

**Zeitschrift:** Macolin : mensile della Scuola federale dello sport di Macolin e di Gioventù + Sport  
**Herausgeber:** Scuola federale dello sport di Macolin  
**Band:** 49 (1992)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Possiamo vivere con l'ozono?  
**Autor:** Schott, Thomas / Ambrosetti, Paolo  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-999595>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Possiamo vivere con l'ozono?

di Thomas Schott, Macolin e Paolo Ambrosetti, Locarno-Monti  
traduzione di Mariapia Ambrosetti

Questa è la traduzione parziale di un articolo pubblicato in tedesco su una ricerca condotta alla Scuola federale dello sport di Macolin nell'estate 1991 in collaborazione con il dipartimento «Tecnica dell'ambiente» della Scuola di ingegneri di Bienne (SIB). Per meglio illustrare la situazione a sud delle Alpi sono stati usati dati e ricerche messi a disposizione dalla Sezione aria e acqua del Dipartimento del territorio del Cantone Ticino e dall'Osservatorio ticinese dell'Istituto Svizzero di Meteorologia.

La scuola di Macolin era interessata a una misurazione permanente dell'ozono sul posto al fine di familiarizzare i suoi studenti con le sostanze inquinanti esistenti. A loro volta, gli studiosi dell'igiene dell'aria della SIB considerano interessante la località di Macolin (450 m sopra Bienne e a 3 km dal centro-città) per il fatto che vi si possono studiare i tipici processi di trasformazione che avvengono nel trasporto degli inquinanti atmosferici in zone di aria pura (fig. 1). È altresì interessante paragonare i risultati ottenuti con altre misurazioni che sono state effettuate a Bienne nell'ambito del progetto nazionale di ricerca «Igiene dell'aria e inquinamento atmosferico in una città svizzera». Heinz Wanner ha raccolto in un libro tutti i contributi di tale ricerca [1]. Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico rimane ancora molto da chiarire: le molteplici domande formulate dagli studenti di Macolin relative al valore limite di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fissato dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico lasciano supporre che pochi sanno cosa comporti un de-

terminato quantitativo di sostanza nociva. Sussistono molte incertezze anche a proposito del grado di tossicità dell'ozono e della sua formazione, per non parlare degli altri inquinanti atmosferici, che vengono per lo più dimenticati e che sono spesso presenti contemporaneamente.

## Valori limite e indicazione delle unità

L'Ordinanza sull'inquinamento atmosferico (OIA) indica i valori limite delle sostanze inquinanti in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (microgrammo per metrocubo d'aria), ossia il peso della sostanza inquinante in un volume. Rispetto alle molecole dell'aria, il numero di molecole dell'ozono è così esiguo da venir rilevato in milionesimi di percentuale, e ciò spiega l'uso dell'unità ppb (parts per billion) per indicare le percentuali di ozono.

Come già accennato, l'OIA fissa a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il valore limite di ozono, che dovrebbe essere superato al massimo un'ora all'anno.



## Formazione e distruzione dell'ozono

In prossimità della superficie terrestre, l'ozono si forma in presenza di composti organici volatili e di ossidi d'azoto sotto l'influsso della radiazione solare. Le reazioni chimiche sono assai complesse e sia la variazione delle condizioni di concentrazione sia il tipo specifico dei precursori dell'ozono hanno un forte influsso sulla velocità di formazione. Quest'ultima dipende dai seguenti fattori:

- concentrazione di biossido d'azoto  $\text{NO}_2$ ;
- composizione e concentrazione dei diversi composti organici volatili;
- rapporto tra le due concentrazioni citate;
- intensità e distribuzione spettrale della radiazione solare incidente;
- temperatura dell'aria.

Possiamo pertanto osservare come le condizioni meteorologiche, direttamente o indirettamente, svolgano un ruolo fondamentale.

La concentrazione di ozono diminuisce per riduzione (ossia quando cede un atomo d'ossigeno, per esempio trasformando l'NO in  $\text{NO}_2$ ) e mescolandosi con aria più «pulita» (viene diluito). L'ozono viene inoltre eliminato per assorbimento (respirazione) da parte di tutti gli esseri viventi, in particolare dalle piante.

