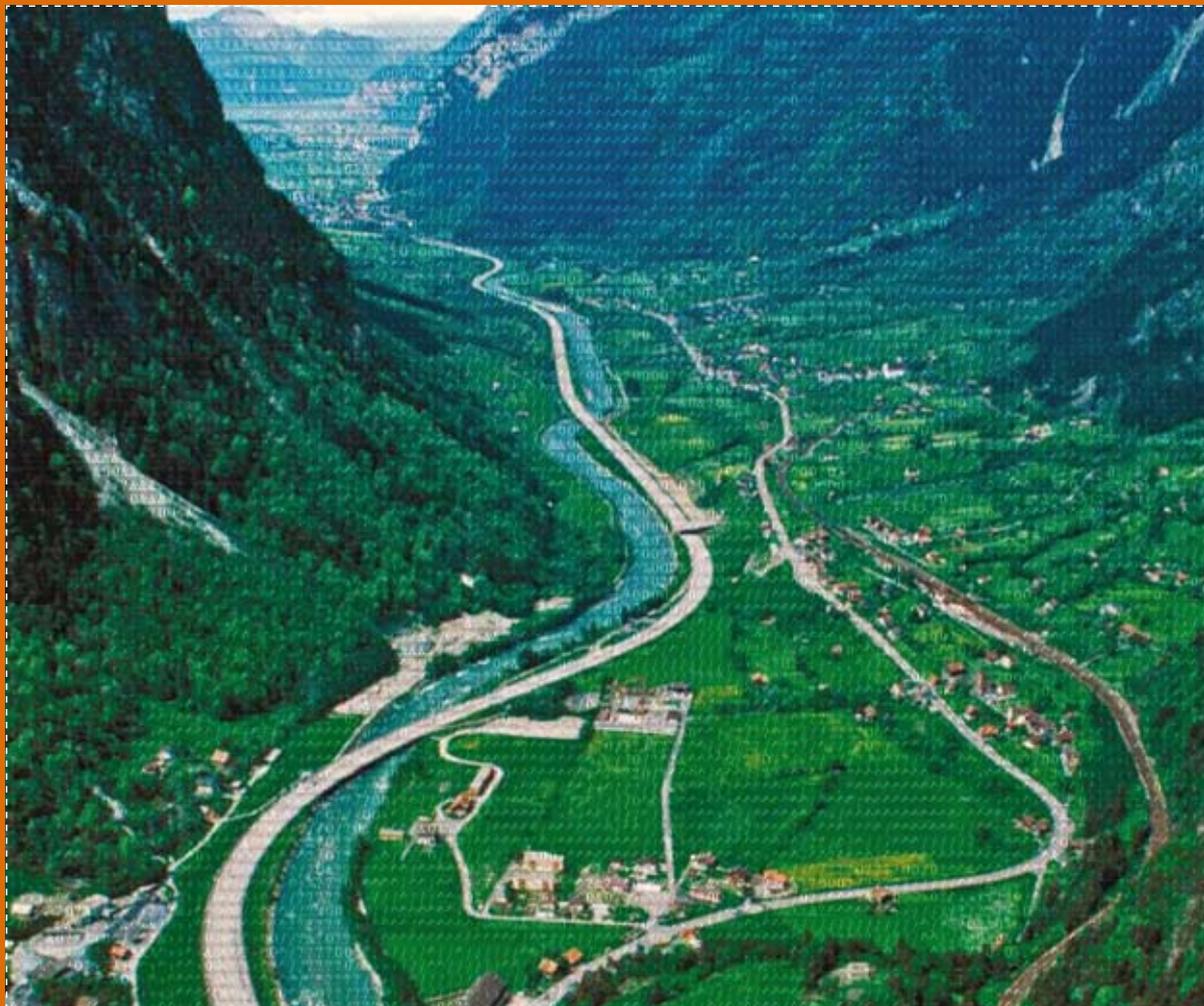


14  
09

# > Monitoraggio ambientale MMA-A

*Rapporto annuale 2008 sull'inquinamento atmosferico e fonico*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM



14  
—  
09

# > Monitoraggio ambientale MMA-A

*Rapporto annuale 2008 sull'inquinamento atmosferico e fonico*

#### **Nota editoriale**

##### **Editore**

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un Ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

##### **Autori**

Klaus Kammer, UFAM, divisione Economia, ricerca e osservazione ambientale

Jürg Heldstab, Florian Kasser, Philipp Wüthrich, INFRAS

##### **Contributi e commenti di esperti**

Marco Andretta (Canton TI), Peter Böhler (inNET), nonché i membri dell'organizzazione di progetto MMA-A Groupe Scientifique

##### **Supervisione UFAM**

Hugo Amacker, Felix Reutimann, Kirg Ingold

##### **Indicazione bibliografica**

Kammer Klaus, Heldstab Jürg 2009: Monitoraggio ambientale MMA-A. Rapporto annuale 2008 sull'inquinamento atmosferico e fonico. Stato dell'ambiente n. 0914. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 42 pag.

##### **Traduzione**

Chiara Francese-Marinolli, Basilea, in collaborazione con il Servizio linguistico italiano dell'UFAM

##### **Foto di copertina**

UFAM

##### **Scarica il PDF**

[www.ambiente-svizzera.ch/uz-0914-i](http://www.ambiente-svizzera.ch/uz-0914-i)

(disponibile soltanto in formato elettronico)

Codice: UZ-0914-I

# > Indice

>	<b>Abstract</b>	<b>5</b>
>	<b>Prefazione</b>	<b>7</b>
>	<b>Panoramica</b>	<b>8</b>

<b>1</b>	<b>MMA-A: monitoraggio ambientale</b>	<b>11</b>
1.1	Rilevamento dell'impatto ambientale prodotto dal traffico transalpino	11
1.2	Traffico transalpino: nel mirino soprattutto il traffico merci	12
1.2.1	Il traffico, fonte di inquinamento atmosferico e fonico	12
1.2.2	Impatto sulle immissioni dei mezzi pesanti adibiti al trasporto merci	12
1.2.3	Inquinamento atmosferico e fonico: molteplici i fattori aggravanti, soprattutto sull'arco alpino	14

<b>2</b>	<b>Inquinamento atmosferico lungo la A2 e la A13</b>	<b>16</b>
2.1	Emissioni di sostanze inquinanti	16
2.1.1	Prestazioni chilometriche, consumo di carburante e principali emissioni di inquinanti atmosferici nel 2007	16
2.1.2	Prestazioni chilometriche, consumo di carburante ed emissioni di inquinanti nel periodo 2000–2007	18
2.2	Immissioni di inquinanti atmosferici	20
2.2.1	Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti soggetti ai valori limite dell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIAt)	20
2.2.2	Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti non soggetti ai valori limite d'immissione della OIAt	21
2.2.3	Evoluzione delle immissioni di inquinanti atmosferici dal 2003 al 2008	22
2.3	Inquinamento atmosferico: un problema che riguarda anche altri valichi alpini	24
2.4	Riepilogo e interpretazione dei dati relativi al monitoraggio dell'inquinamento atmosferico	25

<b>3</b>	<b>Inquinamento fonico lungo la A2 e la A13</b>	<b>26</b>
3.1	Dati sull'inquinamento fonico nel periodo 2004–2008	26
3.1.1	Dati relativi al periodo 2004–2008	26
3.2	Altri rilevamenti sull'inquinamento fonico	28
3.2.1	L'evoluzione dell'inquinamento fonico nei giorni feriali e di domenica	28
3.2.2	Le pavimentazioni fonoassorbenti trattengono il rumore, gli pneumatici silenziosi riducono il rumore di rotolamento	30
3.2.3	Modellizzazione dell'inquinamento fonico lungo la A2 e la A13	31
3.3	Riepilogo e interpretazione dei dati relativi al monitoraggio dell'inquinamento fonico	32

>	<b>Allegato</b>	<b>34</b>
A1	Inquinanti atmosferici	34
A2	Il rumore	35
A3	Valichi alpini: i veicoli diventano sempre più puliti	38
A4	Riscaldamento a legna: grande generatore di emissioni di polveri fini	39

>	<b>Elenchi</b>	<b>40</b>
	Abbreviazioni e glossario	40
	Figure	41
	Tabelle	42
	Bibliografia	42



---

## > Abstract

Passenger and freight carriage by road are important sources of air pollution and noise in transalpine transport. The present report documents the results of the «Monitoring of Supporting Measures-Environment» project carried out in 2007 and 2008, recording air and noise pollution along the national roads crossing the Alps, the A2 (Gotthard motorway) and the A13 (San Bernardino motorway). The data was compared to the results of the preceding years (2003 to 2006). Pollution by nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and fine particles (PM10) decreased slightly and noise pollution remained more or less stable. The report also presents modelling results of fuel consumption and emissions of atmospheric pollutants by road traffic on the alpine segments of the A2 and the A13.

Im alpenquerenden Verkehr sind Personen- und Gütertransporte auf der Strasse wichtige Luftschadstoff- und Lärmquellen. Der Bericht dokumentiert die Messresultate des «Umweltmonitorings flankierende Massnahmen» der Jahre 2007/2008 zur Luft- und Lärmbelastung entlang der alpenquerenden Nationalstrassen A2 (Gotthard) und A13 (San Bernardino) und vergleicht diese mit den Messresultaten der Vorjahre 2003 bis 2006. Über die gesamte Periode 2003 bis 2008 gab es bei der Stickstoffdioxid- (NO<sub>2</sub>) und der Feinstaubbelastung (PM10) tendenziell eine leichte Abnahme. Die Lärmbelastung verharrte während dieser Periode auf etwa gleichem Niveau. Weiter werden Modellrechnungen zum Treibstoffverbrauch und zu den Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs auf den alpinen Teilstrecken der A2 und A13.

Dans le trafic transalpin, le transport de personnes et le trafic de marchandises sur les routes sont d'importantes sources de bruit et de pollution atmosphérique. Le présent rapport fournit les résultats des mesures du projet Suivi des mesures d'accompagnement Environnement (SMA-E) des années 2007 et 2008 concernant les pollutions sonore et atmosphérique le long des routes nationales transalpines A2 (Gotthard) et A13 (San Bernardino) et les compare avec les résultats de la période 2003 à 2006. De 2003 à 2008, les émissions de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de poussières fines (PM10) ont eu tendance à diminuer légèrement. Durant cette période, la pollution sonore est restée à peu près au même niveau. Le rapport expose ensuite des modèles de calcul de la consommation de carburants et des émissions de polluants atmosphériques dues au trafic routier sur les portions alpines de l'A2 et de l'A13.

**Keywords:**

environmental monitoring,  
transalpine freight transport,  
air and noise pollution,  
perception of traffic by the  
population

**Stichwörter:**

Umweltmonitoring,  
alpenquerender Güterverkehr,  
Luft- und Lärmbelastung,  
Wahrnehmung des Verkehrs  
durch die Bevölkerung

**Mots-clés:**

monitoring environnemental,  
trafic de marchandises  
transalpin, pollution sonore  
et pollution atmosphérique,  
façon dont est perçu le trafic  
par la population

Il traffico di transito di persone e merci attraverso le Alpi è un'importante fonte di inquinamento atmosferico e fonico. Il presente rapporto documenta i dati del monitoraggio ambientale delle misure di accompagnamento (MMA-A) relativo all'inquinamento atmosferico e fonico del biennio 2007–2008 lungo la A2 (Gottardo) e la A13 (San Bernardino) e li confronta con quelli del periodo 2003–2006. Dal 2003 al 2008 le emissioni di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e quelle delle polveri fini (PM10) hanno registrato un tendenziale, lieve calo. L'inquinamento fonico è rimasto invece pressoché invariato. Il rapporto illustra i modelli di calcolo del consumo di carburante e delle emissioni di inquinanti generati dal traffico di transito lungo i tratti alpini dell'A2 e dell'A13.

Parole chiave:  
monitoraggio ambientale, traffico  
merci attraverso le Alpi,  
inquinamento atmosferico e  
fonico, percezione del traffico  
da parte della popolazione

---

## > Prefazione

Garantire un'infrastruttura efficiente per il traffico merci attraverso le Alpi e contemporaneamente limitare l'inquinamento con effetti dannosi sull'uomo e sull'ambiente sono obiettivi prioritari della politica svizzera dei trasporti. Per promuovere il trasferimento del traffico merci dalla strada alla rotaia sono state adottate la tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni e misure di accompagnamento destinate alla strada e alla ferrovia.

Il monitoraggio ambientale incentrato sul trasferimento del traffico dalla strada alla ferrovia analizza inoltre le conseguenze ambientali dell'Accordo sui trasporti terrestri concluso con l'Unione europea. Dal 2003, l'impatto del traffico stradale in termini di inquinamento sia atmosferico sia fonico è sottoposto a monitoraggio costante. I dati rilevati consentono di sorvegliare lo stato dell'ambiente lungo gli assi transalpini in Svizzera e laddove necessario predisporre le misure di protezione previste nell'Accordo sui trasporti terrestri.

Questo rapporto presenta i dati sull'inquinamento atmosferico e fonico relativi al 2007 e al 2008, illustrandone l'evoluzione dall'inizio delle misurazioni, ovvero dal 2003.

Thomas Stadler  
Capo della divisione Clima, economia, osservazione ambientale  
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

## > Panoramica

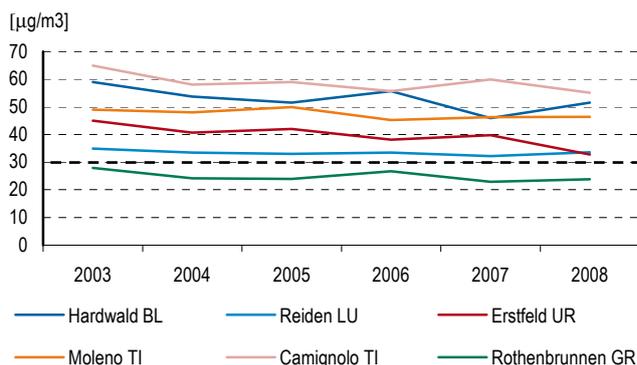
### Inquinamento atmosferico lungo la A2 (Gottardo) e la A13 (San Bernardino)

---

- > *In ragione della loro particolare topografia e delle condizioni meteorologiche, le valli alpine sono zone molto sensibili alle emissioni inquinanti. A parità di livelli di emissioni, ad esempio, in queste valli l'ossido di azoto ha un impatto inquinante tre volte superiore rispetto all'Altopiano.*
  - > *Sui tratti alpini della A2 (Gottardo) e della A13 (San Bernardino), tra il 2003 e il 2008 le emissioni di ossidi di azoto (NOx) e polveri fini (PM10 che fuoriesce direttamente dal tubo di scappamento) sono diminuite del 40% circa. Questo miglioramento è dovuto principalmente ai progressi compiuti nella tecnica dei motori.*
  - > *Nel 2007, sempre sui tratti alpini della A2 e della A13, il 60% circa delle emissioni di NOx è stato generato dai mezzi pesanti adibiti al trasporto merci, pur rappresentando questi solo un 10% delle prestazioni chilometriche complessive (chilometri percorsi all'anno).*
  - > *Sul fronte delle immissioni inquinanti, tra il 2003 e il 2008 si è registrato un calo tendenziale lieve dei livelli di ossidi di azoto e leggermente più marcato delle polveri fini (PM10).*
  - > *Lungo l'autostrada, l'inquinamento da biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) raggiunge valori di 20 µg/m<sup>3</sup> superiori rispetto alle località distanti dalle autostrade e al di fuori dei centri abitati.*
  - > *I valori limite di NO<sub>2</sub> e PM10 vengono generalmente superati lungo la A2, rispettati invece lungo la A13, che è meno trafficata. Se non si adotteranno misure supplementari per ridurre le emissioni, sulla A2 la situazione non cambierà ancora per lungo tempo.*
-

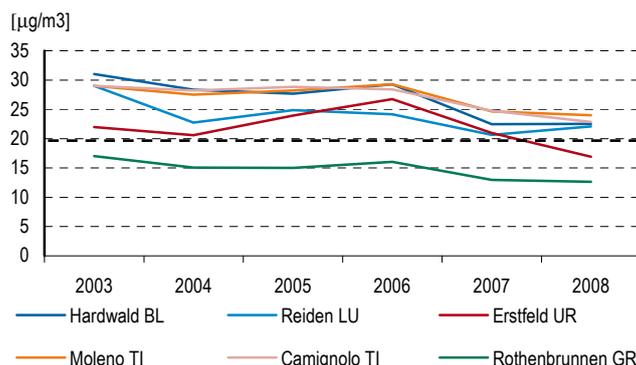
**Fig. I > Evoluzione delle immissioni di NO<sub>2</sub> nel periodo 2003–2008.**

La linea tratteggiata indica il valore limite delle immissioni secondo la OIAI (30 µg/m<sup>3</sup>).



