

Metodologia di calcolo delle emissioni diffuse

Con emissioni diffuse si intendono quelle prodotte dai veicoli circolanti su strade non appartenenti al grafo stradale considerato nel punto 1, o comunque non compresi nei flussi assegnati a tale grafo.

La metodologia adottata in Inemar parte dall'assegnazione al traffico di una quantità annuale di combustibili consumati. Tali quantità vanno inserite, in tonnellate, nel campo CONSUMO_CARB_TOTALE della tabella TLD_CARBURANTI. I consumi annuali relativi al traffico lineare sono automaticamente inseriti nel campo CONSUMO_TRAFF_LINEARE dalla procedura 'Traffico lineare' e così pure la differenza CONSUMO_CARB_TOTALE - CONSUMO_TRAFF_LINEARE, che viene inserita nel campo CONSUMO_CARB_REG.

Prima di eseguire la procedura 'Traffico diffuso' è quindi necessario eseguire la procedura 'Traffico lineare'. Ovviamente è anche possibile assegnare i consumi per il diffuso in modo del tutto indipendente dal bilancio sopra descritto. In tal caso bisogna modificare manualmente il campo CONSUMO_CARB_REG prima di eseguire la procedura.

DSC Emissioni allo scarico a caldo

Le emissioni orarie per l'inquinante 'I' e i veicoli di codice 'J' vengono ancora calcolate con una espressione analoga alla [1.], la differenza consiste nel fatto che il calcolo viene eseguito comune per comune anziché arco per arco.

La percorrenza dei veicoli di classe 'J' relativa all'arco va quindi sostituita con la percorrenza dei veicoli di classe 'J' nel comune considerato:

$$[Emissione]_{I,J} = [Percorrenza] \cdot [Fattore\ di\ emissione\ a\ caldo]_{I,J}^1 \cdot [Fattore\ correttivo\ invecchiamento]_{I,J} \cdot [Fattore\ correttivo\ combustibile]_{I,J} \cdot [Fattore\ correttivo\ carico\ trasportato]_{I,J} \cdot [10^{-6}] \quad [1.]$$

Una ulteriore importante distinzione rispetto al caso delle lineari consiste nel fatto che la velocità a cui vanno calcolati i fattori di emissione e di correzione non è più ricavata dalla relazione tra flussi e curve di deflusso ma è predeterminata, ora per ora, per i veicoli di un determinato settore (auto, leggeri, pesanti, ciclomotori, moto) circolanti in comuni di determinata classe di popolosità. Le velocità di percorrenza sono state ricavate dall'analisi di diversi piani urbani del traffico e sono riportate nel campo VELOCITA_MEDIA della tabella TD_VELOCITA.

Calcolo della percorrenza

Il punto di partenza è il consumo annuale da traffico diffuso dei diversi tipi di combustibile. Questa quantità viene distribuita tra tutti i comuni, e le classi copert che lo utilizzano, in base ai valori di una opportuna variabile proxy:

$$[Consumo]_{F,C,J} = [Consumo\ tot]_F \cdot [Proxy]_{C,J} / [Somma\ proxy]_F$$

dove:

$[Consumo]_{F,C,J}$ = consumo annuale del combustibile 'F' attribuito ai veicoli di codice 'J' e al comune 'C'

$[Consumo\ tot]_F$ = consumo annuale regionale del combustibile 'F' (CONSUMO_CARB_REG in TLD_CARBURANTI)

$[Proxy]_{C,J}$ = valore (VAL_PROXY in TD_VAL_PROXY) della variabile scelta per la disaggregazione dei consumi (FK_ID_PROXY in TLD_CARBURANTI) per il comune 'C' e la classe veicolare 'J'.

$[Somma\ proxy]_F$ = somma dei valori di $[Proxy]_{C,J}$ su tutti i comuni e i veicoli che utilizzano il combustibile 'F'

L'analisi dei piani urbani del traffico, cui si è accennato, ha consentito di stimare anche la frazione oraria, per tipo giorno e mese, delle percorrenze annuali per settore veicolare e classe di comune. Tale frazione è stata inserita, analogamente alle velocità di percorrenza, nella tabella TD_VELOCITA e precisamente nel campo

¹ Tutti i fattori emissione necessari vengono pre calcolati dalla procedura prepara traffico e inseriti nelle tabelle TDI... per ogni velocità presente in TD_VELOCITA

FRAZIONE_PERCORRENZA. Questo valore, moltiplicato per il consumo annuale per comune e classe veicolare, fornisce i relativi consumi orari.

$$[\text{Consumo ora}]_{F,C,J} = [\text{Consumo}]_{F,C,J} \cdot [\text{FRAZIONE_PERCORRENZA}]_{C,J}$$

La percorrenza oraria per i veicoli di classe 'J' del comune 'C', da inserire nella [19.], è ottenuta dividendo il consumo di combustibile per il consumo chilometrico della classe considerata.