Le fonti principali dei precursori dell'ozono si trovano nelle aree urbane ed industriali, come pure sugli importanti assi di transito stradale. Le più forti concentrazioni di ozono si registrano tuttavia nelle zone rurali o suburbane, dove esistono meno «divoratori» di ozono, quali ad esempio il monossido d'azoto NO.

Dato che alla formazione dell'ozono concorre anche la radiazione solare, la maggior produzione avviene durante il semestre estivo con buon soleggiamento. In tali condizioni si sviluppano inoltre dei venti termici, che





contribuiscono al trasporto dei precursori e dell'ozono stesso. L'andamento «normale» della concentrazione misurata al suolo nelle zone pianeggianti indica un massimo nel tardo pomeriggio e un minimo al mattino presto. L'ampiezza di questa oscillazione dipende dalla presenza o meno dei «divoratori» di ozono, la quale è molto consistente nelle zone urbane (dovuta alla produzione di NO), mentre nelle stazioni di montagna e a 100 o più metri sopra il suolo, essa diminuisce o è addirittura nulla. Durante il giorno si forma nuovo ozono, alimentando in tal modo il «serbatoio» di ozono che si concentra nella bassa troposfera, lo strato limite che si trova da poche decine di metri dal suolo fin verso 2000-3000 m.

A parità di emissione, sono soltanto le condizioni meteorologiche a determinare la formazione, la concentrazione e il trasporto dell'ozono. In presenza di forti venti, sia l'ozono che i suoi precursori vengono convogliati in lontananza e diluiti con aria più pura. Se il cielo è molto nuvoloso, per cui la radiazione è minima, la produzione di ozono è molto ridotta. Sono quindi le situazioni anticicloniche, caratterizzate da tempo soleggiato con venti deboli in altitudine, che favoriscono la formazione e l'accumulo di questo gas.

L'istogramma della fig. 1 rappresenta i valori medi rilevati a Berna, Bienne e Macolin il 6 agosto 1991. Il rettangolo sinistro di ogni coppia illustra la concentrazione di NO<sub>2</sub>, mentre quello di destra indica la concentrazione di ozono. Considerando soltanto la prima, si può osservare ciò che già si sapeva: quanto più piccola è la località, tanto minore è la quantità di NO<sub>2</sub> (rispetto a Berna, essa è di circa due terzi a Bienne, mentre a Macolin è di appena un quarto). Ciò ci induce a pen-



sare che nelle diverse località esiste una concentrazione di ozono inversamente proporzionale a quella di NO<sub>2</sub>.

### Effetti dell'ozono sul nostro organismo

Qual è il grado di tossicità dell'ozono? I valori limite dell'OIA non sono stati fissati arbitrariamente, bensì su raccomandazione dell'Organizzazione

mondiale della sanità (OMS) sulla base di diversi studi realizzati a livello mondiale. In altre parole, i paesi che fissano valori limite superiori alla Svizzera non si attengono alle raccomandazioni dell'OMS. Dato che la legislazione relativa all'ambiente intende tutelare non soltanto l'essere umano, ma anche l'ambiente naturale in cui vive (che talvolta risulta più fragile dell'uomo stesso), i valori limite sono relativamente bassi. Le piante hanno peraltro già subito perdite di produzione. Gli obiettivi della legge sulla protezione dell'ambiente figurano nell'articolo 1 della stessa, il quale recita:

*«Scopo della presente legge è di proteggere l'uomo, la fauna e la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi dagli effetti dannosi e molesti e di conservare la fertilità del suolo.*

*A scopo di prevenzione, gli effetti che potrebbero divenire dannosi o molesti devono essere limitati tempestivamente».*

Morton Lippmann dell'Institute of Environmental Medicine (Università di New York) ha pubblicato i risultati di diversi esperimenti con l'ozono effettuati sull'uomo negli Stati Uniti. [2]. Ne riportiamo alcuni al fine di chiarire la problematica dei valori limite.