**Fig. II > Evoluzione delle immissioni di PM<sub>10</sub> nel periodo 2003–2008.**

La linea tratteggiata indica il valore limite delle immissioni secondo la OIAI (20 µg/m<sup>3</sup>).

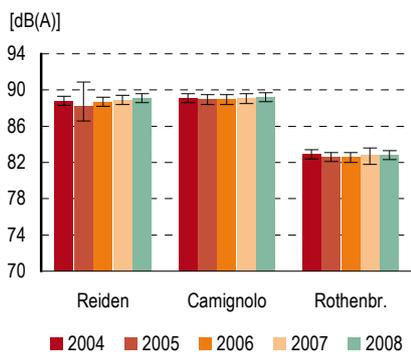


### Inquinamento fonico lungo l'autostrada A2 (Gottardo) e A13 (San Bernardino)

- > In ragione della loro particolare topografia e delle condizioni meteorologiche, le valli alpine sono zone molto sensibili alle emissioni foniche. Lungo i fianchi delle valli, se vi è contatto visivo diretto con la fonte sonora lo stesso inquinamento fonico è sentito a una distanza tre volte superiore rispetto alla pianura.
- > Tra il 2003 e il 2008 l'inquinamento fonico lungo la A2 e la A13 è rimasto sostanzialmente invariato: le emissioni foniche non sono diminuite.
- > Il traffico merci pesante è il maggiore generatore di inquinamento fonico sebbene rappresenti solo una quota minima del traffico complessivo. Nel 2008 ad esempio, a Reiden (Altopiano) i mezzi pesanti adibiti al trasporto merci hanno generato il 34% delle emissioni foniche complessive pur rappresentando solamente il 12% del traffico globale.
- > Durante le ore notturne, ovvero tra le 22 e le 6 secondo l'ordinanza contro l'inquinamento fonico OIF, l'inquinamento fonico è di 6–8 dB(A) inferiore rispetto alle ore diurne.
- > Durante le ore notturne, circa il 7% delle persone e abitazioni entro una fascia di 4 km a sinistra e destra della A2 (Basilea-Chiasso) e della A13 (St. Margrethen-Bellinzona) è esposto a un inquinamento superiore a 50 dB(A).
- > L'ora tra le 5 e le 6 del mattino risulta critica in termini di protezione contro l'inquinamento fonico. Con lo scadere del divieto di circolazione notturna, nelle prime ore del mattino i mezzi pesanti per il trasporto merci contribuiscono in maniera più che proporzionale all'inquinamento fonico.
- > Pavimentazioni fonoassorbenti e pneumatici silenziosi sono soluzioni che offrono un enorme potenziale di riduzione del rumore causato dal traffico stradale.

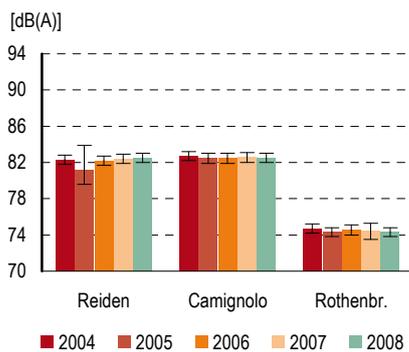
**Fig. III > Livello del rumore nelle ore diurne, media annua dei dati rilevati tra le 06 e le 22, in decibel.**

*Livello energetico medio  $L_{eq}$ , conformemente alla OIF, tenuto conto dell'incertezza di misura*



**Fig. IV > Livello del rumore nelle ore notturne, media annua dei dati rilevati tra le 22 e le 06, in decibel.**

*Livello energetico medio  $L_{eq}$ , conformemente alla OIF, tenuto conto dell'incertezza di misura*



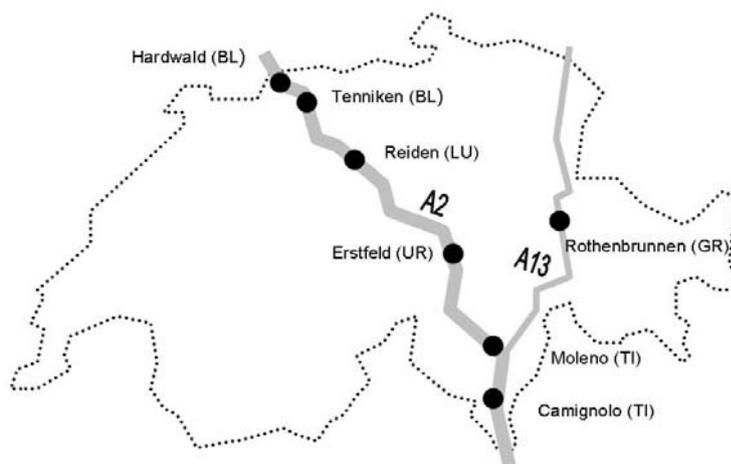
# 1 > MMA-A: monitoraggio ambientale

## 1.1 Rilevamento dell'impatto ambientale prodotto dal traffico transalpino

Il mandato costituzionale sancisce il trasferimento duraturo dalla strada alla rotaia del traffico merci pesante attraverso le Alpi. In virtù della legge sul trasferimento del traffico promulgata dal Parlamento il 19 dicembre 2008, entro due anni dall'apertura della galleria di base del San Gottardo potranno transitare attraverso le Alpi non più di 650 000 mezzi pesanti adibiti al trasporto merci su strada (a titolo di paragone: nel 2008 hanno attraversato le Alpi 1275 mln di veicoli pesanti<sup>1</sup>). Per raggiungere questo obiettivo la Confederazione adotta misure di accompagnamento che costituiscono un elemento importante della politica dei trasporti svizzera.

Gli effetti delle misure di accompagnamento sul traffico (si veda nota a piè di pagina) e sull'ambiente nonché la loro evoluzione nel tempo sono oggetto di monitoraggio. Dal 2003, il monitoraggio ambientale rileva l'inquinamento atmosferico e fonico (cfr. Fig. 1) lungo le strade nazionali A2 (Gottardo) e A13 (San Bernardino), allo scopo di illustrarne l'andamento nel tempo e le correlazioni con i trasporti (ad es. volume di traffico, composizione del traffico, progressi tecnologici nei veicoli).

Fig. 1 > Stazioni di misurazione MMA-A lungo la A2 e la A13.



<sup>1</sup> Si veda <http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=it>

## 1.2 **Traffico transalpino: nel mirino soprattutto il traffico merci**

### 1.2.1 **Il traffico, fonte di inquinamento atmosferico e fonico**

Il traffico influenza profondamente la qualità dell'aria nelle valli alpine oggetto d'esame. Durante la chiusura della galleria del San Gottardo nel 2006, il tratto alpino della A2 è rimasto chiuso per circa un mese a gran parte del traffico, che si è di conseguenza riversato in prevalenza sull'asse del San Bernardino (A13). Per effetto della chiusura del tratto autostradale della A2, presso Erstfeld le immissioni di sostanze inquinanti sono scese in modo considerevole, segnatamente del 60 % le concentrazioni di NO<sub>2</sub> e del 10 % quelle di PM10. Le concentrazioni di particolato si sono addirittura dimezzate. Sull'asse del San Bernardino, invece, a causa della deviazione del traffico si è registrato un incremento di oltre il 60 % delle emissioni di NO<sub>2</sub> e di oltre il 30 % di quelle di PM10 (stazione di misurazione di Rothenbrunnen)<sup>2</sup>. I mezzi pesanti hanno contribuito in maniera determinante sia a questa diminuzione che a questo incremento delle emissioni (si veda sotto).

Per la popolazione che risiede nelle valli alpine il traffico si traduce in un aumento delle immissioni foniche. Intere zone lungo l'autostrada sono esposte a un inquinamento fonico ben al di sopra del limite d'immissione previsto nell'ordinanza contro l'inquinamento fonico. Dalle misurazioni emerge che nei punti lungo i fianchi delle vallate da cui si vede direttamente l'autostrada, un rumore mantiene la stessa intensità a una distanza tre volte superiore rispetto alle zone in pianura come l'Altopiano (cfr. Kammer 2007).

### 1.2.2 **Impatto sulle immissioni dei mezzi pesanti adibiti al trasporto merci**

Volume del traffico ed emissioni seguono un andamento settimanale caratteristico: da lunedì a giovedì, presso la stazione di misurazione di Erstfeld transitano giornalmente tra 16 000 e 19 000 veicoli, di cui un quinto circa sono mezzi pesanti. Da venerdì, con l'inizio degli spostamenti del fine settimana si intensifica notevolmente la circolazione degli altri veicoli (specialmente automobili), che raggiunge il culmine nella giornata di sabato. Per contro, durante il fine settimana il numero di mezzi pesanti cala sensibilmente (Fig. 2).

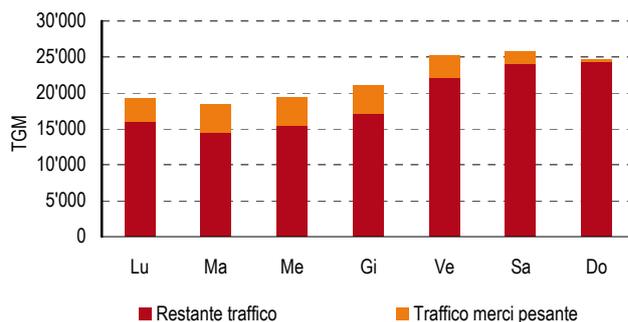
Il calo del numero di mezzi pesanti in circolazione durante il fine settimana è dimostrato anche dai dati relativi alle immissioni di ossido di azoto (NO<sub>x</sub>). Nella Fig. 2 è illustrato l'andamento medio settimanale del traffico nel 2008 presso la stazione di misurazione di Erstfeld, mentre la Fig. 3 riproduce il corrispondente andamento settimanale delle immissioni di NO<sub>x</sub>. Benché in generale sia il sabato il giorno più trafficato in termini di numero di veicoli in circolazione, le immissioni di NO<sub>x</sub> segnano valori nettamente inferiori rispetto a quelli rilevati da lunedì a venerdì. Questa circostanza è

<sup>2</sup> Cfr. Kammer (2007).

dovuta al fatto che le emissioni al chilometro di  $\text{NO}_x$  generate da un mezzo pesante superano di oltre 20 volte la media delle automobili a benzina, e di oltre 10 volte la media delle automobili diesel (per dettagli più precisi sulle emissioni si rimanda all'allegato A3). Da lunedì a venerdì i mezzi pesanti generano più di due terzi delle immissioni di  $\text{NO}_x$ . Di sabato il loro apporto è praticamente dimezzato e la domenica rappresenta meno del 10% delle immissioni complessive di  $\text{NO}_x$ . La quota del restante traffico rimane relativamente costante durante la settimana e registra un incremento durante il fine settimana. Essa incide ad ogni modo sempre meno dei mezzi pesanti sulle emissioni complessive di  $\text{NO}_x$  generate dal traffico stradale.

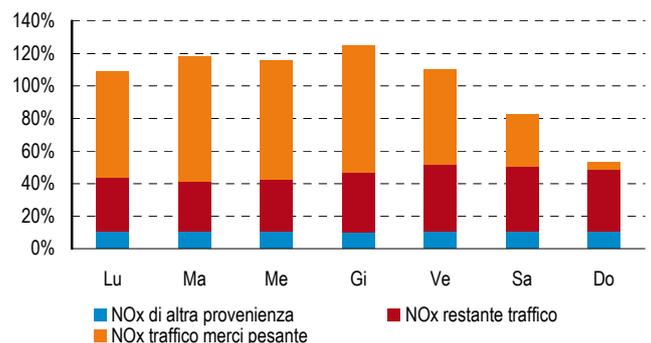
**Fig. 2 > Evoluzione settimanale del traffico pesante e del restante traffico, Erstfeld 2008.**

*Traffico giornaliero medio (TGM) dei mezzi pesanti adibiti al trasporto merci e del restante traffico sulla A2 a Erstfeld.*



**Fig. 3 > Evoluzione settimanale media  $\text{NO}_x$ , Erstfeld 2008<sup>3</sup>.**

*Evoluzione settimanale relativa delle immissioni di  $\text{NO}_x$  sulla A2 a Erstfeld, suddivisa in quota del traffico merci pesante, quota degli altri veicoli e quota di  $\text{NO}_x$  di altra provenienza (riscaldamento, inquinanti importati).*



Fonte Oekoscience (2008)

A pari velocità, un mezzo pesante genera un rumore equivalente a quello provocato da dieci automobili. È soprattutto nelle prime ore del mattino che i mezzi pesanti incidono in misura consistente sulle emissioni foniche complessive del traffico stradale, diventando un vero problema per l'esigenza di quiete della popolazione interessata.

In generale, in osservanza delle prescrizioni vigenti i mezzi pesanti diventano sempre più puliti, vale a dire diminuisce la loro emissione di sostanze inquinanti (cfr. allegato A3). Non si segnalano invece progressi a livello di prescrizioni in materia di emissioni foniche per l'esame del tipo cui vengono sottoposti i veicoli<sup>4</sup>.

