

Rapporto 2016

Qualità dell'aria in Ticino

Giugno 2017

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-uacer@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 2016
Dipartimento del territorio
del Cantone Ticino (Ed.)
Bellinzona, 2017

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) 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, 7 stazioni di misura in continuo. Le sempre maggiori richieste di Comuni e popolazione toccati dalle emissioni di determinati impianti hanno portato negli ultimi undici anni a estendere la rete di rilevamento con nuove stazioni, come quelle per monitorare i cantieri di AlpTransit, la galleria Vedeggio-Cassarate, 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 registrati 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.

4luvan

Qualità dell'aria in Ticino
Stazione di misura

Ufficio aria, clima ed energie rinnovabili **ti**

Sulle misure www.4luvan.ch

L'ARIA
CALIBRA

La rete cantonale di misura

L'inquinamento atmosferico manifesta 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 cantonale di rilevamento è lo strumento di verifica della qualità dell'aria ticinese. Comprende in primo luogo 7 stazioni di misura situate a Chiasso, Mendrisio, Bioggio, Pregassona, Locarno, Brione sopra Minusio e Bodio. A partire dagli anni novanta la rete di base monitora la situazione dell'aria in diverse ubicazioni caratteristiche di una determinata situazione del Cantone (agglomerato, campagna, centro città, zona industriale, asse di transito). A questa si integrano le stazioni di Lugano e Magadino, gestite dall'Ufficio federale dell'ambiente, UFAM, e facenti parte della rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici NABEL (Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe). 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, l'impianto cantonale di termovalorizzazione dei rifiuti (ICTR) e la galleria Vedeggio-Cassarate (il cui monitoraggio durato oltre 6 anni è terminato proprio nel corso del 2016 per far posto a quello del previsto raddoppio della galleria autostradale del San Gottardo).

Ai dati delle 18 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. Questa rete è stata riorganizzata nel corso del 2014; sono stati eliminati 43 punti di misura ridondanti e contemporaneamente sono stati posati 30 campionatori passivi in nuove ubicazioni.

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

Questa rete permette ora di trasmettere e divulgare i dati praticamente in tempo reale, così che oggi chiunque può, ovunque e autonomamente, accedere in ogni momento alle informazioni sullo stato dell'aria, tramite ad esempio 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 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

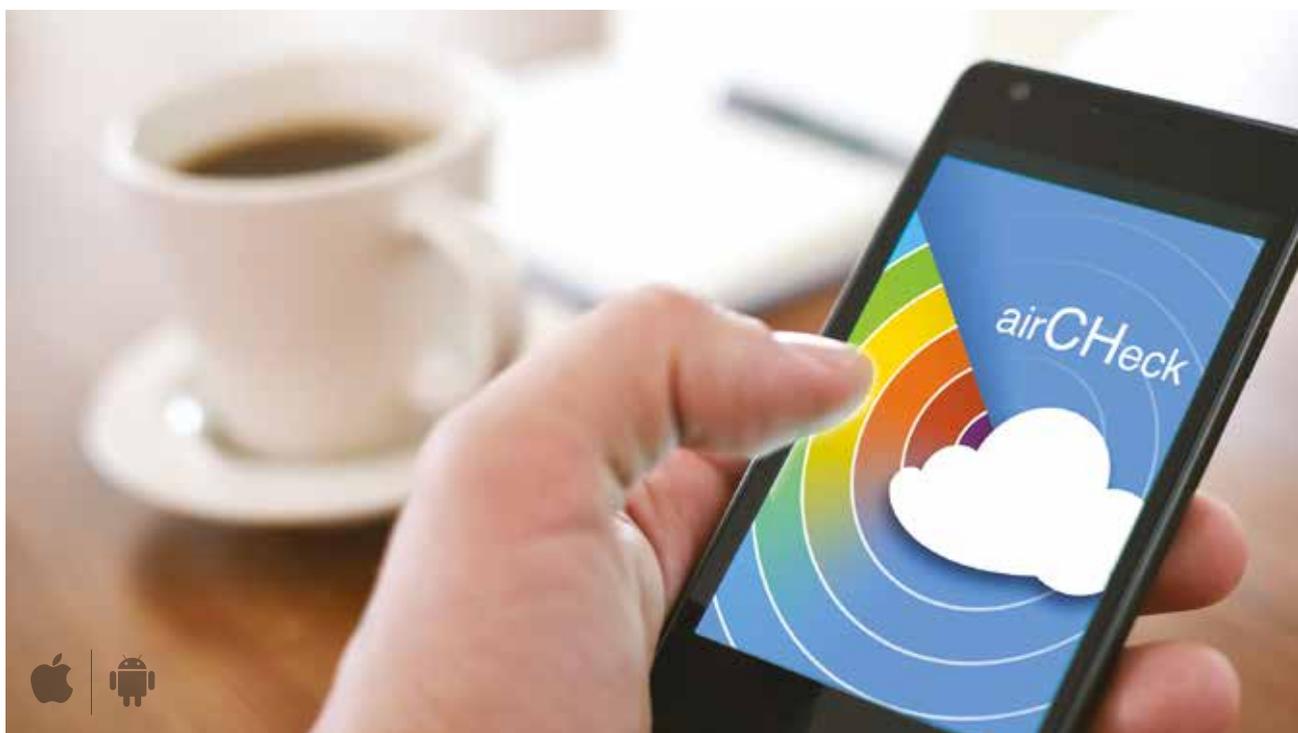


OASI, l'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana

La rete cantonale di rilevamento della qualità dell'aria è integrata nell'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana (OASI), quest'ultimo gestito dall'Ufficio del monitoraggio ambientale del Dipartimento del territorio. L'OASI contempla tre campi d'azione: l'osservazione vera e propria, la gestione dei dati e l'informazione. La fase di osservazione prevede il rilevamento del traffico (tipo di veicolo e velocità), della meteorologia e delle emissioni ed immissioni foniche ed atmosferiche. 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. Nato nel 2002, a partire dal 2008 l'OASI è stato inoltre ampliato a diversi altri settori, quali i siti inquinati, l'idrologia, l'inquinamento luminoso, le frane e le radiazioni non ionizzanti.

