

Progetto PARFIL: campagna di misura di PM₁₀
COMUNE DI LECCO

15/01/2004 - 9/1/2005



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Progetto PARFIL: Campagna di Misura di PM₁₀
COMUNE DI LECCO

Gestione e Manutenzione degli Strumenti

P.I. Luca Vergani

Relazione *redatta*

Dr.ssa Anna De Martini

Dirigente U.O. Territorio e Sistemi Ambientali
Dip. di Lecco
Dott. Paola Bossi

Direttore Dipartimento Lecco
Ing. Franco Olivieri

Premessa

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla campagna di misura condotta con uno strumento gravimetrico dal 15 gennaio 2004 al 9 gennaio 2005 nel comune di Lecco nell'ambito del progetto PARFIL (PARTicolato Fine in Lombardia).

Campagna di Misura di PM₁₀ COMUNE DI LECCO

Introduzione	
Strumento per la misura di PM₁₀	pag. 4
Definizione di PM₁₀	pag. 4
Normativa	pag. 5
Campagna di Misura	
Sito di Misura	pag. 6
Principali Sorgenti Emissive	pag. 8
Situazione Meteorologica nel periodo di misura	pag. 11
Andamento e confronto del PM₁₀ con dati rilevati da postazioni fisse	pag. 18
Conclusioni	pag. 22
Ringraziamenti	Pag. 22
<i>Allegato Dati Orari</i>	

Introduzione

Strumento per la misura di PM₁₀

Per la campagna di misura, condotta dall'ARPA Dipartimento di Lecco, è stato utilizzato uno strumento gravimetrico per la misura di PM₁₀ o particolato fine.

Lo strumento impiegato è un gravimetrico prodotto dalla Zambelli, costituito da un campionatore sequenziale modello Explorer Plus, dal movimentatore automatico per filtri modello Controller, entrambi posizionati all'interno di una cabina termoventilata, dove alloggiavano anche la stampante ed il condizionatore, e la testa di prelievo.

Il sistema è dotato di:

- una testa di prelievo secondo la norma US-EPA, che richiede un flusso di campionamento costante di 1 m³/h.
- sistema di caricamento pneumatico con capacità fino a 16 filtri; i filtri sono montati su cassette individuali in teflon a loro volta contenute in un caricatore cilindrico.

Il volume effettivo V_{eff} (a T_a e P_a) e il volume a condizioni standard V_{st} (a 20 °C e 101.3 Pa), non sono misure dirette, ma sono calcolati normalizzando il volume V_c (a T_g e P_a) misurato dal contatore volumetrico per pressione e temperatura medie.

Sulla stampante del sistema, al termine del campionamento di ciascun filtro, vengono riportati:

- inizio, fine e tempo effettivo di campionamento;
- volumi V_c , V_{st} e V_{eff} ;
- temperature T_g media, e T_a minima, media e massima;
- pressioni P_a media e P minima e massima.

Nella campagna di misura il sistema ha campionato su filtri in borosilicato.

Definizione di PM₁₀

Inquinanti	Principali sorgenti
Particolato Fine*/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione se primario, prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche se secondario

* = Inquinante Primario = Inquinante generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche;

** = Inquinante Secondario = Inquinante prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche

Normativa

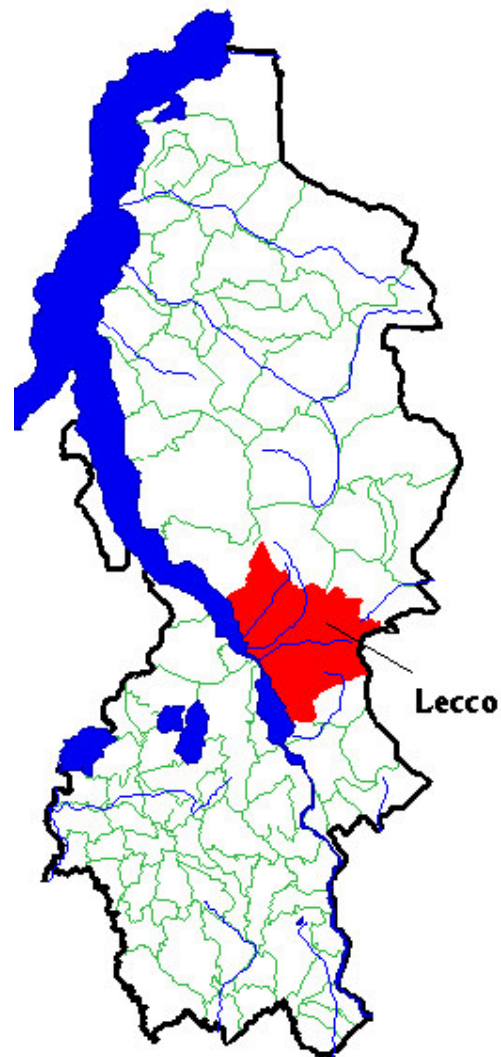
Per i principali inquinanti atmosferici, ed in particolare le polveri fini, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per quanto riguarda i limiti a lungo termine viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana (D.M. 60 del 2/4/02) allo scopo di prevenire esposizioni croniche. Per gestire episodi d'inquinamento acuto viene invece utilizzata la soglia di attenzione (D.G.R. 28/10/02).

Nota: tra parentesi sono indicati i margini di tolleranza validi per l'anno 2004.

Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo di mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile) 50 (+5)	24 h	D.M. 60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana 40 (+1,6)	Anno civile	D.M. 60 del 2/4/02

