



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura della Qualità dell'Aria**  
**COMUNE DI ABBADIA LARIANA**  
15/07/2006 - 23/08/2006

# **Campagna di Misura della Qualità dell’Aria**

COMUNE DI ABBABIA LARIANA

## **Gestione e Manutenzione Tecnica della Strumentazione**

P.I. Luca Vergani

## **Relazione**

*redatta* Dr. Laura Carroccio

*approvata* Responsabile U.O. Territorio e Sistemi Ambientali

Dr. Paola Bossi

## **Campagna di Misura della Qualità dell' Aria**

COMUNE DI ABBADIA LARIANA

<b><i>Introduzione</i></b>	pag. 3
<b>Laboratorio Mobile.....</b>	pag. 3
<b>I principali inquinanti atmosferici.....</b>	pag. 3
<b>Normativa.....</b>	pag. 6
<b><i>Campagna di Misura</i></b>	pag. 8
<b>Sito di Misura.....</b>	pag. 8
<b>Emissioni sul territorio.....</b>	pag. 10
<b>Situazione meteorologica nel periodo di misura.....</b>	pag. 15
<b>Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse.....</b>	pag. 17
<b>Conclusioni.....</b>	pag. 22
<b><i>Allegato Dati Orari</i></b>	pag. 23

## Introduzione

La campagna di misura nel comune di Abbadia Lariana - loc. Piani Resinelli, è stata condotta dal Dipartimento Provinciale di Lecco dell'ARPA Lombardia. Lo scopo della campagna era il monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale e in particolare valutare l'inquinamento da ozono.

A tale fine è stata scelta, in accordo con il Comune, una postazione abibita a parcheggio pubblico alla fine di Via Caimi in Loc. Piani Resinelli, davanti all'acquedotto comunale gestito della Comunità Montana di Sala Al Barro.

Il luogo in cui è stato posizionato il laboratorio mobile, essendo al termine di una strada chiusa, non è interessato da un elevato flusso di traffico, ma è frequentato soltanto da coloro che si recano in montagna attraverso i diversi sentieri tracciati.

Il laboratorio mobile è attrezzato con strumentazione per il rilevamento di:

- Ozono (O<sub>3</sub>).

## Laboratorio Mobile

La strumentazione utilizzata nel laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Gli analizzatori automatici installati rispondono alle caratteristiche previste dalla legislazione (D.M. 60/02 e D.Lvo 183/04).

Anche per le altezze dei prelievi i criteri utilizzati sono quelli indicati dalle suddette norme, in particolare:

- la sonda per il prelievo di O<sub>3</sub> è posta tra 1.5 e 4 m sopra il livello del suolo.

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento nell'Allegato VIII del D.M. 60 del 2 aprile 2002 e nell'Allegato IV del D.Lgs 183/04.

## I principali inquinanti atmosferici

I principali inquinanti che si trovano nell'aria possono essere divisi, schematicamente, in due gruppi: gli inquinanti primari e quelli secondari. I primi vengono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

Si descrivono di seguito le caratteristiche degli inquinanti atmosferici misurati con il laboratorio mobile.

La presenza in aria di **biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)** è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo. Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo sono così rientrate nei limiti legislativi previsti. In particolare in questi ultimi anni grazie al passaggio al gas naturale le concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

Il **monossido di carbonio (CO)** ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata,

soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. In Lombardia, a partire dall'inizio degli anni '90 le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie all'introduzione delle marmitte catalitiche sui veicoli e al miglioramento della tecnologia dei motori a combustione interna (introduzione di veicoli Euro 4).

Gli **ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO<sub>x</sub> aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

All'emissione, gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO, con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> decisamente a favore del primo. Si stima che il contenuto di NO<sub>2</sub> nelle emissioni sia tra il 5 e il 10% del totale degli ossidi di azoto.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O<sub>3</sub> troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori limite, riassunti in tabella 2.

L'**ozono (O<sub>3</sub>)** è un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare e che causano la formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, si trovano nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora. L'insieme di questi composti costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare (rappresentata di seguito con  $h\nu$ ), la formazione di ozono avviene per fotolisi del biossido di azoto:



L'ossigeno atomico, O\*, reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera NO<sub>2</sub>:



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa

via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO<sub>2</sub> senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O<sub>3</sub>.

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, la concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

Il **particolato atmosferico** aerodisperso è costituito da una miscela di particelle solide e liquide, di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana. Le principali sorgenti naturali sono erosione e risolleamento del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si riconducono principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali).

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM10), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM2.5).

Attualmente la legislazione europea e nazionale ha definito valori limite sulle concentrazioni giornaliere e sulle medie annuali per il solo PM10, mentre per il PM2.5 la comunità europea in collaborazione con gli enti nazionali sta effettuando le necessarie valutazioni.

Nella Tabella 1 sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Biossido di Zolfo* SO <sub>2</sub>	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili)
Biossido di Azoto*/** NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** O <sub>3</sub>	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato Fine*/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione e risolleamento
Idrocarburi non Metanici*IPA, Benzene	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali

Tabella 1: Sorgenti emissive dei principali inquinanti (\* = Inquinante Primario, \*\* = Inquinante Secondario).

## Normativa

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per quanto riguarda i limiti a lungo termine viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana, della vegetazione e degli ecosistemi (D.P.C.M. 28/3/83 – D.P.R. 203/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 60/02 - D. L.vo 183/04) allo scopo di prevenire esposizioni croniche. Per gestire episodi d'inquinamento acuto vengono invece utilizzate le soglie di allarme (– D.M. 60/02 ; D.Lgs 183/04).

La tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati. Sono inclusi sia i limiti a lungo termine che i livelli di allarme. Si fa notare che il DM n. 60/02 ha introdotto, oltre ad una serie di valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, PM10, piombo, benzene e monossido di carbonio, anche il termine temporale entro il quale tali valori limite devono essere raggiunti. Prevede inoltre un percorso nel tempo che porta ad un graduale raggiungimento dei limiti, stabilendo un margine di tolleranza che si riduce negli anni. Nella tabella i margini di tolleranza validi per l'anno 2006 sono indicati tra parentesi.

Tabella 2: Limiti di legge

Biossido di Zolfo	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	<b>350</b>	1 ora	D.M. n.60 del 2/4/02
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	<b>125</b>	24 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
Valore limite protezione ecosistemi	<b>20</b>	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D.M. n.60 del 2/4/02
Soglia di allarme	<b>500</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. n.60 del 2/4/02

Biossido di Azoto	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	<b>200</b>	1 ora	D.P.R. 203/88
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	<b>200<sub>(+40)</sub></b>	1 ora	D.M. n.60 del 2/4/02
Valore limite protezione salute umana	<b>40<sub>(+8)</sub></b>	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02
Soglia di allarme	<b>400</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. n.60 del 2/4/02

Ossidi di Azoto	Valore Limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione vegetazione	<b>30</b>	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02

<b>Monossido di Carbonio</b>	<b>Valore Limite (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore limite protezione salute umana <b>10</b>	8 ore	D.M. n.60 del 2/4/02

<b>Ozono</b>	<b>Valore Limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana <b>120</b>	8 ore	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione <b>18000</b>	AOT40 (mag-lug) su 5 anni	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di informazione <b>180</b>	1 ora	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di allarme <b>240</b>	1 ora	D.L.vo n.183 21/5/04

<b>Particolato Fine PM10</b>	<b>Valore Obiettivo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile) <b>50</b>	24 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana <b>40</b>	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02

<b>Idrocarburi non Metanici</b>	<b>Valore Obiettivo (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
<b>Benzene</b>	Valore obiettivo <b>5</b> (+4)	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02
<b>Benzo(a)pirene</b>	Valore obiettivo <b>0,001</b>	Anno civile	DM. 25/11/94_e Dir107/04/CE

Nota: Gli obiettivi di qualità su base annua delle concentrazioni di IPA fanno riferimento alle concentrazioni di benzo(a)pirene. (D.M. 25/11/94).