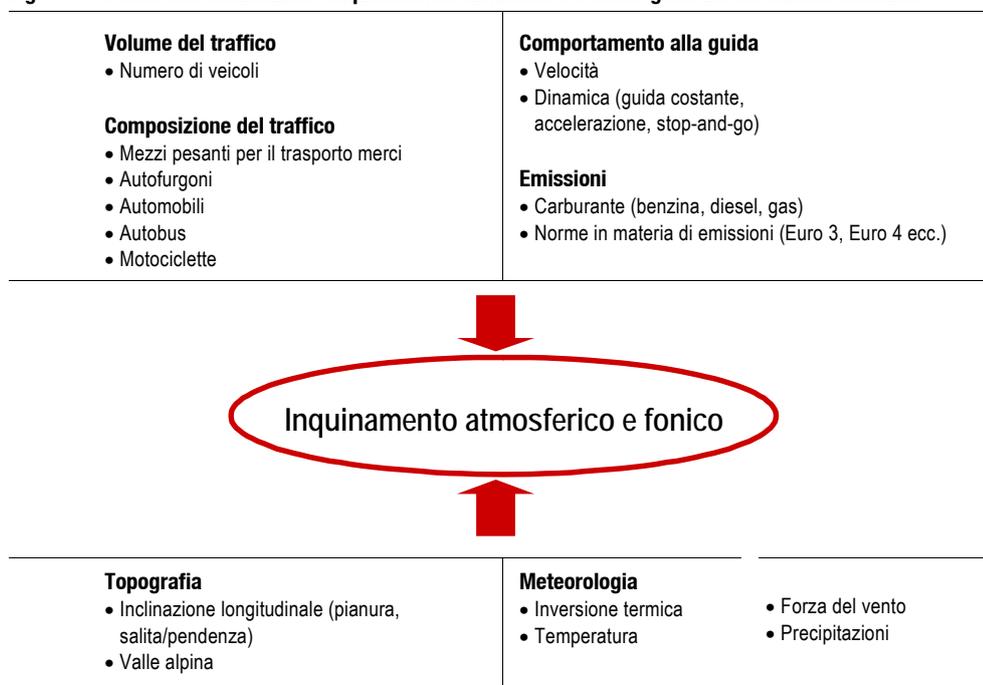
<sup>3</sup> Nell'evoluzione settimanale relativa, la media annua della concentrazione di  $\text{NO}_x$  è del 100% sulla totalità dei giorni.

<sup>4</sup> Il valore limite è stato ridotto per l'ultima volta nel 1995. È per questa ragione che i dati sulle emissioni foniche non migliorano nemmeno sul fronte dei mezzi pesanti. Attualmente, a livello UNECE e UE è al vaglio una proposta per l'adozione di un sistema di misurazione dei rumori più realistico. Non è tuttavia chiaro né quando il nuovo sistema entrerà in vigore, né se esso consentirà effettivamente di ridurre le emissioni foniche dei veicoli commerciali, alle reali condizioni di esercizio.

**1.2.3 Inquinamento atmosferico e fonico: molteplici i fattori aggravanti, soprattutto sull'arco alpino**

L'inquinamento atmosferico e fonico causato dal traffico sulla A2 e sulla A13 è influenzato da molteplici fattori (cfr. Fig. 4). Intervengono da un lato fattori quali il volume di traffico, la composizione del traffico, le emissioni generate dai veicoli e il comportamento alla guida; dall'altro vi sono fattori naturali quali, ad esempio, la topografia e la meteorologia, che influenzano la capacità di diffusione delle sostanze inquinanti e del rumore.

**Fig. 4 > Fattori che influenzano l'inquinamento atmosferico e fonico generato dal traffico stradale.**



I fattori elencati nella parte superiore del grafico sono determinati da pratiche economiche, tecniche, politiche e individuali, mentre i fattori topografia e meteorologia – vale a dire quelli dominanti nelle regioni alpine – non sono influenzabili.

Le *inversioni* termiche sono un fenomeno meteorologico critico per l'igiene dell'aria, poiché ne impediscono il ricambio con gli strati superiori. Nelle valli alpine tale fenomeno è accentuato soprattutto nelle ore notturne e nella stagione invernale. Il limite delle inversioni termiche si situa a circa 50 metri dal terreno: al di sotto di questo strato si accumulano tutti gli inquinanti emessi. Più l'inversione termica si protrae, più marcato è l'incremento delle immissioni inquinanti. Le inversioni termiche sono un fattore critico anche per l'inquinamento fonico: la rottura delle onde sonore accentua il rumore lungo i fianchi delle vallate e nel fondovalle (cfr. allegato A2).

---

La *topografia* può dal canto suo accentuare ulteriormente l'effetto delle inversioni termiche. Le masse d'aria e con esse le sostanze inquinanti emesse non possono infatti disperdersi né verso l'alto, né lateralmente. Rispetto alle zone in aperta campagna, una stessa quantità di emissioni ha molto meno spazio per disperdersi e ciò si traduce in un aumento delle concentrazioni di inquinanti. Nelle regioni alpine, per effetto di questo fenomeno si hanno in media concentrazioni di immissioni anche tre volte superiori a quelle rilevate nell'Altopiano. Di notte, la stessa quantità di emissioni può generare una concentrazione di immissioni addirittura quattro volte superiore a quella diurna.

La topografia di una valle ha un influsso anche sul fenomeno della riflessione delle onde sonore, per effetto del quale le immissioni di rumori si intensificano (cfr. allegato A2). Lungo i fianchi delle valli, nei punti da cui l'autostrada è visibile direttamente un rumore mantiene la stessa intensità a una distanza tre volte superiore rispetto alla pianura.

Hanno un impatto decisivo sulla qualità dell'aria anche i tratti in salita o discesa, poiché su di essi si fa maggiormente uso delle marce basse, con un conseguente aumento delle emissioni di sostanze inquinanti e del rumore prodotto dai motori.

Oltre alle emissioni del traffico stradale, le altre fonti di inquinamento atmosferico e fonico nelle regioni alpine sono il traffico ferroviario, le attività industriali e artigianali locali nonché l'agricoltura. Per quanto riguarda le immissioni di polveri fini, specialmente nella stagione invernale le valli alpine sono esposte a un'ulteriore fonte di inquinamento su scala locale: gli impianti a combustione alimentati con legna (cfr. allegato A4).

## 2 > Inquinamento atmosferico lungo la A2 e la A13

---

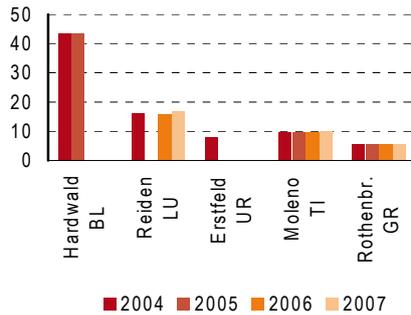
### 2.1 Emissioni di sostanze inquinanti

#### 2.1.1 Prestazioni chilometriche, consumo di carburante e principali emissioni di inquinanti atmosferici nel 2007

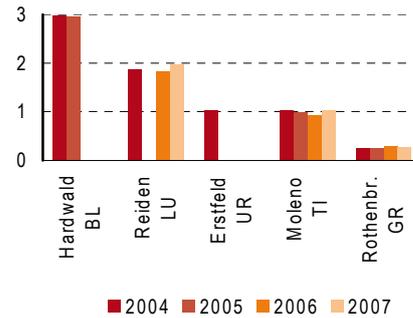
I veicoli stradali emettono inquinanti atmosferici. Per i tratti transalpini della A2 e della A13, il consumo di carburanti e le emissioni di inquinanti sono stati calcolati sulla base dei rilevamenti effettuati presso le stazioni situate lungo gli assi transalpini. I dati, che si basano su fattori di emissione recensiti (UFAFP 2004), consentono di determinare il numero di veicoli e la composizione del traffico in base alle categorie automobili, mezzi pesanti per il trasporto merci, autobus, autofurgoni e motociclette (USTRA 2008, UFT 2008).

Le figure da Fig. 5 a Fig. 7 presentano i dati relativi al traffico lungo la A2 e la A13 rilevati presso alcune stazioni di misurazione MMA-A. Tra tutte, Hardwald (BL) registra di gran lunga il maggior volume di traffico, poiché nell'ambito della rete viaria svizzera funge da importante corridoio sia per il traffico pendolare di Basilea sia per il traffico merci di transito lungo l'asse nord-sud. La stazione di misurazione di Reiden è situata nell'Altopiano, quelle di Erstfeld (UR) e Moleno (TI) nelle stretti valli dell'arco alpino, lungo l'asse del Gottardo, che sul territorio svizzero è il più trafficato dai mezzi pesanti in transito attraverso le Alpi. Rothenbrunnen (GR) è situato lungo l'autostrada del San Bernardino, importante asse di transito alternativo soprattutto in caso di chiusura dell'autostrada del Gottardo. Le quote dei mezzi pesanti raggiungono il 10–12% del traffico complessivo, ad eccezione di Hardwald e Rothenbrunnen: la prima segna una percentuale molto elevata di traffico pendolare (automobili), la seconda – e in generale l'intero asse del San Bernardino – risultano essere meno battuti dal traffico pesante, che predilige l'autostrada del San Gottardo.

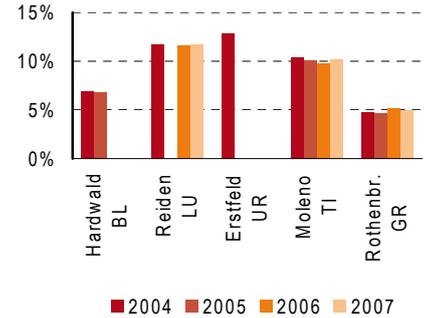
**Fig. 5 > Traffico annuo di tutti i veicoli sulla A2/A13 in milioni di veicoli all'anno.**



**Fig. 6 > Traffico annuo dei mezzi pesanti sulla A2/A13 in milioni di veicoli all'anno.**



**Fig. 7 > Quota del traffico pesante in percentuale del totale.**

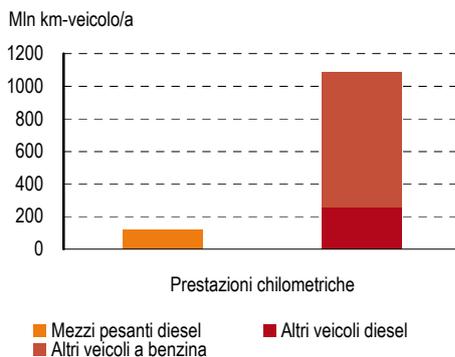


Colonne mancanti: dati annui validi non disponibili o anni con chiusure prolungate.

Nel 2007, sui tratti di strada nazionale tra Altdorf e Bellinzona (A2) e tra Bonaduz e Bellinzona (A13) sono transitati complessivamente 1200 milioni di chilometri-veicolo (Fig. 8). Il 10% circa è stato percorso da mezzi pesanti del traffico merci (autocarri, autotreni e autoarticolati), il restante 90% dai veicoli delle altre categorie. In termini di carburante al chilometro, i mezzi pesanti ne hanno consumato in media tre, quattro volte di più degli altri veicoli, totalizzando circa un terzo di tutto il carburante consumato (Fig. 9).

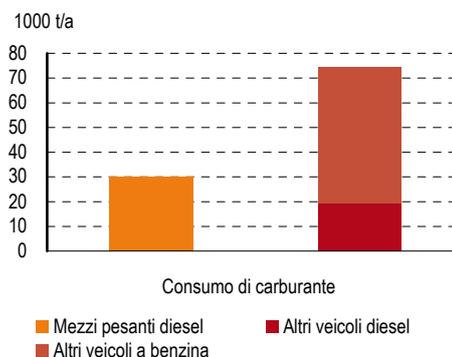
**Fig. 8 > Prestazioni chilometriche sulla A2/A13 nel 2007, in milioni di chilometri-veicolo all'anno.**

*Prestazioni chilometriche dei mezzi pesanti e degli altri veicoli sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



**Fig. 9 > Consumo di carburante sulla A2/A13 nel 2007, in 1000 tonnellate all'anno.**

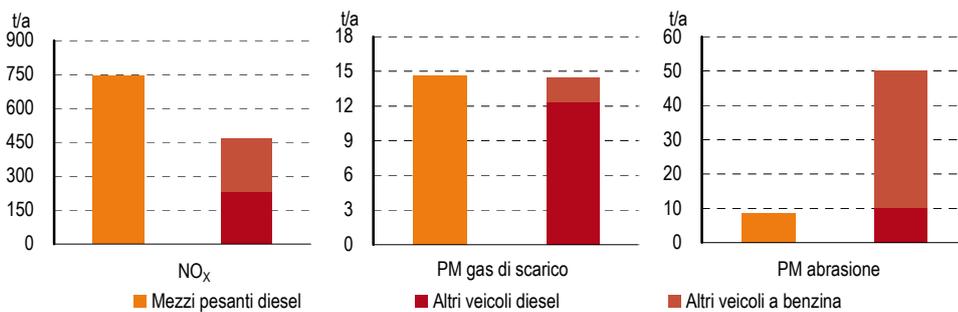
*Consumo di carburante dei mezzi pesanti e degli altri veicoli sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



Benché nel 2007 il traffico pesante abbia percorso solo il 10 % delle prestazioni chilometriche, esso ha generato circa 750 tonnellate di  $\text{NO}_x$ , pari al 60 % delle emissioni complessive. Il rimanente 40 % è stato generato in egual misura dai veicoli a benzina e dai veicoli diesel. Diverso il quadro per le emissioni di polveri fini: mezzi pesanti da un lato e altri veicoli dall'altro hanno prodotto quantità simili di gas di scarico. Se si analizzano le emissioni prodotte dai processi di abrasione, circa il 15 % è attribuibile ai mezzi pesanti (queste emissioni non dipendono dalla tecnica dei motori bensì in prevalenza dai chilometri percorsi). Si veda in proposito la Fig. 10.

**Fig. 10 > Emissioni di  $\text{NO}_x$  e polveri fini sugli assi transalpini nel 2007, in tonnellate all'anno.**

*Emissioni di  $\text{NO}_x$  e polveri fini (suddivise per gas di scarico e processi di abrasione) dei mezzi pesanti e degli altri veicoli sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



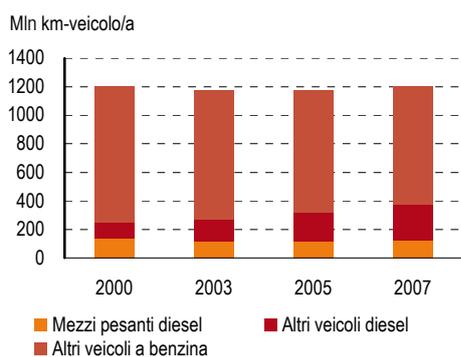
### 2.1.2 Prestazioni chilometriche, consumo di carburante ed emissioni di inquinanti nel periodo 2000–2007

Dopo una fase di contrazione tra il 2000 e il 2006, nel 2007 le prestazioni chilometriche di tutti i veicoli sugli assi transalpini della A2 e della A13 hanno registrato nuovamente un incremento, riposizionandosi ai livelli del 2000 (Fig. 11). La quota del traffico merci pesante è diminuita leggermente, passando dall'11,2 (2000) al 10,0 % (2007); i restanti veicoli hanno incrementato le loro prestazioni chilometriche dell'1,7 %, con un aumento netto della quota degli altri veicoli diesel (+ 226 %). Questi dati rispecchiano un trend molto evidente in Svizzera: tra i nuovi veicoli a motore leggeri messi in circolazione è nettamente in aumento la quota diesel.

