

Oggebbio (VB), 10 giugno 2005

Meteorologia e Qualità dell'Aria

Dalla previsione alla prevenzione

Inquinamento da polveri sottili e ozono in Pianura Padana
e nelle zone prealpine

Ing. Gianluca Bertoni

MeteoVarese – MeteoNetwork

www.meteovarese.net

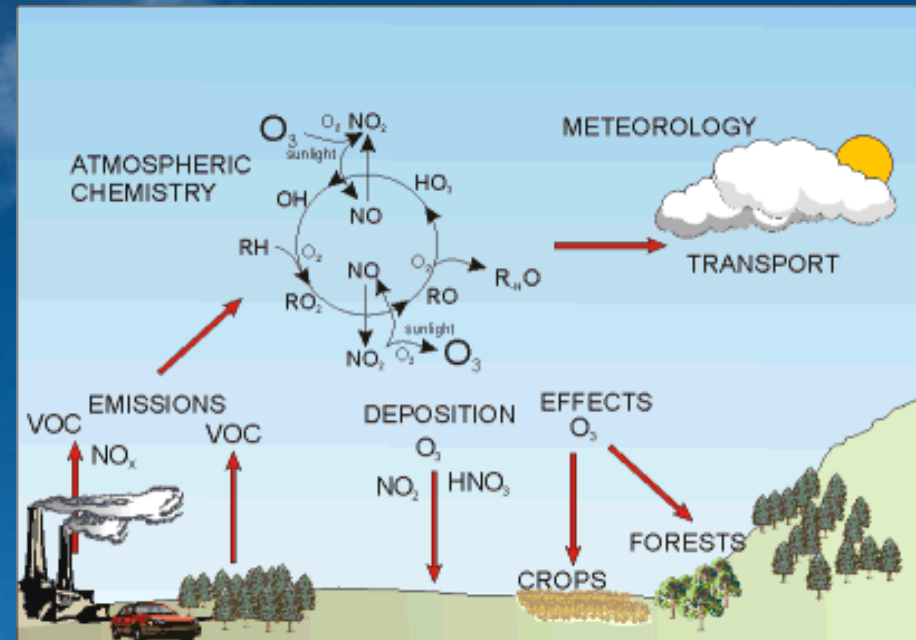
MeteoVarese

Il destino degli inquinanti

Gli inquinanti una volta emessi nell'atmosfera tendono a subire fenomeni di:

1. **Trasporto** (avvezione, diffusione turbolenta, diffusione molecolare, innalzamento);
2. **Trasformazione** (chimici, fisico-chimici);
3. **Rimozione** (secca, umida e occulta).

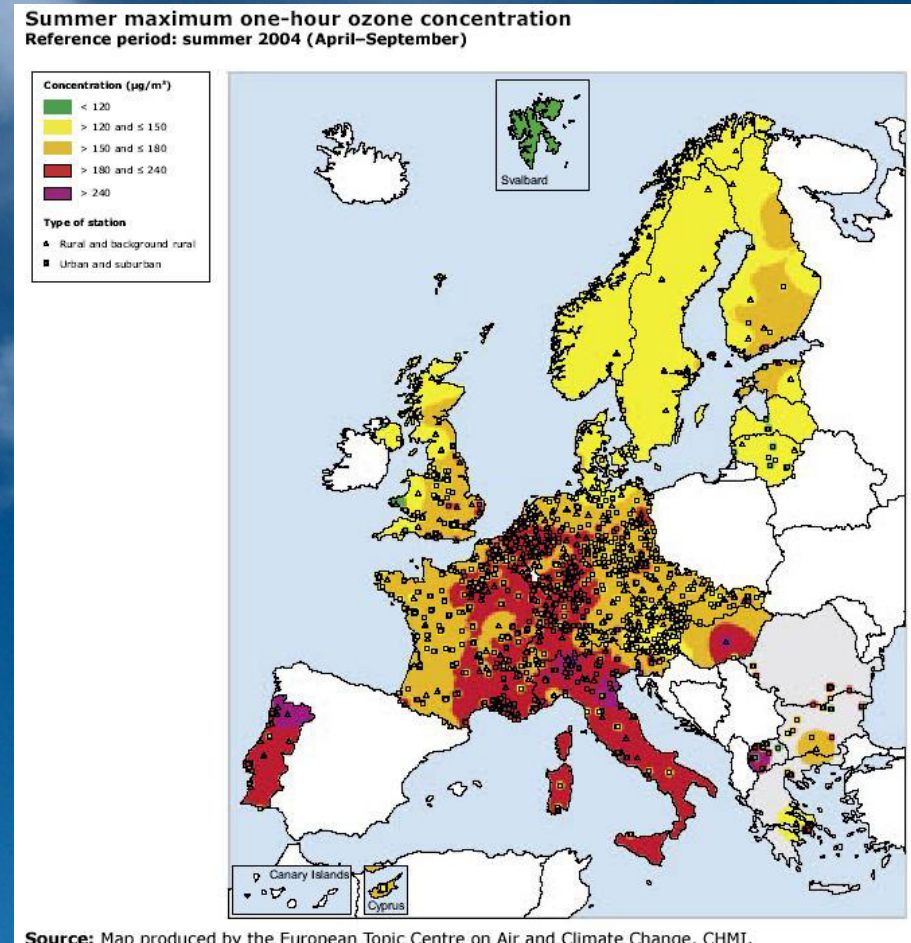
Tali fenomeni sono profondamente legati alle condizioni meteorologiche (le precipitazioni consentono la rimozione umida degli inquinanti, il föhn il trasporto e la diffusione degli inquinanti ...)



L'importanza della meteorologia

La conoscenza delle condizioni meteorologiche è quindi fondamentale per prevedere il comportamento delle sostanze inquinanti emesse in atmosfera.

Particolari condizioni meteorologiche possono favorire l'accumulo di sostanze inquinanti negli strati inferiori dell'atmosfera (strato limite planetario) provocando situazioni di inquinamento acuto.



Le condizioni peggiori

Venti deboli o assenti: scarso rimescolamento e assenza di trasporto orizzontale

Tempo molto stabile con presenza di inversioni termiche (regime anticiclonico)

Le inversioni termiche limitano i moti convettivi riducendo il volume di aria a disposizione per la dispersione degli inquinanti.

Cielo sereno: favorisce la formazione di smog fotochimico (ad. es. Ozono) da parte delle radiazioni ultraviolette.

Il profilo verticale dell'atmosfera

I fenomeni di inquinamento interessano principalmente la troposfera (spessore 7-15 km a partire dal suolo) ed in particolare lo strato limite planetario

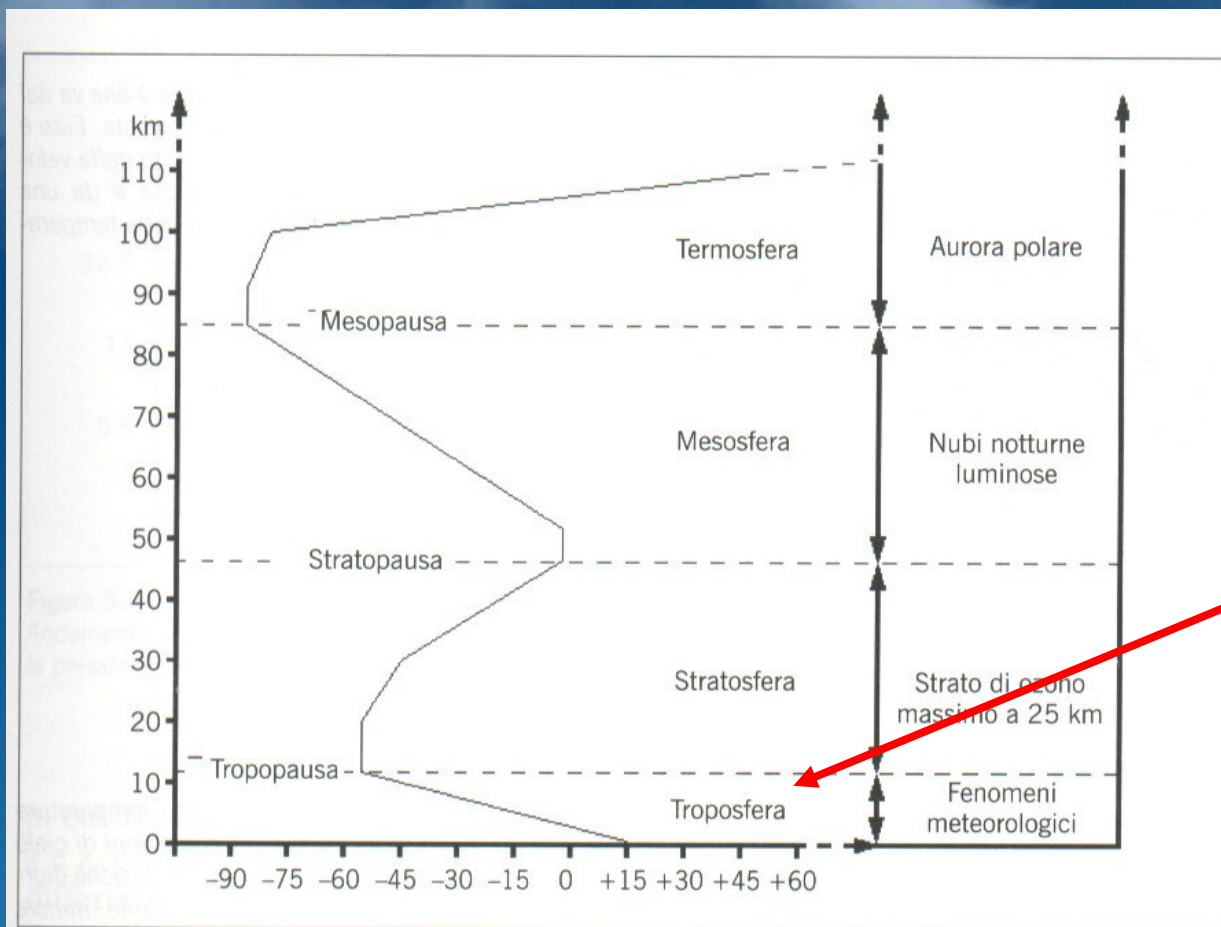


Figura 5.1

Struttura verticale dell'atmosfera secondo la «US-Standard-Atmosphere». Sono indicati i quattro strati principali dell'atmosfera ed il profilo della temperatura media.