## Campagna di Misura

### Sito di Misura



Figura 1: Comuni della provincia di Lecco.

**Periodo di Misura:** dal 15 luglio al 23 agosto 2006  
**Sito di misura:** Comune di Abbadia Lariana - località Piani Resinelli  
**Assi Stradali:** strada urbana: Via Caimi



## Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emmissive sul territorio comunale di Abbadia Lariana è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, riferita all'anno 2003.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emmissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore vengono presi in considerazione diversi inquinanti: sia quelli che fanno riferimento alla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione in quanto considerati gas ad effetto serra:

- Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)
- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO<sub>2</sub>)
- Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)
- Protossido di Azoto (N<sub>2</sub>O)
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM10)

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>.

I dati di INEMAR sono stati elaborati al fine di definire i contributi dei singoli macrosettori alle emissioni in atmosfera dei principali inquinanti nel comune di Abbadia.

Le emissioni di **Biossido di Zolfo** derivano per la maggior parte dai processi legati al Trasporto su strada ed alla Combustione non industriale, cioè al riscaldamento domestico. All'interno del comune in cui è stata condotta la campagna di misura le emissioni derivanti da questi due macrosettori sono rispettivamente uguali a 3,9 e 1,4 t/anno e rappresentano il 72% e il 26% del totale delle emissioni di SO<sub>2</sub> nel territorio di interesse. Contributi minori derivano da Altre sorgenti mobili e macchinari con 0.1 t/anno e dalla Combustione nell'industria con 0.1 t/anno (1%).

La principale sorgente emmissiva di **Monossido di Carbonio** è il traffico autoveicolare, soprattutto i veicoli con motore a benzina.

Le emissioni totali annue di monossido di carbonio nel comune di Abbadia Lariana sono stimate pari a 309,8 t/anno. Il macrosettore Trasporto su strada contribuisce con 214 t/anno e concorre

pertanto per il 69% alle emissioni di questo gas. Ulteriori contributi derivano principalmente dalla Combustione non industriale con 87,1 t/anno (28%).

Anche le emissioni di **Ossidi di Azoto** sono in gran parte dovute al traffico, con il contributo, in questo caso, di tutti i veicoli, sia a benzina che a gasolio. La quantità procurata dal macrosettore Trasporto su strada nel comune di Abbadia Lariana è pari a 105,5 t/anno, ovvero l' 88% del totale. Gli altri macrosettori che concorrono alle emissioni degli NO<sub>x</sub> sono: altre sorgenti mobili e macchinari con 5,5 t/anno (5%), la Combustione non industriale con 5 t/anno (4%) e la Combustione nell'industria con 3,9 t/anno (3%).

Le principali sorgenti emissive dei **Composti Organici Volatili (COV)** nel comune di Abbadia Lariana sono: l'Uso di solventi (34,5 t/anno, 28%), Altre sorgenti e assorbimenti (29 t/anno, 24%) e il Trasporto su strada (27,4 t/anno, 23%). Ulteriori rilevanti contributi sono dovuti alla Combustione non industriale (21,7 t/anno, 18%), ai Processi produttivi (6,6 t/anno, 5%), alle Altre sorgenti mobili e macchinari (1,2 t/anno, 1%) .

La principale sorgente di **Particolato Fine (PM10)** nel comune di Abbadia Lariana è il Trasporto su strada con 8,2 t/anno, esso contribuisce per il 61% alle emissioni di questo inquinante. Contributi inferiori derivano dalla Combustione non industriale (4,1 t/anno, 30%), Altre sorgenti e assorbimenti e da Altre sorgenti mobili e macchinari (entrambe 0.6 t/anno, 4%) e dalla combustione nell'industria( 0.1 t/anno,1%)

Si riportano in Tabella 2 (valori assoluti) e in Figura 3 (valori percentuali) le stime relative ai principali inquinanti emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno del comune di Abbadia Lariana. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera Provincia di Lecco.

### Comune di ABBADIA LARIANA

Fonti emissive - macrosettore	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COV	CO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	NH <sub>3</sub>
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili										
Combustione non industriale	1.4	5.0	0.6	21.7	4.3	4.0	4.1	5.9	87.1	0.2
Combustione nell'industria	0.1	3.9	0.1		1.9	0.1	0.1		1.2	
Processi produttivi				6.6						
Estrazione e distribuzione combustibili				0.8				24.7		
Uso di solventi				34.5						
Trasporto su strada	3.9	105.5	2.6	27.4	22.5	6.9	8.2	2.1	214.0	4.8
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.1	5.5	0.1	1.2	0.4	0.6	0.6		2.7	
Agricoltura			0.5					7.2		2.6
Altre sorgenti e assorbimenti				29.0		0.5	0.6	26.5	4.8	
<b>Totale</b>	<b>5.4</b>	<b>119.9</b>	<b>3.9</b>	<b>121.2</b>	<b>29.1</b>	<b>12.1</b>	<b>13.6</b>	<b>66.5</b>	<b>309.8</b>	<b>7.6</b>

### Provincia di Lecco

Fonti emissive - macrosettore	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	N <sub>2</sub> O	COV	CO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	NH <sub>3</sub>
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combustione non industriale	119	657	70	2192	603	401	414	597	8799	18
Combustione nell'industria	18	871	22	68	399	26	29	20	1478	1
Processi produttivi	2	74		738	186	5	15	1	67	
Estrazione e distribuzione combustibili				361				4086		
Uso di solventi				5223		5	12			1
Trasporto su strada	120	3206	79	1983	724	262	311	101	11751	120
Altre sorgenti mobili e macchinari	7	473	15	101	36	57	60	2	259	
Trattamento e smaltimento rifiuti	42	157		2	19	10	10		2	
Agricoltura		1	72	1		2	4	1169		472
Altre sorgenti e assorbimenti	2	9		1106		40	42	528	299	2
<b>Totale</b>	<b>309</b>	<b>5448</b>	<b>257</b>	<b>11775</b>	<b>1967</b>	<b>808</b>	<b>897</b>	<b>6505</b>	<b>22655</b>	<b>614</b>

Tabella 2: Quantitativi delle emissioni annuali di inquinanti nel territorio di Abbadia Lariana e nell'intera Provincia di Lecco.