Campagna di Misura

Sito di Misura

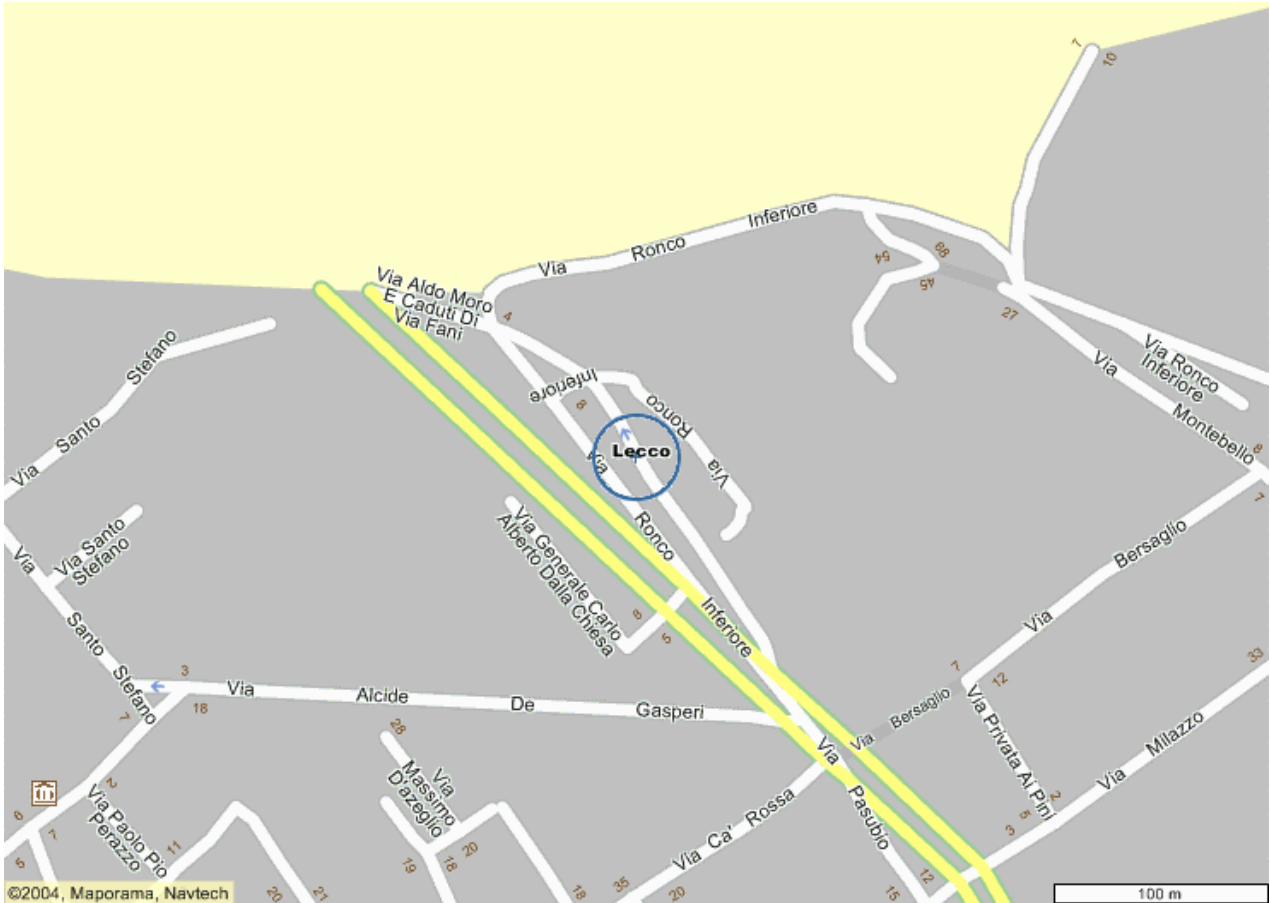


Periodo di Misura: 15 gennaio 2004 – 9 gennaio 2005

Sito di misura: Comune di Lecco
Via A. Moro, 4.
Area Residenziale.

Lo strumento gravimetrico è stato posizionato sul tetto della struttura adibita a Consiglio di Zona di Lecco 2. Si tratta di un'area sufficientemente aperta, e non a ridosso della strada sottostante,

percorsa in entrambi i sensi di marcia da traffico locale non intenso. Su Via A. Moro, nelle immediate vicinanze del CDZ 2, si apre il tunnel che collega alla provinciale per Sondrio.



Principali sorgenti emissive

Per la stima delle principali sorgenti emissive all'interno del territorio comunale di Lecco è stato utilizzato l'inventario regionale, denominato INEMAR (Inventario Emissioni Aria). Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: 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 (SO₂)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH₄)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO₂)
- Ammoniaca (NH₃)
- Protossido di Azoto (N₂O)
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM₁₀)

I dati sono stati elaborati al fine di definire i contributi delle singole sorgenti all'inquinamento atmosferico. Per i principali inquinanti sono state valutate le loro più importanti fonti emissive all'interno del Comune di Lecco.

Le emissioni di **biossido di zolfo** (16 t/anno) derivano principalmente dai processi legati alla combustione non industriale (53%) dovuta per lo più agli impianti di riscaldamento civile, e al traffico (33%).

Gli **ossidi di azoto** e il **monossido di carbonio** sono considerati inquinanti, la cui origine è da ricondursi quasi esclusivamente al trasporto su strada. Per le emissioni di monossido di carbonio è stata stimata una cifra pari a circa 2001.2 t/anno, dovuta per lo più al traffico autoveicolare (81.5%). Le emissioni di ossidi azoto (583 t/anno) sono invece da ricondursi non soltanto alle autovetture, ma anche ai mezzi pesanti. Il contributo del traffico è stimato essere del 68.7%.

Per quanto riguarda il **particolato fine (PM₁₀)** e i **composti organici volatili (COV)** le principali sorgenti all'interno del Comune di Lecco sono il trasporto su strada e le attività che fanno uso di solventi: il contributo di quest'ultima sorgente risulta preponderante in particolare per le emissioni di COV (59.7%).

Si riportano in grafici (valori percentuali) e tabelle (valori assoluti) le stime relative al particolato fine o PM10 per i diversi tipi di sorgente all'interno del Comune di Lecco. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera provincia di Lecco.

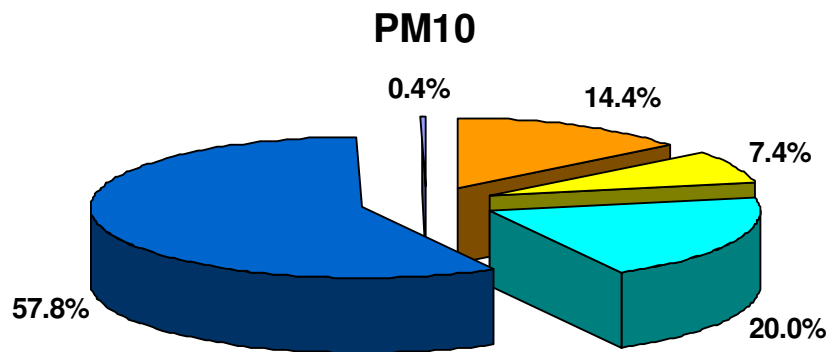
Si fa presente inoltre che l'inventario utilizzato si basa su dati riferiti al 2001.

Comune di Lecco

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM ₁₀
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0	0	0	0	0.0
Combustione non industriale	16	77	25	257	7.8
Combustione nell'industria	3	63	5	56	4.0
Processi produttivi	1	29	88	56	10.8
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	39	0	0.0
Uso di solventi	0	13	827	0	0.0
Trasporto su strada	10	401	307	1632	31.2
Altre sorgenti mobili e macchinari	0	2	0	0	0.2
Agricoltura	0	0	0	0	0.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	96	0	0.0

Provincia di Lecco

DESCRIZIONE MACROSETTORE	SO ₂	NO _x	COV	CO	PM ₁₀
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0	0	0	0	0
Combustione non industriale	170	554	577	6870	190
Combustione nell'industria	76	482	268	966	19
Processi produttivi	1	29	638	58	37
Estrazione e distrib.di combustibili fossili	0	0	257	0	0
Uso di solventi	0	19	5228	0.2	1
Trasporto su strada	85	3404	2051	10671	255
Altre sorgenti mobili e macchinari	18	221	30	66	30
Trattamento e smaltimento rifiuti	17	135	3	2	7
Agricoltura	0	1	1	0	0
Altre sorgenti e assorbimenti	2	8	1103	234	10



- | | |
|--|--------------------------------------|
| ■ Produzione energia e trasformazione 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 |

Situazione meteorologica nel periodo di misura

L'anno 2004 è stato caratterizzato da scarse precipitazioni nel primo periodo dell'anno (da gennaio a metà febbraio) e da una primavera con tempo variabile. Nel periodo estivo i fenomeni piovosi sono stati rari ma abbondanti, soprattutto nel mese di luglio, mentre è nel periodo autunnale, in ottobre, che si è registrato il massimo di piovosità. Nel mese di dicembre si è instaurata una situazione di alta pressione che si è protratta per tutto il mese di gennaio 2005, che ha comportato scarse piogge, favorendo la presenza di inversioni termiche e una bassa dispersione degli inquinanti.

