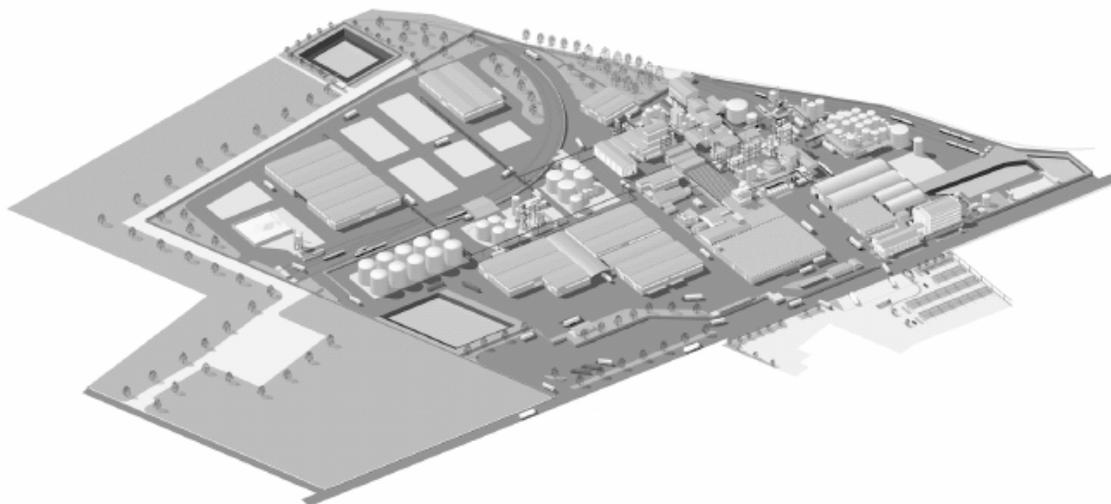


REGIONE PIEMONTE
Provincia di Novara
Comune di Trecate - Polo industriale di San Martino

Stabilimento Esseco S.r.l.



**Autorizzazione integrata ambientale ai
sensi del D.Lgs. n. 59 del 18 febbraio 2005**

ALLEGATO D.5 – RELAZIONE TECNICA SU DATI E MODELLI METEOCLIMATICI

Committente



ESSECO S.r.l.

Via San Cassiano n° 99
28069 San Martino di Trecate - Trecate (NO)

Redatto



Viale Berrini, 7
28041 Arona (NO)

INDICE

CAP.		PAG.
1	CARATTERIZZAZIONE METEO CLIMATICA E DEI PARAMETRI DIFFUSIVI DELL'AREA DI STUDIO	4
1.1	Anemologia	6
1.1.1	Elaborazioni del campo del vento (Novara Cameri)	9
1.2	Stabilità atmosferica e strato rimescolato	15
1.2.1	Elaborazioni stabilità atmosferica (Novara Cameri)	20
1.3	Precipitazione	22
1.3.1	Elaborazioni precipitazione (Cameri-Cascina Bornago)	23
1.4	Temperatura	27
1.4.1	Elaborazioni temperatura (Cameri-Cascina Bornago)	28
1.5	Umidità relativa	28
1.5.1	Elaborazioni umidità relativa (Cameri-Cascina Bornago)	29
2	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO	49
2.1	Biossido di azoto (NO₂)	52
2.2	Biossido di zolfo (SO₂)	53
2.3	Acido solfidrico (H₂S)	53
2.4	Polveri Totali Sospese (PTS)	53
2.5	Ozono (O₃)	54
2.6	Idrocarburi Non Metanici (NMHC)	55
2.7	Monossido di carbonio (CO)	56

	2.8	Grafici e rilevamenti	57
	2.8.1	Biossido di azoto (NO ₂) – Cameri	60
	2.8.2	Biossido di zolfo (SO ₂) – Cerano	63
	2.8.3	Acido solfidrico (H ₂ S) – Cerano	66
	2.8.4	Polveri Totali Sospese (PTS) – Romentino	69
	2.8.5	Ozono (O ₃) – Romentino	72
	2.8.6	Idrocarburi Non Metanici (NMHC) – Romentino	75
	2.8.7	Biossido di azoto (NO ₂) – Trecate	78
	2.8.8	Polveri Totali Sospese (PTS) – Trecate	81
	2.8.9	Idrocarburi Non Metanici (NMHC) – Trecate	84
	2.8.10	Monossido di carbonio (CO) – Trecate	87
		MODELLI METEO CLIMATICI UTILIZZATI	90
3	3.1	Scelta del modello meteo climatico	90
	3.2	Scelta del modello di simulazione nella versione Short Term	91
	3.3	Descrizione modello utilizzato (ISC3)	91
	3.4	Dati meteo climatici utilizzati per le simulazioni	96

1. CARATTERIZZAZIONE METEO CLIMATICA E DEI PARAMETRI DIFFUSIVI DELL'AREA DI STUDIO

Allo scopo di giungere ad una corretta e completa caratterizzazione meteorologica e climatologia dell'area in esame, sono stati considerati ed analizzati i dati relativi a stazioni di monitoraggio significative. I parametri che si sono così potuti analizzare sono:

- Temperatura dell'aria;
- Umidità relativa;
- Precipitazione;
- Velocità e direzione di provenienza del vento;
- Stabilità atmosferica.

Risultano disponibili per l'area in esame due distinte serie di dati: la prima relativa alla stazione di Cameri, di proprietà dell'ENEL, relativa al periodo 1960-1991 o 1958-1991 a seconda del parametro, e la seconda, sempre relativa a Cameri (Cascina Bornago), fornita dalla Regione Piemonte e riguardante il periodo 1990-1997.

I dati relativi alla prima serie, coprendo un periodo temporale più esteso, sembrerebbero essere maggiormente idonei ai fini di una caratterizzazione meteo climatica, tuttavia per quanto riguarda la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e la precipitazione i dati a disposizione si presentano su base mensile riducendo ampiamente le possibilità di elaborazione più dettagliate. Per tali parametri è stato, quindi, ritenuto opportuno considerare i dati della Regione Piemonte (1990-1997) che sono disponibili su base giornaliera.

Un discorso a parte merita l'analisi dei parametri anemologici. Anche in questo caso risultano disponibili per lo studio le due distinte serie di dati descritte in precedenza. I dati ENEL, relativi al periodo 1958-1991, constano di 8 osservazioni giornaliere (alle ore sinottiche 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21), mentre i dati della Regione Piemonte sono relativi al periodo 1990-1997 e sono costituiti da dati giornalieri. I dati ENEL, quindi, sono valori puntuali misurati con cadenza trioraria, mentre quelli della Regione sono disponibili come valori medi giornalieri. In quest'ultimo caso la velocità consiste nella media aritmetica delle velocità del vento misurate nelle 24 ore e la direzione è quella prevalente nel giorno (la più frequente). In questo modo le due grandezze (velocità e direzione del vento) non

appaiono essere strettamente legate così come richiesto per la costruzione della rosa dei venti. Per tale motivo si è deciso di utilizzare la serie di dati di proprietà dell'ENEL.

I dati sono stati elaborati per costruire le rose del vento e le distribuzioni in classi di velocità.

Sempre nell'area di Cameri è presente una stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare Italiana (alt.178 m, lat. 45°31', long. 8°40'). I dati sono stati desunti dalla Banca Dati Agrometeorologica Nazionale del Sistema Informativo Agricolo Nazionale del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Gli anni esaminati sono compresi nel periodo che va dal 1951 al 2000.

La stazione meteorologica fornisce oltre ai dati delle caratteristiche anemologiche i dati relativi alle temperature medie, alle precipitazioni e all'umidità relativa.

Le elaborazioni effettuate sono state:

1. Temperatura dell'aria e umidità relativa

- Medie mensili;
- Medie annuali;
- Anno tipo delle medie giornaliere;
- Anno tipo delle medie mensili;
- Stagioni tipo;
- Mesi tipo.

2. Precipitazioni

- Precipitazione cumulata mensile (somma mensile dei valori giornalieri);
- Precipitazione cumulata annuale (somma annuale dei valori giornalieri);
- Stagioni tipo sul periodo dal 1990 al 1997;
- Anno tipo di precipitazione cumulata mensile.

3. Anemologia

- Rosa del vento su tutto il periodo;
- Distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento su tutto il periodo;
- Rosa del vento su base stagionale;
- Distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento su base stagionale;
- Distribuzione di frequenza stagionale delle classi di velocità del vento su tutto il periodo.

4. Stabilità atmosferica

- Distribuzione mensile delle classi di stabilità atmosferica;
- Distribuzione stagionale delle classi di stabilità atmosferica;
- Distribuzione delle classi di velocità del vento in funzione della stabilità atmosferica.

Per quanto riguarda la stazione di Cameri dell'Aeronautica Militare vengono riportati i valori medi delle distribuzioni di frequenza stagionali e annuali dei vari parametri meteorologici utilizzati per le simulazioni modellistiche.

Nelle pagine che seguono vengono presentati i risultati ottenuti dalle elaborazioni effettuate.

1.1 ANEMOLOGIA

I risultati, presentati nelle figure che seguono, mostrano una elevata percentuale di calme (inferiore a 0.5 m/s) in tutte le elaborazioni. Tale fatto si spiega sia con le particolari caratteristiche anemologiche della Valle Padana, ma anche considerando che la velocità del vento è trattata (come previsto dall'O.M.M. – Organizzazione Mondiale di Meteorologia) come media vettoriale, ossia tiene conto della direzione e attua una scomposizione lungo gli assi cartesiani del vettore vento. Conseguentemente se, per ipotesi, nell'arco di un ora si avessero 30 minuti di vento da N con velocità 3 m/s e 30 minuti da S con pari velocità, il vettore risultante sarebbe nullo (modulo =0). Nel caso di una media aritmetica avremmo, invece, un valore pari a 3 m/s. D'altra parte l'utilizzo della velocità vettoriale, oltre che permettere la costruzione della rosa dei venti, è anche più aderente alla realtà fisica del trasporto di masse d'aria, in quanto, nell'esempio di sopra, l'effettivo trasporto di masse d'aria sopra il luogo di misura è nullo.

Passando alle elaborazioni riportate si nota:

- * La percentuale di calme è superiore nei semestri freddi (autunno e inverno) ed è minima in primavera ed in estate in accordo con la climatologia tipica della Valle Padana caratterizzata da un debole regime anemologico (di tipo continentale) per gran parte dell'anno ad eccezione del periodo caldo (in particolare primaverile) quando la circolazione atmosferica generale, caratterizzata da una maggiore vivacità, oltre che il maggiore irraggiamento del suolo, favorisce un regime anemologico un po' più variegato.
- * Escludendo le situazioni di calma, la circolazione anemologica si dispone lungo un asse preferenziale N-S in tutte le stagioni, parallelamente alla disposizione della Valle del Ticino. Tale circolazione è riconducibile a fenomeni di brezza maggiormente visibili nei semestri caldi (ma non solo), innescati dai forti gradienti termici monte-valle indotti dalla presenza a Nord dei rilievi alpini, il tutto incentivato lungo la Valle del Ticino a causa dell'effetto di canalizzazione provocato dalla stessa valle.
- * La primavera è caratterizzata da una distribuzione in classi di velocità che evidenzia i valori maggiori per tutte le classi (ad eccezione delle calme) rispetto alle altre stagioni. In tale stagione è più che probabile che situazioni di fohn abbiano aumentato la percentuale di situazioni di vento con classi di velocità medie-elevate. A supporto di questa considerazione osserviamo che, nella Valle Padana, il fohn (vento catabatico) ha una provenienza da NW e ha una maggiore probabilità di accadimento durante la primavera; infatti osserviamo che la componente NW ha il massimo di frequenza (circa il 6%) proprio in questa stagione. Anche i dati della stazione dell'aeronautica Militare di Cameri confermano quanto sopra osservato come si rileva dai dati nella tabella che segue.

Anche i dati della stazione dell'aeronautica Militare di Cameri confermano quanto sopra osservato come si rileva dai dati nella tabella che segue:

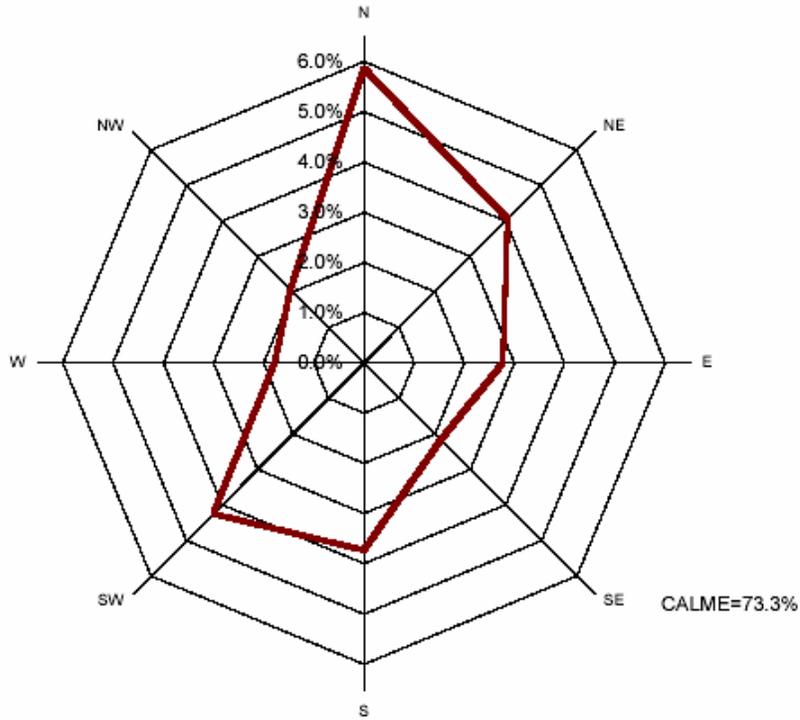
Caratteristiche del campo anemologico (stazione Aeronautica Militare di Cameri-Novara)

NOVARA (NO)		<i>cod. 20B</i>		<i>alt. 178 m</i>		<i>lat. 45° 31'</i>		<i>long. 8° 40'</i>		
		<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>CALMA</i>
<i>gennaio</i>	%	9,3	3,3	2,0	0,8	1,6	3,2	3,4	2,4	73,9
	vel. media	2,5	3,0	2,3	1,8	1,5	1,7	1,8	2,0	
	vel. massima	12,2	13,4	17,3	4,8	5,0	4,4	5,5	10,5	
<i>febbraio</i>	%	12,1	4,3	2,9	1,8	3,5	3,9	3,1	2,6	65,9
	vel. media	2,7	2,8	2,2	1,9	1,5	1,8	2,0	2,0	
	vel. massima	13,7	17,8	6,8	6,5	4,9	5,1	6,7	10,1	
<i>marzo</i>	%	13,2	6,4	5,8	3,4	6,8	4,9	2,9	3,2	53,4
	vel. media	2,9	2,9	2,6	2,3	1,8	2,1	2,3	2,4	
	vel. massima	14,9	14,2	9,9	9,1	5,1	6,5	7,2	9,3	
<i>aprile</i>	%	13,8	7,0	6,7	4,1	9,1	6,2	3,1	3,6	46,3
	vel. media	3,0	2,7	2,6	2,7	2,1	2,4	2,4	2,4	
	vel. massima	15,9	11,2	9,8	7,9	7,4	7,4	6,9	8,8	
<i>maggio</i>	%	11,7	6,1	4,9	4,4	9,3	6,3	3,5	2,6	51,2
	vel. media	2,5	2,5	2,4	2,5	2,1	2,1	2,3	2,1	
	vel. massima	11,0	11,7	9,8	9,4	8,2	6,9	7,7	7,2	
<i>giugno</i>	%	10,0	5,8	4,3	3,5	7,6	6,8	4,6	2,4	55,1
	vel. media	2,4	2,5	2,4	2,3	1,9	2,0	2,1	1,9	
	vel. massima	11,7	13,0	8,2	8,6	7,2	6,2	6,4	6,5	
<i>luglio</i>	%	9,3	5,0	4,1	3,7	6,8	7,0	5,0	2,2	57,3
	vel. media	2,2	2,4	2,1	1,9	1,7	1,8	2,1	2,1	
	vel. massima	10,8	8,4	9,1	7,0	6,3	5,1	7,5	9,9	
<i>agosto</i>	%	9,3	4,6	4,1	3,2	5,1	5,5	4,0	2,4	61,7
	vel. media	2,1	2,3	2,1	1,9	1,8	1,8	2,0	1,9	
	vel. massima	9,1	10,1	9,8	7,2	11,0	6,4	7,0	7,4	
<i>settembre</i>	%	8,7	4,8	3,6	2,4	3,6	3,8	2,6	1,7	68,8
	vel. media	2,0	2,3	2,2	2,4	1,8	1,6	1,9	1,9	
	vel. massima	9,3	10,6	7,9	14,8	7,3	4,1	8,6	8,1	
<i>ottobre</i>	%	10,0	4,7	4,2	1,9	2,7	2,9	1,9	1,8	69,7
	vel. media	2,2	2,2	2,3	2,2	1,6	1,8	1,6	1,7	
	vel. massima	14,7	8,8	8,8	7,5	4,4	5,0	6,0	5,7	
<i>novembre</i>	%	10,3	4,6	2,5	1,4	1,8	2,8	2,7	2,4	71,5
	vel. media	2,5	2,7	2,4	2,2	1,5	1,6	1,8	1,9	
	vel. massima	17,6	19,7	8,9	6,9	4,6	4,5	5,1	8,6	
<i>dicembre</i>	%	7,9	3,1	1,9	0,9	1,5	2,6	3,3	2,5	76,4
	vel. media	2,4	2,4	1,9	1,8	1,5	1,6	1,6	1,7	
	vel. massima	12,3	11,0	12,5	4,8	4,5	4,6	4,9	9,4	

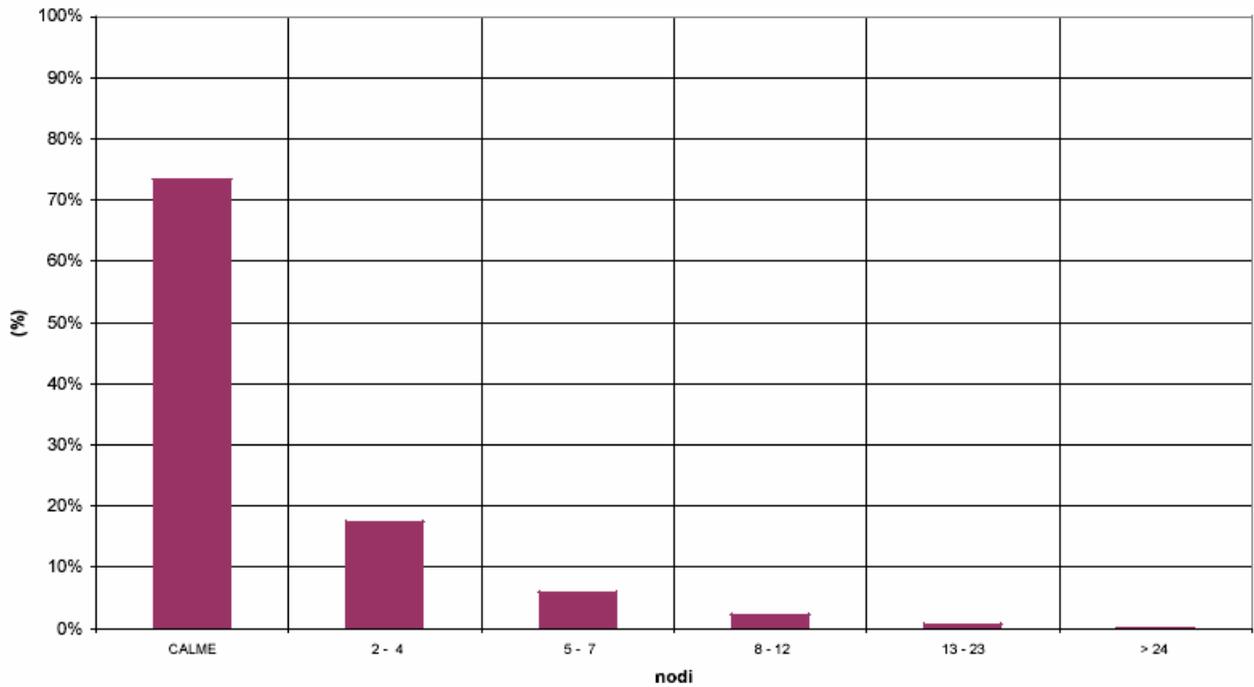
A completamento di quanto riportato si evidenzia come anche i dati della Regione Piemonte, sebbene non riportati per i motivi all'inizio di paragrafo riferiti, mostrano la presenza di una componente dominante della direzione del vento da NORD su tutto il periodo.

1.1.1 Elaborazioni del campo del vento (Novara Cameri)

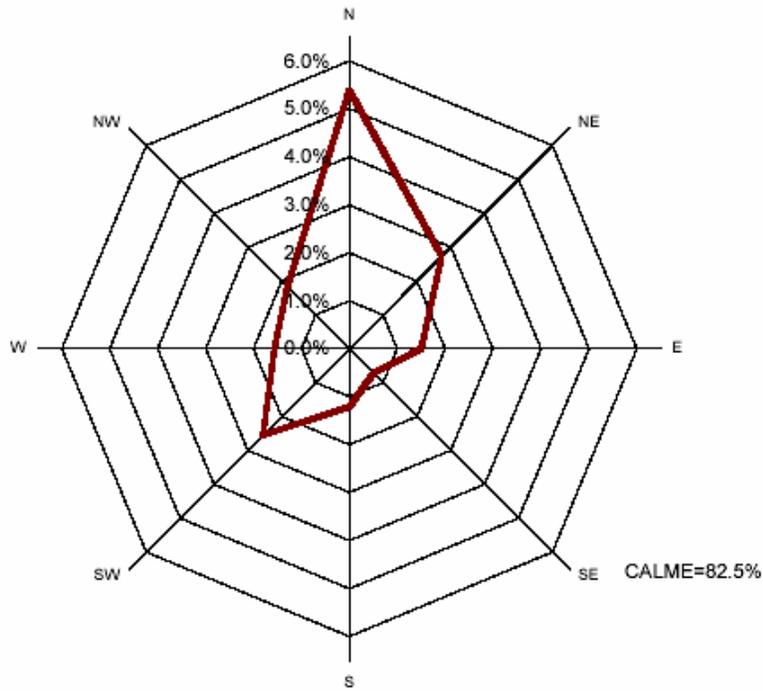
Novara Cameri : Distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento (1958-1991)



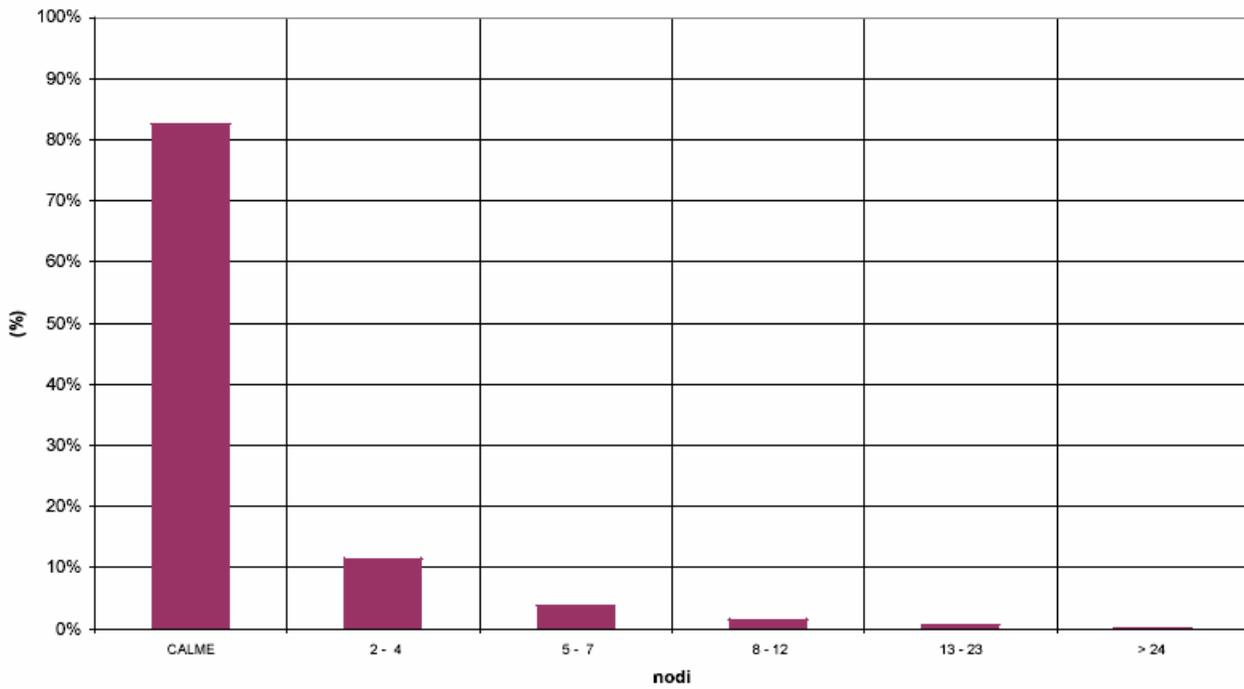
Novara Cameri: distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento (1958-1991)



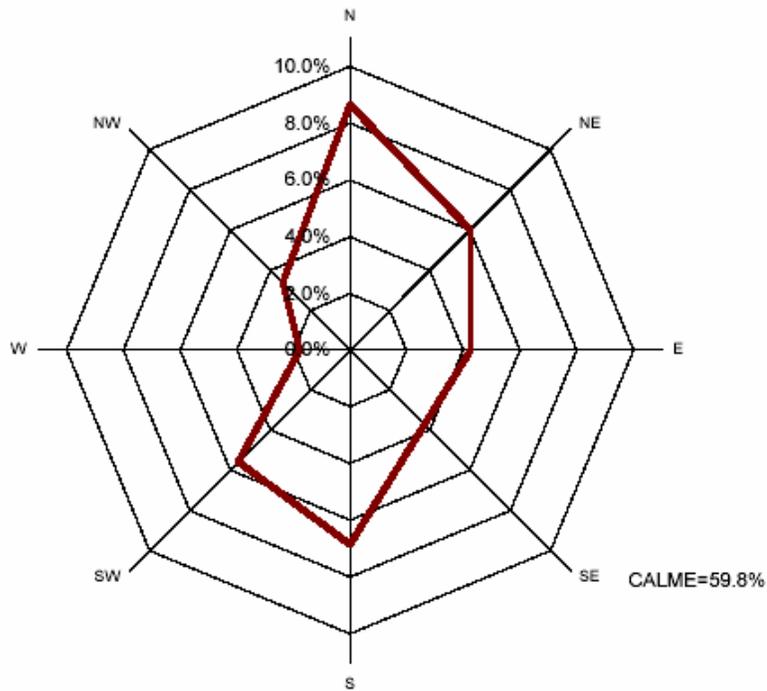
**Novara Cameri :Distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento
INVERNO (1958-1991)**



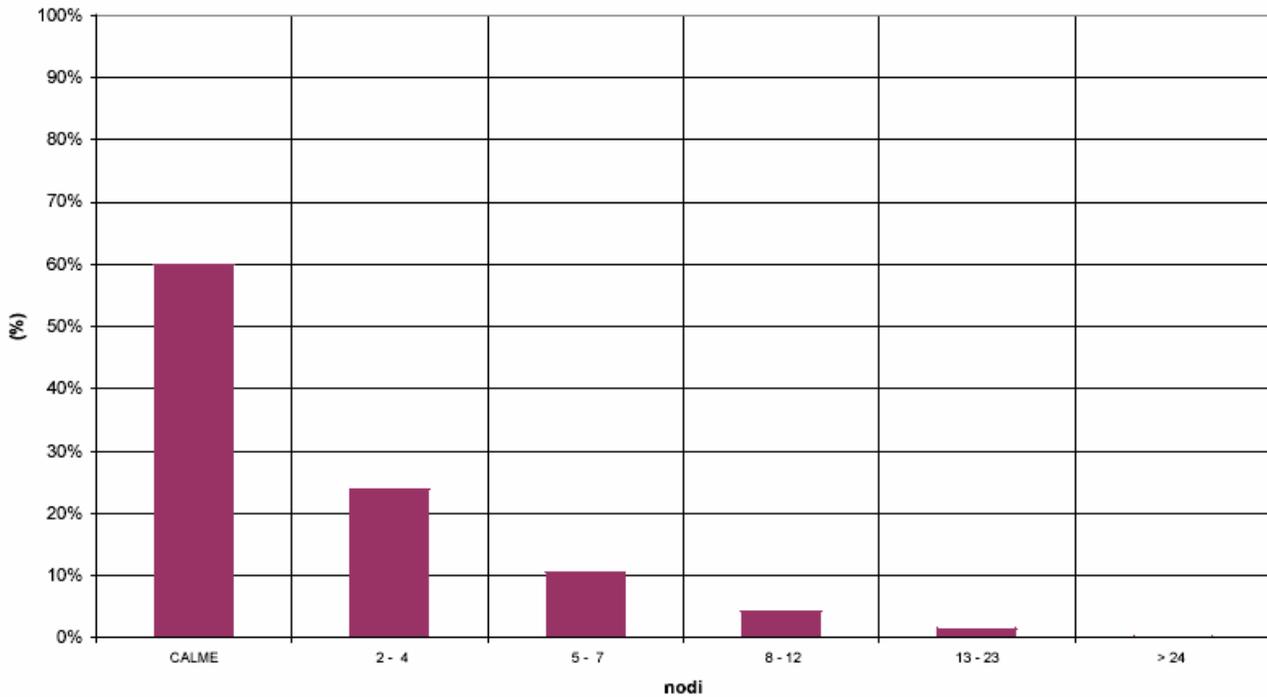
Novara Cameri: distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento in inverno (1958-1991)



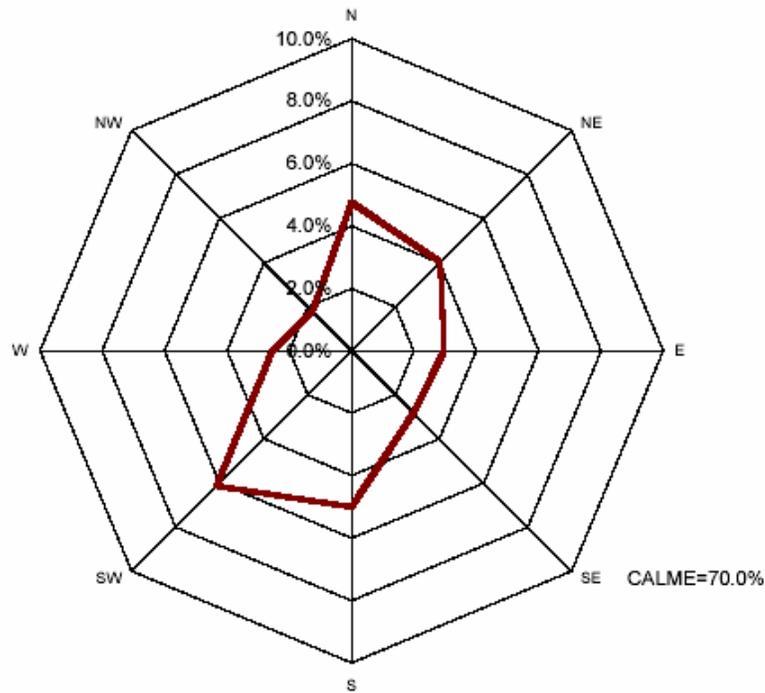
**Novara Cameri : Distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento
PRIMAVERA (1958-1991)**



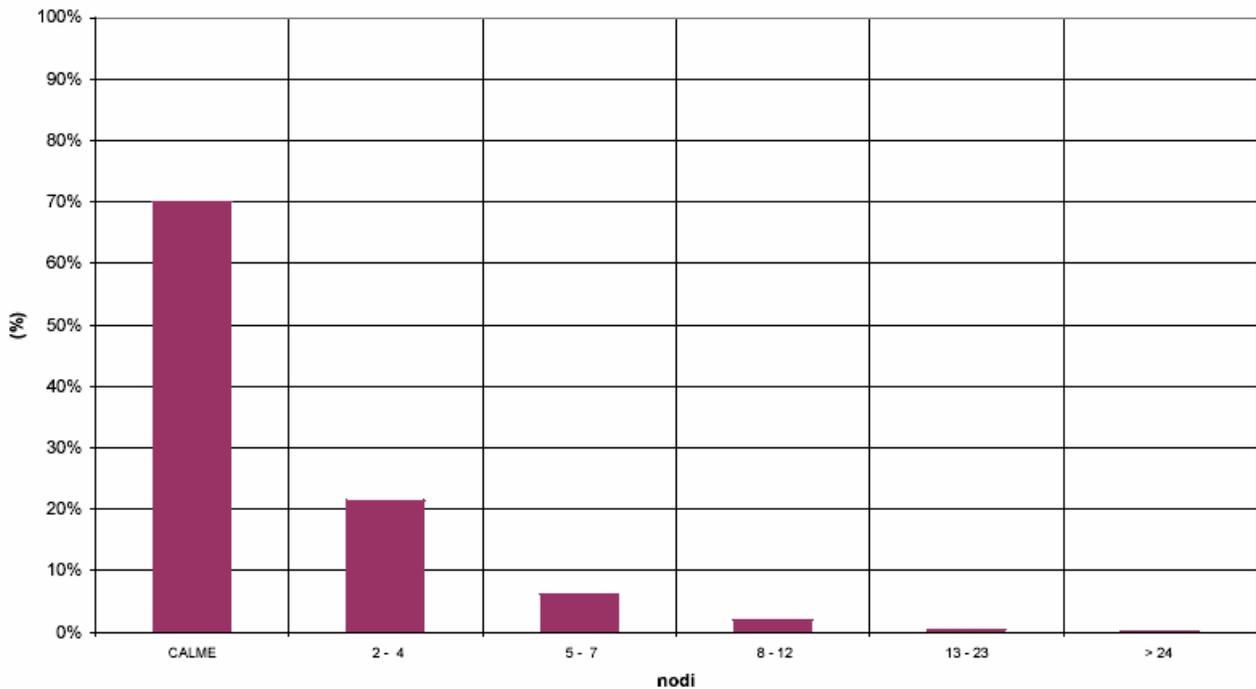
Novara Cameri: distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento in primavera (1958-1991)



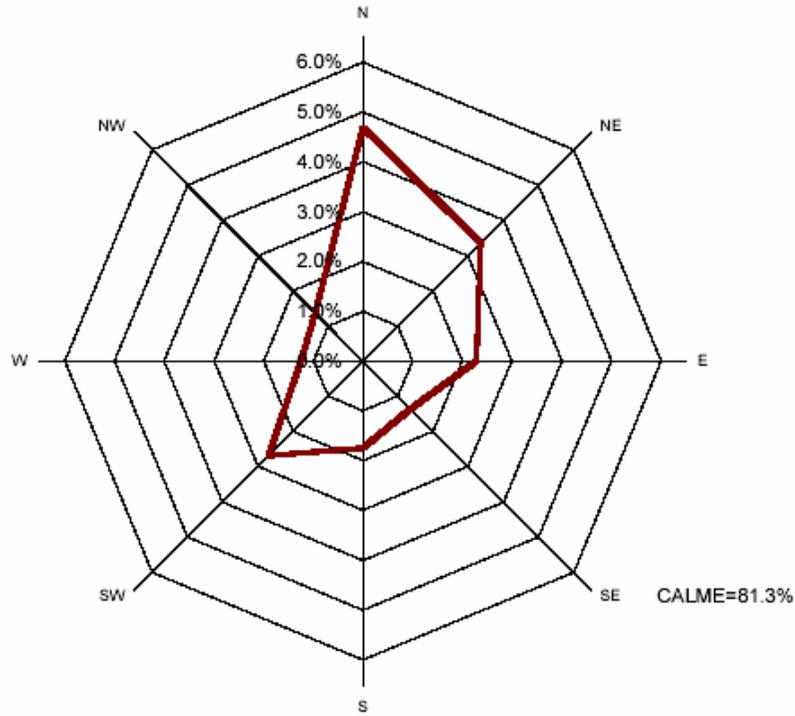
**Novara Cameri : Distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento
ESTATE (1958-1991)**



