




# Modelli di dispersione

Cristina Mangia ISAC-CNR

[c.mangia@isac.cnr.it](mailto:c.mangia@isac.cnr.it)

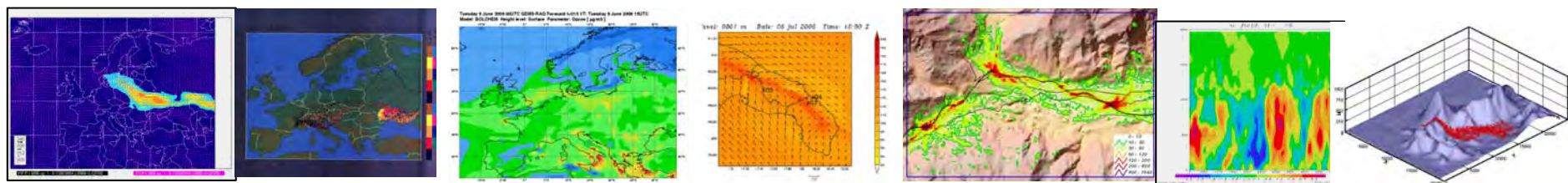
0832 298 817





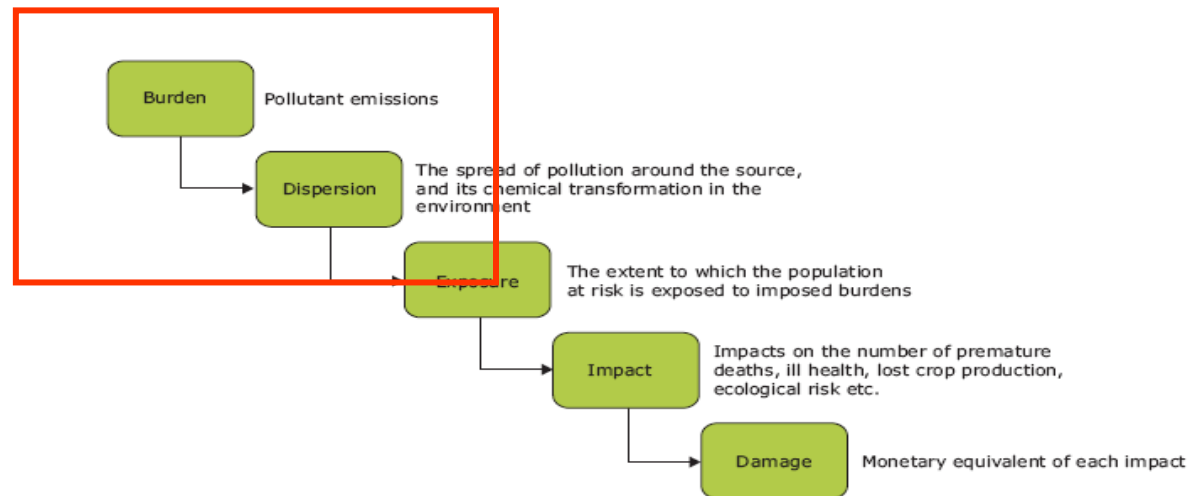
## Commessa CNR TA.P05.018. Processi di trasporto turbolento e dispersione in atmosfera per la qualità dell'aria e il clima: teoria e modellistica

D. Anfossi, M. Cervino, R. Cesari, E. Ferrero, C. Mangia, L. Mortarini, A. Maurizi,  
O. Drofa, U. Rizza, T. Tirabassi, F. Tampieri, S. Trini Castelli



# Quantificazione degli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

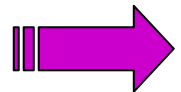
Figure 2.1 The impact pathway approach



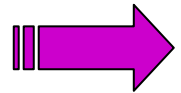
Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe

EEA Technical report No 15/2011

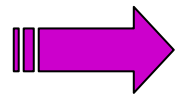
# Modelli di dispersione atmosferica



**Perché utilizziamo i modelli**

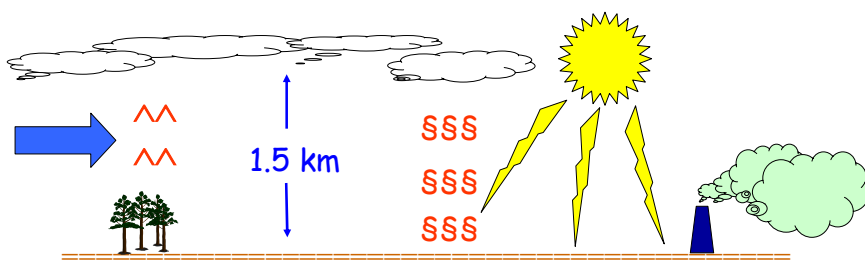


**Come sono costruiti i modelli**



**Quali risultati possiamo ottenere: alcuni casi di studio**

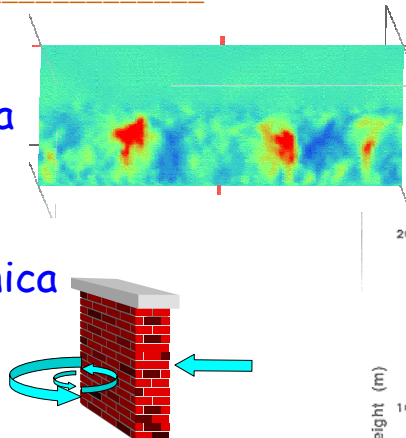
# Strato limite atmosferico



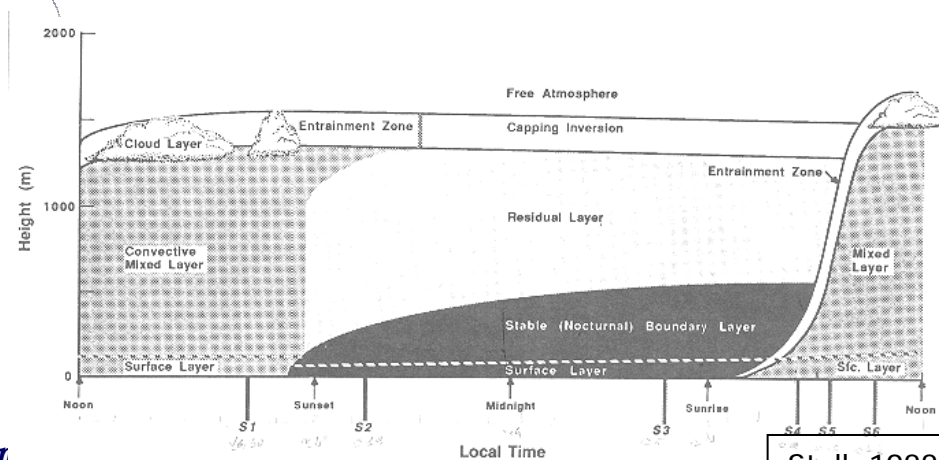
Turbolenza

Termica

Meccanica



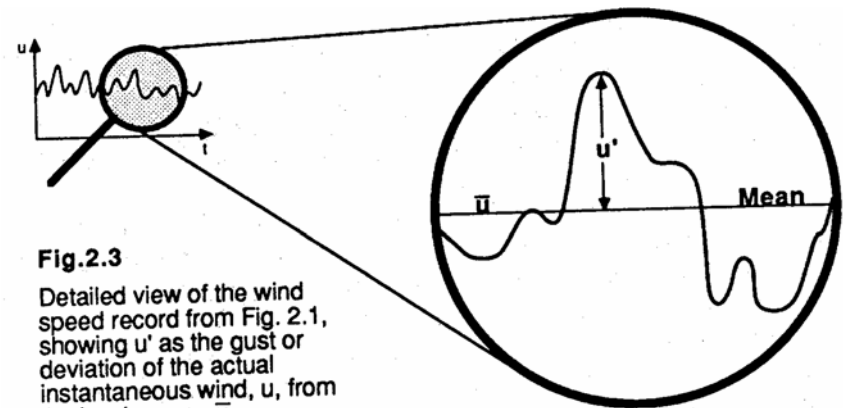
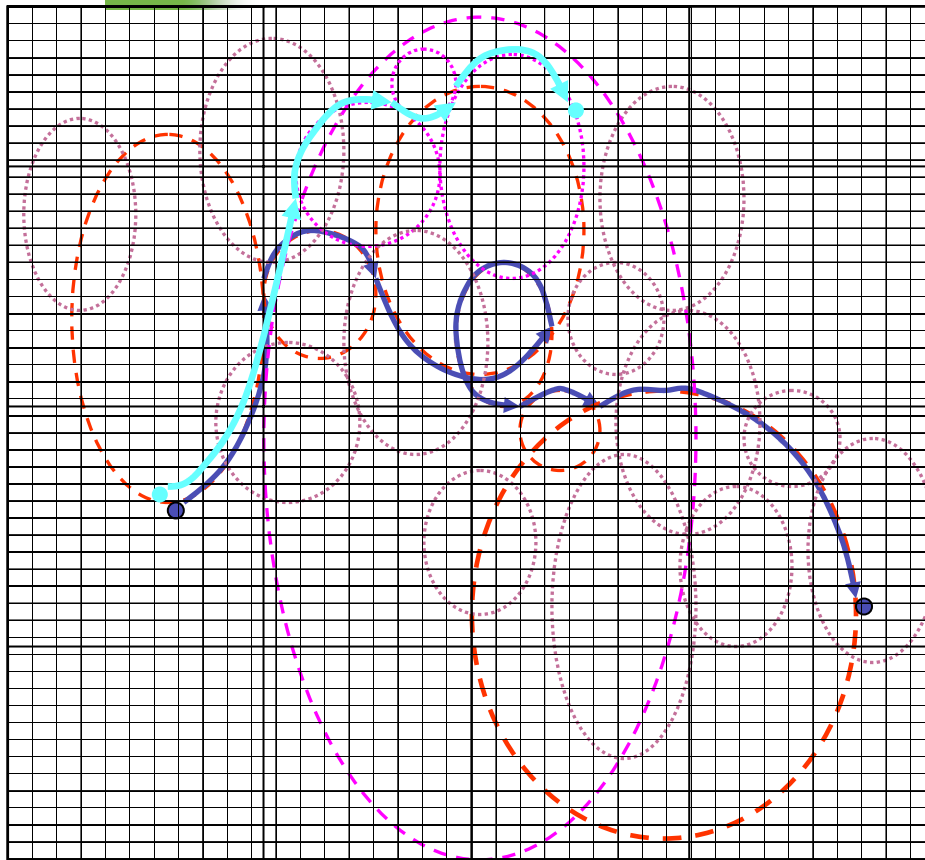
Evoluzione giornaliera



Stull, 1988



# La turbolenza atmosferica schematizzata come una sovrapposizione di vortici di differenti dimensioni

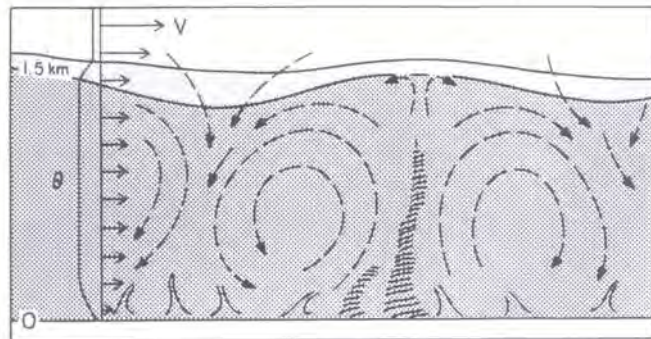


**Fig.2.3**

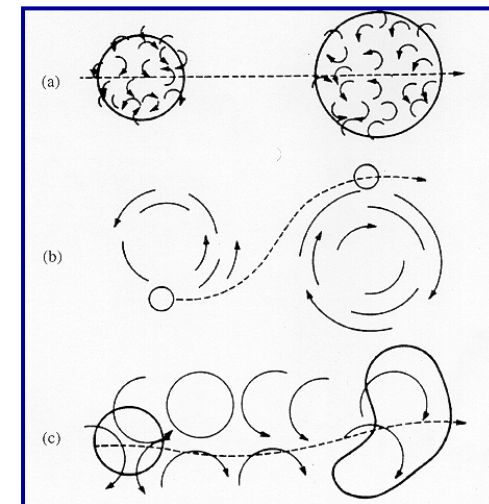
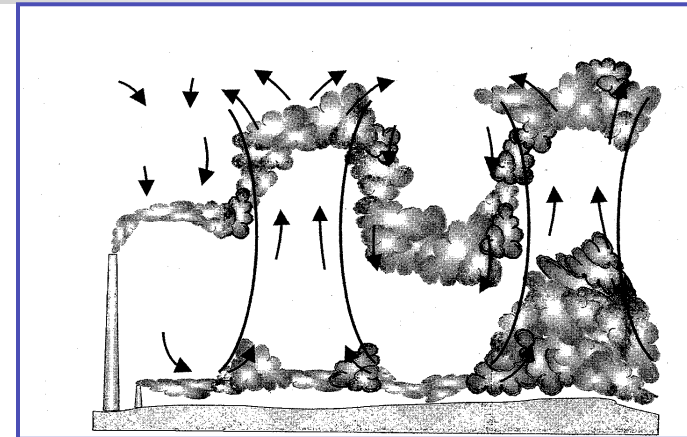
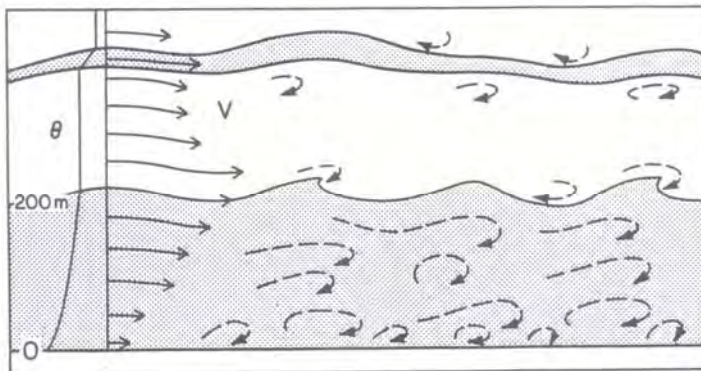
Detailed view of the wind speed record from Fig. 2.1, showing  $u'$  as the gust or deviation of the actual instantaneous wind,  $u$ , from the local mean,  $\bar{u}$ .

# Turbolenza e dispersione

Rappresentazione pittorica Convective boundary layer (CBL; day)

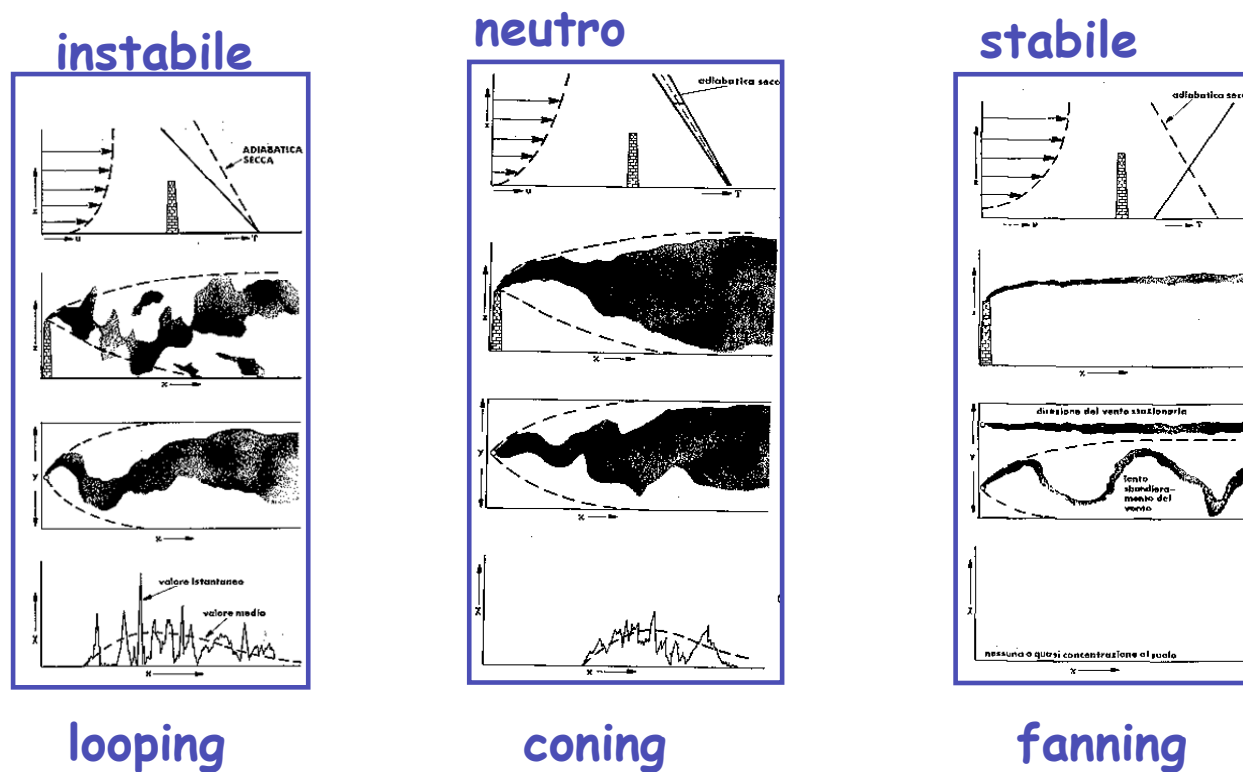


Stable boundary layer (SBL; night)