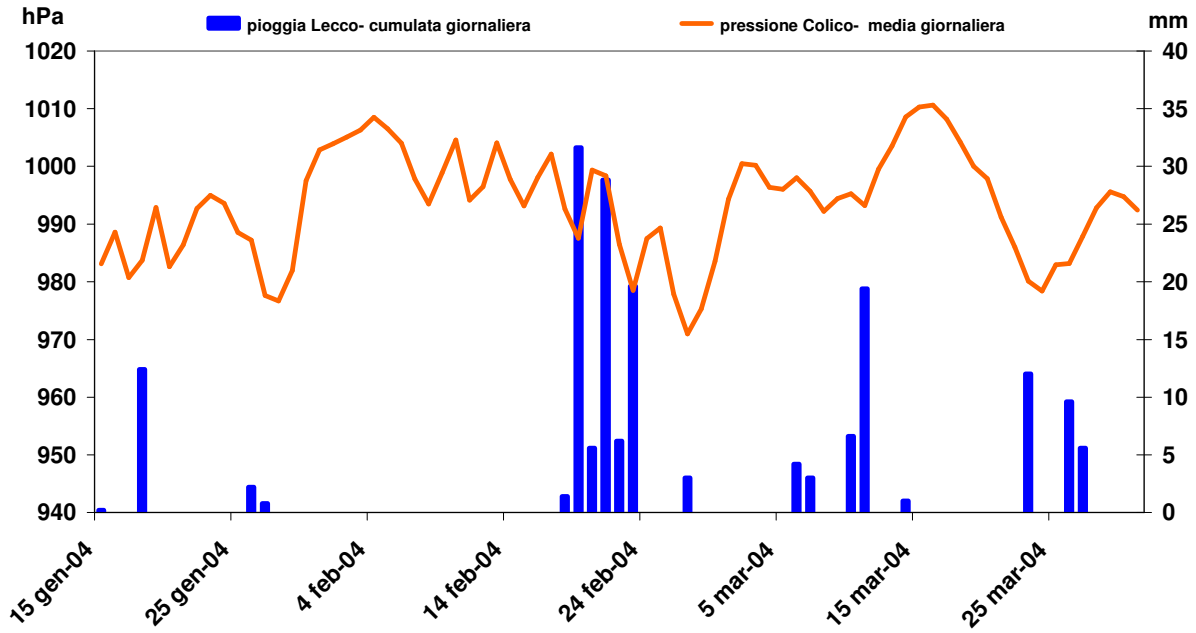
Per quanto riguarda le temperature, le massime giornaliere più elevate sono state raggiunte nei mesi di giugno, luglio e agosto, con un picco assoluto nel mese di luglio pari a 35.7 °C, registrato il giorno 23. I mesi più freddi sono stati gennaio e dicembre: la temperatura più bassa, pari a 0.4 °C, è stata registrata il 26 gennaio e il 27 febbraio.

L'andamento della velocità media del vento risulta essere più elevata nei mesi primaverili ed estivi. D'altra parte nel mese di novembre è stata misurata la massima velocità oraria assoluta di tutto l'anno: 8.6 m/s il 13 novembre. Le direzioni prevalenti dei venti sono da nord-ovest per il 32% e da sud per il 19% nel 2004.

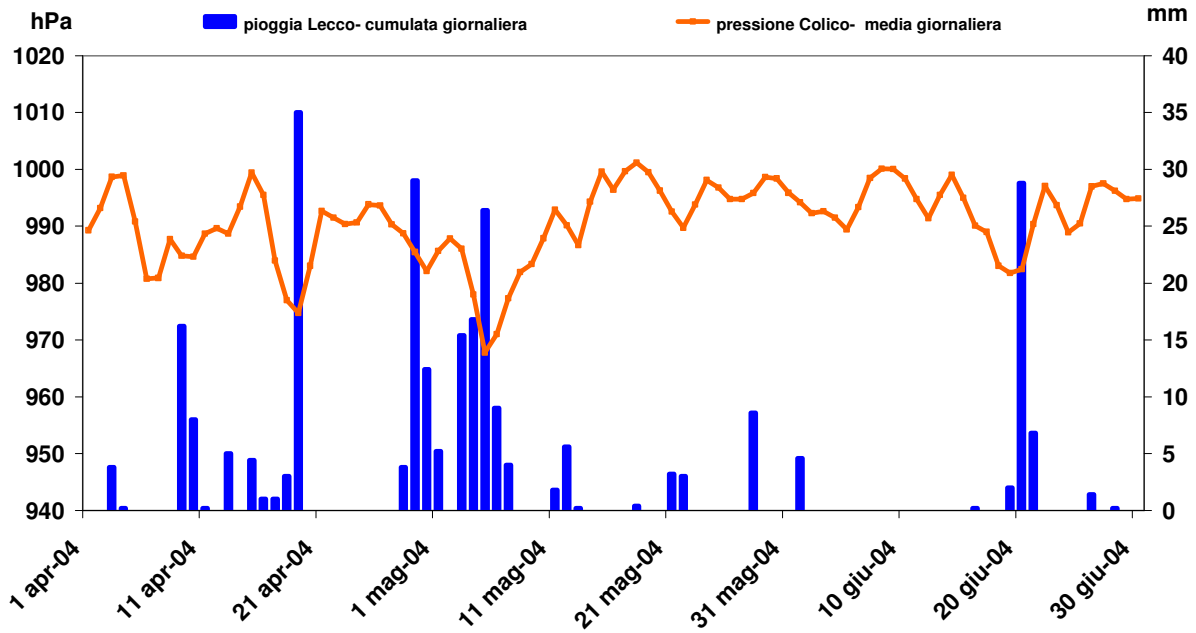
Si riportano in grafico gli andamenti relativi ai principali parametri meteorologici rilevati al periodo di misura presso le stazioni di Lecco (temperatura, radiazione solare, velocità del vento e pioggia) e di Colico (pressione):

- precipitazioni (cumulata giornaliera) e pressione (media giornaliera)
- radiazione solare (massima giornaliera) e temperatura (massima giornaliera)
- temperatura (media giornaliera) e temperatura (massima giornaliera)
- velocità del vento (media giornaliera) e velocità del vento (massima giornaliera)
- rose dei venti

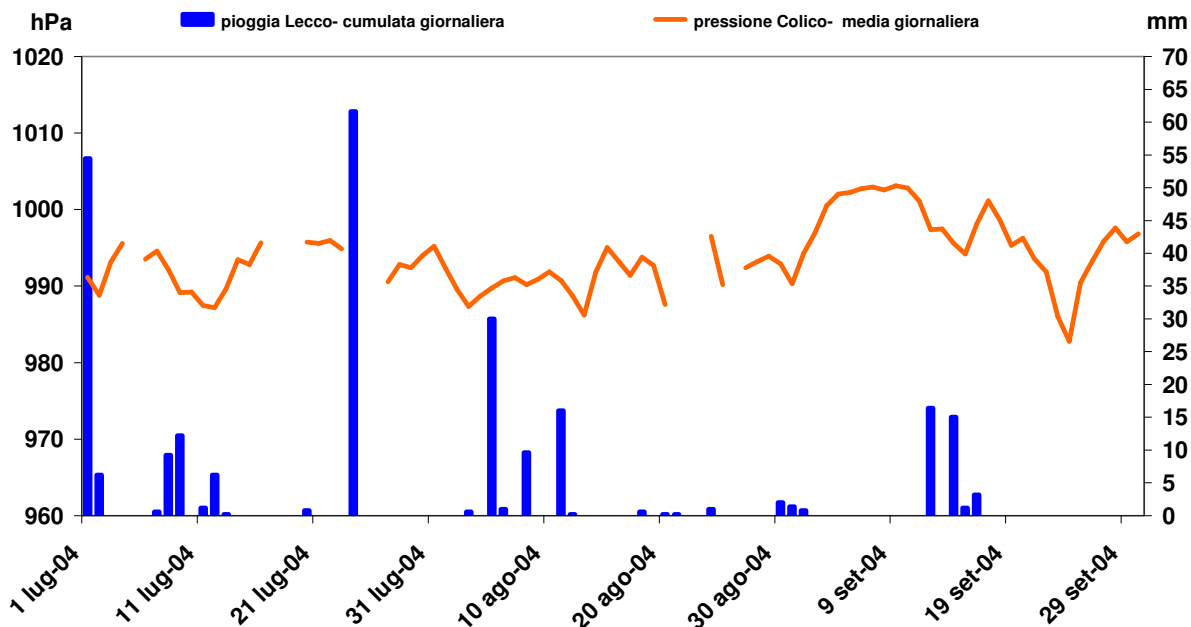
Pressione - pioggia
dal 15 gennaio al 31 marzo 2004