airCHECK: lo stato dell'aria sul telefonino

L'applicazione airCHECK - un prodotto sviluppato dal Dipartimento del territorio - mostra l'attuale stato dell'aria in qualsiasi punto del territorio e i valori dei tre inquinanti principali (polveri fini, ozono e diossido di azoto) rilevati dalle stazioni di misura presenti sul territorio svizzero, unitamente al loro andamento durante gli ultimi 4 giorni. L'applicazione è disponibile sia per iPhone che per la piattaforma Android.



L'aria in Ticino

In generale

Evoluzione generale favorevole, ma...

Per quel che concerne la qualità dell'aria in generale, in poco meno di trent'anni di misurazioni si sono osservati in Ticino costanti progressi. Le immissioni dei principali inquinanti hanno fatto registrare riduzioni più o meno marcate, come riportato nella **figura 2** (p. 15), che illustra la variazione percentuale del carico inquinante in Ticino tra il 1990 ed il 2016.

In questo senso si registra una chiara tendenza al miglioramento: le concentrazioni degli inquinanti primari quali il diossido di zolfo (SO_2) e il monossido di carbonio (CO), sono diminuite in modo notevole (75% circa); per contro gli inquinanti a carattere secondario (a destra) come l'ozono (O_3) e le polveri fini (PM10) presentano una diminuzione meno pronunciata rispettivamente del 21 e del 42%. 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 limiti rimangono superati. Ozono e polveri fini presentano in tutte le zone del Cantone (urbane, suburbane e rurali) 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 di per sé e precursore di ozono e PM10) 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 inquinanti la situazione attuale garantisce il rispetto dei valori limite OIAt: i valori di diossido di



zolfo così come quelli di monossido di carbonio, che nei decenni passati erano fonte di preoccupazione, hanno ormai raggiunto a Lugano il 3 rispettivamente il 13% del limite di legge. Per far fronte a questa situazione e contrastare l'inquinamento – causato in particolare dal diossido d'azoto, dall'ozono e dalle polveri fini – occorre migliorare e rendere più specifici i provvedimenti già adottati, ad esempio attraverso un aggiornamento periodico del Piano di risanamento dell'aria. Due sono le strade da percorrere: da un lato il ricorso a provvedimenti tecnici in grado di diminuire le stesse emissioni, dall'altro la riduzione del consumo e quindi indirettamente delle relative emissioni generate dalla produzione.

A grandi linee la situazione può essere riassunta in questo modo: con le diverse misure di risanamento si è ottenuta una riduzione di circa la metà delle emissioni rispetto agli Anni Novanta, ma per garantire una qualità dell'aria conforme all'OIAAt queste dovranno essere ulteriormente diminuite. Le concentrazioni dei diversi inquinanti dell'aria (immissioni) potranno quindi essere conformi ai limiti stabiliti dall'OIAAt solo se le loro emissioni saranno ridotte nelle percentuali indicate nella tabella qui sotto.

Inquinante	Riduzione emissioni rispetto al 2000	Base legale
Ossidi di azoto (NO _x)	ca. 60%	VLI* OIAAt per NO _x e O ₃ , CL NO _x **
Polveri fini (PM10)	ca. 50%	VLI* OIAAt per PM10 e O ₃
Composti organici volatili (COV)	ca. 60%	VLI* OIAAt per O ₃
Ammoniaca (NH ₃)	ca. 40 – 50%	CL NO _x **, VLI* OIAAt per PM10
Sostanze cancerogene (es. Fuliggine, Benzene, Toluene e Xilene, BTX)	Riduzione massima possibile, in quanto non esiste una soglia al di sotto della quale non abbiano effetti cancerogeni	–

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



I piani di risanamento dell'aria

Il Consiglio di Stato del Cantone Ticino ha adottato nel 2007 il Piano cantonale di risanamento dell'aria (PRA), che contiene i provvedimenti per gli impianti fissi (principalmente industrie, cantieri e impianti a combustione) e il traffico. Per quest'ultimo aspetto, provvedimenti adeguati alle realtà locali sono già in vigore sulla base dei piani regionali specifici e delle misure fiancheggiatrici per le principali opere stradali. Il Consiglio di Stato ha adottato il Piano di risanamento dell'aria del Luganese (PRAL) nel 2002 e il Piano di risanamento dell'aria del Mendrisiotto (PRAM) nel 2005. Pure molto importanti per il miglioramento della qualità dell'aria sono i Piani d'agglomerato del Mendrisiotto (PAM), del Luganese (PAL), del Bellinzonese (PAB) e del Locarnese (PALoc). Le misure contenutevi sono finanziate parzialmente dalla Confederazione e riprendono in parte anche i provvedimenti del PRA e dei piani regionali di risanamento dell'aria.

Le esperienze sia a livello regionale, sia a livello cantonale e federale hanno dimostrato che per garantire un'applicazione coerente ed efficace dei provvedimenti è necessario seguire costantemente la loro realizzazione. Per questa ragione, dal 2007, è stato attivato un sistema di monitoraggio dei diversi piani di risanamento dell'aria, sia a livello cantonale che regionale. I relativi rapporti di controlling sono pubblicati sul sito www.ti.ch/aria.

2016: l'essenziale in breve

Anche nel 2016 gli inquinanti che superano i limiti fissati dall'OIAAt 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 da tempo ampiamente sotto controllo.

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.

