

Rapporto 2017

Qualità dell'aria in Ticino

Giugno 2018

www.ti.ch/aria
www.ti.ch/trasporti

Dipartimento territorio
Divisione ambiente
Sezione protezione aria, acqua e suolo
Ufficio aria, clima ed energie rinnovabili



Editore

Dipartimento del territorio
Cantone Ticino

Per informazioni

Ufficio dell'aria, del clima
e delle energie rinnovabili (UACER)
Via Franco Zorzi 13
6500 Bellinzona
tel. +41 91 814 29 70
dt-spaas@ti.ch
Il rapporto può essere scaricato
dal sito www.ti.ch/aria e
www.ti.ch/oasi

Concetto grafico e impaginazione

Variante – agenzia creativa
www.variante.ch

Citazione

UACER
Rapporto qualità dell'aria 2017
Dipartimento del territorio
del Cantone Ticino (Ed.)
Bellinzona, 2018

Introduzione

Il rilevamento della qualità dell'aria p. 3

La rete cantonale di misura p. 5

L'aria in Ticino

In generale p. 8

Diossido d'azoto (NO₂) p. 16

Ozono (O₃) p. 22

Polveri fini (PM10 e PM2.5) p. 26

Allegati

I valori limite di immissione (VLI) p. 33

Simboli e abbreviazioni p. 34

Bibliografia p. 35

Gli allegati scaricabili dal sito www.ti.ch/aria

Le singole stazioni

I dati dei campionatori passivi di NO₂

Deposizioni umide

I metodi di misura

Introduzione

Il rilevamento della qualità dell'aria

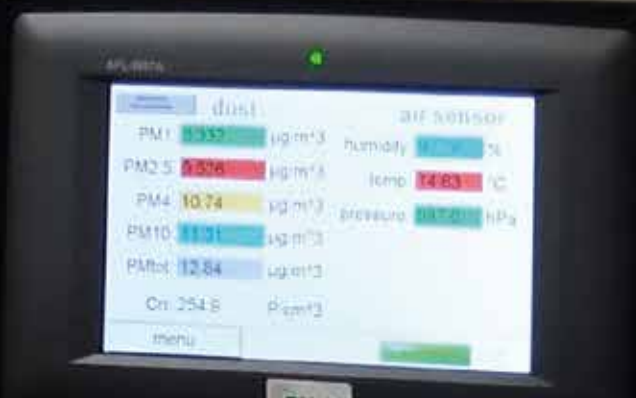
L'Ordinanza federale contro l'inquinamento atmosferico, OIAAt, entrata in vigore il 1° marzo 1986, ha affidato ai Cantoni il compito di sorvegliare lo stato e l'evoluzione dell'inquinamento atmosferico. I principali compiti affidati al Cantone dall'OIAAt sono:

- > **sorvegliare stato e sviluppo dell'inquinamento atmosferico nelle diverse regioni del Cantone;**
- > **verificare l'efficacia dei provvedimenti per ridurre le emissioni;**
- > **informare regolarmente e tempestivamente la popolazione sullo stato dell'aria.**

In Ticino le analisi della qualità dell'aria sono iniziate nel 1985. La rete di rilevamento cantonale comprendeva, nei primi anni novanta, 6 stazioni di misura in continuo. Le sempre maggiori richieste di Comuni e popolazione toccati dalle emissioni di determinati impianti hanno portato, dal 2005 ad oggi, ad estendere la rete con nuove stazioni, come quelle per monitorare i cantieri di AlpTransit oppure quella posta nel 2016 per monitorare dapprima i lavori e poi gli effetti del raddoppio della galleria del San Gottardo. Con le stazioni di Moleno e Camignolo si vogliono invece monitorare gli effetti del traffico sull'ambiente lungo l'autostrada A2.

Tutti i dati sull'aria (valori semiorari, giornalieri, mensili e annuali), assieme a svariati altri parametri rilevati su tutto il territorio (meteo, inquinamento fonico, inquinamento luminoso, ecc.) confluiscono nell'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana (OASI), e sono consultabili e scaricabili dal sito www.ti.ch/oasi.

 **KONTRON**
INSTRUMENTS



 **PALAS**

Fidas

La rete cantonale di misura

L'inquinamento atmosferico presenta differenze regionali e locali notevoli, poiché è caratterizzato dal tipo di sostanza inquinante e dipende dalle fonti di emissione, dalla posizione geografica, dall'orografia e dalle condizioni meteorologiche.

Lo sviluppo della rete di rilevamento viene quindi continuamente adeguato alle mutevoli situazioni di carico (dovute per esempio alla realizzazione di progetti) e alle esigenze riguardanti la salute pubblica che ne derivano. Si riconsiderano i vecchi compiti e si definiscono nuovi obiettivi e strategie, organizzando per esempio campagne di misura mirate. La scelta dei luoghi di misura è accuratamente ponderata per garantire la massima rappresentatività nel monitoraggio di situazioni problematiche.

La rete è lo strumento di verifica della qualità dell'aria ticinese. Comprende in primo luogo 10 stazioni di misura situate a Chiasso, Mendrisio, Bioggio, Pregassona, Locarno, Brione sopra Minusio, Giubiasco, Biasca, Bodio e Airolo. A partire dagli Anni Novanta la rete di base monitora la situazione dell'aria in diverse ubicazioni caratteristiche di una determinata situazione (agglomerato, campagna, centro città, zona industriale, asse di transito). A questa si integrano le 4 stazioni gestite dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) di Lugano e Magadino (facenti parte della rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici NABEL, Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe) e quelle di Moleno e Camignolo per monitorare gli effetti del traffico sull'autostrada A2. A queste stazioni nel corso degli anni sono stati aggiunti diversi punti di misura per verificare le emissioni di impianti particolari come i cantieri AlpTransit, per un totale di 17 stazioni.

Ai dati delle stazioni di misura presenti in Ticino si aggiungono quelli provenienti da ulteriori rilevamenti: il diossido di azoto, NO_2 , per esempio, viene determinato anche tramite campionatura passiva in circa 180 ubicazioni distribuite in tutto il Cantone.

Il funzionamento della rete di rilevamento risulta particolarmente affidabile, e permette di avere una disponibilità generalmente superiore al 95% delle medie semiorarie registrate.

I dati sono trasmessi e pubblicati praticamente in tempo reale, cosicché oggi giorno chiunque può accedere in ogni momento alle informazioni sullo stato dell'aria, ad esempio tramite internet oppure l'applicazione gratuita per Smartphone *airCheck*. Questa velocità di trasmissione e d'elaborazione delle informazioni permette inoltre di intervenire immediatamente in caso di forte inquinamento: da una parte le autorità adottano quindi il concetto di «misure d'urgenza» da applicare secondo la qualità dell'aria, e dall'altra la popolazione può adattare i propri comportamenti in funzione dell'inquinamento atmosferico.

Figura 1 – Le stazioni di misura della rete cantonale di rilevamento



OASI, l'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana

La rete cantonale di rilevamento della qualità dell'aria è integrata nell'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana (OASI), gestito dall'Ufficio del monitoraggio ambientale del Dipartimento del territorio. Nato nel 2002, l'OASI contempla tre campi d'azione: l'osservazione vera e propria, la gestione dei dati e l'informazione. L'osservazione prevede il rilevamento di dati in vari campi (qualità dell'aria, traffico, meteorologia,...) con effetto diretto o indiretto sull'ambiente. I dati accessibili e scaricabili, così come i settori toccati dall'OASI aumentano di anno in anno, mentre il sistema di gestione dei dati è interamente informatizzato e coordina la memorizzazione dei vari input (degli anni passati ed attuali) provenienti dai diversi punti di rilevamento.

airCHECK: ora anche con l'app di MeteoSvizzera

Sviluppata dal Dipartimento del territorio, l'applicazione «airCHECK» mostra in tempo reale lo stato dell'aria in qualsiasi punto del territorio svizzero, attraverso i valori dei tre inquinanti principali (polveri fini, ozono e diossido di azoto) e il loro andamento durante gli ultimi 4 giorni. L'applicazione è disponibile per iOS, Android e Windows 10 Mobile.

A partire dal mese di dicembre del 2017 MeteoSvizzera ha inoltre ampliato l'offerta della propria applicazione «MeteoSwiss» con informazioni sullo stato dell'aria, integrando airCHECK nel quadro di una collaborazione con l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e la Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria (Cercil'Air).



L'aria in Ticino

In generale

Evoluzione generale favorevole, ma...

In circa trent'anni di misurazioni della qualità dell'aria in Ticino si sono osservati costanti progressi. Le concentrazioni dei principali inquinanti hanno fatto registrare riduzioni importanti, ben evidenti nella **figura 2** (p.15) che illustra la variazione del carico inquinante in Ticino tra il 1990 ed il 2017.