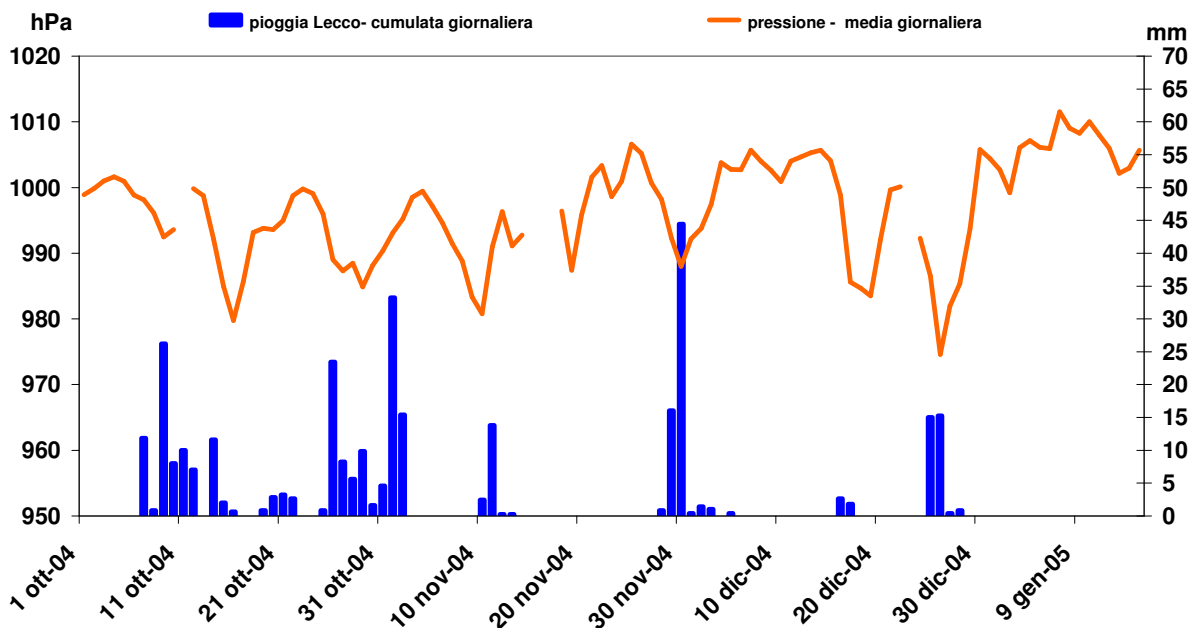
Pressione - pioggia
dal 1 aprile al 30 giugno 2004

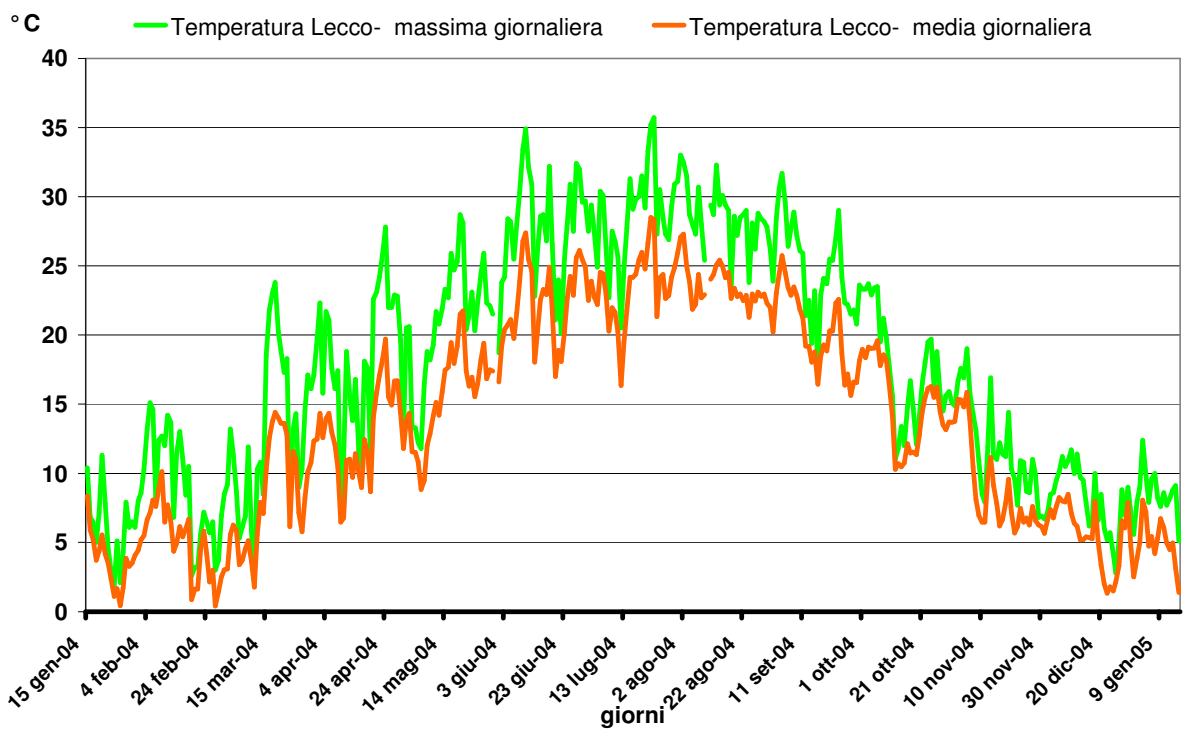
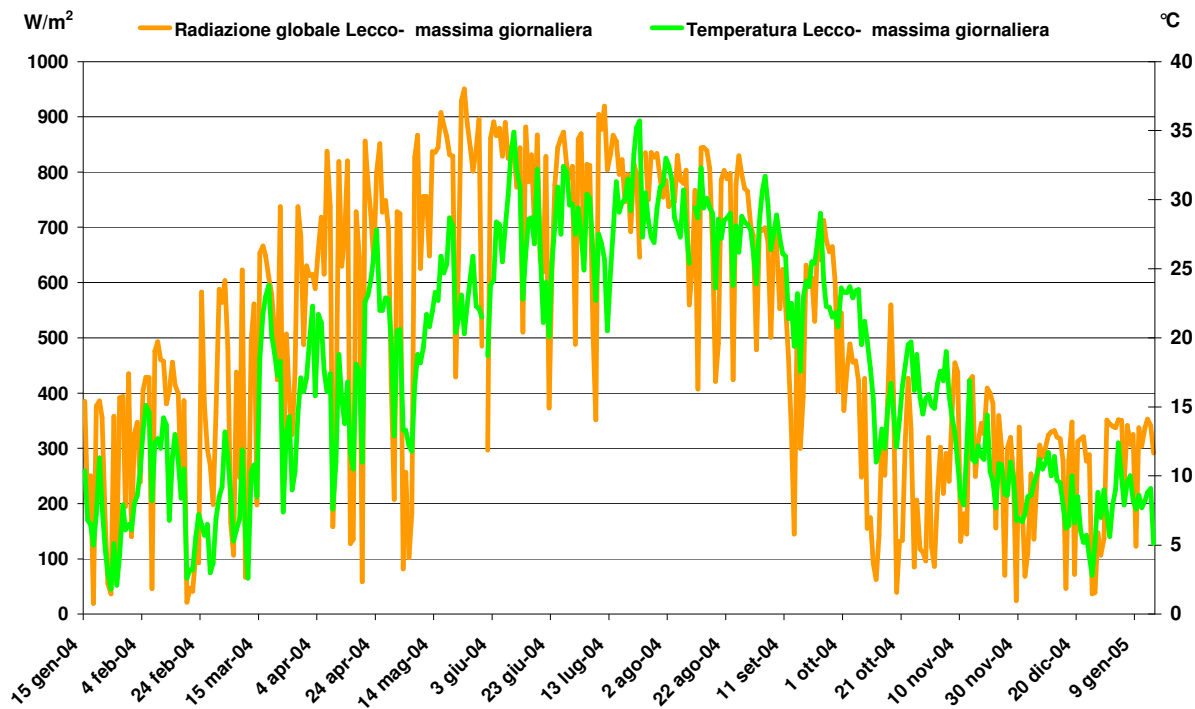


