

Modulo traffico

Obiettivo

Obiettivo del modulo è il calcolo delle emissioni da trasporto su strada prodotte allo scarico dei veicoli, dalla usura di freni, pneumatici e manto stradale e dalla evaporazione di benzina.

Il modulo è costituito da un insieme di tre procedure da eseguire in successione:

1. *Prepara traffico*
2. *Traffico lineare*
3. *Traffico diffuso*

La Prima procedura popola tabelle che vengono utilizzate dalle successive.

La seconda calcola emissioni e consumi di combustibili in base ai flussi di traffico definiti sui singoli tratti stradali. La terza calcola le emissioni in base ai consumi di combustibili regionali da traffico eccedenti le quote già calcolate da *Traffico lineare*.

Tablelle specifiche

Trascurando tabelle generali comuni a tutti i moduli e tabelle utilizzate temporaneamente durante l'esecuzione, identificate dal prefisso TLI o TDI, le tre procedure del modulo traffico utilizzano complessivamente 29 tabelle di input e 5 tabelle di output di, cui tre opzionali.

Tablelle specifiche di codifica:

1. TLD_TIPO_VEICOLO: elenco tipi di veicolo identificati da CODICE_COPART con: ID_SETTORE di appartenenza, ID_COMBUSTIBILE, percorrenza annuale totale e su grafo lineare, percorrenza accumulata, percentuale di carico trasportato ecc.
2. TLD_PERIODO_VEICOLI: identificativi dei periodi di immatricolazione associati ai tipi di veicolo
3. TLD_FERIALI_FESTIVI: descrizione e numero di giorni per tipo di mese e di giorno
4. TD_CLASSE_COMUNE: elenco di comuni simili per tipologia di traffico urbano
5. TL_FASCIA: Definizione e ampiezza di fasce orarie aventi flussi di traffico simili
6. TL_NOME_STRADA: anagrafica archi stradali
7. TL_TIPO_STRADA: elenco tipologie di strada (autostrada, extraurbana, urbana, ...)
8. TL_STRADA_ATTIVITA: per ogni tipo di strada contiene: codice attività relativo alla emissione allo scarico e velocità massima consentita per ogni settore (auto, merci leggeri ecc.)
9. TLD_ATT_USURA_SCR: associa ad ogni codice attività relativo a emissione allo scarico il corrispondente codice relativo a emissione da usura e evaporativa

Tablelle dei parametri dell'algoritmo:

10. TL_VEICOLI_EQUIVALENTI: numero di veicoli equivalenti corrispondente ad ogni ID_SETTORE
11. TLD_FATTORI_EMISSIONI: coefficienti formula generale del Fattore Emissione a caldo per inquinante, CODICE_COPART, percentuale carico e range di velocità
12. TLD_FREDDO_CALDO: coefficienti formula di correzione FE per inquinante, CODICE_COPART, range di velocità e di temperatura
13. TLD_FATTORI_EMISSIONI_FREDDO, TLD_FATTORE_COMBUSTIBILE, TLD_CORRETTIVI_BETA: coefficienti formule di correzione FE per inquinante e CODICE_COPART
14. TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO: coefficienti formula di correzione FE per inquinante, CODICE_COPART e tipo manutenzione. Popolata da "*prepara traffico*" a partire da TLD_FATTORE_INVECC_INT
15. TLD_FATTORE_INVECC_INT: coefficienti formula di correzione FE da invecchiamento, per inquinante, CODICE_COPART, manutenzione e velocità

16. TLD_FATTORE_PENDENZA: coefficienti formula di correzione FE dipendente da pendenza strada, per inquinante, CODICE_COPART e percentuale di carico (0/50/100)
17. TLD_USURA_ATTR: fattori Emissione per PTS da usura per CODICE_COPART e TIPO_USURA
18. TLD_CORR_USURA: coefficienti formula correzione FE da usura in funzione di TIPO_USURA e intervallo di velocità
19. TLD_DIST_POLVERI: fattore, dipendente da TIPO_USURA, da moltiplicare al FE per PTS da usura per ottenere il FE da usura relativo ad un'altra granulometria o ID_INQUINANTE
20. TLD_COMBUSTIBILI_RVP: tensione di vapore della benzina per tipo di mese
21. TLD_INQUINANTI_COMB: fattori di emissione di CO₂, SO₂, metalli per unità di combustibile consumato.

Table di INPUT:

22. TL_ARCO: elenco archi stradali con lunghezza (km), capacità (veicoli equivalenti/ora), velocità max, pendenza (%), comune di appartenenza e identificativi di: curva distribuzione temporale, curva di deflusso, nome strada, tipo strada
23. TL_ARCO_VEICOLI: flusso all'ora di punta per ogni arco e settore (veicoli/ora)
24. TL_CURVA_DISTRIBUZIONE: insiemi di coefficienti per la modulazione dei flussi per fasce orarie, tipi di giorno, tipi di mese e settori. Ciascun insieme è identificato da ID_PROFILO_TEMPORALE
25. TL_CURVA_DEFLUSSO: rapporto tra velocità di percorrenza e velocità max arco in funzione del rapporto: flusso veicoli equivalenti/capacità arco
26. TL_PARCO_REG: numero regionale veicoli per CODICE_COPART
27. TLD_CARBURANTI: nel campo CONSUMO_CARB_TOTALE va inserito il consumo regionale totale di carburante da traffico (tonnellate), va inoltre inserito il tenore di zolfo nel combustibile (g/t), la percentuale di biocarburante e l'identificativo della proxy da utilizzare per distribuire, tra comuni e tipi di veicolo, i consumi da traffico diffuso. Gli altri campi (contenenti consumi da traffico lineare e diffuso) sono calcolati dal modulo.
28. TD_VAL_PROXY: contiene le proxy per la disaggregazione a livello comunale delle percorrenze lineari regionali, su una frazione delle quali il modulo calcola le emissioni a freddo (ID_PROXY = 1). Contiene inoltre le proxy per ripartire, tra comuni e veicoli, i consumi attribuiti al traffico diffuso.
29. TLD_TEMPERATURA: temperatura media, minima e escursione termica media per tipo di mese e classe climatica.