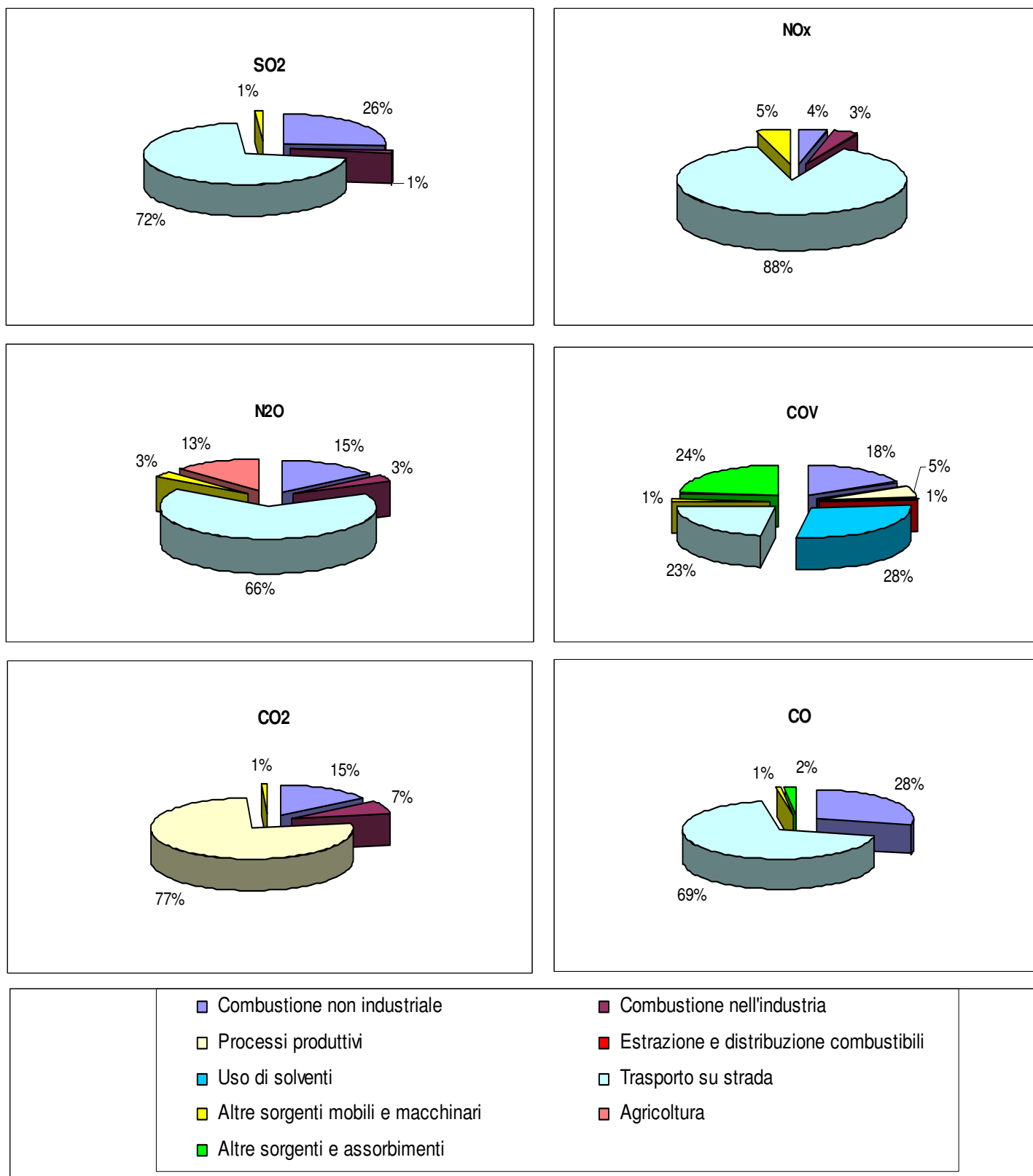


Figura 3: Ripartizione delle emissioni nel territorio di Abbazia Lariana

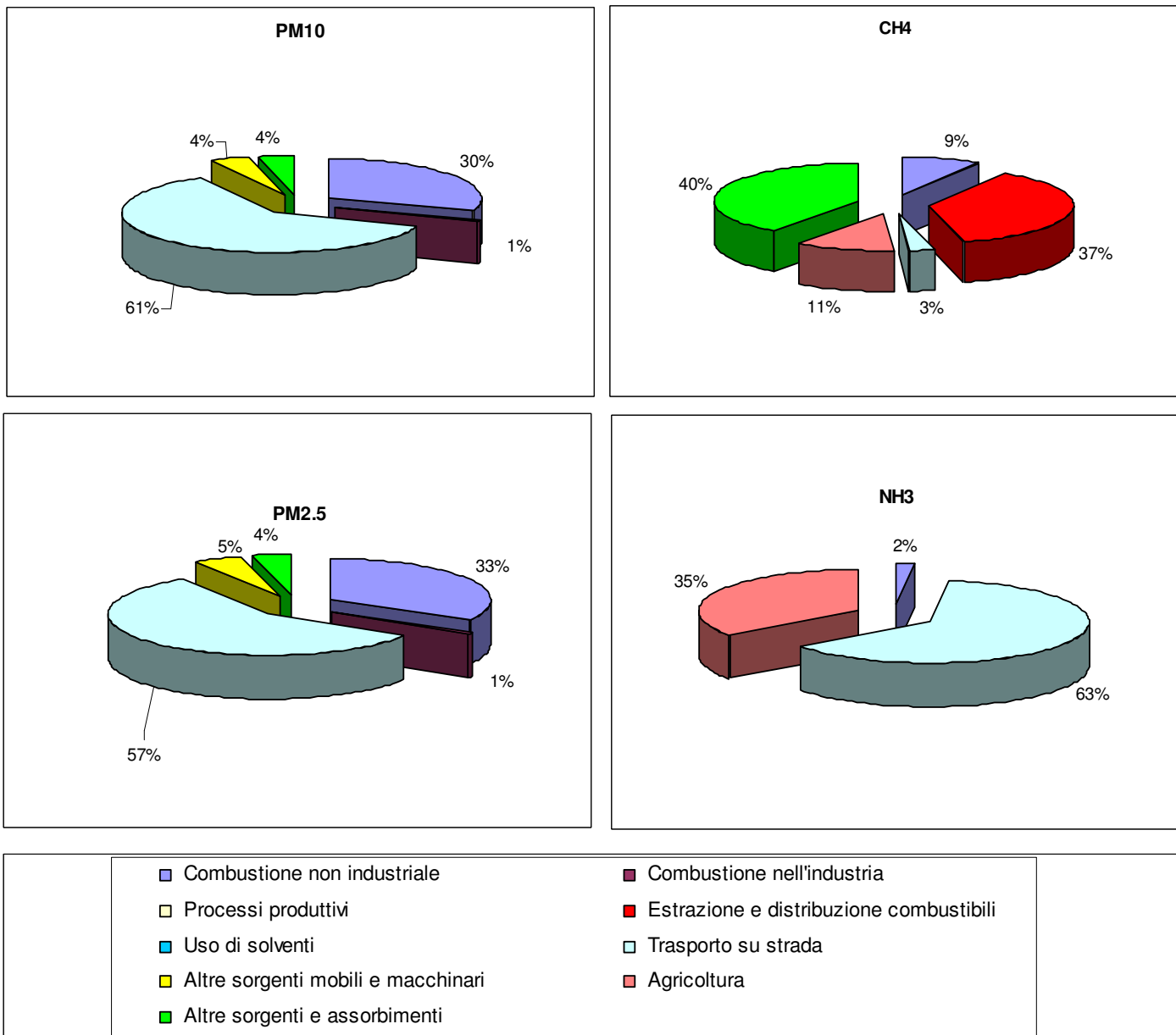


Figura 3: Ripartizione delle emissioni nel territorio di Abbadia Lariana

## Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma le condizioni meteorologiche influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

La campagna di misura in località Piani Resinelli è stata condotta dal 15 luglio al 23 agosto 2006. Il periodo del monitoraggio è stato contraddistinto da una spiccata instabilità sulla regione.