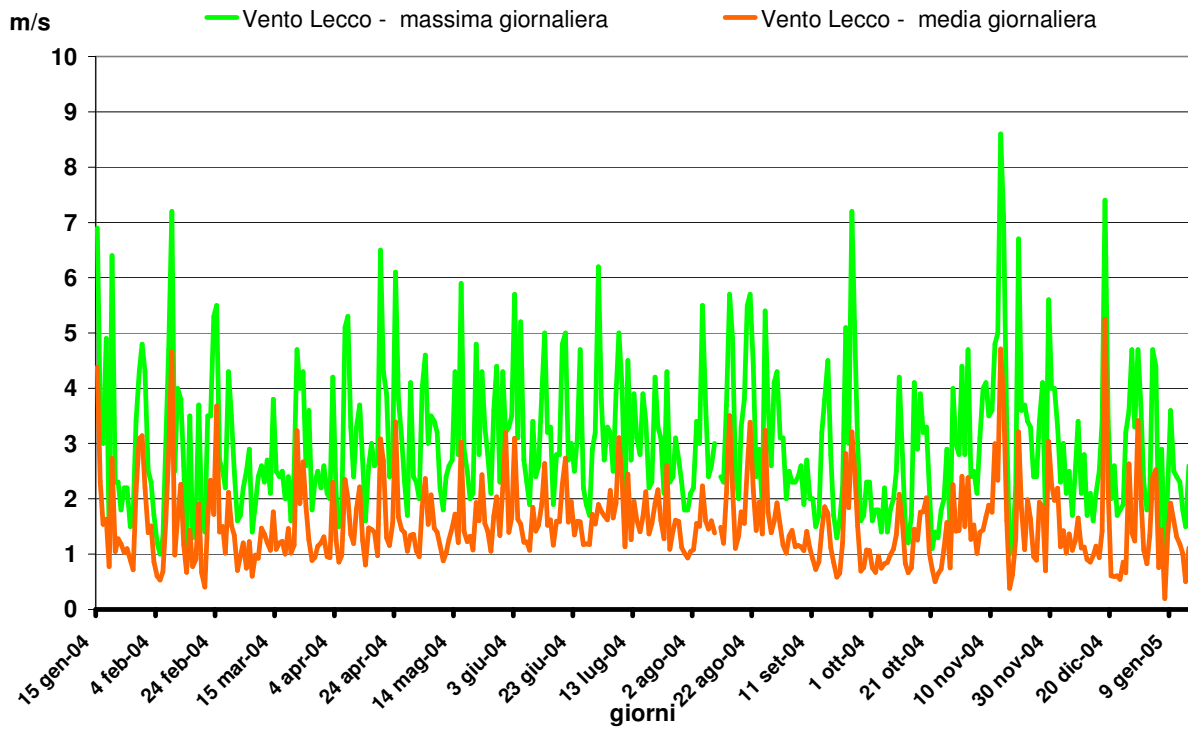
Pressione - pioggia
dal 1 luglio al 30 settembre 2004

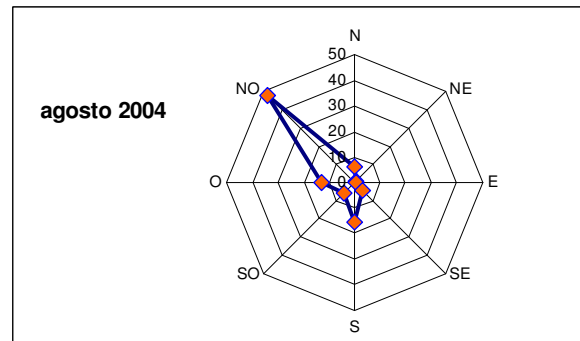
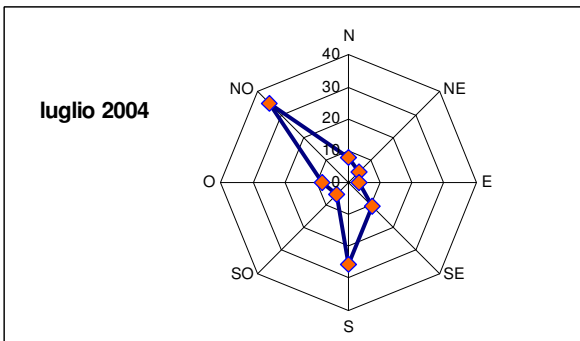
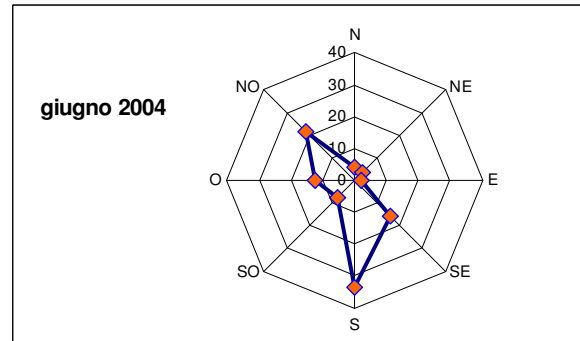
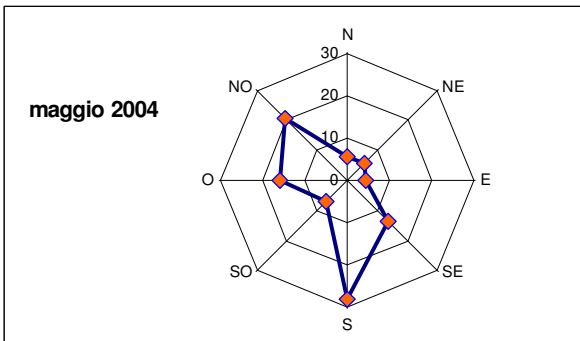
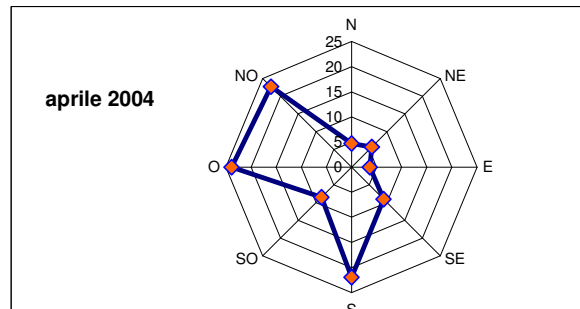
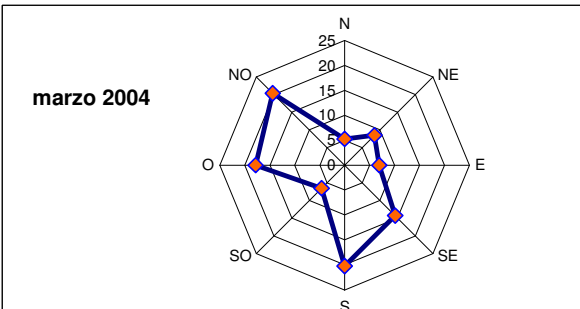
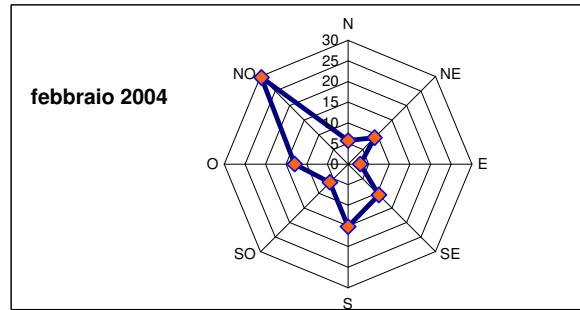
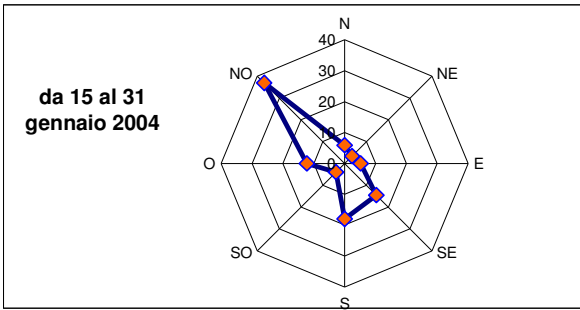