Table di OUTPUT:

30. TRAFFICO_INTERMEDI: missioni per comune, attività, combustibile, tipo veicolo e tipo emissione (Lineare/Diffusa, Scarico/Usura/Evaporativa, Caldo/Freddo es: LSC, DE, DSF)
31. TL_TRAFF_ARCO_PROV_ATT_COMB: (opzionale) emissioni per arco, attività, combustibile
32. TL_TRAFF_ARCO_COMUNE_COPERT: (opzionale) emissioni per arco, attività, combustibile, tipo veicolo
33. TL_VEL_CALCOLATE: (opzionale) velocità calcolata dal modulo per arco, stagione, tipo di giorno e fascia oraria
34. TAB_OUTPUT: emissioni per comune, attività, combustibile e tipo emissione (Traffico Lineare/Diffuso: TL, TD)

Flusso di processo

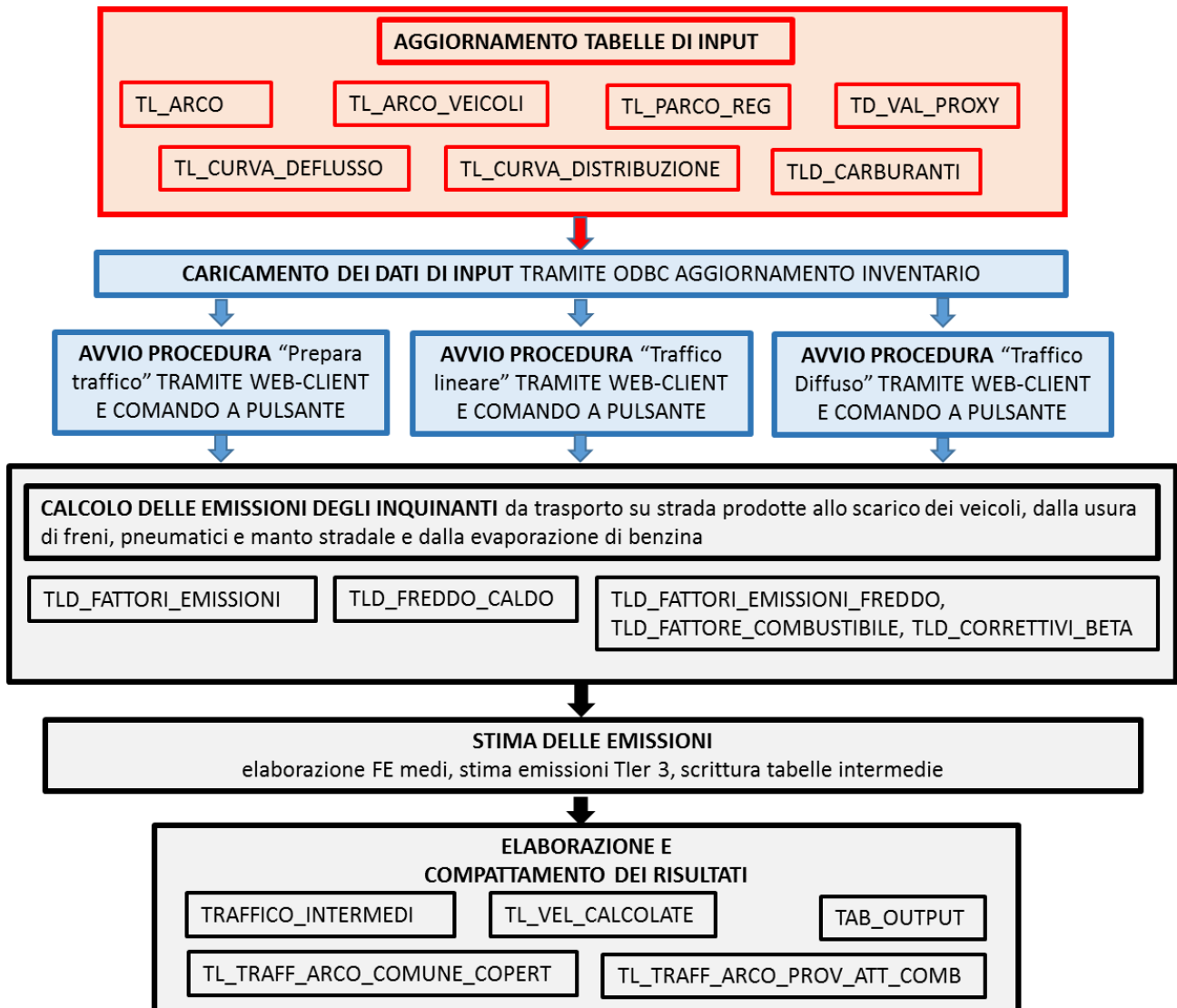
- A. Caricamento via ODBC delle tabelle di input, alcune possono essere soggette ad un aggiornamento meno frequente (es: TL_ARCO) altre vanno aggiornate ad ogni inventario: (TL_PARCO_REG, TD_VAL_PROXY, TLD_CARBURANTI, eventualmente le percorrenze in TLD_TIPO_VEICOLO).

- B. Avvio della procedura "Prepara traffico", tramite comando della interfaccia web-client, per il popolamento di tabelle (percorrenze, fattori di emissione, sommatoria di proxy) utilizzate dalle procedure successive.
- C. Avvio della procedura "Traffico lineare" tramite comando della interfaccia web-client che permette di selezionare comuni e inquinanti su cui effettuare il calcolo e dettaglio richiesto per i risultati (comune, arco, tipo veicolo). La procedura aggiorna le stime emissive di tipo L* in TRAFFICO_INTERMEDI e aggrega i risultati nel tipo TL in TAB_OUTPUT perdendo il dettaglio sul tipo di veicolo.
- D. Avvio della procedura traffico diffuso tramite comando della interfaccia web-client che permette di selezionare comuni e inquinanti su cui effettuare il calcolo. La procedura aggiorna le stime emissive di tipo D* in TRAFFICO_INTERMEDI e aggrega i risultati nel tipo TD in TAB_OUTPUT perdendo il dettaglio sul tipo di veicolo.

Elenco delle fasi di aggiornamento a monte del processo di stima, dalle tabelle compilate dall'utente, loro modalità principale di caricamento, impiego del web-client per l'esecuzione.