La **figura 3** a p. 15 mostra il quadro dei principali inquinanti in diverse località ticinesi nel 2016. Essa descrive il carico a cui è esposta la popolazione, riportando per ogni sostanza la 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).

Per quanto riguarda i tre inquinanti principali, dopo un peggioramento transitorio nel 2015, il 2016 ritrova una tendenza positiva, con i valori di polveri fini e diossido di azoto che vanno a segnare dei nuovi minimi storici dopo quelli del 2014. In forte ribasso anche i valori di ozono, nonostante un'estate con un soleggiamento leggermente superiore alla norma e il mese di settembre più caldo mai rilevato a sud delle Alpi.

Il 2016 ritrova una tendenza
positiva: nuovi minimi storici per
polveri fini e diossido di azoto.
Meno ore sopra il limite orario per
l'ozono.



Diossido d'azoto (NO₂): 2016 positivo e lenta tendenza al ribasso

In Ticino la fonte principale di NO₂ è il traffico stradale, responsabile di circa il 65–70% delle emissioni di questo inquinante. Non sorprende quindi che i superamenti del valore limite annuo stabilito dall'OIAAt (30 µg/m³) vengano registrati soprattutto nei principali agglomerati e lungo le strade maggiormente trafficate (come ad esempio a Mendrisio, con una media annua di 39 µg/m³, Chiasso con 35, e Bioggio 32) e naturalmente lungo l'asse di traffico dell'A2 (Camignolo 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 2016 registra una marcata diminuzione delle concentrazioni medie annue rispetto all'anno precedente, con dei valori che nella maggior parte delle stazioni sono pari o addirittura inferiori ai minimi storici registrati nel 2014. Sempre in virtù di condizioni meteo molto spesso favorevoli alla dispersione degli inquinanti - e in modo particolare durante i mesi più freddi - aumenta inoltre il numero di stazioni di misura dove il valore limite OIAAt è rispettato, con Vezia e Bodio che rientrano di nuovo nella legalità. Rimane invece preoccupante la situazione nel Mendrisiotto, che presenta valori più elevati rispetto al resto del Cantone all'immagine di Mendrisio, dove, nonostante un sensibile miglioramento, la media annua per il 2016 supera il limite OIAAt nella misura del 30%.



Ozono (O₃): meno ore di superamento

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 un'estrema volatilità, rendendo praticamente impossibile prevedere un trend delle concentrazioni e del numero di superamenti. Certo è che anche nel 2016 i limiti di immissione rimangono superati su tutto il territorio cantonale, sia nei luoghi fortemente urbanizzati che in quelli periferici.

Nel confronto con l'anno precedente, il 2016 presenta una sensibile diminuzione del numero di superamenti del valore limite orario per l'ozono, quantificabile approssimativamente in circa 250 ore di superamento in meno per ogni stazione dove viene misurato questo inquinante. Nonostante il settembre più caldo mai rilevato a sud delle Alpi, durante l'estate 2016 le temperature e il soleggiamento in Ticino sono risultati solo di poco superiori alla norma, il che spiega la netta diminuzione dei valori rispetto all'estate 2015, risultata la seconda più calda di sempre dopo quella del 2003.



Polveri fini (PM10): un anno di quiete

Sul fronte delle polveri fini il 2016 è trascorso in maniera positiva, in particolare durante i mesi più freddi e potenzialmente critici; frequenti precipitazioni e situazioni ventilate hanno contribuito a limitare e mantenere le concentrazioni sui livelli del 2014, annata eccezionalmente favorevole per le immissioni di questo inquinante.

Chiasso ha così visto un nuovo minimo storico ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inteso come media annuale) dopo i 25 del 2014, mentre la media annua di tutte le stazioni di misura con $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ritorna per la seconda volta in assoluto sotto il limite OIAt (20).

Come logica conseguenza, rispetto al 2015 tornano ad essere numerose le località con una media annua conforme al limite di legge, mentre malgrado il miglioramento tale limite rimane superato a Biasca, Bioggio, Chiasso e Mendrisio.

In forte diminuzione anche il numero di giorni con superamento del valore limite giornaliero, ad eccezione di Chiasso (22 giorni), ma comunque superiori ai minimi raggiunti nel 2014 e soprattutto al limite di legge (un solo giorno all'anno con una media superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 t/a a circa 4'000 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 (1990–2016)

