

- *Stima della costante di degradazione k*

Il valore della costante di degradazione del rifiuto smaltito in discarica,  $k$ , viene stimato a partire dai valori di  $k$  delle singole frazioni merceologiche costituenti il rifiuto  $w$ , come media pesata utilizzando come pesi i valori delle percentuali della frazione nel rifiuto.

In altre parole:

$$K_w = \sum_i k_{i,w} \cdot \frac{FM_i}{100}$$

Dove:

- $K_{i,w}$ : costante di generazione del carbonio per la frazione merceologica  $i$  (in L\_FRAZIONE\_MERCEOLOGICA) del rifiuto  $w$
- *Stima del contenuto di carbonio nel rifiuto (CO)*

La stima del parametro CO è più complessa rispetto a quella della costante di degradazione e avviene per passi successivi:

$$C_{b-umido,i,w} = C_{b-secco,i,w} \cdot \left( \frac{100 - U_{i,w}}{100} \right) \cdot \frac{fb_{i,w}}{100}$$

- $C_{b-umido,i,w}$ : quota percentuale di carbonio organico nella frazione merceologica del rifiuto umido [% kg/kg frazione umida] da formula
- $C_{b-secco,i,w}$ : quota percentuale di carbonio organico nella frazione merceologica del rifiuto secco [% kg/kg frazione secca] (in L\_FRAZIONI\_MERCEOLOGICHE)
- $U_{i,w}$ : umidità della frazione  $i$  del rifiuto  $w$  (% peso) (in L\_FRAZIONI\_MERCEOLOGICHE)
- $fb_{i,w}$ : frazione biodegradabile percentuale nella frazione merceologica  $i$  del rifiuto  $w$  (in L\_FRAZIONI\_MERCEOLOGICHE)

$$DOC_{i,w} = \sum_i \left( C_{b-umido,i,w} \cdot \frac{FM_i}{100} \right)$$

- $C_{b-umido,i,w}$ : quota percentuale di carbonio organico nella frazione merceologica del rifiuto umido [% kg/kg frazione umida]
- $FM_{i,w}$  = frazione merceologica percentuale della frazione  $i$  nel rifiuto  $w$  [%] (in L\_COMPOS\_MERC\_RIFIUTI)

$$DOC_w = \sum_i DOC_{i,w}$$

- $DOC_{i,w}$  = percentuale carbonio organico degradabile contenuto nel rifiuto proveniente dalla frazione  $i$  del rifiuto  $w$  (da formula)

Per ogni anno  $x$ , si calcola quindi

$$C_{0,x,w} = \frac{DOC_w}{100} \cdot \frac{DOC_f}{100}$$

- $DOC_w$  = percentuale carbonio organico degradabile contenuto nel rifiuto  $w$  (da formula)
- $DOC_f$  = frazione di carbonio organico degradabile convertibile in biogas [%] (in L\_FRAZIONE\_MERCEOLOGICA, specifico per ogni tipo rifiuto)

- *Stima della composizione del biogas*

Stima del carbonio generato

Il punto di partenza è la stima del carbonio generato nell'anno corrente t, dal quantitativo di rifiuto w depositato nell'anno x [m<sup>3</sup> anno<sup>-1</sup>]

$$C_{t,x,w} = k_w \cdot R_{x,w} \cdot CO_w \cdot e^{k(t-x)}$$

Dove:

- x: anno in cui i rifiuti vengono posti a discarica ID\_ANNO nella tabella L\_RIFIUTI\_SMALTITI;
- R<sub>x,w</sub>: ammontare di rifiuti W smaltiti nell'anno (tabella L\_RIFIUTI\_SMALTITI);
- t: anno corrente per cui si stimano le emissioni. (da definire in tabella...)
- CO<sub>x,w</sub>: carbonio potenzialmente generabile per ogni unità dei rifiuti W depositati dell'anno x [t C / t rifiuto] da formula
- k<sub>w</sub>: costante di generazione del carbonio (in L\_FRAZIONE\_MERCEOLOGICA) per il rifiuto w

$$C_t = \sum_x \left( \sum_w C_{t,x,w} \right)$$

- C<sub>t</sub>: quantità totale di carbonio generato nell'anno corrente t

Una volta calcolato C<sub>t</sub> è possibile quindi calcolare il quantitativo di biogas prodotto, con due procedure distinte, una per gli inquinanti organici contenuti e una per quelli inorganici