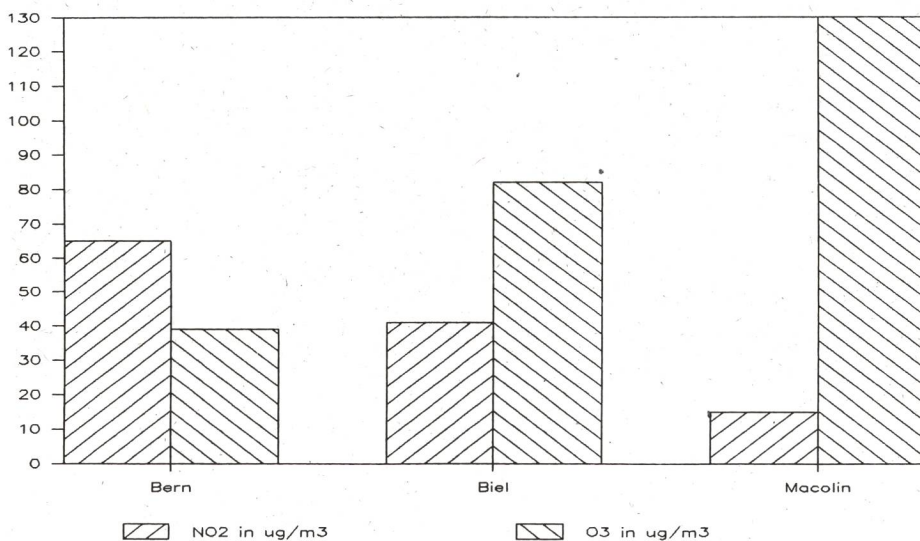


Fig. 1: concentrazione media giornaliera di ozono (a destra) e NO<sub>2</sub> (a sinistra) il 6.8.1991 a Berna, Bienne e Macolin.



In un primo esperimento si voleva sapere se l'ozono avesse conseguenze sui polmoni umani. A tale proposito, si sono tenuti 38 giovani di sesso maschile in un locale avente una concentrazione di ozono di 80 ppb ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per una durata di 6,6 ore. Dopo ogni ora si è proceduto alla misurazione delle funzioni polmonari mediante il cosiddetto FEV1 (Forced Expiratory Volume in 1 secondo). Ciò significa che la persona sottoposta a tale esperimento emette, dopo una inspirazione massima, un quantitativo d'aria il più elevato possibile. La figura 2 illustra i risultati di tale esperimento.

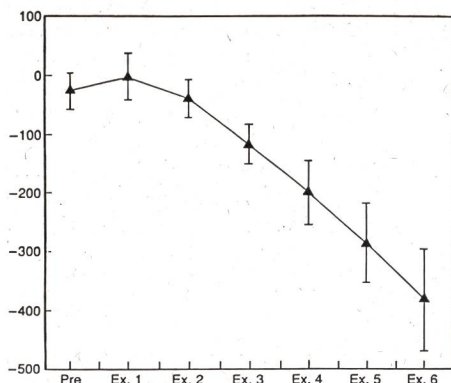


Fig. 2: diminuzione del volume d'aria espirato dalle persone mantenute durante 6,6 ore in un ambiente contenente 80 ppb di ozono (Lippmann, 1991).

Il grafico mostra quanti ml di aria in meno erano in grado di respirare le persone soggette alle prove dopo ogni esposizione (Ex.) rispetto alla prima (0 ml sull'asse delle y). Il leggero aumento della curva dopo l'esposizione 1 può essere interpretato come l'effetto di adattamento. La curva mostra chiaramente che la funzione polmonare va diminuendo di ora in ora.

Si voleva inoltre sapere se oltre un determinato valore limite di ozono si riscontrano segni di infezione ai bronchi e agli alveoli. Benché non si sia potuto appurare una simile soglia, si è tuttavia stabilito che con carichi di ozono elevati possono verificarsi disturbi di questo tipo. Anche in questo caso si è optato per una concentrazione minima di ozono di 80 ppb, ossia un valore limite superiore a quello di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fissato dall'OIA.

In un terzo esperimento si è cercato di stabilire se la concentrazione di ozono misurata in un giorno va convertita mediante un fattore per sapere la concentrazione effettiva a cui una persona è sottoposta.

È peraltro determinante il fatto che la maggior parte delle persone della società industrializzata trascorra l'80% della giornata in un ambiente chiuso dove la concentrazione di ozono nei

locali presenta valori inferiori a quelli registrati all'aperto. Per diversi locali abitativi e adibiti ad ufficio si sono trovate le rispettive percentuali della concentrazione esterna, di cui riportiamo un paio di valori medi:

- 65% in locali aventi finestre apribili
- 32% in locali chiusi aventi l'aria condizionata.