Nella prima settimana di monitoraggio, una vasta area anticiclonica ha determinato sulla Lombardia tempo abbastanza stabile, soleggiato e caldo. In pianura venti deboli di brezza, in montagna deboli da nord.

Dal 22 luglio il persistere di una struttura anticiclonica, non ha ostacolato l'ingresso di aria più umida ed instabile dalle Alpi, che ha determinato lo sviluppo di nuvolosità cumuliforme con rovesci e temporali specie sui rilievi alpini e prealpini.

Dal 25 luglio al 7 agosto, una progressiva diminuzione della pressione, dovuta all'approssimarsi di una perturbazione, ha determinato fenomeni temporaleschi, quindi tendenza a variabilità.

Specialmente nei gg. dal 31/7 al 3/8 il rapido passaggio di una massa di aria fredda ha apportato condizioni di spiccata instabilità, con fenomeni a carattere temporalesco, localmente anche di forte intensità, accompagnati da una diminuzione delle temperature.

Venti in pianura da deboli a moderati sud occidentali, in montagna deboli nord orientali.

Dall'8 agosto fino al termine della campagna, l'avvicinamento di una perturbazione Nordatlantica ha determinato un generale peggioramento, con precipitazioni intermittenti a tratti temporalesche e nuvolosità variabile. Temperature in calo, particolarmente in montagna.

Il cielo è stato irregolarmente nuvoloso sui rilievi, altrove variabile da poco nuvoloso a temporaneamente nuvoloso.

Venti deboli o localmente moderati dai quadranti settentrionali si alternano a correnti sudoccidentali umide. Raffiche nelle aree temporalesche.

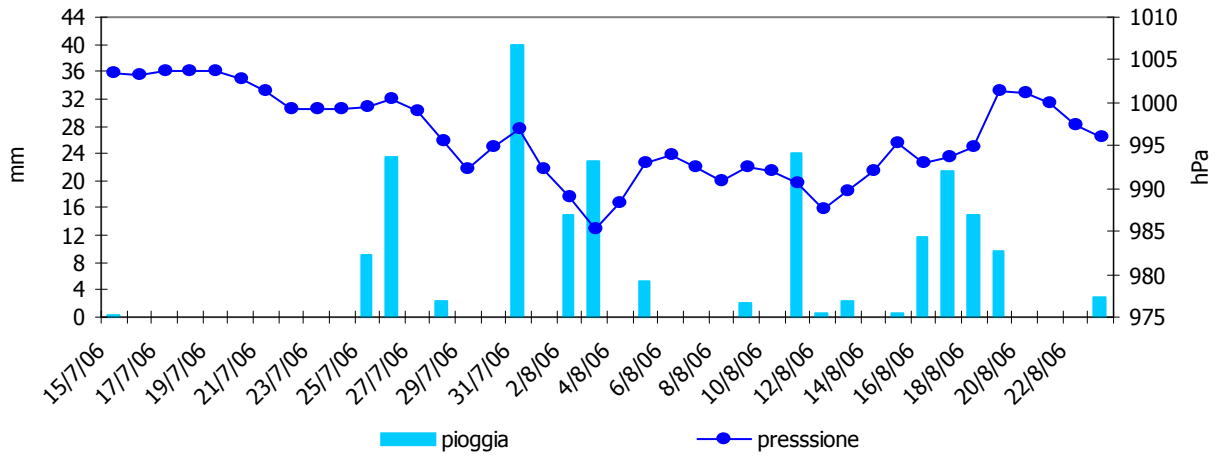
La temperatura media del periodo, rilevata presso la centralina di Lecco, è stata di 24°C, oscillando da una media giornaliera di 18°C del 12 e 13 agosto ad una di 30°C del 21 e 22 luglio. La radiazione solare media sul periodo è stata di 207 W/m<sup>2</sup>, mentre l'umidità relativa media è stata del 59%. La pressione media sul periodo, misurata presso la centralina di Colico, è stata di 996 hPa. In totale, nel periodo della campagna, sono caduti 209 mm di pioggia. La velocità del vento media sul periodo si è attestata su 2 m/s. Rinforzi, si sono verificati durante la fase di instabilità, in cui sono state misurate punte orarie di 4.0 e 3.2 m/s

Le condizioni meteorologiche del periodo del monitoraggio sono state variabili. Nelle fasi di instabilità atmosferica la situazione è stata favorevole alla dispersione degli inquinanti; al contrario, nei periodi in cui hanno prevalso circolazioni anticicloniche, si sono avuti intensi fenomeni di ristagno atmosferico, che hanno favorito temporanei accumuli degli inquinanti nei bassi strati atmosferici.

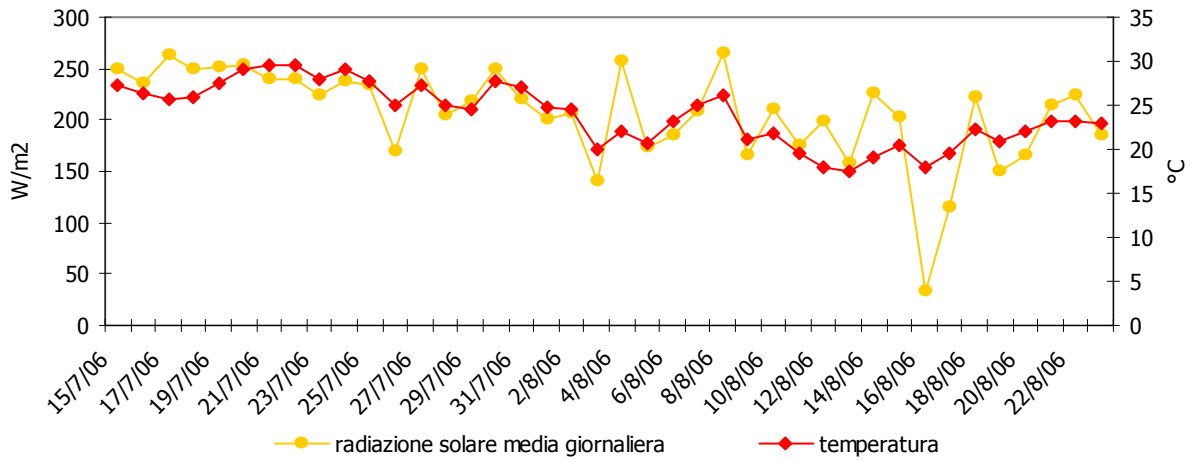
Si riportano gli andamenti relativi ai principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura presso la stazione di Lecco e di Colico (solo pressione):

- precipitazioni (cumulata giornaliera) e pressione (media giornaliera)
- radiazione solare (media giornaliera) e temperatura (media giornaliera)
- velocità del vento (media giornaliera) e umidità relativa (media giornaliera)