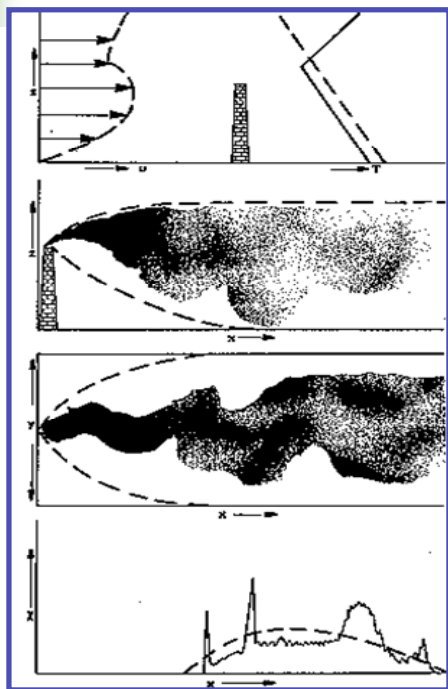
Wyngaard (1985)

# Dispersione in differenti condizioni di stabilita'

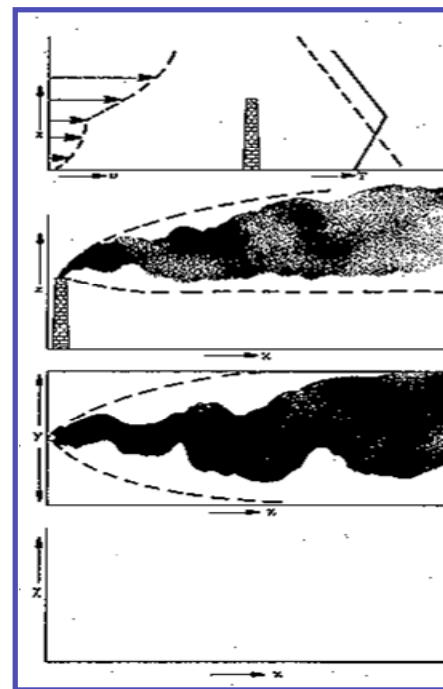




## Dispersione in presenza di un'inversione in quota



fumigation



lofting

# Soluzioni numeriche?

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_i}{\partial x_k} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_k^2} + f_i$$





# Modelli numerici di PBL

---

Modelli prognostici

Modelli diagnostici

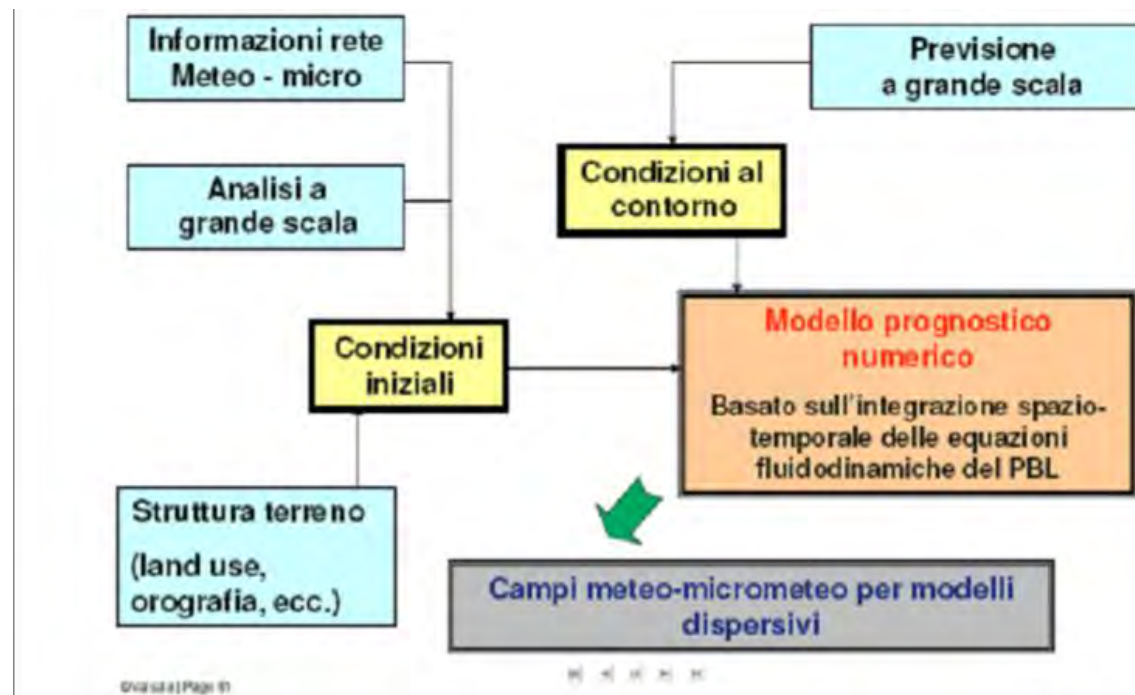


# MODELLI PROGNOSTICI

---

- Modello numerico in grado di ricostruire o prevedere l'evoluzione spaziale e temporale dei campi meteo che caratterizzano il PBL a partire dalle equazioni fluidodinamiche di base

# MODELLI PROGNOSTICI





# Alcuni modelli disponibili

---

- RAMS, MM5/ WRF, BOLAM, MOLOCH
- Richiedono condizioni iniziali e al contorno output di modelli a scala globale
- Non sono user friendly. Personale esperto



# MODELLI DIAGNOSTICI

---

- Modelli che non prevedono l'evoluzione temporale delle variabili meteorologiche, ma la loro distribuzione nello spazio ad ogni istante di interesse sulla base di un **insieme sufficiente di misure meteorologiche al suolo e in quota** e una serie di leggi fisiche
- Sono modelli più semplici e veloci dei modelli prognostici
- Tengono conto dell'orografia
- MIRS- CALMET-MINERVE-AERMET

# Modelli diagnostici

Misure meteorologiche  
al suolo e in quota

Caratteristiche dell'area  
(orografia, land use, ecc)