Troposfera

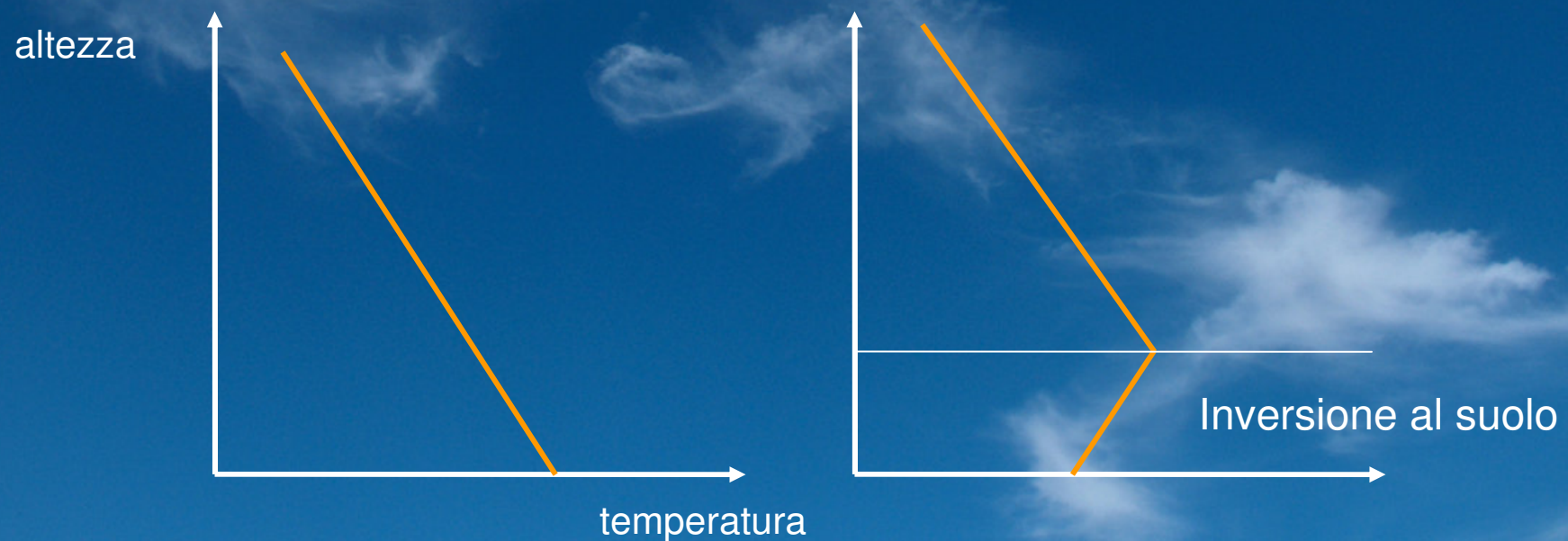
Strato limite planetario

primi 500-1000 metri sopra il suolo

Gradiente termico verticale della troposfera

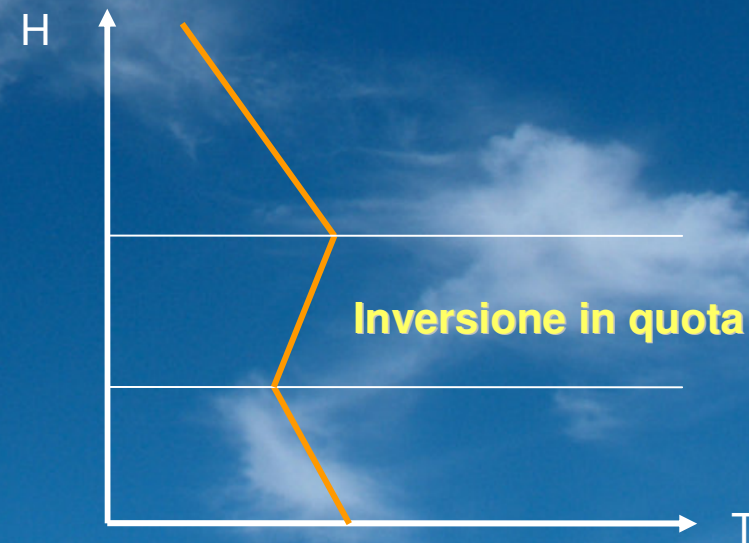
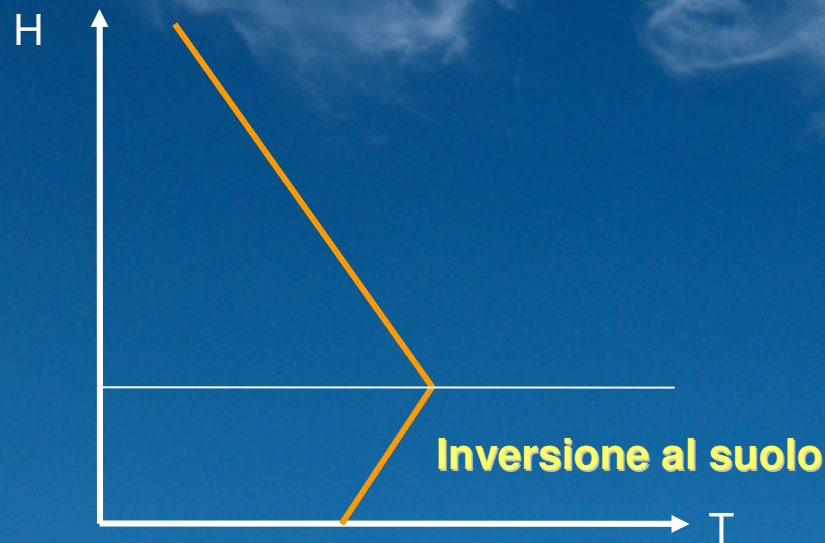
Generalmente la temperatura diminuisce all'aumentare della quota (diminuzione di circa $0,65^{\circ}\text{C}$ ogni 100 metri).

Esistono tuttavia dei casi in cui si verifica un aumento della T con la quota (inversioni termiche).



Inversioni termiche

- 1) **Inversione da irraggiamento:** si genera in seguito al raffreddamento notturno del suolo. Il limite inferiore coincide con il suolo. Sono spesso 100-300 metri in estate, 400-600 metri in inverno.
- 2) **Inversione da subsidenza:** si genera in seguito ad un prolungato periodo anticiclonico. Il limite inferiore è generalmente compreso tra 800-2000 metri. Sono spesso qualche centinaio di metri

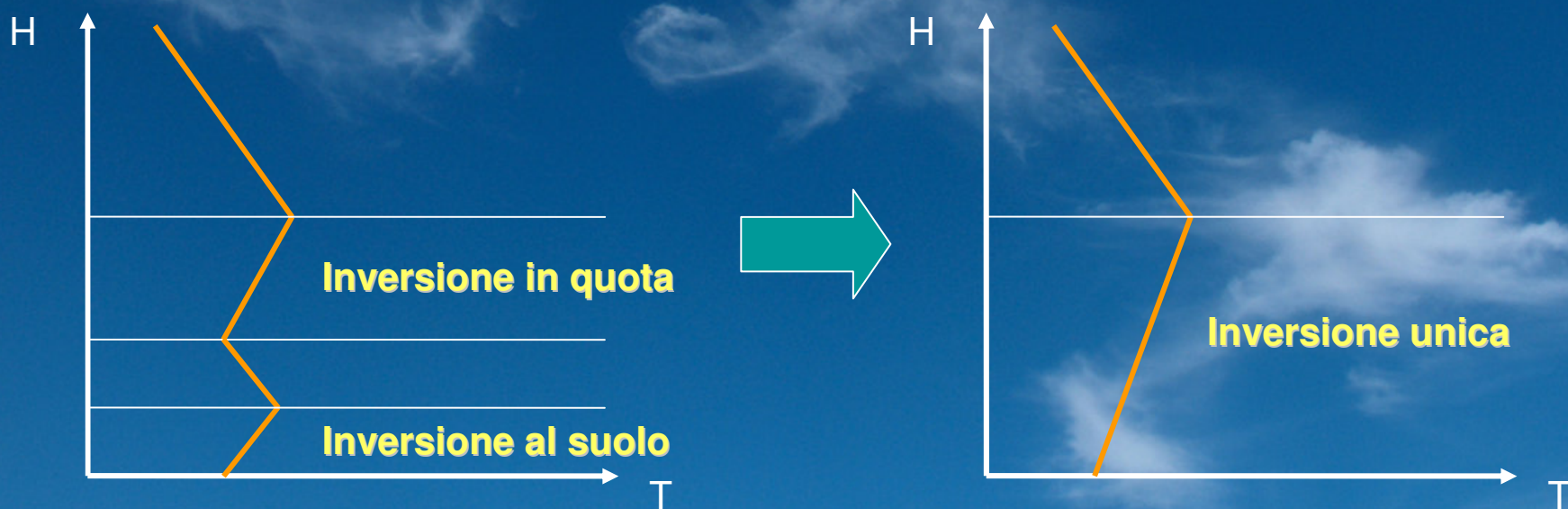


Inversioni termiche

Le situazioni peggiori si hanno nel periodo invernale in condizioni anticicloniche.

Le inversioni da irraggiamento tendono infatti a saldarsi alle inversioni da subsidenza formando un unico strato inversionale dello spessore di circa 1000-1500 metri.

L'assenza dei venti limita pesantemente il trasporto orizzontale degli inquinanti.

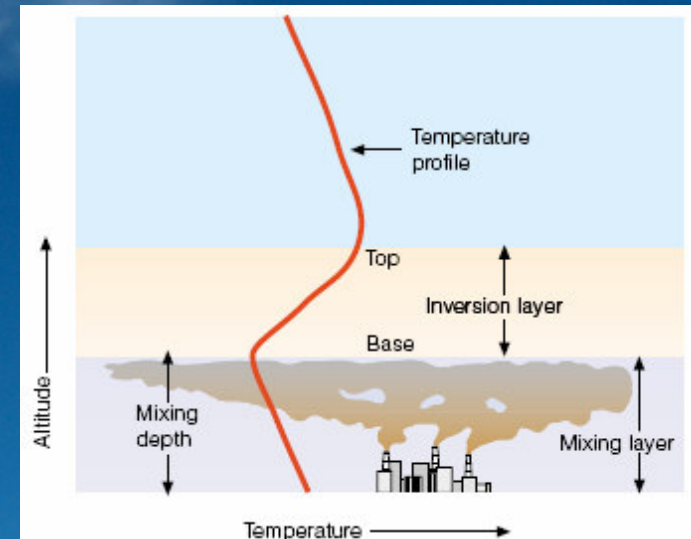
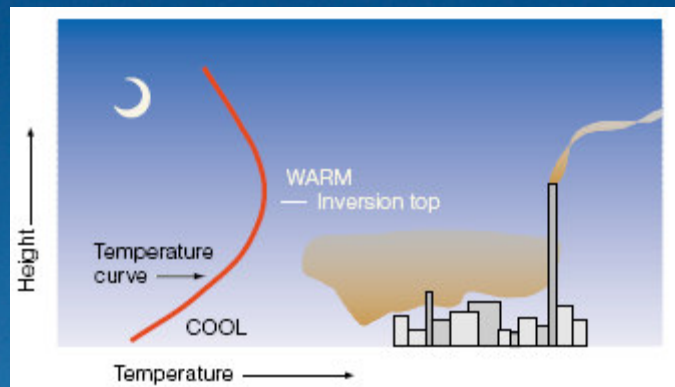


Inversioni termiche - effetti

L'inversione si comporta come un coperchio e mantiene bloccati gli inquinanti nello strato inferiore dell'atmosfera riducendo il volume disponibile per la diluizione.