Chiara è quindi la tendenza al miglioramento, seppur con differenze importanti a dipendenza della sostanza inquinante: le concentrazioni degli inquinanti primari quali il diossido di zolfo (SO_2) e il monossido di carbonio (CO) sono diminuite in modo notevole; per contro gli inquinanti a carattere secondario (a destra nella figura) come l'ozono (O_3) e le polveri fini (PM10) presentano una diminuzione meno pronunciata. Tra gli inquinanti primari fa eccezione il diossido di azoto (NO_2), le cui concentrazioni a partire dall'inizio del millennio presentano una relativa stabilità.

... sono necessari ulteriori progressi

Malgrado l'evoluzione generale favorevole, diversi valori limite fissati dalla legge rimangono superati. In tutte le zone del Cantone (urbane, suburbane e rurali) ozono e polveri fini presentano concentrazioni superiori ai limiti OIAt. Per il diossido di azoto la situazione è conforme nelle zone rurali, in corso di risanamento nelle zone periferiche, mentre permane non conforme nei principali agglomerati ticinesi e lungo le principali vie di traffico.

La riduzione delle emissioni di NO_2 (inquinante primario tossico e precursore di ozono e polveri fini) rimane il perno del risanamento della qualità dell'aria e deve indurre a perseguire gli sforzi volti a riportare le sue immissioni sotto la soglia di legge. Per le altre sostanze inqui-



nanti la situazione attuale garantisce il rispetto dei valori limite OIAt: i valori di SO₂ così come quelli di CO, che nei decenni passati erano fonte di preoccupazione, raggiungono nel 2017 a Lugano il 7 rispettivamente il 14% del limite di legge. Per far fronte a questa situazione e contrastare l'inquinamento occorre quindi migliorare e rendere più specifici i provvedimenti già adottati, ad esempio attraverso l'aggiornamento del Piano di risanamento dell'aria, la cui adozione da parte del Consiglio di Stato è prevista nel corso del 2018.

Due sono le strade da percorrere: da un lato il ricorso a provvedimenti tecnici in grado di diminuire le emissioni alla fonte, dall'altro la riduzione dei consumi (p.es. i chilometri percorsi in auto) e quindi indirettamente delle relative emissioni generate dalla produzione (p.es. delle automobili).

Il punto della situazione: con le diverse misure di risanamento si è ottenuta la riduzione di circa la metà delle emissioni rispetto agli Anni Novanta, ma per garantire una qualità dell'aria conforme all'OIAt queste dovranno essere ulteriormente ridotte nelle percentuali indicate nella tabella qui sotto.

Inquinante	Riduzione emissioni rispetto al 2015	Base legale
Ossidi di azoto (NO _x)	ca. 40%	VLI* OIAt per NO ₂ e O ₃ , CL NO _x **
Polveri fini (PM10)	ca. 50%	VLI* OIAt per PM10
Composti organici volatili (COV)	ca. 50%	VLI* OIAt per O ₃ e PM10
Ammoniaca (NH ₃)	ca. 35%	VLI* OIAt per PM10 e O ₃ , CL NO _x **
Sostanze cancerogene (es. fuliggine, Benzene, Toluene e Xilene, BTX)	Riduzione massima possibile, in quanto non esiste una soglia al di sotto della quale non si abbiano effetti cancerogeni	–

* VLI OIAt; valore limite d'immissione fissato dall'OIAt, ** CL NO_x = Carico critico (Critical Loads) per gli ossidi di azoto, che secondo la Convenzione di Ginevra deve essere rispettato a lungo termine.



Il Piano di risanamento dell'aria (PRA)

Al Piano cantonale di risanamento dell'aria in vigore attualmente , PRA2007, dovrebbe far seguito – nel corso del 2018 e previa adozione da parte del Consiglio di Stato – il PRA2017, che a differenza del suo predecessore contiene quasi unicamente dei provvedimenti riguardanti gli impianti stazionari e in minor misura le emissioni dei veicoli. Ciò si traduce in una notevole riduzione del numero di provvedimenti (57 nel PRA2007 contro i 12 del PRA2017). Nel corso degli ultimi anni i provvedimenti del PRA2007 riguardanti i settori del traffico e del risparmio energetico sono infatti confluiti in altri documenti programmatici, quali i programmi d'agglomerato (PA) e il Piano energetico cantonale (PEC).

Le esperienze a livello cantonale e federale hanno dimostrato che per garantire un'applicazione coerente ed efficace dei provvedimenti è necessario seguire regolarmente la loro realizzazione. I rapporti di controlling del piano di risanamento dell'aria, a cura dell'Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili, sono consultabili online all'indirizzo www.ti.ch/aria.

2017: l'essenziale in breve

Anche nel 2017 gli inquinanti che superano i limiti fissati dall'OIA sia per le medie annue che per le medie giornaliere o orarie, sono il diossido di azoto, l'ozono e le polveri fini. Per contro, altri inquinanti «classici» gassosi come il diossido di zolfo, il monossido di carbonio, ma anche il piombo e il cadmio nelle polveri, sono ormai da molti anni ampiamente sotto controllo.

La **figura 3** (p. 15) mostra il carico a cui è esposta la popolazione nel 2017 in diverse località ticinesi. Essa indica, per ognuno degli inquinanti, il valore percentuale rispetto ai relativi limiti di immissione (i valori medi annui per diossido di azoto, polveri fini e diossido di zolfo, la media oraria massima per l'ozono e la media giornaliera massima per il monossido di carbonio).

L'ozono e le polveri fini hanno un andamento stagionale caratteristico, che dà origine al cosiddetto smog fotochimico estivo, del quale l'ozono è il principale indicatore, e allo smog invernale, caratterizzato da elevate concentrazioni di PM10. Questi due fenomeni sono determinati in modo considerevole dalle emissioni locali, dalle condizioni atmosferiche e dall'influsso dell'aria su scala regionale e continentale.

Rispetto all'anno precedente, particolarmente positivo per la qualità dell'aria, il 2017 presenta un aumento generale delle concentrazioni e del numero di superamenti del valore limite per i tre inquinanti principali (diossido di azoto, ozono e polveri fini). Tra i fattori che hanno influenzato l'evoluzione delle concentrazioni sono certamente da tenere in considerazione per le PM10 un inverno con dei periodi prolungati di stabilità atmosferica (e con il 30-45% dei quantitativi normali di pioggia) e per l'ozono la terza primavera e la terza estate più calde dall'inizio delle misurazioni (1864). L'introduzione di misure d'urgenza a causa di episodi di smog acuto con elevate concentrazioni di polveri fini si è inoltre resa necessaria per ben due volte nei mesi di gennaio e ottobre.

2017 con più inquinanti nell'aria



Diossido d'azoto (NO₂): 2017 negativo, ma la tendenza...

In Ticino la fonte principale di NO₂ è il traffico stradale, responsabile di circa il 70% delle emissioni di questo inquinante. Non sorprende quindi che i superamenti del valore limite annuo stabilito dall'OIAI (30 µg/m³) vengano registrati soprattutto nei principali agglomerati, lungo le strade maggiormente trafficate e naturalmente lungo l'asse di traffico dell'A2 (Cammignolo e Moleno). Nelle periferie degli agglomerati e nelle zone suburbane le immissioni sono invece generalmente inferiori al limite di legge, così come nelle zone rurali e discoste, come ad esempio a Magadino e Brione sopra Minusio, dove il valore limite è ampiamente rispettato.

In generale il 2017 presenta un aumento delle concentrazioni medie annue rispetto al 2016. Ad eccezione del 2016 e del 2014, che avevano fatto segnare dei minimi storici per le concentrazioni di tutti gli inquinanti, i valori del 2017 sono tuttavia inferiori a tutti gli anni precedenti, il che sembra confermare una lenta tendenza al miglioramento in atto dall'inizio del millennio. In linea con quanto esposto sopra, e nonostante delle condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti, rispetto all'anno precedente rimane inoltre invariato il numero di stazioni dove il valore limite annuo OIAI è rispettato. Oltre ai due punti di misura situati a lato dell'autostrada permangono invece al di sopra del limite OIAI le stazioni di misura di Bioggio, Mendrisio e Chiasso, dove la media annua per il 2017 supera il limite OIAI nella misura di quasi il 30%.



Ozono (O₃): la terza estate più calda di sempre, eppure...

La formazione dell'ozono dipende fortemente sia dalla presenza nell'aria dei suoi precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) sia dalle condizioni meteorologiche. Proprio per questi motivi i valori registrati di anno in anno sono soggetti ad una grande volatilità, rendendo praticamente impossibile prevedere un trend delle concentrazioni e del numero di superamenti. Certo è che anche nel 2017 i limiti di immissione rimangono superati su tutto il territorio cantonale, sia nei luoghi fortemente urbanizzati che in quelli periferici.