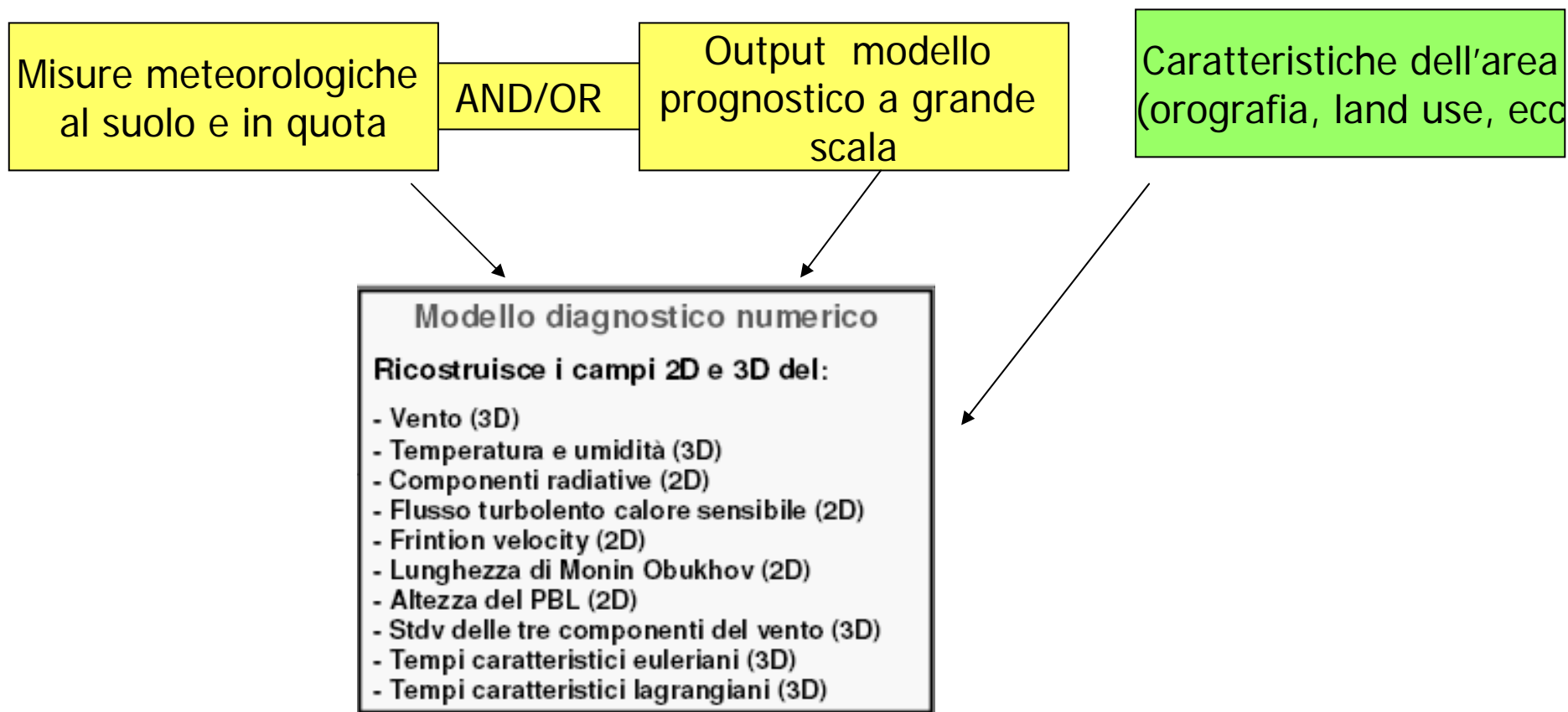
## Modello diagnostico numerico

Ricostruisce i campi 2D e 3D del:

- Vento (3D)
- Temperatura e umidità (3D)
- Componenti radiative (2D)
- Flusso turbolento calore sensibile (2D)
- Friction velocity (2D)
- Lunghezza di Monin Obukhov (2D)
- Altezza del PBL (2D)
- Stdv delle tre componenti del vento (3D)
- Tempi caratteristici euleriani (3D)
- Tempi caratteristici lagrangiani (3D)



# Modelli diagnostici





# Misure sperimentali

---

Si usano solo le misure sperimentali quando il problema è prevalentemente locale ed i modelli di dispersione degli inquinanti in aria impiegati sono stazionari e semplici.



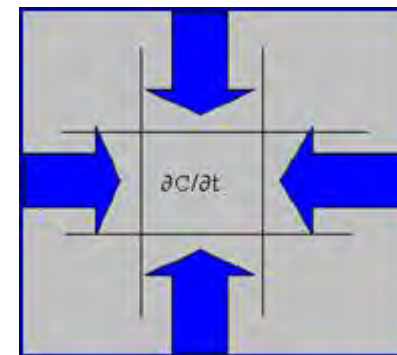
# Approcci teorici dispersione

---

- Approccio Euleriano
- Approccio Lagrangiano

# Approccio Euleriano

Per descrivere la dispersione delle varie specie inquinanti immesse in aria, le equazioni di conservazione di ciascuna delle specie chimiche che si intende studiare (una per ciascuna specie chimica considerata). Concentrazione media

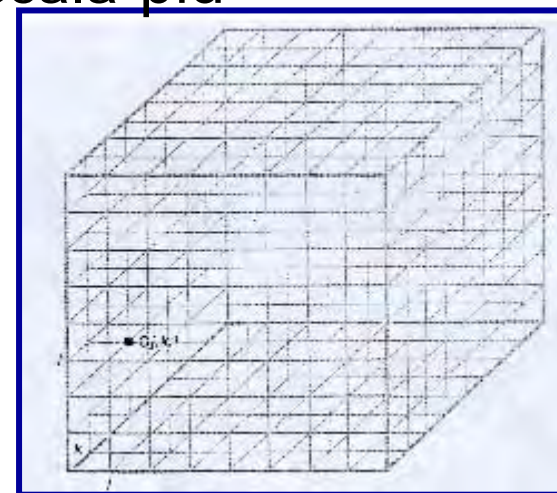


$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u_k \frac{\partial \bar{c}}{\partial x_k} + \frac{\partial (\overline{u_k' c'})}{\partial x_k} = \nu_c \frac{\partial^2 \bar{c}}{\partial x_k^2} + S_c + R$$

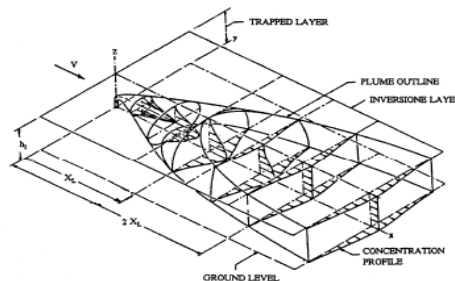
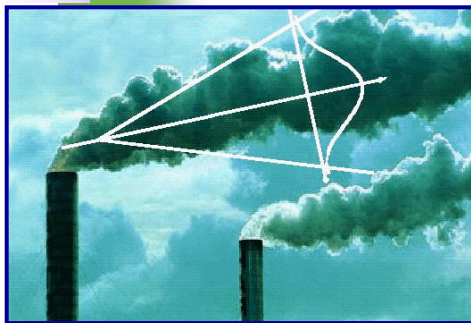
# Approccio Euleriano

È alla base dei modelli di fotochimica che comportano un notevole numero di reazioni chimiche.

Condizioni al contorno da modelli a scala più grande



# Modelli a base gaussiana



$$\bar{c}(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y(x)}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{h_{eff} - z}{\sigma_z(x)}\right)^2\right] + R_g + R_t$$

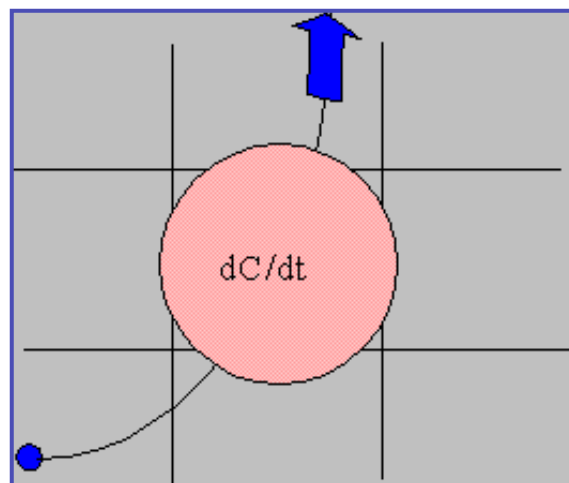
CAMPO MEDIO DI VELOCITA'

TURBOLENZA

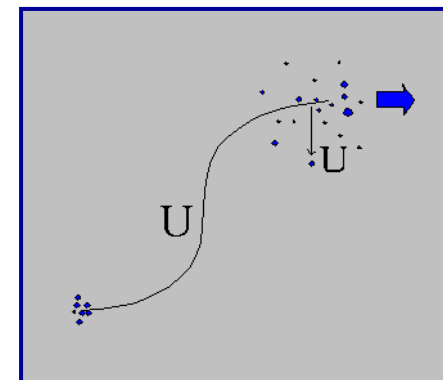
Esempi Modelli ISC-AERMOD-ADMS

# Approccio lagrangiano

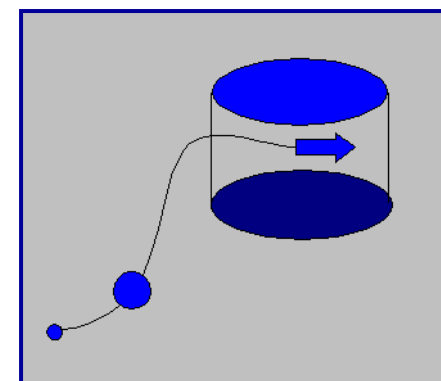
## Approccio Lagrangiano



## Modelli a particelle



## Modelli a puff lagrangiani



# Modelli a particelle

La diffusione degli inquinanti viene simulata tramite l'integrazione della traiettoria di un gran numero di particelle