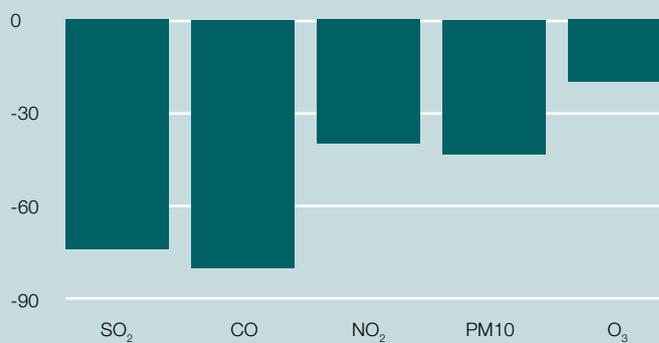
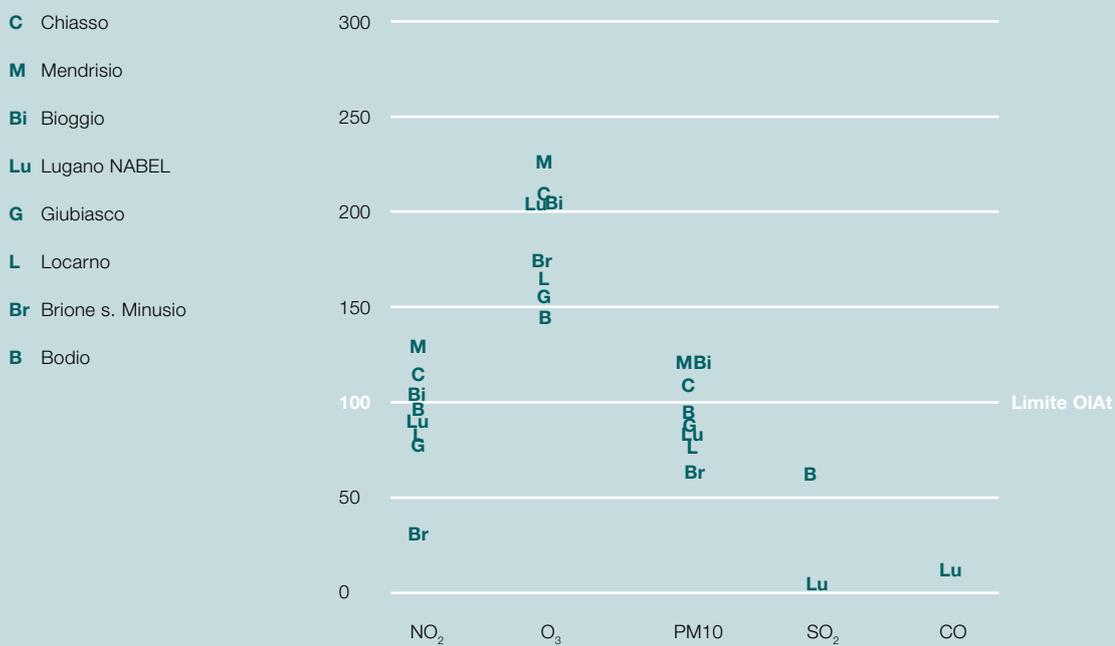


Figura 3 – Percentuale di conformità all'OIAt



Diossido di azoto (NO_2)



Il 2016

Dopo un'annata 2015 in controtendenza rispetto all'evoluzione degli ultimi 5 anni, il 2016 è stato nuovamente caratterizzato da condizioni meteo che hanno favorito la dispersione delle sostanze inquinanti. Tra queste l' NO_2 non fa eccezione, ed ecco quindi le medie annue ai livelli più bassi dall'inizio delle misurazioni in Ticino nel 1988. La media annua di tutte le stazioni di misura presenti sul territorio segna infatti con $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un nuovo minimo storico, e per la seconda volta dopo il 2014 si attesta al di sotto del limite OIAt ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La diminuzione generalizzata delle concentrazioni di NO_2 è corroborata anche dai dati delle campagne di campionatura passiva, disponibili anche per gli anni precedenti all'indirizzo www.ti.ch/aria.

Rispetto all'anno precedente, a pesare in modo determinante sulle medie annue è sicuramente la differenza con i mesi di novembre e dicembre 2015, durante i quali l'estrema scarsità di precipitazioni aveva portato ad un inusuale aumento delle concentrazioni.

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 2016 esso è superato a Chiasso (4 superamenti) e a Mendrisio (3 superamenti). La media giornaliera massima registrata nel 2016 è stata di $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2016, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

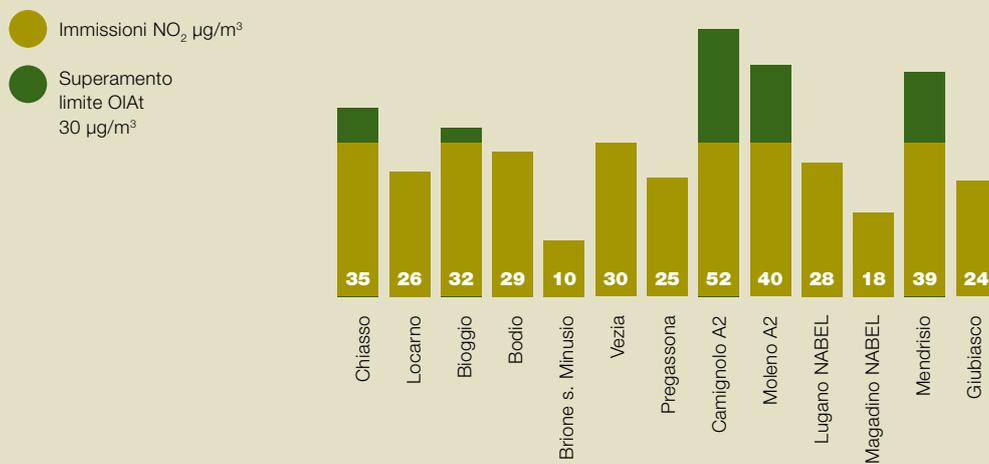


Figura 5 – Evoluzione delle medie annue di diossido di azoto, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