Composizione biogas: inquinanti organici

Dal momento che C<sub>t</sub> rappresenta le tonnellate di carbonio convertite in un determinato anno in biogas, la stima della composizione del biogas in termini di inquinanti organici richiede la ripartizione di tale valore nelle singole specie. Questo passaggio viene effettuato tramite il rapporto tra pesi molecolari degli inquinanti e del carbonio (ovvero per quegli inquinanti j che hanno il campo PC<sub>j</sub> >0 nella tabella INQUINANTI).

$$PROD_j = C_t \cdot RPC_j$$

- PROD<sub>j</sub>: produzione totale del j-simo inquinante organico (da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA) [t anno<sup>-1</sup>];
- RPC<sub>j</sub>: rapporto tra il peso dell'inquinante j e il peso del carbonio nel biogas [-] (da formula)

$$RPC_j = FC_j \cdot \frac{PA_j}{PC_j}$$

- PA<sub>j</sub>: peso atomico dell'inquinante j (da tabelle INQUINANTI)
- PC<sub>j</sub>: peso del carbonio nell'inquinante j (da tabelle INQUINANTI)
- FC<sub>j</sub>: frazione del peso di carbonio derivante dall'inquinante j nel biogas (da formula)

$$FC_j = \frac{\left( \frac{PVC_j}{22.414} \cdot PC_j \right)}{\sum_j \left( \frac{PVC_j}{22.414} \cdot PC_j \right)}$$

- PVC<sub>j</sub>: percentuale in volume dell'inquinante j nel biogas (da tabella L\_COMPOSIZIONE\_BIOGAS, specifico per ogni impianto)

Composizione biogas: inquinanti inorganici

Gli inquinanti inorganici del biogas sono gli inquinanti in cui il peso di carbonio è uguale a zero (PC<sub>k</sub> = 0), in questo caso l'algoritmo applica la seguente relazione:

$$PROD_k = \frac{PCV_k \cdot PA_k \cdot \sum_j \left( PROD_j \cdot \frac{22.414}{PA_j} \right)}{22.414 \cdot 100}$$

- $PROD_k$ : produzione totale del k-esimo inquinante inorganico (da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA) [t anno<sup>-1</sup>]
- $PVC_k$ : percentuale in volume dell'inquinante k nel biogas (da tabella L\_COMPOSIZIONE\_BIOGAS)
- $PROD_j$ : produzione del j-esimo inquinante organico [t anno<sup>-1</sup>]

Volume di biogas prodotto

Sia per gli inquinanti organici che per quelli inorganici, il volume di biogas prodotto per ogni inquinante (j o k) è pari a:

$$VOL = \frac{PROD \cdot 22.414 \cdot 10^3}{PA}$$

- VOL: volume di inquinante organico od inorganico prodotto [m<sup>3</sup> anno<sup>-1</sup>] (da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA)

- *Stima delle emissioni di biogas*

Il resto del modulo utilizza una parte del modulo puntuale. In alcuni impianti non vi è captazione di biogas, e quindi l'emissione è pari alla produzione, mentre in altri il biogas viene captato, bruciato in opportune linee e l'emissione esce dai camini. Il volume captato dei differenti inquinanti nel biogas è stimato con:

$$VOLCAP_{j\_o\_k} = \frac{\left( \sum_{linea} IND \right) \cdot 10^3 \cdot PVC_{j\_o\_k}}{100}$$