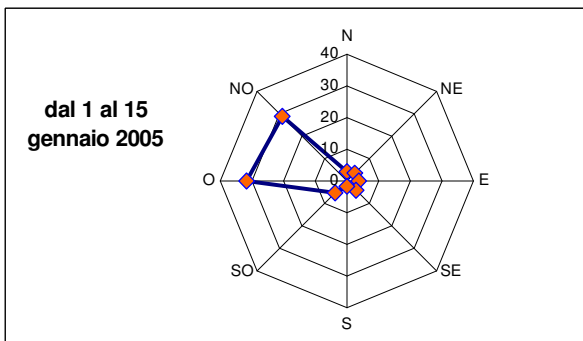
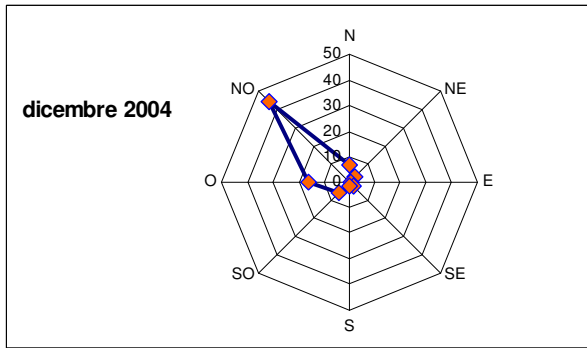
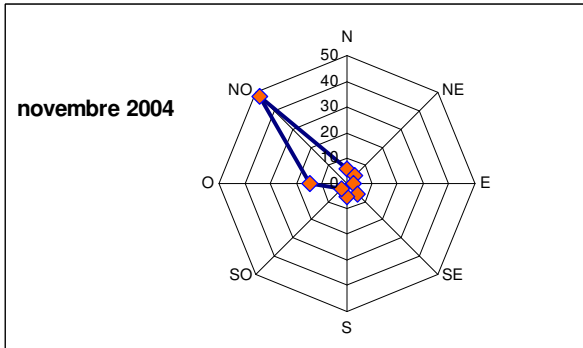
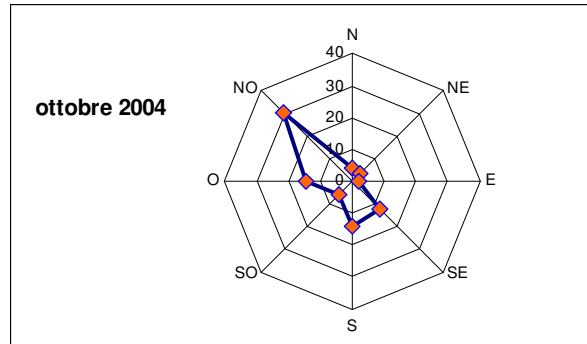
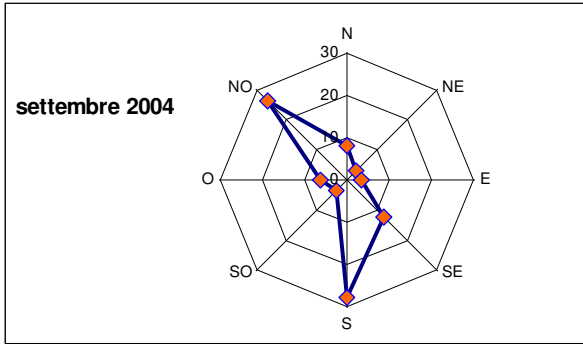
Pressione - pioggia
dal 1 ottobre 2004 al 15 gennaio 2005











Andamento e confronto del PM₁₀ con dati rilevati da postazioni fisse

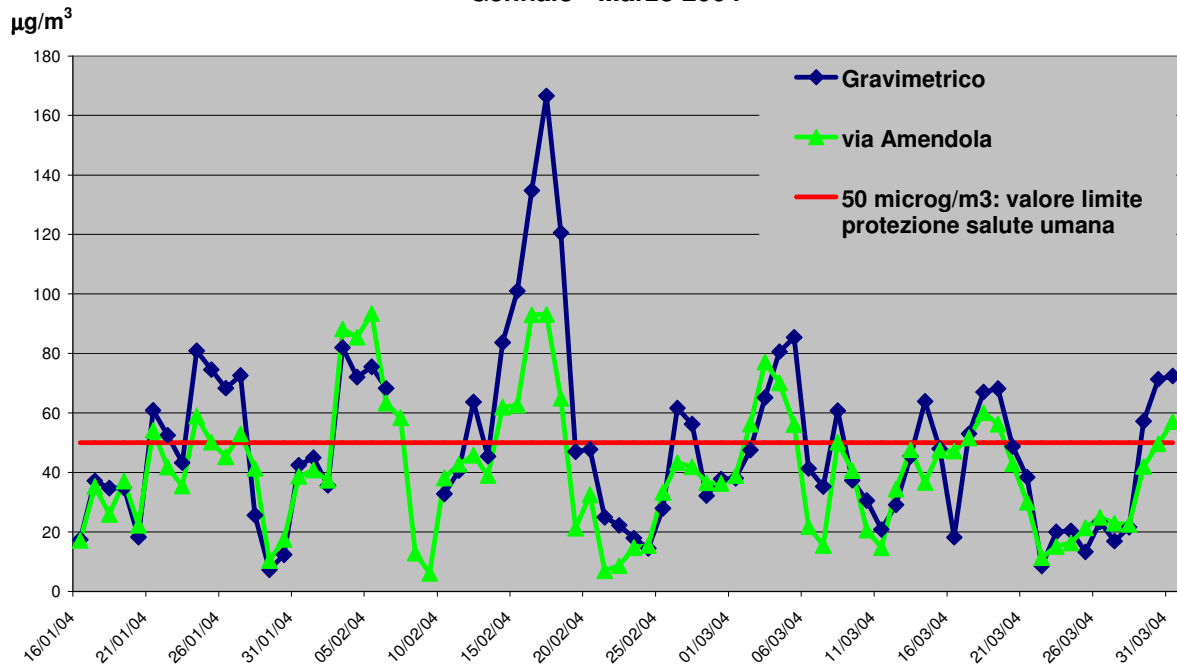
Dal 15 gennaio 2004 al 9 gennaio 2005 è stata realizzata nel comune di Lecco una campagna di monitoraggio di Qualità dell'Aria nell'ambito del progetto regionale PARFIL (PARTicolato Fine in Lombardia), che si propone di migliorare le conoscenze del particolato fine in termini di fonti emissive, di distribuzione delle concentrazioni e composizione chimica. Nella provincia di Lecco il sito di misura coinvolto è quello di via Aldo Moro a Lecco.