L'assenza di vento non consente il trasporto e la diffusione orizzontale degli inquinanti.

Il “catino” padano si comporta come una scatola chiusa in cui, giorno dopo giorno, tendono ad accumularsi sostanze inquinanti nei bassi strati, finché non mutano le condizioni meteorologiche.



Effetti sulle emissioni da un camino

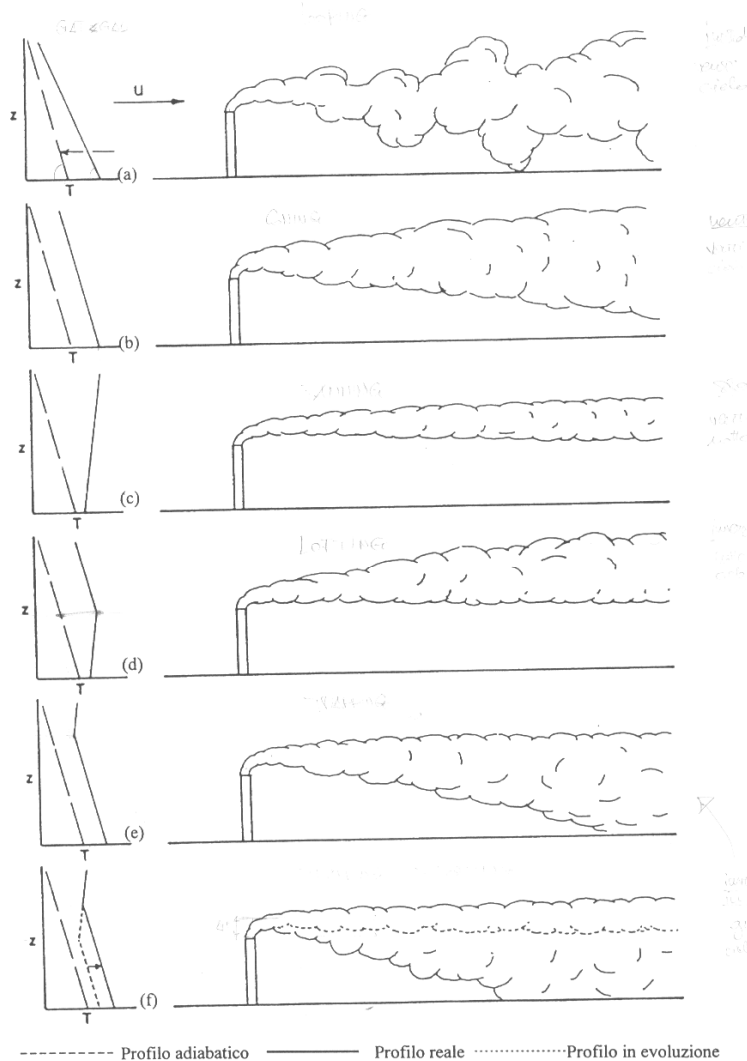


Fig. 11 - Effetto del tipo di atmosfera sul trasporto e diffusione di un pennacchio emesso in quota.

