



Modelli non lineari di previsione per la gestione della qualità dell'aria in aree urbane

M. Milanese

C. Novara

Politecnico di Torino

G. Finzi

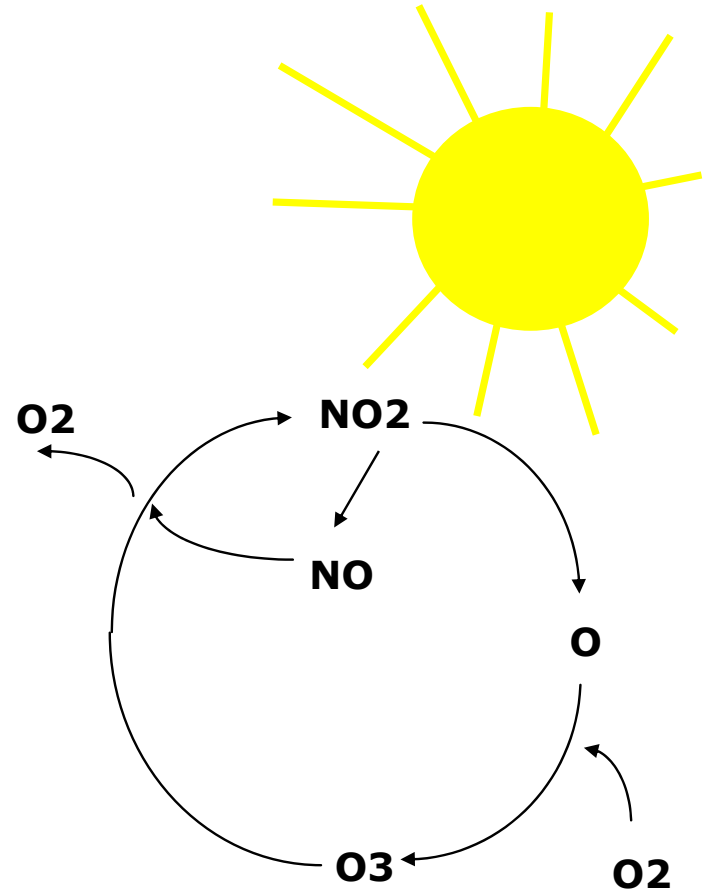
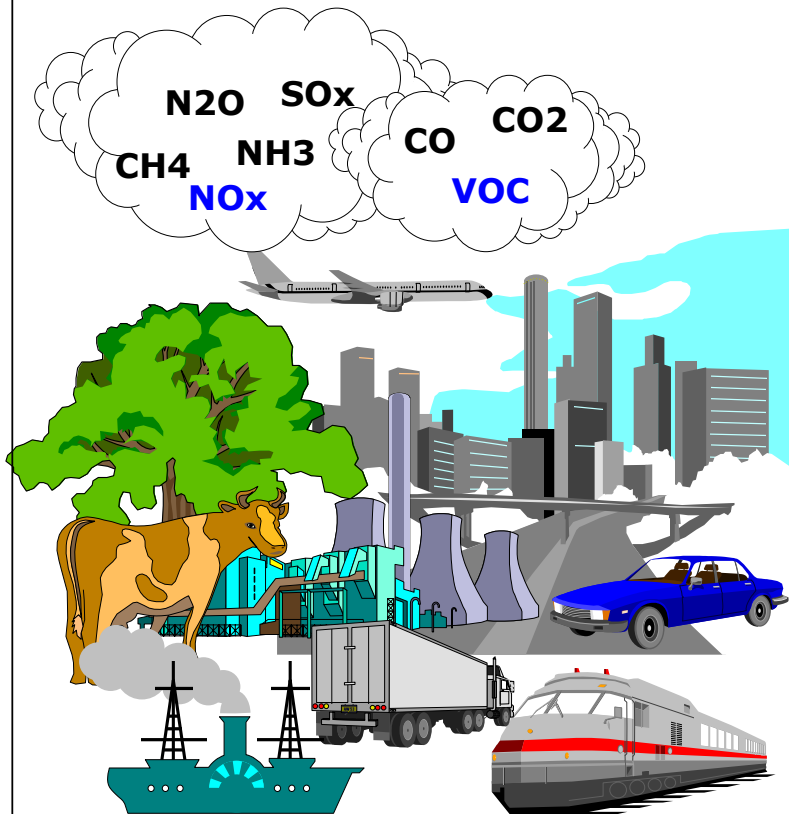
M. Volta