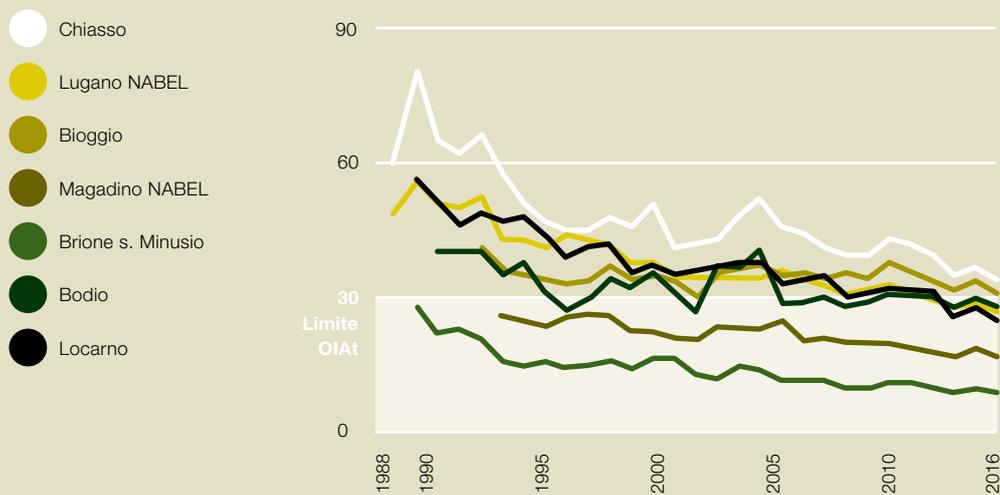
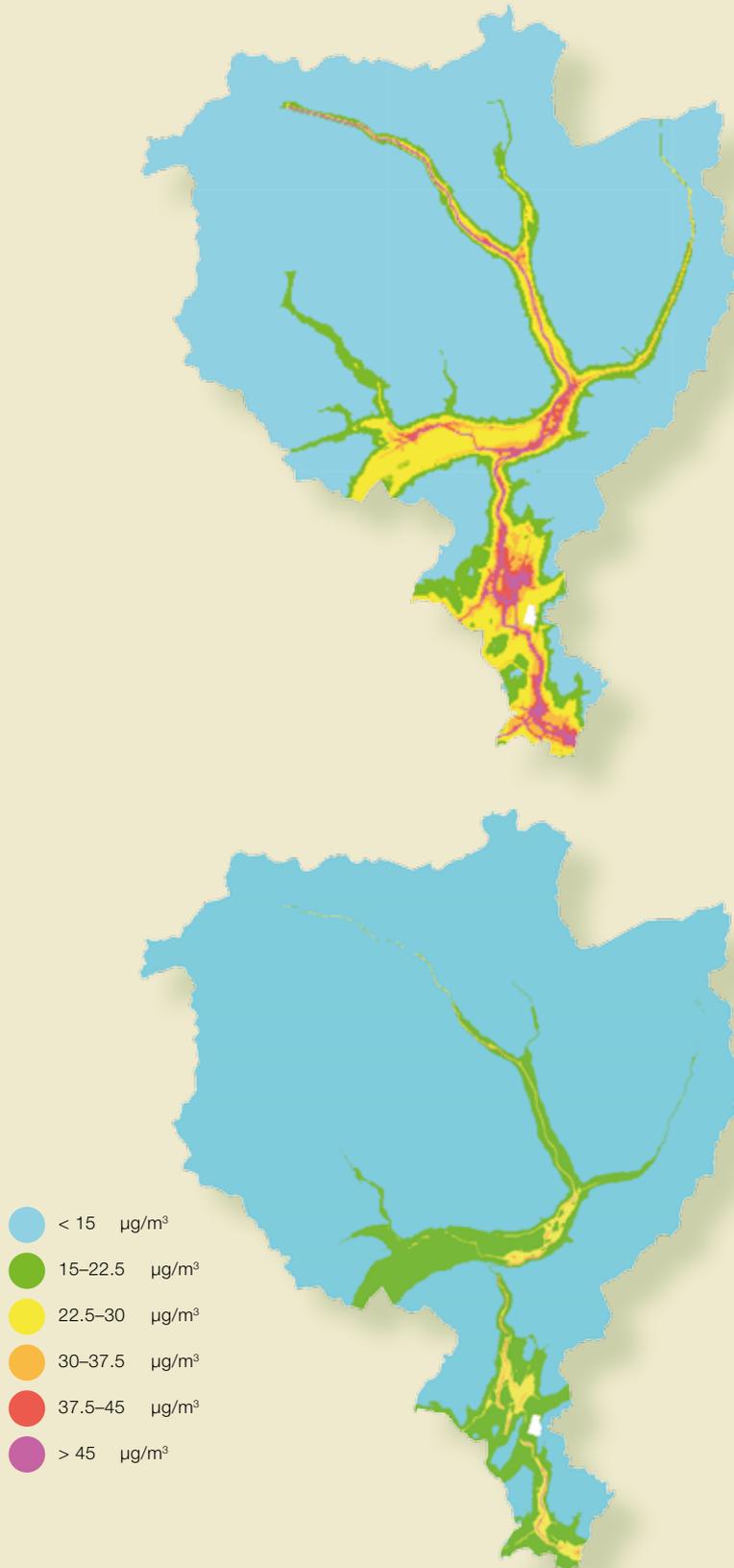






Figura 6 – Immissioni di diossido di azoto in Ticino nel 1990 (sopra) e 2016 (sotto)



L'evoluzione

La rapida diminuzione delle concentrazioni di diossido d'azoto 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 polveri, 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 diossido di azoto 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 2016

Nel 2016 il numero di superamenti del valore limite orario per l'ozono ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si posiziona in quasi tutte le stazioni di misura pressappoco a metà strada tra gli estremi registrati nel 2014 e 2015, quando all'estate meno soleggiata di sempre aveva fatto seguito la seconda più calda dall'inizio delle misurazioni. Soleggiamento e alte temperature a sud delle Alpi non sono mancati nemmeno nel 2016, con risultati leggermente superiori alla norma, ma evidentemente non hanno raggiunto i livelli dell'anno precedente, con un conseguente miglioramento riguardo alle immissioni di ozono.

La media del numero di superamenti registrati in tutte le stazioni passa da 715 ore nel 2015 a 458 nel 2016 (- 36%). In diminuzione anche il numero di superamenti della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e della soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), così come il valore medio orario massimo per il 2016 ($271 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati il 9 luglio a Mendrisio, contro i 305 dell'anno precedente). Sempre riguardo al numero di superamenti, a Brione sopra Minusio, stazione situata in quota e lontana da fonti di ossidi di azoto, si registrano dei valori generalmente simili a quelli rilevati in località dove le concentrazioni di inquinanti sono molto più elevate. Accade così che, mentre gli ossidi di azoto a Chiasso «consumano» completamente l'ozono durante la notte, ciò avviene in maniera solo molto limitata a Brione, per cui le concentrazioni di ozono rimangono spesso elevate portando quindi ad un notevole incremento delle ore di superamento.