Ciò significa che chiunque vive in un'abitazione avente finestre apribili, respira soltanto il 65% ca. dell'ozono registrato all'esterno.

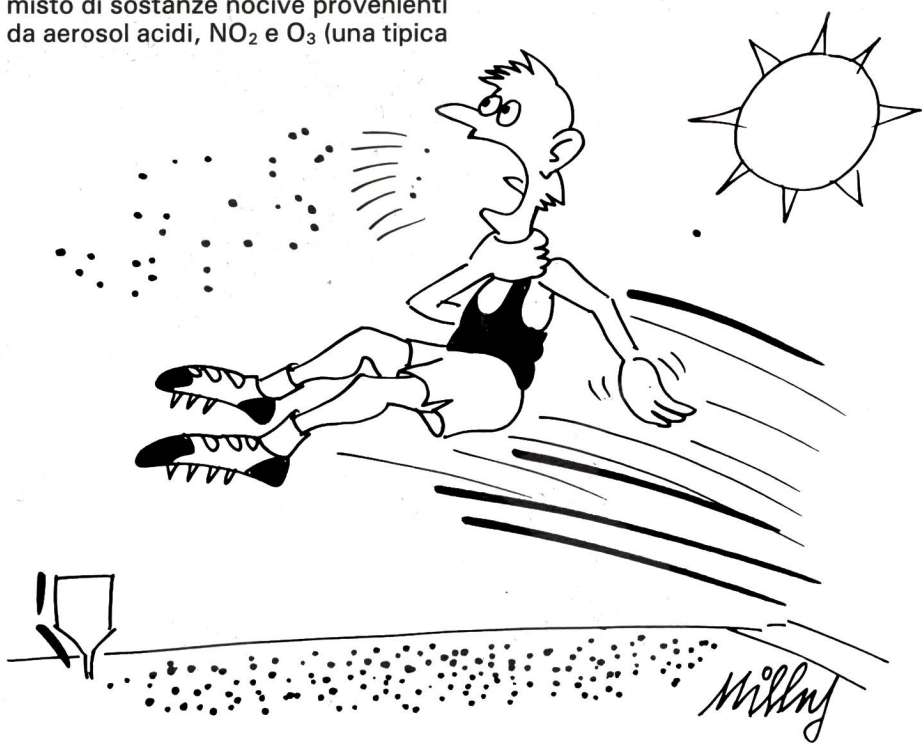
### Gli altri inquinanti atmosferici vengono spesso dimenticati

Come già accennato, non vanno dimenticati gli inquinanti atmosferici NO, NO<sub>2</sub>, VOC (composti organici volatili) e la polvere (per es. le particelle di fuliggine provenienti dai veicoli diesel), che per gli occhi, i bronchi, i polmoni e le mucose sono altrettanto molesti quanto l'ozono, senza contare che le particelle di fuliggine dei veicoli a diesel sono cancerogene. Qui di seguito riportiamo alcune osservazioni tratte dalla suddetta pubblicazione di Lippmann. Presso bambini che hanno partecipato a una colonia estiva, in cui si giocava molto all'aperto, si è riscontrato una riduzione delle funzioni polmonari superiore a quella di bambini rimasti in un locale climatizzato, a parità di concentrazione di ozono e di prestazioni corporee. Si è quindi giunti alla conclusione che le altre sostanze nocive hanno un'incidenza non trascurabile. In un altro test, alcuni giovani adulti non fumatori hanno eseguito diversi esercizi sportivi in un ambiente contenente un misto di sostanze nocive provenienti da aerosol acidi, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> (una tipica

aria di città). Immediatamente prima e dopo gli esercizi è stata misurata la funzione respiratoria dei giovani confermando quanto si era riscontrato presso i bambini delle colonie estive: la preoccupazione per l'ozono aveva fatto dimenticare che il concorrere di diverse sostanze nocive ha conseguenze più gravi sull'uomo che non una sola sostanza, seppur in una concentrazione elevata (cfr. [1], pagg. 321-362). Ne concludiamo pertanto che per una seria valutazione della qualità dell'aria vanno considerate tutte le sostanze nocive in essa contenute!