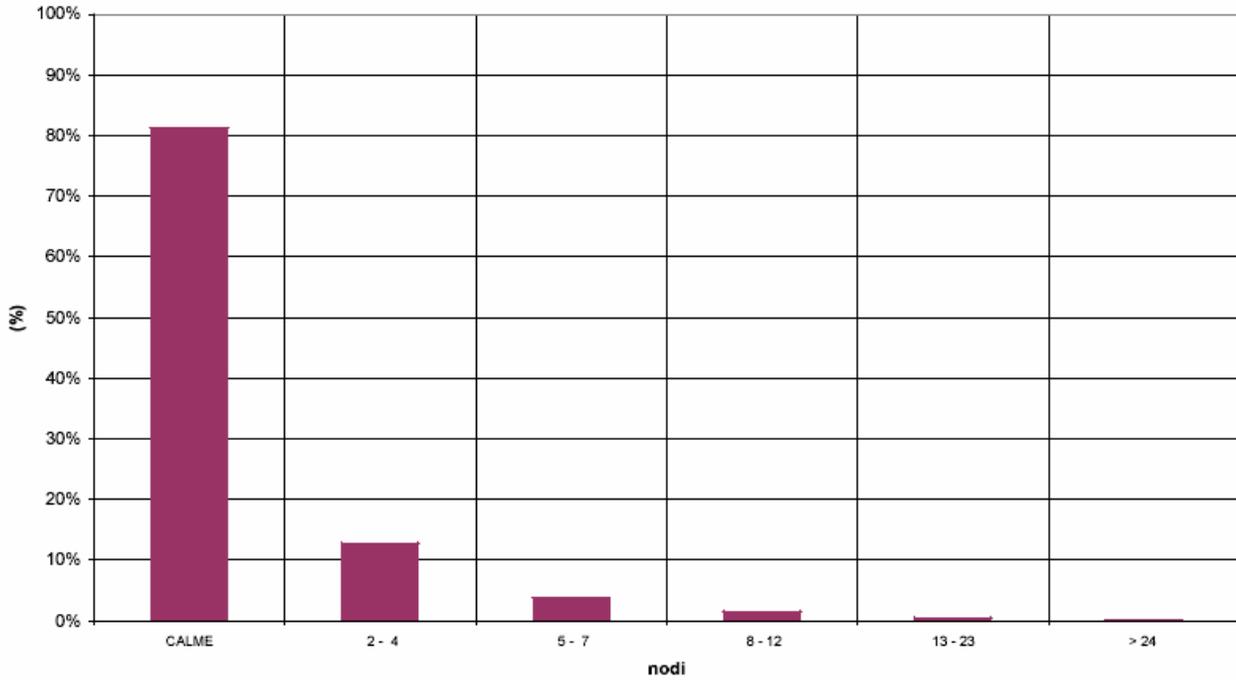
Novara Cameri: distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento in estate (1958-1991)



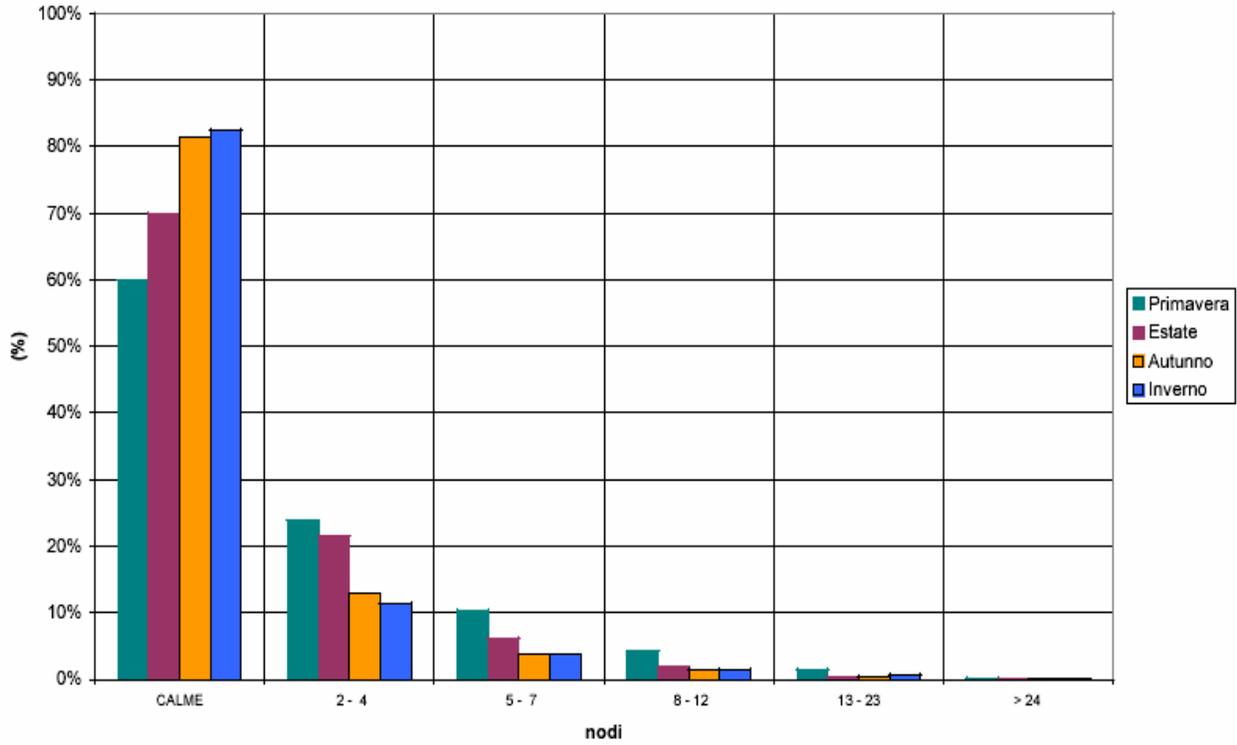
**Novara Cameri : Distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento
AUTUNNO (1958-1991)**



Novara Cameri: distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento in autunno (1958-1991)



Novara Cameri: distribuzione di frequenza stagionale delle classi di velocità del vento (1958-1991)



1.2 STABILITA' ATMOSFERICA E STRATO RIMESCOLATO

Un altro parametro di fondamentale importanza per lo scopo del presente lavoro è rappresentato dalle caratteristiche diffusive dell'area, cioè la capacità di diluire in atmosfera e disperdere immissioni di inquinanti atmosferici, determinando così in modo inequivocabile i livelli di concentrazione al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti naturali e antropiche presenti nell'area. Ciò secondo la semplice relazione fisica:

$$C(x,y,z) [g \cdot m^{-3}] = F [sec \cdot m^{-3}] \cdot Q [g \cdot sec^{-1}]$$

dove:

$C(x,y,z)$ è la concentrazione al suolo dell'inquinante considerato nel punto di coordinate x,y,z ;

Q è il rateo di emissione dell'inquinante considerato;

F rappresenta il Fattore di Diluizione Atmosferico, cioè le caratteristiche diffusive dell'atmosfera sopra citate.

Le caratteristiche diffusive dipendono fortemente da quelle meteorologiche locali ed in particolare dal regime anemologico e dalla struttura termodinamica verticale dell'atmosfera (gradiente termodinamico verticale dell'atmosfera). Quest'ultimo rappresenta la differenza tra la temperatura alla base ed alla sommità di uno strato di atmosfera rapportata al suo spessore: esso si esprime in °C/100 m.

Se la temperatura diminuisce con l'altezza, il gradiente è negativo, se viceversa, aumenta, il gradiente è positivo.

In situazione di equilibrio indifferente dello strato atmosferico, la diminuzione della temperatura è di circa 1 °C (0.6 – 0.8) per ogni 100 m di dislivello. Variazioni del gradiente termico rispetto a questo valore, definito di "equilibrio neutro", determinano due tipi di equilibrio atmosferico: instabile e stabile.

Si ha equilibrio instabile quando il gradiente termico verticale è maggiore di 1 °C per ogni 100 m; viceversa se il gradiente è minore di 1 °C per ogni 100 m, l'equilibrio della massa d'aria è stabile.

Quando l'atmosfera è in condizioni di equilibrio instabile, si ha un rimescolamento continuo della massa d'aria, cioè si verifica un incremento dei moti verticali; quando invece è in condizioni di equilibrio stabile, il rimescolamento tende ad annullarsi ed i moti interni della massa d'aria sono pressochè orizzontali, in quanto quelli verticali vengono attenuati o addirittura eliminati.

Un caso particolare dell'equilibrio stabile si ha quando la temperatura, anzichè diminuire, come di solito avviene, si mantiene costante o aumenta con l'altezza; nel primo caso si ha un gradiente nullo, nel secondo caso si ha un gradiente positivo. In queste condizioni si verifica una "inversione termica".

Il metodo generalmente adottato per la stima della *stabilità atmosferica* è dovuto a Pasquill ed è basato sulla simultanea osservazione del vento, della radiazione solare e/o della copertura del cielo. Le categorie di stabilità sono classificate con le prime sette lettere dell'alfabeto: A, alta instabilità, B, moderata instabilità, C, leggera instabilità, D, condizioni di neutralità, E, leggera instabilità, F, moderata instabilità, G, elevata instabilità.

Tabella 1.2: Classi di stabilità atmosferica secondo Pasquill

CATEGORIA A	Situazione estremamente instabile Turbolenza termodinamica molto forte Shear del vento moderato
CATEGORIA B	Situazione moderatamente instabile Turbolenza termodinamica media Shear del vento moderato
CATEGORIA C	Situazione debolmente instabile Turbolenza molto debole Shear del vento moderato-forte
CATEGORIA D	Situazione neutra (adiabatica e pseudoadiabatica) Turbolenza termodinamica molto debole Shear del vento forte
CATEGORIA E	Situazione debolmente stabile Turbolenza termodinamica molto debole Shear del vento forte
CATEGORIA F+G	Situazione stabile e molto stabile Turbolenza termodinamica assente Shear del vento molto forte

Tali classi vengono determinate sulla base di alcuni dati climatici, quali: temperatura media, pressione, umidità relativa, velocità del vento, copertura nuvolosa notturna e radiazione solare diurna, secondo il seguente schema:

Velocità vento ($m \cdot s^{-1}$)	Giorno			Notte **	
	Insolazione *			Nuvolosità	
	Forte	Moderata	Debole	Copertura $\geq 4/8$	Copertura $\leq 3/8$
< 2	A	A-B	B	F	G
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D ***	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

(*) L'insolazione dipende dall'altezza del sole sull'orizzonte che varia nel corso della giornata e dell'anno:

insolazione forte: altezza del sole $> 60^\circ$

insolazione moderata: altezza del sole $60^\circ-35^\circ$

insolazione debole: altezza del sole $35^\circ -15^\circ$.

(**) La notte è intesa come il periodo che va da un'ora prima del tramonto a un'ora dopo il sorgere del sole.

(***) La condizione D vale per qualsiasi vento quando il cielo è coperto da un notevole spessore di nubi e nell'ora che precede e segue la notte indipendentemente dalle condizioni di nuvolosità.

Sono stati elaborati i dati di stabilità atmosferica secondo le classi di Pasquill forniti dall'ENEL. I dati, relativi alla stazione di Cameri, sono relativi al periodo 1958-1991 e constano di 8 osservazioni giornaliere (alle ore sinottiche 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21).

Le elaborazioni effettuate sono riportate nei grafici che seguono e rappresentano (nell'ordine in cui sono presentate):

- Distribuzione mensile delle classi di stabilità atmosferica;
- Distribuzione stagionale delle classi di stabilità atmosferica;
- Distribuzione delle classi di velocità del vento in funzione della stabilità atmosferica.

Riguardo alle prime due figure si può osservare come nei mesi caldi (primavera ed, ancora di più, estate) siano massime le occorrenze di classi di stabilità atmosferica A e B (situazioni instabili). Questo fenomeno che tende a produrre un maggiore e più intenso rimescolamento verticale è causato dal forte irraggiamento solare nei bassi strati che causa l'instaurarsi di moti convettivi. E' una situazione ideale per la dispersione e la diluizione delle masse d'aria inquinate emesse nei bassi strati. Al contrario nei mesi e stagioni fredde si osserva un massimo di situazioni di nebbia ed un minimo di classi A e B. Interessante è osservare anche come le percentuali di occorrenze di classi estremamente stabili (F+G) non subisca grandi variazioni durante i mesi e le stagioni. La loro origine tuttavia è differente, infatti in estate tali situazioni si verificano con grande frequenza dopo il tramonto quando, cioè, il forte irraggiamento solare termina e l'aria si stratifica con un gradiente positivo, mentre durante i mesi freddi queste situazioni possono essere causate sia da situazioni di blocco anticiclonico persistente (anche questo tipico della valle padana in inverno) sia da un regime anemologico molto debole.

A conferma di ciò infine, l'ultima elaborazione riportata, evidenzia come le situazioni di elevata stabilità (F+G e nebbia) sono associate ad una quasi totale calma del vento (ciò succede anche in estate durante le ore notturne). Al contrario, le situazioni di elevata velocità del vento si situano maggiormente nelle classi intermedie (C, E e D) in quanto in questi casi il profilo verticale di temperatura è simile a quello di una adiabatica (circa $-1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$).

Altro parametro climatico importante per lo studio dei processi di dispersione e diffusione degli inquinanti è l'altezza dello strato di rimescolamento, parametro fortemente correlato alla classe di stabilità atmosferica. Lo strato di rimescolamento ("mixing-layer") è il primo strato di atmosfera dove avviene la dispersione delle emissioni. La sua altezza costituisce il limite superiore alla dispersione verticale. L'altezza dello strato di rimescolamento è correlato strettamente all'altezza dello strato limite, oltre il quale cessano gli effetti sui moti turbolenti dovuti all'attrito e al riscaldamento del suolo. Lo

strato limite può avere caratteristiche diffusive molto diverse: prevalente rimescolamento verticale, quando il riscaldamento solare si propaga in atmosfera; limitazione dei movimenti verticali delle masse d'aria, quando si verifica l'inversione radiattiva notturna. In situazione di atmosfera instabile o neutra l'altezza dello strato di rimescolamento coincide con quello dello strato limite, mentre in condizioni stabili lo strato di rimescolamento può essere più alto.

Questa distinzione, connessa alla classe di stabilità atmosferica, rende indispensabile la conoscenza dell'altezza dello strato limite e del mixing-layer per ciascuna categoria di stabilità ed eventualmente per ciascuna stagione.

Per quanto riguarda l'altezza dello strato di rimescolamento ("mixing-layer") da una attenta analisi bibliografica si desume che per l'area in esame si possono assumere i valori medi di altezza dello strato di rimescolamento calcolati con ipotesi cautelative con il modello di Carson e suddivisi per classi di stabilità e per stagioni, riportati nella tabella che segue:

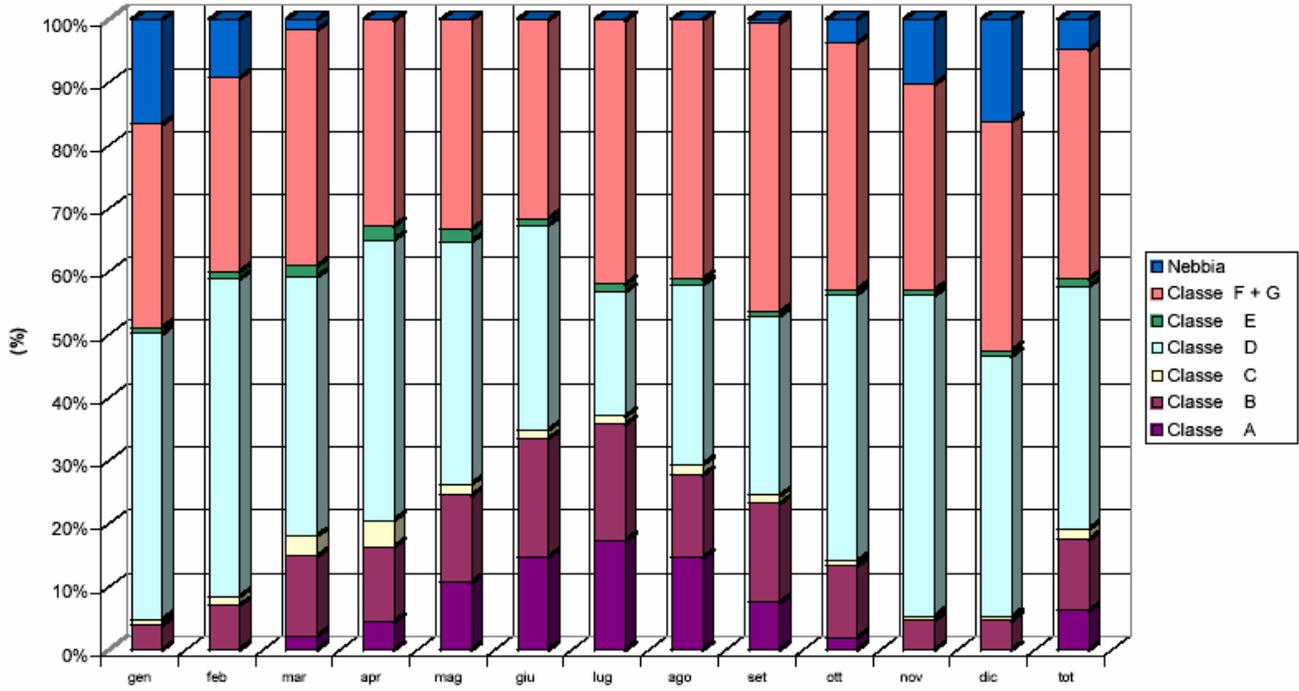
Altezza media stagionale dello strato limite per classi di stabilità (m)

Stagione	Classi di stabilità atmosferica secondo Pasquill						
	A	B	C	D	E	F	G
Inverno	300	370	390	360	330	300	210
Primavera	640	690	670	650	720	200	120
Estate	720	680	690	620	860	1110	1120
Autunno	350	390	430	430	590	740	730
Media	503	533	545	515	625	588	545

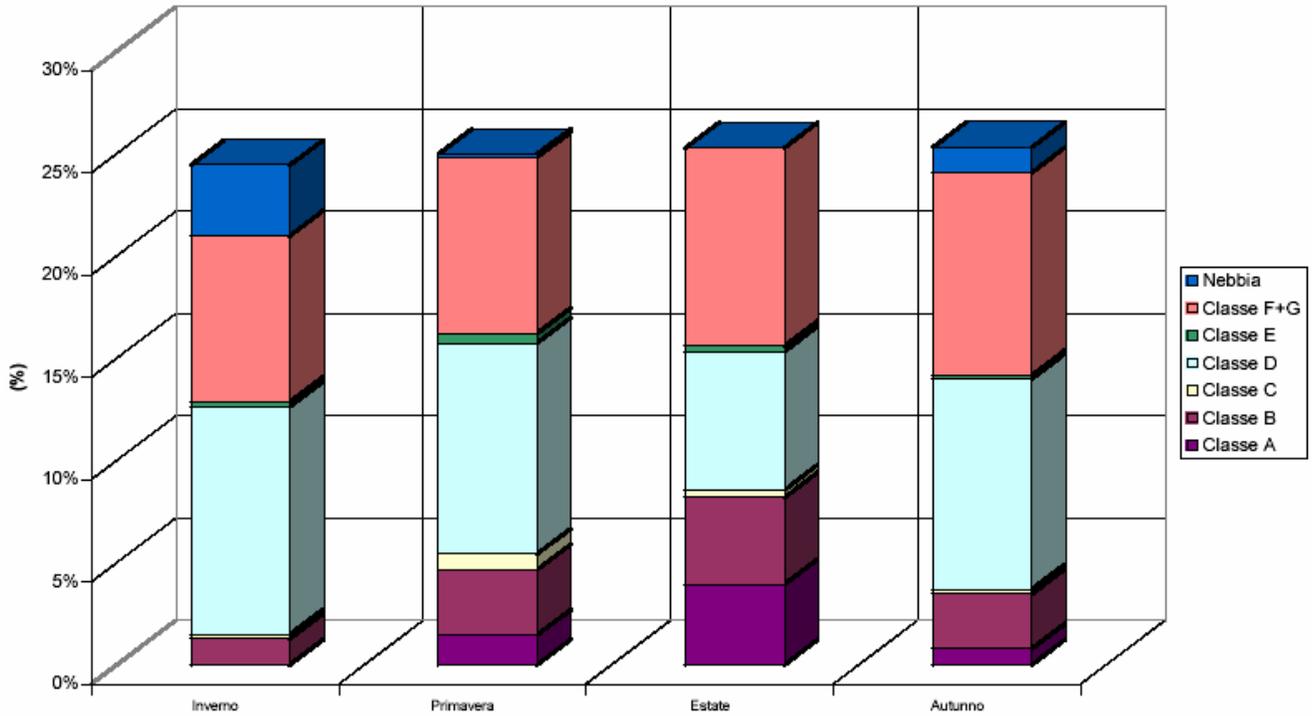
Tutte le considerazioni sopra esposte appaiono essere in totale accordo con quanto noto circa la climatologia delle valli padane.

1.2.1 Elaborazioni stabilità atmosferica (Novara Cameri)

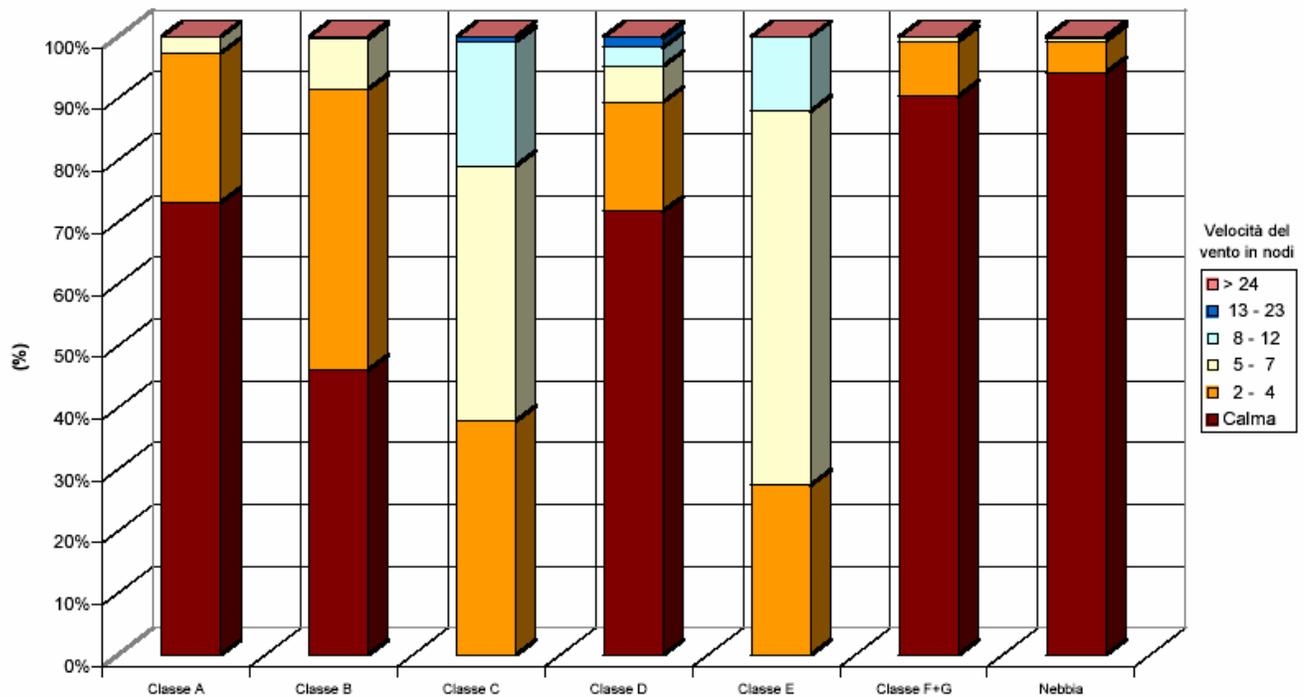
Novara Cameri: distribuzione mensile delle classi di stabilità atmosferica (1958-1991)



Novara Cameri: distribuzione stagionale delle classi di stabilità atmosferica (1958-1991)



Novara Cameri: distribuzione delle classi di velocità del vento in funzione della stabilità (1958-1991)



1.3 PRECIPITAZIONE

Risultano disponibili e sono stati elaborati i dati forniti dalla Regione Piemonte (misurati a Cameriscascina Bornago) come mm di pioggia giornaliera cumulata e sono relativi al periodo 1990-1997.

Le elaborazioni effettuate sono:

- Precipitazione cumulata mensile (somma mensile dei valori giornalieri);
- Precipitazione cumulata annuale (somma annuale dei valori giornalieri);
- Stagioni tipo sul periodo dal 1990 al 1997;
- Anno tipo di precipitazione cumulata mensile.

Dalle elaborazioni effettuate e dai grafici presentati si può osservare come le quantità medie annuali di precipitazione varino tra 800 e 1200 mm, con valori massimi mensili pari mediamente a circa 100-150 mm fino a, raramente, 250-300 mm.

Nel periodo di osservazione (1990-1997) gli anni meno piovosi sono risultati il 1990, 1991, 1994 e il 1997, mentre il 1993 e il 1996 sono risultati i più piovosi.

Il mese in assoluto più piovoso nell'intero periodo osservato è stato giugno 1997 con oltre 300 mm di pioggia.

Febbraio risulta in generale il mese meno piovoso con meno di 30 mm mediamente, mentre giugno, settembre e ottobre risultano, invece, in generale i più piovosi con valori fino a 100-120 mm.

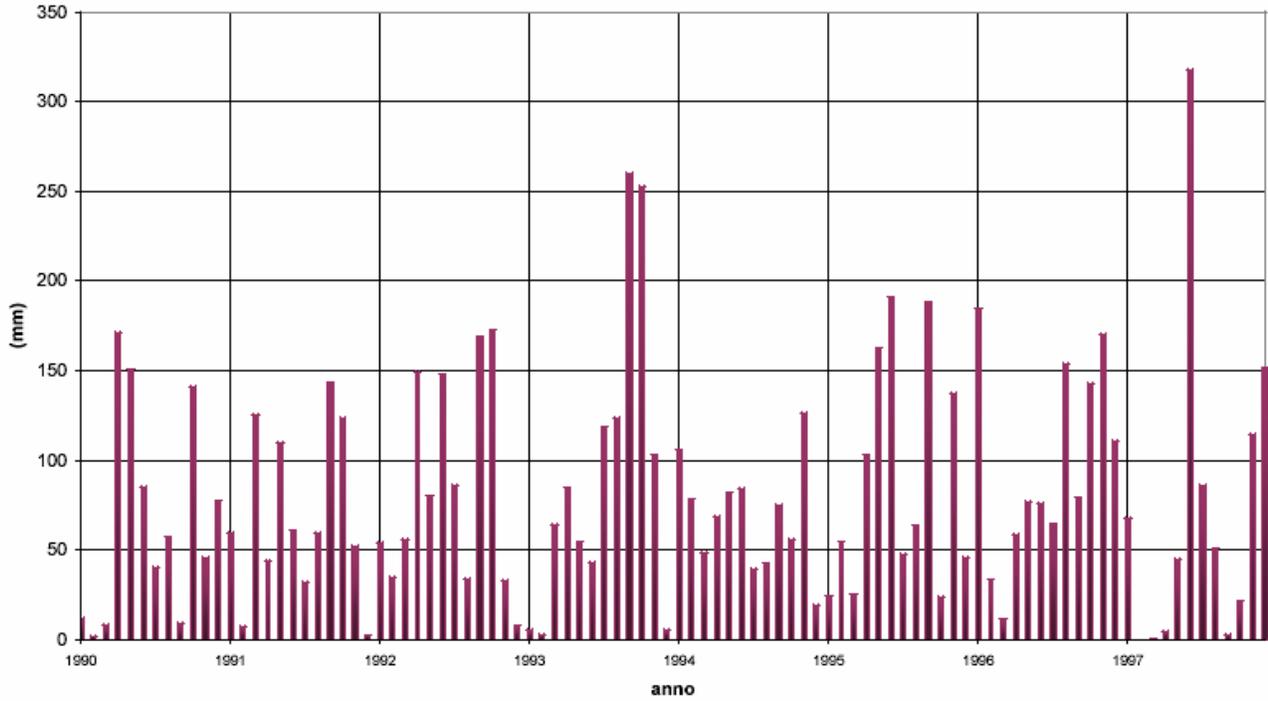
Il periodo invernale risulta comunque, in assoluto, il periodo meno piovoso dell'anno.

Gli episodi di più intensa precipitazione occorrono, mediamente, nei mesi di maggio-giugno oppure settembre-ottobre.

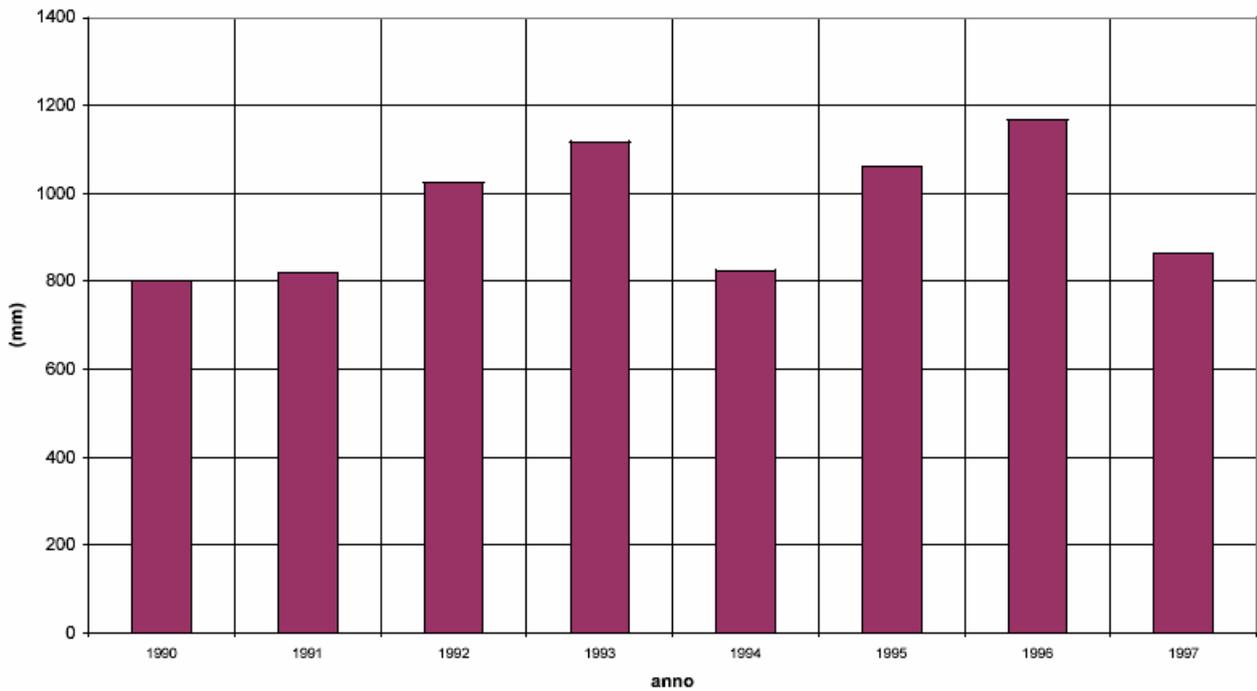
I dati sono concordi con i tipici fenomeni meteorici della valle padana con inverni secchi, primavere e autunni piovosi ed estati caratterizzati da fenomeni temporaleschi anche intensi.

1.3.1 Elaborazioni precipitazione (Cameri-Cascina Bornago)

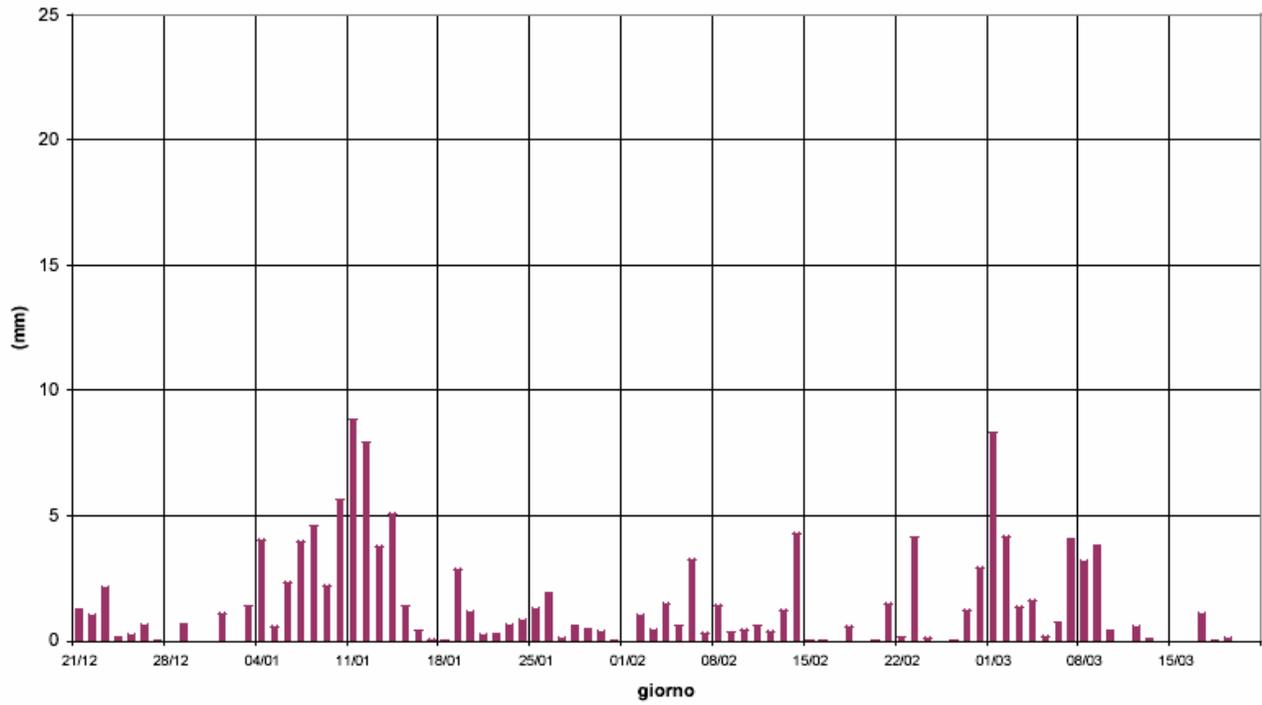
Cameri - Cascina Bornago: precipitazione cumulata mensile (1990-1997)



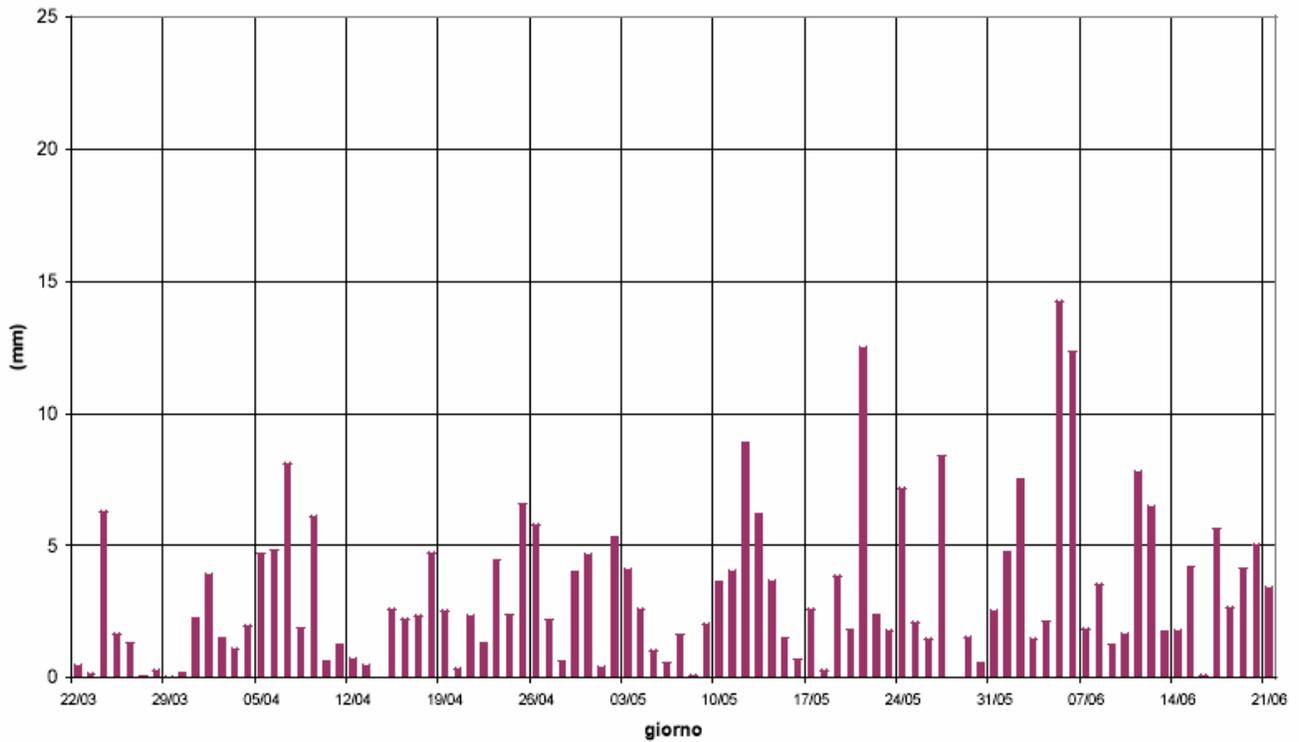
Cameri - Cascina Bornago: precipitazione cumulata annuale (1990-1997)