- Acquisizione parco regionale da sito ACI (Circolante_Copert_anno.xlsx) e sua elaborazione: <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/autoritratto.html>
[Note INTERNE elaborazione dati ACI.doc](#)
- Acquisizione parco nazionale ciclomotori da ANCMA (<http://www.ancma.it/statistiche/-/statistics>) e [stima parco regionale](#) mediante proxy (utilizzato fino a inventario 2014 il numero provinciale di contrassegni rilasciati da motorizzazione tra il 1993 e il 2005). Attribuzione classe euro e tipo di motore (2T/4T). Per il 2015 è disponibile il parco provinciale fornito da Ispra che comprende tricicli e quadricicli leggeri indistintamente.
- Stima numero autobus a metano da siti dei principali comuni e aziende di trasporto pubblico.
- Inserimento parco circolante in tabella TL_PARCO_REG.
- Acquisizione consumi regionali da trasporto <http://sirena.cestec.eu/sirena/index.jsp>
- Acquisizione consumi da trasporto off road (navigazione, ferrovie, agricoltura, mezzi di supporto aeroportuali, macchine operatrici e motori industriali); sottrazione consumi off road dai consumi totali da trasporto e inserimento della differenza in tabella TLD_CARBURANTI.
- Attribuzione ad ogni tipo di veicolo di una percorrenza media annuale totale, di una percorrenza media sulla rete lineare (una percentuale della precedente eventualmente diversificata per tipo di veicolo) e di una percorrenza accumulata. Inserimento di tali dati negli appositi campi della tabella TLD_TIPO_VEICOLO.
(http://groupware.sinanet.isprambiente.it/expert_panel/library/ept16/caserini_percorrenze).
- Inserimento in tabella TD_VAL_PROXY di una proxy da utilizzare per l'assegnazione ad ogni comune e tipo veicolo di una quota di consumi di carburanti in eccesso rispetto a quelli calcolati dalla procedura Traffico lineare. I record devono essere caratterizzati da id_tipo_proxy=tld_carburanti.fk_id_proxy. La proxy adottata per gli inventari della Lombardia è pari al prodotto tra numero regionale di veicoli, percorrenza annua diffusa, fattore di consumo urbano e residenti comunali/residenti regionali. La percorrenza diffusa è la differenza tra percorrenza totale e percorrenza lineare.
Per evitare di assegnare emissioni da autobus a piccoli comuni, la proxy utilizzata per assegnare carburanti a tali veicoli viene calcolata come segue:
Prodotto tra numero regionale di autobus, percorrenza annua, fattore di consumo urbano e residenti nei comuni maggiori / somma residenti dei comuni maggiori
- Inserimento in tabella TD_VAL_PROXY di una proxy da utilizzare per l'assegnazione ad ogni comune e tipo veicolo di una quota delle percorrenze effettuate a freddo. I record devono essere caratterizzati da id_tipo_proxy = 1.
La proxy attualmente utilizzata è il numero di residenti comunali.

Processo di stima effettuato da INEMAR7:



Metodologia impiegata

1 Metodologia di calcolo delle emissioni lineari

1.1 Emissioni allo scarico a caldo (LS)

Il calcolo delle emissioni viene effettuato per ogni record contenuto nella tabella TL_ARCO e univocamente identificato dal campo ID_ARCO. Tale record contiene le informazioni relative ad un senso di marcia di un tratto stradale a sua volta identificato dal campo COD_ARCO.

Gli algoritmi di calcolo che seguono sono quindi riferiti al singolo arco e ad uno dei due¹ sensi di marcia, le emissioni vengono calcolate per una sola ora di ogni fascia oraria, tipo-giorno e tipo mese e moltiplicate per il corrispondente numero di ore.

L'emissione in tonnellate/ora² di inquinante 'i' allo scarico del veicolo 'j' su un singolo arco³ è la seguente:

¹ Si noti che esistono anche archi caratterizzati da un solo senso di marcia (solo SENSO_MARCIA '1', o solo SENSO_MARCIA '2').

² Nel caso dell'inquinante CO₂ (ID_INQ 6) è espressa in [kilotonnelate/ora]. Si vedano anche le note 13 e 14.

³ Inteso come ID_ARCO in TL_ARCO, ossia come singolo SENSO_MARCIA di un arco (COD_ARCO). In tutta la descrizione degli algoritmi di questo paragrafo per brevità, si intenderà riferirsi sempre all'ID_ARCO ogni qualvolta si parli di "ARCO".

$$[\text{Emissione Arco}]_{i,j} = [\text{Percorrenza Arco}]_j \cdot [\text{Fattore di emissione a caldo}]_{i,j}^4 \cdot [\text{Fattore correttivo invecchiamento}]_{i,j} \cdot [\text{Fattore correttivo combustibile}]_{i,j} \cdot [\text{Fattore correttivo pendenza e carico trasportato}]_{i,j} \cdot [10^{-6}]^5 \quad [1.]$$

1.1.1 Calcolo della percorrenza

$$[\text{Percorrenza Arco}]_j = [\text{Lunghezza Arco}] \cdot [\text{Num.Veicoli}]_j \quad [2.]$$

In cui:

$[\text{Percorrenza Arco}]_j$ = percorrenza oraria dei veicoli di tipo 'j' sull'arco considerato.

$[\text{Lunghezza Arco}]$ = espressa in km e contenuta nel campo LUNGHEZZA di TL_ARCO

$$[\text{Num.Veicoli}]_j = [\text{NVsett}]_k \cdot \frac{([\text{NV}_{\text{Parco}}]_j \cdot [\text{P}_M]_j)_k}{(\sum_j^6 [\text{NV}_{\text{Parco}}]_j \cdot [\text{P}_M]_j)_k} \quad [3.]$$

dove:

$[\text{Num.Veicoli}]_j$ = numero veicoli di tipo 'j' transitanti sull'arco in un'ora.

$[\text{NVsett}]_k$ = numero veicoli appartenenti al settore 'k' (ID_SETTORE in TL_ARCO_VEICOLI e in TLD_TIPO_VEICOLO) transitanti sull'arco in un'ora.

in cui:

$$[\text{NVsett}]_k = [\text{NVsett}_{\text{rif}}]_k \cdot [\text{Coeff Temporale}]_k \quad [4.]$$

$[\text{NVsett}_{\text{rif}}]_k$ = numero di veicoli del settore 'k' transitanti sull'arco nell'ora di riferimento (NUMERO_VEICOLI in TL_ARCO_VEICOLI). Tale dato risulta dall'applicazione dei modelli di assegnazione del traffico e da campagne di monitoraggio dei flussi.

$[\text{Coeff Temporale}]_k$ = Contenuto in TL_CURVA_DISTRIBUZIONE, è un fattore che, moltiplicato per il numero veicoli di ID_SETTORE 'k' all'ora di riferimento, fornisce il numero di veicoli transitanti in un'ora di una data fascia oraria (ID_FASCIA_ORARIA) e di un tipo giorno e mese (ID_STAGIONE_GIORNO).

e dove:

$[\text{NV}_{\text{Parco}}]_j$ = numero di veicoli di tipo 'j' costituenti il parco circolante regionale (NUMERO_VEICOLI in TL_PARCO_REG) per l'ANNO DI CENSIMENTO considerato.