Il consumo per km è calcolato come fattore di emissione per l'inquinante 10280 alla velocità contenuta in **VELOCITA_MEDIA** di **TD_VELOCITA** in corrispondenza al settore veicolare, all'ora, tipo giorno e mese considerati.

DSF Emissioni allo scarico a freddo

Quanto segue conclude anche la trattazione delle emissioni lineari a freddo, iniziata al paragrafo LSF, ove si utilizzi la percorrenza ivi definita.

L'espressione seguente descrive le emissioni a freddo secondo la metodologia Copert:

$$[\text{Emi_cold}]_{I,J} = [\text{Percorrenza}]_J \cdot [\beta] \cdot [\text{corr } \beta]_{I,J} \cdot ([\text{Fattore di emissione a caldo}]_{I,K} \cdot [\text{Fattore correttivo combustibile}]_{I,J} \cdot [R_{FC} - 1]_{I,J} + a_{ij} \cdot [n_{ij} \cdot P_{Cj} + o_{ij}]) \cdot [10^{-6}] \quad [2.]$$

Si noti che il fattore di emissione a caldo da utilizzare è relativo ad un veicolo k non necessariamente coincidente con j (ad esempio per auto benzina euro > 1 va usato il fattore relativo a euro 1).

I fattori non ancora descritti sono i seguenti:

$$[\beta] = \text{Frazione di percorrenza compiuta con motore freddo, pari a:} \\ 0.6474 - 0.025 \cdot \text{Ltrip} - (0.00974 - 0.000385 \cdot \text{Ltrip}) \cdot t_media \quad [3.]$$

con:

Ltrip = lunghezza media di ogni viaggio, definito in **TD_CLASSE_COMUNE** per ogni classe di comune. Il valore suggerito da Copert per l'Italia è 12 km.

t_media = temperatura media definita in **TLD_TEMPERATURA** per Classe_climatica e stagione

[corr β]_{I,J} = fattore correttivo a [β] per veicoli a benzina di categoria superiore alla euro 1 (**CORRETTIVO_BETA** in **TLD_CORRETTIVI_BETA**)

[R_{FC}]_{I,J} = rapporto fra emissione a freddo e a caldo definito dalla relazione:
 $A \cdot V + B \cdot t_media + C \quad [4.]$

dove:

A, B e C = coefficienti forniti dalla metodologia Copert e inseriti nella tabella **TLD_FREDDO_CALDO** per ogni tipo di veicolo e *id_Inquinante*.

Vanno scelti in corrispondenza degli intervalli [VMIN–VMAX] e [TMIN–TMAX] che contengono rispettivamente i valori di velocità e temperatura media relativi al comune, settore veicolare, giorno e ora correnti.

a_{ij}, *n_{ij}* e *o_{ij}* = coefficienti contenuti in **TLD_FATTORI_EMISSIONI_FREDDO**.

P_{Cj} = percorrenza media accumulata per i veicoli di tipo 'j' (**PERC_ACCUM** in **TLD_TIPO_VEICOLO**).+

DU Emissioni da usura

Il calcolo è del tutto analogo a quello delle emissioni lineari dove, come per le DSC, alla percorrenza per arco va sostituita la percorrenza per comune:

$$[\text{Emissione}]_{I,J} = \sum_U [\text{Percorrenza}]_J \cdot [\text{FE usura}]_{J,U} \cdot [\text{FC velocità}]_U \cdot [\text{Fraz gran}]_{I,U} \cdot [10^{-6}] \quad [5.]$$

DE Emissioni evaporative

Le emissioni evaporative diffuse sono date dalla somma dei seguenti contributi:

- Hot running: emesse durante la marcia a motore caldo

- Warm running: emesse durante la marcia a motore freddo
- Hot soak: emesse al termine di un viaggio concluso con motore caldo
- Warm soak: emesse al termine di un viaggio concluso con motore non ancora caldo
- Diurnal: emesse costantemente per effetto dell'escursione termica ambientale

Si riporterà ora l'espressione esplicita di tutti i contributi rimandando ai paragrafi precedenti per il significato dei termini già descritti.