Il **Particolato Fine (PM₁₀)** è considerato uno dei "nuovi inquinanti", la sua misura è stata introdotta a partire dal 2000. Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi nuovamente al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni, che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche. Il Particolato Totale Sospeso è costituito da particelle con dimensioni differenti: si possono misurare particelle con diametro aerodinamico dell'ordine di alcune frazioni di micron fino a particelle grandi con diametro attorno alle decine di micron. Le particelle ritenute dannose a livello sanitario sono quelle fini e come tali presentano caratteristiche tali da penetrare nelle vie respiratorie. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono così prese in considerazione particelle con diametro inferiore a 10 µm.

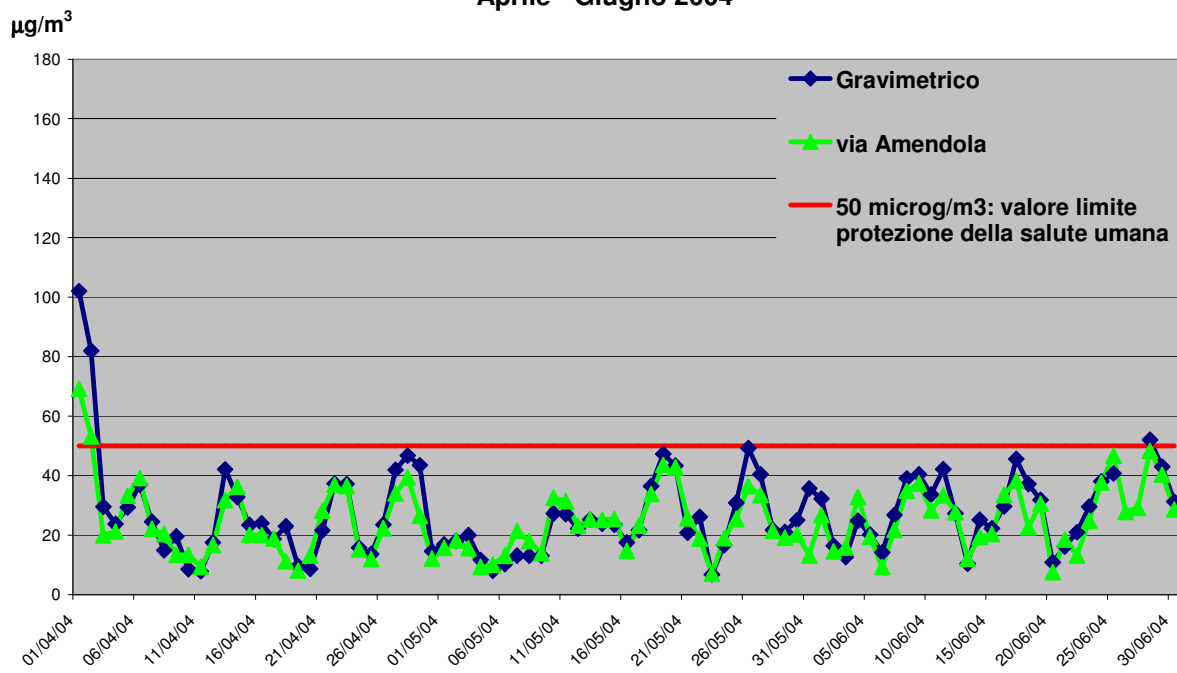
Dal mese di gennaio ai primi di aprile le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ sono state molto elevate, superando quasi quotidianamente i 50 µg/m³, valore limite della protezione della salute umana giornaliero. Questi superamenti sono dipesi dalla situazione meteorologica, caratterizzata da un limitato rimescolamento atmosferico, che non ha permesso la dispersione delle polveri. Successivamente l'arrivo delle piogge e l'aumento del rimescolamento dell'atmosfera, hanno favorito una diminuzione delle concentrazioni, che si sono attestate al di sotto del limite di protezione della salute umana. Nel periodo estivo le concentrazioni di polveri fini sono state essenzialmente basse. In alcuni giorni sono stati registrati dei superamenti, dovuti all'aumento in atmosfera di particolato fine di origine secondaria. Infatti le condizioni meteorologiche tipiche dell'estate, in particolare con radiazione solare intensa, favoriscono l'innescarsi di reazioni chimiche che portano alla produzione di particolato. Dal mese di settembre in poi, mutando le condizioni meteo, in assenza di pioggia, le concentrazioni di PM₁₀ sono aumentate: dal mese di ottobre in poi frequenti sono stati i superamenti di 50 µg/m³.

Il dato di PM₁₀ rilevato dal gravimetrico è stato messo a confronto con quello registrato nel medesimo periodo dalla strumentazione presente nella centralina di via Amendola appartenente alla rete fissa della qualità dell'aria della provincia di Lecco, mostrando un buon accordo tra le misure.