Analogamente alle prestazioni chilometriche, il consumo di carburante di tutti i veicoli è sceso tra il 2000 e il 2006 e ha ricominciato a crescere nel 2007 (Fig. 12). Se si considerano solo i mezzi pesanti, i dati riproducono questo andamento, mentre se si analizzano gli altri veicoli si delinea un aumento del consumo di diesel accompagnato da una diminuzione del consumo di benzina. Nel 2000 la quota diesel rappresentava appena il 14 %, nel 2007 essa ha raggiunto già il 26 %.

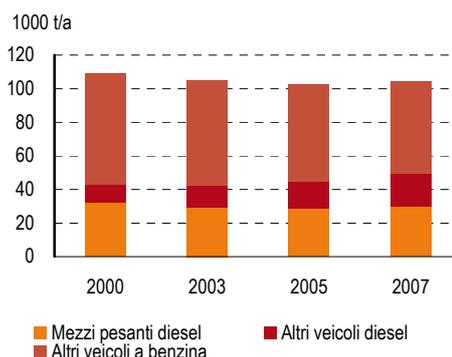
**Fig. 11 > Evoluzione delle prestazioni chilometriche sulla A2/A13 nel periodo 2000–2007, in milioni di km-veicolo all'anno.**

*Prestazioni chilometriche del traffico pesante e degli altri veicoli sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



**Fig. 12 > Evoluzione del consumo di carburante sulla A2/A13 nel periodo 2000–2007, in 1000 tonnellate all'anno.**

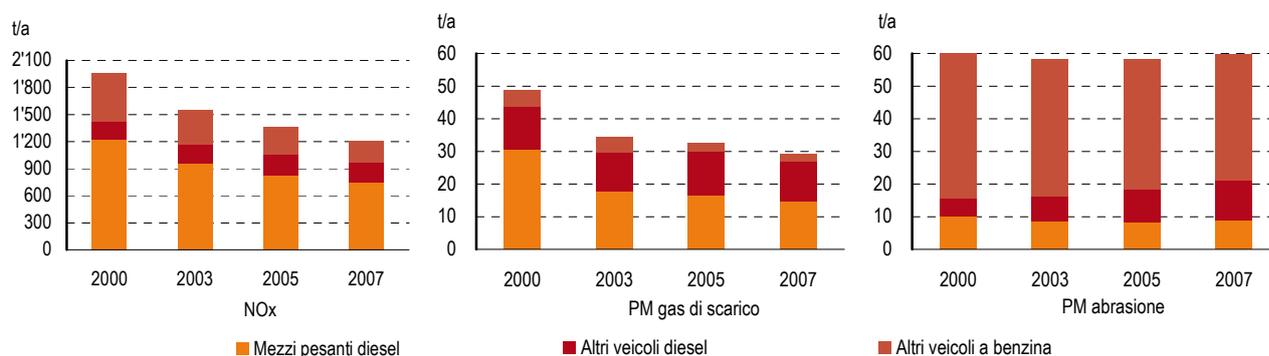
*Consumo di carburante (mezzi pesanti e altri veicoli) sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



Sulla A2 e sulla A13 le emissioni ricavate dai modelli di calcolo hanno subito un calo marcato nel periodo 2000–2007. Le emissioni complessive di NO<sub>x</sub> e polveri fini (gas di scarico) sono scese quasi del 40 % (Fig. 13), in prevalenza grazie ai progressi compiuti nelle tecnologie applicate ai motori (cfr. allegato A3). Le emissioni di polveri fini generate dai processi di abrasione sono rimaste invece pressoché costanti, proprio come le prestazioni chilometriche (Fig. 13).

**Fig. 13 > Emissioni di NO<sub>x</sub> e PM10 nel periodo 2000–2007, in tonnellate all'anno.**

*Emissioni dei mezzi pesanti e degli altri veicoli sui tratti transalpini Altdorf-Bellinzona (A2) e Bonaduz-Bellinzona (A13).*



Tra il 2000 e il 2007 le emissioni di NO<sub>x</sub> generate dalla totalità dei veicoli sono diminuite del 38 %. Se si esamina la sola categoria dei mezzi pesanti, la percentuale non varia (39 %). La quota degli altri veicoli diesel segna un incremento del 20 %, quella degli altri veicoli a benzina invece registra un calo del 56 % (Fig. 13). Andamenti simili si delineano anche per le emissioni di polveri fini generate dai gas di scarico: nel periodo 2000–2007, esse sono diminuite del 52 % nella categoria dei mezzi pesanti e del 40 % nel traffico complessivo. Le emissioni di polveri fini generate dai processi di abrasione evidenziano invece un'evoluzione completamente diversa: non dipendendo dalla tecnica dei motori, esse sono proporzionali alle prestazioni chilometriche. Nel periodo 2000–2007 sono rimaste sostanzialmente invariate. La quota dei mezzi pesanti è scesa dell'11 %, quella dei restanti veicoli è aumentata del 2 %.

## 2.2 Immissioni di inquinanti atmosferici

### 2.2.1 Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti soggetti ai valori limite dell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA)

La Tab. 1 illustra i dati delle immissioni di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e polveri fini (PM10) nel 2007 e 2008. L'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) fissa valori limite di immissione per queste sostanze.

**Tab. 1 > Dati 2007 e 2008 relativi alle immissioni di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e polveri fini (PM10).**

*Valori limite secondo l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA). Valori tra parentesi: dati disponibili <90 %.*

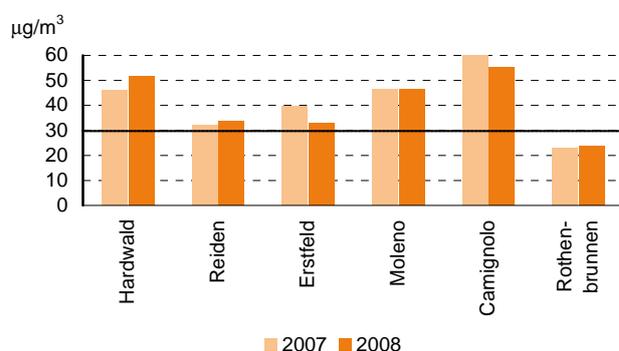
Inquinante	Parametro	Unità	Valore limite	Stazione di misurazione											
				Hardwald BL		Reiden LU		Erstfeld UR		Moleno TI		Camignolo TI		Rothenbrunnen	
	Valori		CH	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08
NO <sub>2</sub>	Valore medio annuo	µg/m <sup>3</sup>	30	46	52	32	34	(40)	33	46	(46)	(60)	55	23	24
	95° percentile	µg/m <sup>3</sup>	100	96	102	66	70	(76)	72	95	(97)	(116)	(107)	51	54
	Valore medio giornaliero > 80 µg/m <sup>3</sup>	d	1	2	5	0	1	(0)	0	9	(18)	(49)	32	0	0
PM10	Valore medio annuo	µg/m <sup>3</sup>	20	(22)	23	21	22	(21)	17	25	24	(25)	23	(13)	13
	Valore medio giornaliero > 50 µg/m <sup>3</sup>	d	1	(10)	15	7	15	(7)	0	27	32	(17)	20	(0)	2

Nel 2007 e 2008, tutte le stazioni di misurazione dislocate lungo l'asse del Gottardo hanno rilevato livelli di immissione di NO<sub>2</sub> superiori ai valori limite annui fissati nella OIA. Sono stati superati diffusamente anche i valori limite relativi al 95° percentile e al valore medio giornaliero. Lungo l'asse del San Bernardino, invece, le immissioni si sono mantenute entro i limiti prefissati (cfr. Fig. 14).

Il risultato è analogo anche per le misurazioni delle immissioni di PM10. Tutte le stazioni hanno rilevato in entrambi gli anni livelli superiori al valore limite annuo e di breve periodo, ad eccezione delle stazioni di Rothenbrunn ed Erstfeld nel 2008 (cfr. Fig. 15).

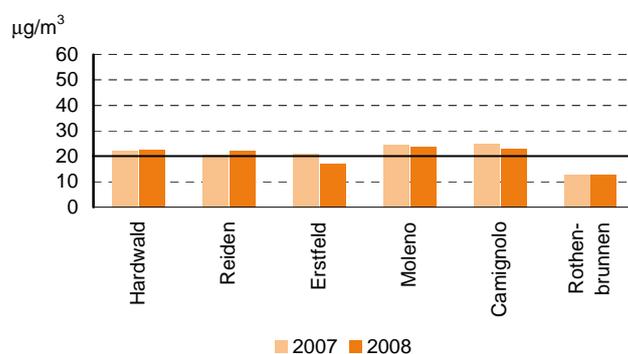
**Fig. 14 > Immissioni di NO<sub>2</sub> nel 2007/2008 in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

Valori medi annui; dati delle stazioni MMA-A.  
Il valore limite della OIAt corrisponde a 30 µg/m<sup>3</sup>.



**Fig. 15 > Immissioni di PM10 nel 2007/2008 in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

Valori medi annui; dati delle stazioni MMA-A.  
Il valore limite della OIAt corrisponde a 20 µg/m<sup>3</sup>.



Le differenze tra le stazioni di misurazione sono riconducibili da un lato al diverso volume di traffico e in parte anche ai fattori meteorologici e topografici. In generale, in Ticino il livello delle immissioni è superiore rispetto al versante nord delle Alpi.

Le variazioni tra il 2007 e il 2008 non sono uniformi. Le immissioni di NO<sub>2</sub> e PM10 sono aumentate leggermente a Hardwald, Reiden e Rothenbrunn (tra il 4 e il 12%), sono invece scese a Erstfeld e Camignolo (del 20 e del 10% ca.).

## 2.2.2 Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti non soggetti ai valori limite d'immissione della OIAt

Oltre alle sostanze inquinanti per le quali la legge sancisce precisi limiti d'immissione, ve ne sono altre prodotte durante la combustione nei motori diesel e pertanto rilevanti ai fini del monitoraggio dei mezzi pesanti. Si tratta degli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>), del monossido di azoto (NO), della fuliggine (black carbon) e del particolato fine.

**Tab. 2 > Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti atmosferici non soggetti ai valori limite d'immissione della OIAt.**

Valori tra parentesi = dati disponibili non sufficienti secondo le raccomandazioni in materia di immissioni (<90 %).

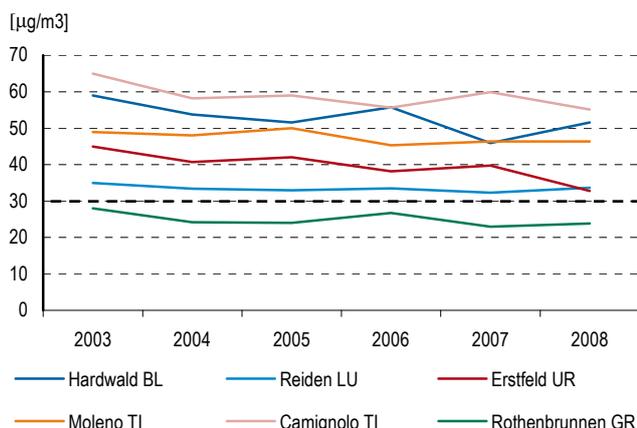
Inquinante	Unità	Stazione di misurazione											
		Hardwald BL		Reiden LU		Erstfeld UR		Moleno TI		Camignolo TI		Rothenbrunnen GR	
		07	08	07	08	07	08	07	08	07	08	07	08
NO	µg/m³	60	63	38	37	(36)	32	72	(70)	(84)	77	17	16
NO <sub>x</sub>	ppb	72	78	47	47	(50)	43	82	(81)	(98)	91	26	26
Fuliggine	µg/m³	2.3	2.5	1.8	1.8	(2.4)	1.5	3.5	3.1	3.2	3.0	1.2	1.1
Particolato	Mrd p/m³	(32)	(46)	(34)	(38)	(16)	(17)	44	(65)	75	(118)	14	(14)

**2.2.3 Evoluzione delle immissioni di inquinanti atmosferici dal 2003 al 2008**

La Fig. 16 e la Fig. 17 illustrano l'evoluzione delle immissioni di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e polveri fini (PM10) nel periodo 2003–2008. L'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIAt) prevede valori limite d'immissione per queste sostanze.

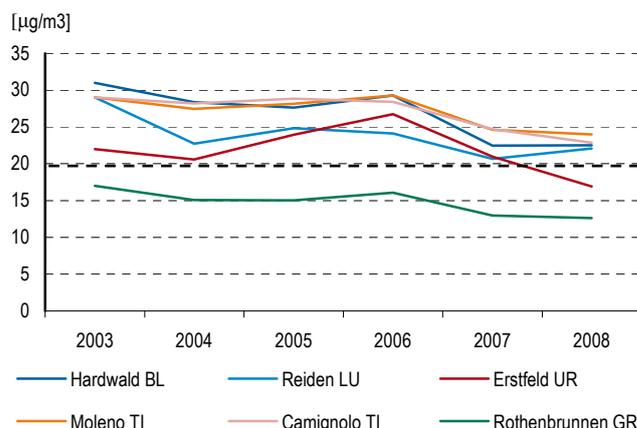
**Fig. 16 > Evoluzione delle immissioni di NO<sub>2</sub> nel periodo 2003–2008, in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

Misurazioni continue (monitoraggio) lungo la A2 (Hardwald, Reiden, Erstfeld, Moleno e Camignolo) e la A13 (Rothenbrunnen). La linea tratteggiata indica il valore limite d'immissione secondo la OIAt (30 µg/m<sup>3</sup>).



**Fig. 17 > Evoluzione delle immissioni di PM10 nel periodo 2003–2008, in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

Misurazioni continue (monitoraggio) lungo la A2 (Hardwald, Reiden, Erstfeld, Moleno e Camignolo) e la A13 (Rothenbrunnen). La linea tratteggiata indica il valore limite d'immissione secondo la OIAt (20 µg/m<sup>3</sup>).