Looping: atmosfera instabile

Coning: atmosfera neutra

Fanning: inversione al suolo

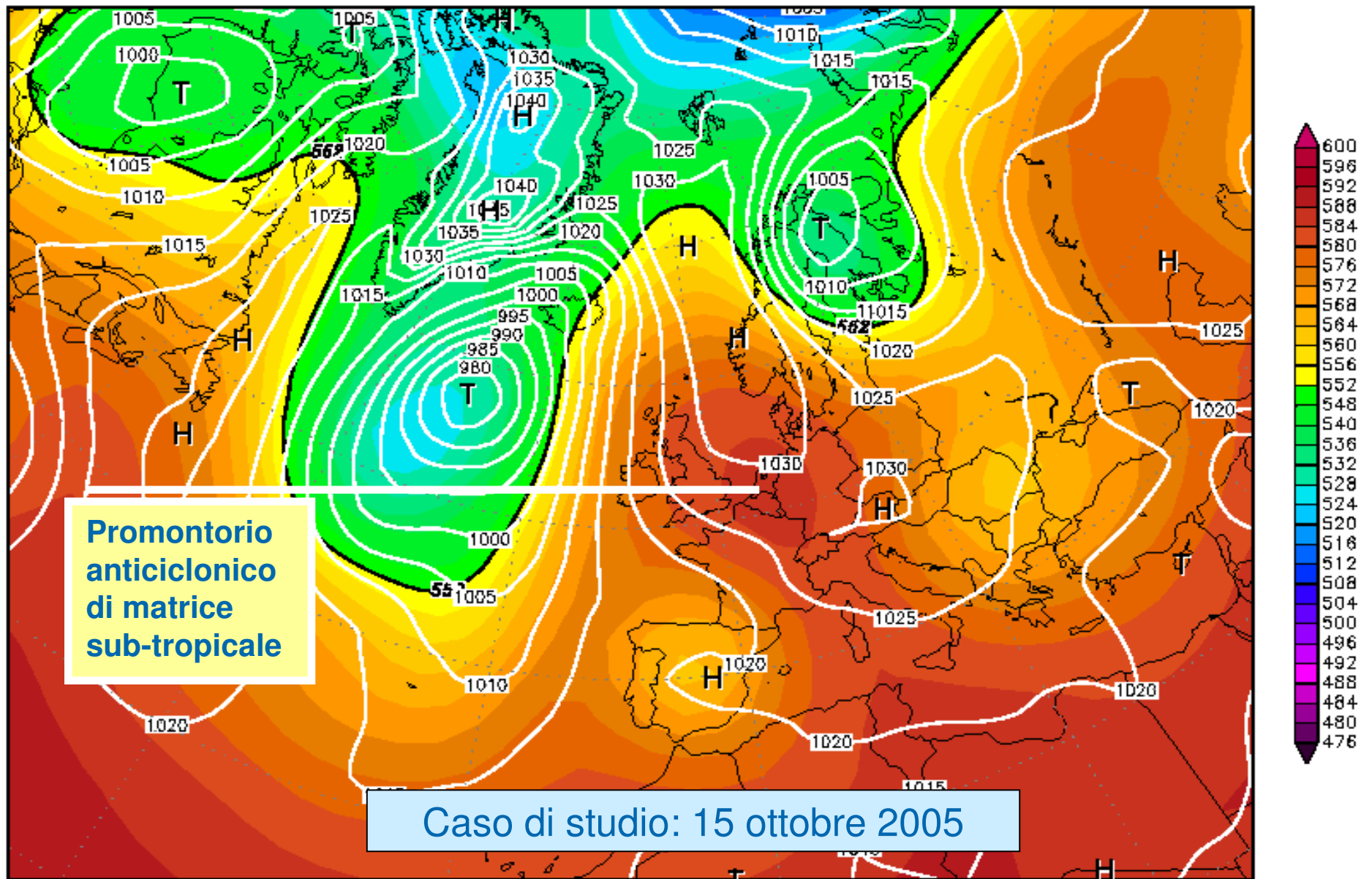
Lofting: inversione al suolo

Trapping (fumigazione): inversione in quota

Trapping - lofting: innalzamento del limite inferiore dell'inversione in quota

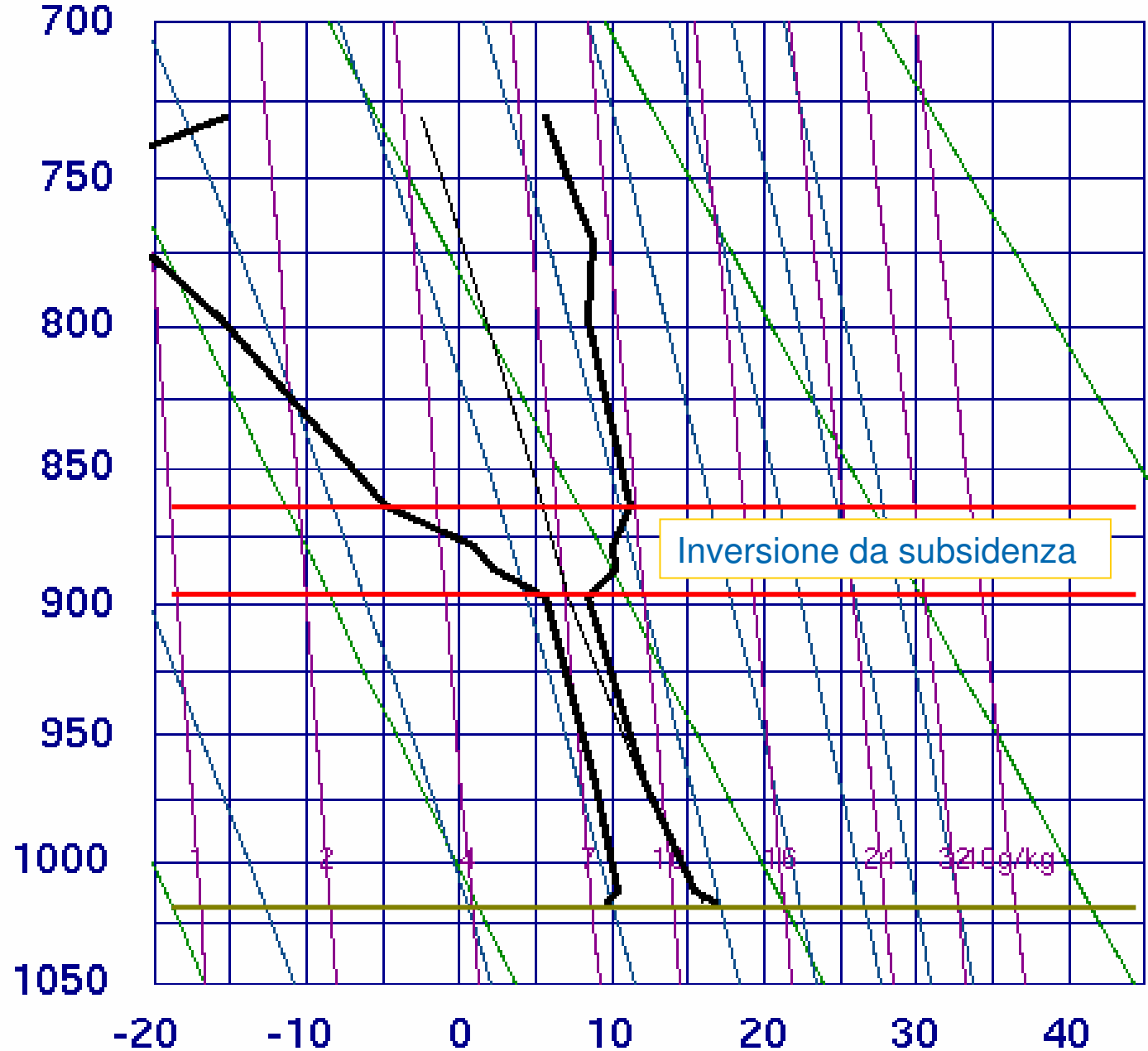
15OCT2005 00Z

500 hPa Geopotential (gpdm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

16080 LIML Milano



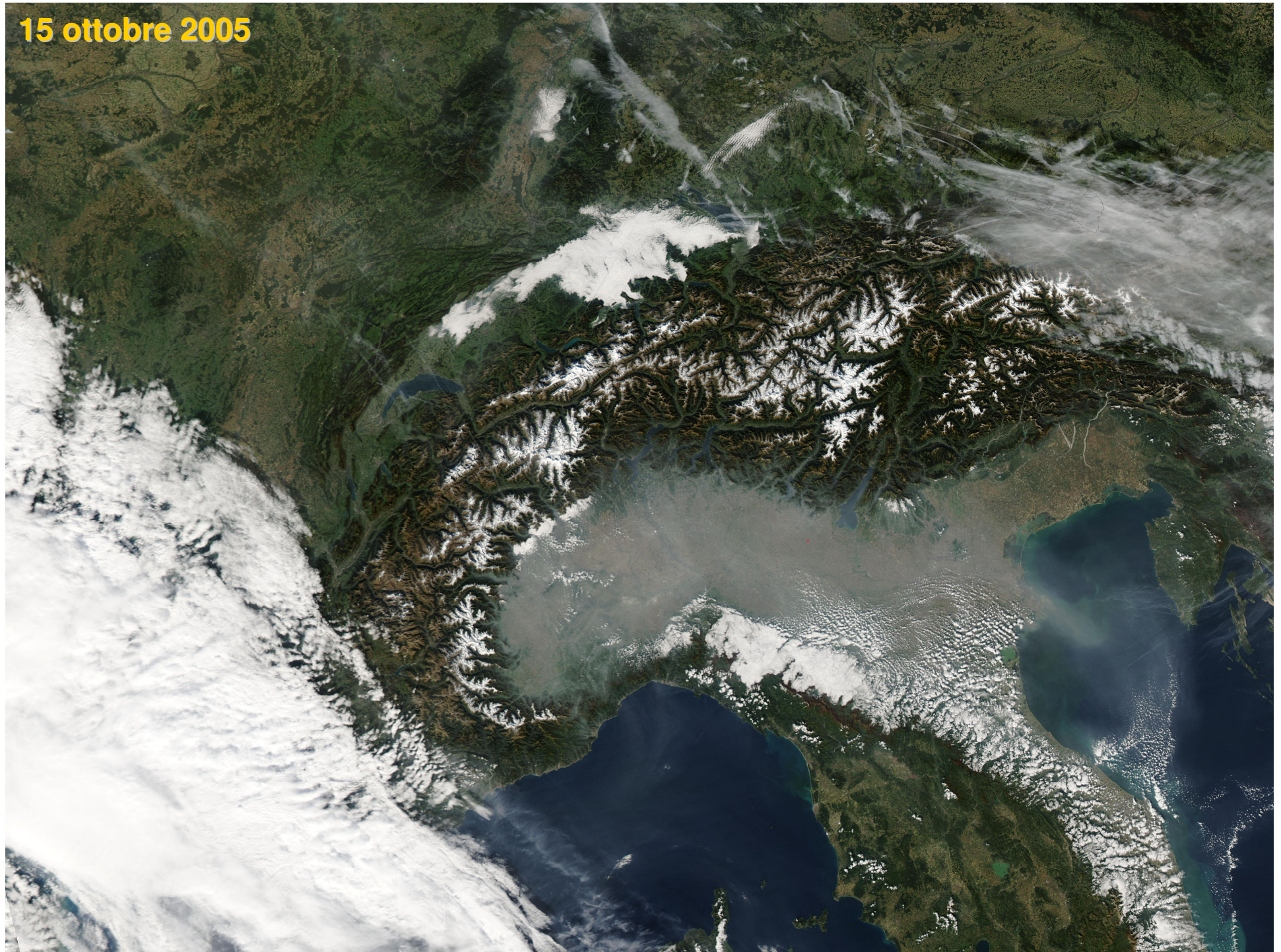
SLAT	45.43
SLON	9.28
SELV	103.0
SHOW	12.87
LIFT	10.36
LFTV	10.24
SWET	-9999
KINX	-6.48
CTOT	5.32
VTOT	22.97
TOTL	28.29
CAPE	0.00
CAPV	0.00
CINS	0.00
CINV	0.00
EQLV	-9999
EQTV	-9999
LFCT	-9999
LFCV	-9999
BRCH	0.00
BRCV	0.00
LCLT	281.7
LCLP	928.3
MLTH	287.8
MLMR	7.63
THCK	5599.
PWAT	14.88

○

12Z 15 Oct 2005

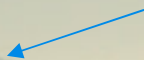
University of Wyoming

15 ottobre 2005

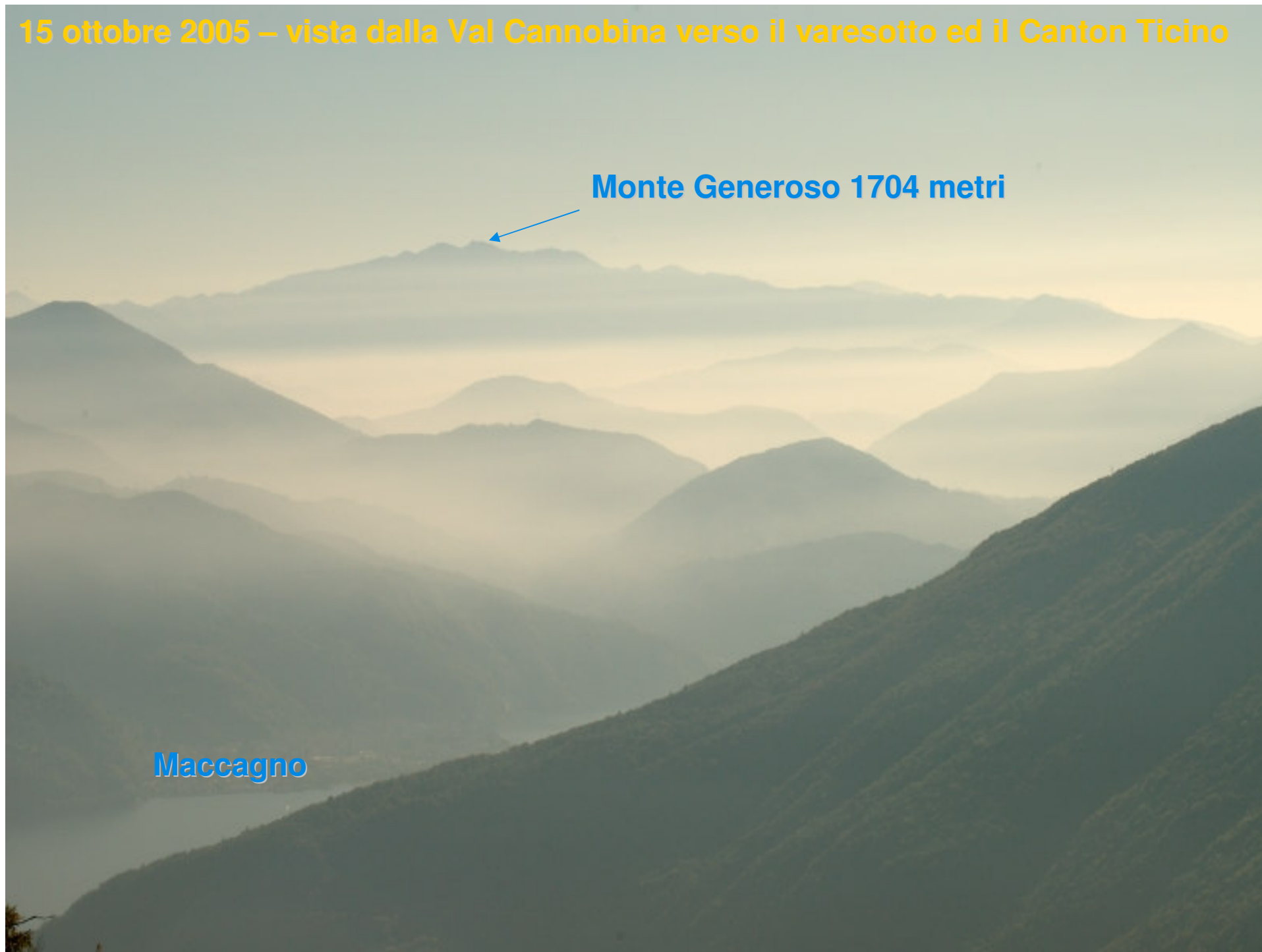


15 ottobre 2005 – vista dalla Val Cannobina verso il varesotto ed il Canton Ticino