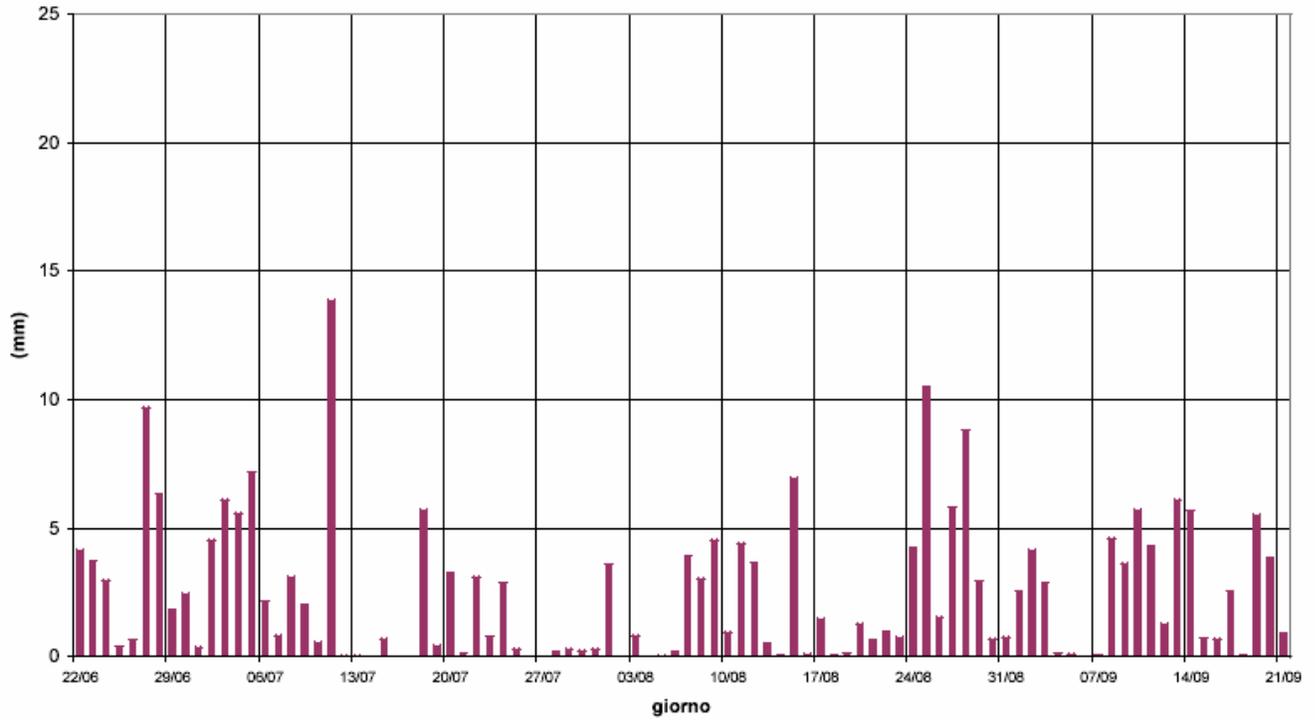
Cameri - Cascina Bornago: inverno tipo di precipitazione cumulata giornaliera (1990-1997)



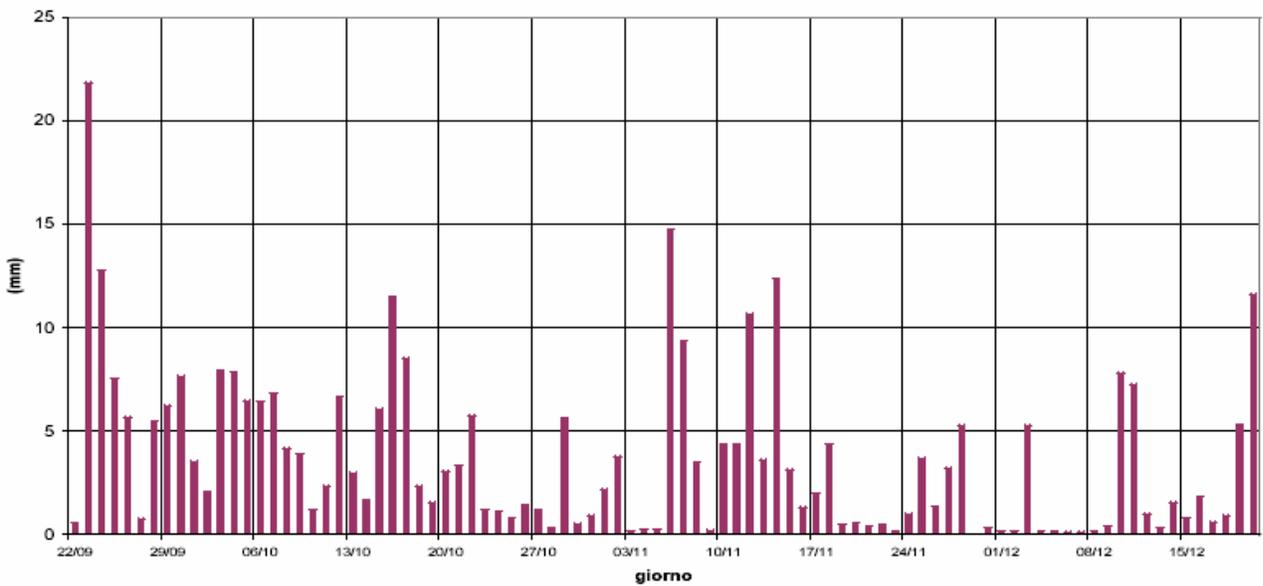
Cameri - Cascina Bornago: primavera tipo di precipitazione cumulata giornaliera (1990-1997)

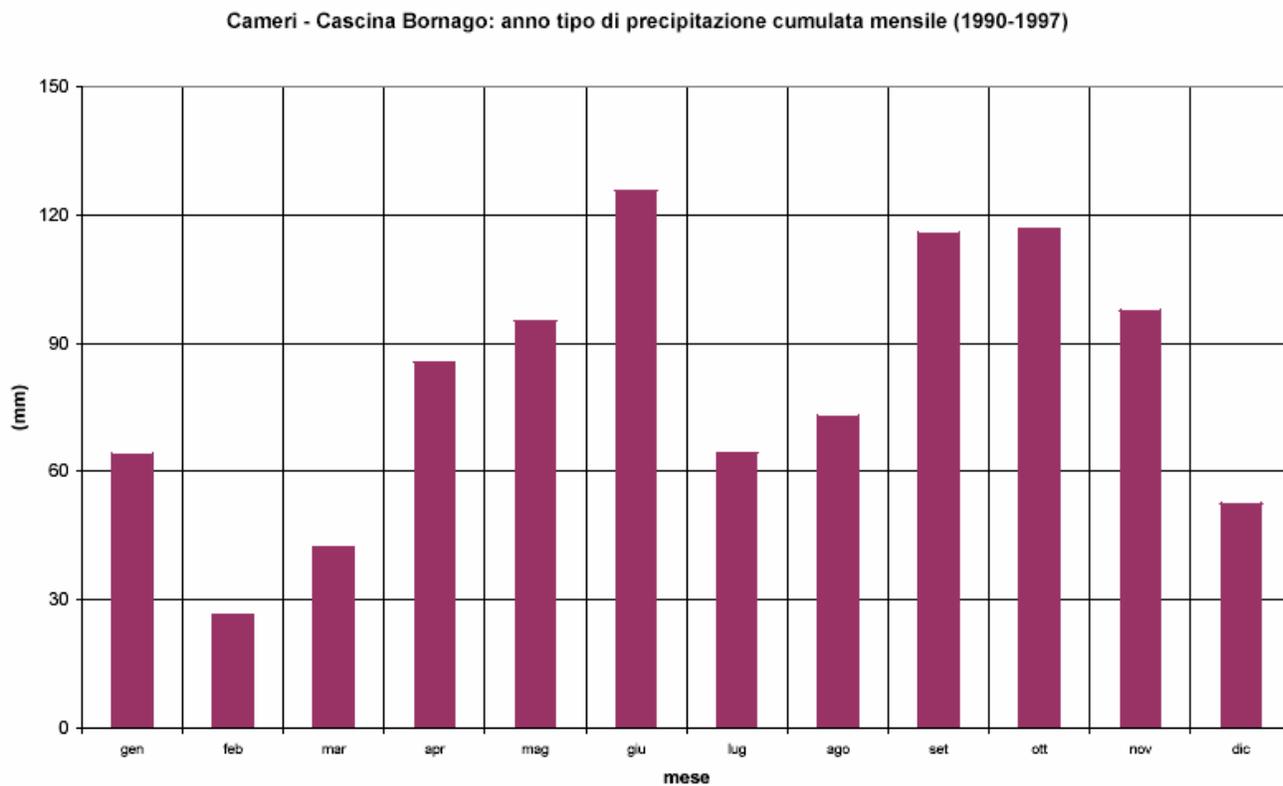


Cameri - Cascina Bornago: estate tipo di precipitazione cumulata giornaliera (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: autunno tipo di precipitazione cumulata giornaliera (1990-1997)





1.4 TEMPERATURA

Risultano disponibili e sono stati elaborati i dati forniti dalla Regione Piemonte (misurati a Camerino-Cascina Bornago) come valori medi giornalieri, relativamente al periodo 1990-1997.

Le elaborazioni effettuate sono state:

- Temperature medie mensili (media mensile dei valori giornalieri);
- Temperature medie annuali (media annuale dei valori giornalieri);
- Anno tipo delle medie giornaliere;
- Anno tipo delle medie mensili;
- Stagioni tipo;
- Mesi tipo.

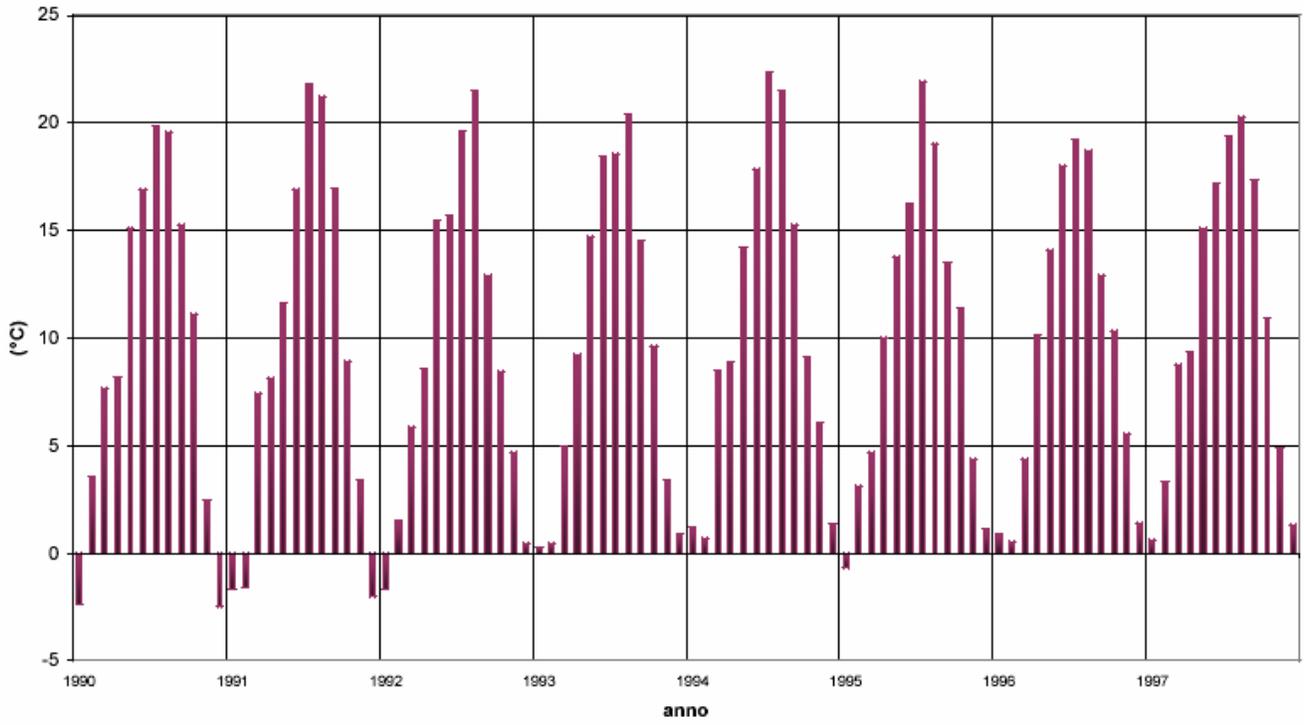
I risultati delle elaborazioni effettuate sono presentati nelle figure che seguono. Si osservano andamenti tipici della valle padana e più in generale di un clima continentale.

In particolare i mesi in assoluto più caldi risultano luglio e agosto con valori medi mensili intorno a 20°C, mentre i più freddi risultano dicembre e gennaio con valori medi mensili intorno a 0°C. In questi ultimi due mesi si osservano anche frequenti giornate di gelo (temperatura media giornaliera inferiore a 0°C).

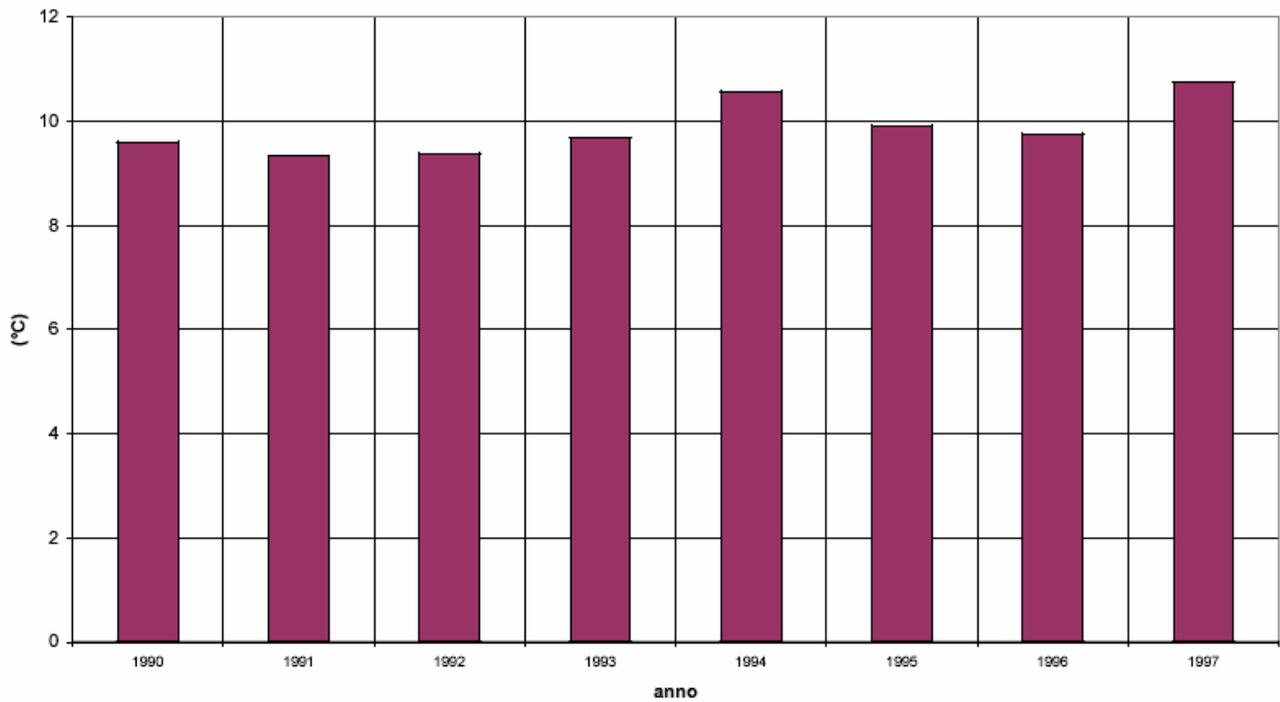
Un'ultima osservazione va fatta per evidenziare i valori di temperatura media annuale compresi tra 9 e 11°C, con un trend temporale in lieve crescita.

1.4.1 Elaborazioni temperatura (Cameri-Cascina Bornago)

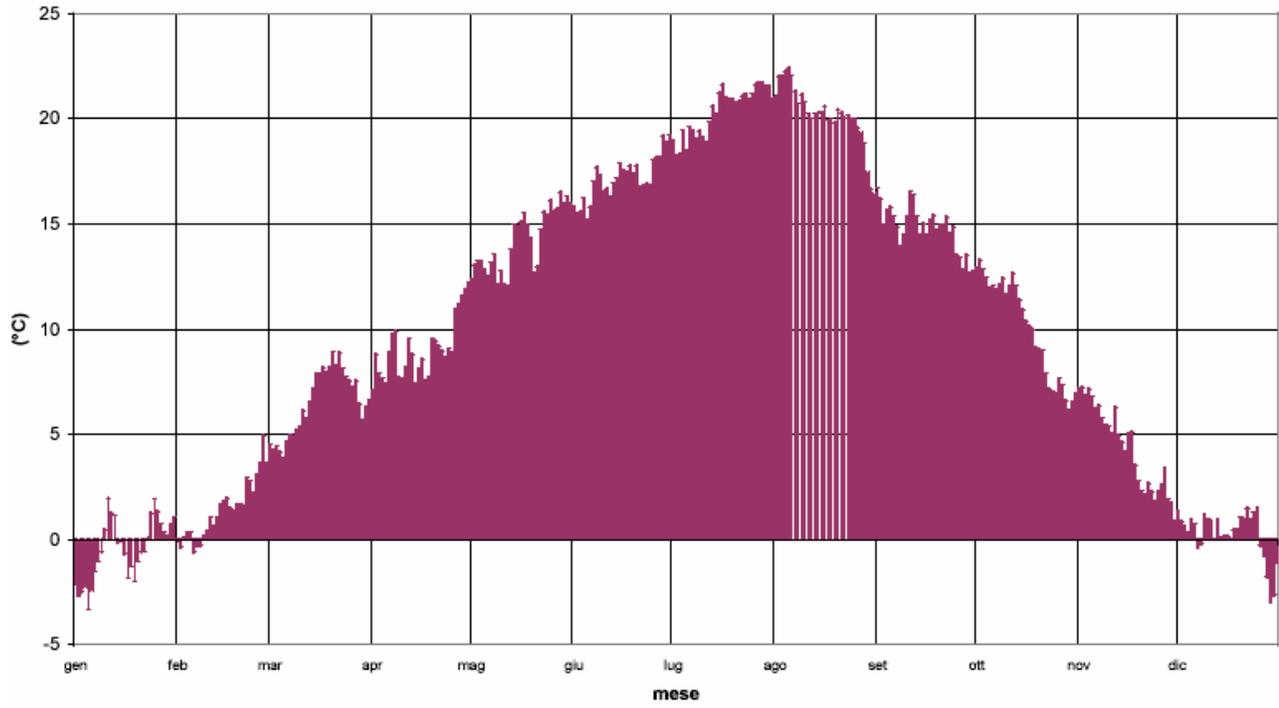
Cameri - Cascina Bornago: temperature medie mensili (1990-1997)



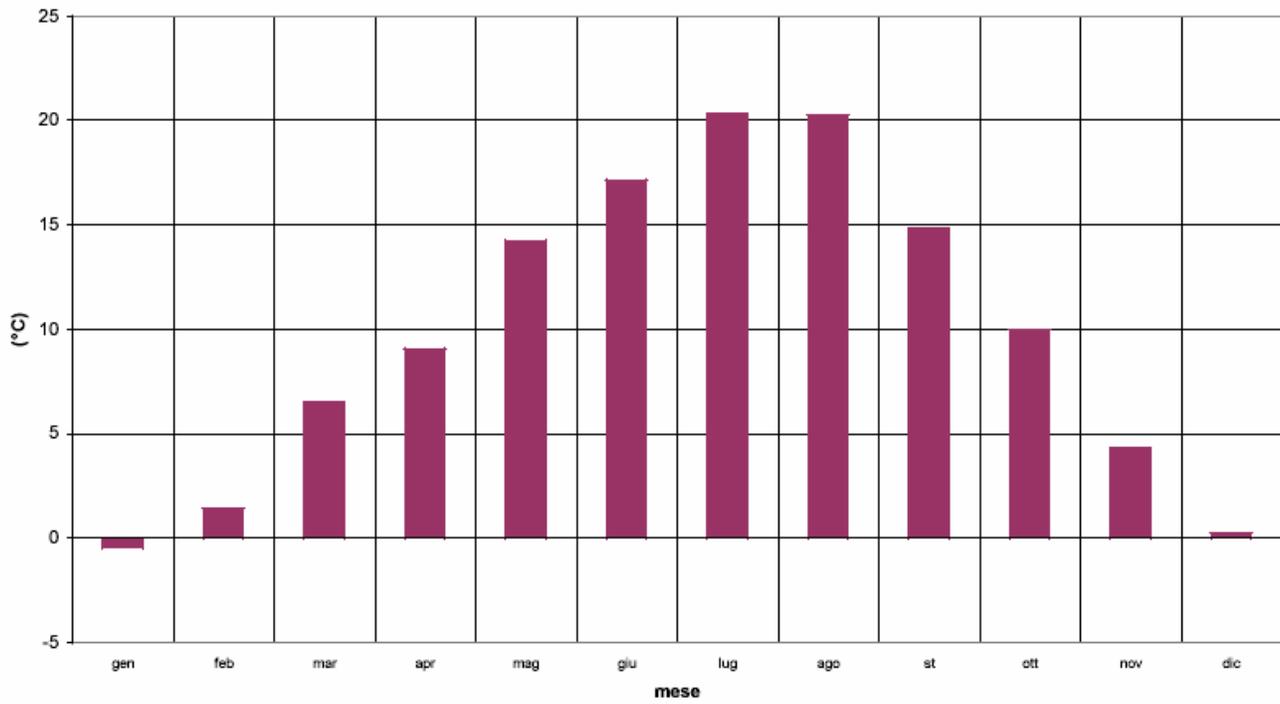
Cameri - Cascina Bornago: medie annuali di temperatura (1990-1997)



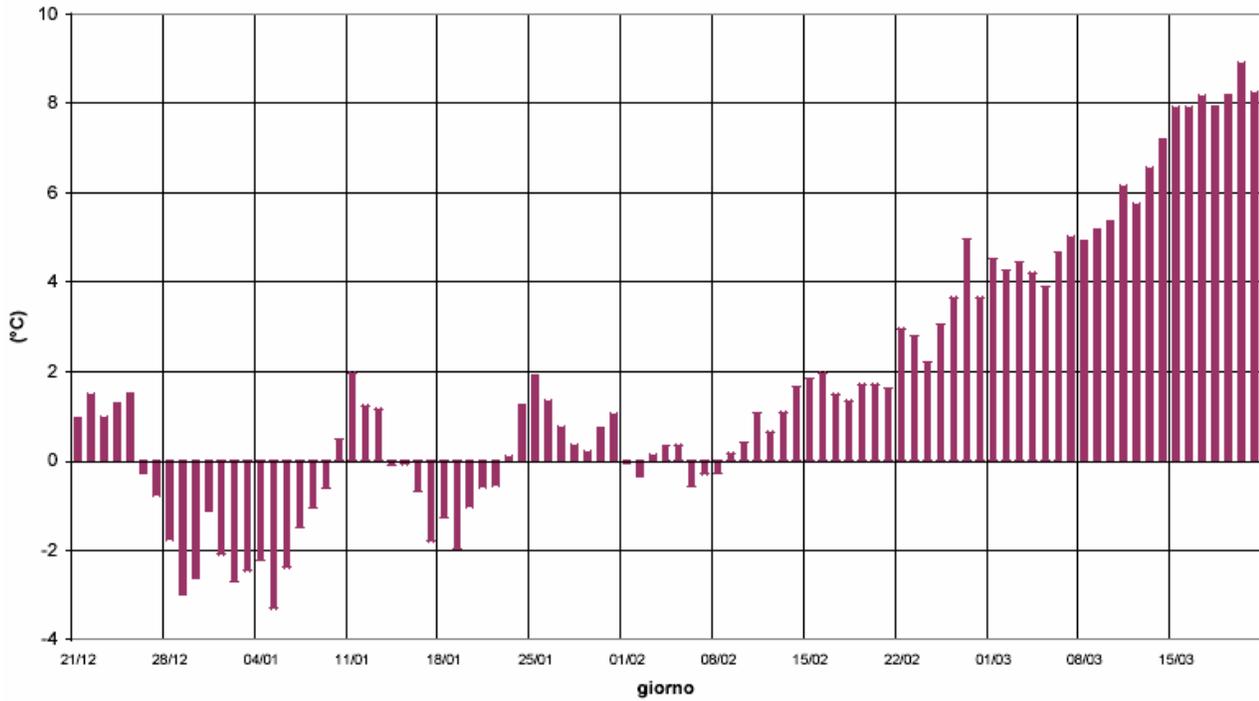
Cameri - Cascina Bornago: anno tipo delle medie giornaliere di temperatura(1990-1997)



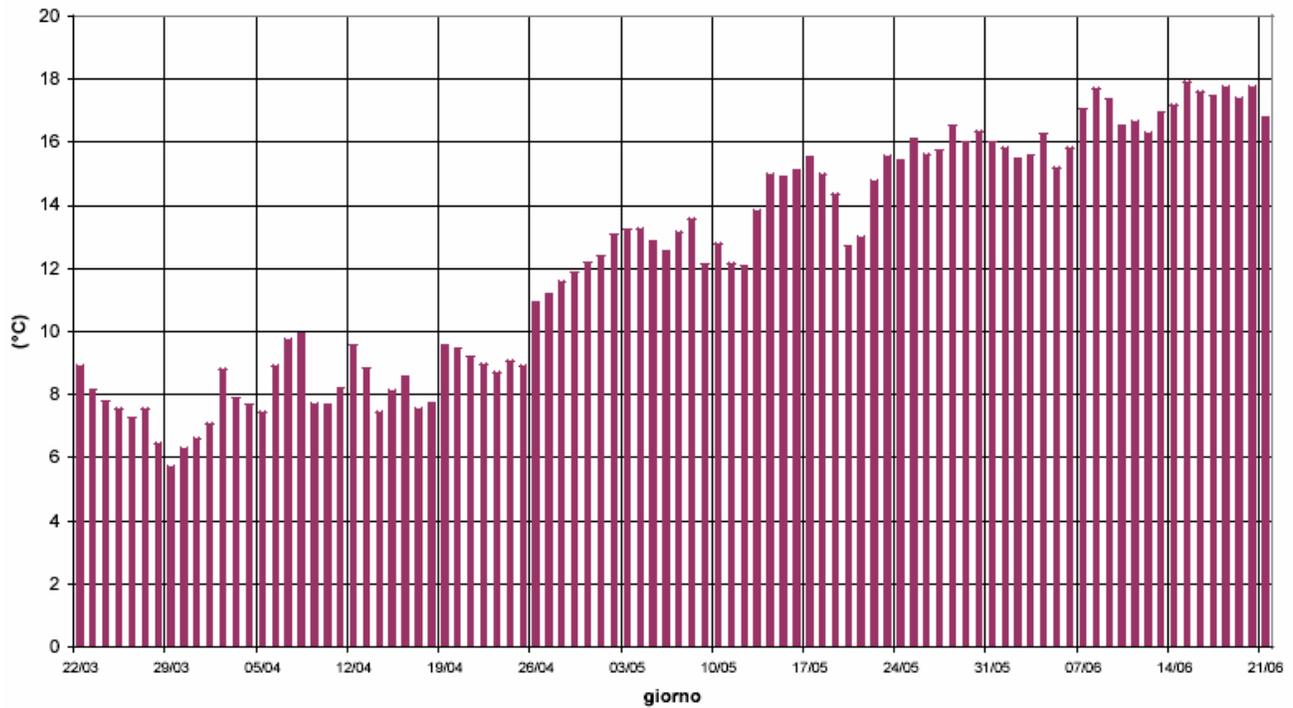
Cameri - Cascina Bornago: anno tipo delle temperature medie mensili (1990-1997)



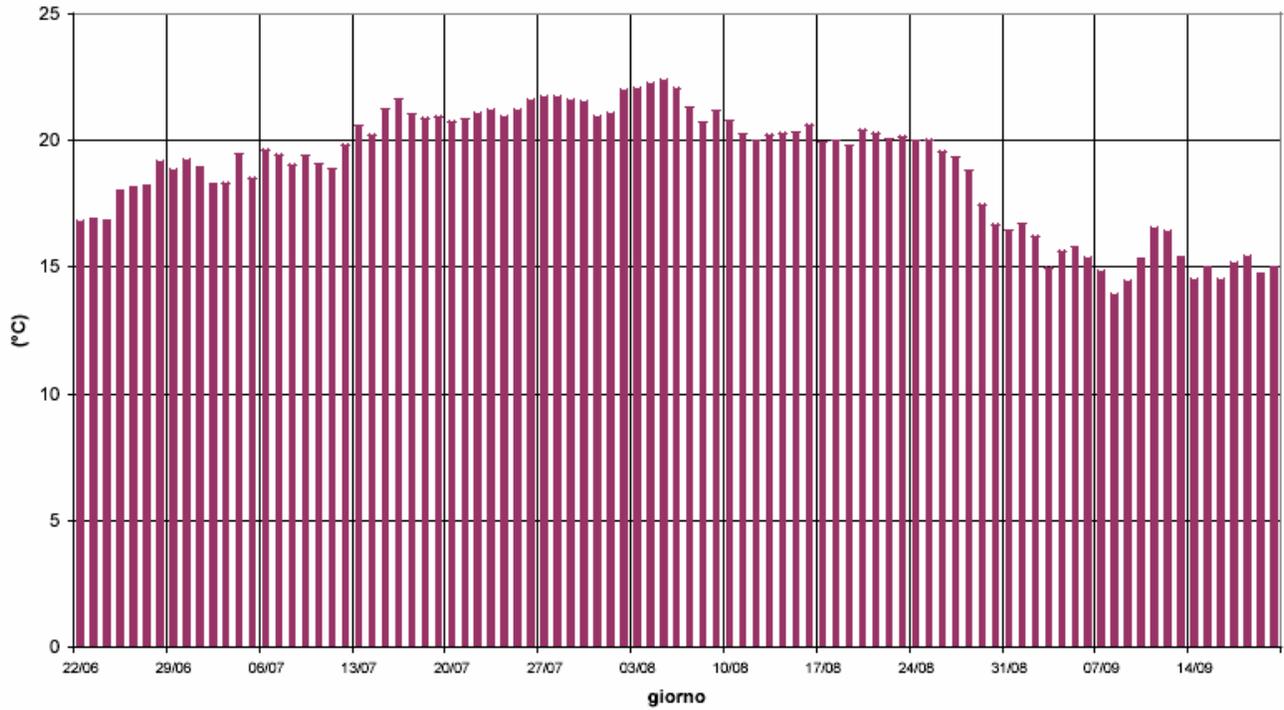
Cameri - Cascina Bornago: temperatura inverno tipo (1990-1997)



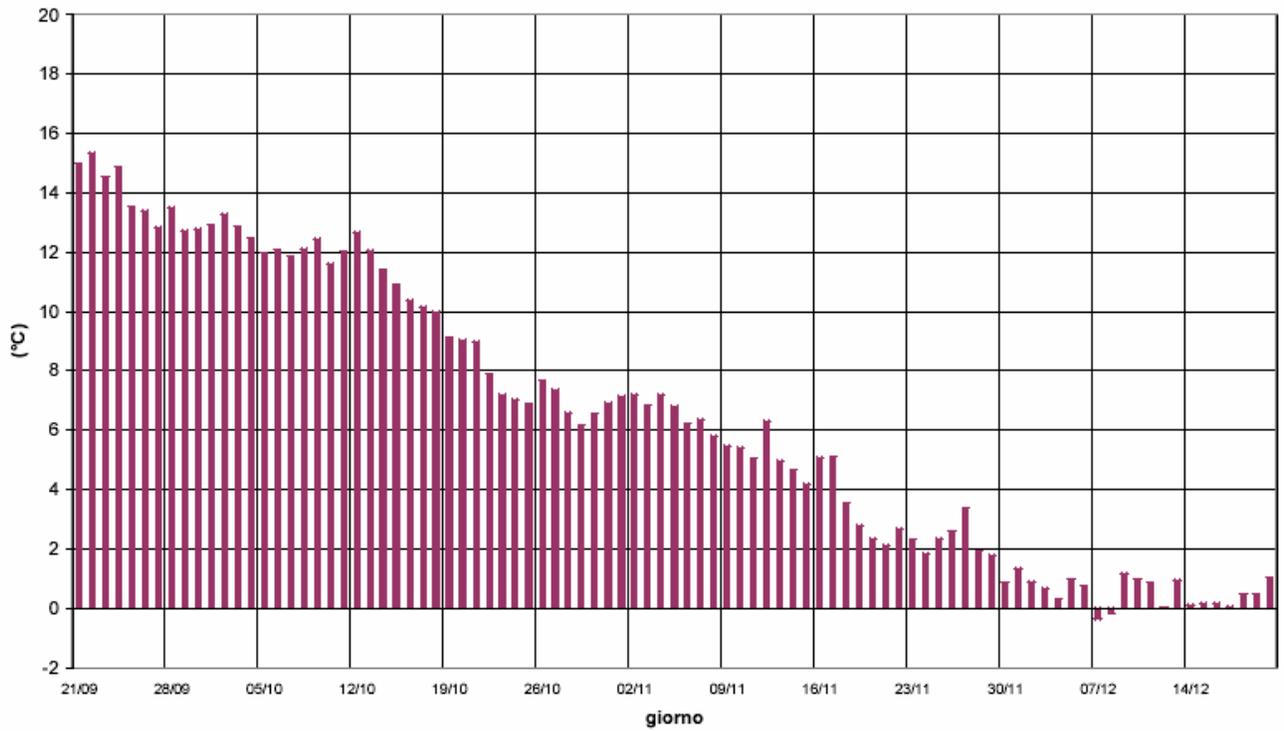
Cameri - Cascina Bornago: temperatura primavera tipo (1990-1997)



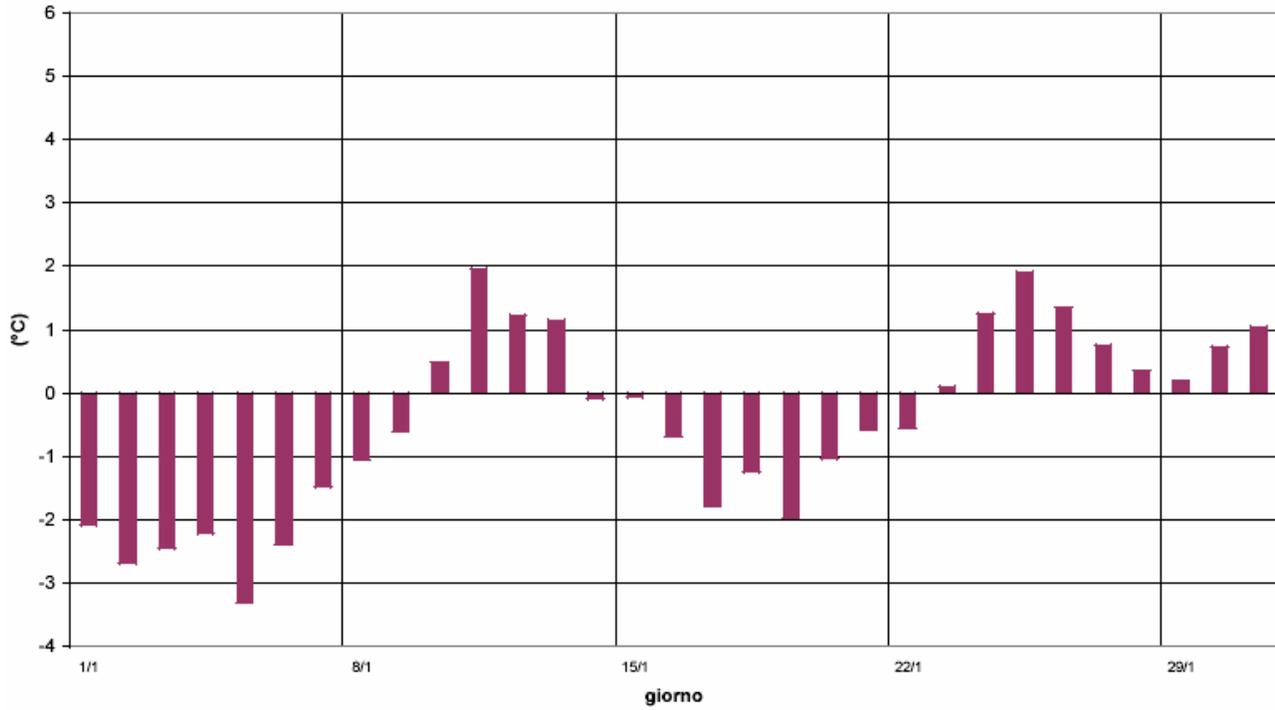
Cameri - Cascina Bornago: temperatura estate tipo (1990-1997)