### Precipitazioni e Pressione



### Radiazione Solare Media e Temperatura



### Velocità del Vento e Umidità relativa

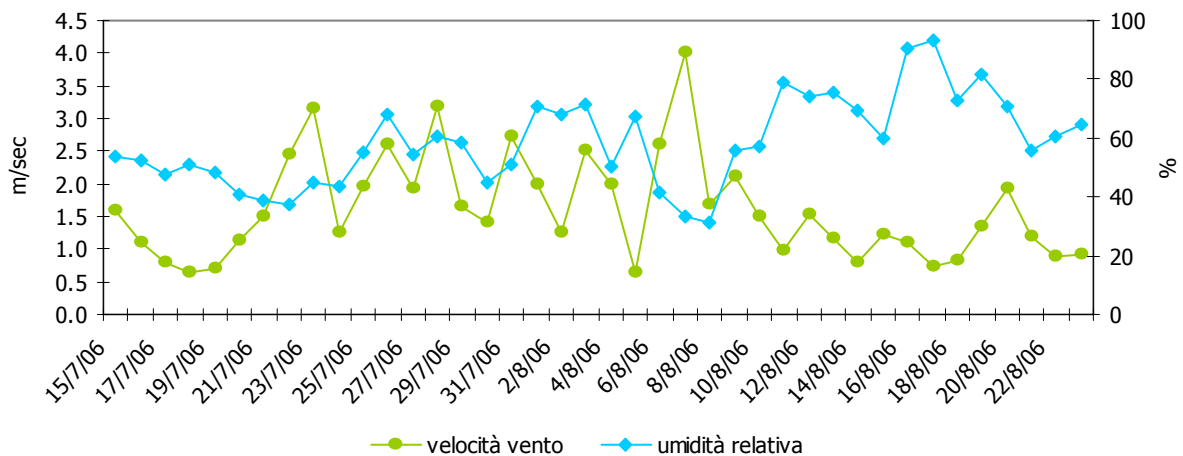


Figura 4: Andamenti dei principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura dalle centraline di Lecco e Colico (solo pressione).

## Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse

La strumentazione presente sul laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli ozoni ( $O_3$ ).

Come descritto nel capitolo **Normativa**, il D.M. 60 del 02.04.02 stabilisce, per  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO e PM10, i valori limite per la protezione della salute umana e i margini di tolleranza che si riducono progressivamente negli anni, fino ad annullarsi. I livelli di concentrazione degli inquinanti elencati saranno però di seguito confrontati con i rispettivi limiti "a regime", cioè con margini di tolleranza zero, adottando le condizioni più cautelative, anche quando non ancora vigenti per l'anno 2006.

Poiché i livelli di concentrazione degli inquinanti aerodispersi dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche osservate durante il periodo di misura e dalle differenti sorgenti emissive, è importante confrontare i dati rilevati nel corso di una campagna limitata nel tempo con quelli misurati, nello stesso periodo, in alcune stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). I livelli di concentrazione misurati in località Piani Resinelli sono stati pertanto confrontati con quelli registrati nella centralina fissa di Lecco, Colico e Varenna. Vedi tab.4.

L'evoluzione temporale dell' inquinante monitorato è rappresentata nelle Figure 5 con l'utilizzo di grafici relativi a:

- concentrazioni medie orarie: evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie 8 h: ogni valore è ottenuto come media tra l'ora  $h$  e le 7 ore precedenti l'ora  $h$ .
- concentrazioni medie giornaliere: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 23.00 dello stesso giorno;
- giorno tipo: evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Per "giorno tipo" o "giorno medio" si intende l'andamento delle concentrazioni medie orarie mediato su tutti i giorni feriali (o su tutti i giorni pre-festivi ovvero festivi) del periodo in questione. I giorni feriali, pre-festivi e festivi sono stati considerati separatamente nel calcolo del giorno tipo per mettere in evidenza le eventuali diverse caratteristiche emissive, legate al traffico o alle attività produttive.

Si fa inoltre presente che l'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora legale.

Il periodo critico per l'**Ozono** è la stagione estiva, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura favoriscono la formazione di questo inquinante secondario che viene prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono gli ossidi di azoto ( $NO_x$ ) e i composti organici volatili (COV).

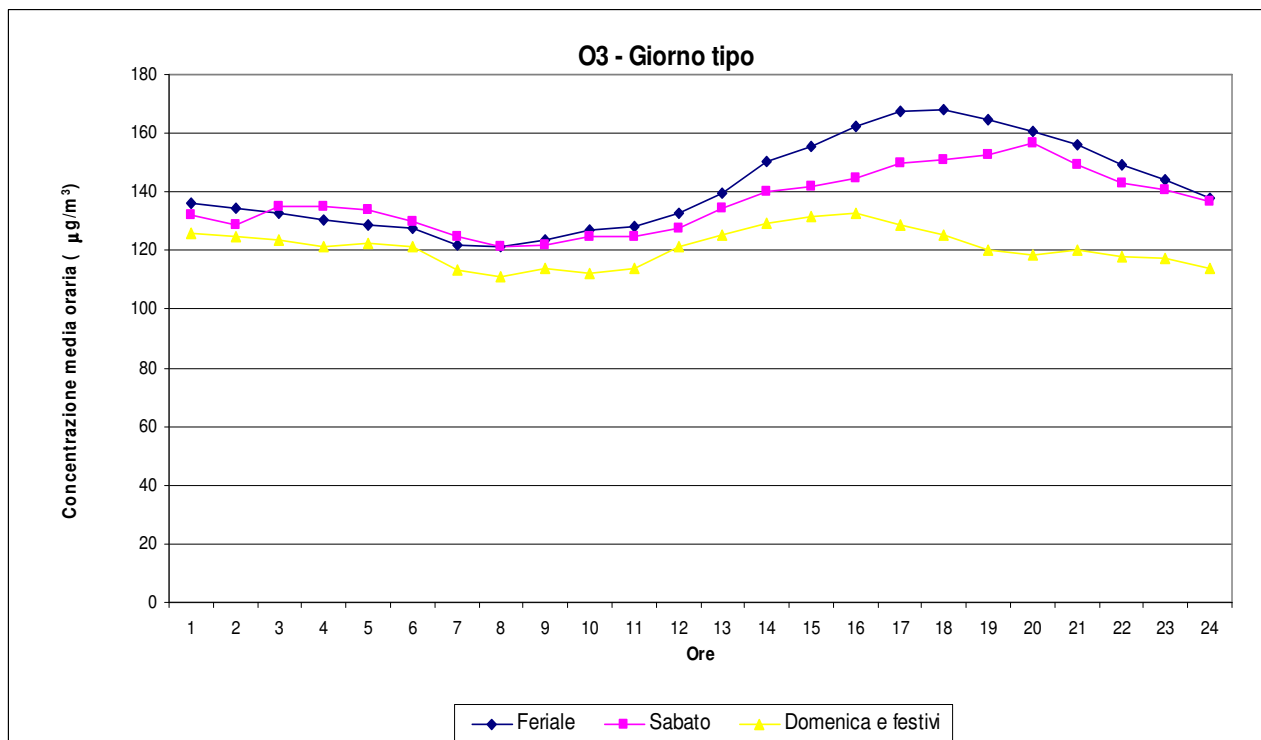
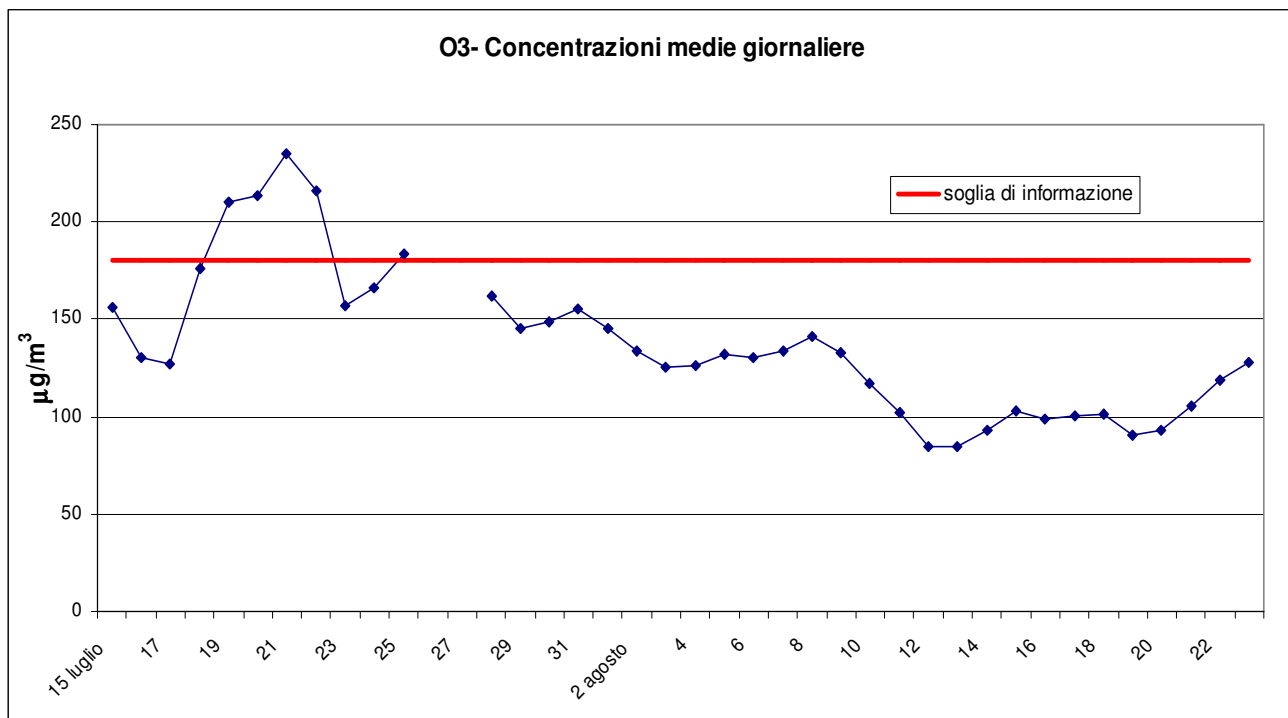
Nel corso di questa campagna, svolta proprio durante l'estate, il valore medio del periodo è risultato uguale a  $137 \mu g/m^3$ , mentre il valore massimo orario e il valore massimo mediato sulle 8 ore sono risultati uguali a  $313 \mu g/m^3$  e  $279 \mu g/m^3$  rispettivamente.