Le emissioni 'hot running' sono calcolate sulla frazione $(1-\beta)$ della percorrenza, la [17.] diventa quindi:

$$[\text{Emissione hr}]_j = [\text{Percorrenza}]_j \cdot (1 - [\beta]) \cdot [\text{FE hr}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [6.]$$

Le 'warm running' sono calcolate sulla frazione β della percorrenza comunale, con una espressione del fattore di emissione leggermente diversa:

$$[\text{Emissione wr}]_j = [\text{Percorrenza}]_j \cdot [\beta] \cdot [\text{FE wr}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [7.]$$

con:

$$[\text{FE wr}]_j = 0.1 \cdot \exp(-5.967 + 0.04259 \cdot \text{rvp} + 0.1773 \cdot T_m) \cdot \text{fatt_riduttivo}$$

L'espressione seguente fornisce il valore orario delle emissioni evaporative 'diurnal':

$$[\text{Emissione d}]_j = [\text{Numero veicoli}]_j \cdot [\text{FE d}]_j \cdot [\text{Fraz_emi_ora}] \cdot [10^{-6}] \quad [8.]$$

dove:

$[\text{Numero veicoli}]_j$ = numero veicoli di tipo 'J' presenti nel comune considerato, stimato come prodotto tra NUMERO_VEICOLI (in TL_PARCO_REG) e il rapporto tra numero di residenti nel comune (RESIDENTI in ISTAT_COMUNI) e nella regione

$[\text{Fraz_emi_ora}]$ = frazione oraria delle emissioni diurne (FRAZIONE_DIURNE in TD_PROFILO_DIURNE, necessario perché tutte le altre emissioni sono calcolate su base oraria)

$[\text{FE d}]_j$ = emissione giornaliera di SOV per veicolo di classe 'J', pari a:

$$9.1 \exp[0.0158 (\text{rvp}-61.2)+0.0574 (t_{\min}-22.5) + 0.0614(t_{\text{rise}}-11.7)] \quad \text{per veicoli senza canister}$$

$$9.1 \exp[0.0158 (\text{rvp}-61.2)+0.0574 (t_{\min}-22.5) + 0.0614(t_{\text{rise}}-11.7)] \cdot 0.2 \quad \text{per veicoli con canister}$$

in cui:

t_{\min} = media delle temperature minime per la stagione e la fascia climatica del comune considerato ($TEMP_MIN$ in TLD_TEMPERATURA)

t_{rise} = escursione termica media per la stagione e il comune ($TEMP_RISE$ in TLD_TEMPERATURA)

Le emissioni hot e warm soak si verificano al termine del percorso e fino al raffreddamento completo del veicolo pertanto non sono proporzionali alla percorrenza, come le running, ma al numero di viaggi. I fattori di emissione rappresentano quindi le quantità di SOV emesse per evaporazione al termine di ogni viaggio concluso con motore caldo o tiepido.

Le emissioni orarie hot e warm soak sono date rispettivamente dalle seguenti espressioni:

$$[\text{Emissione hs}]_j = [\text{Numero viaggi}]_j \cdot (1 - [\beta]) \cdot [\text{FE hs}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [9.]$$

$$[\text{Emissione ws}]_j = [\text{Numero viaggi}]_j \cdot [\beta] \cdot [\text{FE ws}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [10.]$$

dove il numero di viaggi per i veicoli di tipo 'J' per il comune e l'ora considerati è dato da:

$$[\text{Numero viaggi}]_j = ([\text{Numero veicoli}]_j \cdot [\text{Percorrenza annua}]_j / (365 \cdot L_{\text{trip}})) \cdot [\text{Fraz_viaggi_ora}]$$

$$[\text{Numero veicoli}]_j = \text{vedi emissioni diurnal}$$

[Percorrenza annua] = percorrenza annua dei veicoli di tipo 'J' (PERCORRENZA_MEDIA in TLD_TIPO_VEICOLO)

[Fraz_viaggi_ora] = frazione del numero di viaggi giornalieri portati a termine all'ora considerata (FRAZIONE_HOT_SOAK in TD_PROFILLO_HOTSOAK)

[FE hs] _J = 3.0042 · exp(0.02 · rvp)	per veicoli a carburatore senza canister
0.3 · exp (-2.41 + 0.02302 · rvp + 0.09408 · Tm)	per veicoli a carburatore con canister
0.7	per veicoli a iniezione senza canister
0	per veicoli a iniezione con canister

[FE ws] _J = exp(-1.644 + 0.01993 · rvp + 0.07521 · Tm)	per veicoli a carburatore senza canister
0.2 · exp (-2.41 + 0.02302 · rvp + 0.09408 · Tm)	per veicoli a carburatore con canister
0	per veicoli a iniezione