- $VOLCAP_{j\_o\_k}$ : volume captato di inquinante j o k nel biogas (da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA)
- IND: somma degli indicatori per tutte le linee (inseriti nelle tabelle di INEMAR del modulo puntuali, relativi alle sole attività 10280 e 10505) (in P\_LINEA)
- $PVC_{j\_o\_k}$ : percentuale in volume dell'inquinante j o k nel biogas (da tabella L\_COMPOSIZIONE\_BIOGAS)

Dal raffronto tra i volumi captati e quelli prodotti si ottengono quindi le emissioni non captate dei singoli inquinanti:

$$ENC_{j\_o\_k} = PROD_{j\_o\_k} \cdot \frac{VOL - VOLCAP}{VOL} \cdot (1 - OX)$$

- ENC: emissioni non captate di ogni inquinante da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA con il tipo L\_NC;
- OX: fattore di ossidazione del metano nel terreno (viene utilizzato il valore di default proposto dall'IPCC: 0,1)

- *Stima delle emissioni ai camini*

Le emissioni dei camini sono calcolate come per il modulo puntuali, sia considerando le emissioni misurate (introdotte nelle maschere) che per quelle stimate (calcolate a partire dai fattori di emissione in relazione all'attività impiegando la tabella FATTORI\_EMISSIONE).

La formula è la stessa del modulo puntuale.

$$ECM = E_{s,a,f,i} = \sum_{l,c} E_{s,a,l,f,c,i}$$

ECM: emissioni captate misurate riportate in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA

$E_{s,a,f,i}$ : emissioni misurate per lo stabilimento s, l'attività a, il combustibile f (fissato) nel comune i;

$E_{s,a,l,f,c,i}$ : emissione misurate per lo stabilimento s, l'attività a, il combustibile f, il camino c, nel comune i (inseriti nelle tabelle di INEMAR del modulo puntuali);

S: stabilimento

A: attività (scelta tra due soli tipi di attività)  
L: linea  
F: combustibile (fissato biogas)  
C: camino  
I: comune

Le emissioni  $ECM_{s,a,f,i}$  sono scritte in P\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA con il tipo L\_CM.  
Le emissioni captate stimate sono invece ottenute dalla seguente relazione:

$$ECS = \sum_{a,l,f} ES_{s,a,l,f,i} = FE_{a,f} \cdot IND_{s,a,l,f,i}$$

- ECS: emissioni captate stimate da scrivere in L\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA
- $E_{s,a,l,f,i}$ : emissione misurate per lo stabilimento s, l'attività a, il combustibile f, nel comune i
- $FE_{a,f}$ : fattore di emissione per l'attività a (l'eventuale) combustibile f (presente nella tabella FATTORI\_EMISSIONE)
- $IND_{s,a,l,f,i}$ : valore indicatore per lo stabilimento s, l'attività a, la linea reparto o macchina termica l, il combustibile biogas (uno solo) f e comune i (inseriti nelle tabelle di INEMAR del modulo puntuali)

Le emissioni  $ES_{s,a,l,f,i}$  vanno scritte in P\_RIS\_INTERMEDI\_DISCARICA con tipo L\_CS

Infine l'algoritmo aggrega le emissioni in TAB\_OUTPUT distinte per attività ed assegnando il tipo L.

Le emissioni indicate con ENC riguardano le attività con ID 419 o 10260, a seconda dei valori di ID\_ATTIVA\_CHIUSA in L\_TIPO\_DISCARICA: le emissioni delle discariche attive vanno in 419, quelle chiuse in 10260.

Le emissioni ECM e ECS vanno nelle attività 10280 e 10505, come definito dalla maschera linea-attività, come avviene per il puntuale. Può essere necessario sommare le emissioni per attività, comune e inquinante (il combustibile è lo stesso).

$$E_{a,f,i} = \sum_i ECM + ECS$$