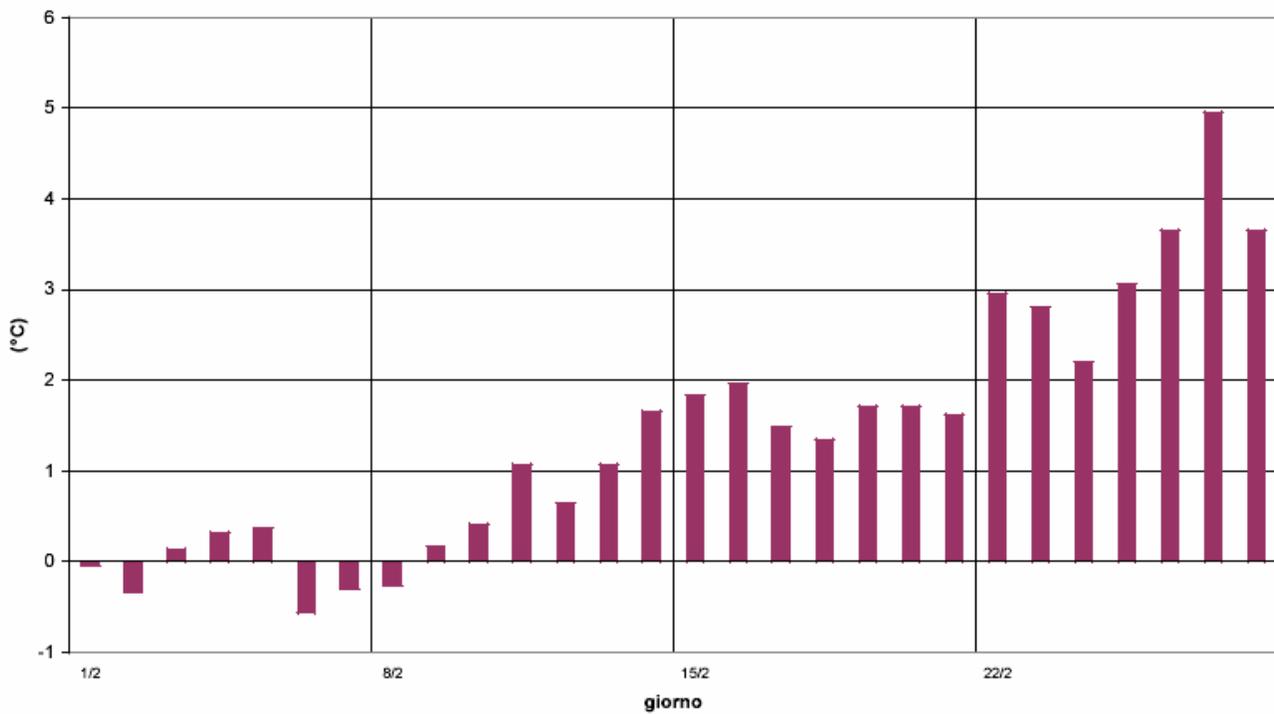
Cameri - Cascina Bornago: temperatura autunno tipo (1990-1997)



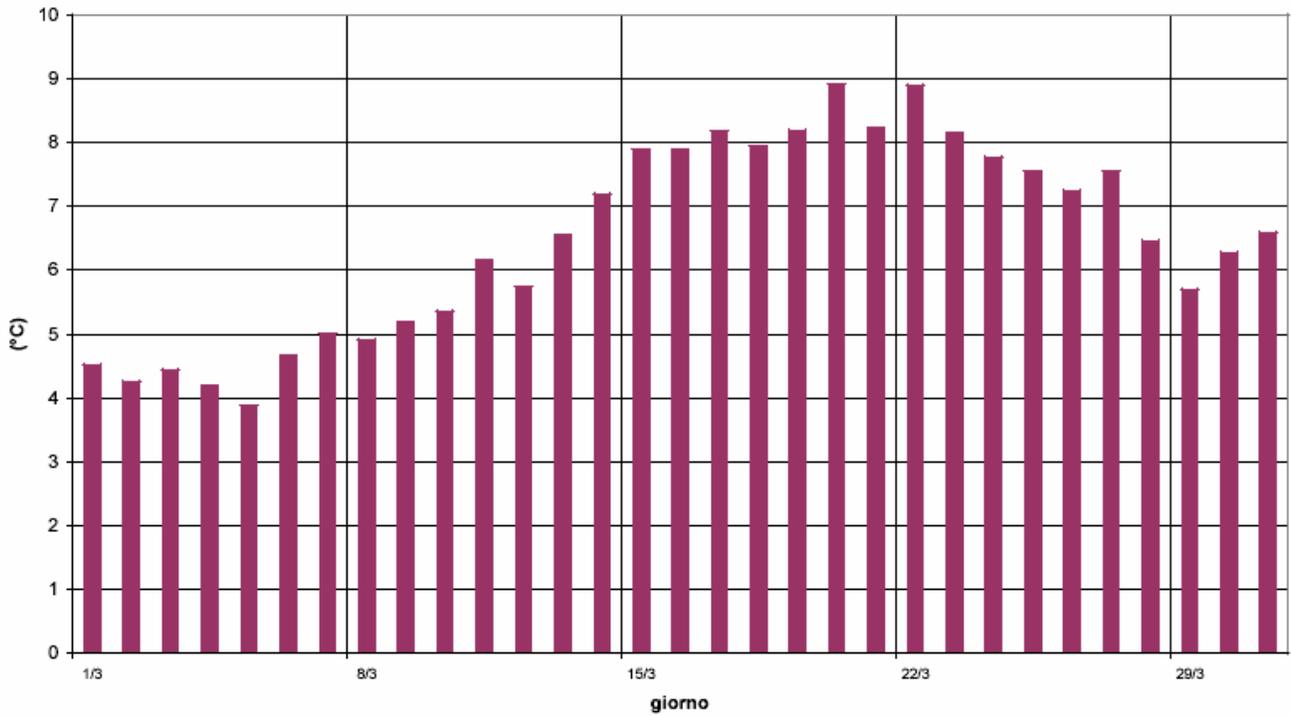
Cameri - Cascina Bornago: temperatura gennaio tipo (1990-1997)



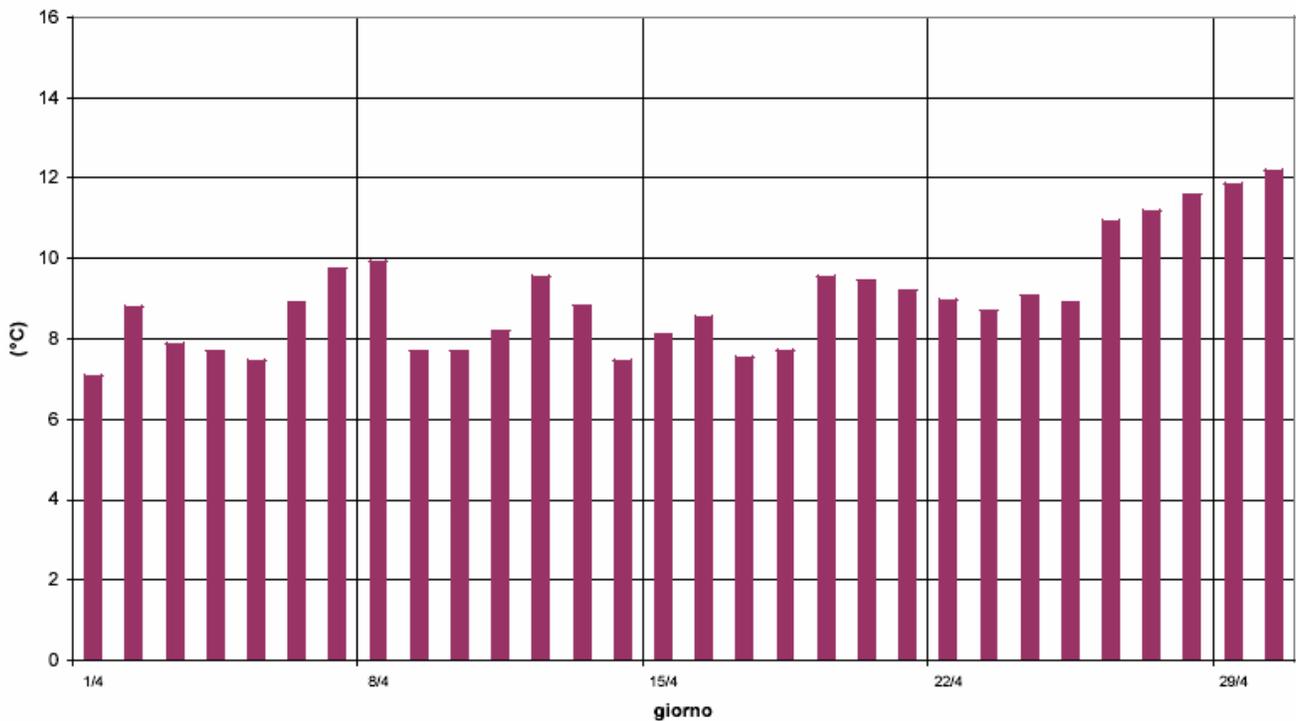
Cameri - Cascina Bornago: temperatura febbraio tipo (1990-1997)



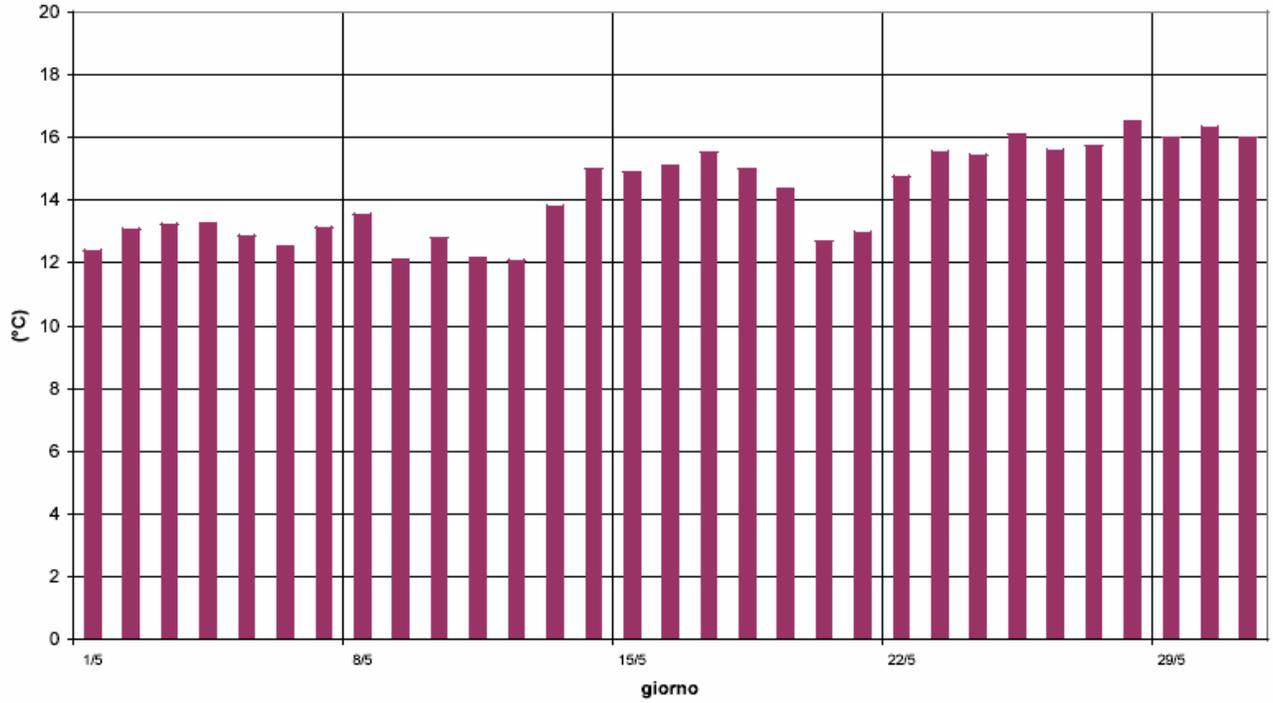
Cameri - Cascina Bornago: temperatura marzo tipo (1990-1997)



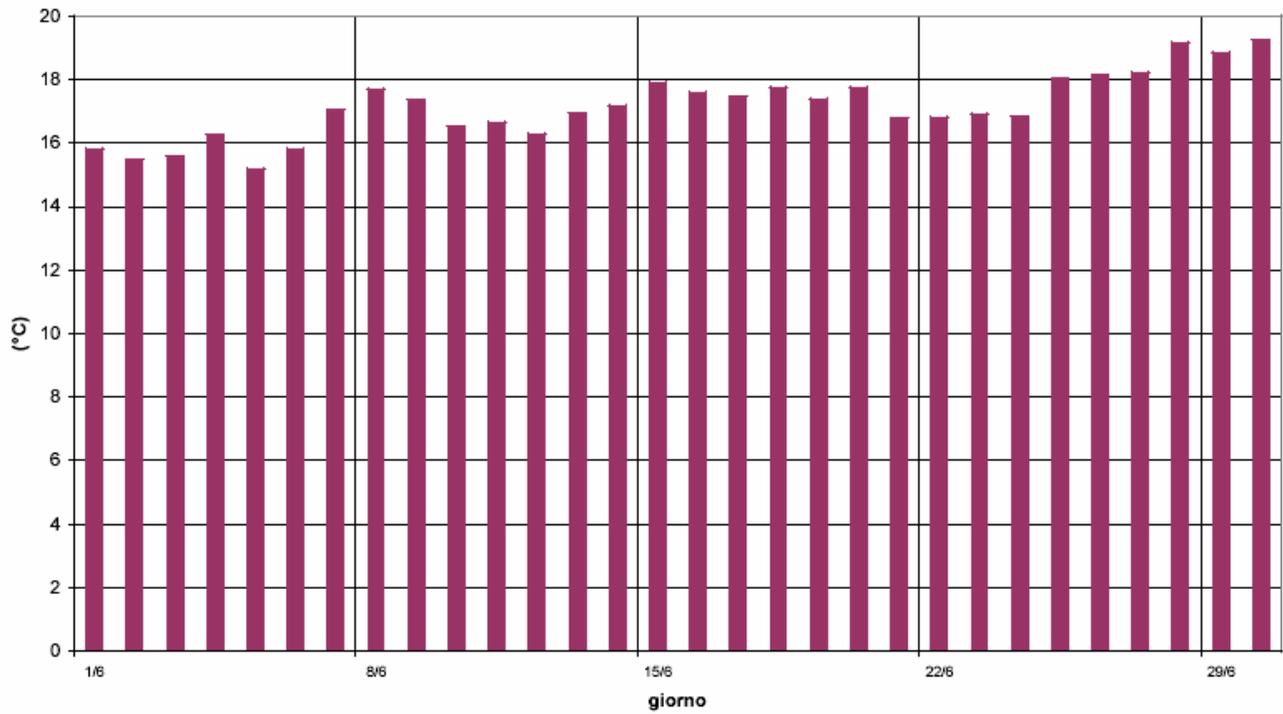
Cameri - Cascina Bornago: temperatura aprile tipo (1990-1997)



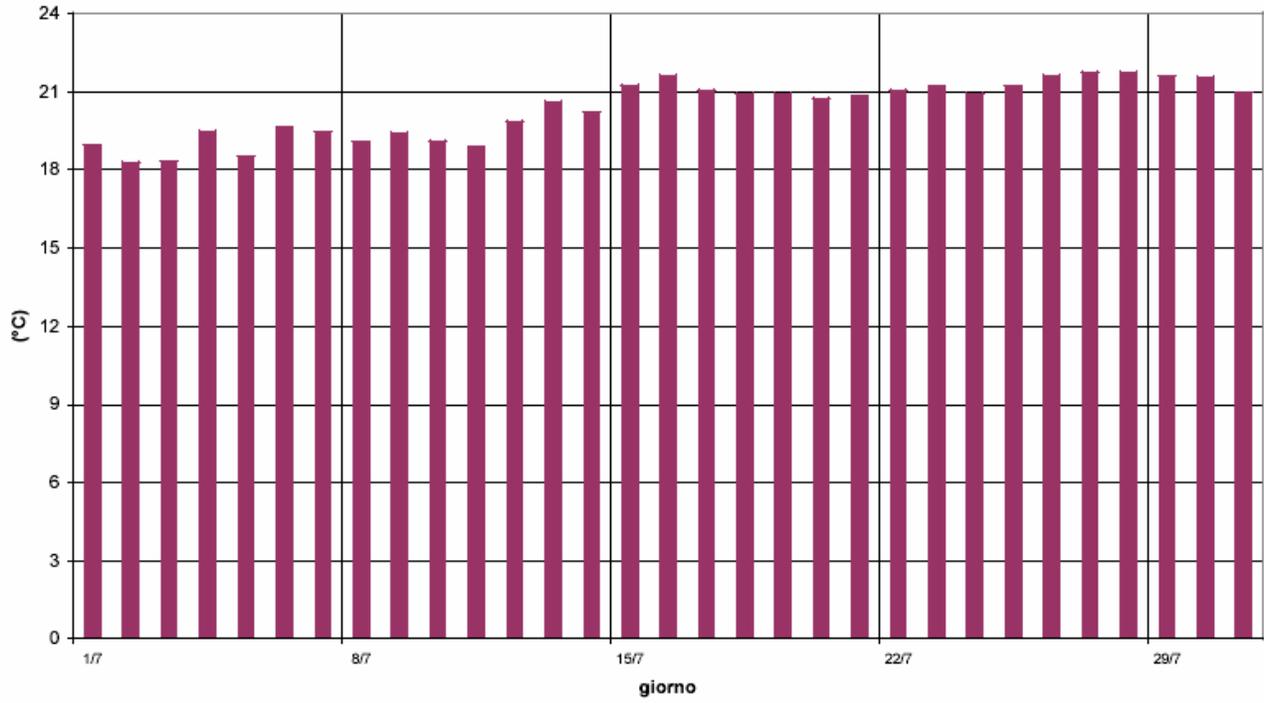
Cameri - Cascina Bornago: temperatura maggio tipo (1990-1997)



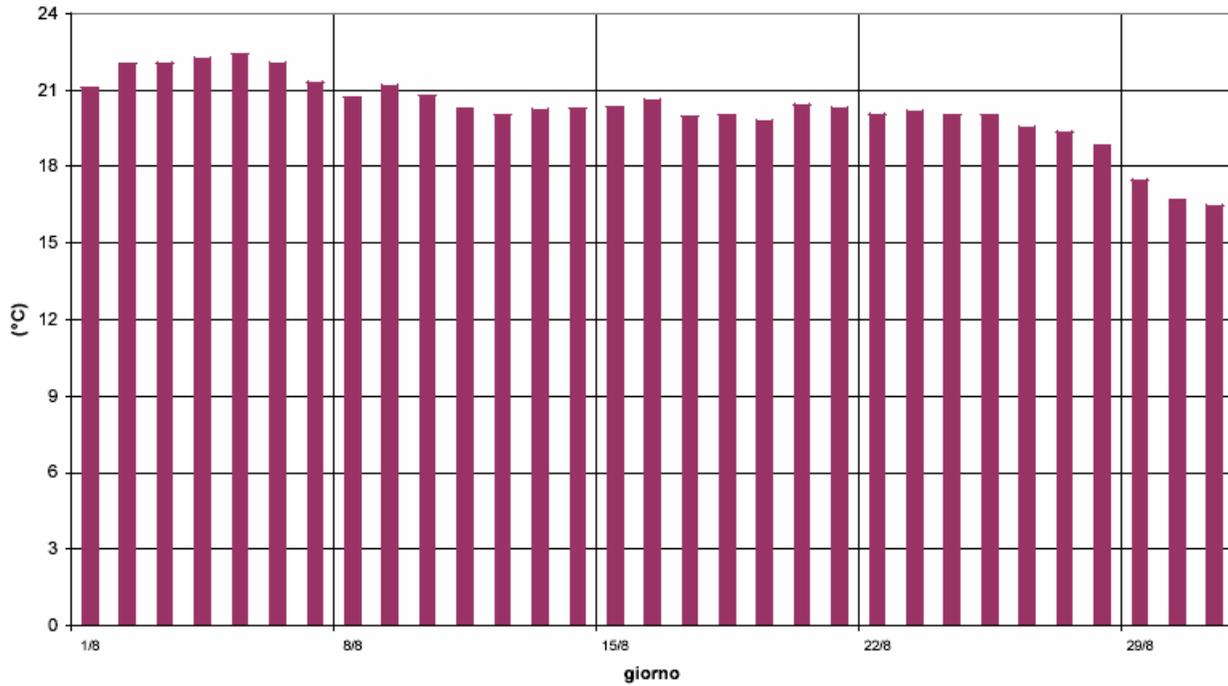
Cameri - Cascina Bornago: temperatura giugno tipo (1990-1997)



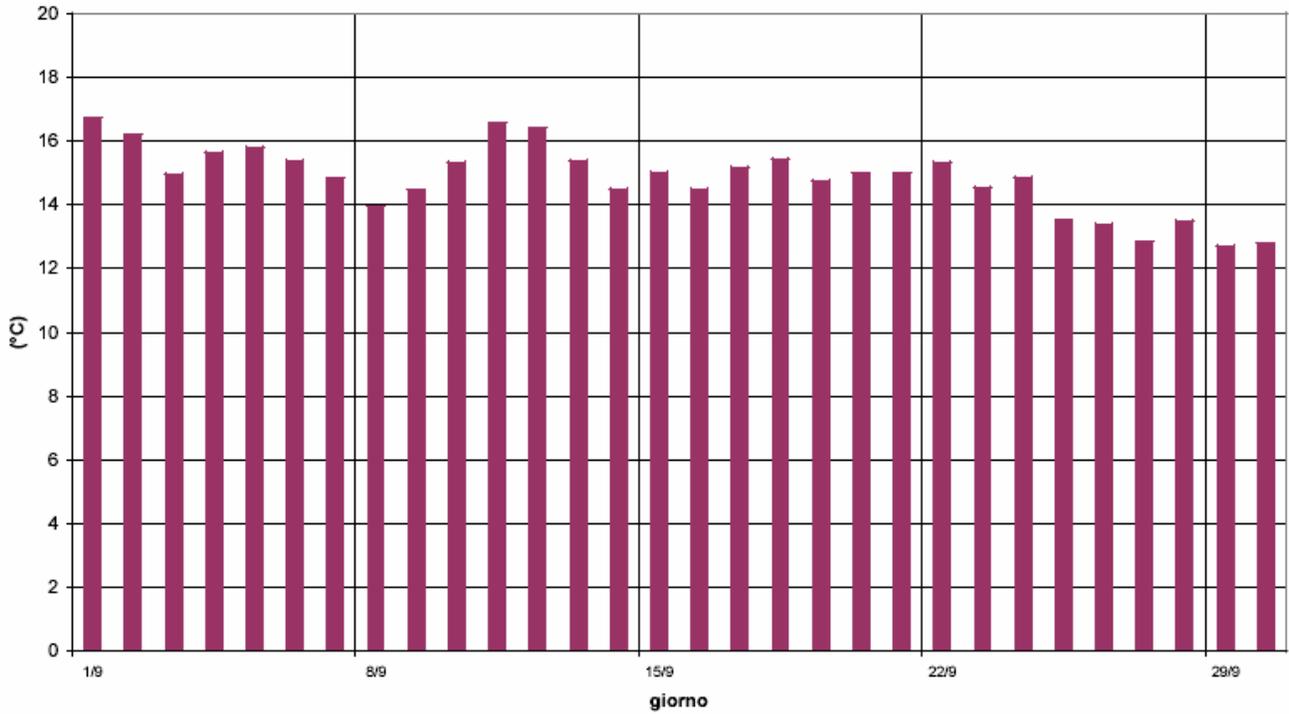
Cameri - Cascina Bornago: temperatura luglio tipo (1990-1997)



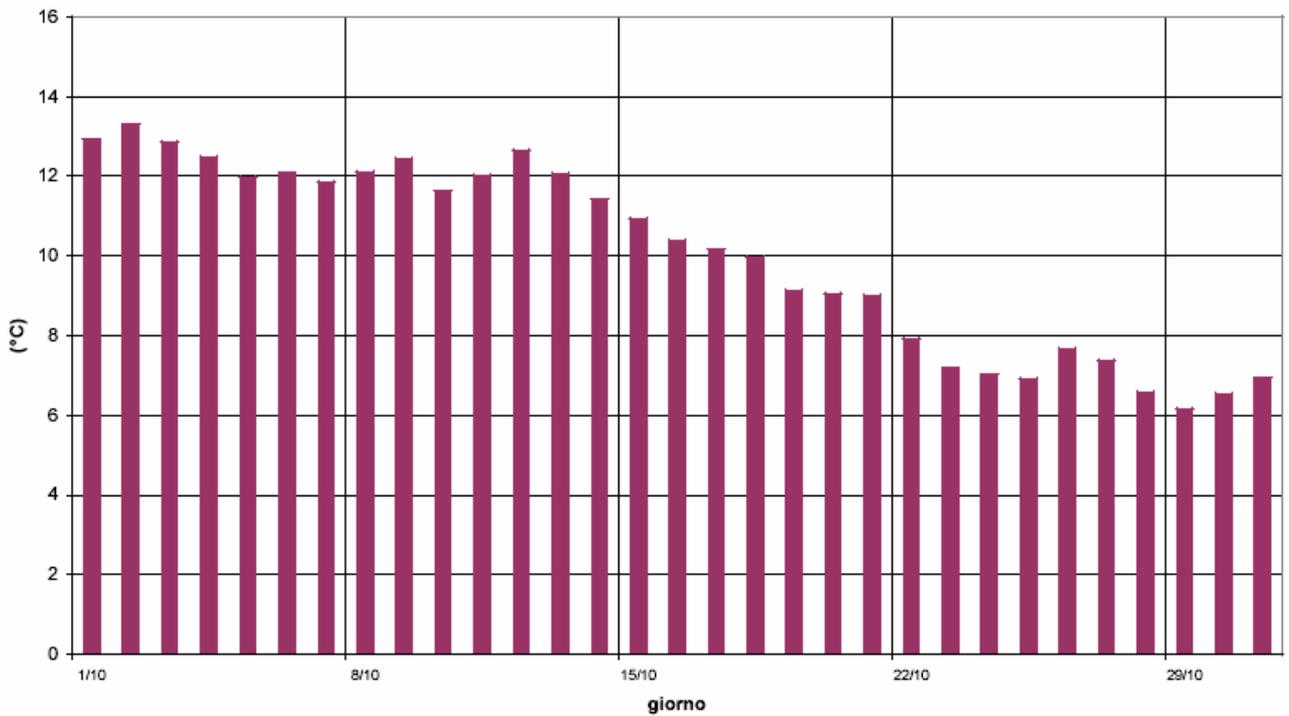
Cameri - Cascina Bornago: temperatura agosto tipo (1990-1997)



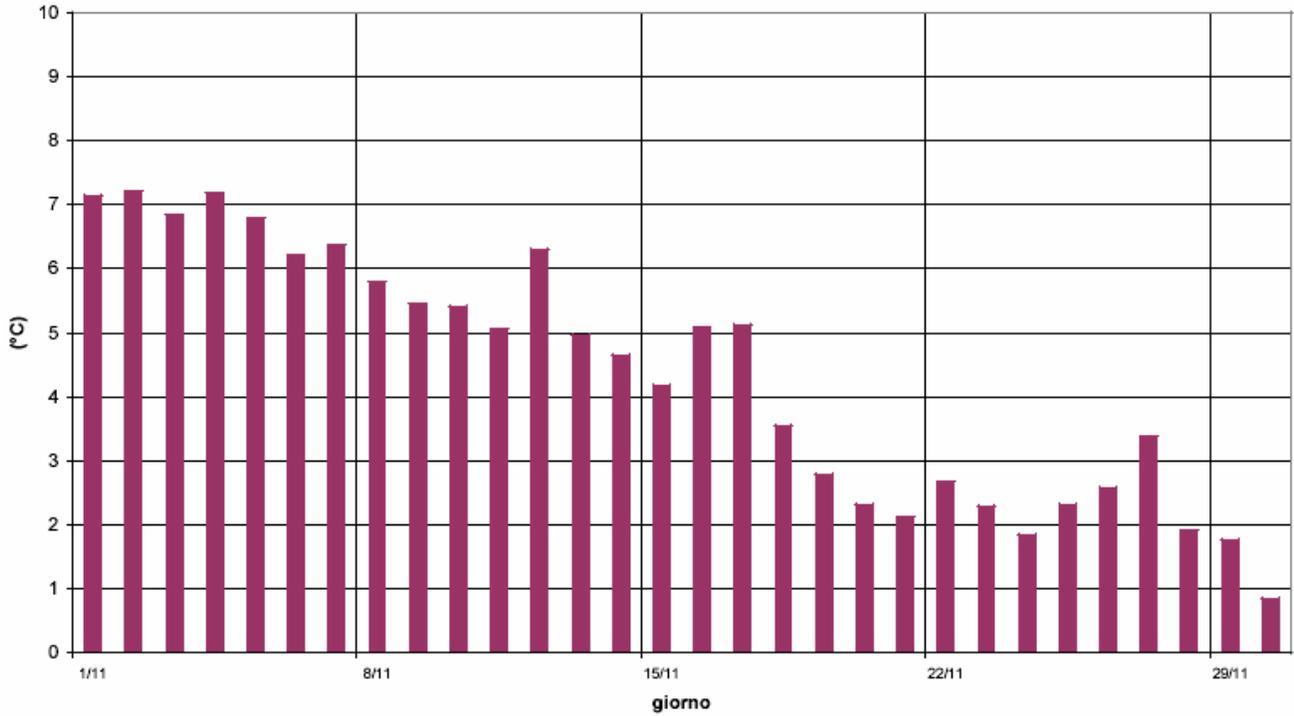
Cameri - Cascina Bornago: temperatura settembre tipo (1990-1997)



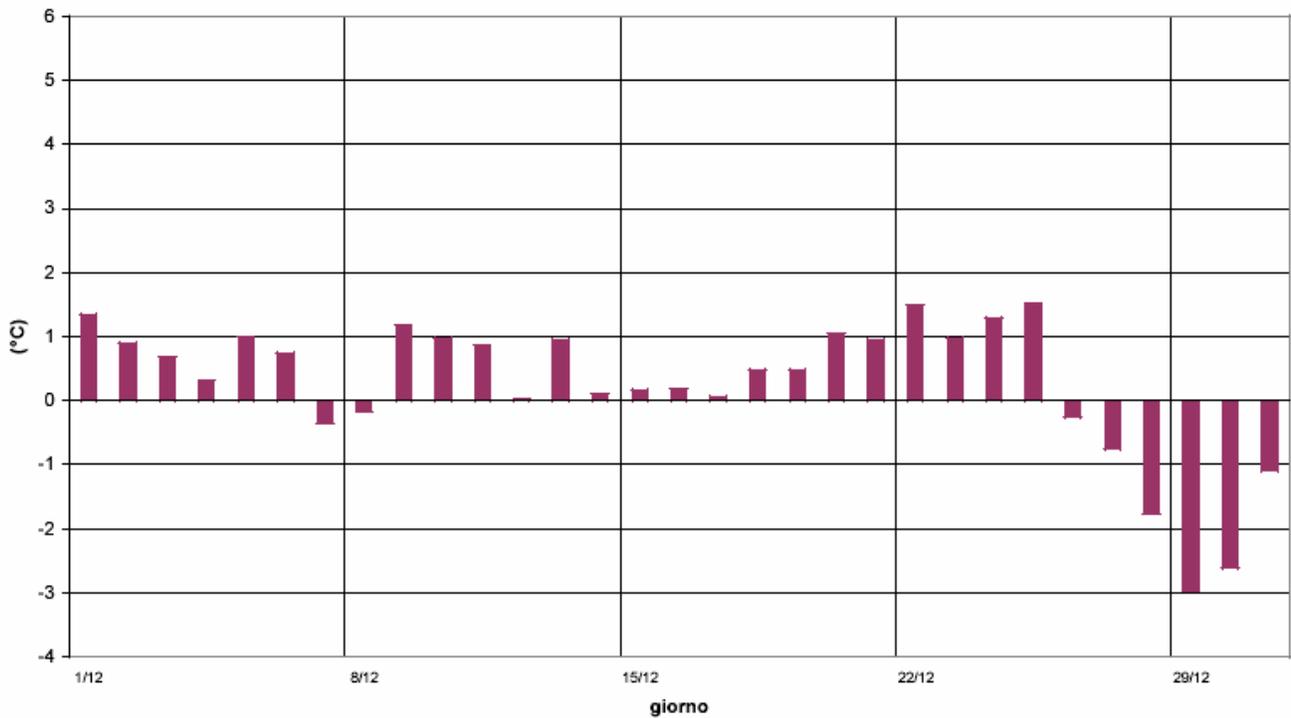
Cameri - Cascina Bornago: temperatura ottobre tipo (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: temperatura novembre tipo (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: temperatura dicembre tipo (1990-1997)



1.5 UMIDITA' RELATIVA

Risultano disponibili e sono stati elaborati i dati forniti dalla Regione Piemonte (Cameri-Cascina Bornago), come valori medi giornalieri e relativamente al periodo 1990-1997.

Sono state effettuate le seguenti elaborazioni:

- Umidità relativa media mensile;
- Umidità relativa media annuale;
- Anno tipo delle medie giornaliere;
- Anno tipo delle medie mensili;
- Stagioni tipo;
- Mesi tipo.

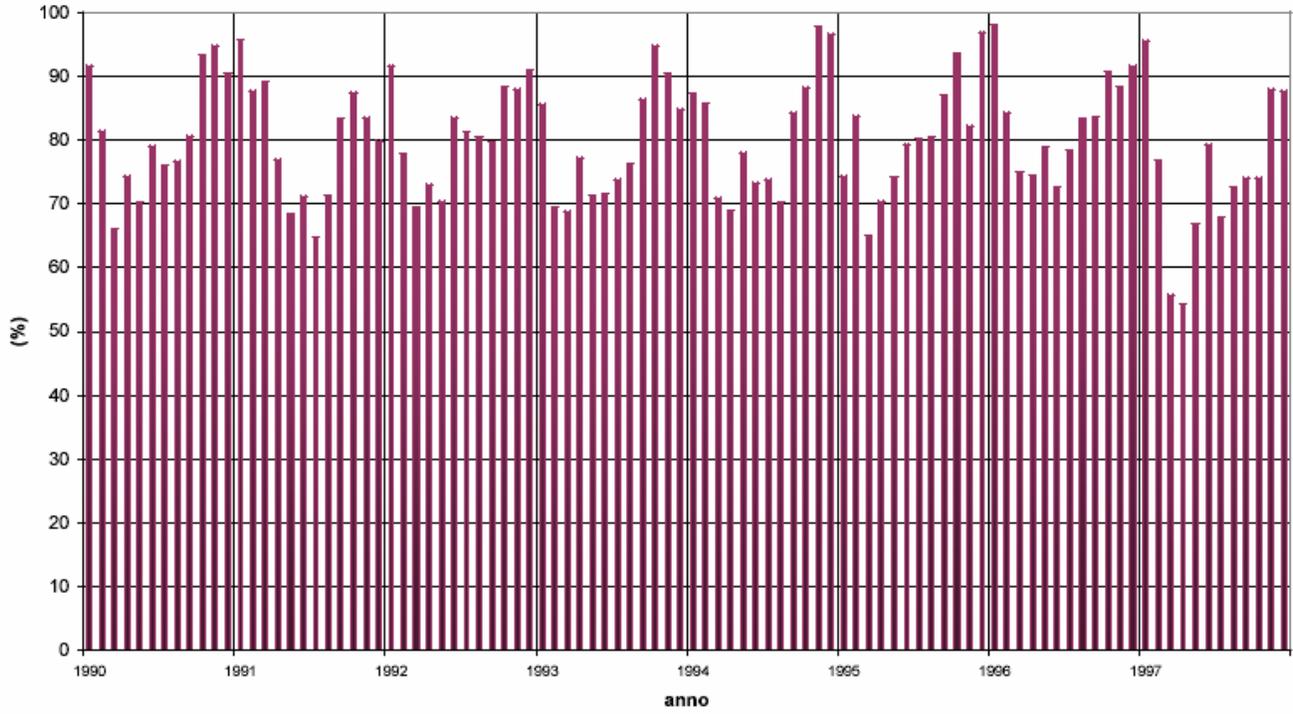
I risultati delle elaborazioni effettuate sono presentate nei grafici che seguono. Si osserva come i valori medi mensili si presentino superiori al 70% in tutto il periodo analizzato, con valori minimi nel periodo che va da marzo ad agosto e valori massimi durante il periodo autunnale.