Dal punto di vista meteorologico, dopo la terza primavera più calda dall'inizio delle misurazioni anche l'estate 2017 si prende il terzo posto nella graduatoria delle estati più calde, il che spiega il forte rialzo, rispetto al 2016, del numero di superamenti del valore limite orario. Tuttavia, mentre per un'estate tanto calda sarebbe lecito attendersi delle concentrazioni molto elevate di ozono, nel Sottoceneri i 98esimi percentili (le concentrazioni più alte misurate escludendo i "picchi" sporadici) risultano invece essere di ben il 20% inferiori rispetto al 2015 (un'estate ancor più calda rispetto al 2017) e praticamente invariate rispetto al 2016 (estate con un soleggiamento molto minore).



Polveri fini (PM10): smog acuto e aumento delle medie annue

Il 2017 si contraddistingue per due episodi di smog acuto, verificatisi a gennaio e ottobre, che hanno portato all'introduzione di provvedimenti urgenti votati a ridurre le concentrazioni più elevate di polveri fini a tutela della salute della popolazione. Il primo episodio ha raggiunto il suo culmine con una media giornaliera massima di $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrata il 31 gennaio a Mendrisio (il limite OIAt è di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), quando oltre alla misura di riduzione della velocità in autostrada è entrato in vigore anche il divieto di utilizzo di veicoli diesel Euro3 e inferiori, provvedimento quest'ultimo accompagnato dalla gratuità del trasporto pubblico. Il secondo episodio, meno intenso e di più breve durata, ha comportato unicamente l'introduzione della misura di riduzione della velocità sull'autostrada fra Chiasso e il ponte-diga di Melide.

Oltre agli episodi di smog acuto – i quali nonostante la loro gravità sono limitati nella durata a poche giornate sull'arco di un anno – a pesare in modo determinante sul rialzo generale delle medie annue e del numero di giorni con superamento del valore limite sono stati un inverno e un autunno caratterizzati da frequenti situazioni di stabilità atmosferica abbinata alla presenza di situazioni di inversione termica, fattori questi che notoriamente favoriscono l'accumulo di sostanze inquinanti nell'aria.

Composti organici volatili (COV): forte riduzione delle concentrazioni

Annoverati assieme al diossido di azoto tra i principali precursori dell'ozono, le emissioni di composti organici volatili (COV) hanno registrato a partire dal 1990 un'importante riduzione, passando da $10'000 \text{ t/a}$ a circa $4'000 \text{ t/a}$ a seguito dei provvedimenti previsti dal Piano di risanamento dell'aria del 1991 dapprima e del 2007 poi.

All'esempio del benzene, se ancora nel 2000 l'esposizione media della popolazione si aggravava attorno ai $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dal 2007 le immissioni si attestano sul valore di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in quasi tutte le località (-60%). Anche a livello industriale l'evoluzione generale indica una tendenza favorevole a riprova della bontà delle misure adottate e della validità delle tasse d'incentivazione, applicate all'acquisto di sostanze o prodotti contenenti COV.

Figura 2 – Variazione percentuale delle immissioni (1990–2017)

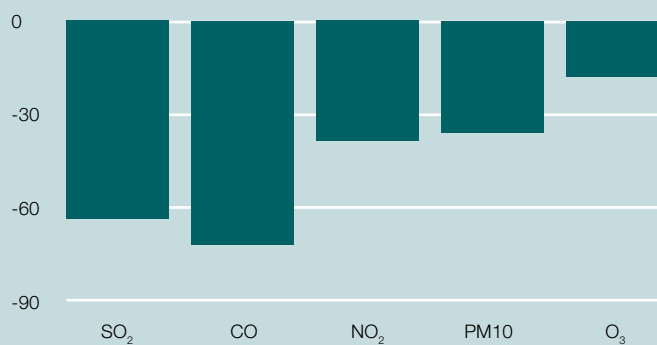


Figura 3 – Percentuale di conformità all'OIAt



Diossido di azoto (NO_2)



Il 2017

Nonostante le condizioni meteorologiche invernali e autunnali favorevoli all'accumulo di sostanze inquinanti, il 2017 presenta solamente una lieve variazione delle medie annue che, se considerate nel loro insieme, sono sostanzialmente simili a quelle registrate nell'ultimo decennio e paiono confermare una tendenza in atto ormai dall'inizio del millennio (vedasi anche il paragrafo "L'evoluzione" a p. 21). Rispetto al 2016 Chiasso presenta ad esempio con $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un aumento di $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Mendrisio ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$) una diminuzione di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Bioggio ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$) un aumento di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Marciano invece sul posto Lugano ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Pregassona ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Oltre che nei risultati delle stazioni di misura questa tendenza alla stagnazione dei valori è riscontrabile anche nelle medie annue ottenute dall'analisi dei campionatori passivi distribuiti sul territorio in circa 180 punti di misura, consultabili in formato digitale negli allegati al presente rapporto all'indirizzo www.ti.ch/aria.

Le medie annue di NO_2 registrate lungo l'autostrada A2 a Camignolo e Moleno sono generalmente le più alte registrate in Ticino, e il 2017 non fa eccezione (cfr. **figura 4**). Le due stazioni di misura sono gestite dall'Ufficio federale dell'ambiente nell'ambito di un progetto atto a determinare le variazioni delle emissioni dovute al traffico veicolare, in particolare il traffico pesante. Essendo i punti di misura ubicati direttamente al bordo dell'autostrada, i valori non sono da considerarsi rappresentativi per la qualità dell'aria respirata dalla popolazione, quanto piuttosto per l'evoluzione dei flussi di traffico e del progresso tecnologico sui veicoli.

Per quanto riguarda invece le medie giornaliere e il relativo limite di legge OIAt ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con al massimo un solo superamento annuo) nel 2017 esso è superato a Chiasso (11 superamenti), Mendrisio (2), Bioggio (3). La media giornaliera massima registrata nel 2017 è stata di $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Chiasso. In maniera del tutto analoga alle PM10, le maggiori concentrazioni di NO_2 si registrano generalmente nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio.

Figura 4 – Medie annue di diossido di azoto nel 2017, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

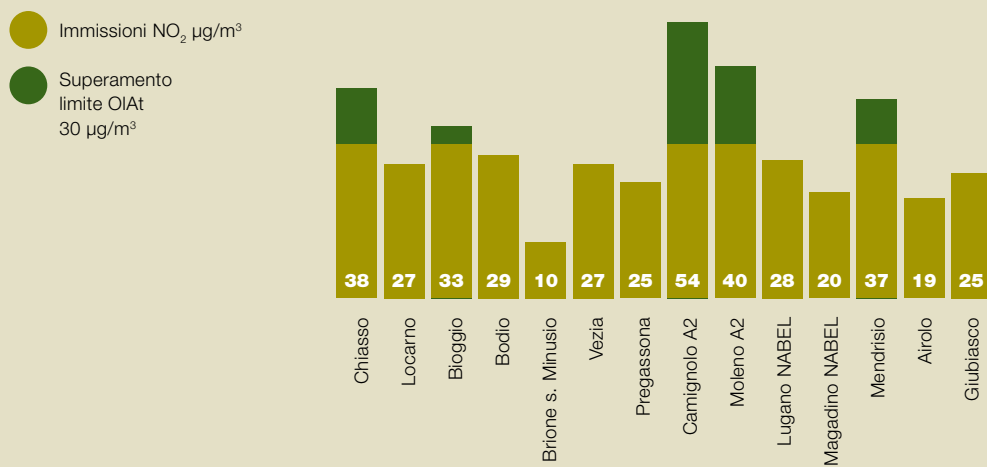
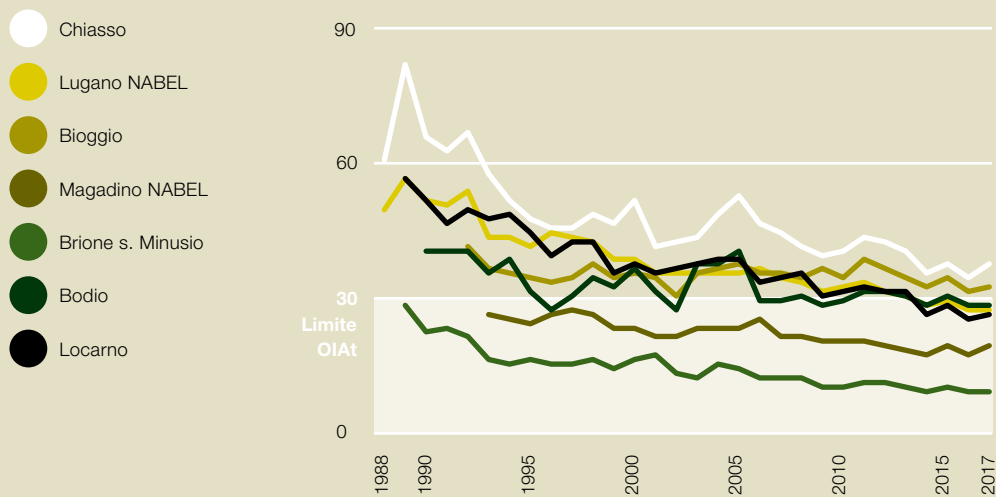