Un altro limite fissato dall'OIA per l'ozono è quello dei 98esimi percentili mensili 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 2016, raggiungendo il valore massimo a Mendrisio con $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dal grafico relativo ai 98esimi percentili mensili massimi (p. 24) è inoltre 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

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 è inoltre il numero di giornate estive o tropicali al di fuori dei mesi di giugno, luglio e agosto, all'esempio del mese di settembre 2016, risultato il più caldo di sempre dall'inizio delle misurazioni.

Più confortante invece l'evoluzione del numero di superamenti della soglia di allarme fissata a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$: la minor presenza nell'aria di precursori dell'ozono quali ossidi di azoto e composti organici volatili (COV) sembrerebbe aver ridotto il livello delle concentrazioni orarie massime raggiunte durante le giornate più critiche per le concentrazioni di ozono. Un esempio che ben illustra questa situazione ci è dato dal confronto tra le estati 2006 e 2015: nonostante un numero simile di superamenti del valore limite OIAt, nonché temperature e soleggiamento nettamente inferiori durante l'estate 2006, a causa della maggiore presenza di inquinanti precursori dell'ozono vennero a crearsi in quell'anno le condizioni per l'ultima introduzione delle misure urgenti durante il periodo estivo: ben 34 furono infatti i superamenti del limite di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a Chiasso nel 2006, contro gli 8 registrati nel 2015.

Malgrado un sensibile miglioramento nel 2016, per valutare oggettivamente l'evoluzione dell'ozono bisogna considerare che i dati annuali possono essere comparati solo escludendo l'effetto dovuto alla variazione annuale della temperatura. In ogni caso la situazione rimane insoddisfacente - non fosse altro che per il limite OIAt di un solo superamento all'anno - anche se è necessario ricordare che, essendo l'ozono un inquinante secondario, il risanamento è attuabile solo agendo sui suoi precursori (composti organici volatili e il diossido d'azoto), e che i suoi effetti saranno visibili sull'arco di diversi anni. 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 O_3 .

Per l'ozono il risanamento è attuabile solo agendo sui suoi precursori (diossido di azoto e composti organici volatili).

Figura 7 – 98° percentile mensile massimo di ozono nel 2016

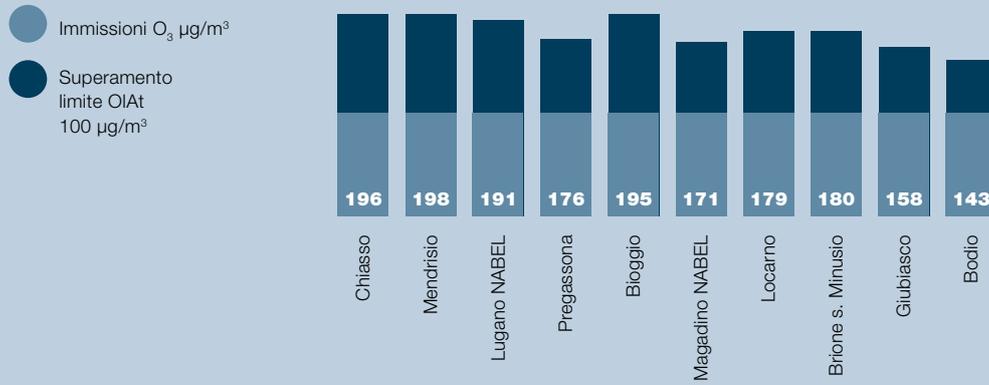
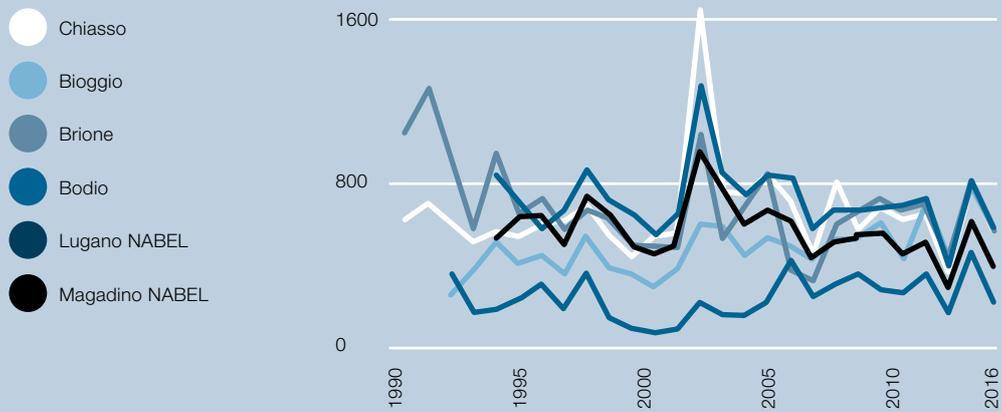


Figura 8 – Evoluzione del numero di superamenti del limite orario per l'ozono in ore



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 (PM 10)



Fattori

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. Nel 2016 questo fenomeno è stato meno frequente rispetto agli anni precedenti, tanto che le concentrazioni medie annue delle PM10 sono scese al livello dei minimi storici registrati nel 2014.

A prescindere dall'evoluzione annuale – positiva per il 2016 – una volta di più si conferma la strettissima dipendenza delle concentrazioni di PM10 dalle condizioni meteorologiche, e pertanto 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) e in altri piani di risanamento allestiti a livello regionale che hanno lo scopo di ridurre il più possibile le emissioni prodotte dalle diverse fonti, che per le PM10 sono rappresentate in modo particolare dal traffico veicolare, dagli impianti di riscaldamento a legna e da quelli industriali.