I valori minimi in assoluto si riscontrano durante il periodo primaverile, probabilmente in concomitanza con i fenomeni di fohn già descritti precedentemente.

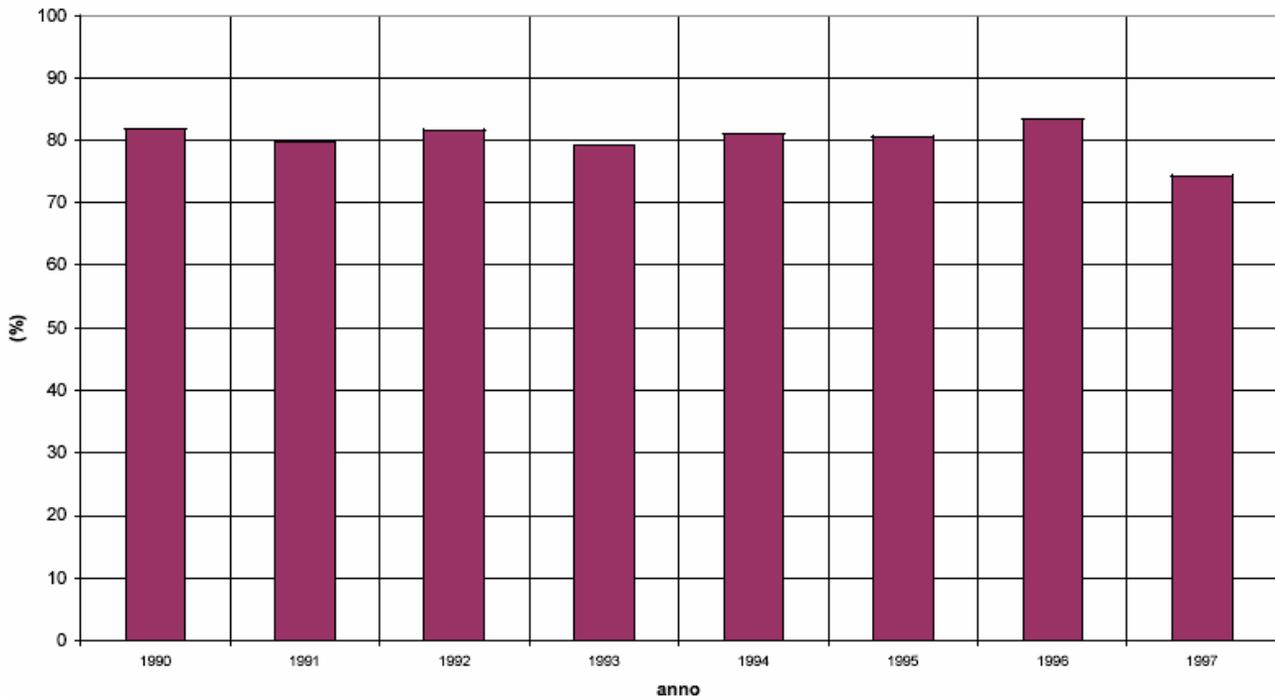
I valori medi annuali si attestano sempre intorno all'80% ad eccezione del 1997 che evidenzia un valore pari al 74%.

1.5.1 Elaborazioni umidità relativa (Cameri-Cascina Bornago)

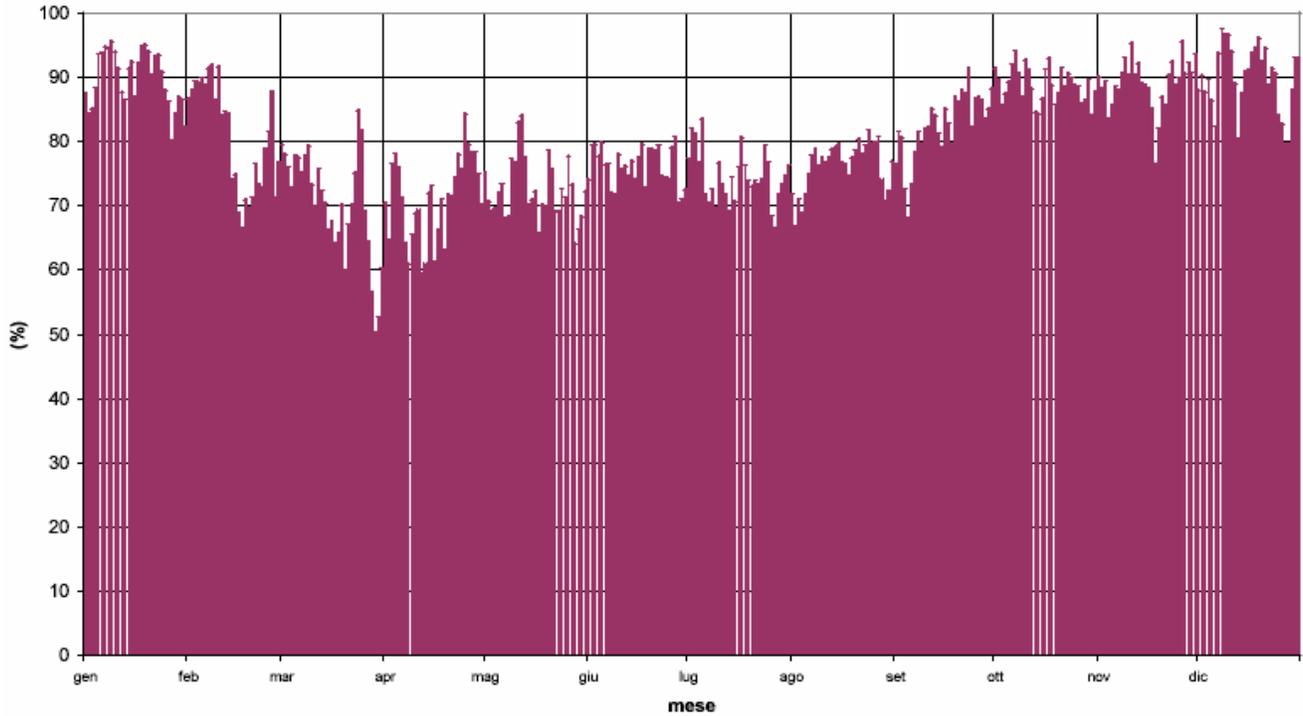
Cameri - Cascina Bornago: medie mensili di umidità relativa (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: medie annuali di umidità relativa (1990-1997)



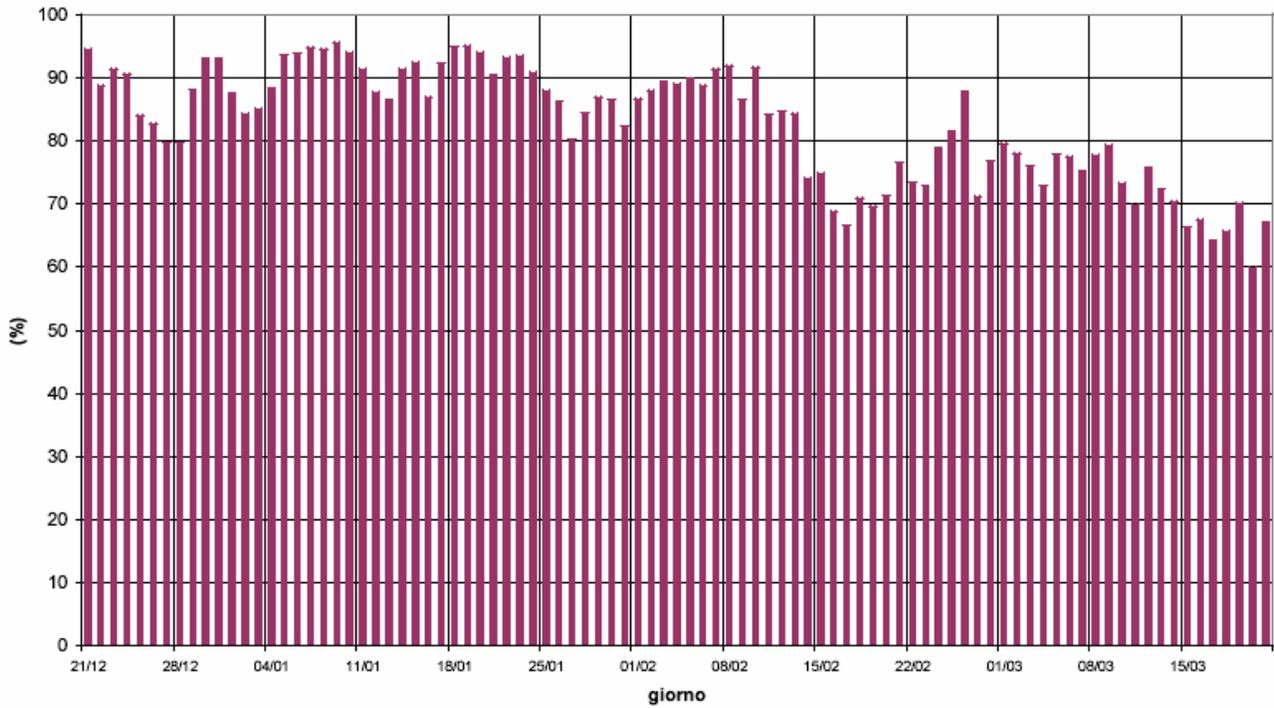
Cameri - Cascina Bornago: anno tipo delle medie giornaliere di umidità relativa (1990-1997)



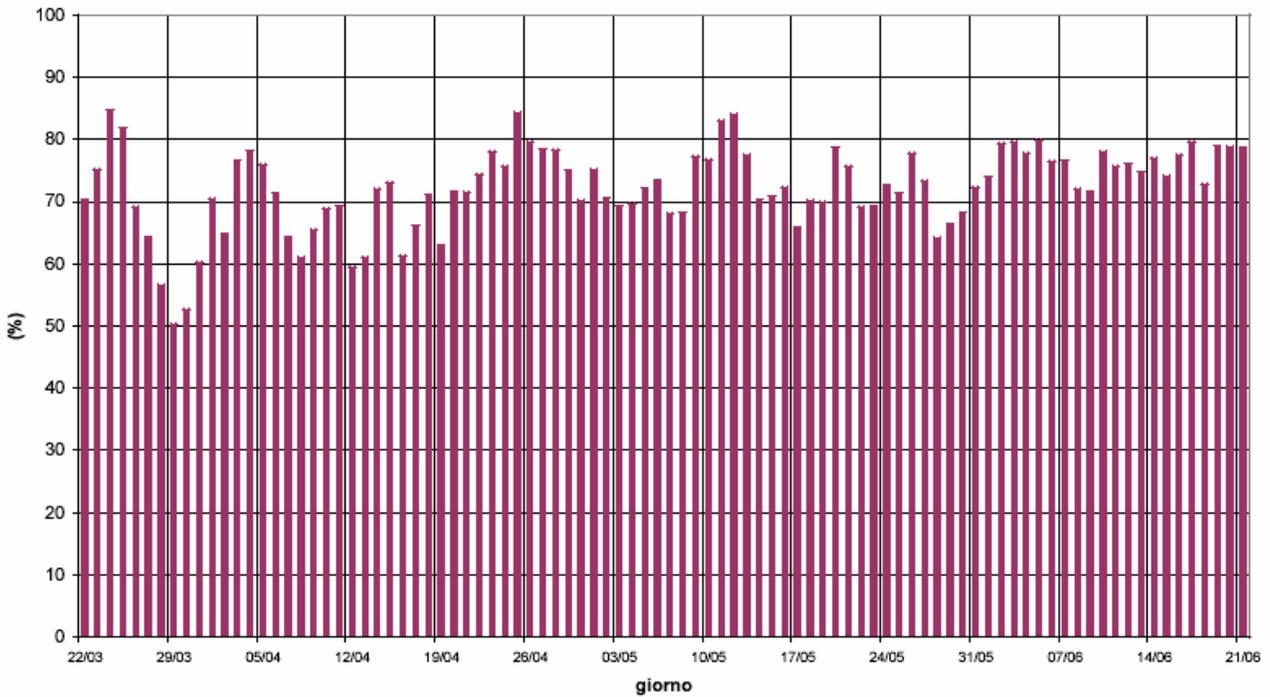
Cameri - Cascina Bornago: anno tipo delle medie mensili di umidità relativa (1990-1997)



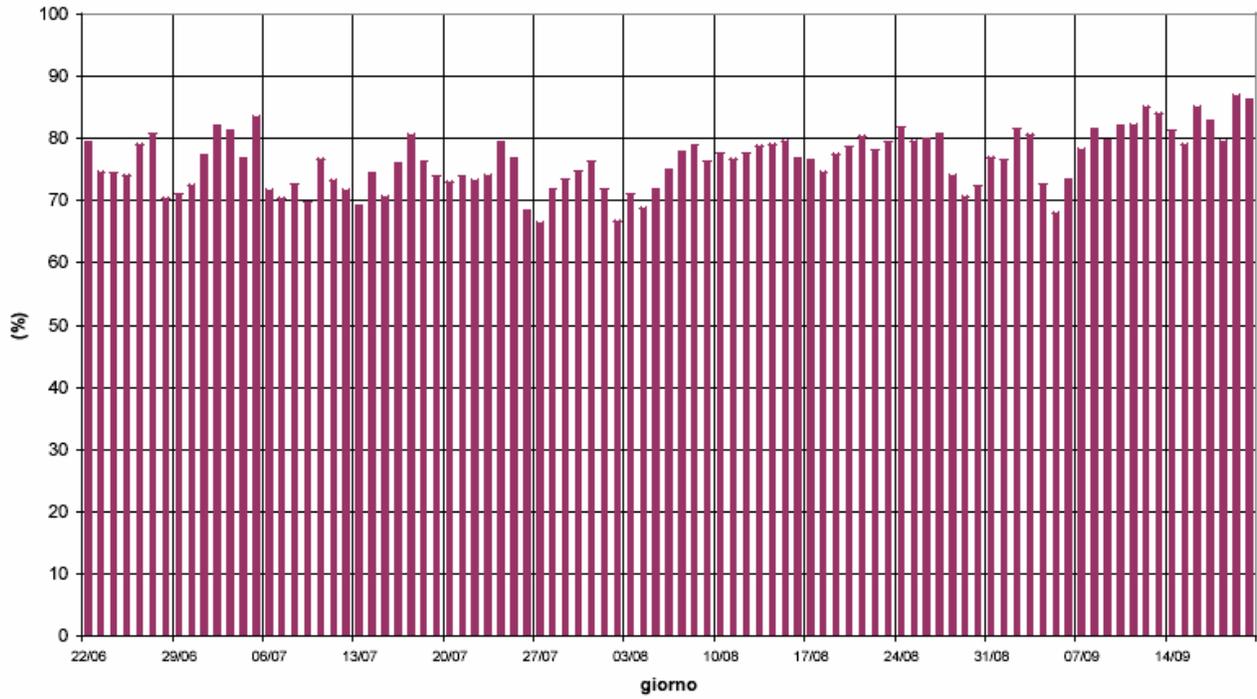
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa inverno tipo (1990-1997)



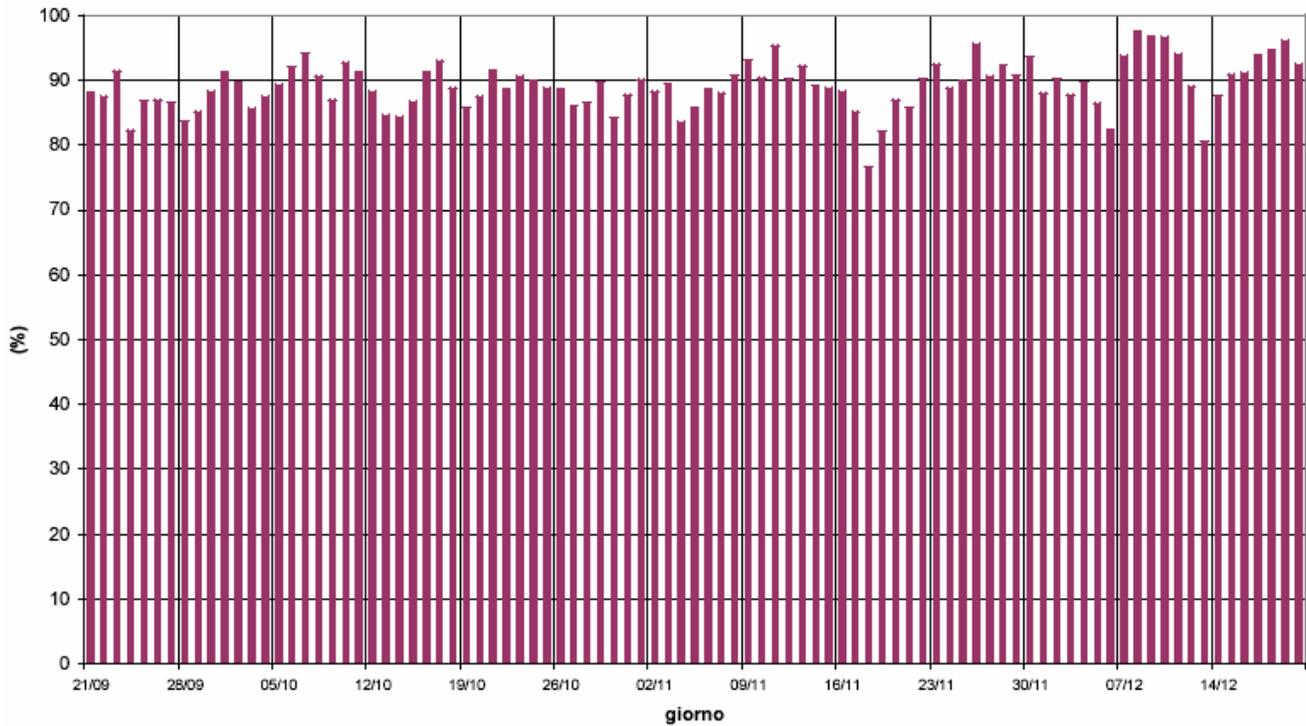
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa primavera tipo (1990-1997)



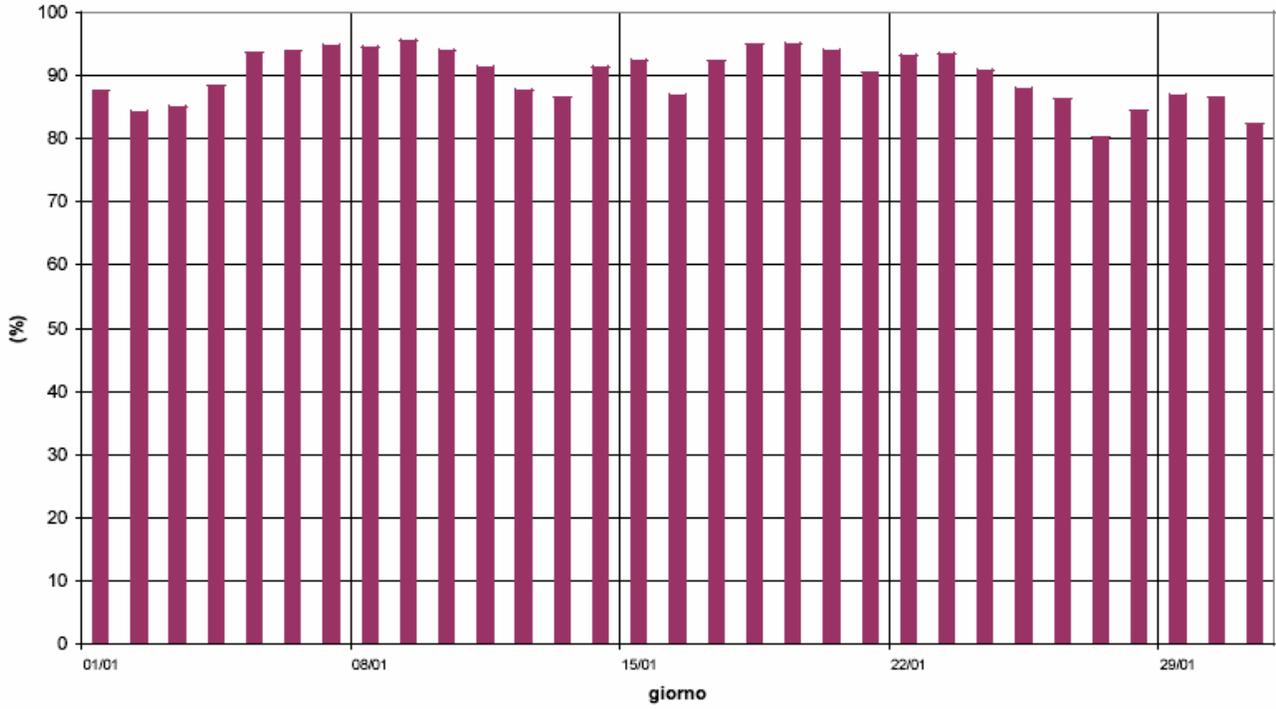
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa estate tipo (1990-1997)



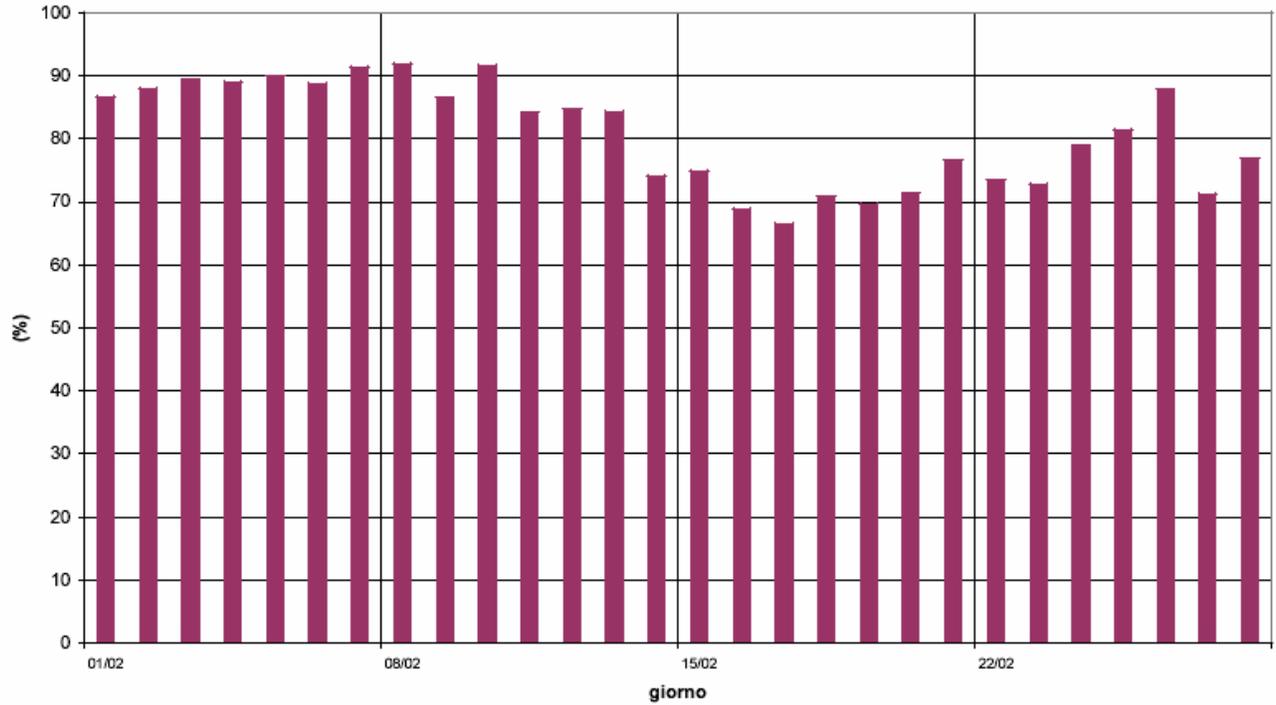
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa autunno tipo (1990-1997)



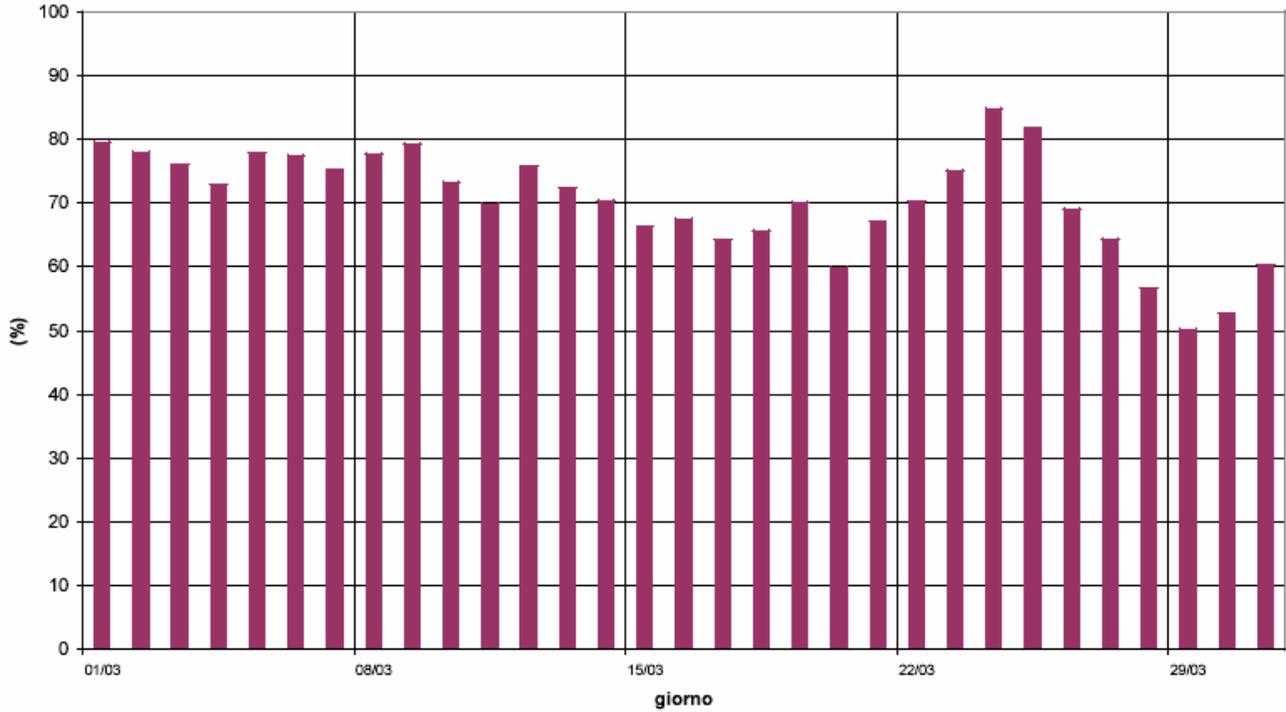
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa gennaio tipo (1990-1997)



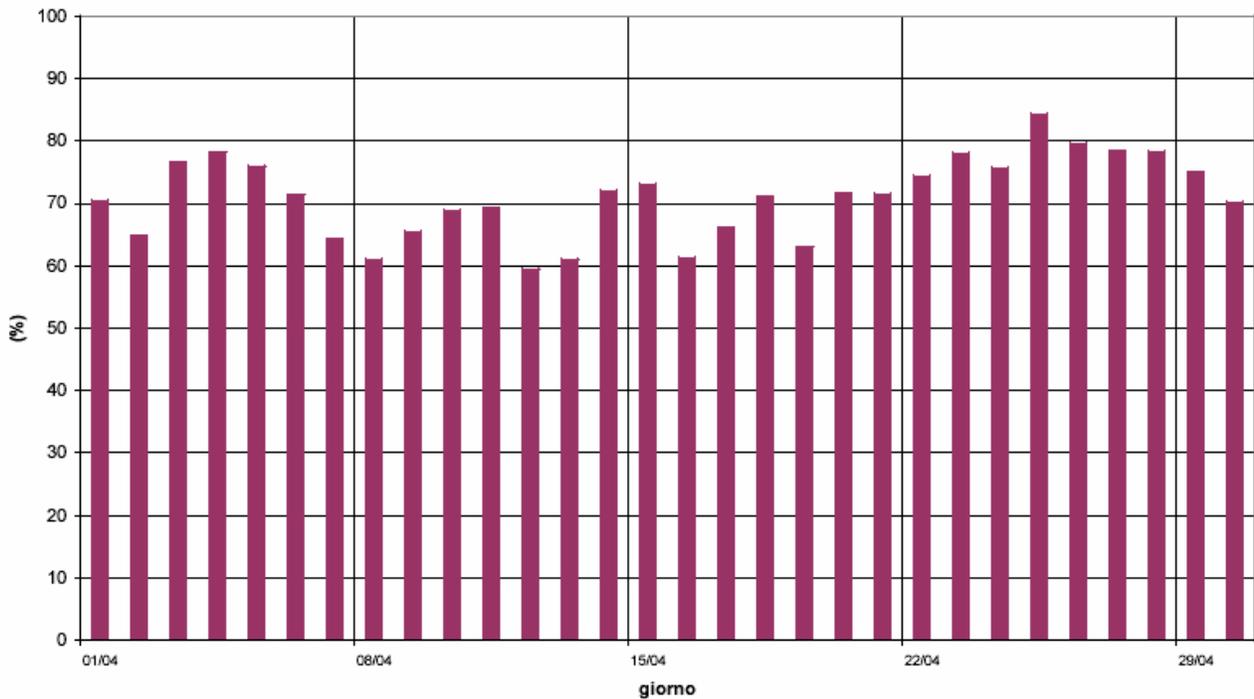
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa febbraio tipo (1990-1997)



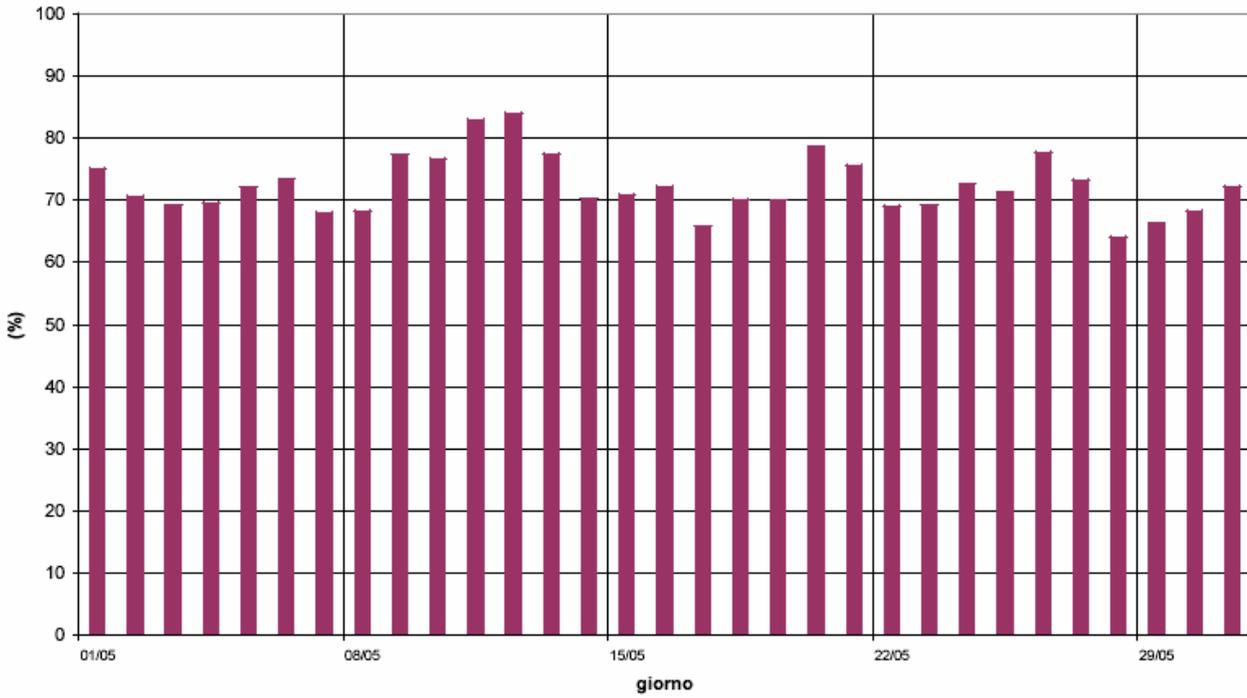
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa marzo tipo (1990-1997)



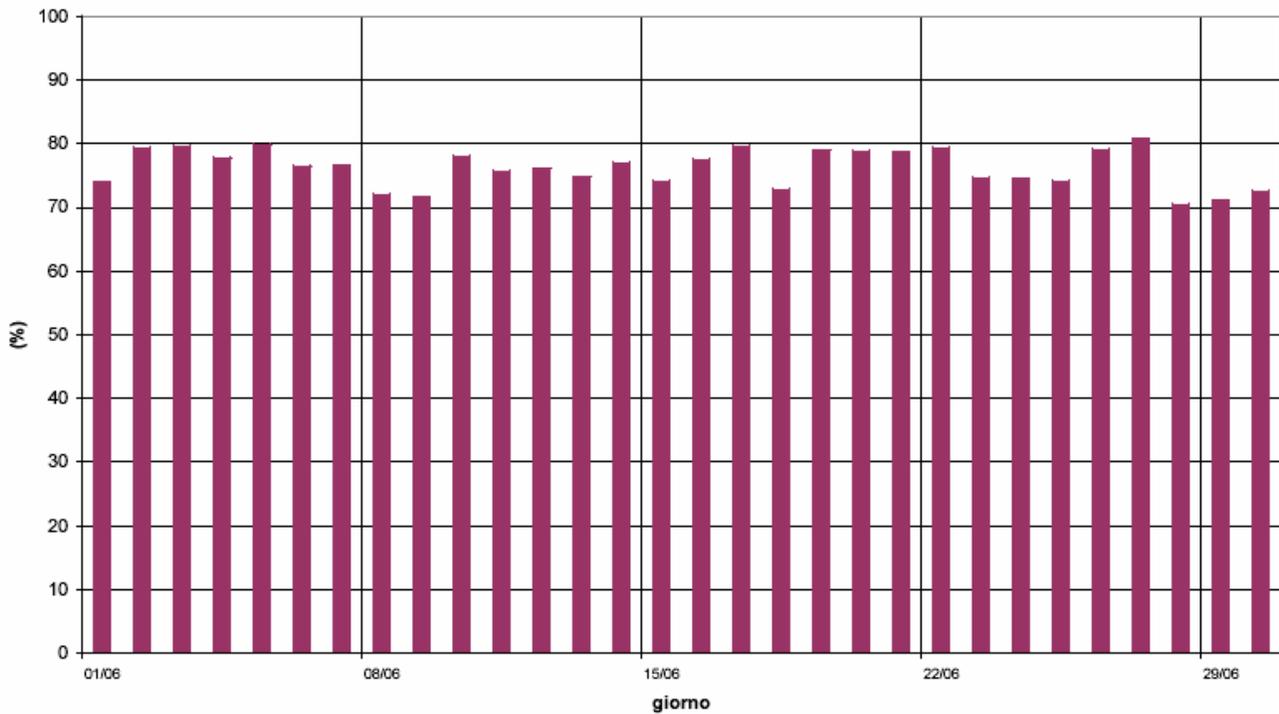
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa aprile tipo (1990-1997)