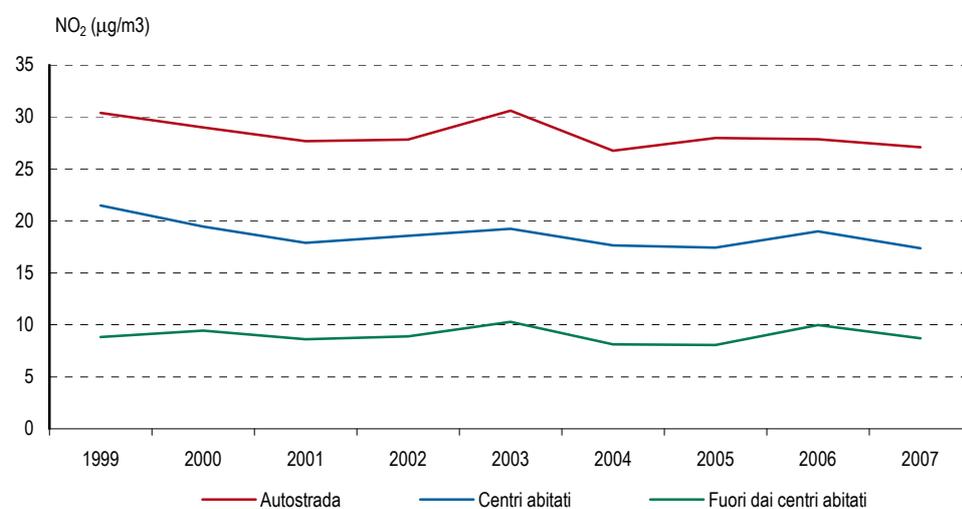


L'evoluzione 2003–2008 delle immissioni relative agli inquinanti soggetti a valori limite conformemente alle prescrizioni di legge vigenti (NO<sub>2</sub> e PM10) lungo i due assi transalpini mette in evidenza un tendenziale lieve calo per NO<sub>2</sub> e una riduzione più marcata per PM10 (Fig. 16 e Fig. 17).

I dati relativi alle immissioni vengono rilevati non solo presso le stazioni MMA-A, ma anche presso altre stazioni nella Valle della Reuss (Canton Uri) dislocate sia sulla strada nazionale sia in zone urbane e aree al di fuori dei centri abitati. Il grafico riportato sotto rivela una tendenza leggermente al ribasso negli anni e mostra che a ridosso della strada nazionale le immissioni sono circa 20 µg/m<sup>3</sup> più elevate rispetto ai punti distanti dall'autostrada e dai centri abitati. Nei centri più grandi le concentrazioni sono inferiori rispetto alle località a ridosso dell'autostrada e superiori rispetto alle zone al di fuori dei centri abitati (in entrambi i casi per un valore pari a ca. 10 µg/m<sup>3</sup>).

**Fig. 18 > Misurazioni di NO<sub>2</sub> da parte di campionatori passivi nel periodo 1999–2007 nella Valle della Reuss (Canton Uri) in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

*Valori aggregati di 35 campionatori passivi, suddivisi in tre tipologie di luogo: autostrada (direttamente a ridosso della carreggiata), centro abitato (in aree edificate), zone al di fuori dei centri abitati (zone agricole ad almeno 100 m dall'autostrada).*



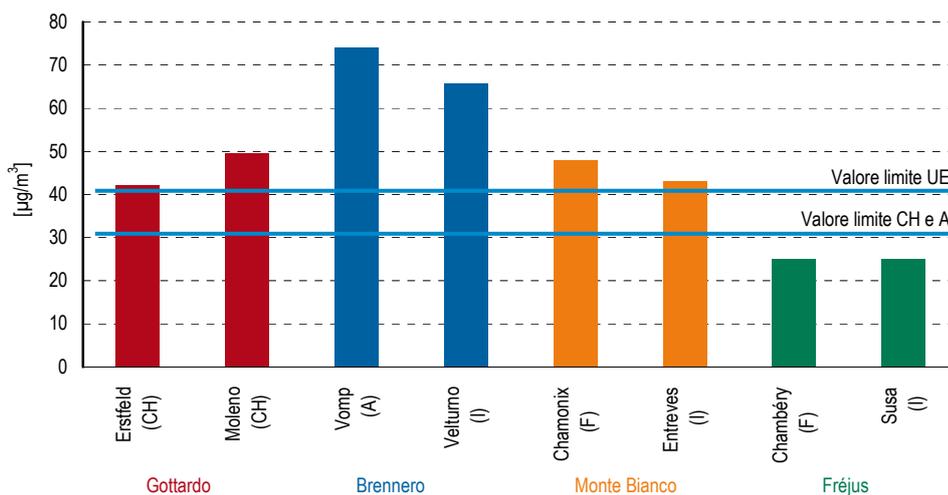
2.3 **Inquinamento atmosferico: un problema che riguarda anche altri valichi alpini**

Il problema dell'inquinamento atmosferico causato dal traffico di transito non riguarda unicamente i valichi alpini svizzeri. Nella Fig. 19 sono riportati i valori di tre corridoi di transito esteri: il Brennero (Austria-Italia), il Monte Bianco (Francia-Italia) e il Fréjus (Francia-Italia).

I valori più elevati in termini di immissioni di NO<sub>2</sub> sono stati rilevati al Brennero. Nel confronto con gli altri valichi, il volume giornaliero di traffico al Brennero è nettamente superiore (in media oltre 50 000 veicoli al giorno). Sui tratti di accesso al Monte Bianco le immissioni registrano livelli equivalenti a quelli del Gottardo. Al Fréjus i valori rimangono invece più bassi. Va tra l'altro precisato che sulla qualità dell'aria non incide unicamente e in maniera decisiva il traffico: a Chambéry, sul versante francese del Fréjus, transitano più veicoli che a Erstfeld (22 000 veicoli al giorno contro 17 000). Nonostante ciò, i valori di NO<sub>2</sub> a Chambéry sono nettamente inferiori rispetto a Erstfeld. Ciò è dovuto al fatto che la stazione di Chambéry è meno vicina all'autostrada rispetto a Erstfeld. Le differenze tra le due stazioni sono dovute anche a fattori topografici e meteorologici.

**Fig. 19 > Valori medi annui di NO<sub>2</sub> nel 2005 relativi a diversi valichi alpini, in microgrammi per m<sup>3</sup>.**

*Il valore limite d'immissione in vigore nella UE a partire dal 2010 è di 40 µg/m<sup>3</sup>. Agli Stati membri saranno fino ad allora concessi periodi transitori. In Austria è stato fissato un valore limite più basso (30 µg/m<sup>3</sup>, come in Svizzera).*



## 2.4 Riepilogo e interpretazione dei dati relativi al monitoraggio dell'inquinamento atmosferico

Dai rilevamenti degli inquinanti atmosferici presso le stazioni di misurazione MMA-A nel periodo 2003–2008 emerge il seguente quadro.

- > Le differenze regionali sono molto marcate: le immissioni di NO<sub>2</sub> variano da 25 a 65 µg/m<sup>3</sup>, quelle di PM10 da 12 a 32 µg/m<sup>3</sup>. I valori più elevati sono stati rilevati a Hardwald, Camignolo e Moleno. A Hardwald questo risultato è attribuibile in gran parte al flusso molto intenso di traffico, mentre a Camignolo e Moleno – ma soprattutto a Comignolo – l'inquinamento atmosferico è aggravato, oltre che dall'«effetto Alpi» (che accentua le emissioni di inquinanti incrementando il livello delle immissioni, cfr. 1.2.3) anche dagli afflussi di aria inquinata provenienti dall'area di Milano. A Rothenbrunnen si segnalano le concentrazioni più basse, risultato che si spiega con il basso flusso di traffico.
- > Nonostante le marcate differenze regionali, dai dati si delinea un calo tendenziale delle concentrazioni di inquinanti presso tutte le stazioni nel periodo 2003–2008. Questa contrazione non ha tuttavia un andamento continuo: nel 2003 e nel 2006 essa subisce un'interruzione dovuta a eventi meteorologici di natura eccezionale.
- > Tutte le stazioni di misurazione dislocate lungo l'asse del Gottardo (ad eccezione di Erstfeld nel 2008) hanno rilevato dati superiori ai valori limite di lungo periodo fissati nelle pertinenti leggi per entrambi NO<sub>2</sub> e PM10. Presso la stazione di Rothenbrunnen, sull'asse del San Bernardino, sono stati rispettati i valori limite di lungo periodo (ma è stato anche qui superato il valore limite 2008 di corto periodo previsto per il PM10).
- > Se la tendenza delineatasi nel periodo 2003–2008 perdurerà, si potrà contare su un ulteriore miglioramento della qualità dell'aria. Senza misure supplementari di riduzione degli inquinanti si dovrà tuttavia attendere ancora a lungo prima di vedere rispettati i valori limite previsti.

## 3 > Inquinamento fonico lungo la A2 e la A13

### 3.1 Dati sull'inquinamento fonico nel periodo 2004–2008

Il progetto MMA-A prevede il rilevamento delle emissioni sonore provocate dal traffico stradale<sup>5</sup>. Con tecniche particolari è possibile calcolare separatamente il rumore complessivo e l'evoluzione delle emissioni sonore di singole categorie di veicoli, tra cui per esempio i mezzi pesanti. Ciò consente di documentare con notevole precisione se il livello di rumore del traffico è diminuito o aumentato e se i veicoli in transito (ad es. automobili, mezzi pesanti) diventano più o meno rumorosi nella media annuale. I rilevamenti vengono effettuati direttamente a ridosso della carreggiata, ragion per cui i dati non possono essere confrontati con i valori limite dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF)<sup>6</sup>.

#### 3.1.1 Dati relativi al periodo 2004–2008

**Tab. 3 > Livello di rumore lungo la A2 e la A13 nel periodo 2004–2008 in decibel.**

Valori dell'inquinamento fonico dal 2004 al 2008 lungo la A2 e la A13 (espressi in emissioni, cfr. allegato A2) e percentuale di energia dei mezzi pesanti rispetto all'energia acustica complessiva (=100%). A titolo di paragone è indicata la quota dei mezzi pesanti rispetto al traffico complessivo (100% = traffico complessivo). Per i valori espressi in Lden si veda l'allegato A2.

Parametro	Anno	Reiden			Camignolo			Rothenbrunnen		
		Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti	% dei mezzi pesanti	Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti	% dei mezzi pesanti	Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti	% dei mezzi pesanti
Leq giorno dalle 06 alle 22	2004	88.8	34 %	12 %	89.1	21 %	8 %	82.9	11 %	5 %
	2005	88.2	35 %	12 %	89	20 %	7 %	82.6	13 %	5 %
	2006	88.7	34 %	12 %	89	20 %	7 %	82.6	15 %	5 %
	2007	88.9	35 %	12 %	89.1	19 %	8 %	82.8	13 %	5 %
	2008	89.1	34 %	12 %	89.2	20 %	8 %	82.8	14 %	5 %
Leq notte dalle 22 alle 06	2004	82.3	30 %	10 %	82.7	13 %	4 %	74.7	9 %	4 %
	2005	81.2	35 %	12 %	82.5	13 %	4 %	74.3	11 %	4 %
	2006	82.2	32 %	11 %	82.5	13 %	5 %	74.6	13 %	4 %
	2007	82.4	33 %	11 %	82.6	13 %	5 %	74.5	12 %	4 %
	2008	82.5	35 %	11 %	82.5	13 %	5 %	74.3	14 %	5 %

<sup>5</sup> I valori sull'inquinamento fonico sono rappresentati sotto forma di emissioni in campo libero. In merito al metodo di calcolo delle emissioni in campo libero si veda l'allegato 2.

<sup>6</sup> I valori limite valgono – semplificando – solo nelle zone edificate. Per informazioni più dettagliate si veda l'articolo 41 dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF).

Presso le stazioni di Reiden (A2), Camignolo (A2) e Rothenbrunnen (A13), tra il 2004 e il 2008 non si riscontrano variazioni di rilievo né diurne né notturne in termini di inquinamento fonico generato dal traffico complessivo (Tab. 3, Fig. 20 e Fig. 21). Anche le percentuali di rumore del traffico pesante non hanno subito cambiamenti significativi nel corso degli anni (Tab. 3, Fig. 21). Esse risultano essere molto elevate in proporzione al numero dei mezzi pesanti e ciò è dovuto al fatto che i mezzi pesanti sono più rumorosi delle automobili. Le percentuali di rumore più elevate sono state rilevate a Reiden, quelle minori a Rothenbrunnen. Ciò si spiega in gran parte per le diverse quote dei mezzi pesanti in relazione al traffico complessivo, ma in parte anche per altri fattori d'influsso tra cui la velocità di percorrenza o le caratteristiche della pavimentazione stradale.

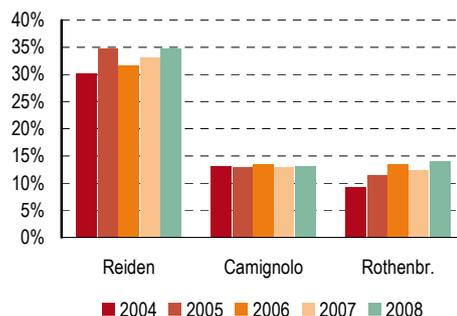
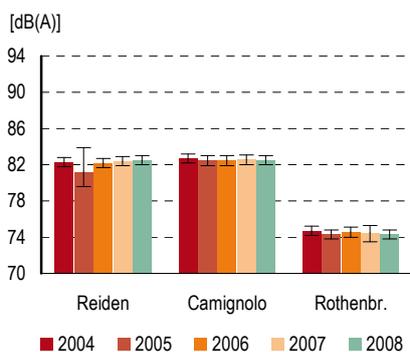
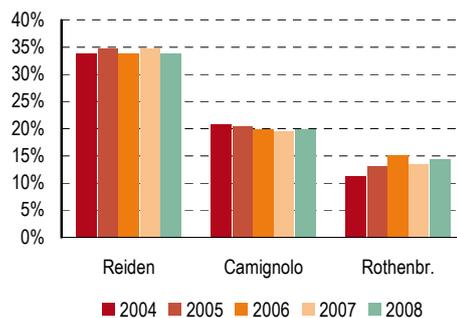
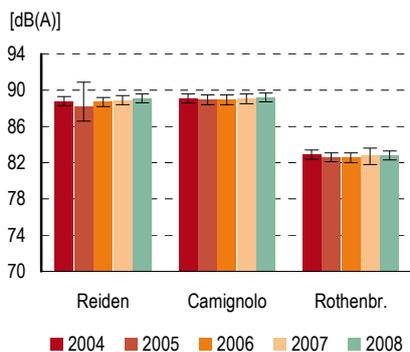
Spiccano le elevate percentuali di rumore dei mezzi pesanti durante le ore notturne. Il divieto di circolazione notturna per i mezzi pesanti termina alle 5 del mattino e l'inquinamento fonico da essi provocato fino alle 6 viene attribuito ancora alle ore notturne conformemente all'ordinanza contro l'inquinamento fonico (si veda più avanti). Di notte transitano inoltre i trasporti eccezionali.

**Fig. 20** > Livello di rumore diurno (sopra) e notturno (sotto), media annua dei valori in decibel.

**Fig. 21** > Percentuale dei mezzi pesanti rispetto al livello di rumore diurno (sopra) e notturno (sotto) in percentuale.