$[\text{P}_M]_j$ = 'percorrenza annua sulla rete lineare' attribuibile alla classe di veicoli 'j' (PERCORRENZA_MEDIA_LIN in TLD_TIPO_VEICOLO)⁷.

⁴ Non si è ritenuto corretto attribuire emissioni a freddo agli archi della rete extraurbana. La quota di emissioni a freddo da associare, secondo la metodologia copert, alle percorrenze extraurbane viene calcolata separatamente e attribuita al traffico urbano.

⁵ Fattore di conversione delle unità di misura da grammi a tonnellate (da kg a kt per CO₂).

⁶ La sommatoria va eseguita su tutti i CODICI_COPART 'j' appartenenti al corrispondente ID_SETTORE 'k'.

⁷ Nell'ipotesi che le auto più vecchie siano utilizzate prevalentemente per spostamenti urbani, è stata introdotta la percorrenza lineare per poter differenziare, in funzione dell'età del veicolo, non solo la percorrenza totale ma anche la sua ripartizione tra lineare e diffuso.

1.1.2 Calcolo del fattore di emissione a caldo

Nella metodologia Copert il fattore di emissione a caldo per l'inquinante 'i' e per il veicolo di Codice 'j', così come il consumo di combustibile, è espresso in [g/km]⁸ in funzione della velocità mediante la seguente formula generale⁹:

$$[\text{Fattore di emissione a caldo}]_{i,j} = (a \cdot V^2 + b \cdot V + c + d/V) \cdot (n \cdot P_c + o) / (e \cdot V^2 + f \cdot V + g) \cdot r \quad [5.]$$

dove:

a, b, c... r = Coefficienti dipendenti da 'i' e 'j', pubblicati sul uidebook Emep e inseriti in TLD_FATTORI_EMISSIONI, validi in un determinato intervallo di velocità (tra VMIN e VMAX)

V = velocità di percorrenza dell'arco. Calcolata come frazione (FRAZ_VELOCITA in TL_CURVA_DEFLUSSO) della massima velocità di percorrenza (VELOCITA_MAX in TL_ARCO) corrispondente alla frazione utilizzata (FRAZ_CAPACITA in TL_CURVA_DEFLUSSO) della capacità dell'arco (CAPACITA_MAX in TL_ARCO). Generalmente viene assegnata la stessa velocità a tutti i veicoli. Nel caso in cui la velocità calcolata ecceda i limiti di validità della [5], o superi il valore massimo impostato per il settore e per il tipo di strada (VMAX_SETT in TL_STRADA_ATTIVITA) viene assegnata al veicolo la velocità più vicina al valore calcolato che rientri nel campo di applicazione della [5] e non ecceda VMAX_SETT. Per la sua determinazione si utilizza la [9.] (si veda il punto 6).

Nella tabella TLD_FATTORI_EMISSIONI possono essere presenti più insiemi di coefficienti a, b... r. Vengono utilizzati per il calcolo delle emissioni solo quelli che hanno il campo ID_PRIORITA impostato a 1.

1.1.3 Calcolo del fattore correttivo invecchiamento

I fattori di emissione Copert sono stati definiti sulla base di misure effettuate su veicoli con 30000-50000 km di percorrenza accumulata. La metodologia mette a disposizione fattori correttivi per simulare il progressivo degrado delle prestazioni del motore e del sistema di abbattimento delle emissioni a partire dalle condizioni iniziali di funzionamento ottimale.

Il fattore correttivo per l'invecchiamento FCInv per l'inquinante 'i' e il tipo veicolo 'j' in funzione della velocità V è espresso dalla seguente formula:

$$\begin{aligned} [\text{FCInv}]_{i,j} &= [\text{MCudc}]_{i,j} & V < 19 \text{ km/h} \\ [\text{FCInv}]_{i,j} &= [\text{MCudc}]_{i,j} + (V-19) \cdot ([\text{MCEudc}]_{i,j} - [\text{MCudc}]_{i,j})/44 & 19 \text{ km/h} < V < 63 \text{ km/h} \\ [\text{FCInv}]_{i,j} &= [\text{MCEudc}]_{i,j} & V > 63 \text{ km/h} \end{aligned} \quad [6.]$$

dove:

⁸ Nel caso dell'inquinante CO₂ (ID_INQUINANTE 6) va espresso in [kg/km]

⁹ Il modello COPERT stima le emissioni di SO₂, CO₂ e metalli pesanti in funzione del consumo di combustibile. Anche per questi inquinanti è possibile esprimere il FE nella forma [5] ma per abbreviare i tempi di elaborazione le rispettive emissioni sono calcolate moltiplicando i consumi per il fattore contenuto in TLD_INQUINANTI_COMB. Il fattore di emissione dell'anidride carbonica viene inserito dalla procedura PREPARA TRAFFICO utilizzando la relazione ricavata dalla reazione stechiometrica:

$$\text{massa di CO}_2 = (\text{massa di combustibile}) \cdot [44.011 / (12.011 + 1.008 \cdot r_{H/C} + 16 \cdot r_{O/C})]$$

dove $r_{H/C}$ = rapporto tra gli atomi di idrogeno e di carbonio nel combustibile

$r_{O/C}$ = rapporto tra gli atomi di ossigeno e di carbonio nel combustibile

[MCudc]_{i,j} = Fattore correttivo a velocità < 19 km/h (in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO)
 [MCEudc]_{i,j} = Fattore correttivo a velocità > 63 km/h (in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO)

I fattori Mcudc e MCEudc sono a loro volta dati dalla seguente espressione ¹⁰:

$$A_{ij} \cdot M_j + B_{ij}$$

dove:

A_{ij}, B_{ij} = Coefficienti forniti dalla metodologia Copert per velocità inferiori a 19 km/h e superiori a 63 km/h (A, B, V in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO_INT)

M_j = Minor valore tra la percorrenza media accumulata per i veicoli della classe copart 'j' (PERC_ACCUM in TLD_TIPO_VEICOLO) e la percorrenza di stabilizzazione indicata da Copert (PERC_STAB in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO_INT)

1.1.4 Calcolo del fattore correttivo combustibile

Dalla versione III di Copert è stato introdotto un fattore correttivo per tenere conto dell'effetto della migliore qualità dei combustibili, introdotti in diverse fasi a partire dal 2000, sulle emissioni dei veicoli di tipo legislativo precedente all'euro 3.