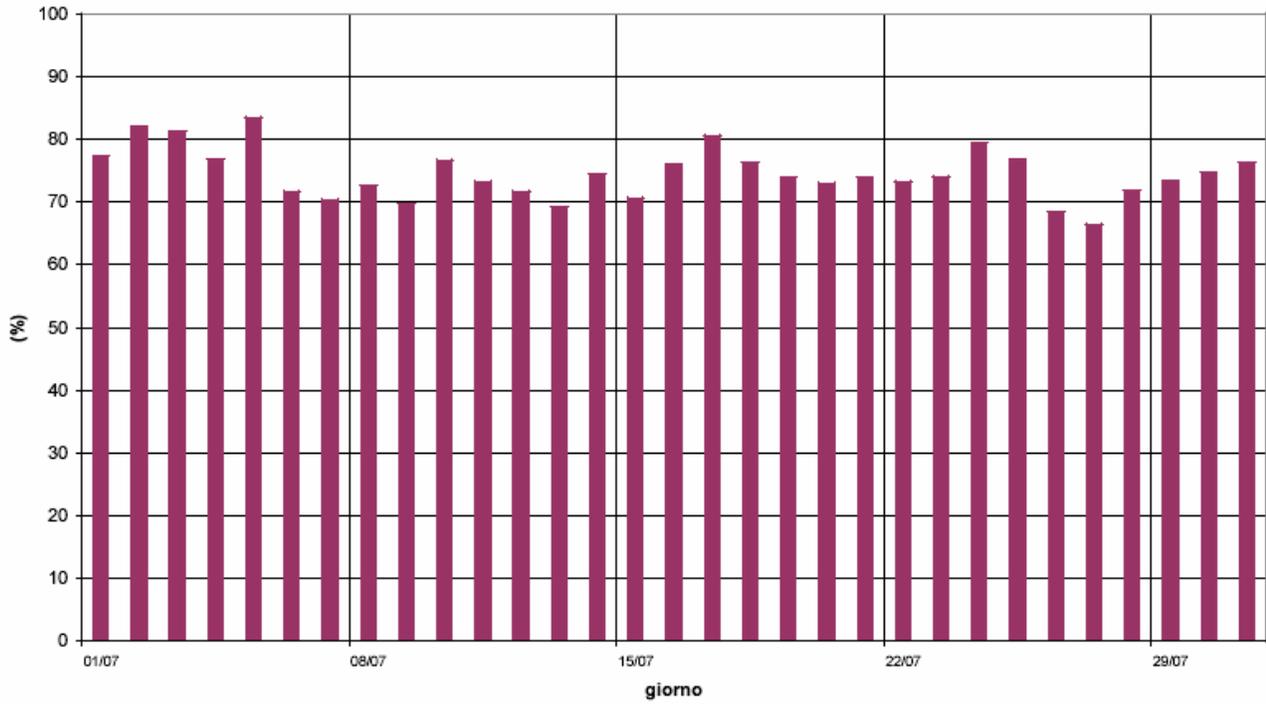
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa maggio tipo (1990-1997)



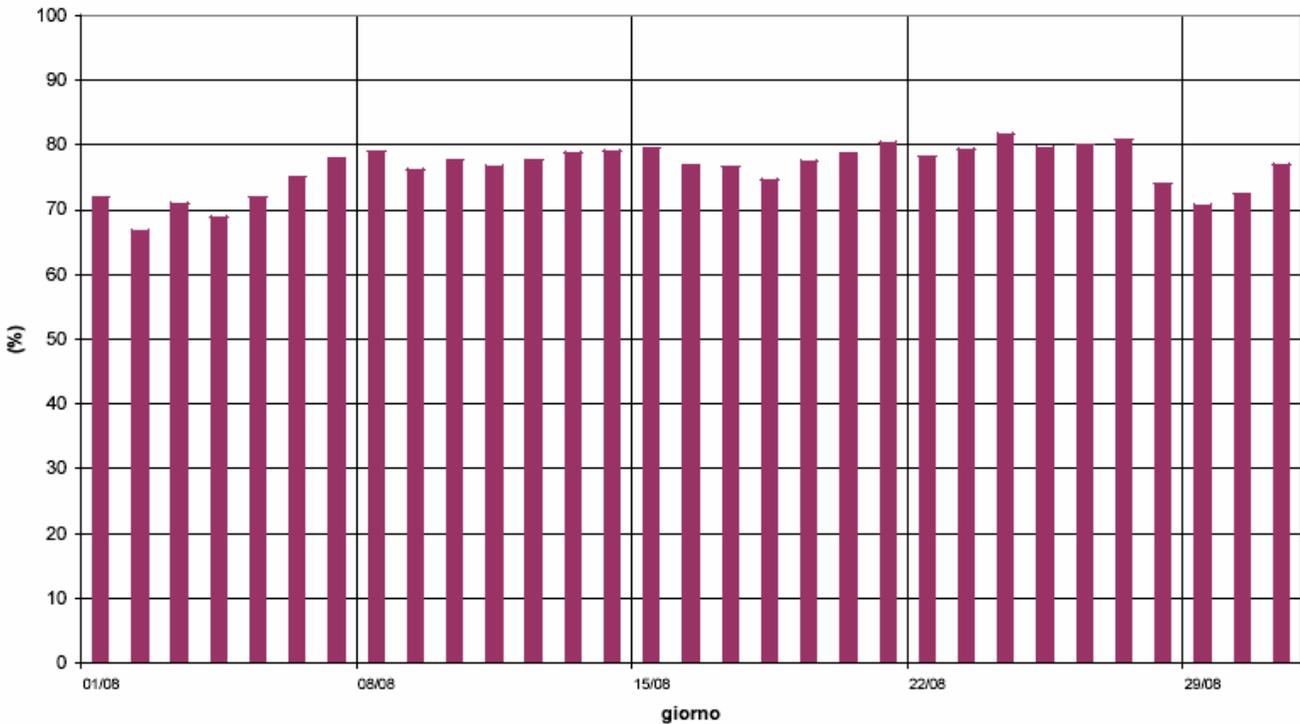
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa giugno tipo (1990-1997)



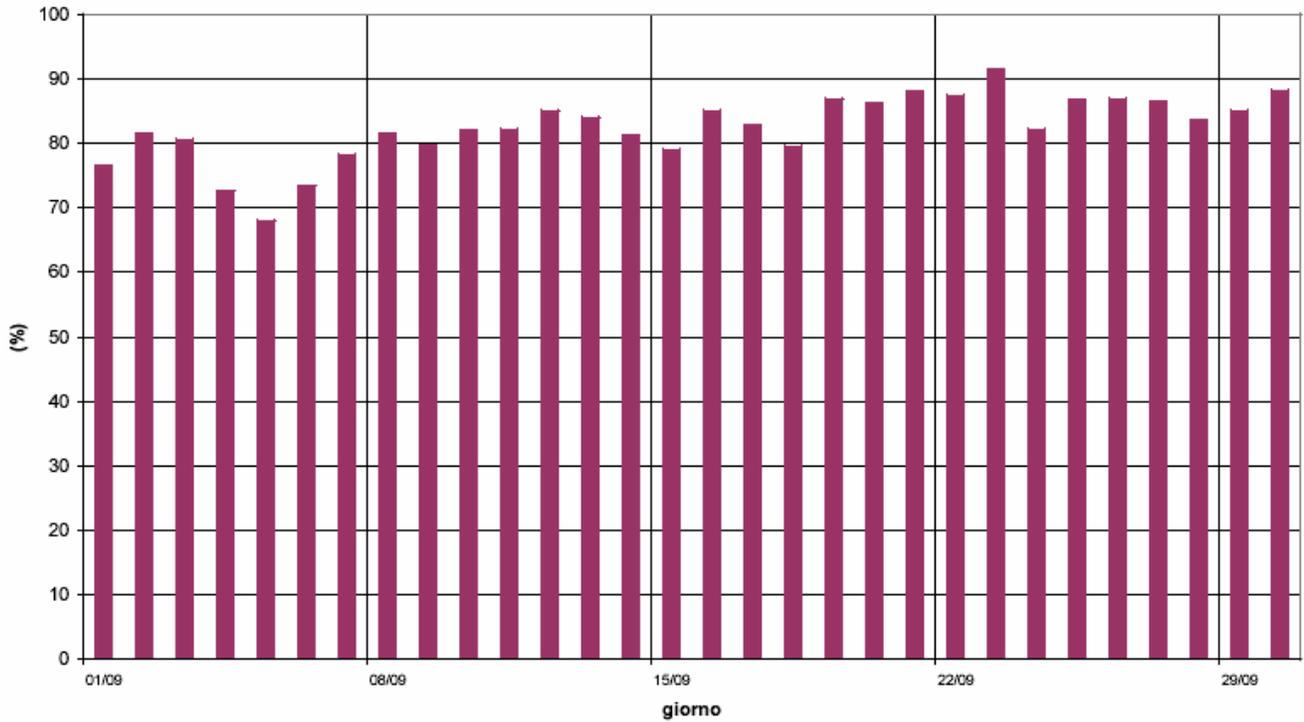
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa luglio tipo (1990-1997)



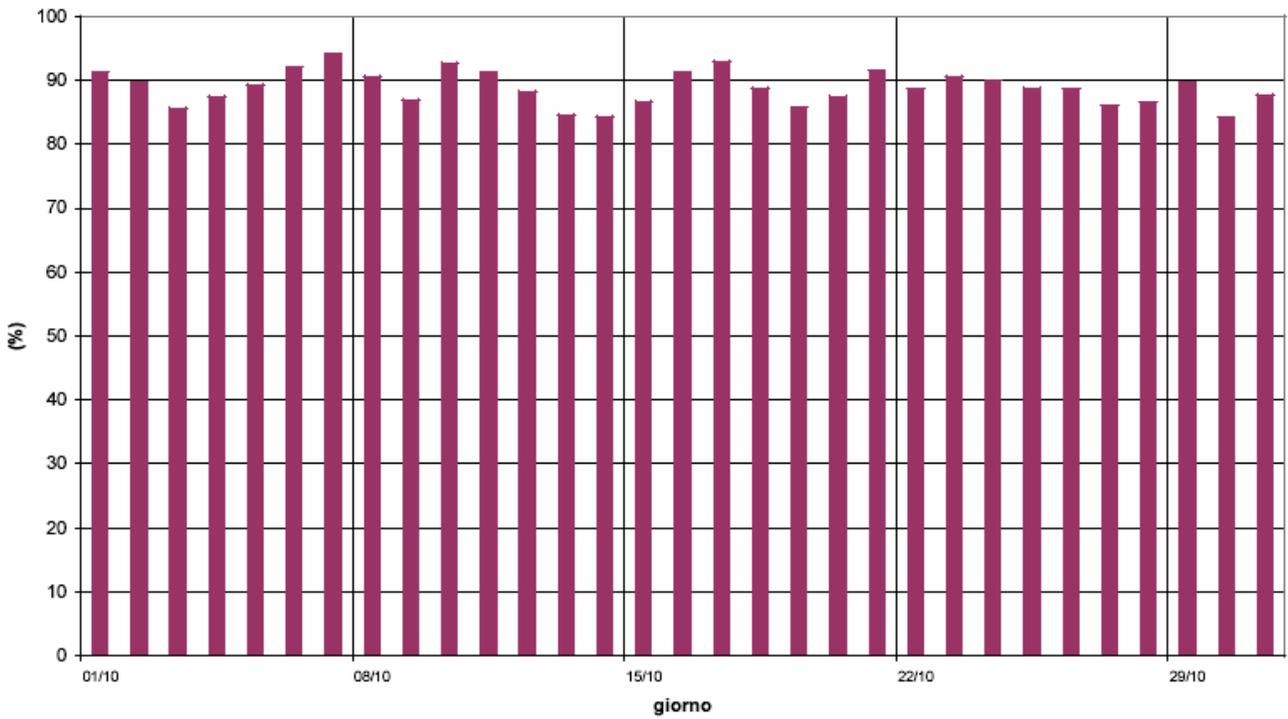
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa agosto tipo (1990-1997)



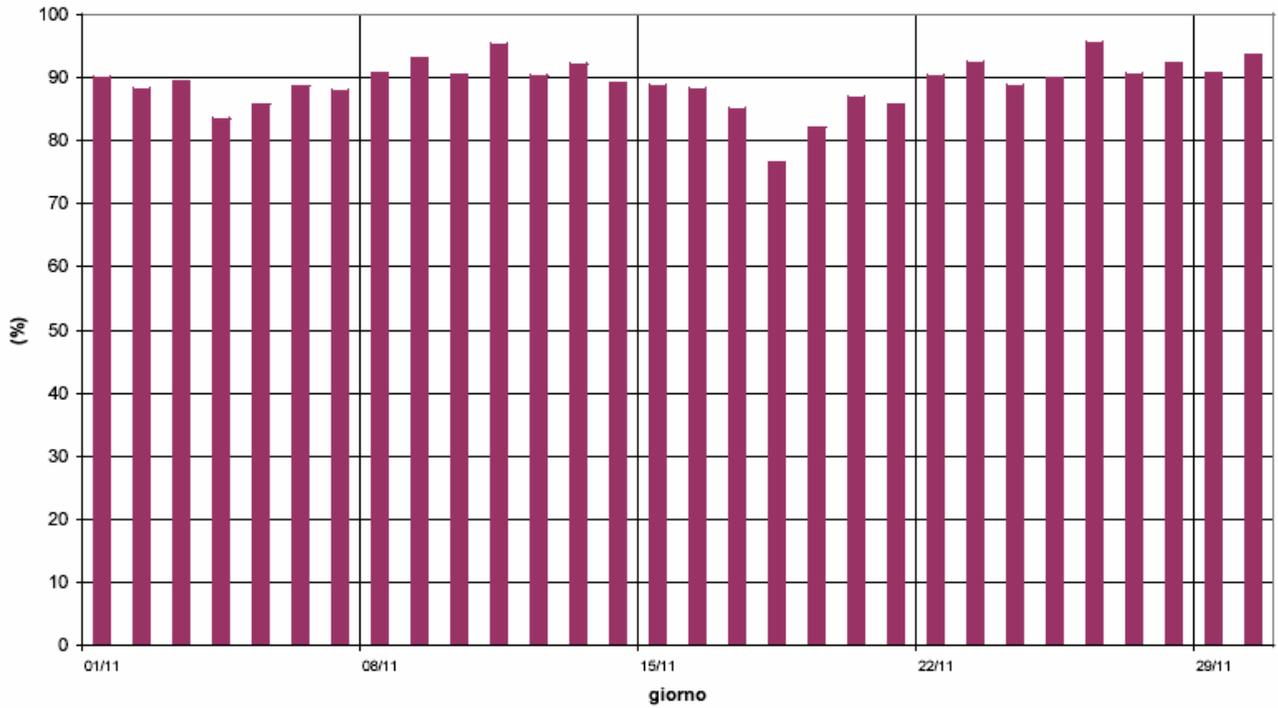
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa settembre tipo (1990-1997)



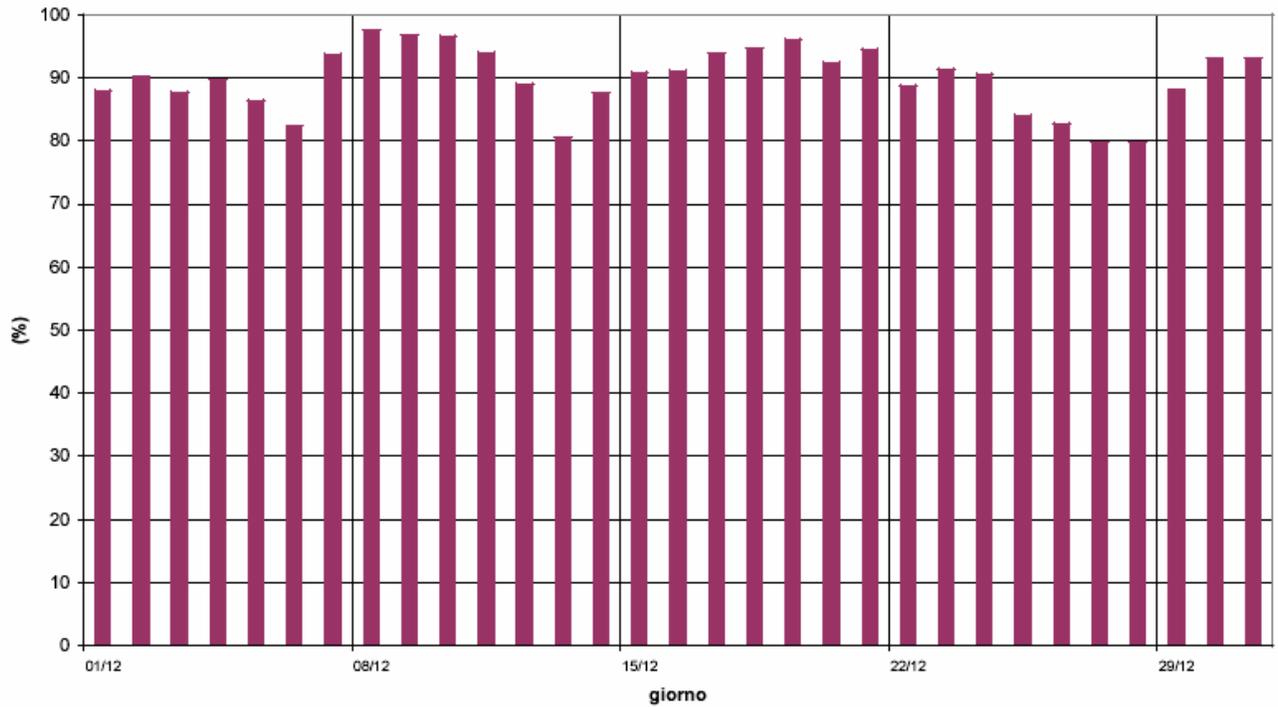
Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa ottobre tipo (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa novembre tipo (1990-1997)



Cameri - Cascina Bornago: umidità relativa dicembre tipo (1990-1997)



2. CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO

I livelli di concentrazione al suolo di inquinanti emessi da sorgenti naturali e antropiche presenti in una porzione di territorio dipendono in modo determinante dalle caratteristiche diffusive dell'atmosfera, cioè dalla capacità dell'atmosfera di diluire e disperdere gli inquinanti emessi.

Ciò secondo la semplice relazione fisica:

$$C(x,y,z) [g \cdot m^{-3}] = F [sec \cdot m^{-3}] \cdot Q [g \cdot sec^{-1}]$$

dove:

$C(x,y,z)$ è la concentrazione al suolo dell'inquinante considerato nel punto di coordinate x,y,z ;

Q è il rateo di emissione dell'inquinante considerato;

F rappresenta il Fattore di Diluizione Atmosferico, cioè le caratteristiche diffusive dell'atmosfera sopra citate.

Le caratteristiche diffusive e meteorologiche dell'atmosfera sono state ben descritte, in termini generali per l'area in esame, nel Capitolo 1: "Caratterizzazione meteo climatica e dei parametri diffusivi dell'area di studio".

Analizzate le capacità dispersive, è possibile stimare le concentrazioni al suolo attese e, quindi, le quantità massime di inquinanti atmosferici che potranno essere emesse nell'ottica di produrre un carico di inquinamento atmosferico nell'area in esame compatibile con il rispetto dei livelli di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente. A tale scopo è inoltre necessario conoscere in modo esaustivo il livello "attuale" di qualità dell'aria e di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici.

Per questi motivi si procederà, di seguito, ad una caratterizzazione il più possibile esaustiva del livello attuale di qualità dell'aria nell'area in esame, in modo coerente con i criteri e scelte metodologiche descritte nei precedenti paragrafi.

Allo scopo di giungere ad una completa caratterizzazione della qualità dell'aria nell'area in esame oltre che di poter disporre di un numero significativo di parametri descrittivi, sono stati considerati ed analizzati i dati relativi alla Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria. Tali dati risultano, infatti, gli unici disponibili per il territorio della Provincia di Novara.

Le stazioni di misura della rete Provinciale sono così dislocate: Borgomanero, Arona, Novara, Cameri, Romentino, Cerano e Galliate. Considerando le caratteristiche tipologiche e urbanistiche oltre che la conformazione del territorio si osserva come la maggiore similitudine per l'area in esame risulti con le stazioni di Cameri, Cerano, Romentino e Treocate, escludendo quindi le stazioni di misura in area urbana (Novara, Borgomanero, Arona).

Si è potuto così disporre dei seguenti parametri sicuramente significativi per lo scopo prefisso:

Stazione	Parametri
Cameri	NO ₂
Cerano	SO ₂ H ₂ S
Romentino	PTS O ₃ NMHC
Treocate	NO ₂ PTS NMHC CO

I dati elaborati sono stati forniti dal Dipartimento ARPA di Novara e sono relativi al solo anno 2001. Sebbene il periodo di osservazione non sia lunghissimo, si deve tuttavia osservare come l'elevato numero di stazioni e la complementarietà dei parametri osservati, determinino una condizione di potenziale buona rappresentatività dei dati esaminati.

Per tutti i parametri, le elaborazioni effettuate sono state:

- ◆ Andamento del valore medio dei massimi giornalieri, andamento del massimo valore orario mensile, andamento del valore medio mensile;
- ◆ Giorno tipo annuale;
- ◆ Settimana tipo annuale;
- ◆ Percentili orari e giornalieri;
- ◆ Tabella riassuntiva della statistica annuale;
- ◆ Tabella di confronto con i riferimenti normativi vigenti alla data di raccolta dei dati.

Nelle figure e nelle tabelle che seguono sono presentate le elaborazioni per le stazioni di Cameri, Cerano, Romentino e Trecate, nella forma:

- *Andamento del valore medio dei massimi giornalieri, andamento del massimo valore orario mensile, andamento del valore medio mensile;*
- *Giorno tipo annuale;*
- *Settimana tipo annuale;*
- *Percentili orari e giornaliere;*
- *Tabella riassuntiva della statistica annuale;*
- *Tabella di confronto con i riferimenti normativi.*

2.1 BIOSSODO DI AZOTO (NO₂)

Questo parametro viene misurato presso le stazioni di Cameri e di Trecate.

Presso la prima stazione presenta valori orari di concentrazione compresi entro i 170 µg/m³, mentre più elevati risultano i massimi valori presso la stazione di Trecate (fino anche a circa 300 µg/m³). Per entrambe le stazioni si osservano andamenti tipici stagionali con valori più elevati nel periodo autunno-inverno e andamenti delle *settimane tipo* caratterizzati da minimi nei giorni di sabato e domenica.

Il *giorno tipo* mostra, per entrambe le stazioni, due massimi giornalieri: il primo nella fascia oraria tra le 7 e le 11 ed il secondo nella fascia oraria tra le 18 e le 22.

Quanto sopra indica in modo preciso l'importanza, per questo inquinante, della sorgente *traffico veicolare*. L'andamento tipico giornaliero conferma quest'ultima osservazione, anche se evidenzia ulteriormente anche l'importante ruolo svolto dai processi meteorologici-diffusivi locali. Le due fasce orarie individuate di *massimo* per i valori di concentrazione coincidono infatti, è vero, con due periodi caratterizzati tradizionalmente da picchi di traffico veicolare, ma coincidono, anche, con periodi del giorno caratterizzati da condizioni particolarmente sfavorevoli per quanto attiene la dispersione degli inquinanti in atmosfera, mentre il periodo osservato di *minima concentrazione* (dalle 14 alle 17), coincide con il periodo del giorno caratterizzato normalmente da una maggiore capacità di diluizione dell'atmosfera dovuto al raggiungimento della massima altezza e intensità dello strato di rimescolamento termico verticale in atmosfera.

Da un punto di vista statistico e complessivo, anche con riferimento alla normativa vigente nel periodo di riferimento, si osserva come la stazione di Cameri non abbia mai presentato, nel periodo osservato, superamenti ne della soglia di attenzione e ne della soglia di allarme, mentre nella stazione di Trecate, in due occasioni (agosto e novembre), è stata superata la soglia di attenzione.

Non risulta comunque mai superata la soglia di allarme.

2.2 BISSODO DI ZOLFO (SO₂)

Questo parametro viene misurato solo presso la stazione di Cerano.

Presenta valori di concentrazione decisamente ridotti con valori orari tutti compresi entro i 30 µg/m³.

I valori medi mensili, così come la *settimana tipo* ed il *giorno tipo* mostrano andamenti non particolari e, comunque, di dubbia significatività.

Quanto sopra conferma come l'importanza di questo inquinante stia scemando sempre di più, in modo coerente con quella che è anche una tendenza a livello nazionale in atto ormai da almeno un decennio, dovuta principalmente all'introduzione di combustibili alternativi al gasolio per riscaldamento domestico.

2.3 ACIDO SOLFIDRICO (H₂S)

Questo parametro viene misurato solo presso la stazione di Cerano ed in particolare **i dati risultano disponibili solo per il periodo settembre-dicembre 2001 (29.1 % dei dati complessivi)**. Per tale motivo è praticamente impossibile effettuare osservazioni o commenti rilevanti sull'andamento dei valori misurati di questo inquinante, d'altra parte, decisamente singolare quanto il suo monitoraggio in area urbana.

2.4 POLVERI TOTALI SOSPENSE (PTS)

Questo parametro viene misurato presso le stazioni di Trecate e di Romentino.

Presso la prima stazione presenta valori orari di concentrazione compresi entro i 250 - 300 µg/m³, ma con punte (in un paio di casi) fino a circa 500 µg/m³. Ancora leggermente più elevati i massimi valori orari presso la stazione di Romentino (fino anche a circa 600 µg/m³ in quattro episodi). Per entrambe le stazioni i valori di legge, con riferimento alla normativa vigente nel periodo di riferimento,

non vengono tuttavia superati (limite previsto → 95mo percentile = 300 µg/m³ - valore misurato → 95mo percentile = 133 µg/m³ per Romentino e 127 µg/m³ per Trecate).

Per entrambe le stazioni si osservano andamenti tipici piuttosto simili a quelli già precedentemente osservati per il Biossido di Azoto (NO₂), con valori più elevati nel periodo autunno – inverno, andamenti delle *settimane tipo* caratterizzati da minimi nei giorni di sabato e domenica e *giorno tipo* caratterizzato da due massimi: il primo nella fascia oraria tra le 7 e le 11 ed il secondo nella fascia oraria tra le 18 e le 22.

Sulla base di quanto sopra riportato risulta ovvio come anche per questo inquinante valgano le considerazioni ed i commenti già sopra presentati per il Biossido di Azoto (NO₂), compreso il ruolo importante della sorgente *traffico veicolare*.

2.5 OZONO (O₃)

Questo parametro viene misurato solo presso la stazione di Romentino.

Presenta valori massimi orari di concentrazione compresi entro i 270 µg/m³, con andamenti stagionali tipici modulati da un massimo nel periodo *primavera-estate* e valori molto ridotti nel periodo freddo dell'anno. Ciò in ottimo accordo con l'origine da processi fotochimici di questo inquinante che, ricordiamo, è un inquinante secondario che si origina prevalentemente per trasformazione degli Ossidi di Azoto, incentivata per via fotochimica dalla radiazione solare disponibile.

Anche i valori del *giorno tipo* confermano quanto osservato, con massimi presenti in modo ricorrente tra le 14 e le 17 del giorno.

Da un punto di vista di confronto con la normativa vigente nel periodo di riferimento si devono osservare alcuni casi di superamento della soglia di attenzione, mentre non risulta mai superata, nel periodo osservato, la soglia di allarme.

2.6 IDROCARBURI NON METANICI (NMHC)

Questo parametro viene misurato presso le stazioni di Romentino e di Trecate.

Presso la prima stazione presenta valori massimi orari di concentrazione compresi entro i 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con qualche caso pari a circa 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un caso pari a circa 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tutti contenuti entro gli 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i valori massimi orari presso la stazione di Trecate.

Anche in questo caso per entrambe le stazioni si osservano valori leggermente più elevati nel periodo autunno-inverno e andamenti delle *settimane tipo* caratterizzati da lievi e non molto definiti minimi nei giorni di sabato e domenica.

Il *giorno tipo* mostra, per entrambe le stazioni, un minimo di concentrazione tra le ore 14 e le ore 18. Tale periodo di *minima concentrazione*, come già osservato per altri inquinanti, coincide con il periodo del giorno caratterizzato normalmente da una maggiore capacità di diluizione dell'atmosfera dovuto al raggiungimento della massima altezza e intensità dello strato di rimescolamento termico verticale in atmosfera.

Da un punto di vista di confronto con quanto previsto dalla normativa vigente nel periodo di riferimento si deve osservare l'impossibilità di un confronto diretto con i limiti previsti, in quanto questi prevedono il confronto dei valori medi aritmetici triorari. Questi dati non risultano disponibili per le stazioni in esame. Inoltre va evidenziato che questo valore limite sulle 3 ore va osservato solo in caso di superamento del valore limite per l'Ozono.

2.7 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Questo parametro viene misurato solo presso la stazione di Trecate.

Presenta valori massimi orari di concentrazione compresi entro i 15 µg/m³.

Il *giorno tipo* mostra due massimi giornalieri in fasce orarie concomitanti con i classici massimi di intensità del traffico veicolare: il primo nella fascia oraria tra le 7 e le 11 ed il secondo nella fascia oraria tra le 18 e le 22. Ciò a conferma dell'importanza, per questo inquinante, della sorgente *traffico veicolare*.

Da un punto di vista di confronto con la normativa vigente nel periodo di riferimento non si osservano superamenti di alcun genere.

2.8 GRAFICI E RILEVAMENTI

Le osservazioni sino ad ora presentate sono confermate anche dalla caratterizzazione dello stato della qualità dell'aria su scala regionale presentata nell'allegato A della Legge Regionale 7 aprile 2000, n. 43 *“Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria”*, documento redatto dalla Regione Piemonte, in conformità al D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351 *“Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di gestione e valutazione della qualità dell'aria”*.

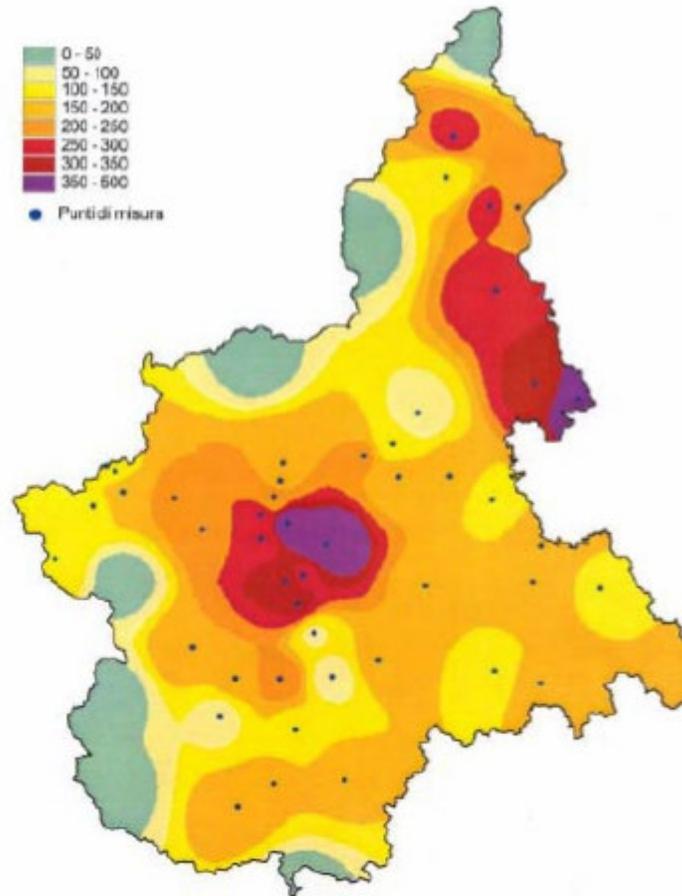
Il decreto, in particolare, prevede che le Regioni, al fine di individuare zone per la gestione della qualità dell'aria e per la pianificazione degli interventi necessari per il suo miglioramento complessivo, effettuino una valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, tramite l'utilizzo di tutte le misure rappresentative dei livelli degli inquinanti disponibili. A tal fine l'ARPA Piemonte ha proceduto alla stesura di un rapporto sulla qualità dell'aria contenente la stima dello *“stato”* dell'aria su tutto il territorio regionale.

Di seguito si riportano i grafici con le mappe, interessanti l'intero territorio regionale, relative ai valori di concentrazione dei diversi inquinanti considerati nel rapporto suddetto.

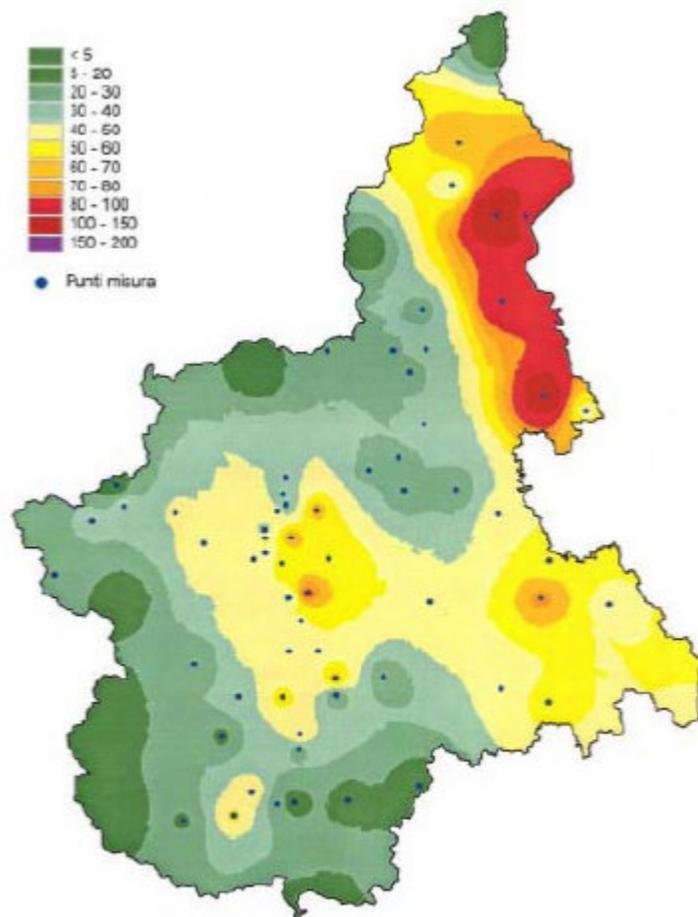
L'andamento delle polveri (PTS) nella regione Piemonte evidenzia un valore critico costituito dal massimo della media su 24h. Il limite di attenzione previsto dalla normativa fa riferimento al valore medio giornaliero (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) che dalle stime effettuate non dovrebbe essere generalmente mai superato ad eccezione di alcune aree quali quelle appartenenti alla provincia di Torino e Novara; i superamenti rientrano comunque nei limiti imposti dalla normativa. Per quanto riguarda la situazione del PM10 (particolato con dimensioni inferiori ai 10 μm) non sono state effettuate stime, in quanto alla data di elaborazione dei dati erano disponibili solo un numero molto ridotto di dati sperimentali, ottenuti con strumentazione eterogenea e talvolta tecnicamente inadeguata.

Per quanto riguarda invece l' NO_2 , il Decreto 2 aprile 2002, n. 60, stabilisce per il biossido di azoto il limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che dovrebbe essere rispettato entro il 2010. Il rapporto regionale stima che tale valore potrebbe essere superato in oltre il 50% dei siti indagati. Lo stesso decreto stabilisce altresì il limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superarsi più di 18 volte nell'anno, che dovrebbe essere rispettato anch'esso entro il 2010; dall'analisi dei valori massimi stimati è molto verosimile che questo limite venga superato. Tale situazione potrebbe presentarsi in oltre il 45% dei siti indagati, appartenenti

a tutte le province. In sintesi, a scala regionale, come per gli altri parametri le aree metropolitane di Torino e Novara appaiono come quelle più critiche.

