

## Algoritmo del Modulo Serbatoi

Le emissioni provenienti dai serbatoi non dipendono da alcun combustibile e sono tutte di NMVOC. La base di calcolo è mensile, ovvero la stima è effettuata dettagliata mese per mese. Le emissioni possono essere ottenute tramite la somma di due contributi: emissioni da stoccaggio e le emissioni da movimentazione dei prodotti stoccati:

$$E_{TOT} = E_s + E_m$$

Il calcolo di questi due contributi differisce per tipo di tetto del serbatoio se fisso o mobile:

Tipo di Serbatoio	Tipo di Emissioni
A tetto fisso (verticale e orizzontale in superficie)	Stoccaggio + Movimentazione
A tetto orizzontale interrato In Pressione	Movimentazione No metodi di stima
A tetto galleggiante interno A spazio variabile	Stoccaggio + Movimentazione Movimentazione

- **Serbatoi a tetto fisso**

Le emissioni da stoccaggio sono calcolate con la seguente equazione:

$$E_s = 30 \cdot V_v \cdot D_v \cdot K_E \cdot K_S \quad (1)$$

dove:

- $E_s$  [kg]: emissione mensile di NMVOC da ogni serbatoio
- $V_v$  [m<sup>3</sup>]: volume occupato dal vapore (da formula)
- $D_v$  [kg·m<sup>-3</sup>]: densità di vapore (da formula)
- $K_E$  [-]: fattore di espansione del vapore, dipendente dalle variazioni di temperatura e pressione (da formula)
- $K_S$  [-]: fattore di saturazione del vapore, dipendente dalla pressione e dal volume occupato dal vapore (da formula)

Il volume occupato dal vapore è calcolato con la formula seguente:

$$V_v = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (h_s - h_l + h^* \cdot D) \quad (2)$$

dove:

- $D$ : diametro del serbatoio (da tabella S\_SERBATOIO)
- $h_s$ : altezza serbatoio (da tabella S\_SERBATOIO)
- $h_l$ : altezza liquido nel serbatoio (da tabella S\_SERBATOIO)
- $h^*$ : pari a 0.01 se il tetto è a cono, 0.0685 se il tetto è a cupola

Per stimare la densità di vapore l'algoritmo procede stimando su base mensile la temperatura superficiale del liquido, da cui ottiene la tensione di vapore.

La temperatura superficiale del liquido all'interno del serbatoio è data dalla relazione:

$$T_{sup} = T_{amb} + 3.36 \cdot \alpha - 0.56 + 0.003 \cdot \alpha \cdot I \quad (3)$$

dove:

- $\alpha$  [-]: assorbanza della verniciatura del serbatoio (S\_TIPO\_COLORE)
- $I$  [W·m<sup>-2</sup>]: radiazione solare totale giornaliera (T\_TEMP\_RAD\_UMID) (somma delle radiazioni orarie)

- $T_{amb}$ : temperatura media giornaliera ( $T\_TEMP\_RAD\_UMID$ )

Mentre la tensione di vapore (in Pa) è ottenuta con la relazione:

$$P_v = 133.3224 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{T_{sup} + C}\right)} \quad (4)$$

dove:

- A, B, C : costanti specifiche per ogni gas ( $S\_MATERIE\_STOCCATE$ )

Alcuni prodotti non hanno queste costanti: per essi nella tabella  $S\_MATERIE\_STOCCATE$  è inserito il valore di  $P_v$  stimato per una  $T_{sup}$  di 20°C. Per il greggio e per la benzina la formula di calcolo della tensione di vapore va sostituita dalla seguente:

$$P_v = 6894.757 \cdot e^{\left(\frac{A - B}{1.8 \cdot T_{sup} + 492}\right)} \quad (4a)$$

dove:

- A, B: costanti specifiche per il greggio e la benzina ( $S\_MATERIE\_STOCCATE$ )
- $T_{sup}$ : temperatura superficiale del liquido (da formula)

Per entrambe queste sostanze le costanti A e B sono state calcolate dalla formula API utilizzando per il greggio una RVP pari a 5 e per la benzina una RVP pari a 10.