Monte Generoso 1704 metri



Maccagno

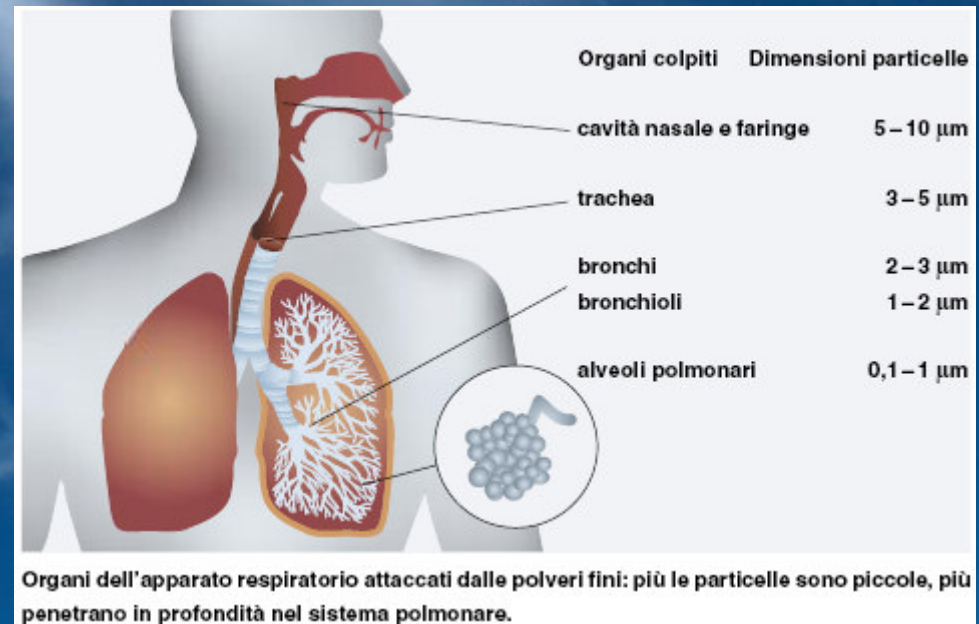


Particolato fine

Insieme eterogeneo di particelle solide e liquide in sospensione nell'aria

PM 10 – Polveri inalabili
Interessano il tratto superiore
dell'apparato respiratorio
Hanno diametro $< 10 \mu\text{m}$

PM 2,5 – Polveri respirabili
Sono in grado di interessare
gli alveoli polmonari
Hanno diametro $< 2,5 \mu\text{m}$



Fonte: documento UFAPP - Svizzera

EFFETTI : crisi di asma, tosse, bronchite, malattie polmonari e cardio-circolatorie
Aumento dei ricoveri e dei decessi

PM10 – Riferimenti normativi

D.M. n.60/2002 - Allegato III

Valori limite per il materiale particolato (PM10) dal 01.01.2005:

- **Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana:**

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore medio nell'arco delle 24 ore)

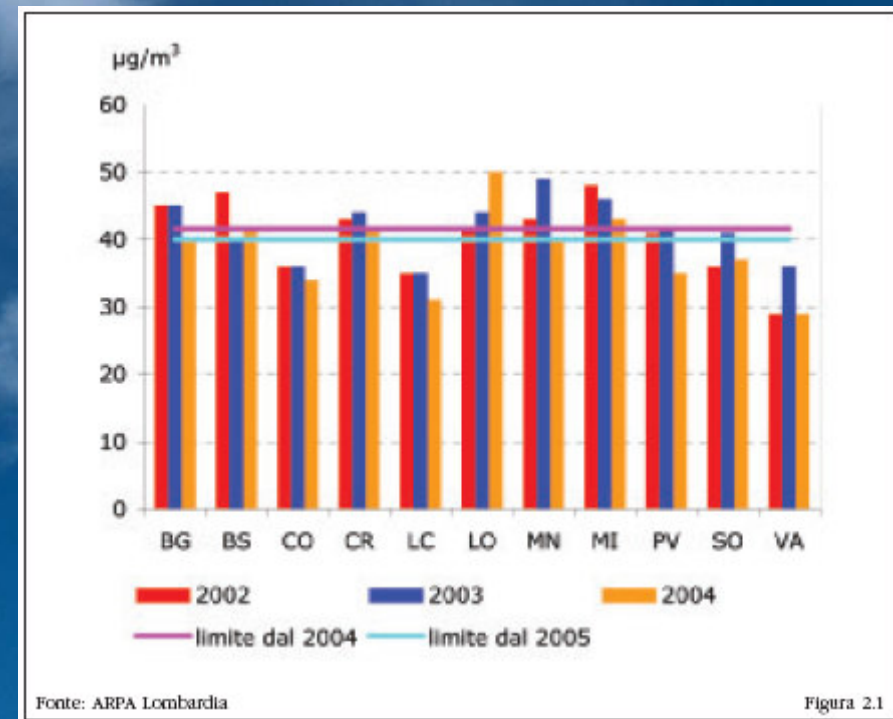
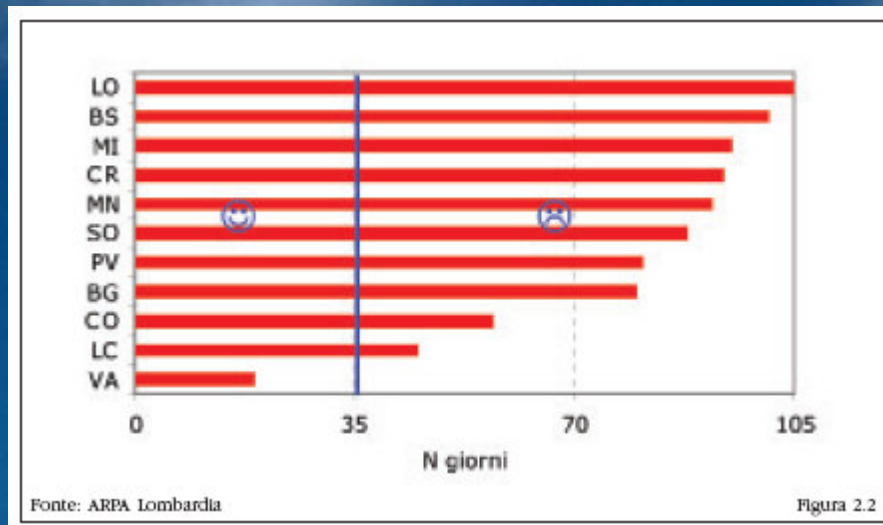
Tale valore non deve essere superato più di 35 volte nell'arco dell'anno civile.

- **Valore limite annuale per la protezione della salute umana:**

40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore medio nell'arco dell'anno civile)

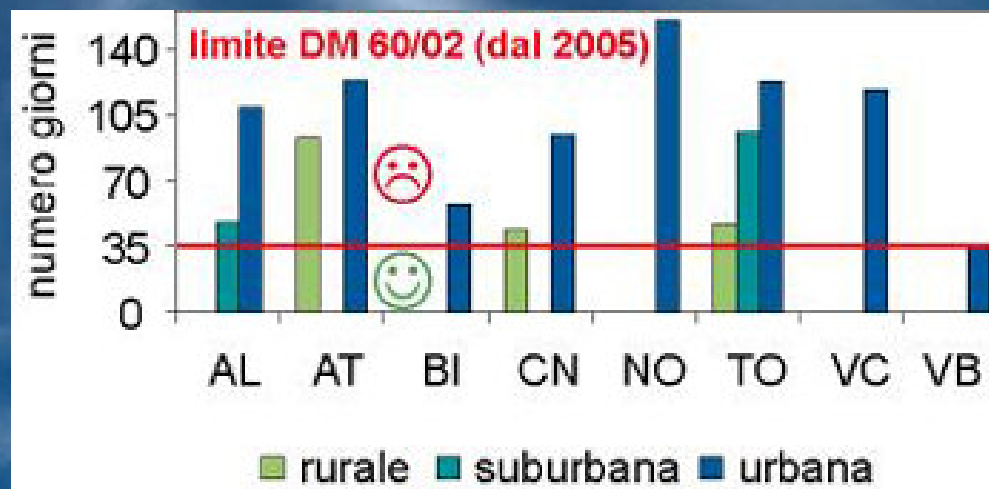
PM10 Lombardia anno 2004

Fonte: RSA 2005 Regione Lombardia

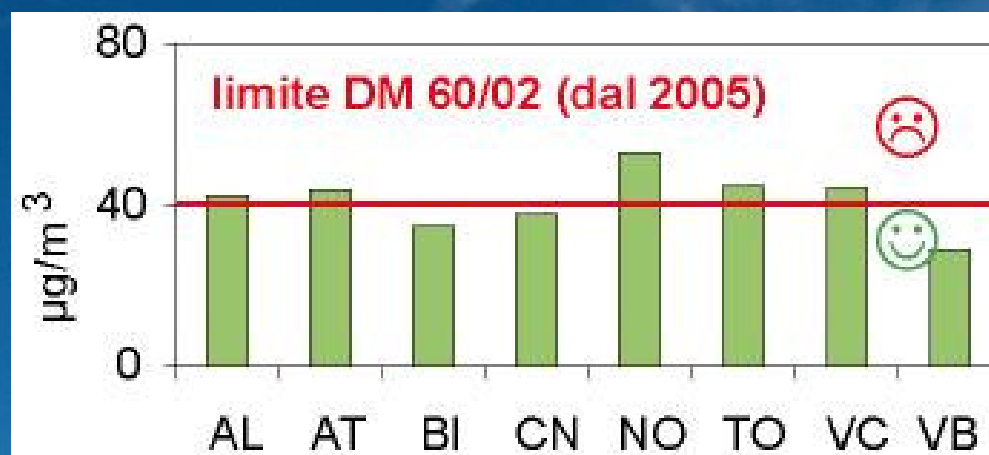


PM10 – Piemonte anno 2004

Fonte: RSA 2005 Regione Piemonte



36
superamenti



Un grave episodio di inquinamento

19, 20, 21 gennaio 2006 – Grave situazione di inquinamento. Non è stato preso alcun provvedimento di blocco del traffico!