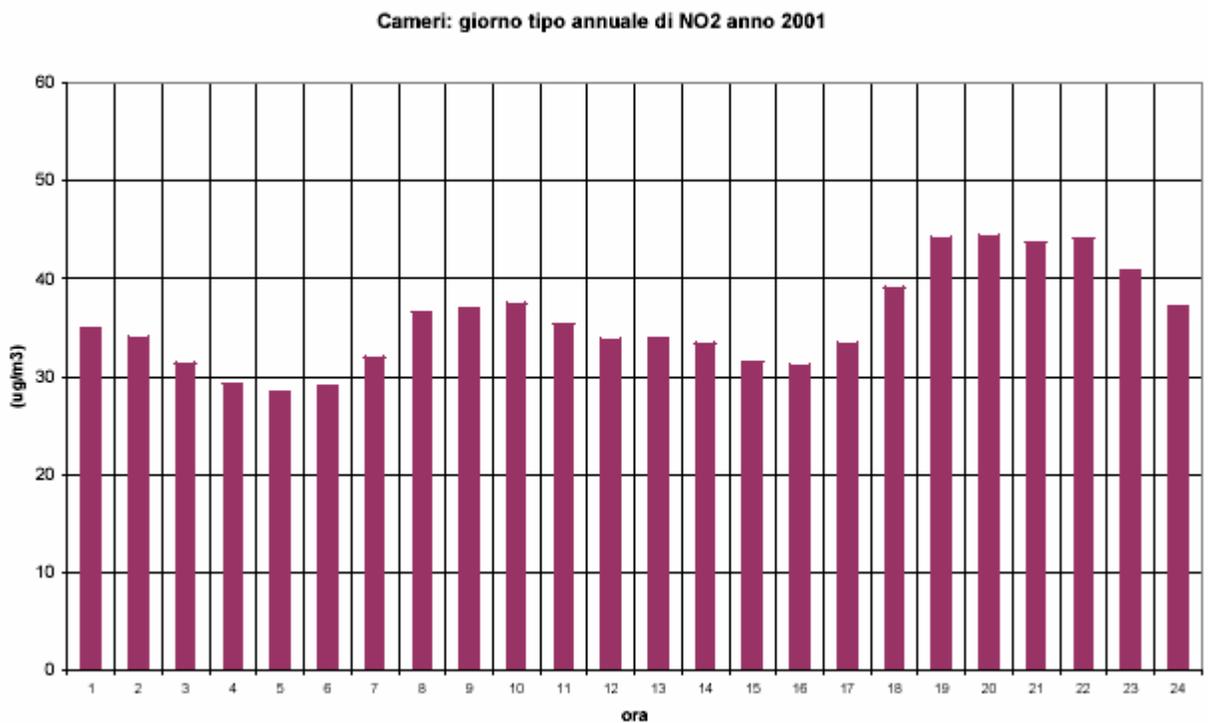
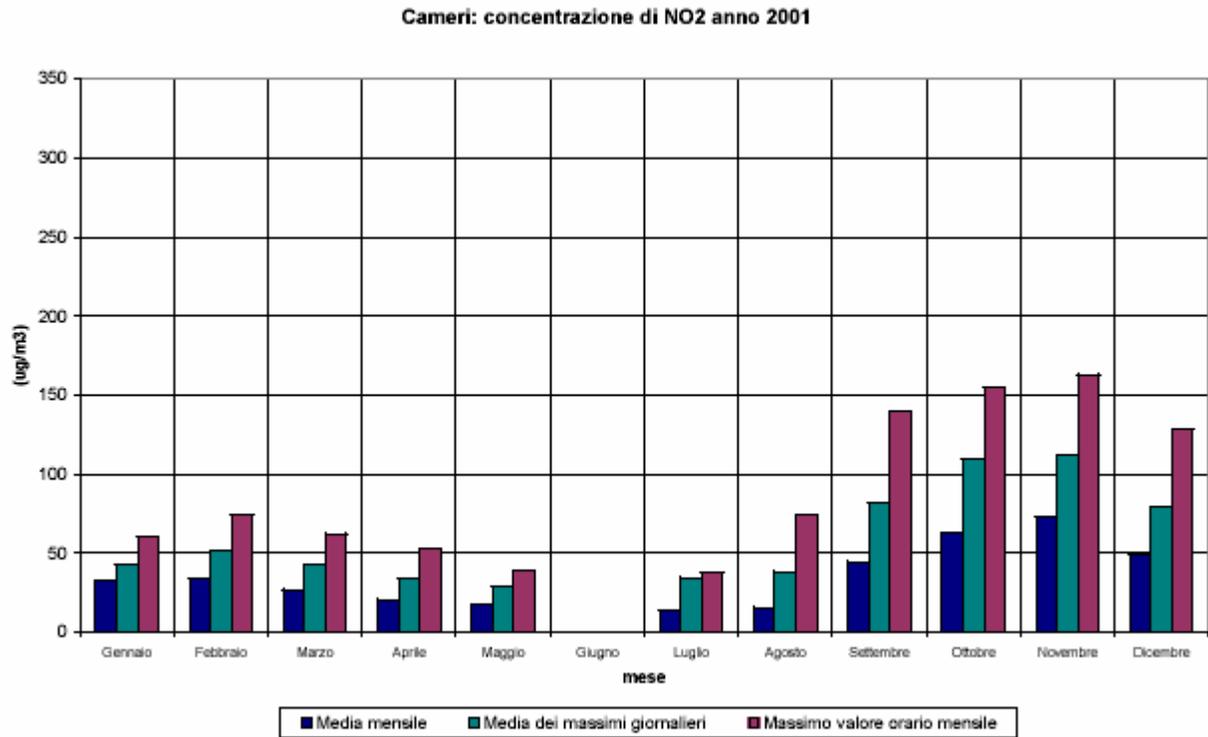


Interpolazione dei dati delle Polveri [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – massimo della media su 24h (Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, REGIONE PIEMONTE)

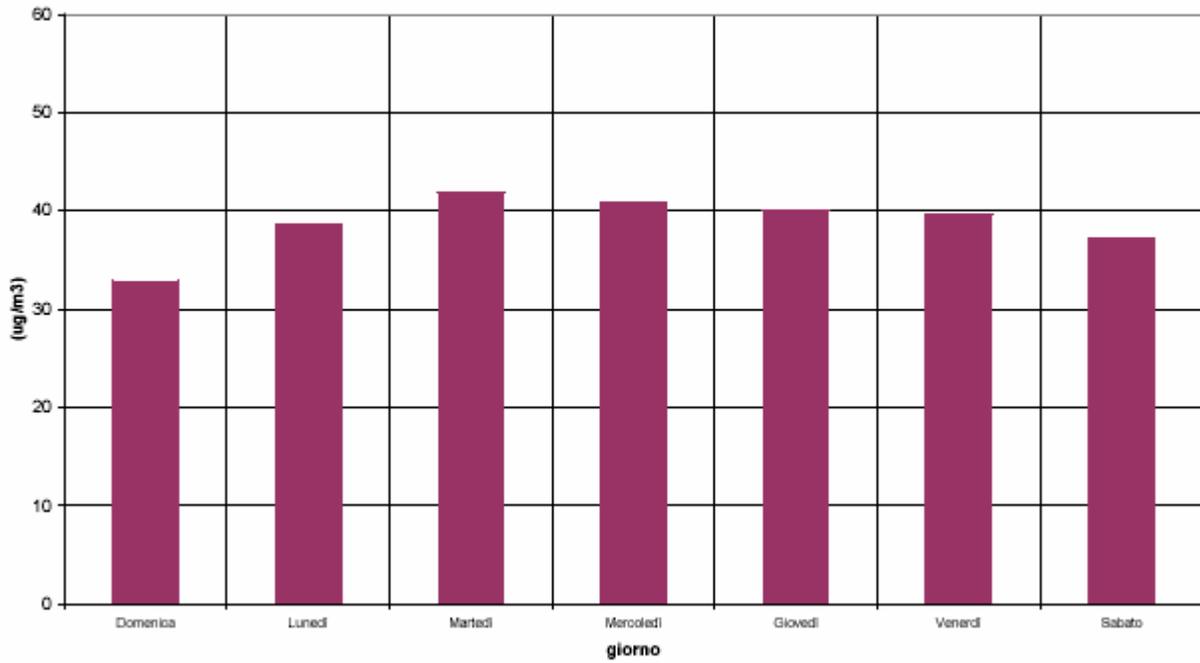


Interpolazione dei dati di NO₂ – media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, REGIONE PIEMONTE)

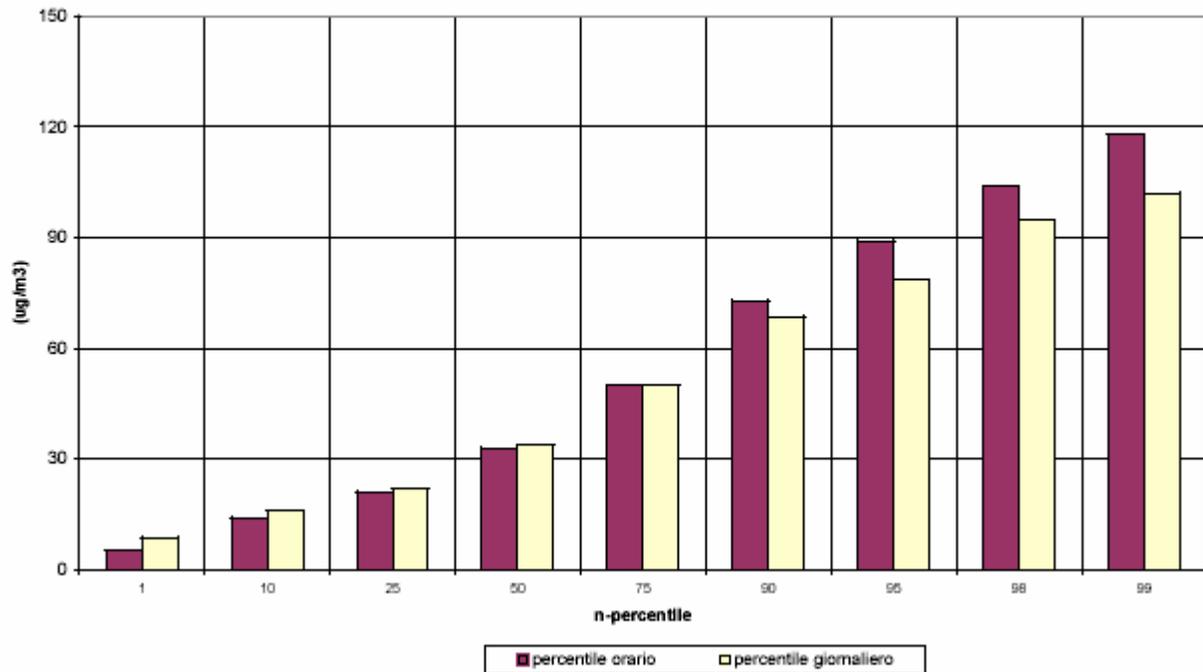
2.8.1 Biossido di azoto (NO₂) – Cameri



Cameri: settimana tipo annuale di NO2 anno 2001



Cameri: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di NO2 anno 2001



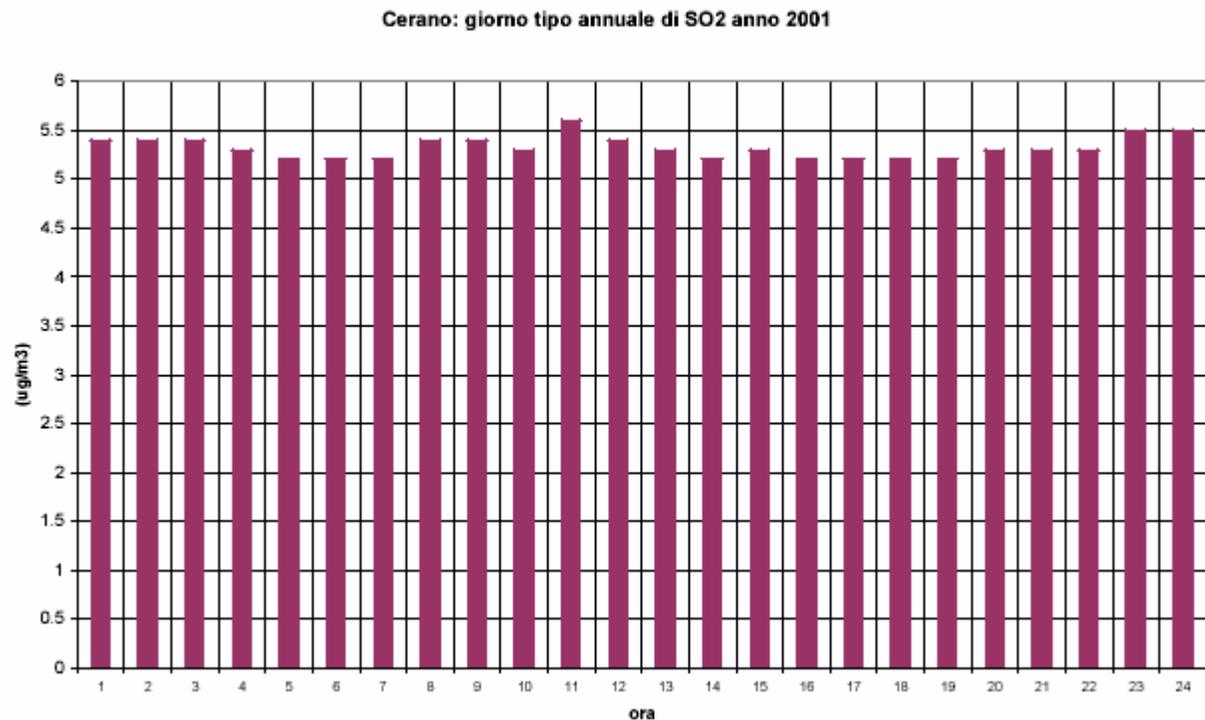
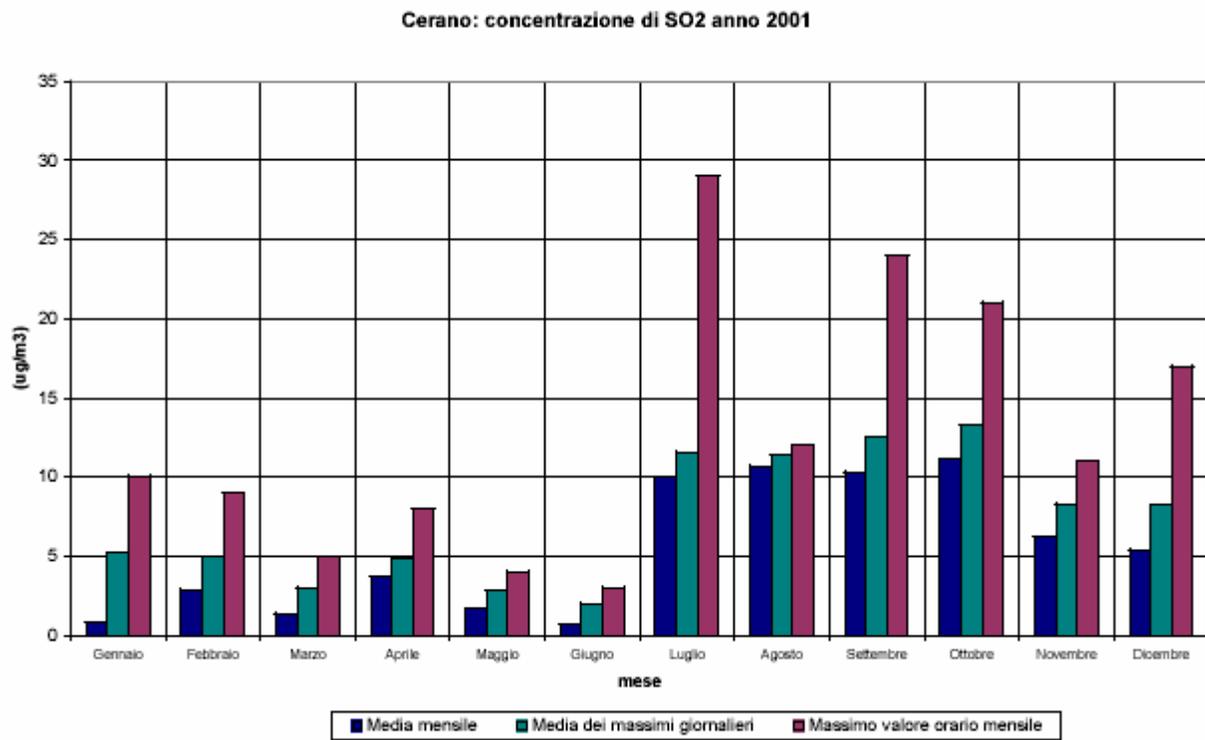
Stazione di Cameri: statistica annuale del 2001 – NO₂ (valori in µg/m³)

Totale ore valide:	6683 (76.3 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	59.5
Media dei massimi giornalieri:	63.2
Media delle medie mensili:	35.5
Media delle medie giornaliere:	35.4

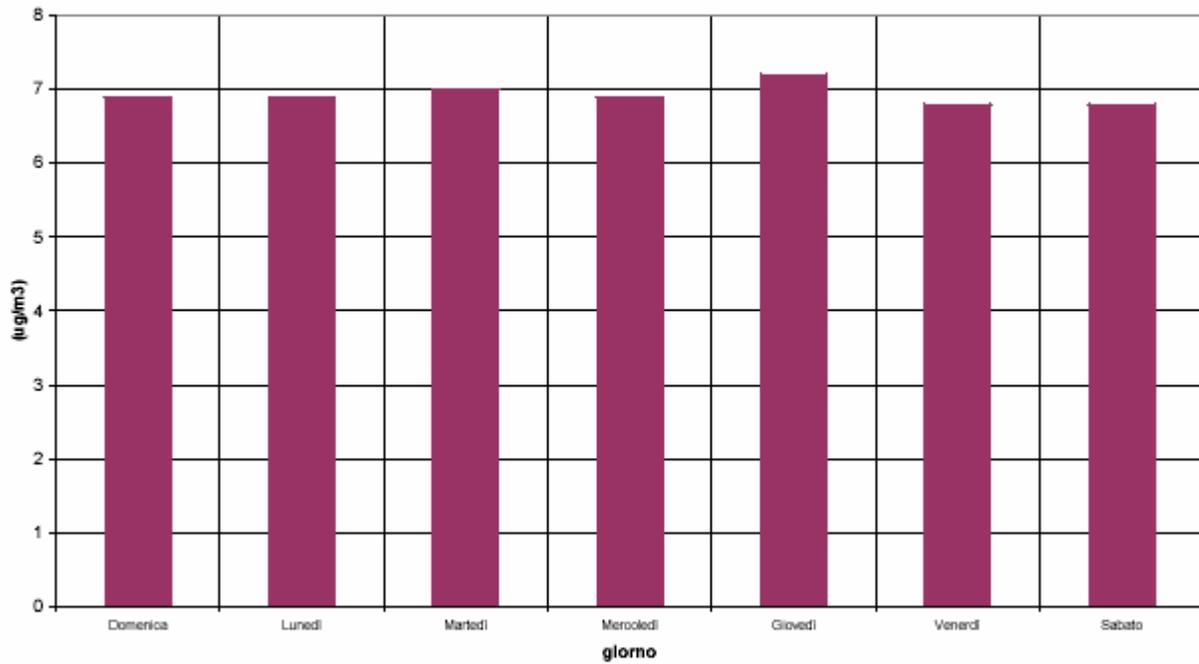
Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
NO₂	DM 25/11/94 S. att. Media di 1 ora 200 µg/m ³ S. all. Media di 1 ora 400 µg/m ³	Max periodo – 163 µg/m ³	-	Valori rilevati entro il limite

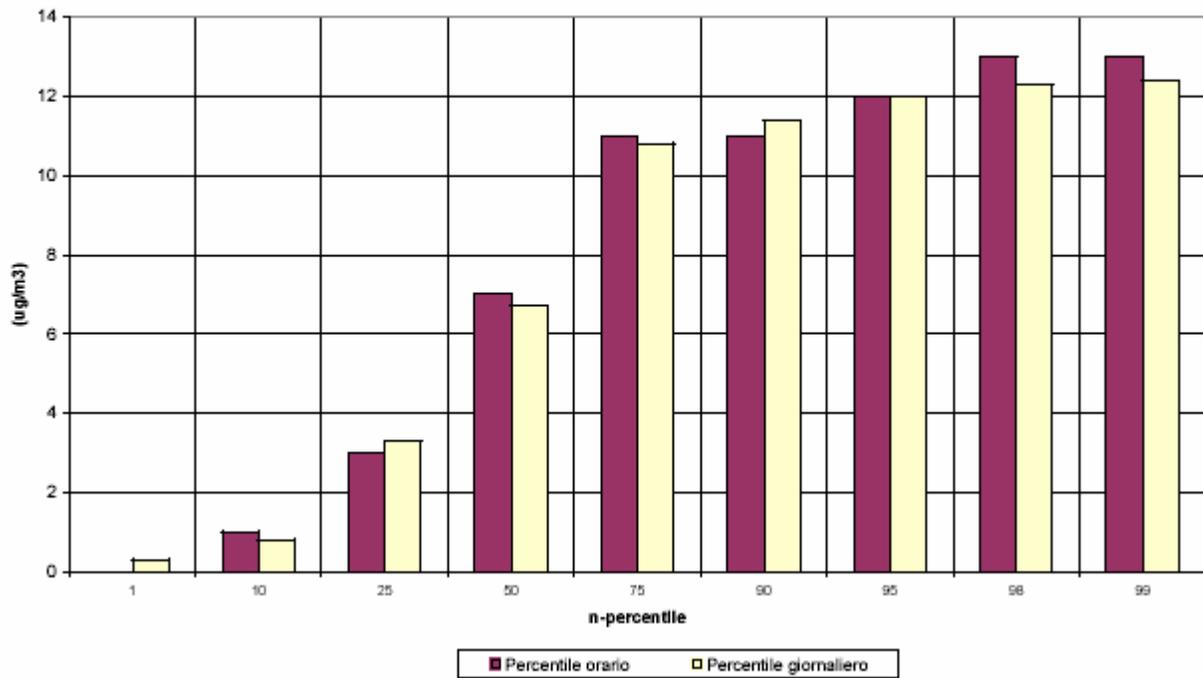
2.8.2 Biossido di zolfo (SO₂) - Cerano



Cerano: settimana tipo annuale di SO2 anno 2001



Cerano: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di SO2 anno 2001



Stazione di Cerano: statistica annuale del 2001 biossido di zolfo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

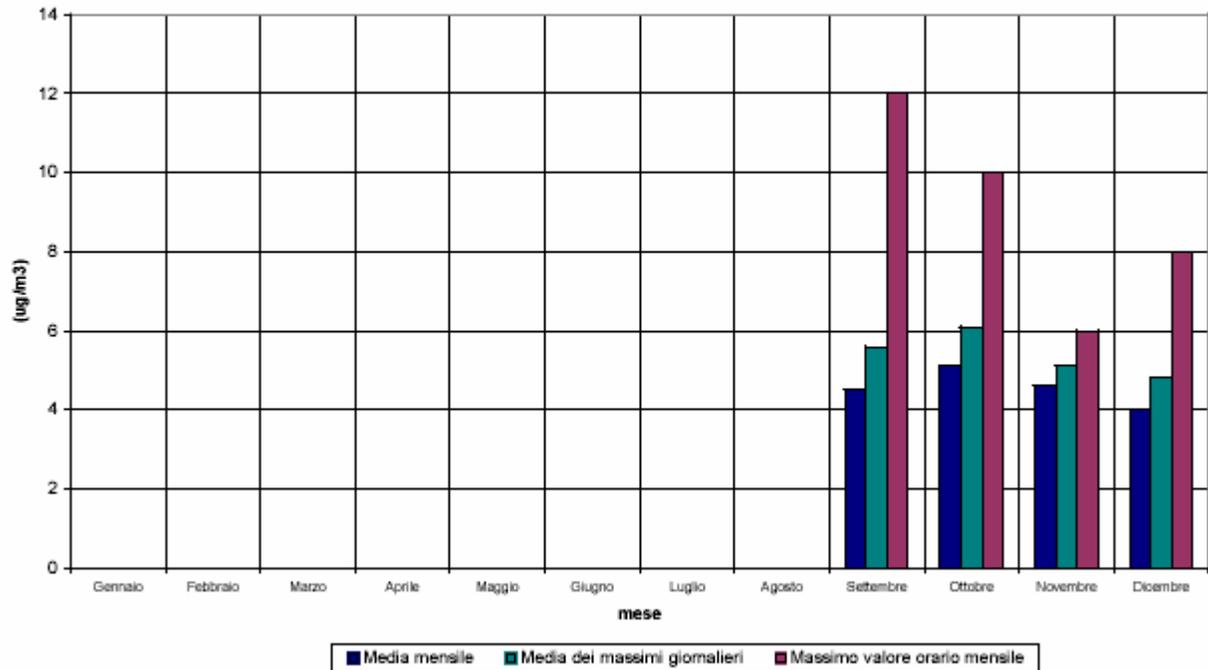
Totale ore valide:	5857 (66.9 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	7.3
Media dei massimi giornalieri:	8.6
Media delle medie mensili:	5.4
Media delle medie giornaliere:	6.9

Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

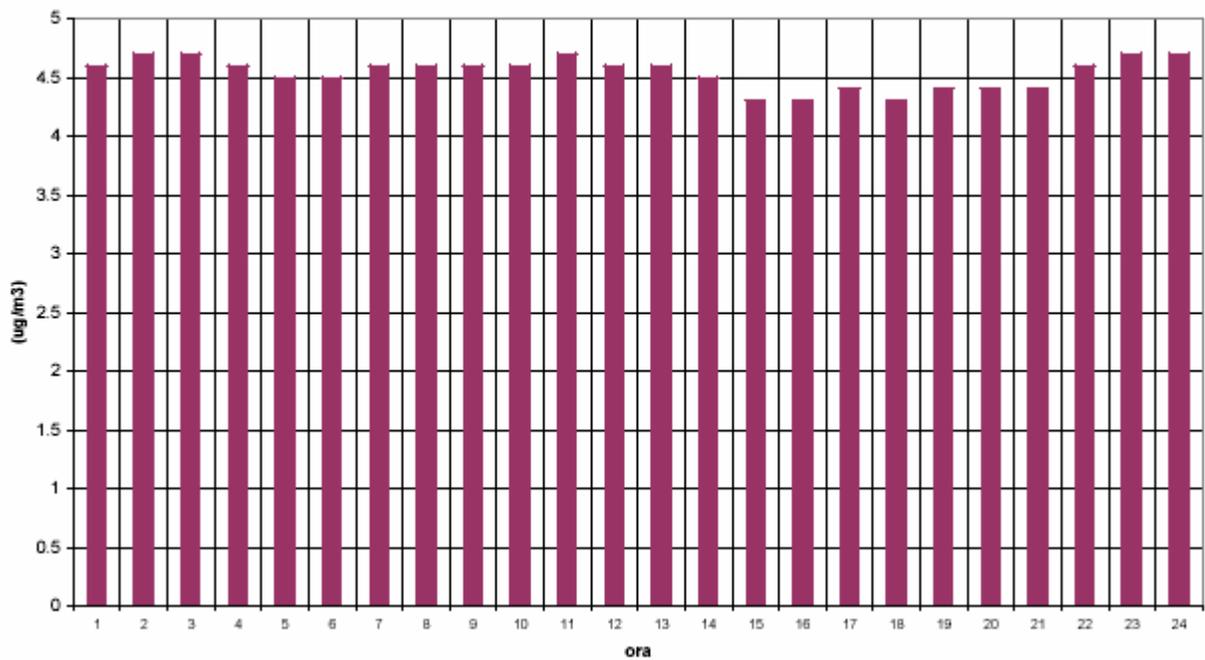
PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
SO₂	DPR 203 98mo percentile (24 h) = 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Valori rilevati molto bassi: il valore massimo orario nell'anno 2001 si situa intorno ai 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2.8.3 Acido solfidrico (H₂S) – Cerano

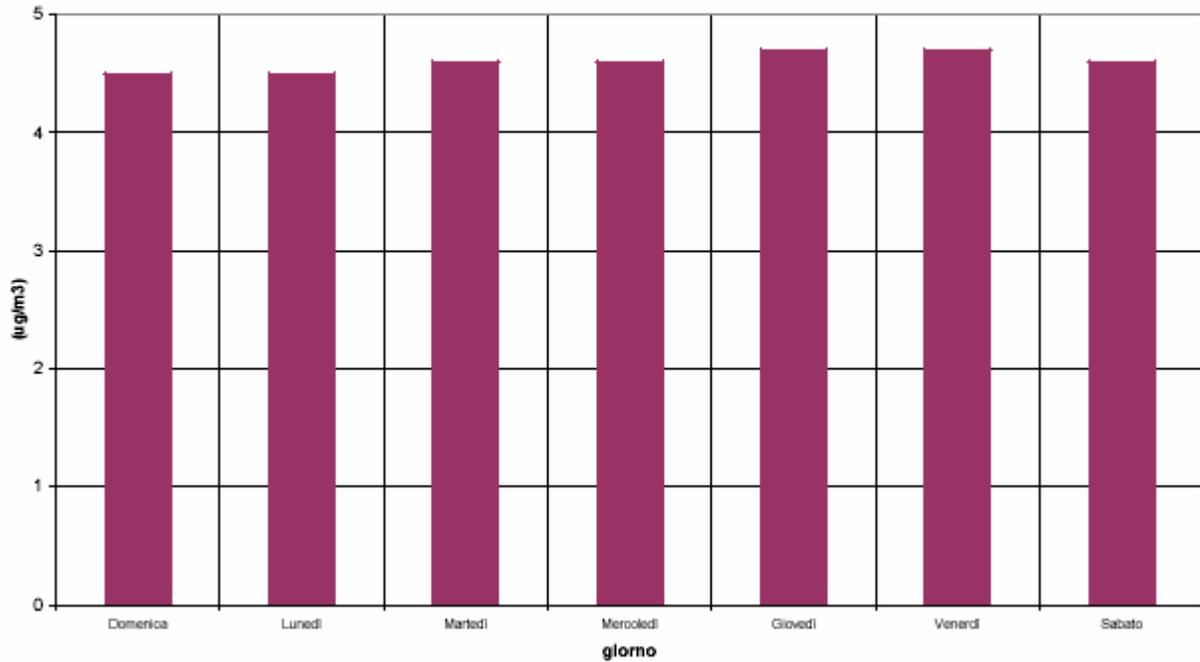
Cerano: concentrazione di H₂S anno 2001



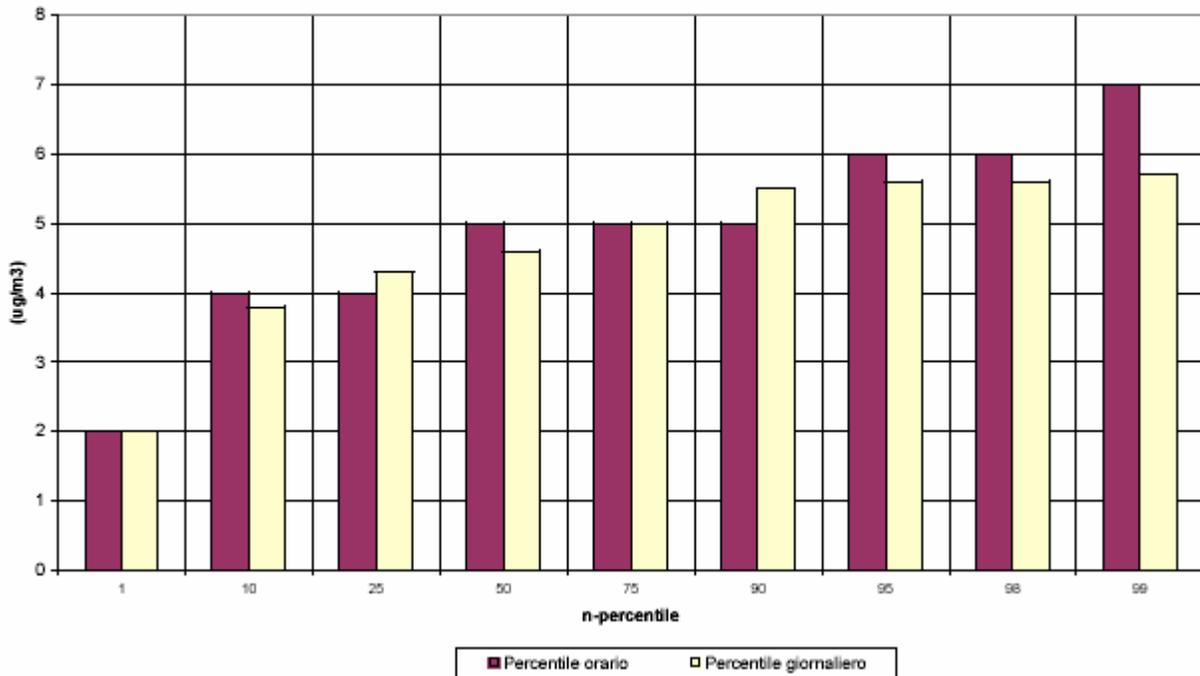
Cerano: giorno tipo annuale di H₂S anno 2001



Cerano: settimana tipo annuale di H2S anno 2001



Cerano: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di H2S anno 2001

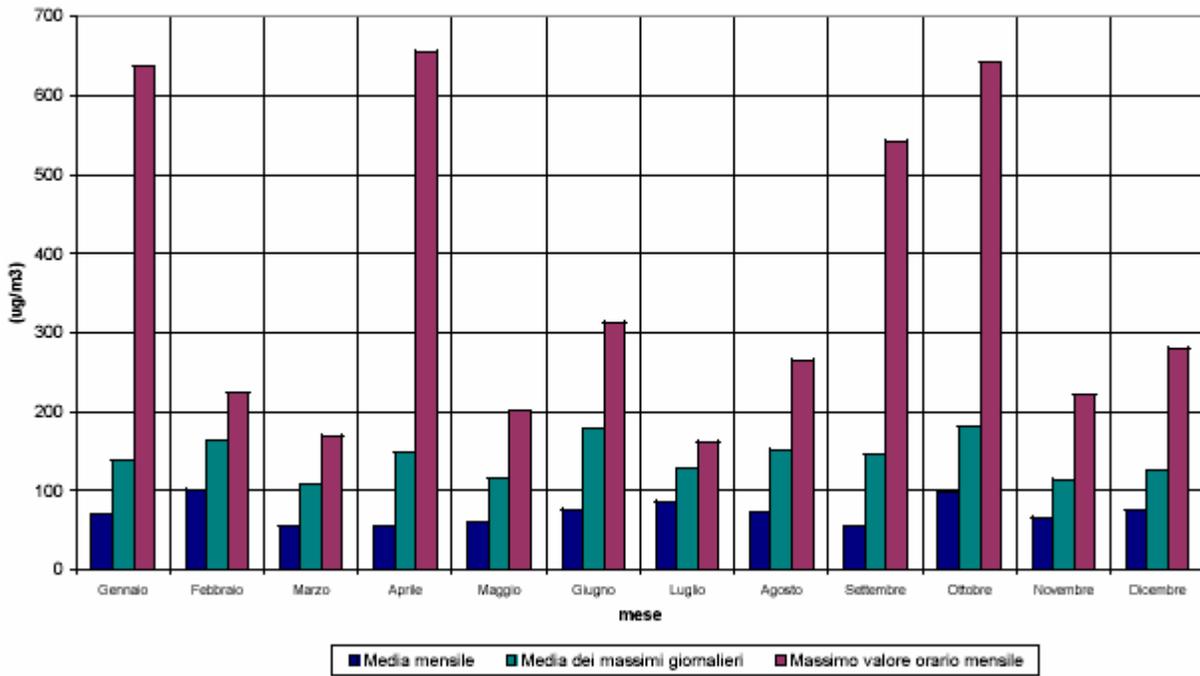


Stazione di Cerano: statistica annuale del 2001 acido solfidrico (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Totale ore valide:	2551 (29.1 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	5.4
Media dei massimi giornalieri:	5.5
Media delle medie mensili:	4.5
Media delle medie giornaliere:	4.6

2.8.4 Polveri Totali Sospese (PTS) - Romentino

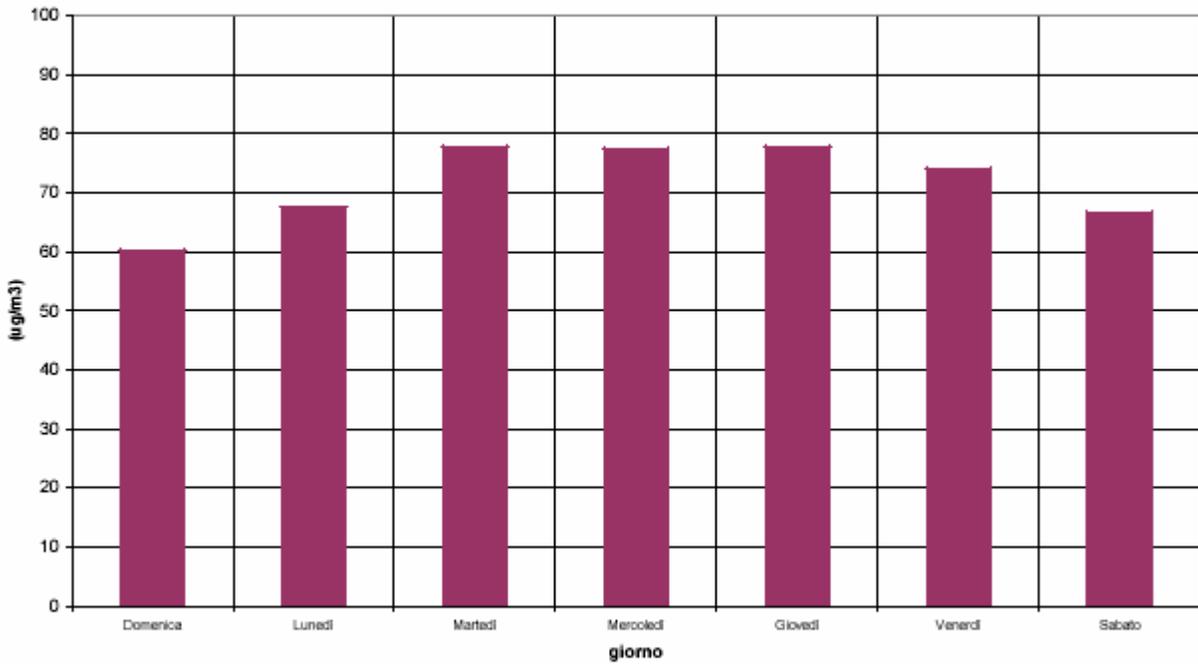
Romentino: concentrazione di PTS anno 2001