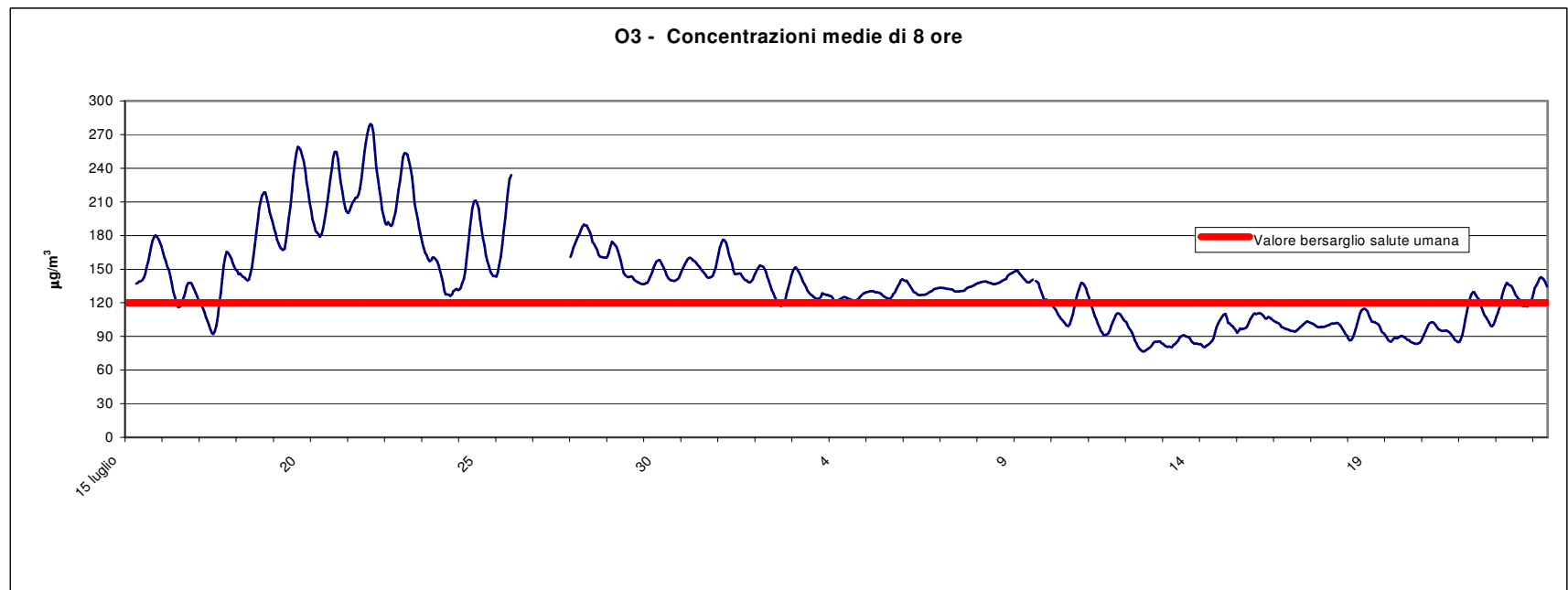
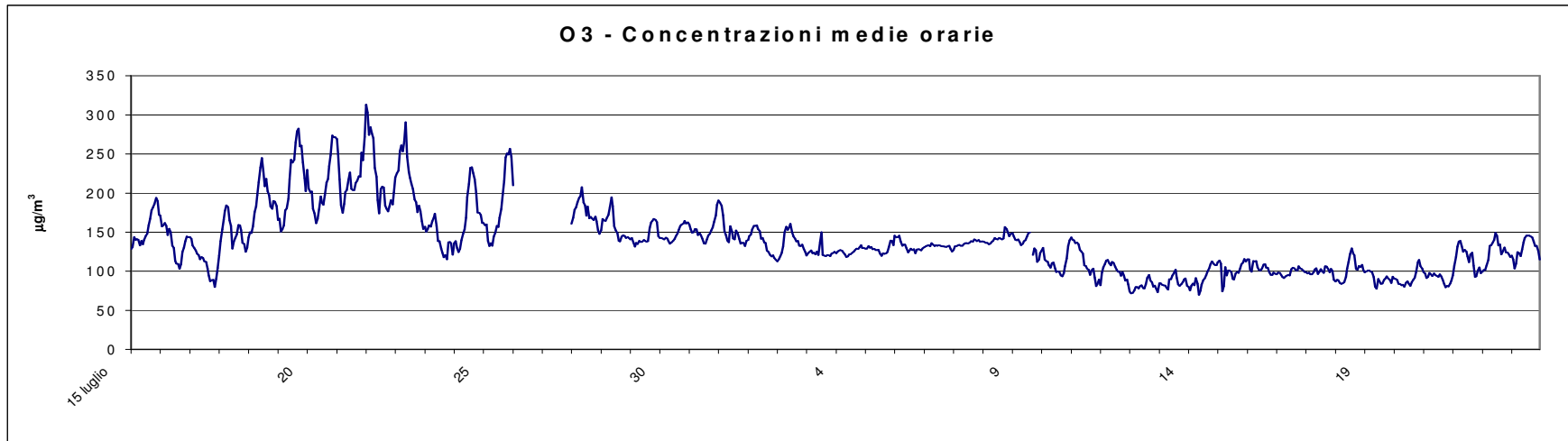
Aumenti di concentrazione dell'ozono in atmosfera sono stati registrati nei giorni soleggiati e in assenza di copertura nuvolosa (fino a g.22 luglio).