Medie annue ai minimi storici, ma sempre troppi superamenti del valore limite giornaliero.

Il 2016

L'inquinamento da PM10 lungo tutto l'arco del 2016 è risultato piuttosto contenuto. In forte diminuzione rispetto all'anno precedente i superamenti del limite OIAt di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per il resto si segnalano alcuni sporadici superamenti della soglia d'informazione ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e un unico superamento della soglia d'allarme ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a Mendrisio, quest'ultimo imputabile però all'incendio del deposito di pneumatici verificatosi il 2 dicembre 2016. Il risultato sono delle medie annue tra le più basse registrate dall'inizio delle misurazioni in Ticino, e che si attestano sugli stessi livelli di quelle già registrate per il 2014.

Espresso in cifre, l'inquinamento da PM10 in Ticino vede la media annua di tutte le stazioni di misura scendere di 4 unità a $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per la seconda volta dopo il 2014 idealmente al di sotto del limite annuo OIAt ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo non significa però che la situazione sia conforme ovunque - $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la media annua a Mendrisio e Bioggio, 22 a Chiasso, 21 a Biasca - sebbene rispetto al 2015 tornino ad essere in maggioranza le stazioni di misura con dei valori conformi all'OIAt. Il valore più basso si misura una volta di più a Brione sopra Minusio dove, con $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il valore limite di immissione è ampiamente rispettato.

Diverso invece il discorso per quanto riguarda il numero di superamenti del valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$): malgrado un sensibile miglioramento rispetto al 2015 la situazione permane non conforme su tutto il territorio cantonale, essendo permesso un solo superamento annuo. Mentre per quanto riguarda le medie annue la situazione è piuttosto livellata, è invece ben visibile il gradiente sud-nord del numero di superamenti: i 28 superamenti a Mendrisio si contrappongono infatti ai 3 osservati a Bodio, mentre la vicina Biasca (13 superamenti) risente della maggior presenza di impianti di combustione a legna a cui si aggiunge una posizione più propizia per la formazione di inversioni termiche durante il periodo invernale. Il Sottoceneri rimane comunque la regione maggiormente interessata da questo tipo di inquinante, per il quale la quantità di sostanze emesse o risollevate nell'aria, la vicinanza alla Pianura padana e la frequenza delle inversioni termiche giocano un ruolo centrale. Risulta infine definitivamente archiviata la problematica delle emissioni di polvere originate dai cantieri AlpTransit: Sigirino (3 superamenti), Camorino (2) vanno infatti a chiudere la graduatoria relativa al numero di superamenti.

Misurazione delle PM2.5

Quale novità di rilievo, nel corso del 2016 sono iniziate le misurazioni delle concentrazioni di polveri fini con diametro inferiore a $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le cosiddette PM2.5, in alcune stazioni di misura della rete cantonale (Chiasso, Mendrisio, Bioggio, Giubiasco e Bodio) così come già avviene da diversi anni nelle due stazioni ticinesi appartenenti alla rete nazionale NABEL (Lugano e Magadino). L'OIAt non prevede attualmente un limite per le PM2.5, e una sua eventuale introduzione è tuttora al vaglio delle autorità federali. Il valore limite raccomandato per la media annua dall'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media annua a Lugano per il 2015 è stata di $13.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a Magadino di $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In base alle misurazioni effettuate nelle stazioni NABEL, è possibile osservare come per le medie annue la percentuale delle PM2.5 rispetto alle PM10 sia nell'ordine del 70-75%. Sempre a livello svizzero, risulta inoltre che a partire dal 1998 il carico di PM2.5 nell'aria è diminuito di oltre il 40%.

L'evoluzione

Come si evince dalla **figura 11** (p. 30), 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 $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una riduzione di oltre il 40%.





Figura 10 – Medie annue delle polveri fini nel 2016, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

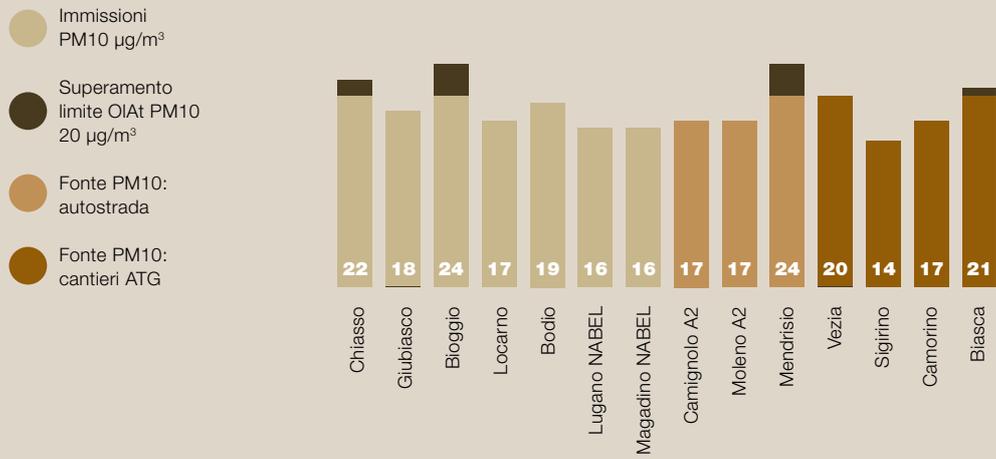


Figura 11 – Evoluzione delle medie annue delle polveri fini, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