La densità di vapore ( $kg \cdot m^{-3}$ ) è quindi ottenuta dalla seguente:

$$D_v = \frac{PM \cdot P_v}{8314 \cdot (T_{sup} + 273,15)} \quad (5)$$

Dove:

- PM: peso molecolare del liquido stoccato ( $S\_MATERIE\_STOCCATE$ )
- $P_v$ : tensione di vapore (dalla formula precedente)

Il calcolo delle emissioni da stoccaggio richiedono la stima di un fattore di espansione e di uno di saturazione. Per procedere alla stima del primo è necessario calcolare un range di temperatura  $\Delta T_v$

$$\Delta T_v = 1.3 \cdot (T_{max} - T_{min}) + 0.009 \cdot \alpha \cdot I \quad (6)$$

Dove:

- $T_{max}$  e  $T_{min}$  temperature massima e minima giornaliera ( $T\_TEMP\_RAD\_UMID$ )

Ed anche un range di pressione  $\Delta P_v$

$$\Delta P_v = P_{v,max} - P_{v,min} \quad (7)$$

Dove:

- $P_{v,max}$  e  $P_{v,min}$  tensioni di vapore corrispondenti alle temperature massima e minima giornaliera

Il fattore di espansione  $K_E$  (adimensionale) è quindi dato da:

$$K_E = \frac{\Delta T_v}{(T_{sup} \cdot 1.8 + 492)} + \frac{\Delta P_v - 413.7}{101325 - P_v} \quad (8)$$

Dove:

- $T_{sup}$  e  $P_v$  ricavate dalle formule precedenti
- $\Delta T_v$ : variazione giornaliera della temperatura del vapore (da formula)
- $\Delta P_v$ : variazione giornaliera della pressione di vapore (da formula)

Infine il fattore di saturazione  $K_s$  (adimensionale) è calcolato come segue:

$$K_s = \frac{1}{1 + 2.5 \cdot 10^{-5} \cdot P_v \cdot (h_s - h_l + h^* \cdot D)} \quad (9)$$

Dove:

- $h^*$  : pari a 0.01 se il tetto è a cono, 0.0685 se il tetto è a cupola

Per i serbatoi a tetto fisso le emissioni da movimentazione sono calcolate come segue:

$$E_m = 0.414 \cdot 10^{-6} \cdot PM \cdot P_v \cdot \frac{Q/12}{d_l} \cdot K_p \quad (10)$$

dove:

- $PM$  [ $g \cdot mol^{-1}$ ] : peso molecolare del prodotto (da S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $P_v$  : tensione di vapore riferita alla  $T_{amb}$
- $Q$  [kg] : movimentazione annua del prodotto (da S\_SERBATOIO)
- $d_l$  [ $kg \cdot m^{-3}$ ] : densità del liquido (da S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $K_p$  [-] : fattore di perdita del prodotto (da S\_MATERIE\_STOCCATE)

- *Serbatoi a tetto mobile*

A differenza dei serbatoi a tetto fisso le emissioni sono date anche dagli accessori della piattaforma.

$$E_S = \frac{1}{12} \cdot (K_{Ra} + K_{Rb} \cdot (1.609 \cdot v)^n) \cdot D \cdot P^* \cdot PM \cdot K_C \quad (11)$$

dove:

- $E_s$  [ $kg \cdot anno^{-1}$ ] : emissione mensile dallo stoccaggio
- $K_{Ra}$  : fattore di perdita dall'anello con vento nullo (da tabella S\_TIPO\_ANELLO), Tab. 1
- $K_{Rb}$  : fattori di perdita dall'anello dipendente dal vento (da tabella S\_TIPO\_ANELLO), vedi tabella 1 :
- $v$  : velocità media del vento (da tabella classe climatica)
- $D$  : diametro del serbatoio (da S\_SERBATOIO)
- $PM$  [ $g \cdot mol^{-1}$ ] : peso molecolare del prodotto (da S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $n$  : esponente, dipendente dal tipo di anello (da tabella S\_TIPO\_ANELLO), Tab. 1
- $P^*$  : funzione della pressione, dipendente dalla pressione atmosferica e di vapore (da formula)

La pressione  $P^*$  è calcolata con la seguente relazione

$$P^* = \frac{\frac{P_v}{101325}}{\left[1 + \left(1 - \frac{P_v}{101325}\right)^{0.5}\right]^2} \quad (12)$$

- $K_C$  : fattore prodotto (da tabella S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $P_v$  : tensione di vapore riferita alla  $T_{amb}$

Le emissioni da movimentazione sono invece stimate con:

$$E_m = \frac{0.00684 \cdot Q \cdot C}{D} \quad (13)$$

dove:

- $Q$  [ $kg \cdot anno^{-1}$ ] : movimentazione annua del prodotto

- C : fattore di serraggio (da tabella S\_MATERIE\_STOCCATE)

Come già menzionato per i serbatoi a tetto mobile sono stimate le perdite dagli accessori della piattaforma tramite l'equazione:

$$E_a = \frac{1}{12} \cdot F_F \cdot P^* \cdot PM \cdot K_C \quad (14)$$

dove:

- $E_a$  [kg·anno<sup>-1</sup>]: emissione annua dagli accessori della piattaforma
- $P^*$  : funzione della pressione, dipendente dalla pressione atmosferica e di vapore (da formula)
- $PM$  [g·mol<sup>-1</sup>]: peso molecolare del prodotto (da S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $K_C$  : fattore prodotto (da tabella S\_MATERIE\_STOCCATE)
- $F_F$  : fattore di emissione totale degli accessori della piattaforma (da formula)

$$F_F = (N_{F1} \cdot K_{F1}) + (N_{F2} \cdot K_{F2}) + \dots + (N_{Fn} \cdot K_{Fn}) \quad (15)$$

dove:

- $N_{Fi}$  : numero di accessori del tipo i
- $K_{Fi}$  : fattore di emissione dell'accessorio di tipo i

$$K_{Fi} = K_{Fa_i} + K_{Fb_i} (1.1263 \cdot v)^{m_i} \quad (16)$$

- *Serbatoi a tetto fisso orizzontale in superficie*

Si applicano le stesse formule dei serbatoi a tetto fisso verticale (dalla 1 alla 10) con le uniche eccezioni del volume occupato dal vapore (formula 2a) e del fattore di saturazione (formula 9a).

**Il diametro effettivo è stimato come:**

$$D_e = 3.28 \cdot \sqrt{\frac{L \cdot D}{0.785}} \quad (17)$$

dove:

- D = diametro del serbatoio (da tabella S\_GEOM\_SERBATOI)
- L = lunghezza serbatoio (da tabella S\_GEOM\_SERBATOI)

ed il volume occupato dal vapore come:

$$V_v = \frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 \cdot (0.5 \cdot D) \quad (2a)$$

dove:

- D = diametro del serbatoio (da tabella S\_GEOM\_SERBATOI)
- $D_e$  = diametro effettivo del serbatoio (da formula)

Il fattore di saturazione  $K_s$  (adimensionale) è dato da:

$$K_s = \frac{1}{1 + 2.5 \cdot 10^{-5} \cdot P_v \cdot (0.5 \cdot D)} \quad (9a)$$

- *Serbatoi a tetto fisso orizzontale interrati*

L'unica differenza con i serbatoi in superficie è data dal fatto che le emissioni provengono solo dalla movimentazione della sostanza stoccata. La formula è la stessa utilizzata per i serbatoi a tetto fisso verticali, ovvero la 10.