L'andamento di questo inquinante risulta differente da quelli primari, infatti l'ozono non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero è "a campana" con un massimo poco dopo il periodo di maggior insolazione; nei momenti di maggior emissione di NO le concentrazioni di ozono tendono a calare, soprattutto in vicinanza di strade con traffico sostenuto.

Di norma nel grafico del Giorno tipo i valori diurni più elevati si verificano nei giorni prefestivi e festivi, quando sono minori le emissioni di NO, e quindi si riduce la reazione tra NO e  $O_3$  che porta alla formazione di  $NO_2$  e alla distruzione di molecole di ozono, evidenziando il fenomeno noto come "effetto week-end". Ai Piani Resinelli si ha l'effetto contrario, dato che proprio i fine settimana sono i giorni di maggiore afflusso di traffico.

Figura 5: Concentrazioni medie giornaliere, giorno tipo, medie orarie, medie su 8 ore per O3 a Abbadia Lariana - loc. Piani Resinelli nel periodo di misura.





I dati rilevati dal laboratorio mobile ai Piani Resinelli sono stati messi a confronto con quelli registrati nel medesimo periodo dalla strumentazione presente in alcune centraline appartenenti alla rete fissa della qualità dell'aria della Provincia di Lecco ( Lecco, Colico e Varenna) appartenenti alle diverse zone.

	rete	Tipo zona	Tipo stazione	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
		Dec. 2001/752/CE	Decisione 2001/752/CE		
<b>Piani Resinelli</b>	PUB	RURALE	FONDO	1278	15 luglio – 23 agosto 2006
<b>Varenna</b>	PUB	RURALE	FONDO	220	Stazione Fissa
<b>Colico</b>	PUB	SUBURBANA	FONDO	218	Stazione Fissa
<b>Lecco via Amendola</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	214	Stazione Fissa

Tabella 3: Caratteristiche del sito di campionamento e delle centraline fisse di confronto.

**rete:** PUB = pubblica, PRIV = privata

**tipo zona Decisione 2001/752/CE:**

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 5000 abitanti
- **SUBURBANA:** periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale
- **RURALE:** all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale

**tipo stazione Decisione 2001/752/CE:**

- **TRAFFICO:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)
- **INDUSTRIALE:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria
- **FONDO:** misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale

Nella seguente tabella si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche del sito di campionamento e altri dati statistici riferiti a O<sub>3</sub>, relativi al periodo della campagna di misura:

- % rendimento
- media delle concentrazioni medie orarie;
- valore massimo orario;
- numero giorni in cui sono stati superati i livelli di attenzione

15 luglio – 23 agosto 2006

## Ozono

	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1 h (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 8 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento Liv.Attenzione
<b>Piani Resinelli</b>	96	137	313	279	5
<b>Varenna</b>	100	113	370	290	3
<b>Colico</b>	100	86	250	200	0
<b>Lecco</b>	100	97	231	206	0

Tabella 8: Dati statistici relativi a O<sub>3</sub>.

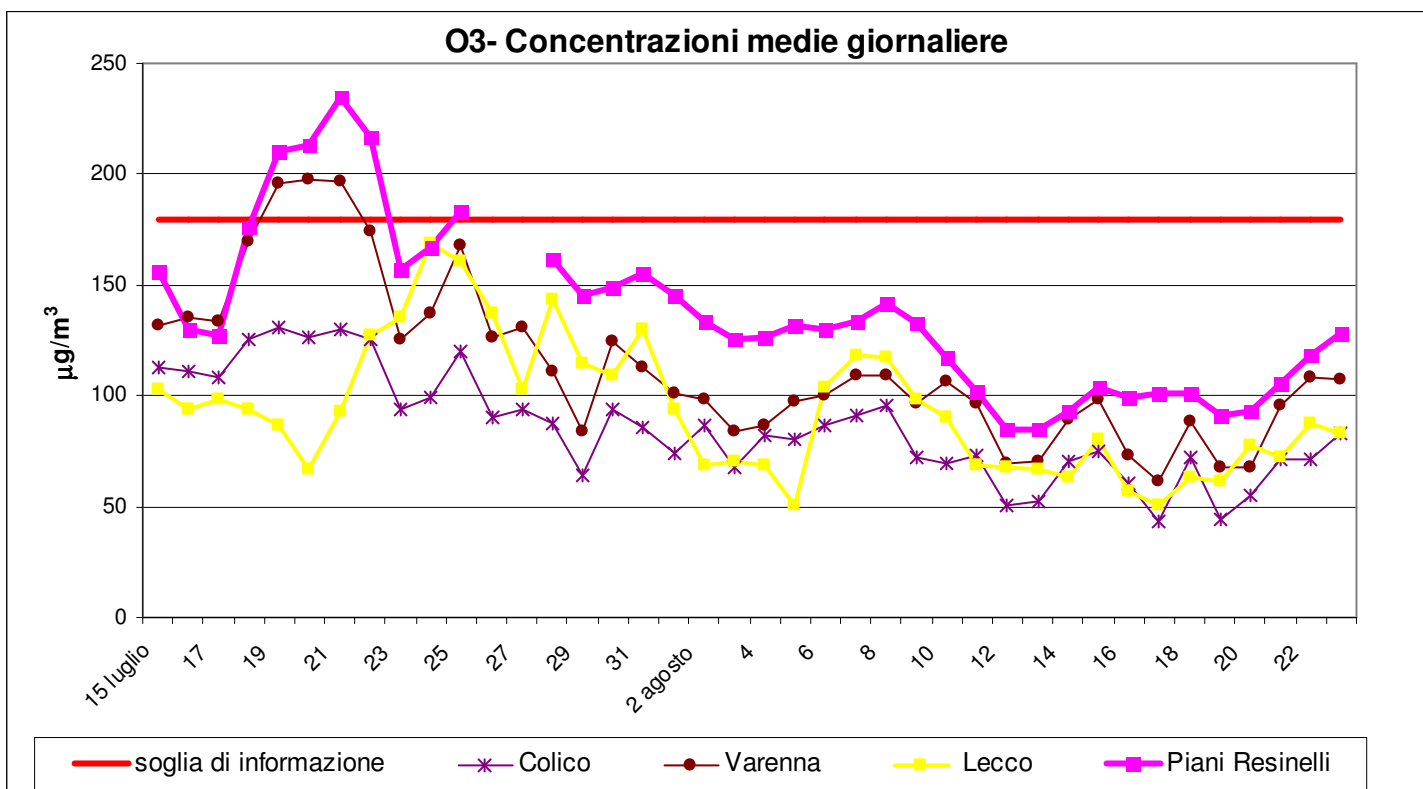
Generalmente le concentrazioni dell'ozono sono più elevate nelle aree rurali rispetto a quelle urbanizzate, valori maggiori si registrano sottovento alle grandi città, anche a decine di Km di distanza. Quindi per i livelli di ozono si possono tipicamente individuare tre fasce di concentrazione:

- bassa, in zona urbana (Es. Lecco),
- media, in zona suburbana o urbana da fondo (Es. Colico),
- alta, in zona rurale (Es. Varenna, Piani Resinelli).