*Livello energetico medio di rumore  $L_{eq}$ , secondo la OIF (i tratti neri indicano l'incertezza di misura come intervallo di confidenza del 95 %).*

*Valori calcolati in percentuali «energetiche» dei mezzi pesanti, cfr. glossario.*



I valori rivelano differenze caratteristiche tra le diverse stazioni di misurazione (Fig. 20, Fig. 21): Reiden e Camignolo (entrambe sulla A2) presentano volumi di traffico simili (2007: Reiden 16,9 mln di veicoli, Camignolo 18,0 mln di veicoli), mentre a Rothenbrunnen il TGM è circa tre volte più basso (5,4 mln di veicoli). Di riflesso, i livelli energetici medi di rumore sono quasi uguali a Reiden e Camignolo (la differenza massima è pari a 0.5 dB(A)), mentre a Rothenbrunnen sono di circa 6 dB(A) più bassi durante il giorno ( $L_{eq}$  giorno). Di notte (22–06) i livelli di rumore sono più bassi rispetto al giorno, segnatamente di 6 dB(A) (Reiden, Camignolo) e 8 dB(A) (Rothenbrunnen). Dal 2004 l'evoluzione delle emissioni foniche non ha subito variazioni rilevanti né in termini di traffico complessivo né per la sola categoria dei mezzi pesanti.

Lungo i due corridoi transalpini del Gottardo e del Lötschberg vengono rilevati anche i dati relativi al rumore provocato dai treni. Questo settore è di competenza dell'Ufficio federale dei trasporti (UFT). I dati vengono pubblicati ogni anno<sup>7</sup>. I rilevamenti mostrano che dal 2003 le emissioni foniche sono rimaste praticamente invariate durante le ore critiche della notte e che i lievi incrementi sono riconducibili a fattori locali legati ai binari.

## 3.2 Altri rilevamenti sull'inquinamento fonico

### 3.2.1 L'evoluzione dell'inquinamento fonico nei giorni feriali e di domenica

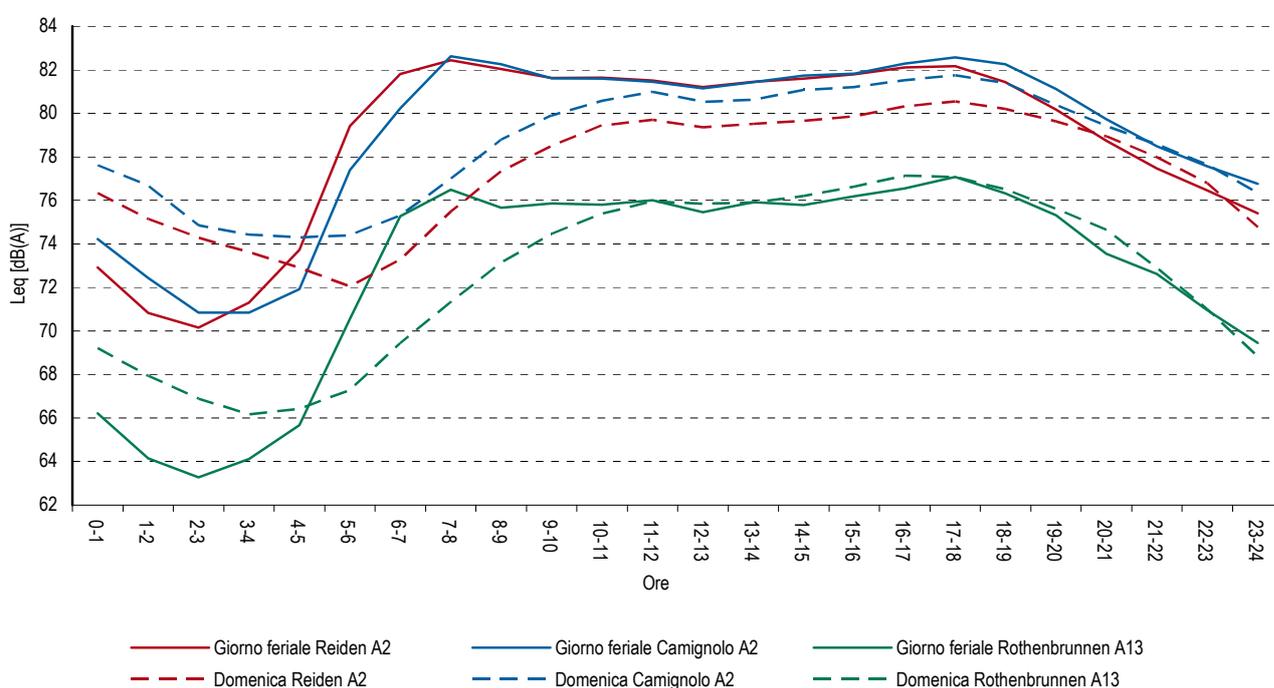
La Fig. 22 mostra l'evoluzione delle emissioni foniche durante il giorno, sull'esempio delle stazioni di Reiden, Camignolo e Rothenbrunnen. Nei giorni feriali il livello sonoro sale rapidamente tra le 4 e le 7 (il divieto di circolazione notturna termina alle 5) e raggiunge il culmine tra le 7 e le 8, quando il traffico pendolare raggiunge la sua massima intensità. Fino a mezzogiorno le emissioni registrano un lieve calo, ritornando poi a salire leggermente a partire dalle 14 e raggiungendo il picco massimo intorno alle 17. Successivamente tendono nuovamente a diminuire fino alle prime ore del mattino. Questo andamento è praticamente identico in tutte e tre le stazioni. Di domenica il traffico pesante e il traffico pendolare sono irrilevanti. Di conseguenza, il rumore inizia a crescere più tardi durante la mattinata e in maniera meno marcata. A Reiden l'inquinamento fonico rimane di ben 2 dB(A) al di sotto dei valori registrati durante i giorni feriali. Diversa invece la situazione nelle valli alpine, dove le emissioni foniche generate dal traffico del tempo libero raggiungono – di domenica pomeriggio – gli stessi livelli delle emissioni causate dal traffico durante la settimana. Dai rilevamenti emerge inoltre che i mezzi pesanti viaggiano in realtà a una velocità media ben superiore agli 80 km/h imposti. Viaggiare a velocità più elevate significa generare un livello sonoro proporzionalmente più elevato. L'aumento del livello di rumore nelle prime ore del mattino, ovvero dopo le 5 nei giorni feriali, rappresenta un problema non solo per

<sup>7</sup> Si veda Ufficio federale dei trasporti – Progetto risanamento fonico. I rapporti attuali contenenti i dati sono consultabili su Internet alla pagina <http://www.bav.admin.ch/ls/01300/index.html?lang=it>.

gli abitanti, ma anche per gli obiettivi stabiliti dall'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF), poiché questa ora del mattino è calcolata ancora come ora notturna (22–06), durante la quale i valori limite della OIF sono regolamentati con maggiore severità rispetto ai valori limite diurni (06–22) e questo in ragione del diritto alla quiete degli abitanti. Di conseguenza, l'apporto in termini di emissioni foniche dei mezzi pesanti è sovraproporzionale anche durante le ore notturne, dato che alle 5 del mattino termina il divieto di circolazione notturna. Tra le 5 e le 6 del mattino di un giorno lavorativo il livello di rumore causato dal traffico sale in media di 5–6 dB(A). Tra le 5 e le 6 del mattino, presso le stazioni di misurazione MMA-A la quota dei mezzi pesanti oscilla tra il 15 % (Rothenbrunnen) e il 36 % (Reiden) del traffico complessivo. Durante questa ora del mattino la quota dei mezzi pesanti e di conseguenza la percentuale di rumore che essi generano raggiungono il livello massimo. Le percentuali di rumore variano dal 40 % (Rothenbrunnen) al 68 % (Reiden).

**Fig. 22 > Andamento giornaliero del rumore nel 2007, in decibel<sup>8</sup>.**

*Evoluzione media dell'inquinamento fonico presso le stazioni di misurazione di Reiden (A2), Camignolo (A2) e Rothenbrunnen (A13) nei giorni feriali e di domenica (media annuale 2008).*



In ragione della loro particolare topografia, le valli alpine sono molto esposte al problema dell'incremento delle emissioni sonore. I rilevamenti hanno consentito di stabili-

<sup>8</sup> I valori corrispondono ai livelli di rumore registrati dai microfoni (posizionati su entrambi i lati dell'autostrada a 6,5 metri dal centro della carreggiata). Non possono essere confrontati direttamente con quelli illustrati nel capitolo 3.1.1, poiché essi sono presentati sotto forma di emissioni in campo libero (cfr. allegato A2).

re che lungo i fianchi delle valli un rumore mantiene la stessa intensità a una distanza tre volte superiore che in pianura se dal versante vi è un contatto visivo diretto con l'autostrada (cfr. Kammer 2007).

### 3.2.2 **Le pavimentazioni fonoassorbenti trattengono il rumore, gli pneumatici silenziosi riducono il rumore di rotolamento**

Presso due stazioni di rilevamento MMA-A la strada è dotata di pavimentazione fonoassorbente. A Tenniken (A2, accesso nord alla galleria del Belchen nel Canton BL), dall'inizio delle misurazioni è stato posato un asfalto drenante. A titolo di paragone: benché il volume di traffico nel 2008 abbia raggiunto livelli equivalenti a quelli di Reiden (e la quota di mezzi pesanti livelli addirittura lievemente superiori), grazie alla speciale pavimentazione le emissioni foniche sono rimaste di 1–2 dB(A) al di sotto di quelle di Reiden. A Moleno (A2 in Ticino, a nord di Bellinzona), nell'autunno del 2004 il rivestimento stradale è stato sostituito con una pavimentazione in argilla espansa. L'effetto fonoassorbente è stato, nella media annuale, di circa 3 dB(A). Nel tempo esso è tuttavia destinato a diminuire e oggi equivale ancora solo a circa 1 dB(A)<sup>9</sup>. L'effetto fonoassorbente di questi rivestimenti riduce principalmente i livelli di rumore ad alta frequenza generati dalle automobili, meno invece quelli a bassa frequenza dei mezzi pesanti. Misurazioni lungo la A2 hanno dimostrato che tra Basilea e Chiasso vi è un profondo divario nelle caratteristiche acustiche della pavimentazione stradale tra il rivestimento meno e più silenzioso. Attualmente gran parte dei tratti presentano pavimentazioni classificate rumorose. Il rinnovamento di questi rivestimenti offre un notevole potenziale di riduzione dei rumori.

Anche gli pneumatici silenziosi attualmente montabili sui veicoli presentano un elevato potenziale di riduzione del rumore stradale. Benché già disponibili sul mercato, le informazioni relative a questi prodotti sono pressoché irrimediabili per i consumatori a causa della mancanza di un contrassegno che li distingua. Essendo i cicli di rinnovo degli pneumatici circa dieci volte più brevi di quelli delle pavimentazioni stradali, già nell'arco di 2–3 anni si potrebbe ottenere una netta e capillare riduzione delle emissioni foniche promovendo in maniera mirata questo genere di pneumatici silenziosi<sup>10</sup>.

Pneumatici silenziosi e pavimentazioni fonoassorbenti consentono di ridurre il rumore direttamente alla fonte: il massimo potenziale di riduzione fonica degli pneumatici silenziosi e delle pavimentazioni fonoassorbenti è di 5–6 dB(A) nei mezzi pesanti, di 8–9 dB(A) nelle automobili (si tenga presente che una riduzione di 3 dB(A) corrisponderebbe a un dimezzamento del traffico; cfr. allegato A2).

<sup>9</sup> A titolo di paragone: una riduzione di 3 decibel corrisponde a un dimezzamento del traffico, una riduzione di 1 decibel a una diminuzione del traffico pari al 20 per cento.

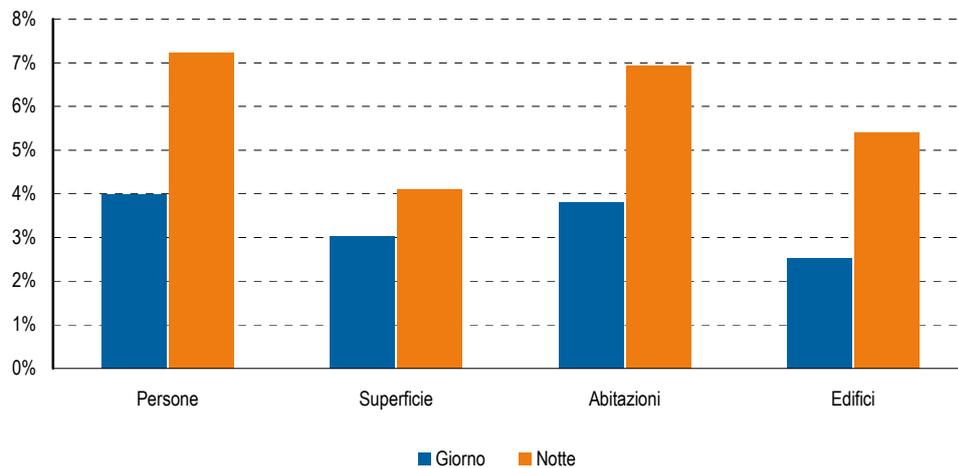
<sup>10</sup> cfr. <http://www.bafu.admin.ch/laerm/01146/07468/index.html?lang=it>

### 3.2.3 Modellizzazione dell'inquinamento fonico lungo la A2 e la A13

Su incarico del progetto MMA-A, con l'ausilio del modello SonBase<sup>11</sup> (ex banca dati Lärmdatenbank Schweiz LDBS) sono stati effettuati un primo calcolo e prime valutazioni relative all'inquinamento fonico lungo la A2 (Basilea-Chiasso) e la A13 (St. Margrethen-Bellinzona). Questi calcoli sono stati effettuati internamente all'UFAM e non sono stati pubblicati. Ci si è concentrati su un'unica fonte di rumore, vale a dire il traffico stradale sulle strade nazionali A2 e A13. La zona di rilevamento comprendeva un perimetro di 4 km a sinistra e a destra dell'autostrada. Le emissioni foniche lungo l'autostrada si rivelano critiche specialmente nelle ore notturne, quando superano significativamente i valori limite d'immissione. Le valutazioni indicano che di notte 84 500 persone (pari al 7 % della popolazione residente entro il perimetro dato), 40 000 abitazioni (equivalenti al 7 % del numero di abitazioni situate entro questo perimetro) e 9 500 edifici (il 5 % di tutti gli edifici nel perimetro) sono esposti a un livello di rumore superiore a 50 dB(A)<sup>12</sup>. Il territorio interessato da un inquinamento fonico molto forte nelle ore notturne si estende su una superficie di 164 km<sup>2</sup>, pari al 4 % della zona sottoposta a rilevamenti.

**Fig. 23 > Esposizione al rumore lungo la A2 (Basilea-Chiasso) e la A13 (St. Margrethen-Bellinzona)**

*Percentuali di persone, superfici e abitazioni esposte a un inquinamento fonico diurno >60 dB(A) e notturno >50 dB(A). Il 100 % corrisponde a 1,17 mln di persone, 4000 km<sup>2</sup> di superficie territoriale, 0,578 mln di abitazioni e 0,175 mln di edifici.*



<sup>11</sup> <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01036/index.html?lang=it>

<sup>12</sup> I valori soglia > 60 dB(A) di giorno e > 50 dB(A) di notte corrispondono ai valori limite d'immissione del grado di sensibilità II conformemente all'ordinanza contro l'inquinamento fonico, validi segnatamente nelle zone destinate all'abitazione e quelle riservate agli edifici e impianti pubblici, nelle quali non sono ammesse aziende moleste. Tali valori soglia rappresentano in quest'ottica il limite più rigido del diritto federale a partire dal quale si considera che il rumore danneggia e compromette la qualità abitativa.