$$\frac{\delta X(t)}{\delta t} = \bar{u}(t) + u'(t)$$

Vento medio

turbolenza

$$\frac{\delta u'(t)}{\delta t} = -\beta u'(t) + \gamma$$

I

II

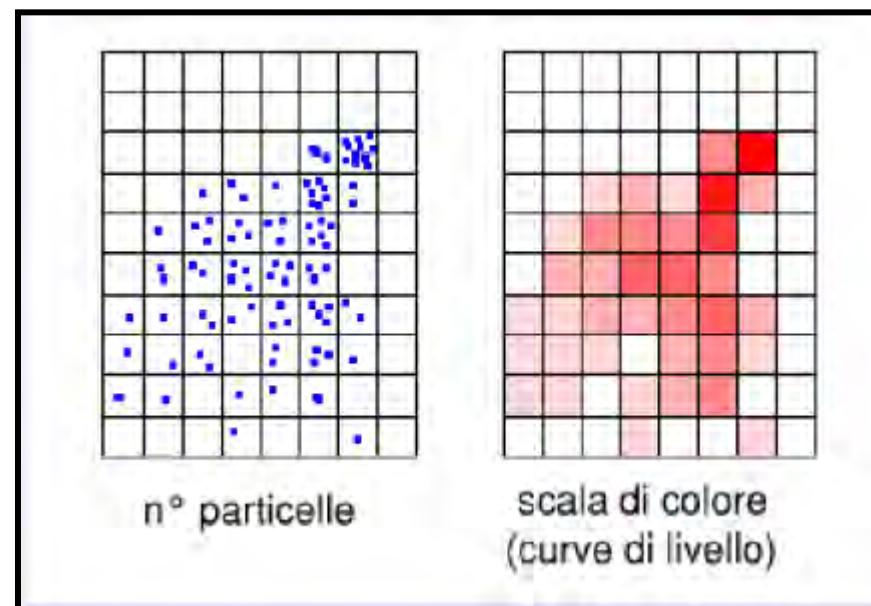
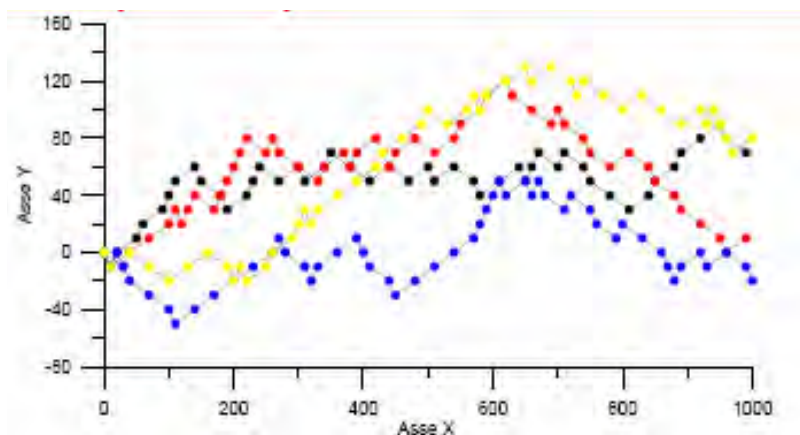
*Termine di drift*

**Termine stocastico**

Eq. Langevin



# Modelli a particelle



La concentrazione viene calcolata contando il numero di particelle all'interno di ogni cella in cui è diviso il dominio (1D, 2D o 3D); il numero di particelle deve essere sufficientemente elevato da fornire un dato statisticamente attendibile



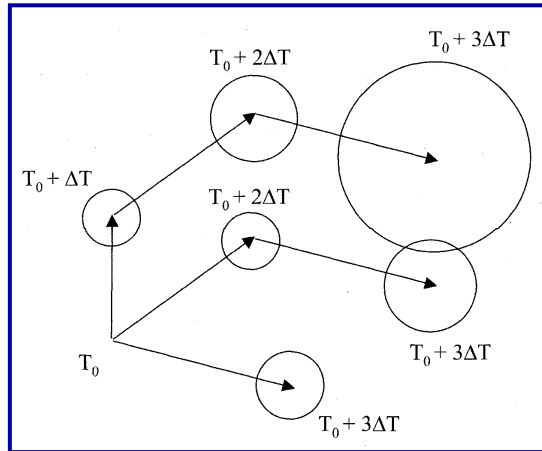
# Modelli a particelle

---

- Modelli non stazionari per diverse condizioni di orografie
- Richiedono una dettagliata ricostruzione dei campi micro/meteorologici
- Richiedono elevate risorse di calcolo
- SPRAY, LAPMOD

# Modelli eulero-lagrangiani

$$\Delta M = Q \Delta t$$



$$\Delta \bar{c} = \frac{\Delta M}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_{cm} - x_r}{\sigma_x}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y_{cm} - y_r}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z_{cm} - z_r}{\sigma_z}\right)^2\right] + R_g + R_t$$

TURBOLENZA

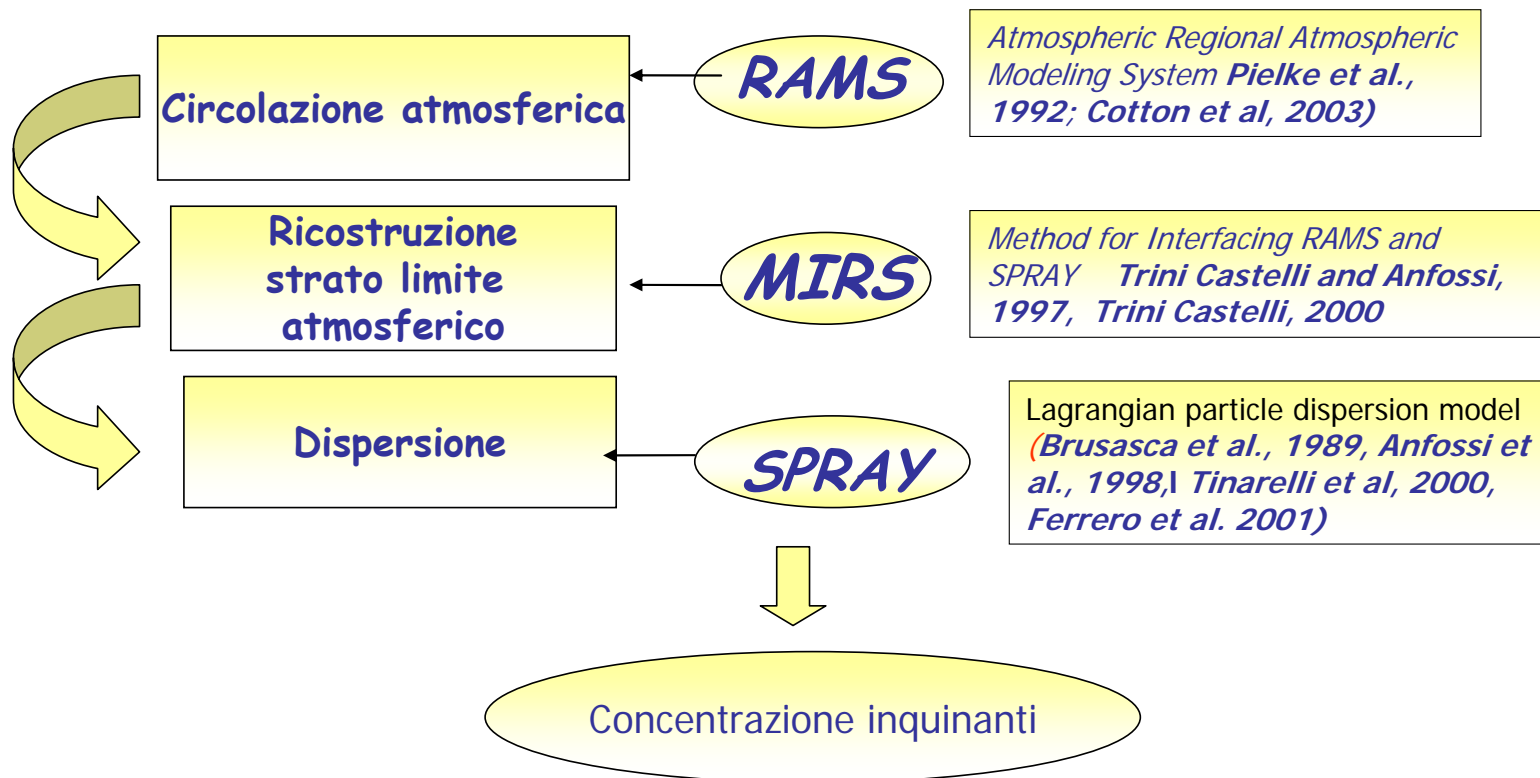


# Alcuni casi di studio

---

- Valutazione di impatto ambientale per un nuovo inceneritore (TO)
- Valutazione della dispersione nella valle del Sabato
- VAS Turbogas + Inceneritore Modugno (BA)
- Sansificio / Inceneritore –Maglie (Lecce)