Tale fattore correttivo [fcorr_relativo]_{i,j} per l'inquinante 'i' e il tipo veicolo 'j' va inserito nel campo omonimo della tabella TLD_FATTORE_COMBUSTIBILE. Il nome del campo deriva dal fatto che il fattore di correzione è dato dal rapporto:

$$[fcorr_relativo]_{i,j} = [FC_{anno}]_{i,j} / [FC_{base}]_{i,j} \quad [7.]$$

dove:

FC_{anno} = funzione, definita da Copert, delle proprietà del combustibile venduto a partire da *anno*

anno = 2000 o 2005

base = 1996 per pre euro 3, 2000 per euro 3, 2005 per euro IV

1.1.5 Fattore correttivo pendenza e carico trasportato

La versione 4 della metodologia Copert fornisce, per i mezzi pesanti, fattori emissione per tre valori di carico (0, 50 e 100% della portata) e per sette valori di pendenza stradale (-6%, -4%, -2%, 0, 2%, 4%, 6%). In Inemar la dipendenza di tali fattori di emissione dalla pendenza è stata implementata tramite una funzione continua della pendenza stradale tra -6% e +6% che interpola i valori forniti dalla metodologia. Nella tabella TLD_FATTORI_EMISSIONI sono stati inseriti i fattori di emissione a caldo relativi a pendenza stradale nulla e ai tre possibili valori di carico specificati nel campo LP. La percentuale di carico da utilizzare nel calcolo è specificata per ogni classe veicolare dal campo LP della tabella TLD_TIPO_VEICOLO (**NOTA BENE: 0, 50, 100 per i pesanti; 50 per tutti gli altri veicoli**). Il fattore di correzione pendenza relativo all'inquinante 'i', al tipo veicolo 'j' e alla percentuale di carico LP, in funzione della velocità V e della pendenza P è espresso nella forma seguente:

$$[fc_pend(V,P)]_{LP,i,j} = (a2 \cdot P^2 + a1 \cdot P + a0) \cdot \exp(-b0 \cdot V) + (c2 \cdot P^2 + c1 \cdot P + c0) \cdot \exp(d0 \cdot V) \quad [8.]$$

i parametri a0, a1, a2, c0, c1, c2, b0, d0 sono contenuti nella tabella TLD_FATTORE_PENDENZA in corrispondenza di ciascun codice_copart, id_inquinante, LP.

1.1.6 Definizione della 'velocità effettiva' di percorrenza dell'arco

La 'velocità effettiva' di percorrenza dell'arco, necessaria alla determinazione del fattore di emissione a caldo e dei fattori correttivi invecchiamento e pendenza si calcola in base alla [9.]:

$$[V] = [velocità_max] \cdot [fraz_velocità] \quad [9.]$$

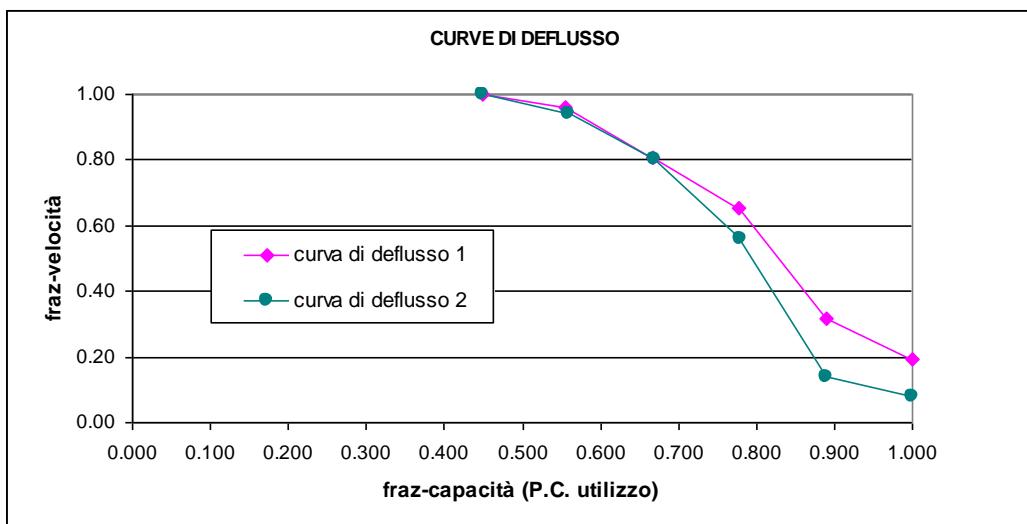
¹⁰ I fattori MCudc e MCEudc vengono calcolati e inseriti in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO dalla procedura PREPARA TRAFFICO a partire dai valori A, B, M contenuti in TLD_FATTORE_INVECCHIAMENTO_INT

dove:

[V] Velocità effettiva di percorrenza dell'arco, corrispondente (mediante FRAZ_VELOCITA in TL_CURVA DEFLUSSO) ad un dato utilizzo dell'arco (FRAZ_CAPACITA in TL_CURVA DEFLUSSO) rispetto alla sua capacità. È attribuita a tutti i veicoli.

[velocità_max] = Velocità massima caratteristica dell'arco (VELOCITA_MAX in TL_ARCO). È espressa in km/h.

[fraz_velocità] = Frazione della velocità massima caratteristica dell'arco (FRAZ_VELOCITA in TL_CURVA_DEFLUSSO). È ricavata dalla curva di deflusso associata all'arco (CODICE_CURVA in TL_ARCO e in TL_CURVA_DEFLUSSO) in corrispondenza del valore della frazione di capacità (FRAZ_CAPACITA in TL_CURVA DEFLUSSO) che meglio approssima il valore di FC calcolato mediante la [10.]
 Le curve di deflusso descrivono il legame intercorrente tra il flusso di veicoli, inteso come percentuale (FRAZ_CAPACITA in TL_CURVA DEFLUSSO) della capacità massima dell'arco (CAPACITA_MAX in TL_ARCO), e la velocità effettiva dell'arco, espressa come percentuale (FRAZ_VELOCITA in TL_CURVA_DEFLUSSO) della velocità massima caratteristica dell'arco (VELOCITA_MAX in TL_ARCO). Un esempio di due differenti curve di deflusso è riportato nella figura sottostante.