### 3.3 Riepilogo e interpretazione dei dati relativi al monitoraggio dell'inquinamento fonico

I dati raccolti consentono di trarre le seguenti conclusioni:

- > Le medie annue dei livelli di rumore non hanno subito notevoli variazioni nel periodo 2003–2008. In particolare non si è registrata una riduzione dell'inquinamento fonico dall'inizio delle misurazioni.
- > Tra le singole stazioni di misurazione MMA-A traspaiono differenze nel livello di inquinamento fonico riconducibili da un lato ai diversi volumi di traffico stradale, ma in parte anche a fattori d'influsso quali la velocità di percorrenza o le caratteristiche delle pavimentazioni stradali.

#### Giorno/notte

- > Durante le ore notturne (22–06) le emissioni foniche sono circa 6–8 dB(A) più basse rispetto alle ore diurne. Va tenuto presente, tuttavia, che l'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) prevede per la notte valori limite inferiori rispetto al giorno (10 dB(A) in meno) in considerazione delle esigenze di quiete della popolazione residenze. Posto però che a ridosso dell'autostrada l'inquinamento fonico non diminuisce di 10 dB(A) durante le ore notturne, nel confronto con la situazione diurna questa fascia oraria è da considerarsi critica.
- > La modellizzazione delle emissioni foniche cui è esposta la popolazione residente lungo le strade nazionali A2 (Basilea-Chiasso) e A13 (St. Margrethen-Bellinzona) dimostra che nelle ore notturne il 7% delle persone e delle abitazioni è esposto a un rumore superiore a 50 dB(A).
- > Anche l'ora del mattino tra le 5 e le 6 è un momento critico della giornata: aumenta infatti drasticamente l'inquinamento fonico prodotto dai mezzi pesanti (il divieto di circolazione notturna termina infatti alle 5), circostanza questa che si scontra con l'esigenza di quiete ancora elevata della popolazione.

#### Percentuale di rumore prodotta dai mezzi pesanti

- > A parità di velocità, un mezzo pesante produce il rumore generato da circa 10 automobili. I mezzi pesanti contribuiscono al rumore stradale complessivo in maniera più che proporzionale. La percentuale energetica di rumore dei mezzi pesanti si situa – a seconda della stazione di misurazione e del livello di rumore (Leq) – tra il 13 e il 35% sulla A2 e tra il 9 e il 15% sulla A13, a fronte di una quota di traffico che varia dal 4 al 12%.
- > Durante la settimana, nelle prime ore del mattino – terminato il divieto di circolazione notturna – il numero di mezzi pesanti segna un'impennata. In questa fascia oraria le emissioni foniche sono generate in gran parte dai mezzi pesanti.

---

#### Giorni feriali/fine settimana

- > Di domenica pomeriggio i livelli di rumore rilevati sono quasi uguali a quelli dei giorni feriali. In compenso, la domenica mattina l'inquinamento fonico sale in maniera nettamente più lenta, mentre le notti di sabato e domenica rimane elevato a causa del traffico del tempo libero. Le emissioni foniche generate dal traffico stradale rispecchiano dunque le abitudini della popolazione.

#### Pavimentazioni fonoassorbenti e pneumatici silenziosi: un enorme potenziale di riduzione del rumore stradale

- > Pavimentazioni fonoassorbenti e pneumatici silenziosi consentono di ridurre il rumore direttamente alla fonte. Queste soluzioni presentano un elevato potenziale per ridurre in maniera significativa il livello di rumore integrale delle emissioni foniche generate dal traffico stradale. Il potenziale massimo di riduzione del rumore degli pneumatici silenziosi e della pavimentazioni fonoassorbenti raggiunge i 5–6 dB(A) per i mezzi pesanti, 8–9 dB(A) per le automobili.

## > Allegato

### A1 Inquinanti atmosferici

---

*Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, unione di monossido di azoto NO e biossido di azoto NO<sub>2</sub>) possono causare malattie alle vie respiratorie e sono un importante precursore non solo dell'ozono ma anche delle polveri fini. Rispetto alle automobili a benzina i mezzi pesanti emettono in media circa 20 volte più NO<sub>x</sub> per chilometro percorso.*

*Le polveri fini sono composte da particelle di diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro, che corrisponde più o meno a un decimo del diametro di un capello umano. Queste sostanze inquinanti, dette anche PM10, si diffondono nell'atmosfera da un lato sotto forma di particelle primarie, per esempio durante la combustione incompleta di combustibili e carburanti nei processi industriali nonché attraverso l'usura di pneumatici, manto stradale e binari; dall'altro, sotto forma di particelle secondarie, vale a dire particelle che si formano nell'aria a partire da sostanze gassose quali ammoniaca, ossido di azoto, anidride solforosa e composti organici volatili.*

*Le polveri fini sono formate da una pluralità di composti chimici: le particelle di fuliggine con diametro di appena 100 nanometri sono particolarmente dannose per la salute, poiché cancerogene. La fuliggine contiene tutte le particelle primarie carboniose generate da un processo di combustione incompleto. La struttura molto frastagliata delle particelle di polvere fine consente ad altre sostanze tossiche di legarsi: è quello che accade ad esempio con gli idrocarburi policiclici aromatici (PAH). Dato che le particelle di fuliggine diesel sono cancerogene e non è prevista alcuna soglia di tolleranza, vi è tanto più la necessità di ridurre al minimo queste emissioni.*

*Senza adeguati accorgimenti tecnici (filtro antiparticolato), i veicoli diesel emettono sulle strade una quantità di polveri fini circa 1000 volte superiore a quella prodotta dai veicoli a benzina. Tale miscela comprende anche sostanze cancerogene, tra cui la fuliggine.*

---

## A2 Il rumore

---

*Cos'è il rumore?*

*Il rumore è un suono indesiderato e fastidioso. Ciò che l'orecchio umano percepisce come suono sono piccolissime oscillazioni di pressione. Il numero di oscillazioni al secondo indica la frequenza corrispondente ai toni alti udibili. Maggiori sono le oscillazioni di pressione, più forte è il suono percepito.*

*L'intensità sonora è misurata in decibel (dB(A)). La scala dei decibel ha una progressione logaritmica che corrisponde alla sensibilità dell'orecchio umano per l'intensità sonora. Il suono più debole che l'orecchio umano è in grado di udire si situa intorno a 0 dB(A), mentre la soglia del dolore si aggira intorno a 120 dB(A).*

*La misurazione dei suoni che coprono l'intero spettro di frequenza avviene in diversi settori di frequenza, le cosiddette bande di terzi o di ottava. Le singole bande di frequenza sono ponderate e sommate per mezzo di un cosiddetto filtro A (valutazione della frequenza). Il filtro A equivale, con una approssimazione, alla percezione delle diverse bande di frequenza da parte dell'orecchio umano, che è meno sensibile alle frequenze basse che a quelle alte.*

*Autocarri, valli alpine e meteorologia*

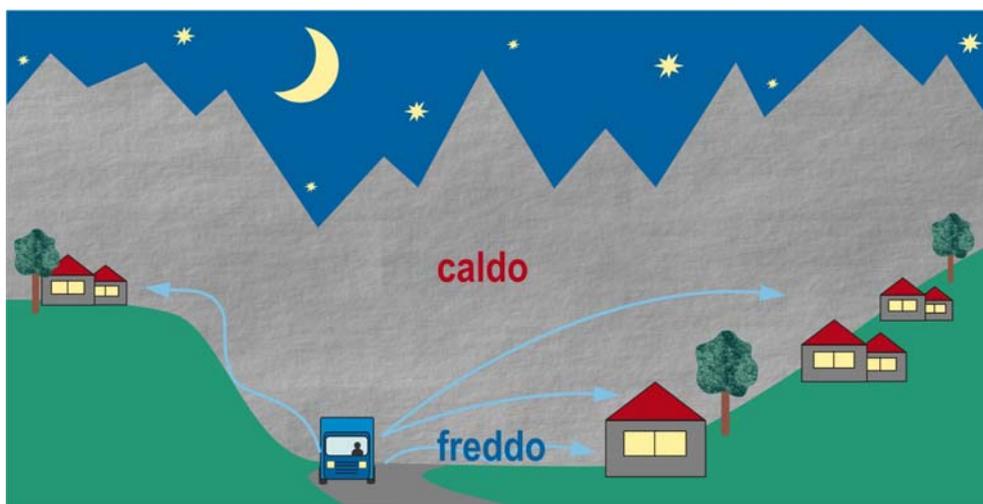
*A pari velocità, il livello sonoro prodotto da un autocarro corrisponde approssimativamente al livello sonoro generato da dieci automobili. Raddoppiando la fonte delle emissioni foniche (ad es. 4 invece di 2 automobili, autocarri ecc.) si ottiene un incremento di 3 dB(A). Un aumento di 10 dB(A) corrisponde a una decuplicazione della fonte sonora (ad es. 10 invece di 1 automobile, autocarro) e viene percepito dal nostro orecchio come un raddoppiamento dell'intensità sonora.*

*Il livello sonoro diminuisce man mano che ci si allontana dalla fonte sonora. Il suono si diffonde fundamentalmente in tutte le direzioni. La propagazione del suono è influenzata dalle caratteristiche dell'ambiente che circonda la fonte sonora. In una valle alpina, ad esempio, le pareti rocciose riflettono ulteriormente il suono, rafforzando il segnale originale. I rilevamenti effettuati a Camignolo hanno dimostrato che lungo i fianchi delle valli, laddove vi è un contatto visivo diretto con la fonte sonora, uno stesso rumore mantiene la sua intensità anche a una distanza tre volte superiore rispetto alla pianura (Kammer 2007). Anche le condizioni climatiche (vento, ripartizione della temperatura negli strati atmosferici) hanno un influsso sulla diffusione del suono, soprattutto se la fonte del rumore è molto distante. In caso di inversione termica (strati d'aria: sotto freddo, sopra caldo), il rumore si rompe toccando il suolo ed è così in grado di superare gli ostacoli (costruzioni, vegetazione, suolo). L'inversione termica può comportare un'intensificazione del livello sonoro pari o anche superiore a 10 dB(A).*

---

**Fig. 24 > Propagazione del suono in una valle alpina in una notte serena.**

*Le condizioni fisiche di una valle hanno effetti sfavorevoli sull'esposizione al suono. Per maggiori delucidazioni si veda il testo.*



Alpnap 2007

#### *Metodo delle emissioni in campo libero*

*Nel presente rapporto i livelli sonori sono indicati come livelli energetici medi di rumore  $L_{eq}$  ponderati A. Si tratta del livello medio rilevato in un determinato lasso di tempo (ad es. ore diurne tra le 6-22).*

*Le cosiddette emissioni in campo libero corrispondono al livello delle emissioni calcolato sulla base delle misurazioni sonore effettuate a 1 metro di distanza dall'asse stradale. Si considerano esclusivamente le emissioni dirette della fonte sonora (autocarri, automobili ecc.). Nel livello delle emissioni in campo libero non si tiene conto del suono riflesso ad esempio sulla superficie della carreggiata.*

*L'applicazione del metodo delle emissioni in campo libero consente di monitorare separatamente, distinguendolo dal resto del traffico, l'aumento o il calo dell'inquinamento fonico generato dal traffico merci pesante, differenziando così l'evoluzione del rumore sulle strade. Vengono rilevati non solo le emissioni acustiche, ma anche il traffico in transito, differenziato per categorie di veicoli.*

*Non è possibile confrontare i livelli sonori illustrati nel presente rapporto con i valori limite fissati nell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (valore di pianificazione, valore limite delle immissioni e valore d'allarme). Nel presente rapporto vengono illustrati i livelli delle emissioni, mentre la valutazione del rumore conformemente alla OIF avviene nel luogo di immissione. Si deve pertanto tenere conto delle correzioni del livello sonoro conformemente all'allegato 3 OIF, del grado di sensibilità al rumore attribuito al luogo di immissione e della propagazione del suono. In generale vale la regola secondo cui le*

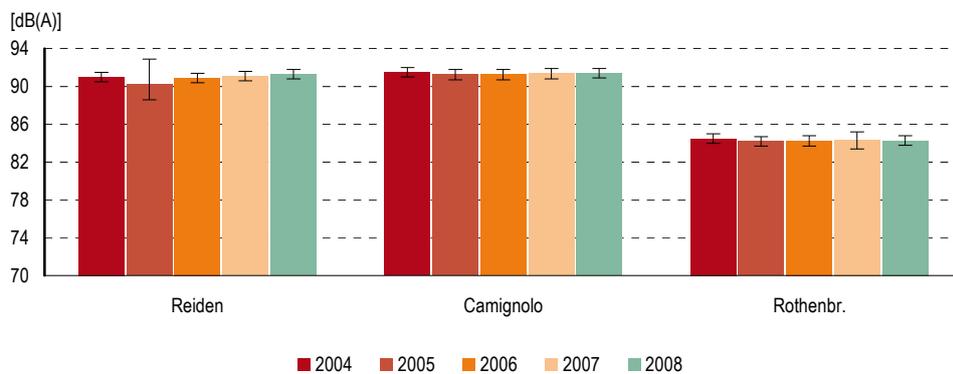
variazioni del livello di emissioni si manifestano come variazioni identiche del livello sonoro presso il luogo di immissione.

*Misuratore di livello decisivo per il Lden nell'UE*

Oltre al Leq sono indicati anche i livelli Lden (Level day-evening-night), che costituiscono un parametro decisivo in seno all'UE («Direttiva UE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale», 2002/49/CE). I livelli energetici medi di rumore Leq, valutati A, vengono calcolati per i diversi momenti della giornata, ovvero ore diurne, serali e notturne, e successivamente sommati con una ponderazione ulteriore di 5 dB(A) per la sera e 10 dB(A) per la notte. Se ne ricava un valore a una cifra che indica l'inquinamento fonico durante le 24 ore.

**Fig. 25 > Livello sonoro Lden conformemente alla direttiva UE.**

Giorno dalle 6 alle 18, sera dalle 18 alle 22 e notte dalle 22 alle 6.  
(I tratti neri indicano l'incertezza di misura come intervallo di confidenza del 95%)



**Tab. 4 > Livello sonoro espresso in Lden lungo la A2 e la A13 nel periodo 2004–2008.**

Valori 2004–2008 dell'inquinamento fonico lungo la A2 e la A13 (espressi sotto forma di emissioni in campo libero, si veda sopra) e quota di energia dei mezzi pesanti rispetto all'energia acustica complessiva (=100%).