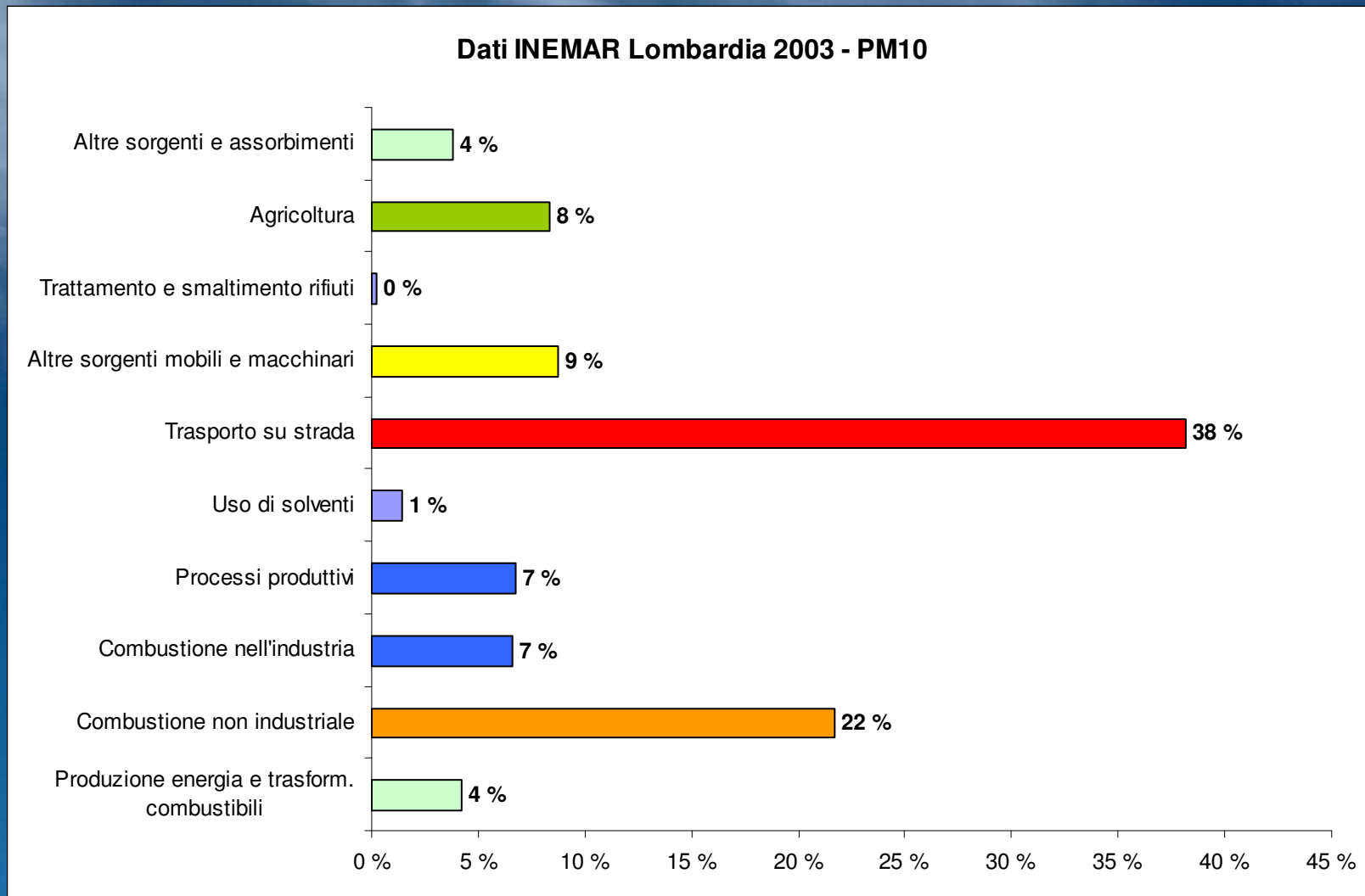
Dati medi giornalieri espressi in microgrammi a metro cubo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

data	Milano Juvara	Trezzo d'Adda	Arese	Meda
19/01/06	231	222	286	224
20/01/06	276	227	285	216
21/01/06	170	210	226	213
media	226	220	266	218

21 gennaio 2006



PM10 – Dati INEMAR 2003



PM10 – Risultati progetto PUMI

Particolato Fine nell'Atmosfera Urbana Milanese 2003

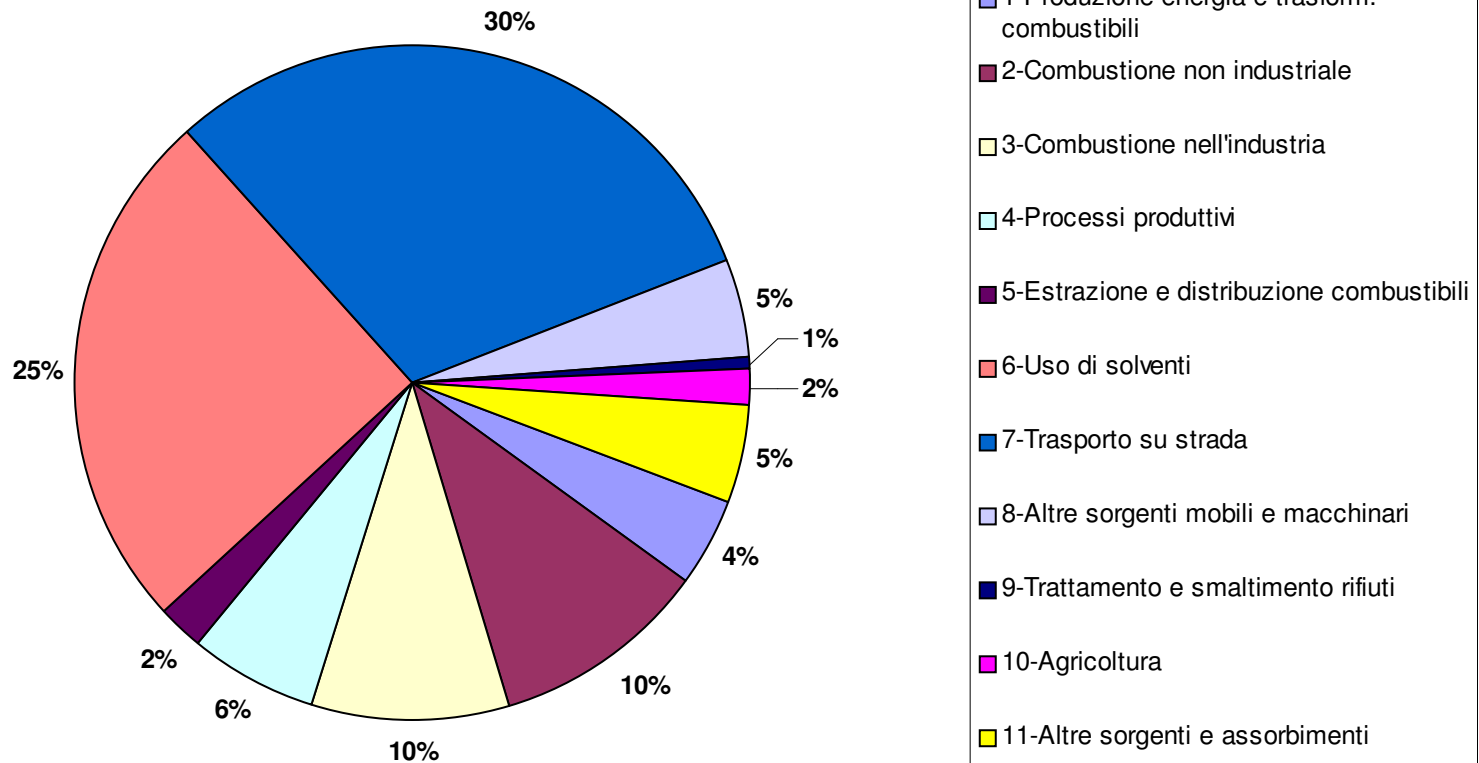
- Le particelle emesse dagli autoveicoli sono finissime e sempre inferiori a $1 \mu\text{m}$ (moda $0,1 \mu\text{m}$). Sono più fini quelle degli autoveicoli a Benzina.
- I veicoli diesel hanno emissioni 10-100 volte superiori a quelle dei veicoli a benzina.
- Il livello tecnologico influenza le emissioni.
- PM2,5 / PM10 medio annuo pari al 63%
- Il traffico costituisce la fonte principale di PM10 (60-70 % del totale).

Ozono “troposferico”

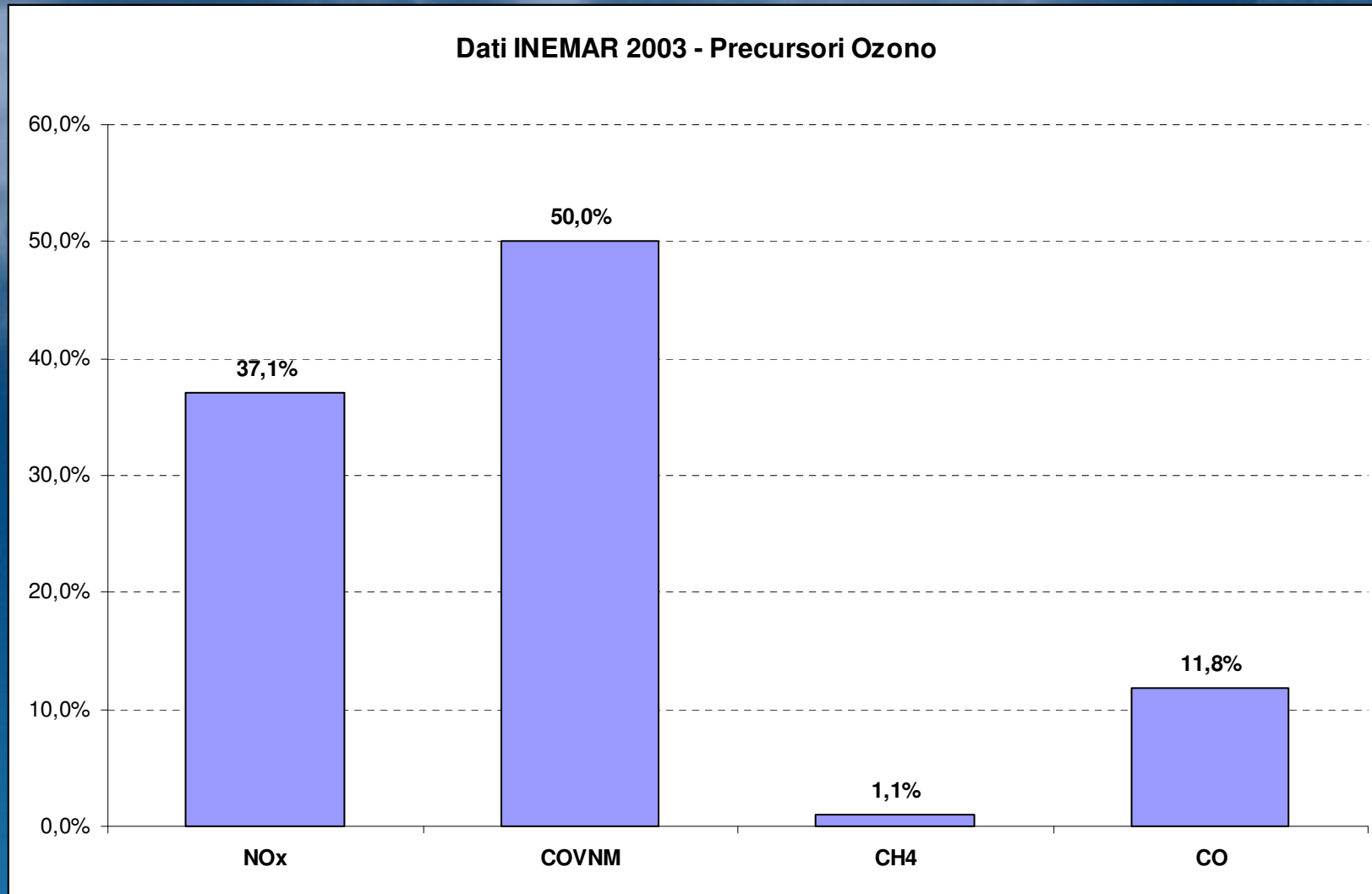
- Inquinante secondario che si origina a causa di reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti primari definiti precursori (NO_x , COVNM, CO e CH_4).
E' il rappresentante più significativo dello smog fotochimico.
- La formazione di ozono dipende dalla temperatura e soprattutto dall'intensità della radiazione solare (condizioni prevalentemente estive: aprile - settembre).
- E' dannoso, a differenza dell'ozono “stratosferico”.