# Il sistema modellistico RMS



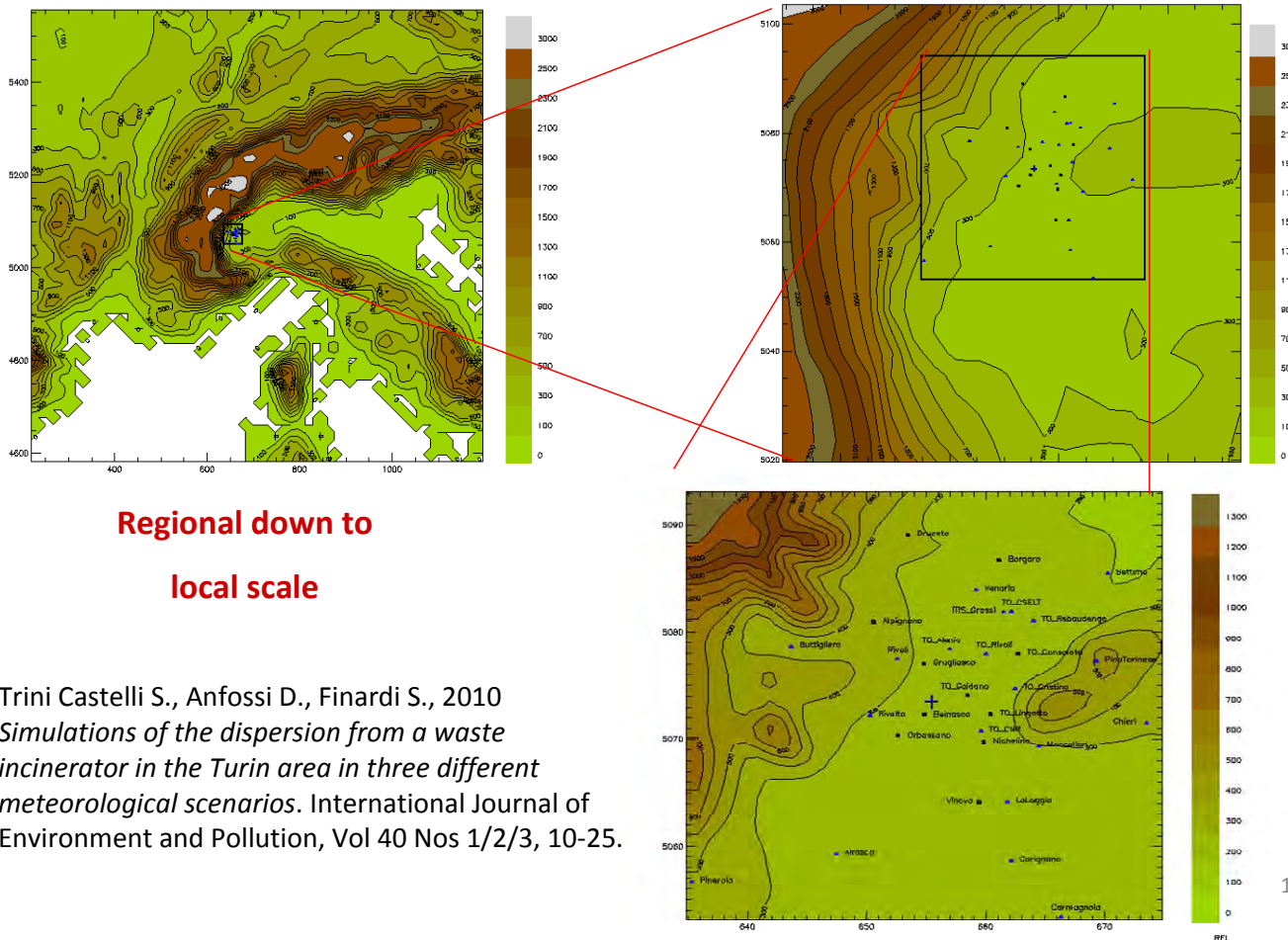
In collaborazione con ARIANET



Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima- Lecce

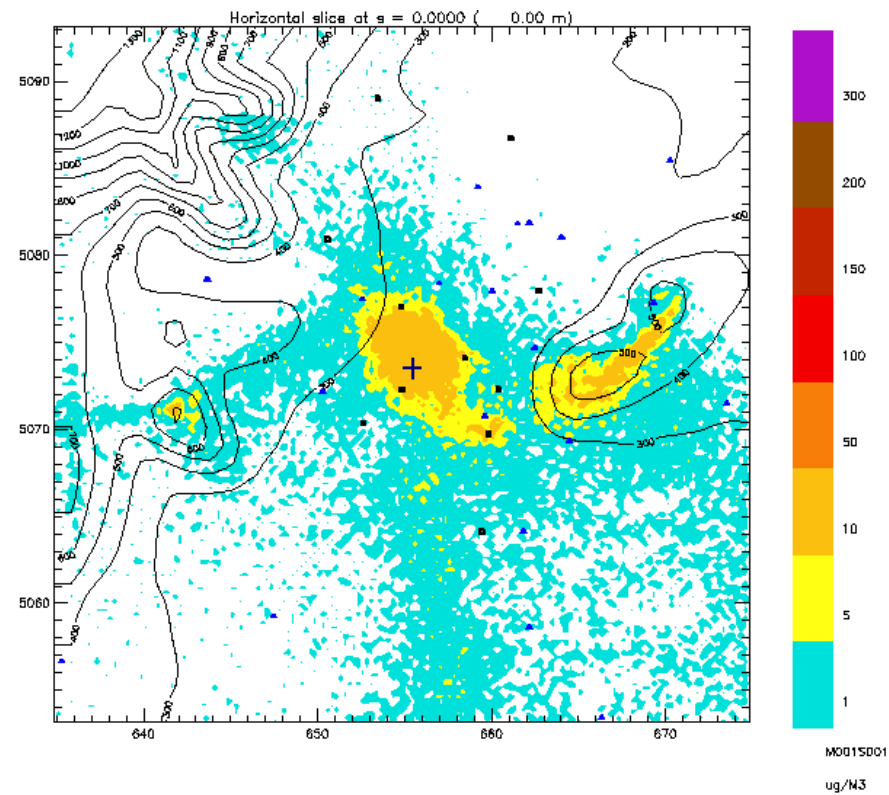


# Esempio di applicazione del sistema RMS: emissioni da un inceneritore in un sito urbano

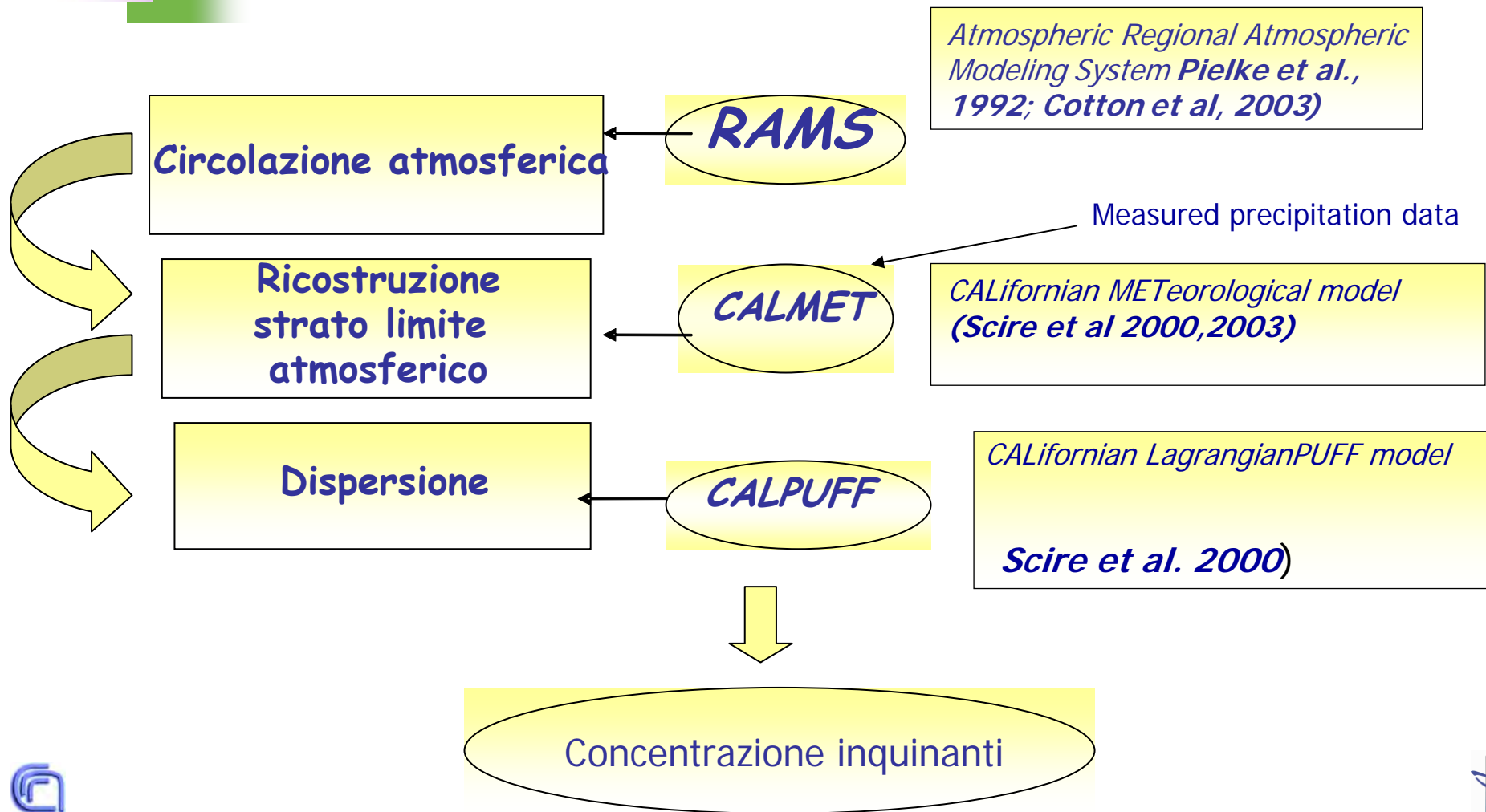


# Esempio di applicazione del sistema RMS: emissioni da un inceneritore in un sito urbano

Summer low-wind,  
September 1999