La frazione di capacità (FC) da calcolare per la determinazione della [fraz-velocità] da usare nella [9.] è data dalla relazione:

$$FC = \frac{NVE}{CAPACITA_MAX} \quad [10.]$$

dove:

CAPACITA_MAX capacità massima caratteristica dell'arco stradale (CAPACITA_MAX in TL_ARCO). È espressa in: numero veicoli equivalenti/ora.

NVE = Numero di veicoli equivalenti transitanti sull'arco nell'ora considerata.

dove con riferimento alla [3] si ha:

$$NVE = \sum_k ([NVsett]_k \cdot [Fattore\ di\ Equivalenza]_k) \quad [11.]$$

[Fattore di Equivalenza]_k = Numero di veicoli di riferimento cui equivale, per dimensioni, il veicolo di ID_SETTORE considerato.

1.2 Emissioni da usura (LU)

Rispetto a quanto detto finora per le emissioni allo scarico varia l'espressione del fattore di emissione.

La [1] va infatti modificata come segue:

$$[\text{Emissione Arco}]_{i,j} = \sum_U [\text{Percorrenza Arco}]_j \cdot [\text{FE usura}]_{j,U} \cdot [\text{FC velocità}]_U \cdot [\text{Fraz gran}]_{i,U} \cdot [10^{-6}] \quad [12.]$$

dove:

[Emissione Arco]_{i,j} = emissione di particolato di granulometria 'i' (FK_ID_INQUINANTE in TLD_DIST_POLVERI) in [tonnellate].
 [FE usura]_{j,U} = fattore di emissione del particolato totale (ID_INQUINANTE 10) emesso dal veicolo di tipo 'j' a causa del processo 'U' (usura freni, pneumatici o strada: TIPO_USURA in TLD_DIST_POLVERI, TLD_USURA_ATTR, TLD_CORR_USURA).
 [Fraz gran]_{i,U} = Frazione del particolato totale emesso a causa del processo 'U' costituita da particolato di granulometria 'i',
 [FC velocità]_U = fattore di correzione al fattore di emissione, dipendente dalla velocità di percorrenza V secondo la relazione:

$$[\text{FC velocità}]_{i,j} = A_U + B_U \cdot V$$

in cui: A_U B_U sono coefficienti indicati dalla metodologia Emep e contenuti in TLD_CORR_USURA. In generale assumono valori diversi per diversi intervalli di velocità (VMIN e VMAX in TLD_CORR_USURA)

1.3 Emissioni evaporative (LE)

Le emissioni evaporative considerate dalla procedura 'emissioni lineari' sono esclusivamente le cosiddette *hot running losses* ovvero quelle prodotte durante la marcia del veicolo.

Vale ancora una espressione analoga alla [1] applicata però esclusivamente all'inquinante SOV (Id_inquinante 10040: composti organici volatili incluso il metano):

$$[\text{Emissione Arco}]_j = [\text{Percorrenza Arco}]_j \cdot [\text{FE hr}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [13.]$$

dove:

fatt_evaporativo = 1 per veicoli alimentati a benzina, 0 per veicoli alimentati con altri combustibili, 0.2 per ciclomotori, 0.4 per moto (FATTORE_EVAPORATIVO in TLD_TIPO_VEICOLO).

[FE hr]_j = fattore di emissione in g/km per il tipo veicolo 'j' è dato dalla seguente espressione:

$$0.136 \cdot \exp(-5.967 + 0.04259 \cdot \text{rvp} + 0.1773 \cdot \text{Tm}) \cdot \text{fatt_riduttivo}$$

in cui:

rvp = tensione di vapore del combustibile in kPa (RVP in TLD_COMBUSTIBILI_RVP)
 Tm = temperatura media mensile (TEMP_MEDIA in TLD_TEMPERATURA) per il comune di fascia climatica considerata (FK_ID_CLASSE_CLIMATICA in TLD_TEMPERATURA e ISTAT_COMUNI)
 fatt_riduttivo = 1 per veicoli con impianto di alimentazione sprovvisto di canister
 0.1 per veicoli dotati di canister (CODICE_CANISTER =1 in TLD_TIPO_VEICOLO)

1.4 Raggruppamento delle emissioni

1.4.1 Aggregazione spaziale

I risultati dei calcoli descritti sono riportati nelle tabelle TAB_OUTPUT e TRAFFICO_INTERMEDI con diversi livelli di aggregazione.

In TAB_OUTPUT sono riportate per ogni inquinante le emissioni annuali raggruppate per comune, attività secondo la classificazione SNAP 97, combustibile. Al campo TIPO_EMISSIONE viene assegnato il valore TL (traffico lineare).

In TRAFFICO_INTERMEDI viene riportata anche l'informazione riguardante il tipo di veicolo (CODICE_COPART) e il TIPO_EMISSIONE: LSC per emissioni allo scarico a caldo, LU per le emissioni da usura, LE per le evaporative.

A richiesta, oltre che nelle precedenti tabelle, i risultati possono essere salvati anche in TL_TRAFF_ARCO_PROV_ATT_COMB (con dettaglio di arco, combustibile, attività) o in TL_TRAFF_ARCO_COMUNE_COPERT (con dettaglio di arco, tipo veicolo, combustibile, attività). Quest'ultima tabella **conserva i risultati per un solo comune**, a meno di impostare manualmente a 'FALSE', nel codice PROCEDURE LANCIO_TL, il parametro con cui viene chiamata la procedura LANCIO_TL_DETT_COM.

1.4.2 Aggregazione temporale

L'aggregazione temporale, ai fini del calcolo delle emissioni 'annue', avviene secondo le seguenti procedure:

1. Le emissioni della singola fascia oraria 'm' sono ottenute dal prodotto delle emissioni orarie calcolate (caratterizzato da una fascia oraria, un giorno tipo e una stagione) per il numero di ore di quella fascia oraria:

$$[\text{Emissione fascia oraria}]_{ijm} = [\text{Emissione Arco}]_{ijm} \cdot [\text{N ore fascia oraria}]_m \quad [14.]$$

dove:

[Emissione fascia oraria]_{ijm} Emissione dell'inquinante 'i' imputabile al tipo di veicolo definito dal Codice Copart 'j' per la fascia oraria 'm'. È espressa in tonnellate.

[Emissione Arco]_{ijm} Emissione dell'inquinante 'i' imputabile al tipo di veicolo definito dal Codice Copert 'j' sull'arco considerato. È espressa in tonnellate/ora¹¹. Viene calcolata mediante la [1].

[N ore fascia oraria]_m Numero di ore costituenti la fascia oraria 'm' (NUMERO_ORE in TL_FASCIA).