Ozono - Precursori

Dati INEMAR 2003 - Precursori Ozono



Ozono - Precursori



Ozono - Formazione

Presenza dei precursori (NO_x , COVNM, CO, CH_4);

Radiazione solare e temperatura elevata (condizioni estive);

Ciclo di formazione e distruzione (senza produzione netta di O_3)



fotolisi biossido azoto



formazione ozono



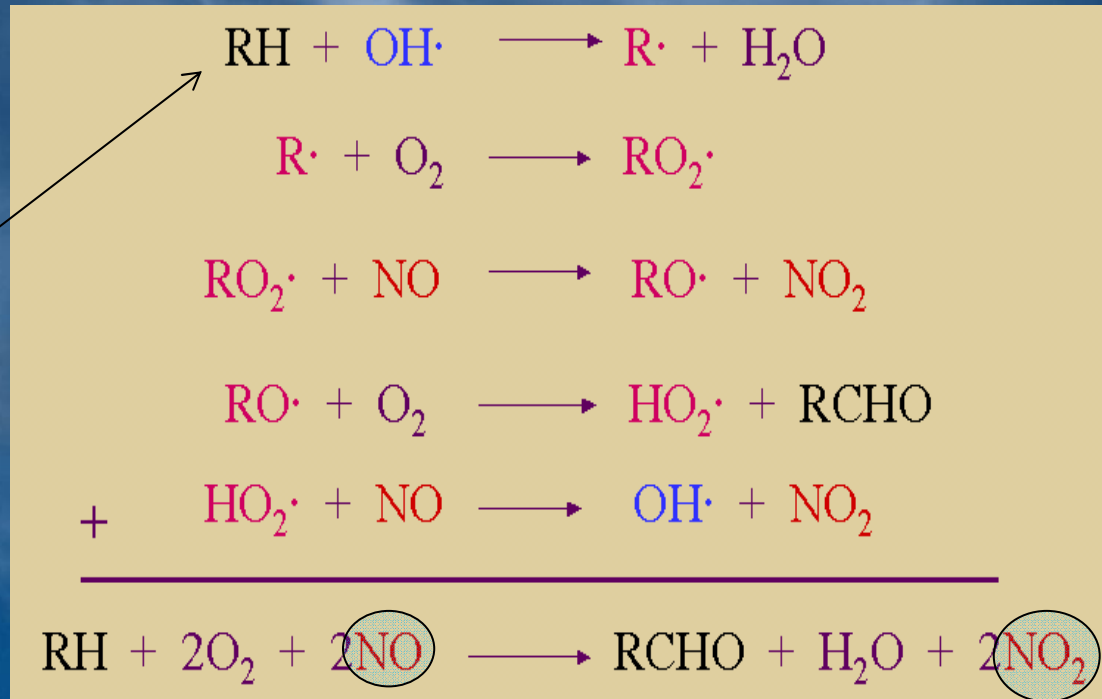
distruzione ozono

Per la distruzione dell' O_3 risulta quindi importante la presenza di NO.

Ozono - Formazione

NO tende però a reagire con i COV, se presenti, formando NO_2

COV



La parte di NO che reagisce con i COV non può quindi distruggere l'ozono ed inoltre incrementa la quantità di NO_2

Ne risulta una produzione netta di ozono

E' fondamentale la conoscenza del rapporto tra COV e NO_x nonché la speciazione dei COV

Ozono – L'importanza dei precursori

Massima produzione di ozono: $\text{COV} / \text{NO}_x = 8 / 1$

Produzione “COV limitata” – tipica delle aree urbane

Una riduzione degli NO_x produce un aumento dell'ozono (effetto week end). Occorre ridurre anche i COV.

La riduzione degli NO_x è comunque necessaria (si riduce il contributo legato al trasporto verso le zone rurali)

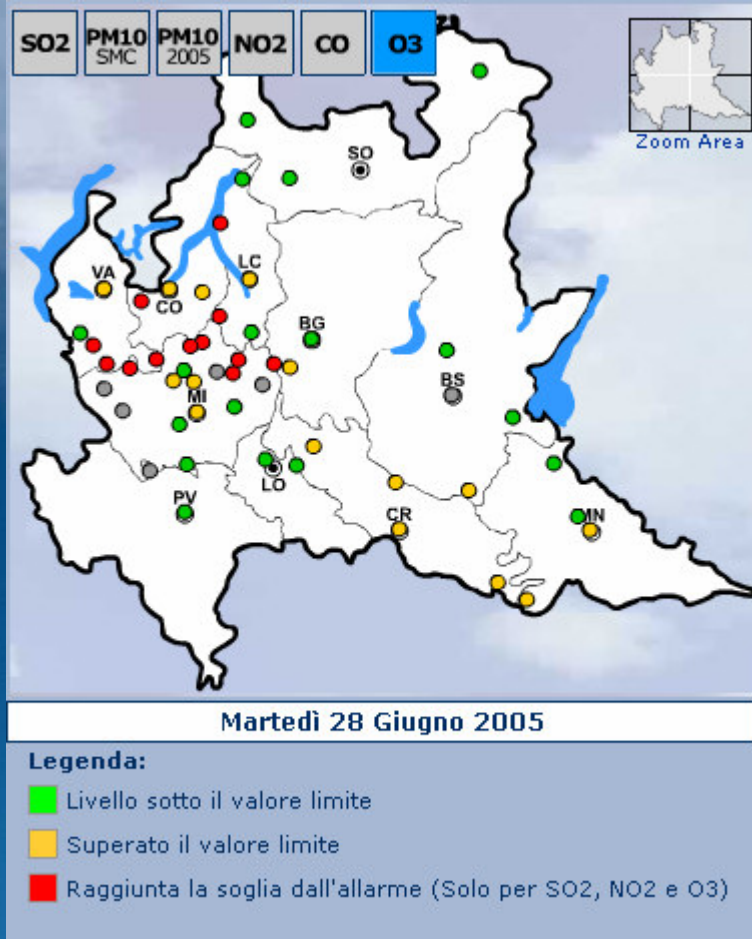
Produzione “ NO_x limitata” – tipica delle aree extra-urbane

Una riduzione degli NO_x produce una riduzione dell'ozono

Il problema delle aree extra urbane (es: area prealpina):

Trasporto di ozono dalle aree suburbane + trasporto di precursori + produzione locale ozono

Ozono – Trasporto degli inquinanti



I maggiori livelli di ozono si trovano nelle zone sottovento ai grossi centri urbani a causa del trasporto degli inquinanti e di un rapporto COV/NO_x favorevole alla formazione di ozono.

I maggiori livelli di ozono si possono trovare anche a parecchie decine di km di distanza dalle principali fonti di emissione dei precursori (es. Varenna).

In estate di giorno predomina la circolazione pianura - montagna.

Ozono – Riferimenti normativi

Decreto legislativo 21 maggio 2004, n.183 e allegati

Soglia di informazione: *livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione devono essere adottate le misure previste dall'articolo 5.*

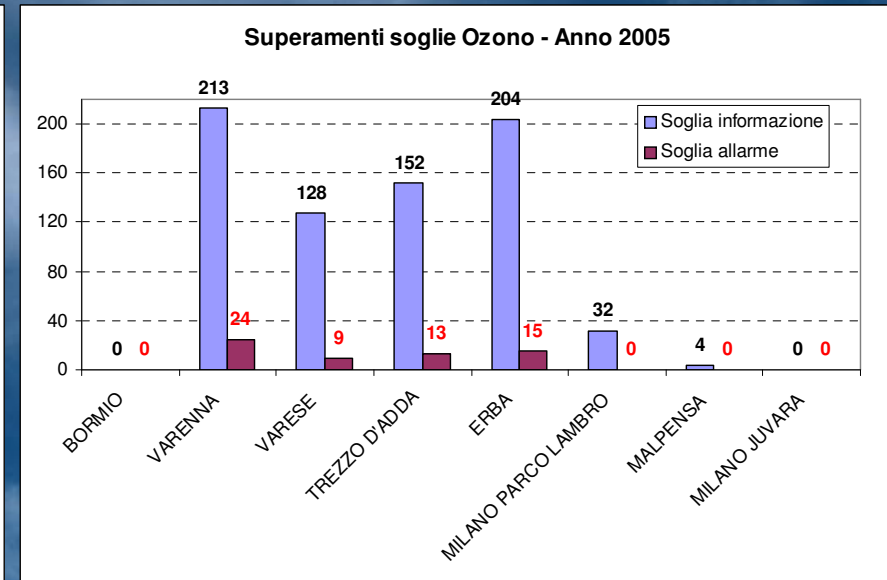
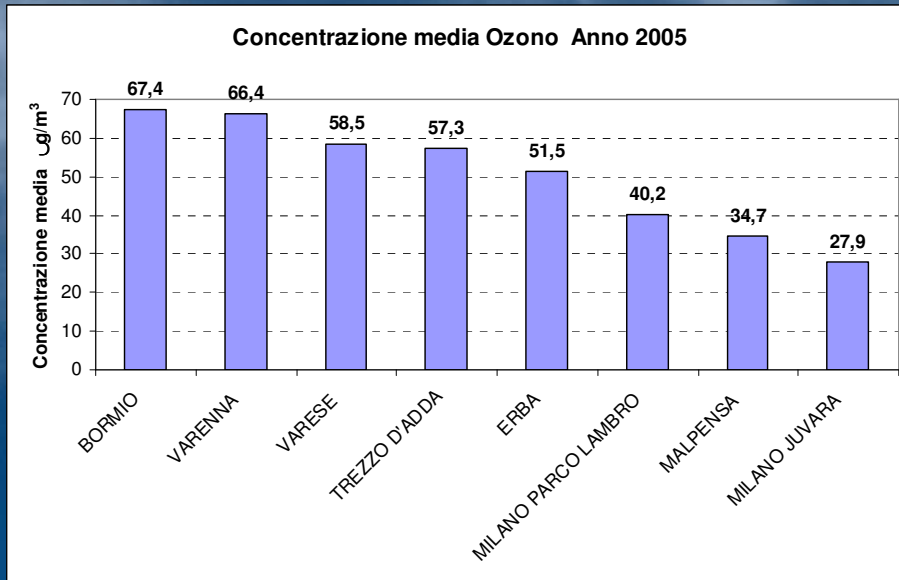
concentrazione media oraria: 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Soglia di allarme: *livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 5.*

concentrazione media oraria: 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ozono – Qualche dato