Figura 5 – Evoluzione delle medie annue di diossido di azoto, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



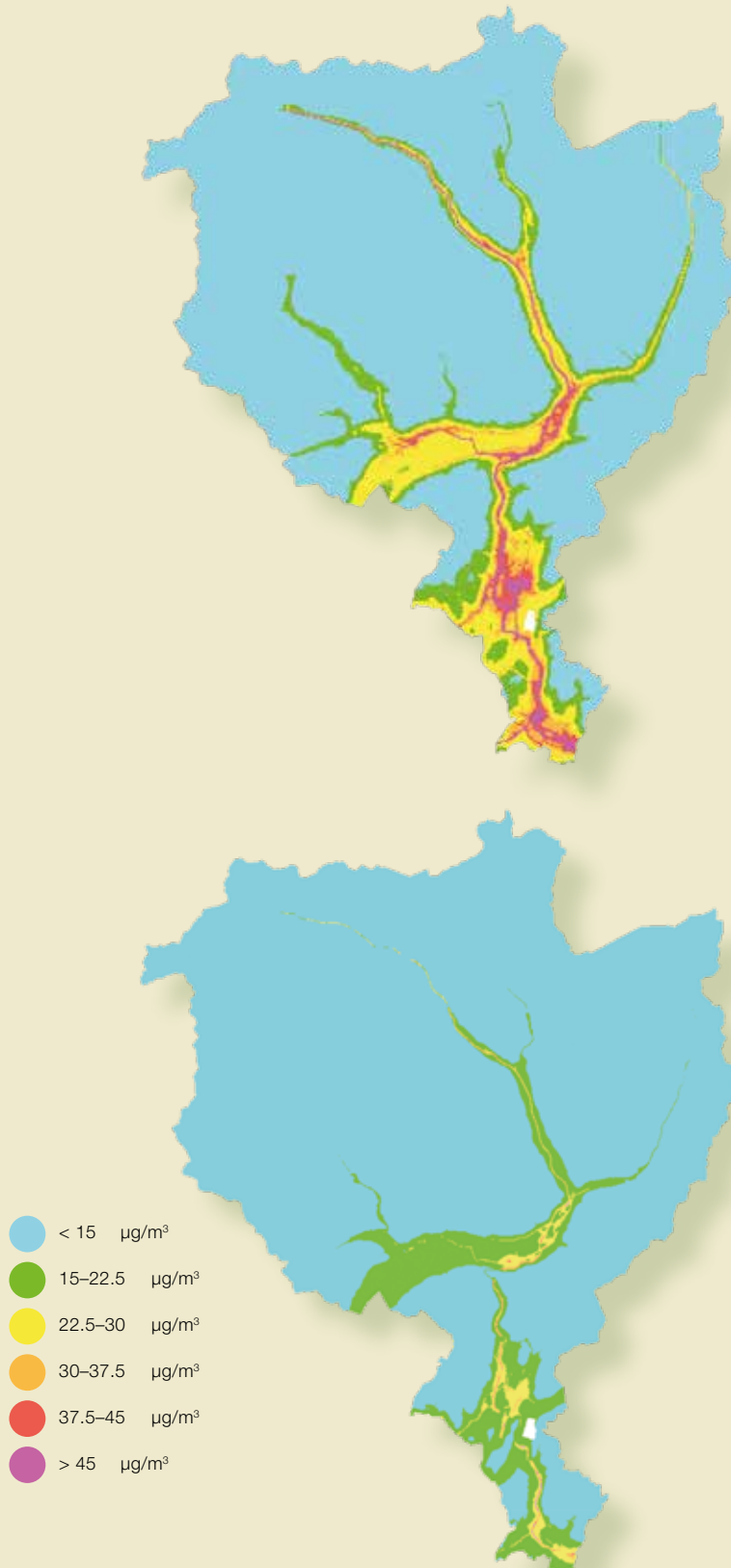




Originali.

Qualità sempre originale
e autentica.

Figura 6 – Immissioni di diossido di azoto in Ticino nel 1990 (sopra) e 2017 (sotto)



L'evoluzione

La rapida diminuzione delle concentrazioni di NO_2 registrata negli anni novanta, raggiunta soprattutto grazie all'introduzione del catalizzatore, ha subito un rallentamento a partire dai primi anni del nuovo millennio: l'aumento delle percorrenze chilometriche da una parte, e dall'altra l'incremento delle vetture diesel in circolazione hanno in parte annullato il beneficio conseguito col miglioramento tecnico dei veicoli. Per rispettare le norme sempre più stringenti in materia di emissioni di CO_2 , i motori diesel più recenti emettono infatti più NO_2 rispetto ai modelli precedenti.

Per quanto riguarda invece l'evoluzione futura delle immissioni, i fattori chiave rimangono l'evoluzione del numero di veicoli e dei relativi coefficienti di emissione (grammi di NO_2 per km percorso) oltre naturalmente all'entità dell'aumento del numero di vetture diesel in circolazione.

Origine

Quando si parla di ossidi di azoto, NO_x , si fa riferimento alla somma di diossido di azoto, NO_2 , e monossido di azoto, NO . Quest'ultimo nell'atmosfera si trasforma quasi subito in NO_2 . Per questo motivo e a causa della tossicità del diossido d'azoto, il limite d'immissione OIAt è fissato solamente per l' NO_2 . Sono il prodotto della combustione di carburanti fossili (benzina, diesel, olio combustibile, ecc.) ad alte temperature. Le fonti primarie di NO_x sono il traffico stradale, che in Ticino rappresenta ca. il 70% delle emissioni, i riscaldamenti e i processi industriali.

Effetti

Sulla salute: elevate concentrazioni di ossidi di azoto provocano disturbi di vario genere all'apparato respiratorio. Il diossido d'azoto funge anche da amplificatore per effetti nocivi dovuti ad altri inquinanti (O_3 , PM_{10}). Sull'ambiente e la natura: grandi quantità di NO_2 agiscono negativamente su animali, piante ed ecosistemi, in particolare concimando in modo eccessivo i terreni e la falda. Smog estivo e ozono: gli ossidi di azoto sono fra i principali precursori dell'ozono.

Sempre più veicoli in circolazione.
 Sempre meno emissioni per
 chilometro percorso.
 Due pesi che tendono all'uguaglianza
 sulla bilancia dell' NO_2 .

Ozono (O_3)



Il 2017

La primavera e l'estate del 2017 si posizionano al terzo posto nelle rispettive graduatorie delle stagioni più calde di sempre. L'aumento generale del numero di superamenti del valore limite per l'ozono rispetto al periodo estivo del 2016, caratterizzato da fattori meteorologici quali temperatura e soleggiamento meno favorevoli alla formazione dell'ozono, appare quindi come una logica conseguenza. I valori si avvicinano piuttosto a quelli del 2015, la cui estate era stata la seconda più calda in oltre 150 anni di misurazioni.

Malgrado la forte dipendenza dalle condizioni meteorologiche, l'evoluzione del numero di superamenti sembra però anche seguire di pari passo quella delle medie annue del diossido di azoto, il quale rappresenta il principale "substrato" nelle reazioni chimiche che durante le giornate con temperature e irraggiamento solare elevati portano alla formazione dell'ozono.

L'ozono in cifre: la media del numero di superamenti per tutte le stazioni di misura sale da 458 ore nel 2016 a 606 nel 2017 (+32%). In aumento anche il numero di superamenti della soglia d'informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, all'esempio di Mendrisio con 122 ore (+67%). Diminuiscono per contro il numero di superamenti della soglia d'allarme, i quali negli ultimi anni si osservano sempre più raramente anche durante le estati più calde e soleggiate ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$: due ore a Chiasso e una sola ora a Mendrisio), e la media oraria massima del 2017 ($257 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Mendrisio contro i 271 del 2016).