Università di Brescia

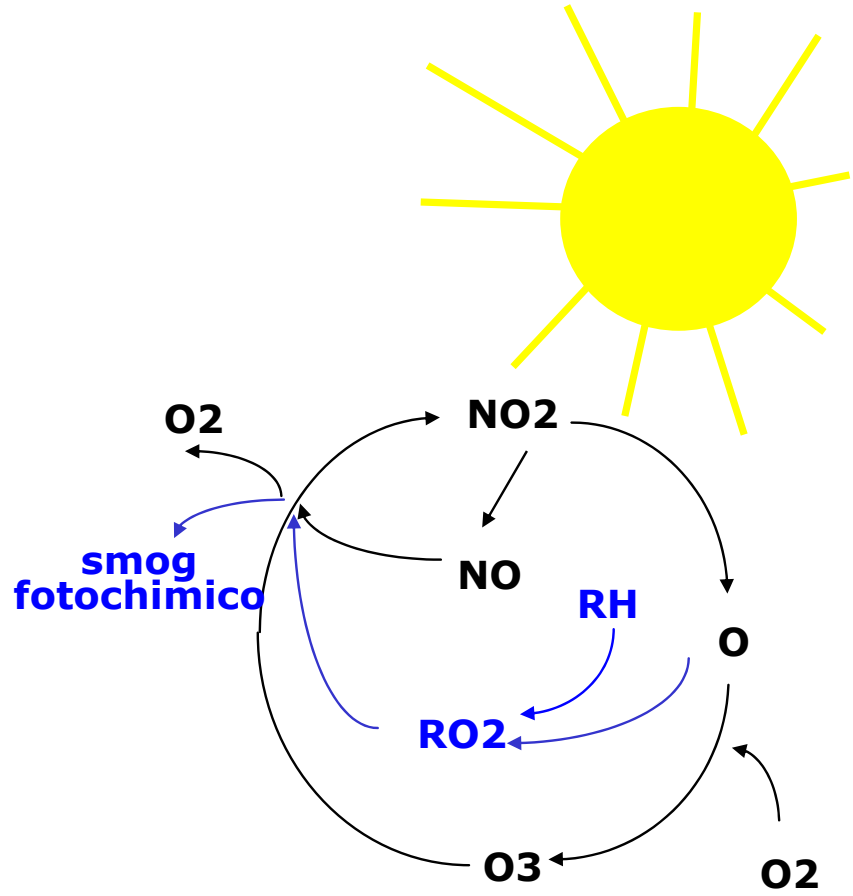
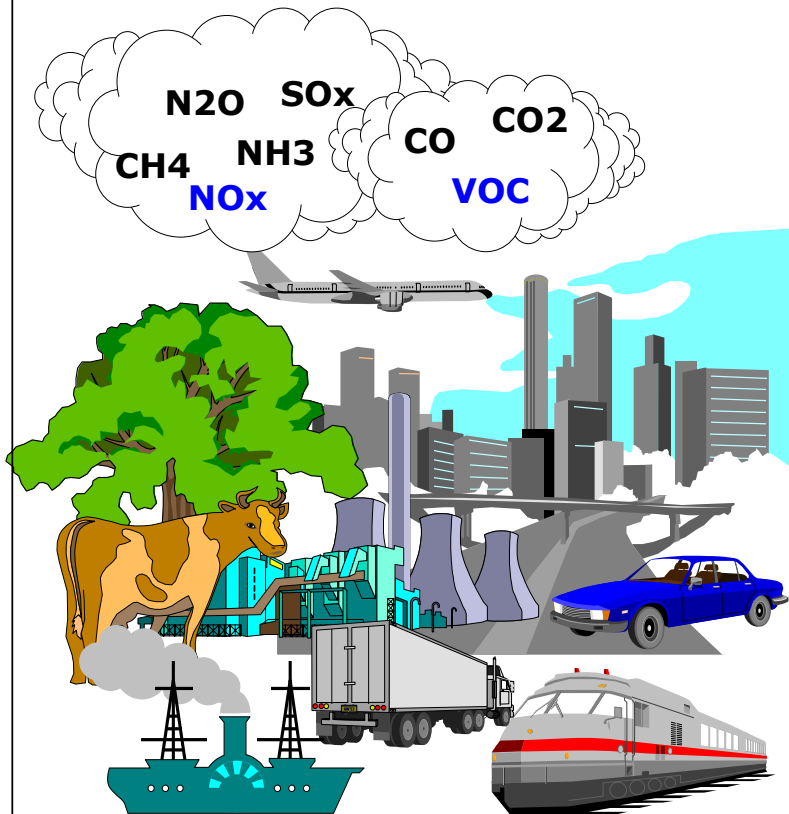
Sommario