Infatti la centralina che più si approssima ai dati rilevati ai Piani Resinelli risulta essere Varenna. Benché la massima media oraria e la massima media su 8 ore, siano più elevati a Varenna, il valore medio sul periodo è maggiore ai Piani Resinelli.

Inoltre, durante la campagna di monitoraggio si sono verificati 5 superamenti della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup> media oraria), anche se per diversi giorni si è superato il valore bersaglio per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> media 8 ore), come è usuale in questa stagione.

La figura seguente riporta il grafico dell'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di O<sub>3</sub> nelle diverse stazioni considerate.



## Conclusioni

Le misure effettuate sul territorio del comune di Abbadia Lariana - loc. Piani Resinelli hanno consentito una caratterizzazione della qualità dell'aria in prossimità sito di rilevamento:

- i valori e gli andamenti dell'O<sub>3</sub> sono confrontabili a quelli rilevati presso la centralina Varenna.

Si ribadisce che gli episodi di criticità per l'ozono non sono propri del sito di monitoraggio, ma interessano una vasta area della Lombardia settentrionale e sono fortemente determinati dalle condizioni morfologiche del sito e dalla posizione sottovento rispetto alle grandi città.

Inoltre, la campagna ai Piani Resinelli è stata condotta nel periodo estivo, che come precedentemente specificato, risulta essere il più critico per l'Ozono, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura favoriscono la formazione di questo inquinante secondario.

## Ringraziamenti

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale per l'insostituibile collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.



**Allegato**  
**Dati orari e medie giornaliere**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	medie giornaliere
15 luglio	128	131	144	140	141	140	133	139	135	140	145	148	159	167	178	182	186	194	190	172	171	157	159	162	156
16	158	146	154	150	132	130	113	110	109	103	109	125	130	138	144	144	144	141	133	130	127	122	121	115	130
17	118	117	113	112	103	95	87	89	89	80	90	104	120	139	154	166	177	184	182	165	158	129	138	143	127
18	147	159	159	152	137	135	125	130	143	150	149	157	176	183	197	214	233	245	228	209	218	202	197	183	176
19	180	190	189	184	165	168	151	153	158	178	180	193	218	243	239	243	265	279	283	260	261	239	219	202	210
20	230	206	201	202	180	175	161	167	179	196	188	185	197	214	218	234	249	274	271	271	269	250	218	185	213
21	175	186	201	204	217	227	205	204	204	213	216	222	221	252	242	272	313	303	275	285	276	270	232	221	235
22	191	174	205	209	207	184	180	177	183	191	186	200	220	226	229	254	261	253	266	291	247	227	219	212	216
23	205	192	189	175	184	177	164	154	157	150	153	159	157	164	168	173	158	139	138	129	124	118	121	115	157
24	137	138	136	121	136	138	130	124	129	139	148	154	168	195	212	232	233	225	218	201	175	175	172	162	167
25	162	159	160	139	132	136	133	144	149	158	157	169	180	198	215	245	251	249	257	246	210				183
26													161	168	179	182	188	194	196	208	188	184	171	183	
27																									
28	168	170	167	165	170	164	152	148	153	167	165	164	168	172	182	195	183	158	153	149	139	138	145	146	162
29	145	143	144	143	141	143	136	131	137	135	139	138	138	140	139	138	138	156	163	165	167	166	163	145	145
30	142	143	142	141	143	142	139	135	137	139	141	145	148	153	158	160	161	164	161	162	160	154	149	150	149
31	154	154	146	149	146	142	136	135	141	146	148	152	156	163	171	185	191	188	184	172	151	146	139	137	155
1 agosto	158	151	142	141	152	148	141	135	136	136	132	139	140	145	147	153	158	158	159	154	151	141	143	137	146
2 agosto	136	127	125	121	119	120	117	114	113	115	119	124	132	150	157	153	156	161	150	145	142	138	139	133	133
3	132	134	128	124	120	124	125	127	123	124	121	125	121	137	150	121	120	119	121	120	119	123	124	125	125
4	123	125	127	127	126	124	122	118	119	122	122	124	125	127	129	129	131	133	130	130	129	129	132	130	126
5	131	128	128	127	127	127	122	120	123	122	123	125	131	139	139	133	146	143	144	146	138	133	134	134	132
6	130	124	127	129	127	128	123	128	128	127	129	131	132	133	133	132	136	134	132	133	133	134	133	133	130
7	132	132	132	131	132	133	129	125	127	132	132	134	134	133	132	135	136	136	136	137	138	138	141	140	133
8	139	140	138	138	138	138	136	136	134	136	137	139	143	141	141	143	142	141	142	157	154	150	145	148	141
9	149	144	140	140	141	138	133	135	138	140	144	149	150		121	129	127	112	115	124	127	130	115	113	133
10	112	108	105	110	111	104	99	100	99	95	93	98	106	116	132	140	143	140	140	136	137	134	127	126	117
11	122	108	107	103	102	95	101	103	92	81	83	89	82	98	105	109	114	114	110	108	112	111	106	102	102
12	99	100	94	99	94	88	89	83	74	72	72	76	80	80	78	81	82	78	78	84	92	96	88	86	85
13	80	82	77	73	85	85	83	82	82	79	76	90	90	95	98	102	91	83	81	84	86	90	91	81	85
14	80	75	82	84	82	91	84	70	75	83	89	91	95	100	104	109	113	109	108	108	112	114	110	74	93
15	81	105	95	101	101	99	90	89	97	99	98	103	109	111	116	112	115	115	102	99	113	113	113	105	103
16	102	101	103	109	109	104	104	98	95	95	98	97	96	98	98	95	93	91	94	95	95	95	103	105	99
17	104	101	101	106	104	103	101	99	99	97	98	96	96	99	102	104	97	99	102	100	98	106	106	103	101
18	99	103	101	89	87	89	89	85	84	85	86	93	104	112	122	129	123	120	103	102	107	105	108	102	101
19	99	100	101	101	100	99	93	80	78	90	87	84	84	89	91	94	91	89	85	93	90	90	89	84	91
20	83	82	83	80	85	87	84	81	86	89	91	99	111	114	106	103	99	97	91	93	98	96	94	97	93
21	95	94	93	96	94	89	84	79	81	80	84	88	95	107	118	131	138	139	132	125	128	125	119	111	105
22	122	124	107	93	93	101	105	97	100	101	102	107	114	133	133	136	140	149	145	133	135	121	125	130	119
23	124	124	122	118	120	115	103	110	124	123	119	128	137	143	146	145	146	144	143	138	132	132	126	115	128