A Brione sopra Minusio, stazione situata in quota, le ore di superamento sono paragonabili a quelle rilevate in località dove le concentrazioni dei precursori dell'ozono sono molto più elevate. Ciò è dovuto al fatto che, mentre gli ossidi di azoto nei centri urbani «consumano» quasi completamente l'ozono durante le ore notturne (attraverso la reazione inversa alla formazione dell'ozono, dovuta all'assenza dell'irraggiamento solare), ciò avviene in maniera molto limitata a Brione, per cui le concentrazioni di ozono rimangono spesso oltre il limite OIAt anche durante la notte portando quindi ad un considerevole numero delle ore di superamento.

Un altro limite fissato dall'OIAt per l'ozono è quello dei 98esimi percentili massimi, definibili come i valori orari massimi senza considerare le «punte» massime raggiunte in condizioni eccezionali. In Ticino questo limite di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato superato anche nel 2017, raggiungendo il valore massimo a Mendrisio con $204 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dal grafico relativo ai 98esimi percentili mensili massimi (p.24) è riconoscibile l'esistenza di un gradiente sud-nord, con i valori più elevati registrati nel Sottoceneri e che tendono a diminuire man mano che ci si sposta verso nord.

L'evoluzione

La situazione per l'ozono rimane insoddisfacente - l'OIAt permette una sola ora di superamento all'anno - anche se è necessario ricordare che, essendo l'ozono un inquinante secondario, il risanamento è attuabile solo agendo sui suoi precursori. Inoltre, a causa della complessità dei fenomeni chimici che regolano la sua formazione, ad una riduzione dei precursori potrebbe non corrispondere necessariamente un'altrettanto sensibile diminuzione delle concentrazioni di ozono.

Nonostante le variazioni tra un anno e l'altro, rappresentate nella **figura 8**, risulta evidente come il numero di superamenti - ad eccezione dell'estate 2003 - si muova entro un intervallo che nel tempo è rimasto praticamente costante. Indipendentemente dal carico inquinante preesistente, in località una con una forte concentrazione di precursori dell'ozono (Chiasso) oppure lontana da fonti di emissione (Brione), in condizioni di forte soleggiamento e temperature elevate le concentrazioni di ozono superano durante centinaia di ore all'anno il limite OIAt, quando la stessa Ordinanza permette una sola ora di superamento. A far lievitare ulteriormente il numero totale di superamenti può inoltre essere il numero di giornate estive o tropicali al di fuori dei mesi estivi: ottimi esempi al riguardo sono la primavera 2017, risultata la terza più calda dall'inizio delle misurazioni, e il nuovo primato nel 2017 di 8 mesi consecutivi (marzo-ottobre) durante i quali è stato superato limite OIAt per i 98esimi percentili massimi di ozono, in ben tre stazioni di misura a Mendrisio, Bioggio e Brione.

Più confortante invece l'evoluzione del numero di superamenti della soglia d'allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$): la minor presenza nell'aria di precursori dell'ozono quali ossidi di azoto e composti organici volatili sembrerebbe infatti aver ridotto tale numero rispetto al passato, unitamente alle concentrazioni orarie massime raggiunte durante le giornate più critiche.

La «ricetta» per un'aria con poco ozono? Ridurre la quantità dei suoi «ingredienti».

Figura 7 – 98° percentile mensile massimo di ozono nel 2017

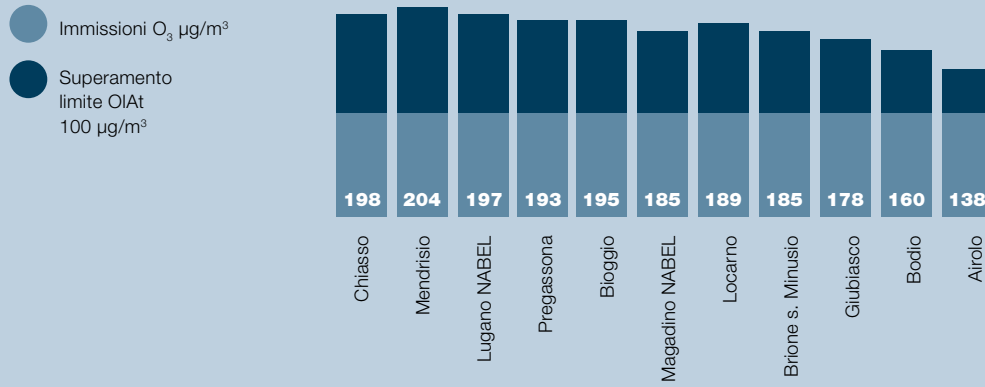
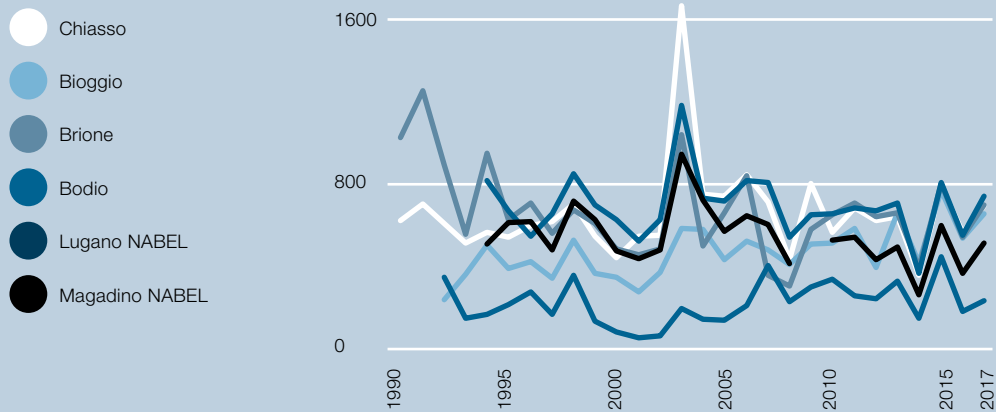


Figura 8 – Evoluzione del numero di superamenti del limite orario per l'ozono in ore

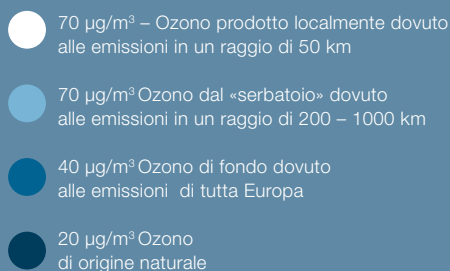


Origine dell'ozono

L'ozono «troposferico», O_3 , è presente normalmente negli strati bassi dell'atmosfera (fino a 500 m) e quindi nell'aria che respiriamo. In situazioni globali particolarmente critiche, alte concentrazioni di ozono sono state misurate anche sullo Jungfraujoeh, a 3'580 m s.l.m. L'ozono è una delle componenti principali del cosiddetto smog fotochimico estivo. Si forma sotto l'effetto dei raggi solari a partire dagli ossidi di azoto (NO_x) e dai composti organici volatili (COV), i cosiddetti precursori dell'ozono prodotti dalle attività umane. L'entità di questo processo dipende dalle concentrazioni dei precursori e dall'intensità dell'insolazione.

È quindi durante le giornate estive molto calde e poco ventose che si formano i maggiori quantitativi di ozono; il perdurare di tali condizioni atmosferiche rafforza questo fenomeno. L'arrivo del brutto tempo accompagnato da piogge e vento riporta i valori a livelli più bassi. Lo smog estivo è anche un fenomeno che riguarda l'Europa intera, con masse d'aria cariche di ozono che si spingono su tutta la Svizzera, aumentando le concentrazioni già prodotte localmente. L'ozono troposferico va distinto dall'ozono «stratosferico»: uno schermo protettivo dai raggi ultravioletti (UV) presente negli strati alti della nostra atmosfera. Al sud delle Alpi – durante gli episodi di smog estivo – negli ultimi anni le punte di ozono si situano fra i 200 e i 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo carico può essere scomposto in una frazione di origine naturale di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e in tre altre frazioni, tutte causate dalle emissioni delle attività umane. E che si distinguono per la regione dalla quale provengono. In una tipica giornata di smog estivo, le emissioni dell'intera Europa producono un carico di fondo che si situa attorno ai 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I rimanenti 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ provengono per metà dal cosiddetto «serbatoio di ozono» prodotto al sud delle Alpi in un raggio di oltre 200 km e per metà dalle emissioni locali prodotte in un raggio di 50 km.

Figura 9 – Composizione di un carico estivo di ozono di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Effetti

Sulla salute: a causa della sua elevata reattività l'ozono troposferico ad elevate concentrazioni riduce la capacità polmonare e provoca irritazioni agli occhi, al naso e alla gola. I suoi effetti dipendono sia dalla durata sia dall'intensità dell'esposizione.

Sull'ambiente e la natura: in grandi quantità l'ozono ha effetti negativi sugli animali, compromette la funzionalità delle foglie e inibisce la crescita delle piante, riducendo sensibilmente la resa dei raccolti. Per il suo potere ossidante aggredisce e contribuisce a deteriorare anche materiali organici, come plastiche, vernici o fibre tessili.