- Il problema: la previsione del picco giornaliero di ozono
- I dati disponibili
- La scelta degli ingressi
- I modelli di previsione
- La valutazione delle prestazioni
- E' possibile migliorare le prestazioni?

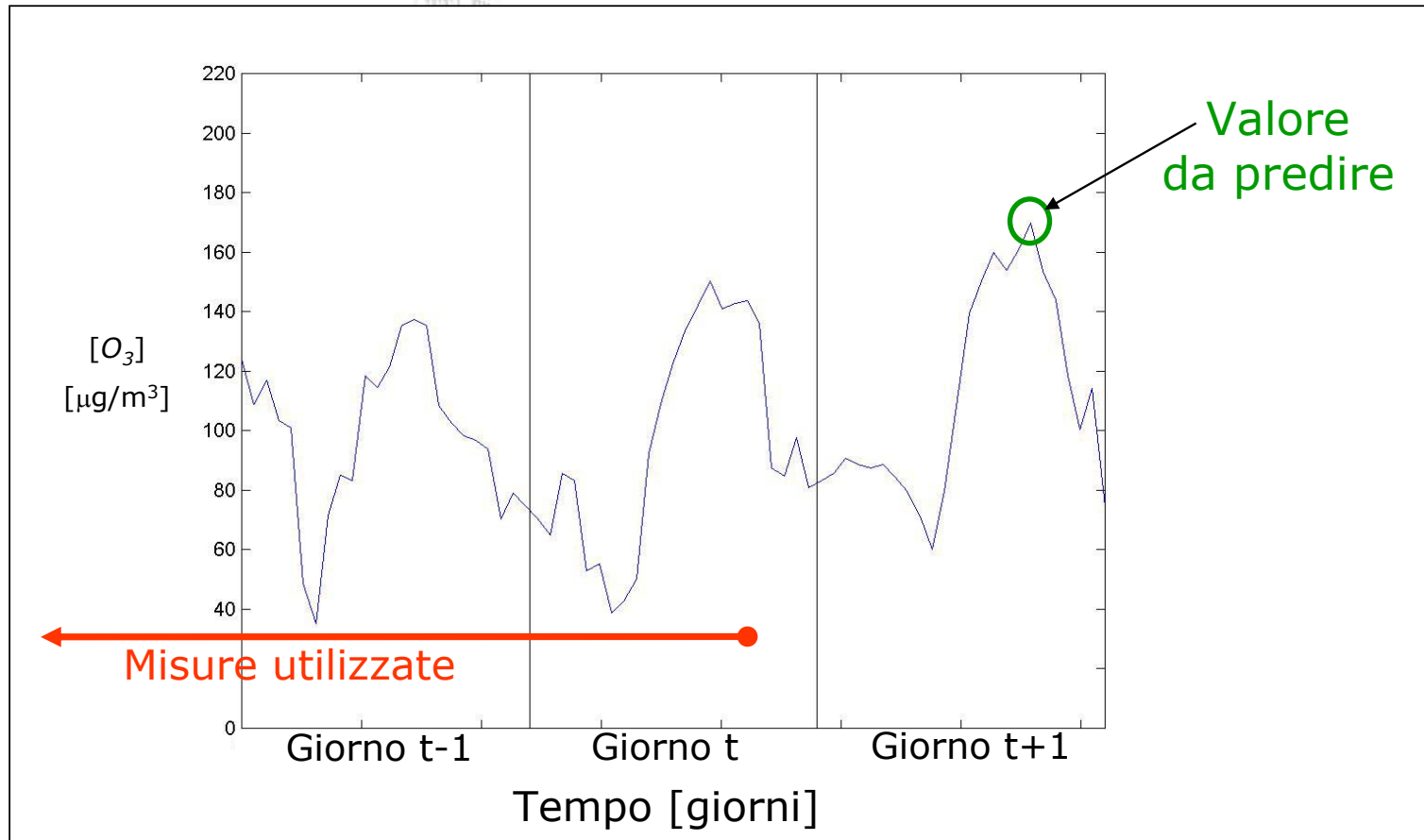
Ozono troposferico



Ozono troposferico

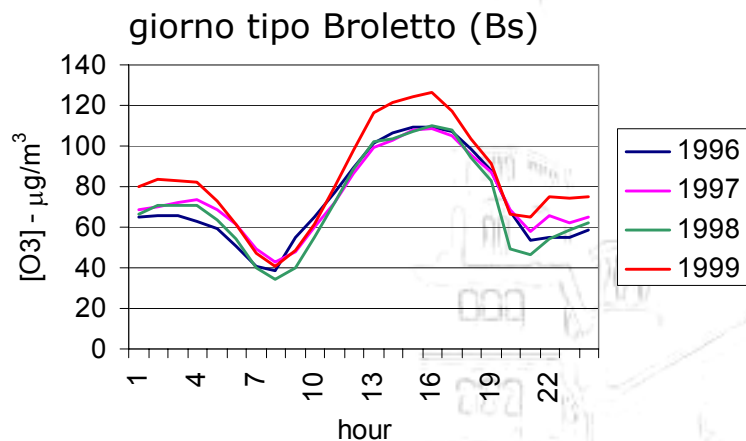


Il problema: la previsione del picco giornaliero di ozono