### La situazione specifica del versante sudalpino

La posizione geografica della nostra regione, con il bacino padano aperto solo verso est e la catena alpino-appenninica intorno, inibisce il ricambio della massa d'aria degli strati inferiori dell'atmosfera, schermando spesso le correnti atlantiche e mediterranee dirette verso l'Europa centrale. L'accumulo di inquinanti risulta quindi favorito anche dove non esistono grandi centri industriali e urbani. Durante le belle giornate si sviluppano i venti termici prodotti dalla differenza di riscaldamento e di raffreddamento tra laghi e terra (breva, invernata, tramontana), rispettivamente tra monte e valle. Ciò determina un certo rimescolamento della massa d'aria, che risulta spesso positivo in inverno, soprattutto nel Sopraceneri, favorendo la diluizione degli inquinanti. D'estate i venti non consentono un tale ricambio poiché lo strato inquinato ha uno spessore molto maggiore.





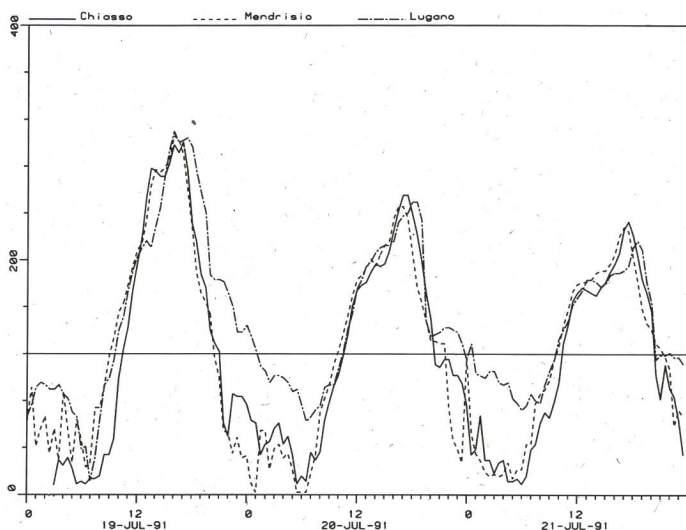


Fig. 3: evoluzione della concentrazione di ozono in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dal 19 al 21 luglio 1991 a Chiasso, Mendrisio e Lugano.

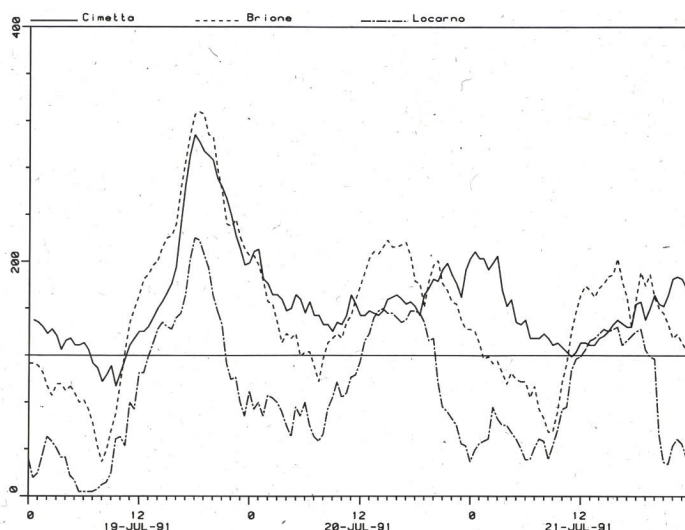


Fig. 4: evoluzione della concentrazione di ozono in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dal 19 al 21 luglio 1991 a Cimetta, Brione s/Minusio e Locarno (Piazza Castello).

Durante la notte si osserva la discesa d'aria ricca di ozono lungo i pendii dei monti e delle valli trasportati dai venti catabatici discendenti. D'altra parte al di sopra dei laghi si forma un serbatoio d'ozono che durante il giorno viene spinto verso terra; ciò spiega il rapido aumento delle concentrazioni nel corso della mattinata in coincidenza con l'arrivo dell'inverna, o breva, dai laghi verso la zona collinare. Questo regime pendolare dei venti termici non è costante sull'arco dell'anno e dipende da diversi fattori.