Polveri fini (PM10 e PM2.5)



Il 2017

L'andamento stagionale tipico delle polveri fini è da ricondurre a due fattori. Da un canto vi è l'attivazione di fonti «invernali» (impianti di riscaldamento a olio e legna), dall'altro vi è la formazione di inversioni termiche, molto più marcata durante i mesi più freddi dell'anno. Durante l'inversione, l'aria è stratificata, il che inibisce il suo rimescolamento in verticale. Le emissioni locali si accumulano così per più giorni, caricando sempre più l'aria.

Il bilancio annuale delle PM10 per il 2017 presenta un aumento generale delle concentrazioni medie annue rispetto al 2016, oltre a due episodi di smog acuto, verificatisi a gennaio e ottobre, che hanno avuto quale conseguenza l'introduzione di provvedimenti d'urgenza a tutela della salute della popolazione. La media giornaliera massima, registrata a Mendrisio il 31 gennaio è stata di 192 ug/m³. Oltre allo smog acuto, dei periodi prolungati di stabilità atmosferica durante i primi mesi dell'anno hanno contribuito sensibilmente all'aumento dei valori delle PM10 rispetto all'anno precedente, a sua volta contraddistinto da valori prossimi ai minimi storici del 2014.

L'inquinamento da PM10 in Ticino vede la media annua di tutte le stazioni di misura salire di 2 unità a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi di nuovo al di sopra del limite annuo OIAt (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dopo i minimi storici del 2014 e 2016, quando la media era scesa a 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Oltre alle medie annue non conformi al limite OIAt di Mendrisio (29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Chiasso (26), Bioggio (22) e Biasca (23), nel 2017 tornano a superare tale limite Vezia (23) Pregassona (22) e Bodio (21). Il valore più basso si misura anche nel 2017 a Brione sopra Minusio (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dove il valore limite è ampiamente rispettato.

Per quanto riguarda il numero di superamenti del valore limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), a prescindere dal peggioramento registrato nel 2017 la situazione continua a essere non conforme su tutto il territorio cantonale, essendo permesso un solo superamento annuo (v. **figura 13**).

Osservando però nel dettaglio le differenze regionali, ecco che i 45 giorni di superamento a Mendrisio si contrappongono ai 13 osservati a Bodio, a testimonianza di come il Sottoceneri sia la regione maggiormente interessata dall'inquinamento da polveri fini, e dove la maggiore quantità di sostanze emesse o risollevate nell'aria, la vicinanza alla Pianura padana e la frequenza delle inversioni termiche giocano un ruolo centrale.

L'evoluzione

Come si evince dalla **figura 12**, l'evoluzione delle medie annue di PM10 in Ticino attesta un lento e costante miglioramento, malgrado in diverse località esse rimangano al di sopra del limite OIAt (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dal 2006 la media annua ponderata di tutte le stazioni di misura è diminuita da 33 a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una riduzione del 36% circa.

A prescindere dalle variazioni annuali delle concentrazioni e dalla loro strettissima dipendenza dalle condizioni meteorologiche, si conferma nel modo più assoluto la necessità di proseguire la lotta contro lo smog invernale. Lo strumento principale di questa lotta, sia sul corto che sul lungo termine, sono i provvedimenti contenuti nel piano di risanamento dell'aria (PRA), che hanno lo scopo di ridurre il più possibile le emissioni prodotte dalle diverse fonti, che per le polveri fini sono rappresentate dal traffico veicolare, dagli impianti di riscaldamento a legna e dal settore industriale.

PM2.5: le prime medie annue

A partire dal 2016 alcune stazioni di misura della rete cantonale (Chiasso, Mendrisio, Bioggio, Giubiasco e Bodio) misurano le concentrazioni di polveri fini con diametro inferiore a 2.5 μm (0.0025 mm), le cosiddette PM2.5, così come già avviene da diversi anni nelle due stazioni appartenenti alla rete nazionale NABEL (Lugano e Magadino). La **figura 11** rappresenta le medie annue disponibili per il 2017. Attualmente l'OIAt non prevede ancora un limite per le PM2.5, ma la sua introduzione è prevista già nel corso del 2018 attraverso la revisione della suddetta ordinanza. Il valore limite (media annua) che entrerà in vigore per le PM2.5 corrisponde ai 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ raccomandati dall'Organizzazione mondiale della sanità (OMS). In base ai dati pluriennali delle stazioni NABEL, si osserva che per le medie annue la percentuale delle PM2.5 rispetto alle PM10 è nell'ordine del 60-75%. A dipendenza delle caratteristiche del punto di misura questa tendenza è confermata anche dalle medie annue misurate per la prima volta in Ticino nel 2017 (cfr. **figure 10 e 11**). Grazie ai dati pluriennali della rete NABEL, a livello svizzero risulta che a partire dal 1998 il carico di PM2.5 nell'aria è diminuito di oltre il 40%.

Più polveri nell'aria nel 2017,
ma la tendenza sul lungo termine
rimane positiva .



Figura 10 – Medie annue delle PM10 nel 2017, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

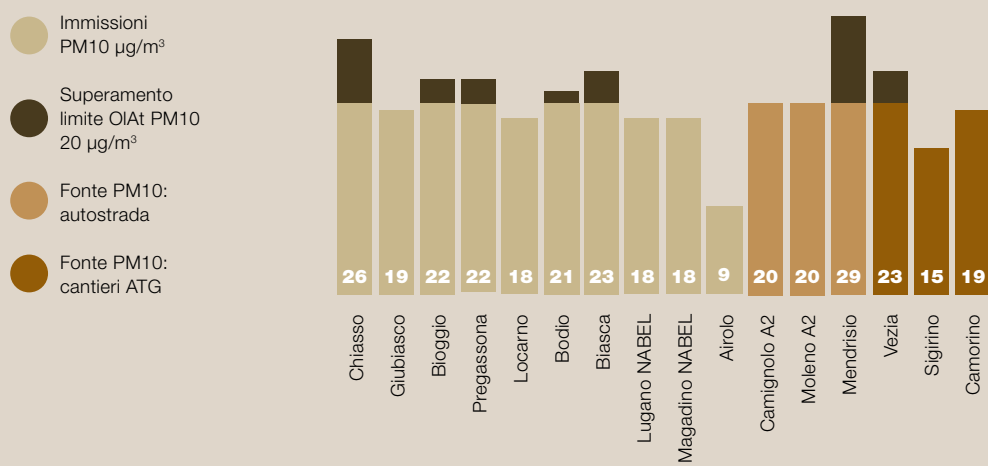


Figura 11 – Medie annue delle PM2.5 nel 2017, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

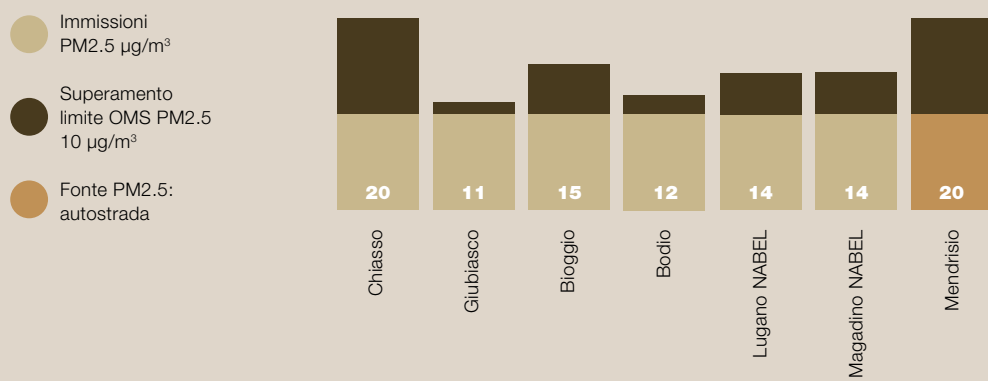


Figura 12 – Evoluzione delle medie annue delle PM10, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

