

SCHEDA MODULO SERBATOI

Obiettivo

Stimare le emissioni provenienti da serbatoi. Il modulo fornisce risultati per comune, stabilimento, serbatoio, attività SNAP ed inquinante.

Tablelle specifiche

Le tablelle specifiche del modulo sono caratterizzate dal prefisso S_ e sono 10 (6 di input, 4 di parametri più 1 di output specifica). Oltre a queste tablelle sono collegate al modulo altre alle tablelle comuni, di supporto, raccordo e decodifica del sistema INEMAR (es: SPECIE_CLASSI_COV, INQUINANTI, ISTAT_COMUNI, SNAP_ATTIVITA, T_FONTI) e di collegamento della anagrafica dei serbatoi a quella degli stabilimenti (P_STABILIMENTO).

Tablelle di INPUT:

1. S_ACCESSORI_USATI: contiene il numero di accessori usato per ogni serbatoio e per tipo di accessorio.
2. S_EMISSIONI_MATERIE: contiene la quantità di materia movimentata per ogni serbatoio e per tipo di materia stoccata.
3. S_MATERIE_INQUINANTI: contiene la frazione percentuale delle singole specie sul totale dei COV per ogni materia stoccata.
4. S_SERBATOIO: contiene le caratteristiche di ogni serbatoio censito: diametro (m), volume (m3), altezza serbatoio (m), altezza liquido (m), stabilimento a cui il serbatoio è collegato, tipo di anello, tipo di colore.
5. S_VELOCITA_VENTO: riporta per ogni comune in cui è sono presenti serbatoi censiti il valore della velocità del vento (m/s) ed un campo denominato validità.
6. T_TEMP_RAD_UMID: contiene i parametri metereologici impiegati dagli algoritmi del modulo (es: radiazione solare, temperatura e umidità relativa).

Tablelle dei parametri dell'algoritmo:

7. S_MATERIE_STOCCATE: contiene la descrizione di ogni materia stoccata, con ulteriori informazioni come peso molecolare, densità del liquido, fattore di adesione, fattore di perdita, fattore di prodotto, e parametri A, B, C, PV.
8. S_TIPO_ACCESSORI: contiene la descrizione del tipo di accessori, con ulteriori informazioni come il fattore di perdita KFA, il fattore di perdita KFB es il parametro M.
9. S_TIPO_ANELLO: contiene la descrizione del tipo di anelli, con ulteriori informazioni come il fattore di perdita KRA, il fattore di perdita KRB ed il parametro N.
10. S_TIPO_COLORE: contiene la descrizione del tipo di colore del serbatoio, ed il parametro ALFA.

Tablelle di codifica:

11. SPECIE_CLASSI_COV: contiene la descrizione delle sostanze la cui presenza è fornita in S_MATERIE_INQUINANTI.
12. INQUINANTI: contiene la decodifica degli inquinanti presenti nei serbatoi della tabella S_MATERIE_INQUINANTI.
13. ISTAT_COMUNI: decodifica il comune descritto nella tabella S_VELOCITA_VENTO.
14. SNAP_ATTIVITA: decodifica il campo ID_ATTIVITA della tabella S_SERBATOIO
15. P_STABILIMENTO: contiene l'anagrafica degli stabilimenti a cui appartengono i serbatoi definiti nella tabella S_SERBATOIO.

Tablelle di OUTPUT:

16. S_RIS_INTERMEDI_SERBATOI: il modulo serbatoi scrive i risultati dell'algoritmo nella tabella intermedi serbatoi. Il dettaglio dei dati di output intermedi è per stabilimento, serbatoio, attività e inquinante. La tabella contiene anche le emissioni da movimentazione (EM), le emissioni da stoccaggio (ES) e le emissioni da perdite degli accessori dalla piattaforma (EA), la cui somma eguaglia il valore dell'emissione totale da serbatoio.
17. TAB_OUTPUT: il modulo compatta in questa tabella i risultati delle stime con dettaglio di attività SNAP, perdendo il dettaglio di impianto e di serbatoio ed indicando nel campo TIPO_EMISSIONE il codice S.