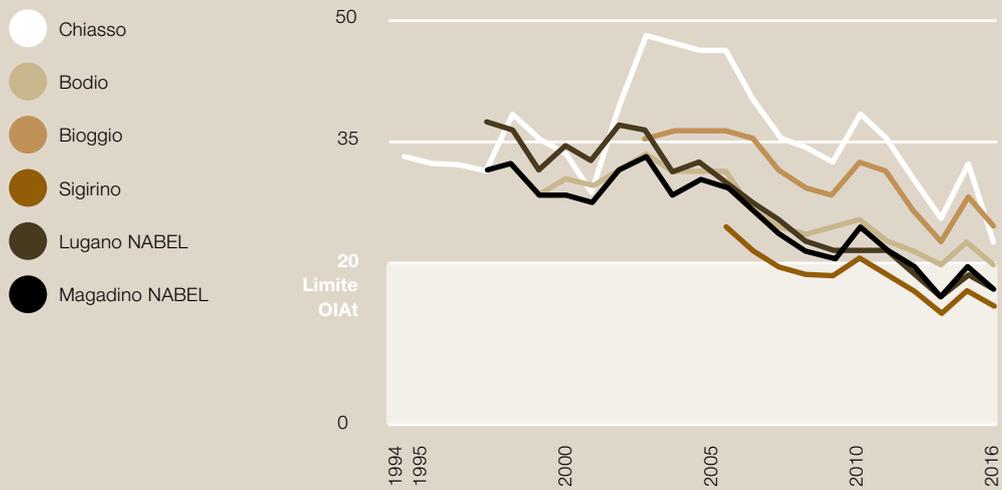
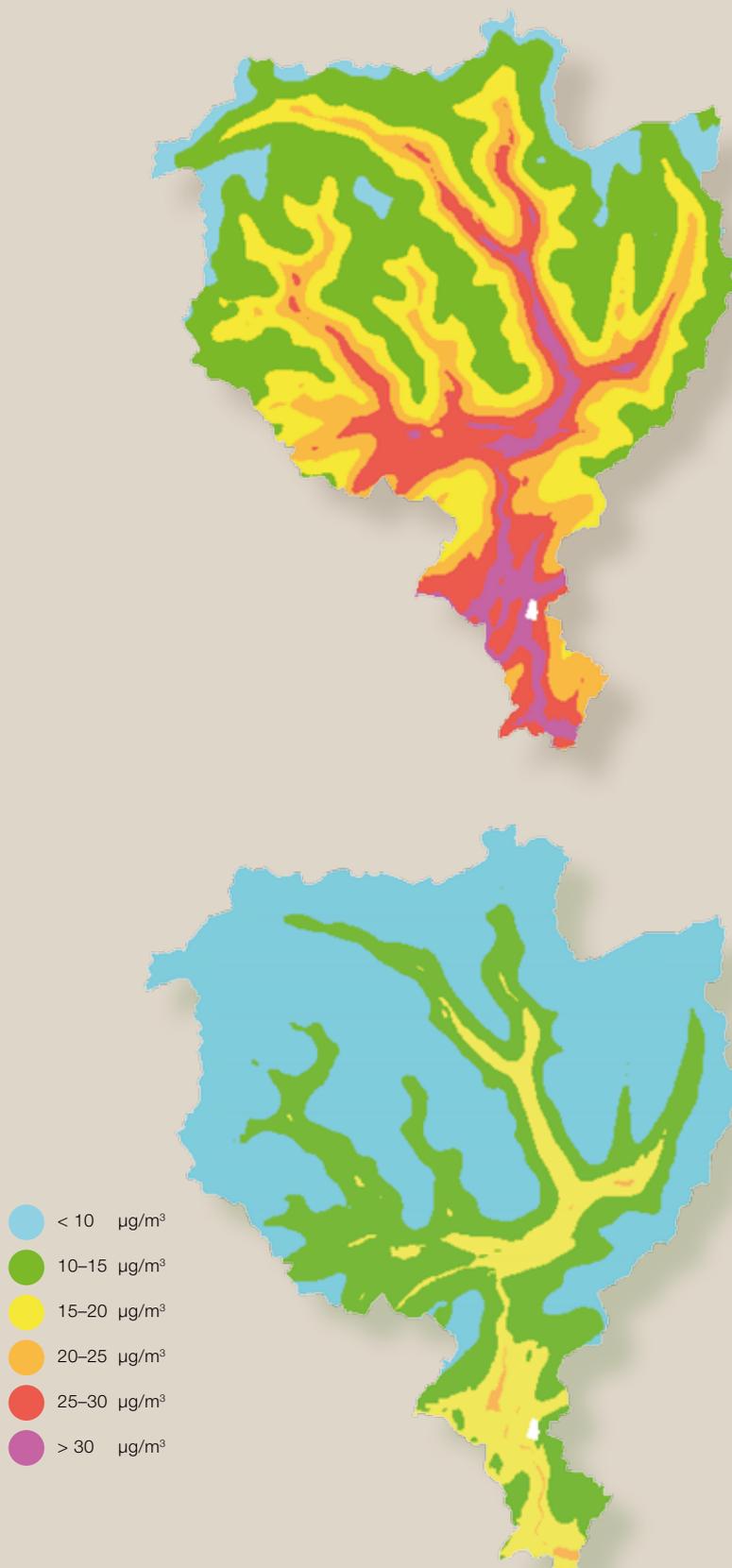


Figura 12 – Immissioni di polveri fini in Ticino nel 1998 (sopra) e 2016 (sotto)



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 (Stato 15 luglio 2010)
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 2016: NABEL - Luftbelastung 2015. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL).

Bundesamt für Umwelt, Bern.

Umwelt-Zustand Nr. 1624: 132 pagg.

An aerial photograph of a valley. In the foreground, there are trees with autumn-colored leaves. Below them, a town with various buildings and streets is visible. A river flows through the town, and a bridge crosses it. The middle ground shows a mix of green fields and some industrial or commercial buildings. In the background, large, rugged mountains rise under a clear blue sky.

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