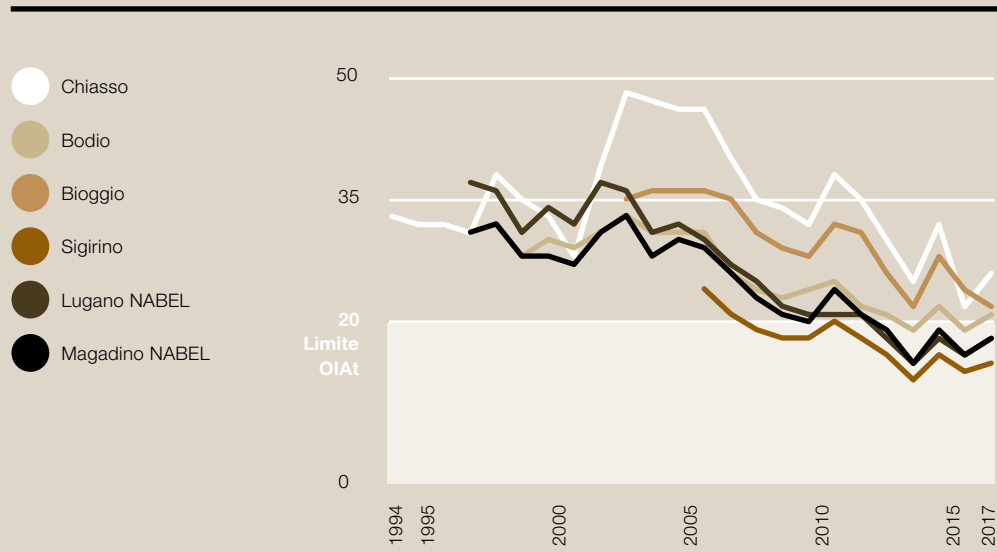


Figura 13 – Numero superamenti del limite giornaliero delle PM10

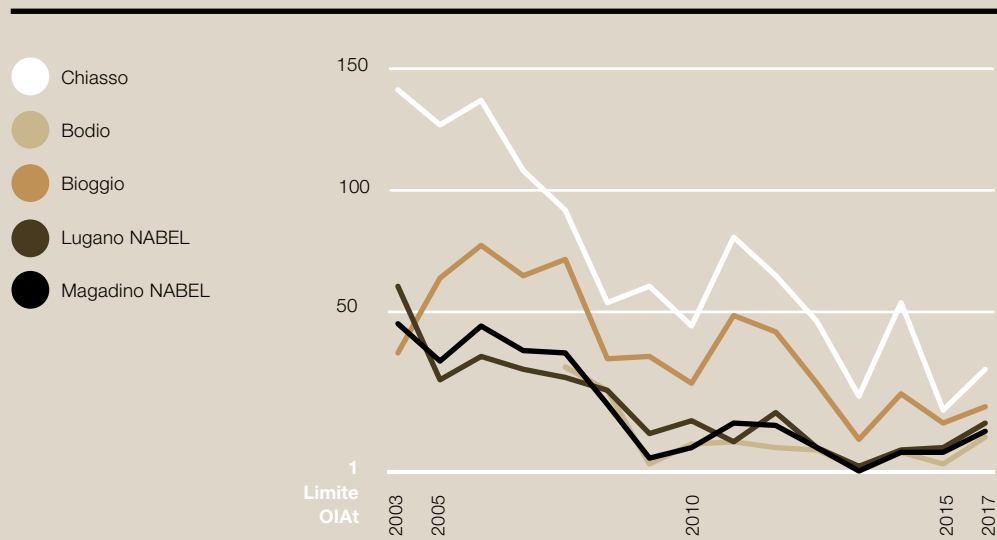
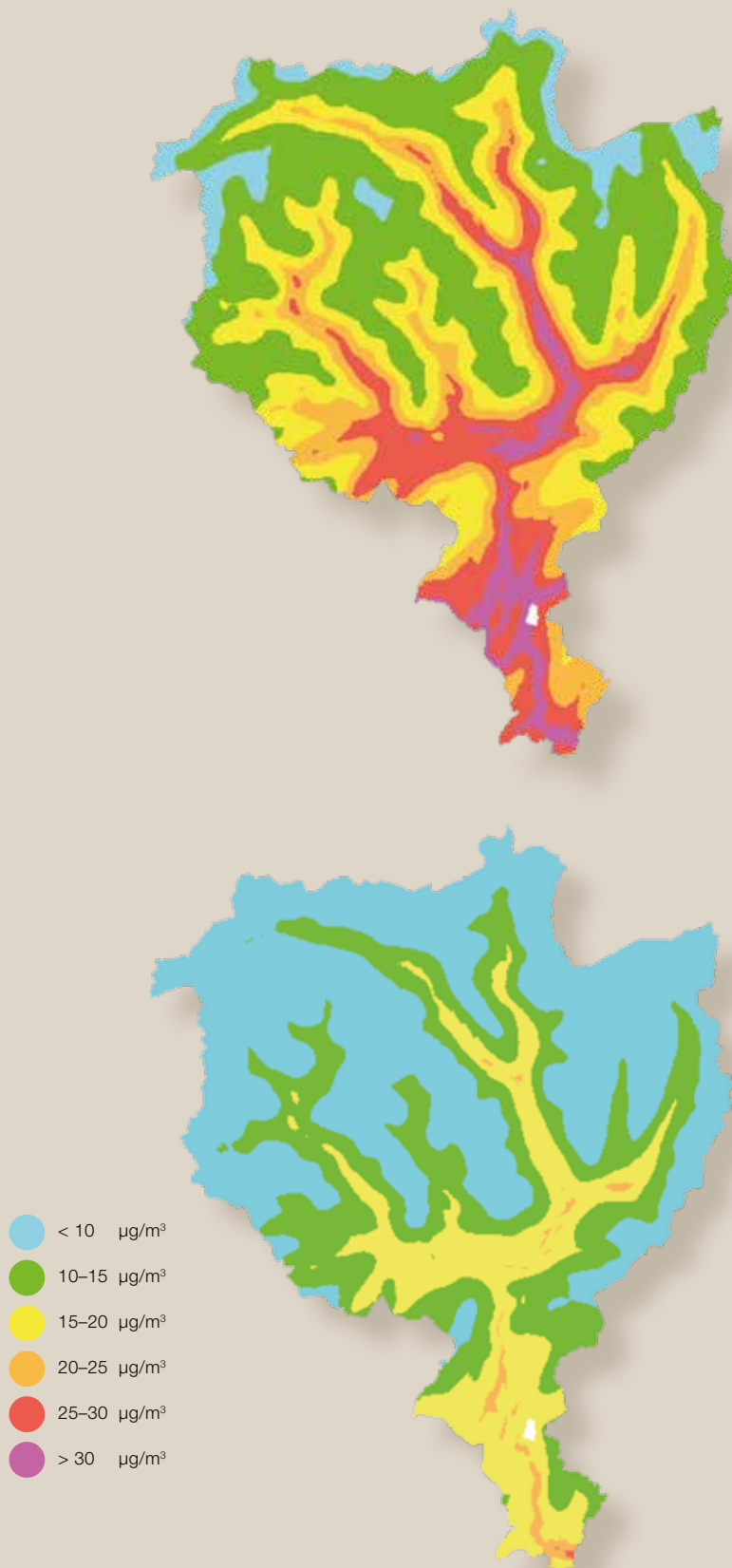


Figura 14 – Immissioni di PM10 in Ticino nel 1998 (sopra) e 2017 (sotto)



Origine

Le polveri possono avere origine sia naturale che antropica. I processi di formazione primari principali sono le combustioni incomplete (naturali: incendi di boschi; antropici: traffico motorizzato, combustione della legna e fuochi all'aperto, impianti di riscaldamento e industrie) e quelli di erosione e disgregazione (naturali: suolo; antropici: agricoltura/selvicoltura, pavimentazione stradale, usura degli pneumatici e dei freni). Polveri secondarie si formano invece in seguito a reazioni chimico-fisiche tra le particelle primarie e altri inquinanti dell'aria. Anche sali di origine marina, spore, muffe e pollini sono considerati polveri atmosferiche di origine naturale. Da sottolineare che le particelle di origine naturale possono anche essere grossolane, mentre quelle di origine antropica sono quasi esclusivamente fini ed ultrafini.

Composizione e dimensione

A seconda del processo di formazione le polveri variano di composizione. Queste possono contenere sostanze inquinanti e tossiche per gli esseri viventi in varia concentrazione (per esempio fuliggine, sostanze minerali, metalli pesanti e composti organici). Le componenti più rilevanti sono nitrato e solfato di ammonio, carbonio elementare (soprattutto nella fuliggine), composti organici, sostanze minerali, cloruro di sodio, acqua. Una delle possibili suddivisioni delle polveri in sospensione si basa sul concetto di «particulate matter», PM. In base a questo criterio tutte le frazioni di pulviscolo atmosferico con diametro inferiore a 10 µm (10 millesimi di millimetro, pari circa ad un decimo del diametro di un capello) sono dette PM10 (chiamate anche polveri fini), mentre quelle di grandezza inferiore a 2.5 µm, risp. 1 µm, PM2.5, risp. PM1. La frazione di polveri più piccole di 2.5 micrometri rappresenta una gran parte del quantitativo totale di PM10 (in Svizzera questa frazione varia tra il 60 e il 75%).