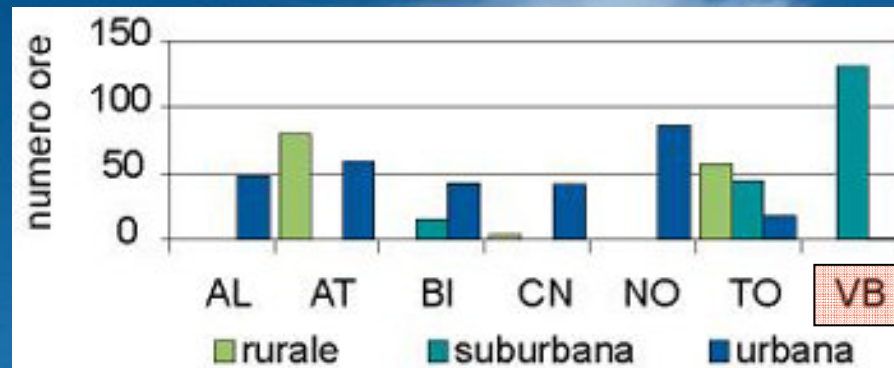
Elaborazioni su dati ARPA Lombardia – dati anno 2005



Fonte: RSA Piemonte 2005

Dati anno 2004

L'ozono è un problema serio anche per la provincia di Verbania



Considerazioni generali

- Occorre fornire informazione ai cittadini in tempo reale
- Maggiore consapevolezza del problema da parte delle persone
- Adottare provvedimenti sovra-regionali e non solo locali
- Utilizzo di FAP per autoveicoli diesel
- Limitazioni alla circolazione in base a criteri oggettivi definiti sulla base delle previsioni meteorologiche
- Promuovere l'utilizzo dei mezzi pubblici (che dovrebbero però utilizzare combustibili puliti)
- Riduzione del traffico pesante su gomma
- Promuovere l'uso del GPL con incentivi per l'installazione
- Rinnovare il parco autoveicoli eliminando i mezzi molto inquinanti (soprattutto mezzi pesanti)
- Favorire teleriscaldamento

La zona meno adatta

- Le maggiori attività produttive si trovano nella zona di Italia caratterizzata da condizioni meteorologiche meno adatte ad ospitarle.
- I carichi inquinanti immessi nell'atmosfera tendono per molti periodi dell'anno (soprattutto invernali) a rimanere intrappolati nei bassi strati dell'atmosfera.
- Ne conseguono rischi per la salute dei cittadini con aumento dei ricoveri ospedalieri e delle morti premature (ad un incremento del PM10 di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corrisponde un incremento del 1,3% della mortalità giornaliera)

Il ruolo dei cambiamenti climatici

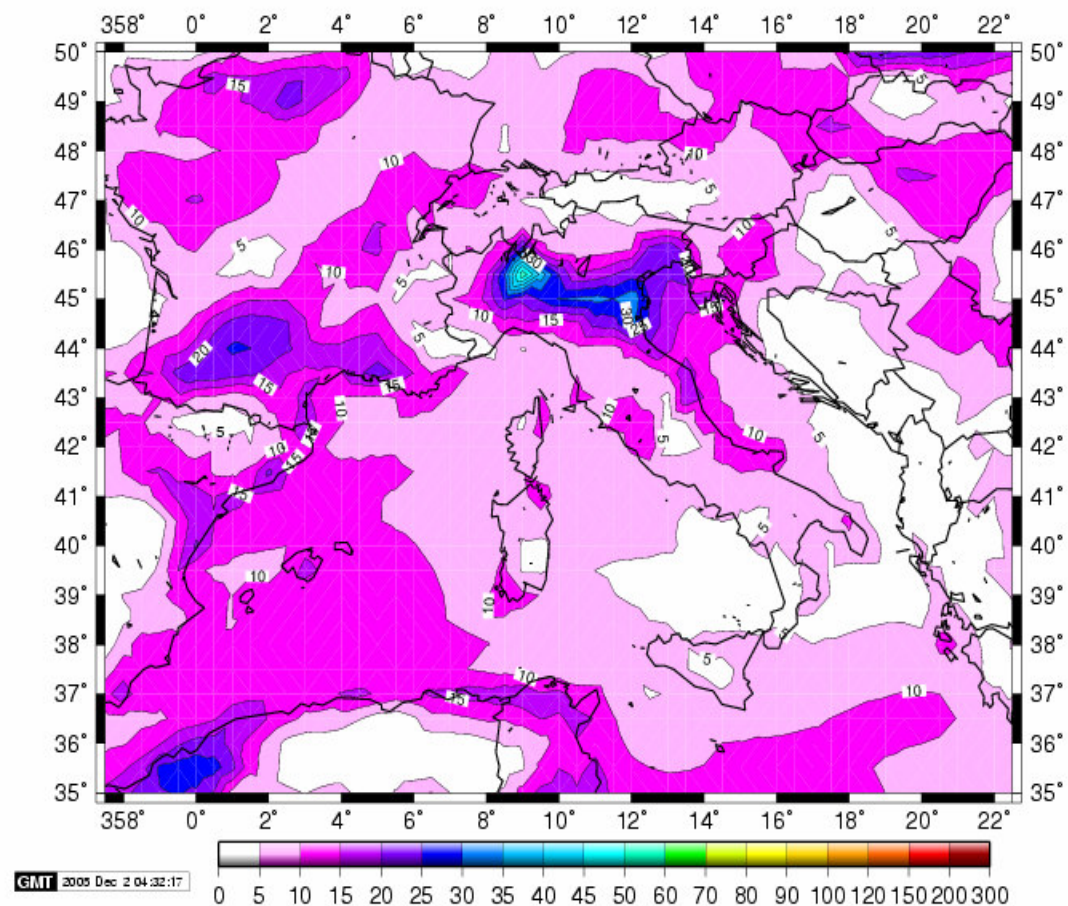
- L'attuale tendenza mostra una riduzione delle precipitazioni su buona parte del NW italiano ed un aumento del numero di giornate anticicloniche.
- Gli anticicloni sono responsabili della formazione delle inversioni da subsidenza e del ridotto trasporto orizzontale degli inquinanti.
- La mancanza di precipitazioni riduce i fenomeni di “pulizia” dell'aria (rain out e wash out).

Previsione = Prevenzione

Sono stati sviluppati dei modelli per la previsione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

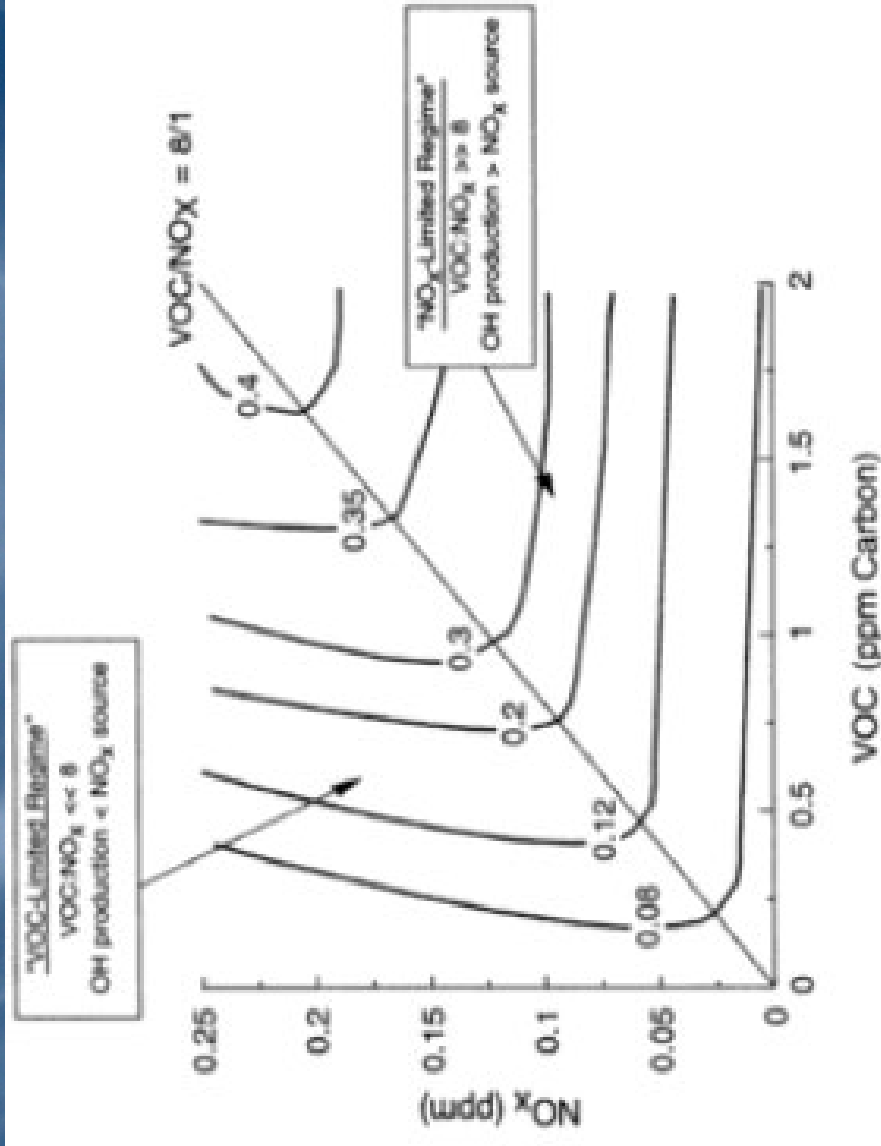
Abbiamo quindi a disposizione degli elementi oggettivi per poter intervenire con misure preventive cercando di evitare situazioni di inquinamento acuto.

PM10 mean - 04/12/2005 - CETEMPS



GRAZIE PER L'ATTENZIONE





Source: National Research Council (1999) Ozone-Forming Potential of Reformulated Gasoline, National Academy Press, Washington, DC.