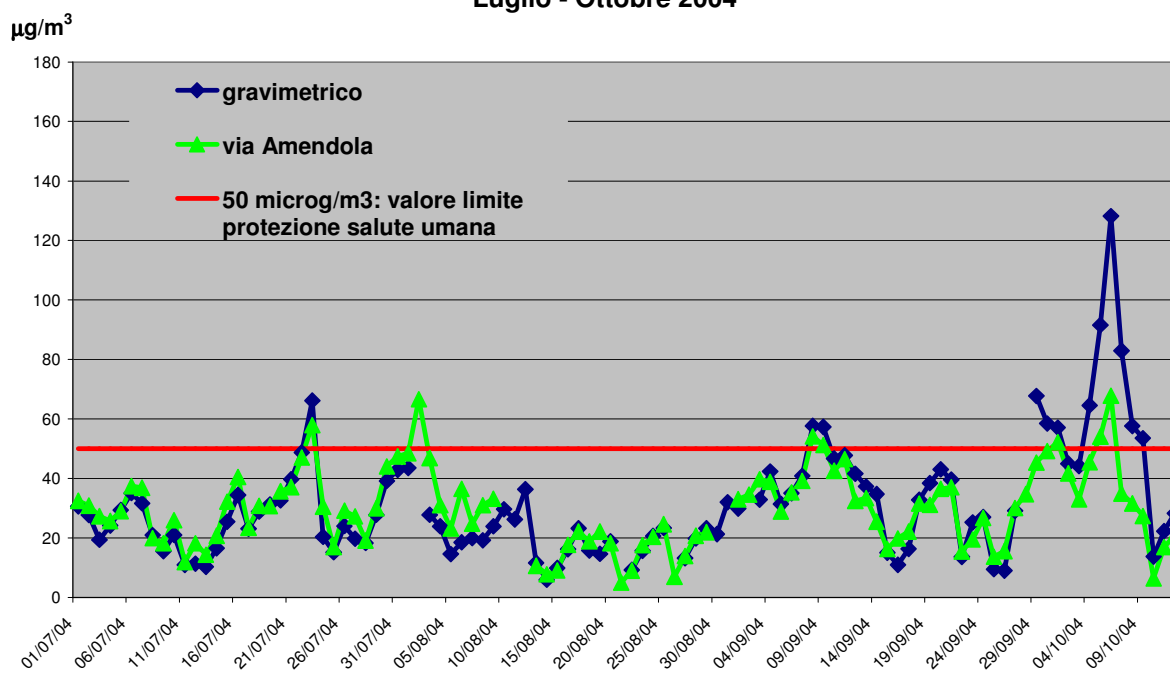
Gennaio - Marzo 2004



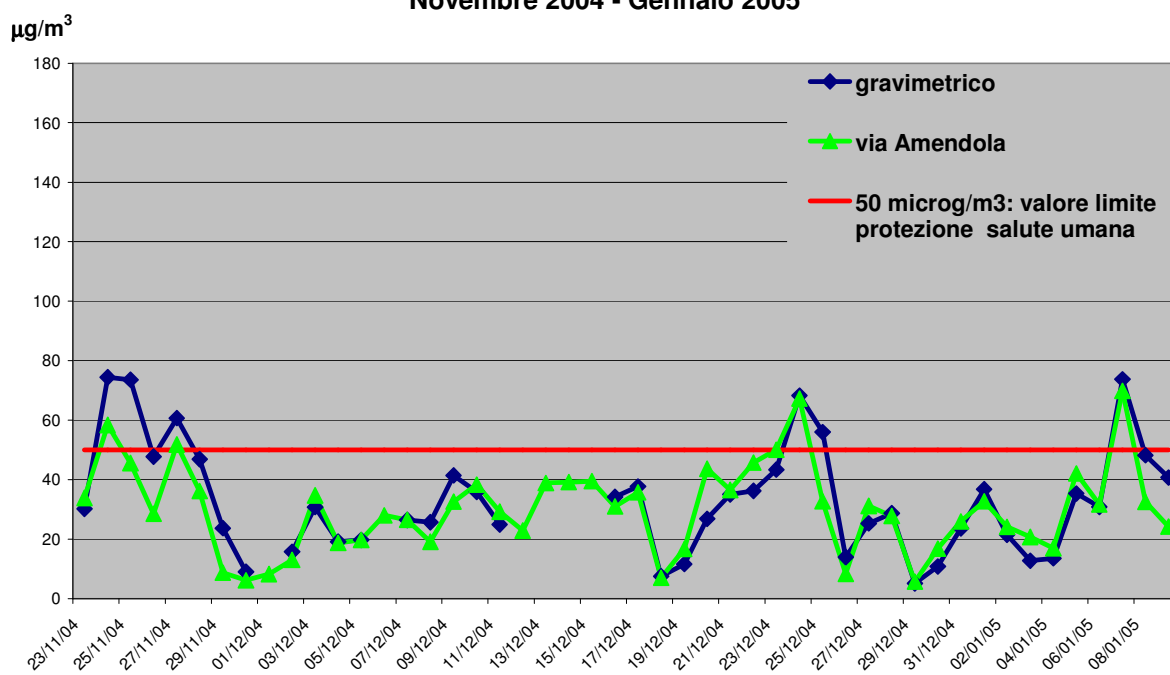
Aprile - Giugno 2004



Luglio - Ottobre 2004



Novembre 2004 - Gennaio 2005



Nelle seguenti tabelle si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche dei siti di campionamento (tabella 1) e altri dati statistici riferiti al PM₁₀ relativi al periodo della campagna di misura (tabella 2):

- % rendimento
- media delle concentrazioni sul periodo di misura;
- valore massimo giornaliero;
- numero giorni in cui sono stati superati il valore limite di protezione della salute umana (50 µg/m³).
- numero giorni in cui sono stati superati il valore limite di protezione della salute umana , considerando anche il margine di tolleranza per il 2004 è pari a 5 µg/m³, mentre per il 2005 è 0 µg/m³.

Tabella 1

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
Gravimetrico via Aldo Moro	PUB	URBANA	SUBURBANA	214	15 gennaio 04 -9 gennaio 05
via Amendola	PUB	URBANA	TRAFFICO	214	Stazione Fissa

rete: PUB = pubblica, PRIV = privata

tipo zona Decisione 2001/752/CE:

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 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
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

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
- **NON NOTA:** sconosciuta o altro

Tabella 2

	% Rend.	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max Media 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento valore limite protezione della salute umana (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nr. giorni superamento valore limite protezione della salute umana (50+5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) *
Gravimetrico via Aldo Moro	84	35	167	50	46
via Amendola	98	31	93	39	28

* Il margine di tolleranza per il 2004 è di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per il 2005 è $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Conclusioni

La campagna di misura di polveri sottili nell'ambito del progetto Parfil ha evidenziato l'esistenza di periodi critici per l'inquinamento da PM_{10} , a causa di particolari situazioni meteorologiche. Infatti in condizioni di stabilità atmosferica, in presenza di inversioni termiche e quindi di limitato rimescolamento dell'atmosfera, situazioni tipiche dell'autunno ed in particolare dell'inverno, numerosi sono stati i superamenti del valore limite della protezione della salute umana. Le concentrazioni di PM_{10} rilevati con lo strumento gravimetrico sono state confrontate con quelle rilevate nella postazione fissa di Lecco, facente parte della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'Arpa. I dati risultano essere confrontabili.

Si osserva inoltre che il periodo di misura è quasi coincidente con l'anno civile 2004, pertanto con una buona approssimazione, si può affermare che in entrambe le postazioni di misura, la media sull'intero periodo non supera il valore limite della protezione della salute umana annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DM 60/02). D'altra parte in via Aldo Moro si è superato il numero massimo di giorni consentiti per il superamento del valore limite della protezione della salute umana giornaliero pari a 35 giorni secondo il DM 60/02.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Amministrazione del Consiglio di Zona 2 per l'insostituibile collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.

Allegato Dati Orari

PM10

Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto
1		53	45	111	18	35	33	48
2		42	56	89	20	18	30	
3		96	76	32	22	14	21	30
4		84	94	26	13	27	26	26
5		88	100	32	9	22	32	16
6		80	48	40	11	15	38	20
7			41	27	14	29	35	22
8			71	16	14	43	23	21
9		14	44	21	14	44	17	26
10		38	36	9	30	37	23	32
11		48	24	9	30	46	12	29
12		75	34	19	24	30	12	40
13		53	53	46	28	11	11	13
14		98	75	36	26	27	18	6
15		118	56	26	26	24	28	11
16	20	158	21	26	19	32	38	18
17	44	195	62	20	24	50	25	25
18	41	141	79	25	40	41	31	17
19	41	55	80	10	52	35	34	16
20	21	56	57	9	47	12	36	21
21	71	29	45	24	23	18	43	
22	61	26	10	41	29	23	53	10
23	51	21	23	41	7	32	72	17
24	95	17	24	17	18	42	22	23
25	87	33	16	15	34	44	17	25
26	80	72	27	26	54		26	
27	85	66	20	46	44		22	14
28	30	38	25	51	24	57	20	22
29	8	44	67	47	23	47	30	25
30	14		84	16	27	34	43	23
31	50		85		39		47	35

PM10Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio-05
1	33	62			37
2		49		17	21
3	36	48		34	13
4	46	70		21	14
5	34	100		22	35
6	38	140	m a n u t e n z i o n e		31
7	45	91		29	74
8	63	63		28	48
9	63	58		45	41
10	51	15		39	
11	52	24		27	
12	45	31			
13	41				
14	38				
15	16				
16	12	m a n u t e n z i o n e		37	
17	18			41	
18	36		8		
19	42		13		
20	47		29		
21	43		38		
22	15		40		
23	27		33	47	
24	29		81	75	
25	10		80	61	
26	10		52	15	
27	32		66	28	
28		51	31		
29	74	26	6		
30	64	10	12		
31			26		