Effetti sulla salute

A ogni nostro respiro migliaia di particelle fini giungono nelle vie respiratorie e penetrano nei polmoni. Questi inquinanti si depositano nei bronchi e negli alveoli dove, a breve o a lungo termine, possono produrre effetti nocivi sulla salute. Più le particelle sono fini, più penetrano in profondità nei polmoni. I più recenti studi scientifici dimostrano che l'inquinamento da polveri fini ha degli effetti significativi sulla salute dell'uomo anche in concentrazioni relativamente basse, come quelle misurate in alcune località svizzere. Più elevato è l'inquinamento, più frequenti sono i disturbi e le malattie. La gamma di effetti analizzati è molto ampia e spazia dal rischio di mortalità eccessivo dei lattanti allo sviluppo ritardato dei polmoni nei bambini, da malattie cardiovascolari e alle vie respiratorie a crisi di asma e allergie, fino alla riduzione dell'aspettativa di vita dovuta a malattie cardiache e polmonari (compreso il cancro ai polmoni). In Svizzera, gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute sono analizzati nello studio nazionale di coorte SAPALDIA (Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults) dell'Istituto svizzero tropicale e di salute pubblica (Swiss TPH) di Basilea. Un confronto dei dati SAPALDIA con altri studi svolti a livello europeo ha dimostrato che il rischio di mortalità dovuto alle polveri fini (PM2.5) aumenta anche con concentrazioni basse di 10-15 µg/m³ (valore medio annuo). I risultati della ricerca svizzera indicano fortunatamente che la salute migliora abbastanza rapidamente se il tenore di inquinanti nell'aria diminuisce. Le misure volte a migliorare la qualità dell'aria influiscono quindi in modo positivo ed evidente sulla salute della popolazione e quindi sull'economia. Tutte le polveri possono inoltre ricadere sulla superficie terrestre. In special modo i metalli pesanti (ad esempio piombo, zinco, cadmio, ferro, rame, ecc.) eventualmente presenti in esse, al contrario di altri inquinanti, non si degradano chimicamente, ma tendono ad accumularsi nei diversi ecosistemi (assunzione da parte della flora e della fauna), a risalire la catena alimentare per infine giungere agli esseri umani, agendo in modo nocivo. I metalli pesanti presenti nell'aria, fatta eccezione per il mercurio che è volatile, sono legati al particolato in sospensione. Essi rappresentano un rischio per le persone e per l'ambiente: alcuni di essi ad elevate concentrazioni sono tossici e altri, come per esempio il cadmio, cancerogeni.

Allegati

I valori limite di immissione (VLI)

La Legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) e l'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) si prefiggono di proteggere le persone, gli animali, le piante ed in generale l'ambiente e la natura dagli inquinanti dell'aria. Per questo l'OIA definisce limiti di immissione (vedi tabella sottostante) che, se rispettati, garantiscono una qualità dell'aria accettabile e rendono improbabili gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute di adulti, bambini, anziani e gestanti. I Cantoni hanno perciò il compito di verificare regolarmente la qualità dell'aria sul proprio territorio e di comunicare l'esito di questi accertamenti alla popolazione.

Sostanza inquinante	Valore limite	Definizione statistica
Diossido di zolfo (SO ₂)	30 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100 µg/m ³	95% dei valori medi su ½ h di un anno ≤ 100 µg/m ³
	100 µg/m ³	Valore medio su 24h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Diossido di azoto (NO ₂)	30 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100 µg/m ³	95% dei valori medi su ½ h di un anno ≤ 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	Valore medio su 24h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Monossido di carbonio (CO)	8 mg/m ³	Valore medio su 24h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Ozono (O ₃)	100 µg/m ³	98% dei valori medi su ½ h di un mese ≤ 100 µg/m ³
	120 µg/m ³	Valore medio su 1h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Polveri in sospensione (PM10)	20 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	50 µg/m ³	Valore medio su 24h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Piombo (Pb) nelle polveri sottili	0.5 µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nelle polveri sottili	1.5 ng/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Polveri in ricaduta totali	200 mg/(m ² x d)	Valore annuo medio (media aritmetica)
Piombo (Pb) nelle polveri in ricaduta	100 µg/(m ² x d)	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nelle polveri in ricaduta	2 µg/(m ² x d)	Valore annuo medio (media aritmetica)
Zinco (Zn) nelle polveri in ricaduta	400 µg/(m ² x d)	Valore annuo medio (media aritmetica)
Tallio (Tl) nelle polveri in ricaduta	2 µg/(m ² x d)	Valore annuo medio (media aritmetica)

Unità di misura

Unità	Significato	Osservazioni
mg	milligrammo	1 mg = 0.001 g
µg	microgrammo	1 µg = 0.001 mg
ng	nanogrammo	1 ng = 0.001 µg
mg/m ³	milligrammo/metrocubo	1 mg/m ³ = 10 ⁻³ g/m ³ = 1000 µg/m ³
µg/m ³	microgrammo/metrocubo	1 µg/m ³ = 10 ⁻⁶ g/m ³ = 1000 ng/m ³
ng/m ³	nanogrammo/metrocubo	1 ng/m ³ = 10 ⁻⁹ g/m ³

Concetti statistici

Concetto OIAt	Concetto statistico	Spiegazione
Valore medio su ½ h	Media semioraria	Concentrazione media di una sostanza misurata durante 30 minuti. È la grandezza base per il calcolo di tutti gli altri valori.
Valore medio su 24 h	Media giornaliera	Media aritmetica delle medie semiorarie di una giornata; le procedure usate nelle stazioni di misura ticinesi prevedono che, se in una giornata sono disponibili meno di 36 valori semiorari, si rinuncia al calcolo della media giornaliera.
Valore annuo medio	Media annua	Media aritmetica di tutte le medie semiorarie di 1 anno.
98% dei valori medi su ½ h di un mese	98° percentile delle medie semiorarie di un mese	Secondo l'OIAt il 98% di tutti i valori semiorari misurati in una località durante 1 mese devono essere inferiori, e di conseguenza il 2% degli stessi può essere superiore, al limite indicato. Essendoci in 1 mese 1440 semiore; il 2% corrisponde a 29 semiore.

Simboli e abbreviazioni

Cd	Cadmio
CFC	Clorofluorocarburi
CO	Monossido di carbonio
COV	Composti organici volatili (chiamati anche VOC)
LPAmb	Legge federale sulla Protezione dell'Ambiente del 7 ottobre 1983
NH ₃	Ammoniaca
NO	Monossido d'azoto
NO ₂	Diossido d'azoto
NO _x	Ossidi d'azoto (NO + NO ₂)
O ₃	Ozono
OASI	Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana
OIAt	Ordinanza contro l'Inquinamento Atmosferico del 16 dicembre 1985
Pb	Piombo
PM10	Polveri fini con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (0.01 mm)
PM2.5	Polveri fini con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (0.0025 mm)
PM1	Polveri fini con diametro aerodinamico inferiore a 1 µm (0.001 mm)
SO ₂	Diossido di zolfo (anidride solforosa)
SPAAS	Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo
UACER	Ufficio dell'aria, del clima e delle energie rinnovabili
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
VLE	Valore limite di emissione
VLI	Valore limite d'immissione
Zn	Zinco

Bibliografia

Keller J., Prévôt A. S. H., Béguin A. F., Jutzi V., Ordonez C. 2008.

Trends of ozone and Ox in Switzerland from 1992 to 2007: Observations at selected stations of the NABEL, OASI (Ticino) and ANU (Graubünden) networks corrected for meteorological Variability.

PSI Bericht Nr. 08-03.

Dr. Laura Perez, Dr. Leticia Grize, PD Dr. Christian Schindler, Dr. Denis Infanger, Dr. Hansjörg Sommer, Gian-Marco Alt, Roy Eugster, Dr. Robert Gehrig, November 2013.

Study of the effect of particulate matter (PM10) on emergency hospital admissions and mortality for the period of 2001 to 2010 and of nitrogen dioxide on mortality for the period of 1995 to 2010.

AWEL, Swiss TPH.

Felber Dietrich D. 2014

Inquinamento atmosferico e salute. Panoramica degli effetti.

Ufficio federale dell'ambiente, Berna.

Studi sull'ambiente n. 1425: 15 pagg.

BAFU 2017: NABEL - **Luftbelastung 2016. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL).**

Bundesamt für Umwelt, Bern.

Umwelt-Zustand Nr. 1624: 132 pagg.

Ufficio dell'aria, del clima
e delle energie rinnovabili
Via Franco Zorzi 13
6500 Bellinzona

Capoufficio
Mirco Moser

tel. +41 91 814 29 70
www.ti.ch/aria