I dati

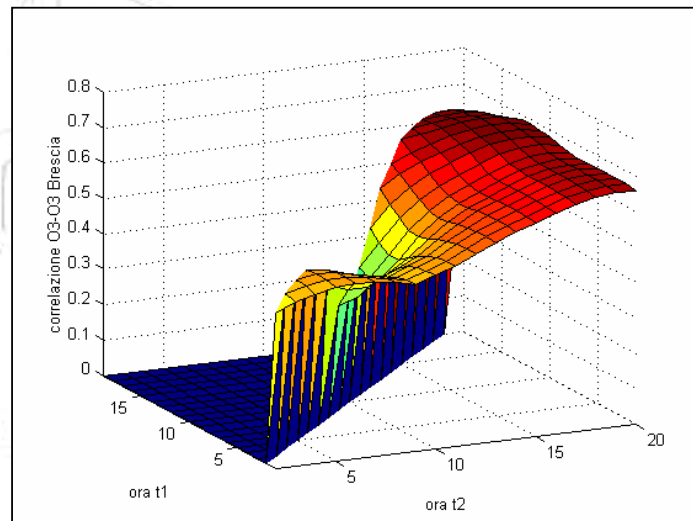
- Serie storiche delle concentrazioni medie orarie di inquinanti misurate al suolo
- Serie storiche dei parametri meteo al suolo
- Previsioni meteo
- Scarsa disponibilità di dati sulle emissioni
- Nessuna misura dell'attività chimica in atmosfera
- Carenza di profili di parametri meteo



