0037 mg/m³, a circa 250 metri dal camino.

**COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA
(Provincia di Foggia)**

Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe
STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI
ing. Egidio Tamburrino
IMPIANTI

5 CONCLUSIONI

In tutte le simulazioni effettuate per valutare la ricaduta al suolo degli inquinanti è stato verificato che non vi sono superamenti dei limiti imposti dal D.L. gs. 13 agosto/2010 n. 155.

Le analisi grafiche riportate mostrano che l'impianto oggetto di studio non comporta impatti significativi sulla qualità dell'aria secondo quanto disposto dalla normativa vigente.

Nel quadro sinottico che segue, per ogni singolo analita preso in esame, è stato riportato il valore di fondo rilevato da ARPA Puglia e quello derivante dall'esercizio dell'impianto di progetto. La somma delle due componenti di cadaun analita risulta essere inferiore ai limiti di cui al decreto innanzi citato .

COMUNE di SANT'AGATA DI PUGLIA**(Provincia di Foggia)***Impianto di produzione di energia elettrica alimentato da biomasse liquide da 500 kWe***STUDIO MODELLISTICO SULLA RICADUTA AL SUOLO DEGLI INQUINANTI***ing. Egidio Tamburrino***IMPIANTI**

Inquinante	Inquinamento di fondo (si considera come riferimento il valore mensile più elevato)	Apporto impianto (valore massimo)	Totale	Limiti D.L. gs.155/2010
PM₁₀	41 µg/m ³	3,7 µg/m ³	45 µg/m ³	50 µg/m ³
NO₂	40 µg/m ³	19 µg/m ³	59 µg/m ³	200 µg/m ³
CO	I VALORI MISURATI SONO SEMPRE AMPIAMENTE AL DI SOTTO DEL LIMITE DI LEGGE E PERCIO' NON RIPORTATI NEL REPORT DI APRILE	19 µg/m ³	18 µg/m ³	10 mg/m ³