Le emissioni del giorno tipo 'n'¹² sono ottenute come somma delle emissioni delle differenti fasce orarie¹³:

$$[\text{Emissione giorno-tipo}]_{ijn} = \sum_{m=1..4} [\text{Emissione fascia oraria}]_{ijm} \quad [15.]$$

[Emissione giorno-tipo]_{ijn} Emissione dell'inquinante 'i' imputabile al tipo di veicolo 'j' per il giorno tipo 'n'. È espressa in tonnellate

2. Le emissioni per stagione sono date dalla somma delle emissioni giornaliere dei 3 'giorni tipo' considerando, per ciascuna, il numero di giorni con cui il 'giorno tipo' si ripresenta nella stagione:

$$[\text{Emissione stagione}]_{ijp} = \sum_{n=1..3} [\text{Emissione giorno-tipo}]_{ijn} \cdot [\text{N giorni}]_{n,p} \quad [16.]$$

¹¹ Nel caso dell'inquinante CO₂ (ID_INQUINANTE 6) l'unità di massa sono le [kilotonnellate]. Si vedano anche le note 9,13,14.

¹² Sono stati definiti 3 giorni tipo e 4 stagioni (COD_TIPO_GIORNO e MESE in TLD_FERIALI_FESTIVI): giorno feriale '1', giorno prefestivo '2', giorno festivo '3'; inverno '1', primavera '2', estate '3', autunno '4'.

¹³ Attualmente sono definite 4 fasce orarie (CODICE_FASCIA in TL_CURVA DISTRIBUZIONE): dalle 7.00 alle 10.00 '1', dalle 10.00 alle 17.00 '2', dalle 17.00 alle 21.00 '3', dalle 21.00 alle 07.00 '4'.

[Emissione stagione]_{ijp} Emissione dell'inquinante 'i' imputabile al tipo di veicolo 'j' per la stagione 'p'. È espressa in tonnellate.

[N giorni]_{np} numero di giorni del giorno tipo 'n' nella stagione 'p' (NR_GIORNI in corrispondenza di COD_TIPO_GIORNO e MESE in TLD_FERIALI_FESTIVI).

3. Le emissioni annuali sono date dalla somma di tutte le emissioni stagionali e vengono riportate in TRAFFICO INTERMEDI in tonnellate.

1.4.3 Aggregazione per attività

Nell'aggregazione per ATTIVITÀ (ID_ATTIVITA in TAB-OUTPUT e in TRAFFICO INTERMEDI) è conservata sia l'informazione relativa al settore di appartenenza del tipo di veicolo: auto, merci leggeri... (ID_SETTORE in SNAP_SETTORE e in TLD_TIPO_VEICOLO) che alla tipologia di strada: autostrada, strada extraurbana, strada urbana (ID_TIPO_STRADA in TL_ARCO, TL_TIPO_STRADA, TL_STRADA_ATTIVITA; ID_ATTIVITA in SNAP_ATTIVITA).

1.5 Emissioni lineari a freddo (LSF)

La metodologia Copert assume che una frazione della percorrenza di ogni veicolo venga compiuta con motore e sistema di abbattimento a freddo, quindi con fattore di emissione maggiore rispetto alle condizioni di marcia a regime. La metodologia attribuisce inoltre tale surplus di emissioni all'ambito urbano.

La procedura di calcolo finora descritta è applicata al singolo arco stradale tipicamente extraurbano dove le condizioni di marcia si possono considerare a regime. L'ipotesi che una frazione delle percorrenze su ogni arco sia compiuta con motore a freddo darebbe luogo ad una sovrastima delle emissioni per i comuni interessati da elevati flussi di attraversamento. Si è quindi preferito trattare le emissioni a freddo come emissioni diffuse urbane calcolandole su una frazione della percorrenza complessiva regionale ripartita fra tutti i comuni.

La somma delle percorrenze lineari annuali per tutti i veicoli dello stesso tipo è effettuata dalla procedura 'prepara traffico' che va eseguita prima di ogni altra. La procedura 'emissioni lineari' ripartisce tali percorrenze tra i comuni della regione in base ai valori assunti dalla variabile proxy identificata con il codice 1 (FK_ID_PROXY in TD_VAL_PROXY)¹⁴.

La descrizione dettagliata del metodo di calcolo delle emissioni a freddo non verrà fornita qui perché del tutto analoga a quella delle emissioni diffuse di seguito trattata.

2 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.

¹⁴ Il valore utilizzato attualmente per la id_proxy 1 è pari alla popolazione comunale

2.1 Emissioni allo scarico a caldo (DSC)

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:

$$[\text{Emissione}]_{I,J} = [\text{Percorrenza}]_J \cdot [\text{Fattore di emissione a caldo}]_{I,J}^{15} \cdot [\text{Fattore correttivo invecchiamento}]_{I,J} \cdot [\text{Fattore correttivo combustibile}]_{I,J} \cdot [\text{Fattore correttivo carico trasportato}]_{I,J} \cdot [10^{-6}] \quad [17.]$$

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*.

2.1.1 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:

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

dove:

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

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

$[\text{Proxy}]_{C,J}$ = 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'.

$[\text{Somma proxy}]_F$ = somma dei valori di $[\text{Proxy}]_{C,J}$ 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 *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.

2.2 Emissioni allo scarico a freddo (DSF)

Quanto segue conclude anche la trattazione delle emissioni lineari a freddo, iniziata al paragrafo 1.5, ove si utilizzi la percorrenza ivi definita.

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

¹⁵ Tutti i fattori emissione necessari vengono pre calcolati dalla procedura prepara traffico e inseriti nelle tabelle TDI... per ogni velocità presente in *TD_VELOCITA*

$$[Emi_cold]_{i,j} = [Percorrenza]_j \cdot [\beta] \cdot [corr \beta]_{i,j} \cdot ([Fattore \ di \ emissione \ a \ caldo]_{i,k} \cdot [Fattore \ correttivo \ combustibile]_{i,j} \cdot [R_{FC} - 1]_{i,j} + a_{ij} \cdot [n_{ij} \cdot P_{Cj} + o_{ij}]) \cdot [10^{-6}] \quad [18.]$$

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 a benzina euro > 1 va usato il fattore relativo a euro 1).