Tecniche per la scelta degli ingressi esogeni

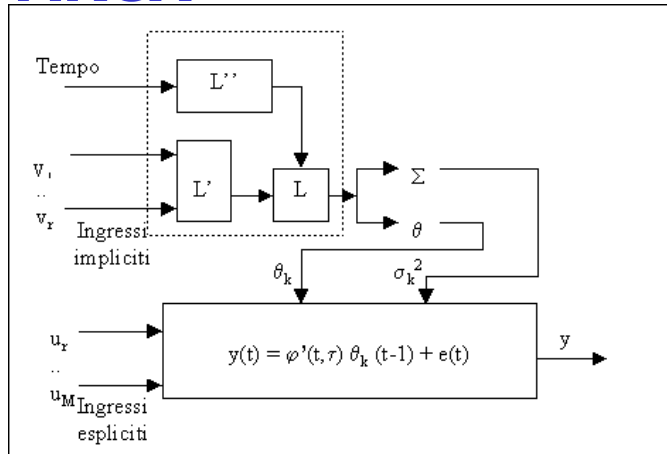
Analisi delle serie storiche

- Analisi statistiche
- Giorno tipo
- Analisi di causalità
- Correlazione
- Ottimizzazione

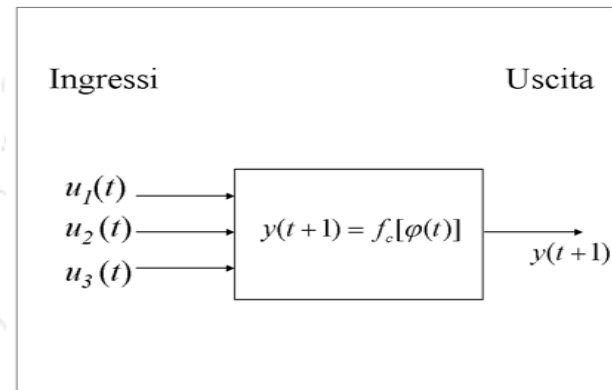


I modelli di previsione

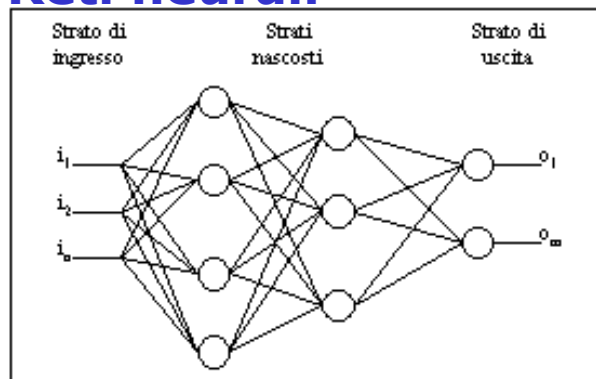
ARCX



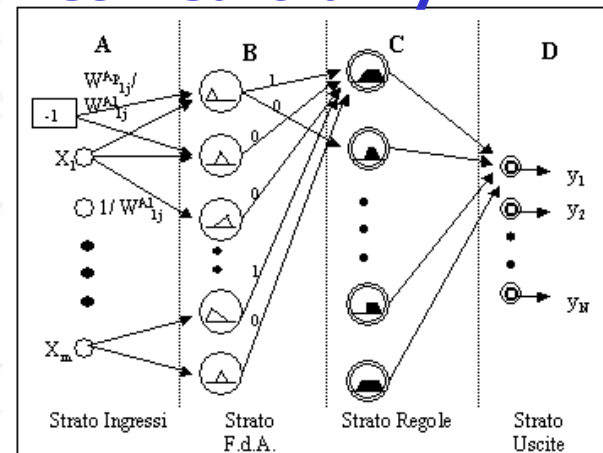
Nonlinear SM



Reti neurali



Reti neurofuzzy



I modelli di previsione

$$y(t+1) = f[\varphi(t)]$$

$$\varphi(t) = [y(t) \quad u_1(t) \quad u_2(t) \quad u_3(t)]$$

$y(t) = [O_3]$ massima fino alle ore 20

$u_1(t) = [NO_2]$ media nelle ore 16-20

$u_2(t) = [O_3]$ media nelle ore 16-20

$u_3(t) =$ temperatura massima fino alle ore 20

I modelli di previsione

- Modello persistente:

$$y(t+1) = y(t)$$

- Modello ARCX:

$$y(t+1) = \varphi^T(t) \theta_k(t)$$

Dove $\theta_k(t)$ varia in funzione del giorno della settimana e di categorie di temperatura massima del giorno t (ingressi impliciti).

I modelli di previsione

- Modello neurale (NN):

$$y(t + 1) = \psi[\varphi(t)]$$

$$\psi(\varphi) = \sum_{i=1}^r \alpha_i \sigma(\varphi^T \beta_i + \lambda_i)$$

Dove σ e' una funzione sigmoideale,
 α , β e λ sono parametri opportunamente stimati.

Nota: Il modello utilizza come ulteriore ingresso un valore predetto della temperatura.

I modelli di previsione

- Modello neuro-fuzzy (NF):

$$y(t + 1) = \psi_{NF}[\phi(t)]$$

Dove ψ_{NF} e` una rete neuro-fuzzy avente le seguenti caratteristiche:

- Funzioni di appartenenza: gaussiane
- Metodo di inferenza: prodotto

Nota: Il modello utilizza come ulteriore ingresso un valore predetto della temperatura.

I modelli di previsione

- Modello Nonlinear Set Membership (NSM):

$$y(t+1) = f_c[\varphi(t)]$$

- Il metodo di identificazione NSM non richiede la scelta della forma funzionale di $f(\varphi)$. La seguente assunzione di regolarità è usata:

$$\|\nabla f(\varphi)\| \leq \gamma$$

- Non sono usate informazioni statistiche sul rumore. Il rumore è assunto essere limitato.
- La funzione $f_c(\varphi)$ è definita in base a tali assunzioni.

Nota: Il modello utilizza come ulteriore ingresso un valore predetto della temperatura.

Identificazione e validazione

Le serie storiche disponibili sono divise in 3 insiemi:

- 1. Set di identificazione (1995-98)**
- 2. Set di validazione (1999):** scelta dei modelli migliori
- 3. Set di test (2000-01):** valutazione delle prestazioni dei modelli selezionati

La valutazione delle prestazioni negli episodi critici

- Soglia: $[O_3] > 130 \mu\text{g}/\text{m}^3$

	osservato		totale
	si	no	
previsto			
si	a	f - a	f
no	m - a	N + a - m - f	N - f
totale	m	N - m	N

- ✓ Frazione di episodi previsti correttamente: **SP=(a/m) 100%**
- ✓ Frazione di falsi allarmi: **FA=(1-a/f) 100%**
- ✓ *Success index*: **SI=[(a/m)+((N+a-m-f)/(N-m))-1] 100%**
- ✓ *Skill score* riferito al modello persistente: **S**