Flusso di processo

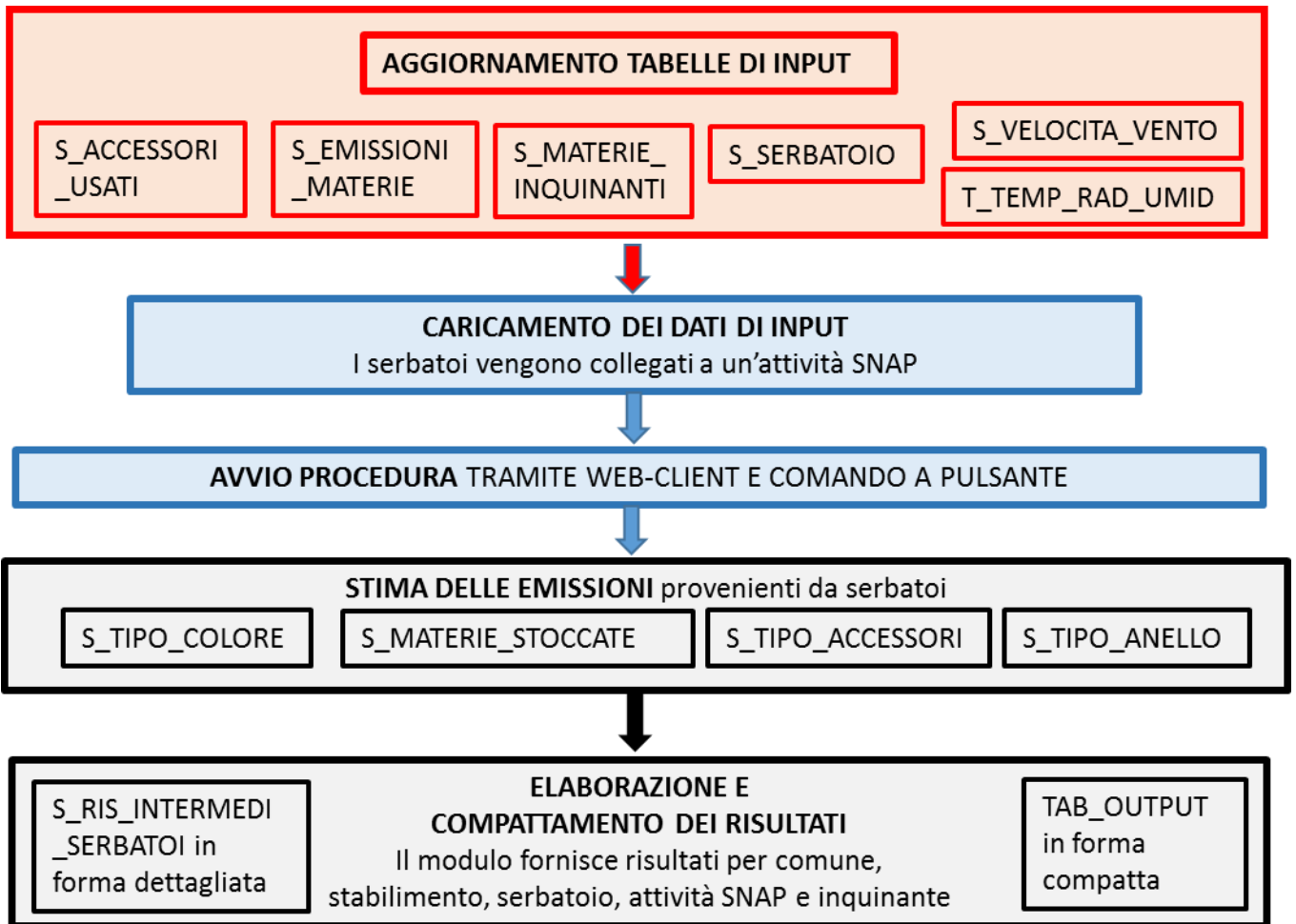
L'aggiornamento delle stime delle emissioni da serbatoi è articolato nelle seguenti fasi:

Operazioni a carico dell'utente:

- A. Reperimento ed elaborazione delle informazioni relative agli stoccaggi. In passato tali informazioni potevano essere richieste in apposite schede di censimento delle sorgenti puntuali.
- B. Inserimento delle caratteristiche dei serbatoi tramite le maschere del Web Client. Il modulo serbatoi è direttamente collegato al modulo puntuali: la sua interfaccia è raggiungibile dal menu stabilimento di ciascun impianto.
 - I. Se necessario definire l'anagrafica dello stabilimento.
 - II. Collegare il serbatoio ad una attività SNAP.
 - III. Inserimento dei dati necessari alla stima delle emissioni: tipo di anello, volume, altezza o lunghezza del serbatoio, altezza del liquido, colore del serbatoio, materiale stoccato, quantità di materiale movimentata.
 - IV. Se necessario, aggiornare o definire, tramite interfaccia o tramite ODBD, le informazioni relative a tipo anello, tipo accessorio, tipo colore, materie stoccate, velocità media del vento a livello comunale.
- C. Aggiornamento delle condizioni meteorologiche registrate per l'anno di riferimento dell'inventario
- D. Lancio della procedura di calcolo tramite Web Client tramite l'apposito pulsante.

Processo di stima effettuato da INEMAR7:

- E. Il modulo serbatoi scrive i risultati dell'algoritmo nella tabella intermedi serbatoi S_RIS_INTERMEDI_SERBATOI, dettagliato per stabilimento, serbatoio, attività e inquinante. La tabella contiene anche le emissioni da movimentazione (EM), le emissioni da stoccaggio (ES) e le emissioni da perdite degli accessori dalla piattaforma (EA), la cui somma eguaglia il valore dell'emissione totale da serbatoio. L'algoritmo stima le emissioni mese per mese e poi ottiene un totale annuale.
- F. il modulo compatta in TAB_OUTPUT i risultati delle stime con dettaglio di attività SNAP, perdendo il dettaglio di impianto e di serbatoio ed indicando nel campo TIPO_EMISSIONE il codice S.



Proposte di miglioramento della qualità del dato e del flusso di processo

Potrebbe essere una buona ottimizzazione progettare una tabella unica anche per altri moduli che contenga i parametri meteorologici necessari alla esecuzione del modulo.

Metodologia impiegata

L'algoritmo considera quattro tipologie di serbatoi, alcune delle quali possono essere ulteriormente suddivise in sotto tipologie:

1. A tetto fisso
 - Verticale (a cono, a cupola)
 - Orizzontale (interrato, in superficie)
2. A tetto galleggiante
 - Interno
 - Esterno
3. In pressione
4. A spazio variabile

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	Movimentazione
In Pressione	No metodi di stima
A tetto galleggiante interno	Stoccaggio + Movimentazione
A spazio variabile	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 [m³]: volume occupato dal vapore (da formula)
- D_v [kg·m⁻³]: 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:

- α [-]: assorbanza della verniciatura del serbatoio (S_TIPO_COLORE)
- I [W·m⁻²]: 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 ΔT_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 ΔP_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
- ΔT_v : variazione giornaliera della temperatura del vapore (da formula)
- ΔP_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·mol⁻¹] : peso molecolare del prodotto (da S_MATERIE_STOCCATE)
- P_v : tensione di vapore riferita alla Tamb
- Q [kg] : movimentazione annua del prodotto (da S_SERBATOIO)
- d_l [kg·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·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·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 Tamb

Le emissioni da movimentazione sono invece stimate con:

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

dove:

- Q [kg·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⁻¹] : emissione annua dagli accessori della piattaforma

- P^* : funzione della pressione, dipendente dalla pressione atmosferica e di vapore (da formula)
- PM [$g \cdot mol^{-1}$]: 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.