I fattori non ancora descritti sono i seguenti:

$$[\beta] = \text{Frazione di percorrenza compiuta con motore freddo, pari a:} \\ 0.6474 - 0.025 \cdot L_{trip} - (0.00974 - 0.000385 \cdot L_{trip}) \cdot t_{media} \quad [19.]$$

con:

L_{trip} = 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

$[corr \beta]_{i,j}$ = fattore correttivo a $[\beta]$ per veicoli a benzina di categoria superiore alla euro 1 (*CORRETTIVO_BETA* in *TLD_CORRETTIVI_BETA*)

$$[R_{FC}]_{i,j} = \text{rapporto fra emissione a freddo e a caldo definito dalla relazione:} \\ A \cdot V + B \cdot t_{media} + C \quad [20.]$$

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*).+

2.3 Emissioni da usura (DU)

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:

$$[Emissione]_{i,j} = \sum_U [Percorrenza]_j \cdot [FE \ usura]_{i,U} \cdot [FC \ velocit\grave{a}]_U \cdot [Fraz \ gran]_{i,U} \cdot [10^{-6}] \quad [21.]$$

2.4 Emissioni evaporative (DE)

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, in particolare a 1.3 e 2.2, per il significato dei termini già descritti.

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

$$[Emissione \ hr]_j = [Percorrenza]_j \cdot (1 - [\beta]) \cdot [FE \ hr]_j \cdot fatt_evaporativo \cdot [10^{-6}] \quad [22.]$$

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

$$[\text{Emissione wr}]_j = [\text{Percorrenza}]_j \cdot [\beta] \cdot [\text{FE wr}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [23.]$$

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':

$$[\text{Emissione d}]_j = [\text{Numero veicoli}]_j \cdot [\text{FE d}]_j \cdot [\text{Fraz_emi_ora}] \cdot [10^{-6}] \quad [24.]$$

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_PROFILLO_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:

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

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

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:

$$[\text{Emissione hs}]_j = [\text{Numero viaggi}]_j \cdot (1 - [\beta]) \cdot [\text{FE hs}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [25.]$$

$$[\text{Emissione ws}]_j = [\text{Numero viaggi}]_j \cdot [\beta] \cdot [\text{FE ws}]_j \cdot \text{fatt_evaporativo} \cdot [10^{-6}] \quad [26.]$$

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

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

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

$$[\text{Percorrenza annua}]_j = \text{percorrenza annua dei veicoli di tipo 'J' (PERCORRENZA_MEDIA in TLD_TIPO_VEICOLO)}$$

$$[\text{Fraz_viaggi_ora}]_j = \text{frazione del numero di viaggi giornalieri portati a termine all'ora considerata (FRAZIONE_HOT_SOAK in TD_PROFILLO_HOTSOAK)}$$

$$[\text{FE hs}]_j = \begin{cases} 3.0042 \cdot \exp(0.02 \cdot \text{rvp}) & \text{per veicoli a carburatore senza canister} \\ 0.3 \cdot \exp(-2.41 + 0.02302 \cdot \text{rvp} + 0.09408 \cdot T_m) & \text{per veicoli a carburatore con canister} \\ 0.7 & \text{per veicoli a iniezione senza canister} \\ 0 & \text{per veicoli a iniezione con canister} \end{cases}$$

$$[\text{FE ws}]_j = \begin{cases} \exp(-1.644 + 0.01993 \cdot \text{rvp} + 0.07521 \cdot T_m) & \text{per veicoli a carburatore senza canister} \\ 0.2 \cdot \exp(-2.41 + 0.02302 \cdot \text{rvp} + 0.09408 \cdot T_m) & \text{per veicoli a carburatore con canister} \\ 0 & \text{per veicoli a iniezione} \end{cases}$$

3 Metodologia di calcolo degli inquinanti derivati

Quanto segue vale sia per la procedura 'Emissioni lineari' che per la procedura 'Emissioni diffuse'.

I metodi di calcolo descritti finora potrebbero essere applicati a tutti gli inquinanti considerati dalla metodologia purché si inseriscano in tutte le tabelle i record necessari. D'altra parte poiché, sempre secondo la metodologia Copert, le emissioni di **metalli**, **CO₂** e **SO₂** sono direttamente proporzionali al consumo di combustibile, risulta conveniente dal punto di vista computazionale calcolare a posteriori le emissioni di tali inquinanti a prezzo di un accettabile incremento nella complessità delle procedure di calcolo.

L'emissione di un inquinante 'I' proporzionale al consumo del combustibile 'F' è quindi calcolata mediante la seguente espressione:

$$[\text{Emissione}]_{I,F} = [\text{Consumo}]_F \cdot [\text{fattore consumo}]_{I,F} \quad [27.]$$

Dove il consumo è presente nelle tabelle contenenti i risultati, essendo calcolato come emissione dell'inquinante 10280. Il fattore di proporzionalità tra consumo, espresso in tonnellate, ed emissione, espressa in un'unità dipendente dall'inquinante (FK_ID_UM_EM in INQUINANTI e ID_UM in T_UNITA_MISURA), è contenuto nel campo VALORE della tabella TLD_INQUINANTI_COMB.

Per gli inquinanti SO₂, CO₂ e CO₂ lorda il campo VALORE viene popolato dalla procedura *Prepara traffico* in funzione rispettivamente del tenore di zolfo (TLD_CARBURANTI.TENORE_ZOLFO) e della percentuale di biocombustibile contenuta nei carburanti (TLD_CARBURANTI.PERC_BIOCOMB)

Analogamente le emissioni allo scarico di PM₁₀ (id_inquinante = 9) e PM_{2.5} (id_inquinante = 33) non sono calcolate singolarmente ma considerate pari alle emissioni di PTS (id_inquinante = 10)

Infine le emissioni di COVNM (id_inquinante = 3) sono calcolate per sottrazione delle emissioni di CH₄ (id_inquinante = 4) da quelle dei composti organici volatili totali SOV (id_inquinante = 10040).

Si noti che in generale è possibile attribuire qualunque valore al codice identificativo di un inquinante purché rimanga lo stesso in tutte le tabelle. Tuttavia le procedure fanno esplicitamente riferimento al codice identificativo di alcuni inquinanti, ciò implica che la loro eventuale modifica rende necessaria anche la modifica di tali procedure. Gli inquinanti sono i seguenti:

Consumo di combustibile:	id_inquinante = 10280
PTS	id_inquinante = 10
PM ₁₀	id_inquinante = 9
PM _{2.5}	id_inquinante = 33
SOV	id_inquinante = 10040
CH ₄	id_inquinante = 4
COV	id_inquinante = 3
CO ₂	id_inquinante = 6
CO ₂ lorda	id_inquinante = 10434