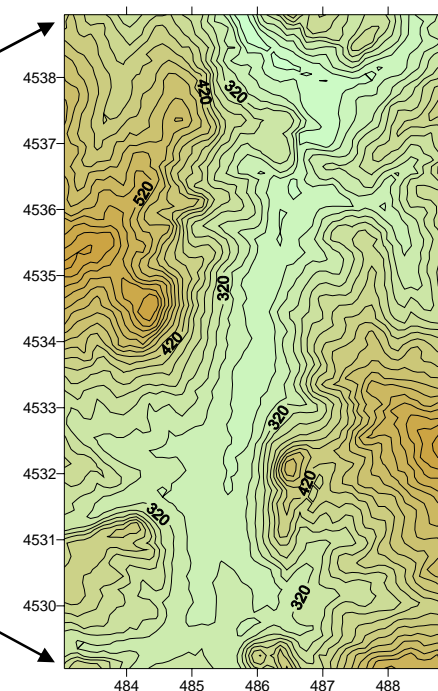
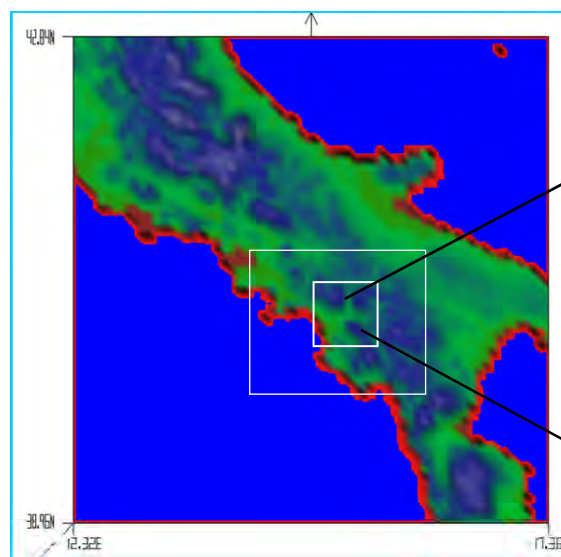


# Il sistema modellistico RAMS/CALMET/CALPUFF





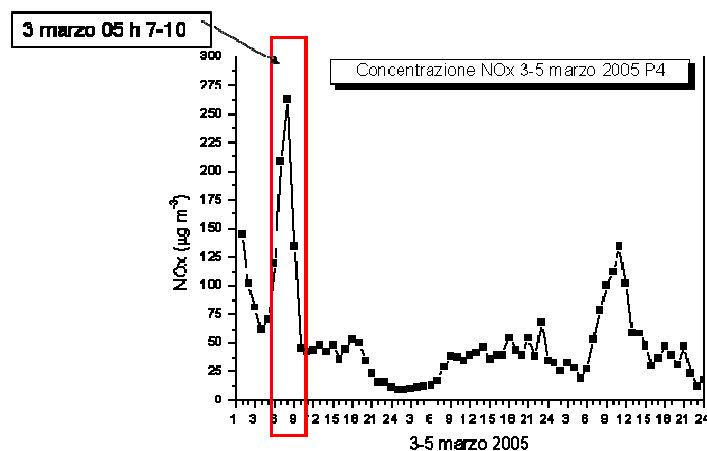
## Esempio di applicazione di un sistema modellistico nella valle del Sabato (AV) CAMPANIA



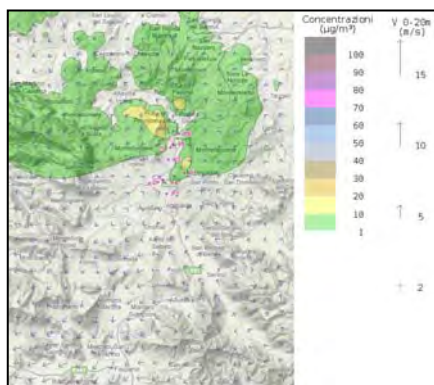
Mangia C., Cervino, 2013  
*Modelling the air quality impact of industrial emissions over a valley in Southern Italy*  
International Journal Environment and pollution.  
Vol. 50 pag. 264-273