Parametro	Anno	Reiden		Camignolo		Rothenbrunnen	
		Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti	Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti	Media annua dB(A)	% di rumore dei mezzi pesanti
Lden	2004	91.0	31 %	91.5	17 %	84.5	10 %
	2005	90.2	33 %	91.3	17 %	84.2	12 %
	2006	90.9	32 %	91.3	17 %	84.3	13 %
	2007	91.1	32 %	91.4	16 %	84.4	12 %
	2008	91.3	32 %	91.4	16 %	84.3	13 %

### A3 Valichi alpini: i veicoli diventano sempre più puliti

Sebbene i mezzi pesanti che transitano sugli assi transalpini rappresentino «soltanto» il 10–12 % della totalità dei veicoli, essi generano una quota molto elevata delle emissioni complessive. Come spiegato in precedenza, ciò è dovuto al fatto che i fattori di emissione (vale a dire gli inquinanti emessi per chilometro-veicolo) dei mezzi pesanti sono nettamente più elevati rispetto a quelli dei veicoli a motore leggeri. Nel 2007, sui tratti alpini i veicoli pesanti hanno emesso in media 6,2 grammi NO<sub>x</sub>/chilometro-veicolo, le automobili diesel 0,5 grammi NO<sub>x</sub>/chilometro-veicolo e le automobili a benzina 0,26 grammi NO<sub>x</sub>/chilometro-veicolo (Tab. 5)<sup>13</sup>.

Tra il 2005 e il 2007 la tecnica dei motori ha segnato continui progressi. Secondo calcoli basati su modelli, in questi tre anni i fattori di emissione dei mezzi pesanti sono diminuiti del 15 %. Questi stessi modelli indicano notevoli progressi anche nel settore delle automobili, a livello sia di NO<sub>x</sub> sia di polveri fini presenti nei gas di scarico. Ad esempio, le emissioni di particolato delle automobili diesel sono diminuite di circa un quarto per effetto dei filtri antiparticolato di cui sono sempre più dotate le automobili.

**Tab. 5 > Fattori di emissione di mezzi pesanti e automobili sugli assi transalpini della A2 (Altdorf-Bellinzona) e della A13 (Bellinzona-Bonaduz) nel 2007**

*PM10 exhaust: polveri fini emesse dal tubo di scappamento attraverso i gas di scarico; PM10 non-exhaust: particolato fine prodotto durante i processi di abrasione (di freni, pneumatici e manto stradale)*

Categoria di veicoli	NO <sub>x</sub>		PM10 exhaust		PM10 non-exhaust	
	g/km-veicolo	Cambiamento 05/07	g/km-veicolo	Cambiamento 05/07	g/km-veicolo	Cambiamento 05/07
Mezzi pesanti diesel	6.20	-15 %	0.12	-16 %	0.074	0 %
Automobili a benzina	0.26	-20 %	0.00	-8 %	0.047	0 %
Automobili diesel	0.50	-12 %	0.03	-26 %	0.047	0 %

<sup>13</sup> I fattori di emissione su cui si basano questi calcoli sono attualmente oggetto di aggiornamento e saranno pubblicati nel corso del 2009. Non si escludono divergenze rispetto ai risultati forniti nel presente rapporto.

#### A4 **Riscaldamento a legna: grande generatore di emissioni di polveri fini**

Nuovi rilevamenti hanno dimostrato che in inverno una percentuale elevata del particolato presente nelle polveri fini proviene dai riscaldamenti a legna. Nella stagione invernale 2004/2005 sono state effettuate – di mattina e di sera – misurazioni del particolato a Moleno (A2) e Roveredo (A13) (progetto Aerowood, si veda tra gli altri Szidat et al. 2007). Il sistema di misurazione scelto ha consentito di stabilire la provenienza del particolato (fuliggine, riscaldamenti a legna o origine biogenica).

Le misurazioni mostrano che a Roveredo, sulla A13, gli impianti di riscaldamento a legna hanno generato quasi il 70 % della massa del particolato, mentre il traffico stradale vi ha contribuito per un 10–20 %. La rimanente percentuale proviene da fonti biogeniche. A Moleno, nelle ore serali i riscaldamenti a legna hanno raggiunto il 47 % a fronte di un 29 % attribuibile al traffico stradale. Va tuttavia segnalato che la stazione di misurazione era situata direttamente a ridosso dell'autostrada. Di mattina, invece, la fonte principale delle emissioni è stato il traffico. Se invece di esaminare la massa del particolato si analizza il numero delle particelle, domina incontrastato il traffico, che emette un numero di particelle piccole superiore a quello dei riscaldamenti a legna (da un punto di vista medico le particelle piccole sono potenzialmente più pericolose di quelle più grandi). In relazione ai dati raccolti va segnalato che si tratta di misurazioni isolate di pochi giorni invernali che non consentono di trarre conclusioni sugli inquinamenti medi annui.

## > Elenchi

### Abbreviazioni e glossario

#### CO

Monossido di carbonio: è generato dalla combustione incompleta di carburanti e combustibili.

#### COV (composti organici volatili)

Idrocarburi organici volatili. Il loro ampio spettro comprende composti non tossici fino a composti altamente tossici e cancerogeni (p.es. benzene).

#### Decibel db

Il decibel viene calcolato sulla base della pressione sonora e per un udito normale va da 0 a 130 dB(A). L'ordinanza contro l'inquinamento fonico stabilisce che i livelli sonori siano rilevati in decibel. Ricordiamo che quando si sommano più fonti sonore non si può ricorrere alla semplice addizione dei diversi valori dB (logaritmici), ma occorre effettuare il calcolo prendendo come base la grandezza originaria della pressione sonora.

#### Km-veicolo

Chilometri-veicolo, unità usata per esprimere la prestazione chilometrica (chilometri percorsi).

#### Leq

Il livello di pressione sonora indica il livello di un rumore in un dato momento. In generale esso subisce variazioni nel tempo. Variando il livello di pressione sonora varia anche l'energia trasportata con il suono. Il livello continuo equivalente di pressione sonora è determinato come se trasportasse – quale livello di pressione sonora costante – lo stesso contenuto energetico. Il livello continuo equivalente di pressione sonora viene utilizzato per indicare l'inquinamento fonico in un determinato lasso di tempo.

#### Mezzi pesanti

Termine collettivo che indica autocarri (senza rimorchio, senza semi-rimorchio), veicoli accoppiati (autocarri con rimorchio) e autoarticolati (autoarticolati con semi-rimorchio), tutti con peso totale ammesso superiore a 3,5 tonnellate

#### Mld p / m<sup>3</sup>

Miliardi di particelle per metro cubo: unità di concentrazione del numero di particelle fini.

#### µg/m<sup>3</sup>

Microgrammo per metro cubo (milionesimo di grammo per metro cubo): unità di concentrazione delle sostanze inquinanti.

#### NO<sub>x</sub>

Ossidi di azoto (NO<sub>2</sub> e NO). La miscela gassosa si forma nei processi di combustione di carburanti e combustibili, in particolare a temperature elevate.

#### OIAt

Ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico (RS 814.318.142.1).

#### OIF

Ordinanza del 15 dicembre 1986 contro l'inquinamento fonico (RS 814.318.142.1).

#### O<sub>3</sub>

Ozono. L'ozono presente in prossimità del suolo è un inquinante gassoso secondario che si forma nella troposfera a partire dagli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e dai composti organici volatili (COV) per l'azione della luce solare.

#### PAH

Idrocarburi policiclici aromatici (acronimo ital. IPA). Sostanze cancerogene che si formano come prodotti secondari durante i processi di combustione incompleta, per esempio nei motori diesel senza filtro anti-particolato. La maggior parte delle emissioni di PAH è assorbita dalle particelle di fuliggine.

#### Percentili

95° percentile OIAt per NO<sub>2</sub>: 95 % dei valori medi su ½ h di un anno 100 µg/m<sup>3</sup>.

98° percentile OIAt per O<sub>3</sub>: 98 % dei valori medi su ½ h di un mese 100 µg/m<sup>3</sup>.

#### Percentuale di energia (acustica) dei mezzi pesanti

La percentuale di energia dei mezzi pesanti rispetto alle emissioni acustiche complessive è calcolata come segue:

$$Q(\text{mezzi pesanti}) = \frac{10^{0,1 \cdot E(\text{mezzi pesanti})}}{10^{0,1 \cdot E(\text{totale})}}$$

dove E(mezzi pesanti) corrisponde alle emissioni in campo libero dei mezzi pesanti, E(totale) alle emissioni in campo libero del traffico complessivo

#### PM10 (particulate matter)

Polvere in sospensione: sostanze fini disperse nell'atmosfera con un diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri (< 10 µm).

#### ppb (parts per billion)

Numero di particelle di una data sostanza per miliardo di particelle d'aria; unità di concentrazione delle sostanze inquinanti composte da un miscuglio di molecole.

#### t

Tonnellate.

**Figure**

<b>Fig. I</b>		<b>Fig. 11</b>	
Evoluzione delle immissioni di NO <sub>2</sub> nel periodo 2003–2008.	9	Evoluzione delle prestazioni chilometriche sulla A2/A13 nel periodo 2000–2007, in milioni di km-veicolo all’anno.	19
<b>Fig. II</b>		<b>Fig. 12</b>	
Evoluzione delle immissioni di PM10 nel periodo 2003–2008.	9	Evoluzione del consumo di carburante sulla A2/A13 nel periodo 2000–2007, in 1000 tonnellate all’anno.	19
<b>Fig. III</b>		<b>Fig. 13</b>	
Livello del rumore nelle ore diurne, media annua dei dati rilevati tra le 06 e le 22, in decibel.	10	Emissioni di NO <sub>x</sub> e PM10 nel periodo 2000–2007, in tonnellate all’anno.	19
<b>Fig. IV</b>		<b>Fig. 14</b>	
Livello del rumore nelle ore notturne, media annua dei dati rilevati tra le 22 e le 06, in decibel.	10	Immissioni di NO <sub>2</sub> nel 2007/2008 in microgrammi per m <sup>3</sup> .	21
<b>Fig. 1</b>		<b>Fig. 15</b>	
Stazioni di misurazione MMA-A lungo la A2 e la A13.	11	Immissioni di PM10 nel 2007/2008 in microgrammi per m <sup>3</sup> .	21
<b>Fig. 2</b>		<b>Fig. 16</b>	
Evoluzione settimanale del traffico pesante e del restante traffico, Erstfeld 2008.	13	Evoluzione delle immissioni di NO <sub>2</sub> nel periodo 2003–2008, in microgrammi per m <sup>3</sup> .	22
<b>Fig. 3</b>		<b>Fig. 17</b>	
Evoluzione settimanale media NO <sub>x</sub> , Erstfeld 2008.	13	Evoluzione delle immissioni di PM10 nel periodo 2003–2008, in microgrammi per m <sup>3</sup> .	22
<b>Fig. 4</b>		<b>Fig. 18</b>	
Fattori che influenzano l’inquinamento atmosferico e fonico generato dal traffico stradale.	14	Misurazioni di NO <sub>2</sub> da parte di campionatori passivi nel periodo 1999–2007 nella Valle della Reuss (Canton Uri) in microgrammi per m <sup>3</sup> .	23
<b>Fig. 5</b>		<b>Fig. 19</b>	
Traffico annuo di tutti i veicoli sulla A2/A13 in milioni di veicoli all’anno.	17	Valori medi annui di NO <sub>2</sub> nel 2005 relativi a diversi valichi alpini, in microgrammi per m <sup>3</sup> .	24
<b>Fig. 6</b>		<b>Fig. 20</b>	
Traffico annuo dei mezzi pesanti sulla A2/A13 in milioni di veicoli all’anno.	17	Livello di rumore diurno (sopra) e notturno (sotto), media annua dei valori in decibel.	27
<b>Fig. 7</b>		<b>Fig. 21</b>	
Quota del traffico pesante in percentuale del totale.	17	Percentuale dei mezzi pesanti rispetto al livello di rumore diurno (sopra) e notturno (sotto) in percentuale.	27
<b>Fig. 8</b>		<b>Fig. 22</b>	
Prestazioni chilometriche sulla A2/A13 nel 2007, in milioni di chilometri-veicolo all’anno.	17	Andamento giornaliero del rumore nel 2007, in decibel.	29
<b>Fig. 9</b>		<b>Fig. 23</b>	
Consumo di carburante sulla A2/A13 nel 2007, in 1000 tonnellate all’anno.	17	Esposizione al rumore lungo la A2 (Basilea-Chiasso) e la A13 (St. Margrethen-Bellinzona)	31
<b>Fig. 10</b>		<b>Fig. 24</b>	
Emissioni di NO <sub>x</sub> e polveri fini sugli assi transalpini nel 2007, in tonnellate all’anno.	18	Propagazione del suono in una valle alpina in una notte serena.	36
		<b>Fig. 25</b>	
		Livello sonoro Lden conformemente alla direttiva UE.	37

## Tabelle

<b>Tab. 1</b> Dati 2007 e 2008 relativi alle immissioni di diossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) e polveri fini (PM10).	20
<b>Tab. 2</b> Dati 2007 e 2008 sugli inquinanti atmosferici non soggetti ai valori limite d'immissione della OIAt.	22
<b>Tab. 3</b> Livello di rumore lungo la A2 e la A13 nel periodo 2004–2008 in decibel.	26
<b>Tab. 4</b> Livello sonoro espresso in Lden lungo la A2 e la A13 nel periodo 2004–2008.	37
<b>Tab. 5</b> Fattori di emissione di mezzi pesanti e automobili sugli assi transalpini della A2 (Altdorf-Bellinzona) e della A13 (Bellinzona-Bonaduz) nel 2007	38

## Bibliografia

- ALPNAP 2007: Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine Space. A Guide for Authorities and Consultants. Interreg III B. Trento, dicembre 2007.
- USTRA 2008: Rapporto annuale 2007 del censimento automatico del traffico stradale, pubblicato su [www.verkehrsdaten.ch](http://www.verkehrsdaten.ch)
- UFT 2008: Traffico merci attraverso le Alpi svizzere 2007: Ufficio federale dei trasporti. Berna  
[http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=it&kapitel=all&print\\_style=yes](http://www.bav.admin.ch/verlagerung/01529/index.html?lang=it&kapitel=all&print_style=yes)
- UFAP 2004: Handbuch Emissionsfaktoren, versione 2.1 (CD-ROM). INFRAS su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. Berna
- UFAP/UFAM/DA 2002: Umleitung Gotthard 2001, Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luft- und Lärmaubünden, Tessin und Uri. Edito da UFAP e uffici cantonali per la protezione dell'ambiente GR, TI, UR.
- INFRAS 2006: NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Urner Reusstal, Rückblick 1999–2005, INFRAS su incarico dell'ufficio per la protezione dell'ambiente del Canton Uri e dell'Ufficio federale dell'ambiente. Rapporto interno. Berna.
- Kammer K., 2007: Monitoraggio ambientale MMA-A. Rapporto annuale 2005 sull'inquinamento atmosferico e fonico. Stato dell'ambiente n. 0706. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 37 pag.
- MONITRAF 2007: Synthesebericht. MONITRAF Aktivitäten und Ergebnisse. Innsbruck/Zürich. Febbraio 2008.
- Szidat et al., 2007: S. Szidat A. Prévot J. Sandradewi R. Alfara H. Synal L. Wacker U. Baltensperger: Dominant impact of residential wood burning on particulate matter in Alpine valleys during winter, Geophysical Research Letters, vol. 34, L05820, doi:10.1029/2006GL028325.
- Oekoscience 2008: avviso personale di J.Thudium