### Concentrazione di ozono in alcune località ticinesi

Per illustrare l'andamento delle concentrazioni di ozono in alcune stazioni di misura del Dipartimento del territorio del Cantone Ticino, abbiamo scelto 3 giorni consecutivi, dal 19 al 21 luglio dell'estate 1991. Tale andamento è abbastanza rappresentativo delle belle giornate estive, con temperature oscillanti tra i 20 e i 30°C e un buon soleggiamento.

Le curve indicano le concentrazioni di ozono in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la linea orizzontale a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mostra il limite fissato dall'OIA, che dovrebbe essere superato al massimo un'ora all'anno!

Il grafico della figura 3 mostra l'andamento molto simile in tre stazioni di pianura del Sottoceneri: vi si può riconoscere la classica variazione giornaliera, in cui durante il giorno vi è formazione di nuovo ozono che si aggiunge a quello già presente. Durante la notte l'aria si stratifica, l'ozono viene «divorato» dalle piante e dal monossido d'azoto  $\text{NO}$ , per poi trasformarsi in  $\text{NO}_2$ . A Mendrisio e a Chiasso le concentrazioni scendono al di sotto della soglia dei 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dopo le 21 circa, mentre a Lugano tale abbassamento avviene soltanto dopo la mez-

zanotte. Ciò è dovuto alla presenza del vento di tramontana che porta ozono dalla Capriasca e dalla Valcolla. Tale fenomeno appare ancora più chiaramente nel grafico della figura 4: Locarno-città è simile ai centri urbani del Sottoceneri (nonostante i valori notturni più elevati); mentre a Brione il calo notturno avviene, per gli stessi motivi, ancora più tardi che a Lugano. Pur presentando oscillazioni giornaliere, Cimetta manca totalmente del minimo notturno: come traspare dall'analisi di queste giornate, le concentrazioni di ozono possono rimanere al di sopra della soglia fissata durante alcuni giorni consecutivi.

In base allo stato attuale delle conoscenze, possiamo affermare che i valori di Brione sono estrapolabili a buona parte del territorio ticinese, nelle zone suburbane e/o rurali (valli comprese), fino a un'altitudine di circa 1000-1500 m.

Questi grafici non mostrano tuttavia i dati degli altri inquinanti presenti nell'aria, in particolare  $\text{NO}_2$  e idrocarburi, i quali sono elevati nelle zone urbane e in prossimità degli assi stradali importanti proprio quando l'ozono presenta valori minimi, ossia la seconda metà della notte e il mattino presto.



### Come pianificare la lezione di sport

Per scegliere il momento adatto allo svolgimento di una lezione di sport occorre prestare attenzione all'evoluzione giornaliera delle sostanze inquinanti nella località desiderata. Tale momento dipende da diversi fattori, fra cui:

- le dimensioni della località (città o villaggio);
- la frequenza del traffico nella località (presenza di strade di transito);
- ricambio d'aria della località (località sita in una valle, nei pressi di un lago, su una collina, presenza di una città nei dintorni).

Ciononostante risulta difficile dare raccomandazioni in merito al momento più opportuno per fare allenamenti o competizioni intensive. Nelle zone urbane o in prossimità di sorgenti inquinanti è piuttosto sconsigliabile esercitare sport di punta (tranne forse fra mezzanotte e le 6 del mattino!). In tutte le altre zone, pianeggianti o collinari al di sotto dei 1000 metri, il momento più opportuno è il mattino fin verso le 10.

Le raccomandazioni a livello federale, che consigliano di svolgere le attività sportive tra le 17 e le 20 valgono per la regione dell'Altipiano: in Ticino, questa è proprio l'ora in cui si riscontrano le maggiori concentrazioni di ozono!

Troverete informazioni aggiornate relative alla qualità dell'aria, telefonando al numero 092 24 37 47 o sulla pagina 489 del teletext. ■

### Bibliografia

- [1] Wanner, H.: Biel, Klima und Luftverschmutzung einer Schweizerstadt, Bern, Paul Haupt, 1991, pagg. 455.
- [2] Lippman, M.: Health effects of tropospheric Ozone. Environmental Science & Technology, 1991, Vol. 25, n. 12, pagg. 1954-1962.
- [3] Dipartimento dell'Ambiente, Analisi della qualità dell'aria in Ticino, 1988, 1989, 1990, Bellinzona.