# Esempio di applicazione di un sistema modellistico nella valle del Sabato (AV) CAMPANIA

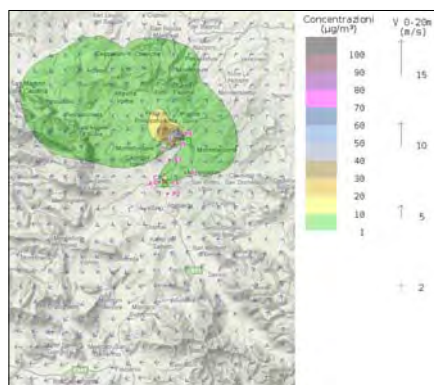
NOx 3mar2005



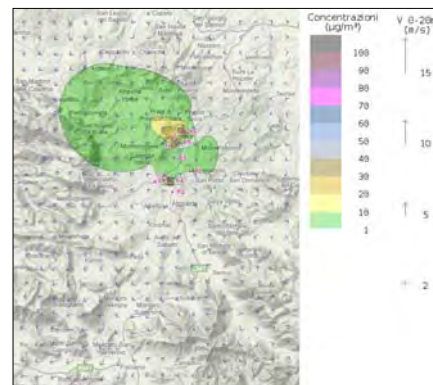
Ore 7



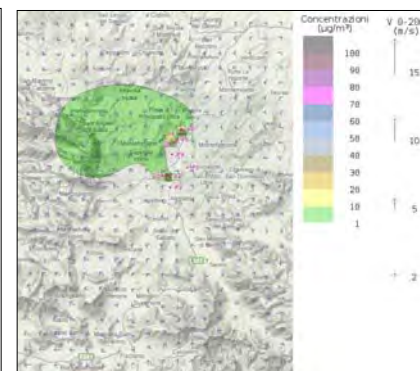
Ore 8



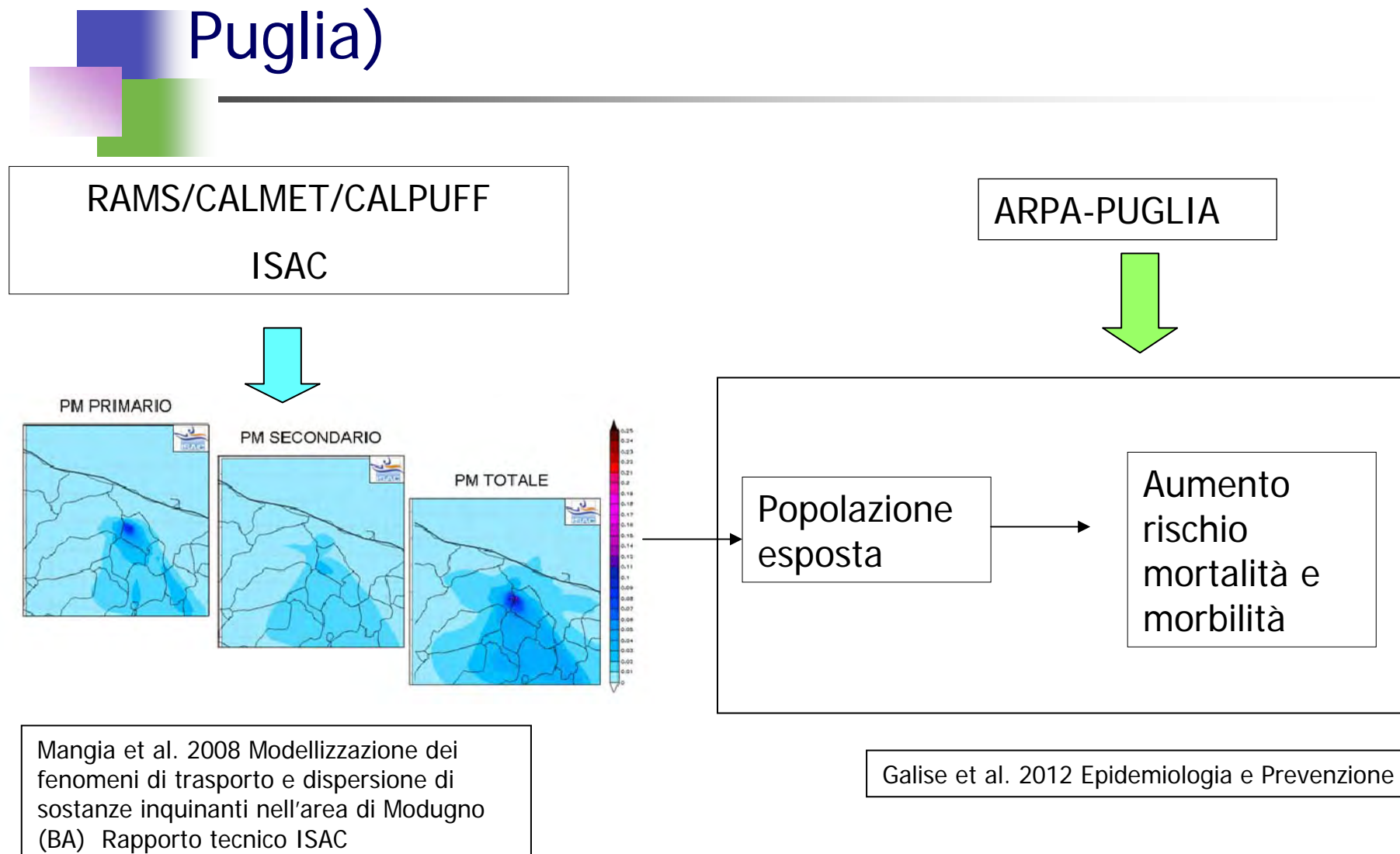
Ore 9



Ore 10



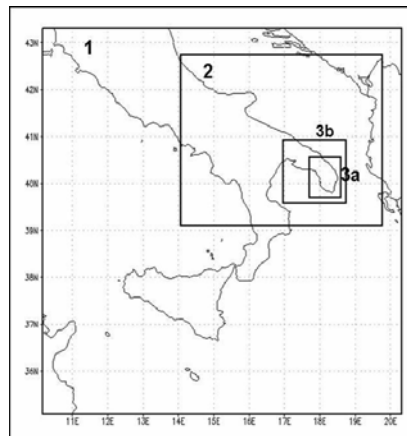
# Valutazione ex-ante impatto sulla salute attribuibile ad un inceneritore (Arpa-Puglia)



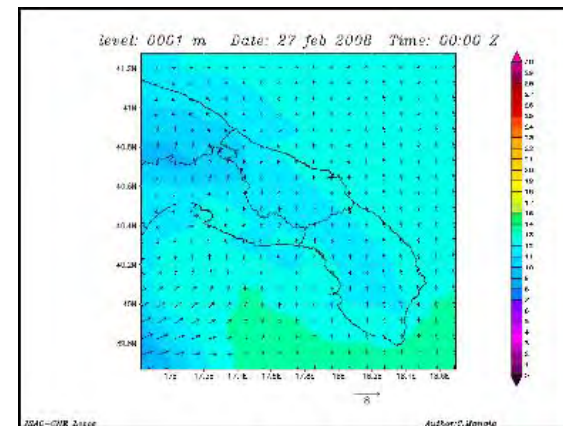
# Applicazione del sistema RAMS/CALMET/CALPUFF alla deposizione di diossine da un inceneritore in Provincia di Lecce in un caso reale di malfunzionamento



Distribuzione deposimetri



Sistema di griglie innestate

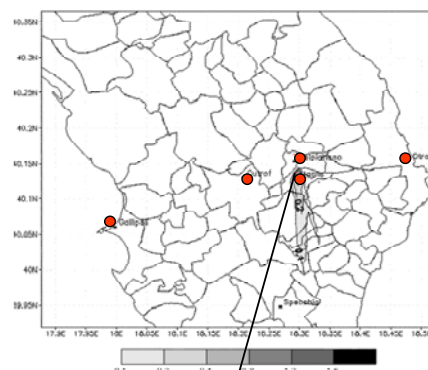


Campo di vento

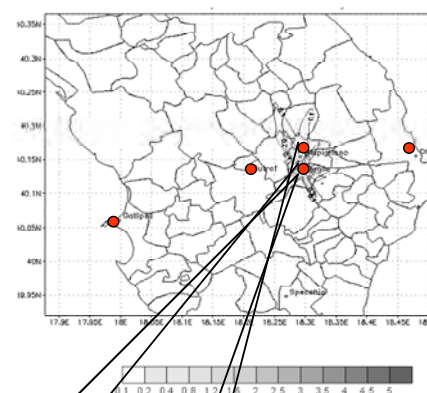
# Deposizioni inceneritore in caso di malfunzionamento

Deposizioni secche

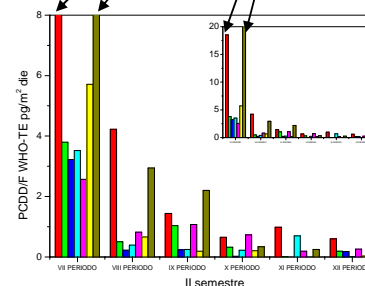
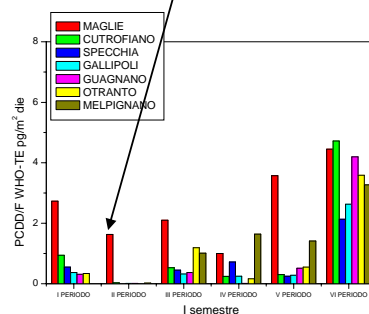
II Periodo



VII Periodo



Deposizioni umide



Dati misurati di diossina

C. Mangia M.Cervino. 2012.  
Modelling wet and dry depositions  
of PCDD/F releases from industrial  
plants in Apulia, Southern Italy  
*International Journal Environ and  
Pollution* Vol. 48, Nos. 1/2/3/4, 2012



# Considerazioni conclusive

---

- I modelli di dispersione sono fondamentali per mettere in relazione causa –effetto-impatto
- La scelta del modello dipende dallo scopo dello studio, il tipo di inquinante, la scala spazio-temporale dello studio, le caratteristiche del sito, dalla tipologia di sorgente. Dipende inoltre dalla disponibilità di dati di input e dall'esperienza dell'operatore.
- Rilevante è la stima corretta delle emissioni.