La valutazione delle prestazioni negli episodi critici

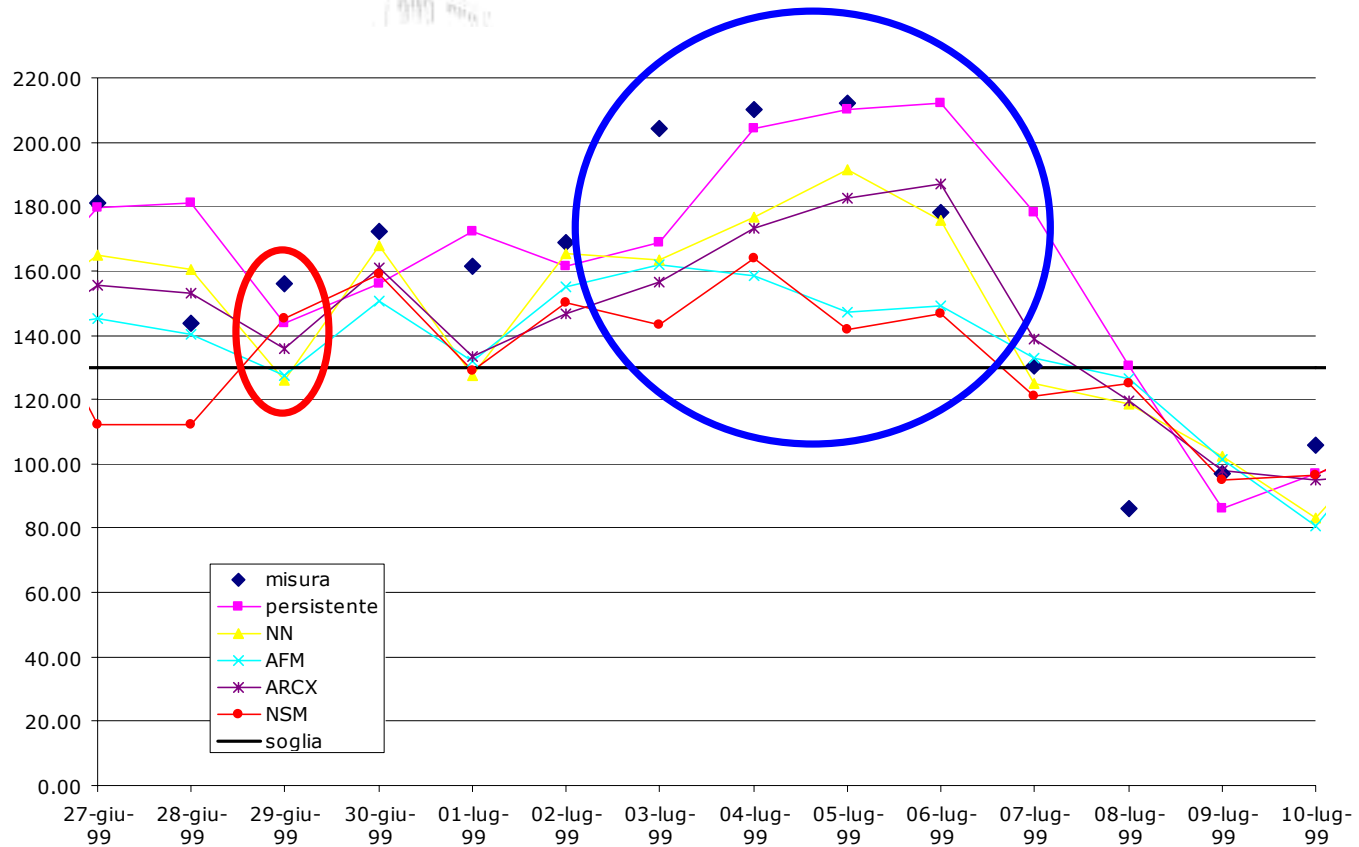
Anno 1999: 63 superi osservati

Indici	Pers.	ARCX	NN	NF	NSM
SP	65.1	61.9	69.8	63.5	71
FA	33.9	25	27.9	25.9	27.4
SI	47.6	51.1	55.7	51.8	51.2
S		23.7	32.6	27.8	28

Anni 2000-01: 39 superi osservati

Indici	Pers.	ARCX	NN	NF	NSM
SP	41.5	35.9	53.8	66.7	71.8
FA	57.5	51.7	40	44.7	44
SI	34.4	31.3	49.6	60.2	63.5
S		22.7	20.4	22.1	5.5

Soglia e persistenza



E' possibile incrementare le prestazioni?

- Le tecniche modellistiche sono confrontabili;
- I dati disponibili sono insufficienti:
 - Profili verticali meteo
 - Emissioni
- Introdurre la conoscenza dei processi chimico-fisici di produzione e accumulo dell'ozono
 - Picchi notturni
 - Fenomeni locali