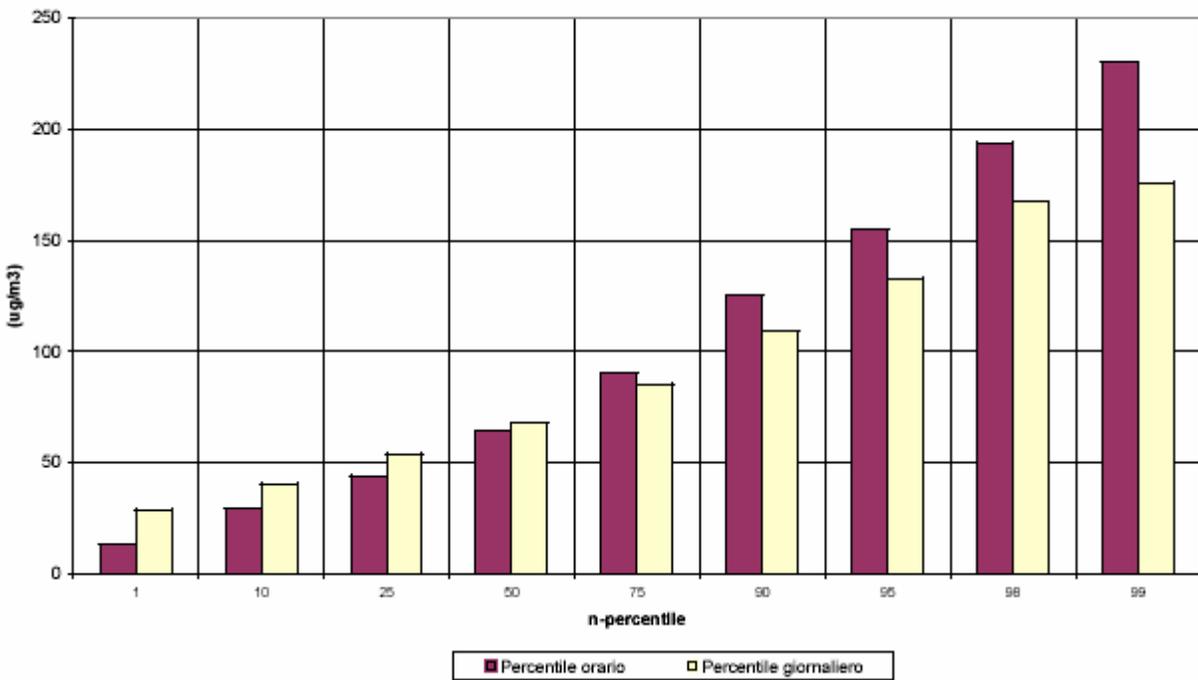
Romentino: giorno tipo annuale di PTS anno 2001



Romentino: settimana tipo annuale di PTS anno 2001



Romentino: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di PTS anno 2001



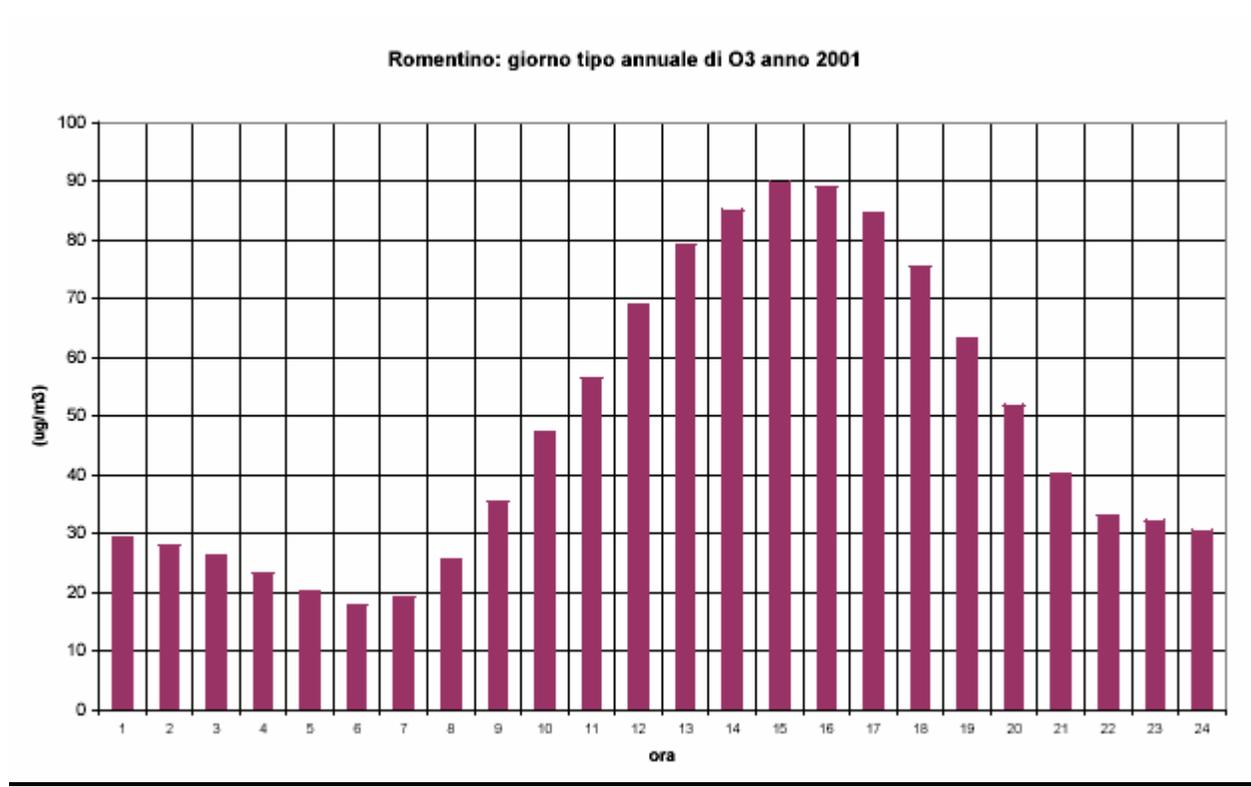
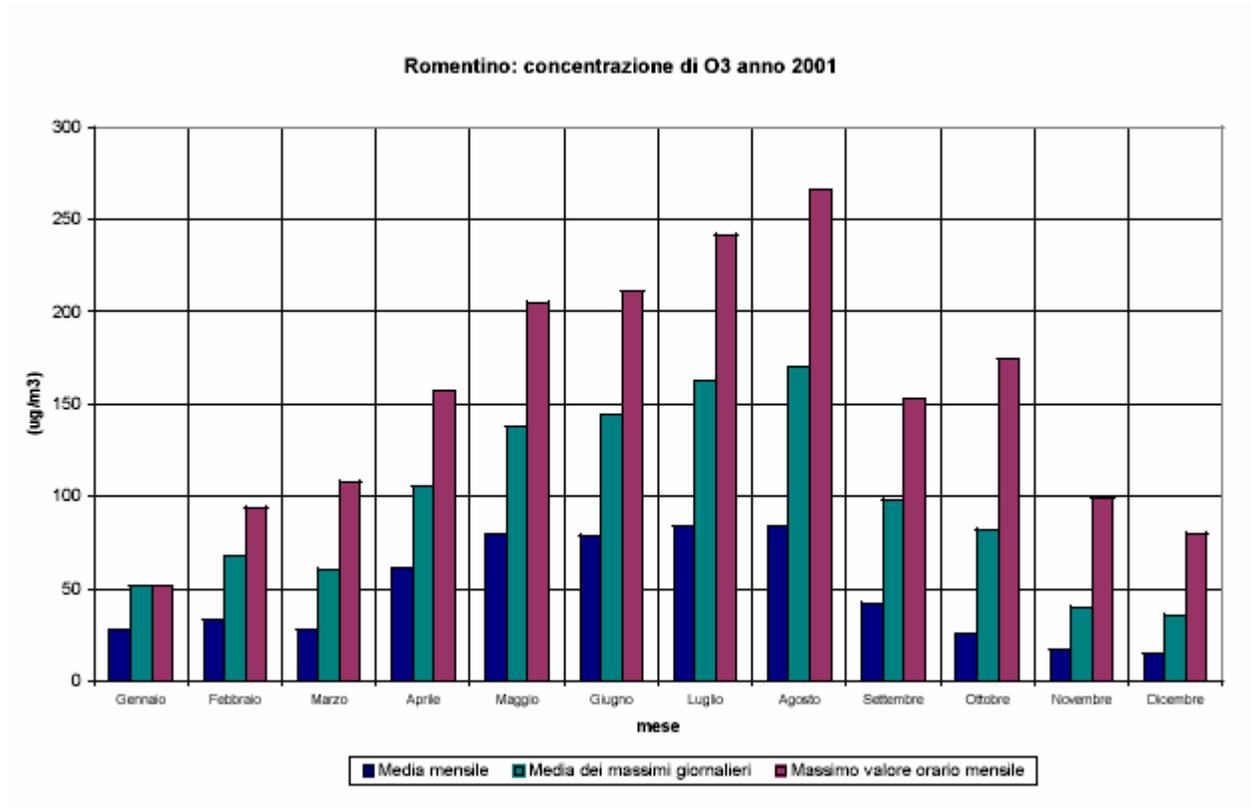
Stazione di Romentino: statistica annuale del 2001 - PTS (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Totale ore valide:	4768 (54.4 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	141.7
Media dei massimi giornalieri:	142.6
Media delle medie mensili:	72.7
Media delle medie giornaliere:	72.8

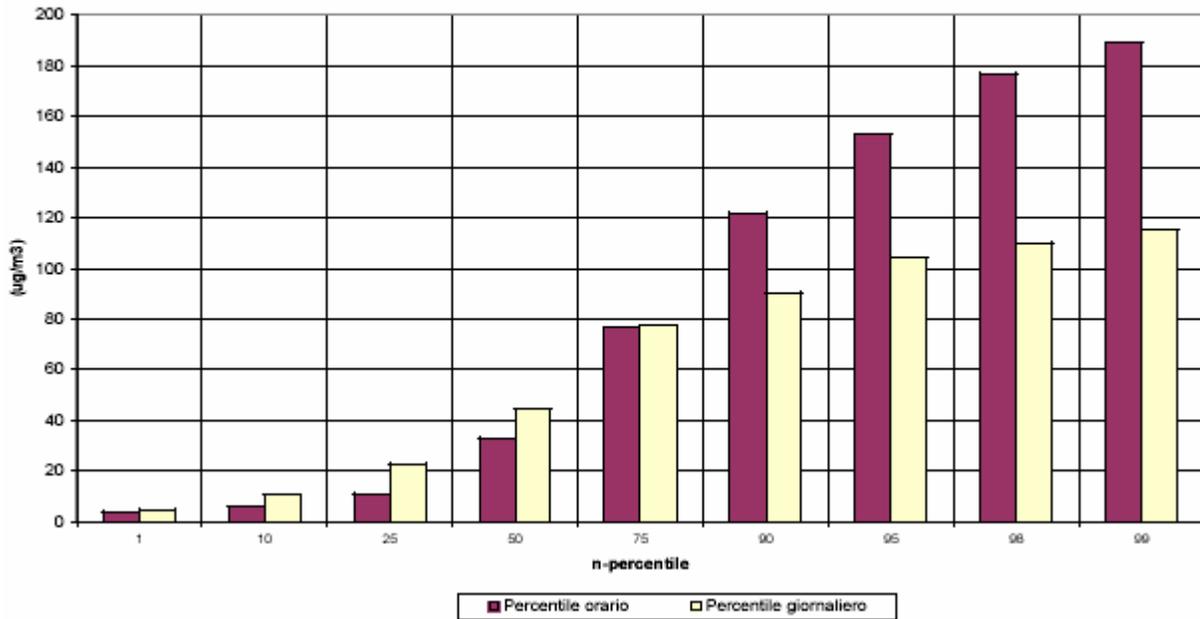
Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
PTS	DPR 203 95mo percentili = 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Valori rilevati entro il limite

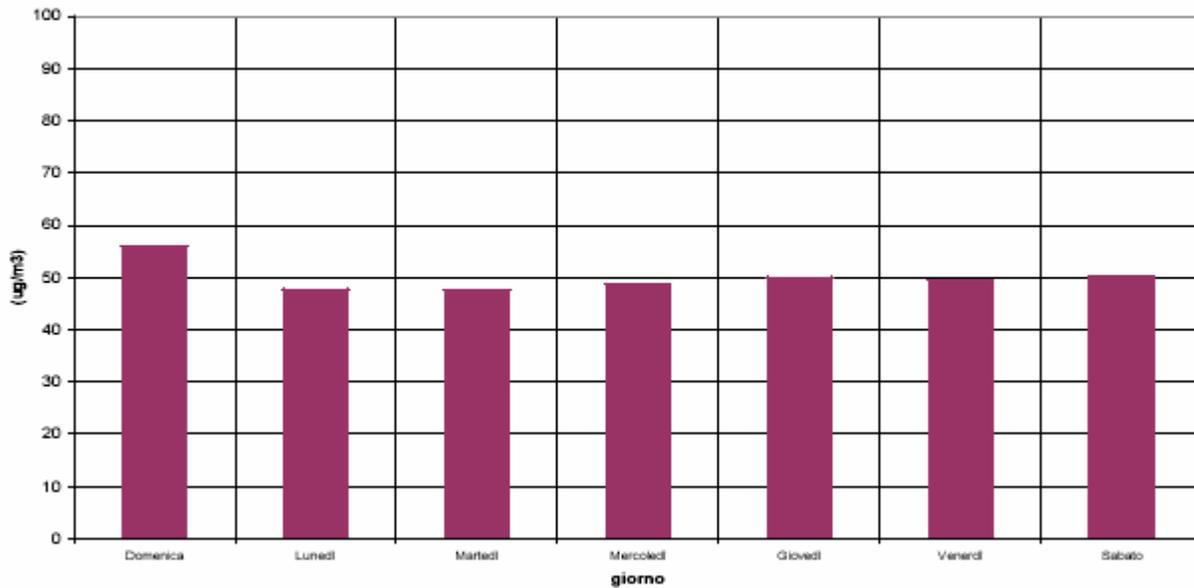
2.8.5 Ozono (O₃) - Romentino



Romentino: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di O3 anno 2001



Romentino: settimana tipo annuale di O3 anno 2001



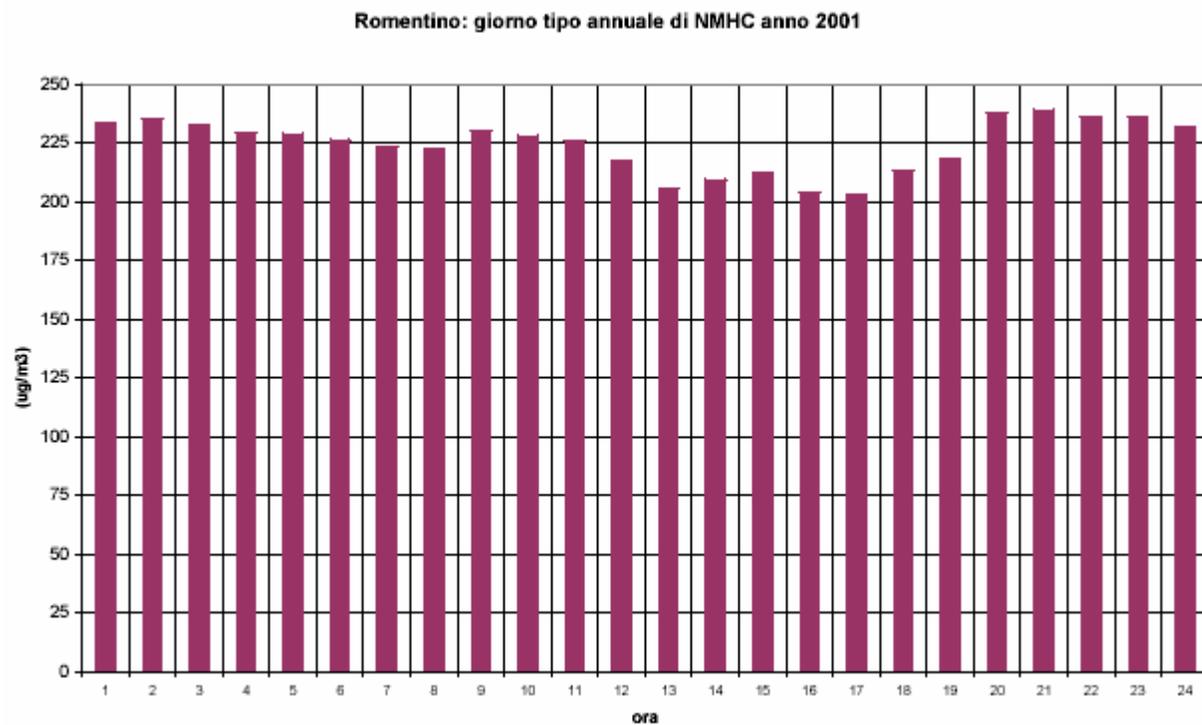
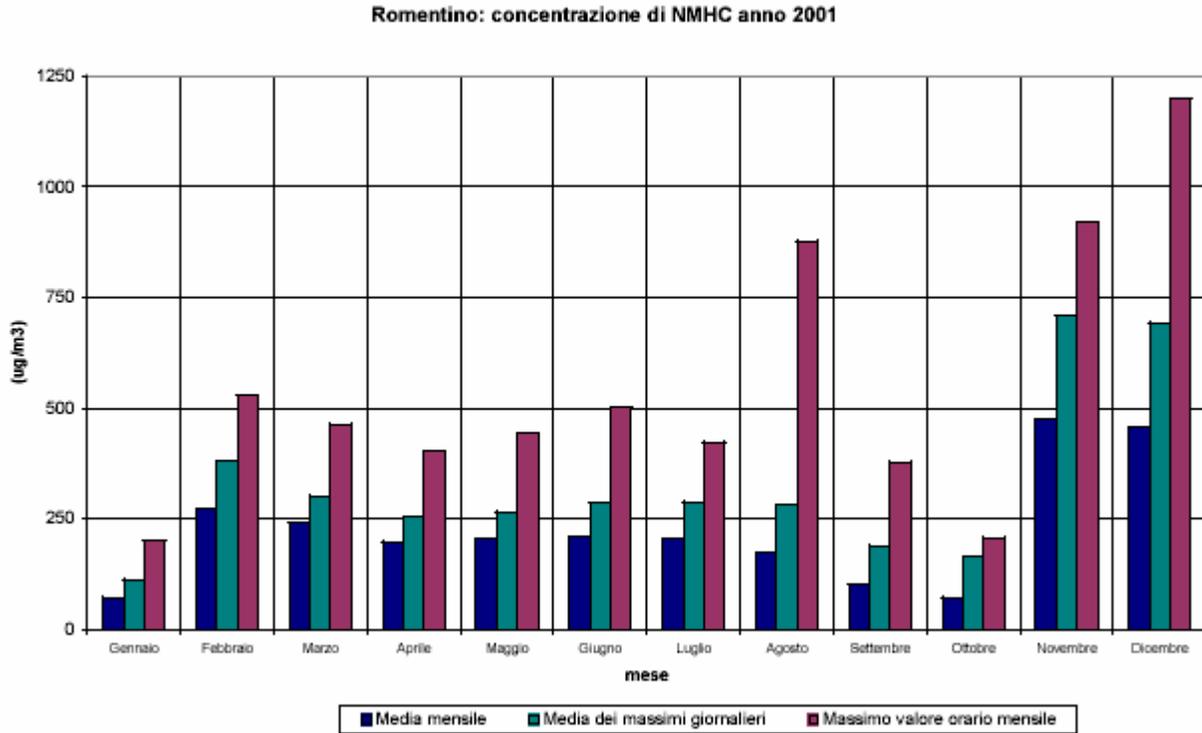
Stazione di Romentino: statistica annuale del 2001 – O₃ (valori in µg/m³)

Totale ore valide:	6462 (73.8 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	96.2
Media dei massimi giornalieri:	101.7
Media delle medie mensili:	47.8
Media delle medie giornaliere:	49.9

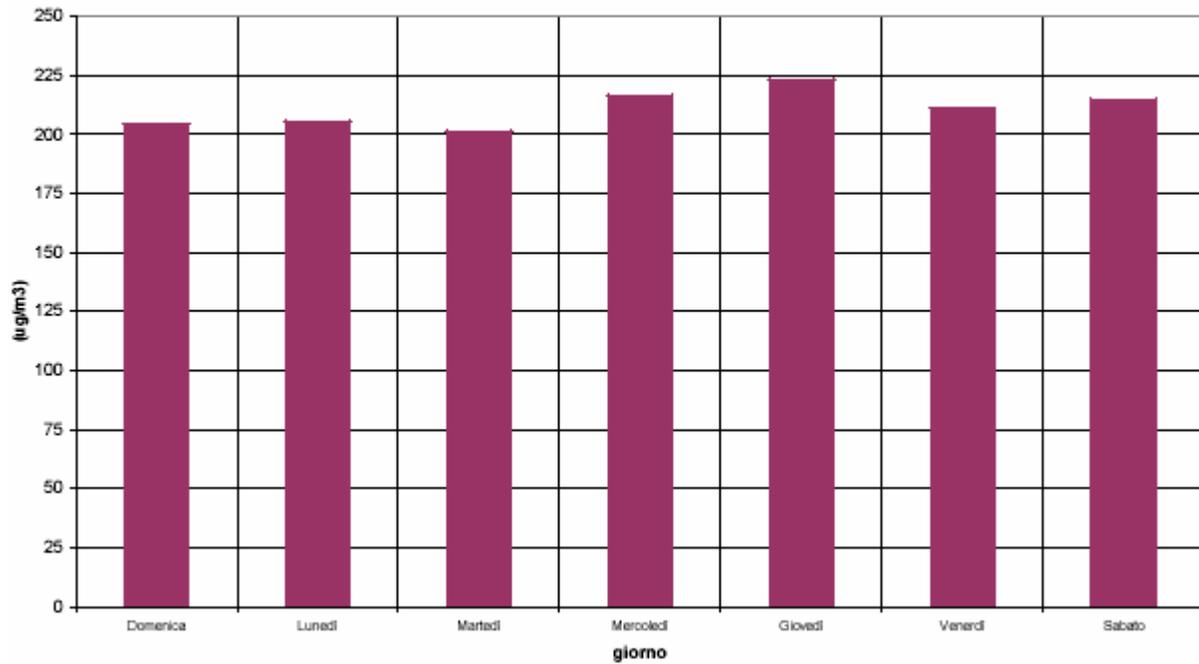
Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
O₃	DM 25/11/94 S. att. Media di 1 ora 180 µg/m ³ S. all. Media di 1 ora 360 µg/m ³	Max periodo – 266 µg/m ³	-	Valori rilevati superano in alcune occasioni (da giugno ad agosto) il livello di attenzione. Mai superato il livello di allarme

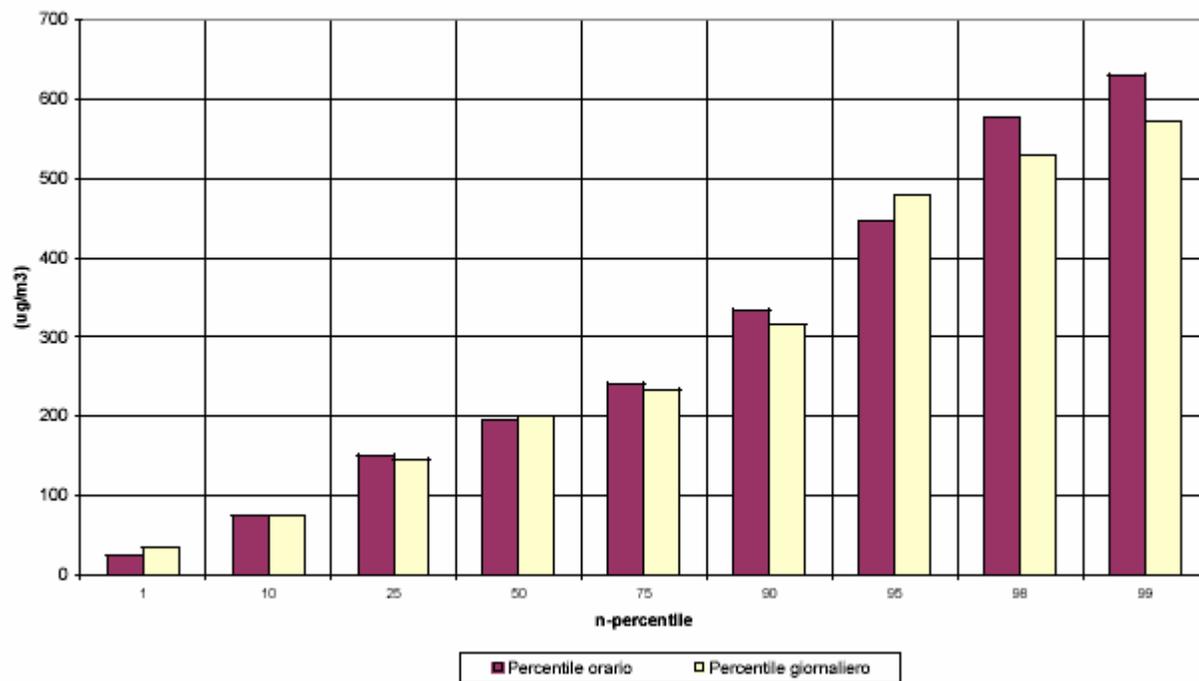
2.8.6 Idrocarburi Non Metanatici (NMHC) - Romentino



Romentino: settimana tipo annuale di NMHC anno 2001



Romentino: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di NMHC anno 2001



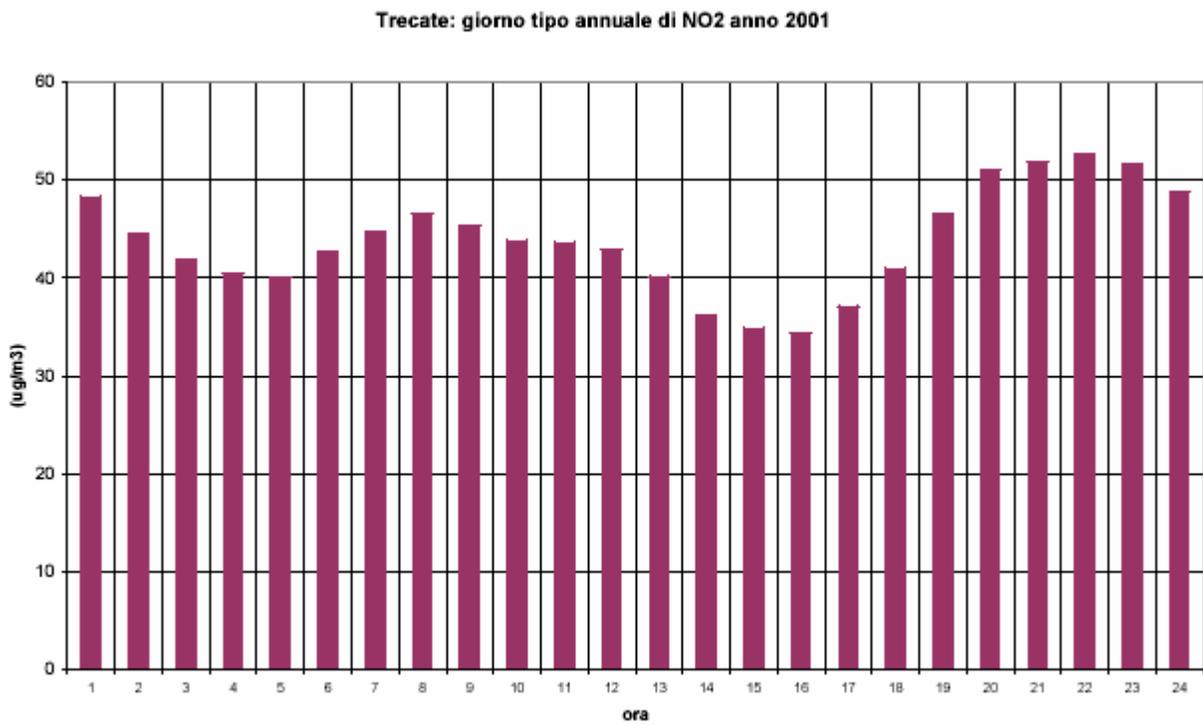
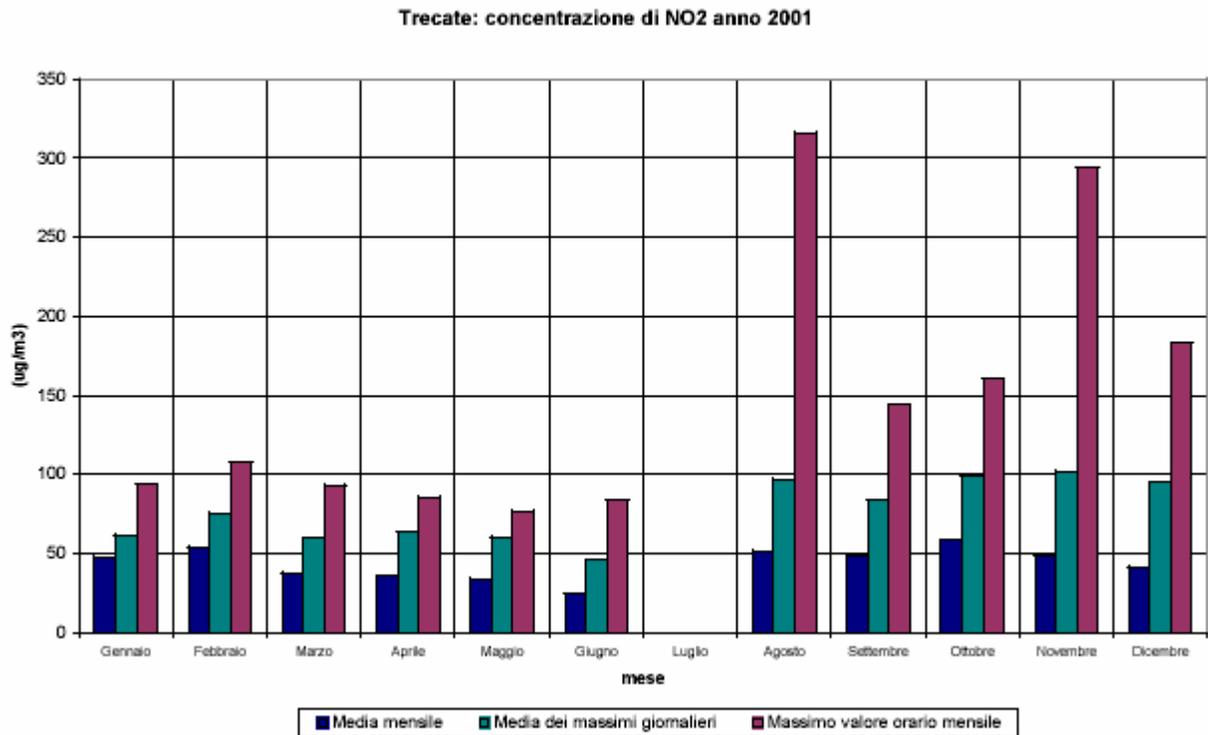
Stazione di Romentino: statistica annuale del 2001 – NMHC (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Totale ore valide:	5065 (57.8 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	326.9
Media dei massimi giornalieri:	295.4
Media delle medie mensili:	223.3
Media delle medie giornaliere:	205.1

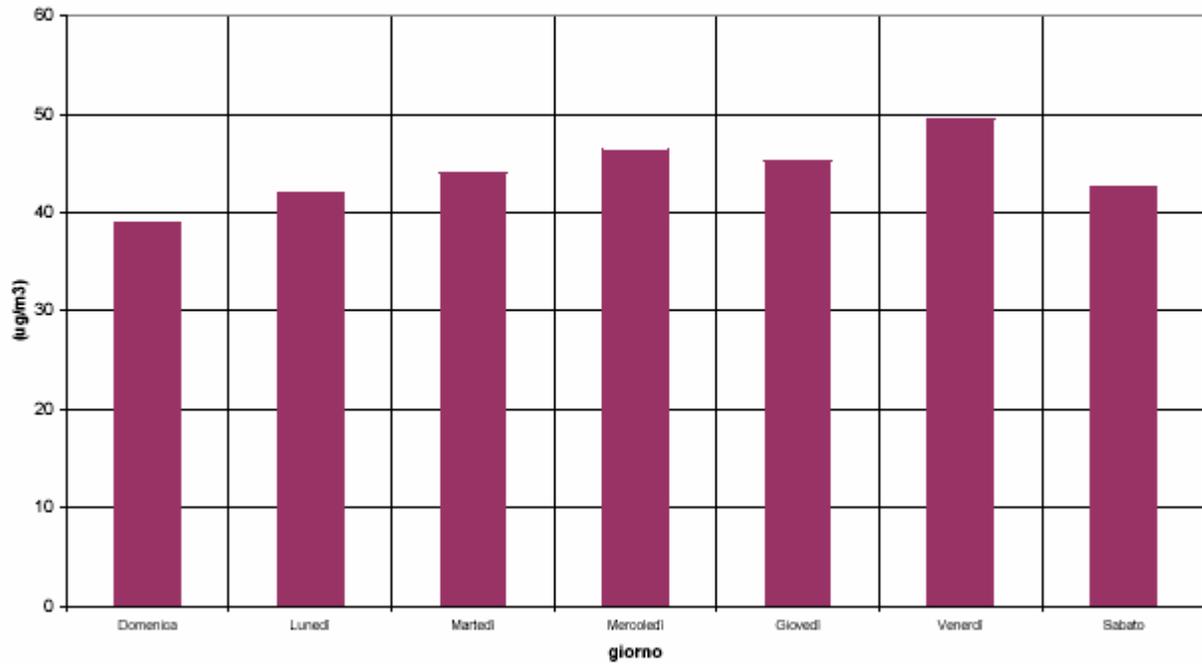
Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
NMHC	DPCM 28/03/83 Max triorario 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Il limite triorario si applica solo se è superato il limite per l'ozono	Non disponiamo di valori triorari

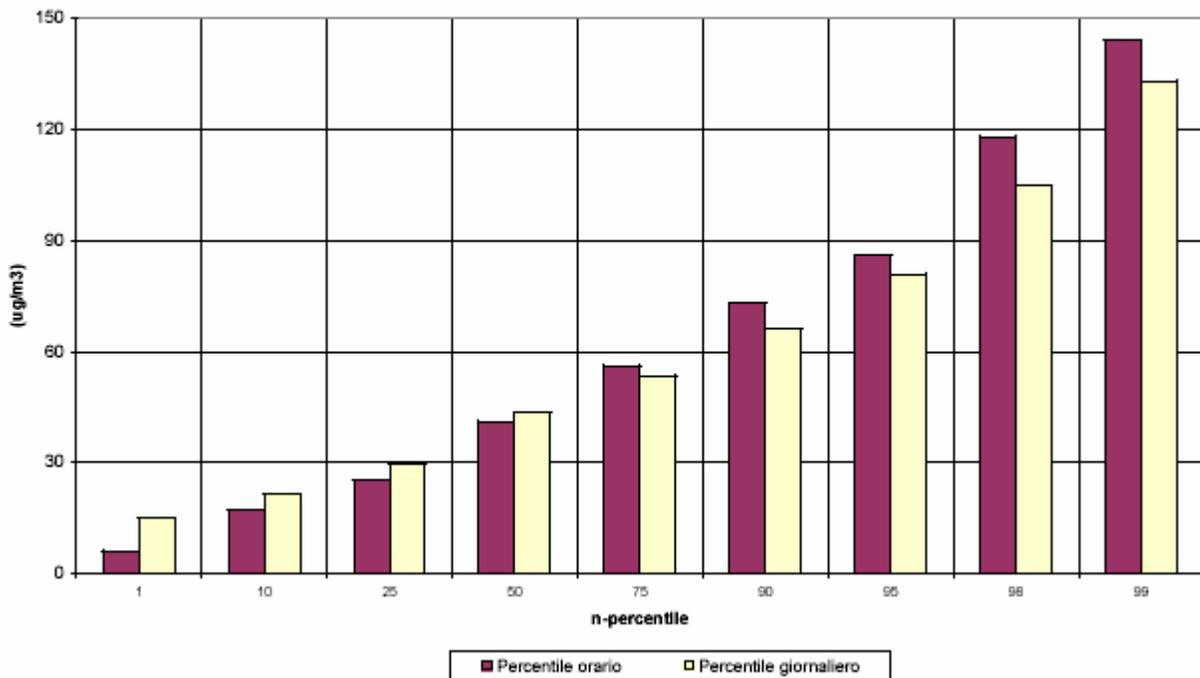
2.8.7 Biossido di azoto (NO₂) – Trecate



Trecale: settimana tipo annuale di NO2 anno 2001



Trecale: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di NO2 anno 2001



Stazione di Trecate: statistica annuale del 2001 – NO₂ (valori in µg/m³)

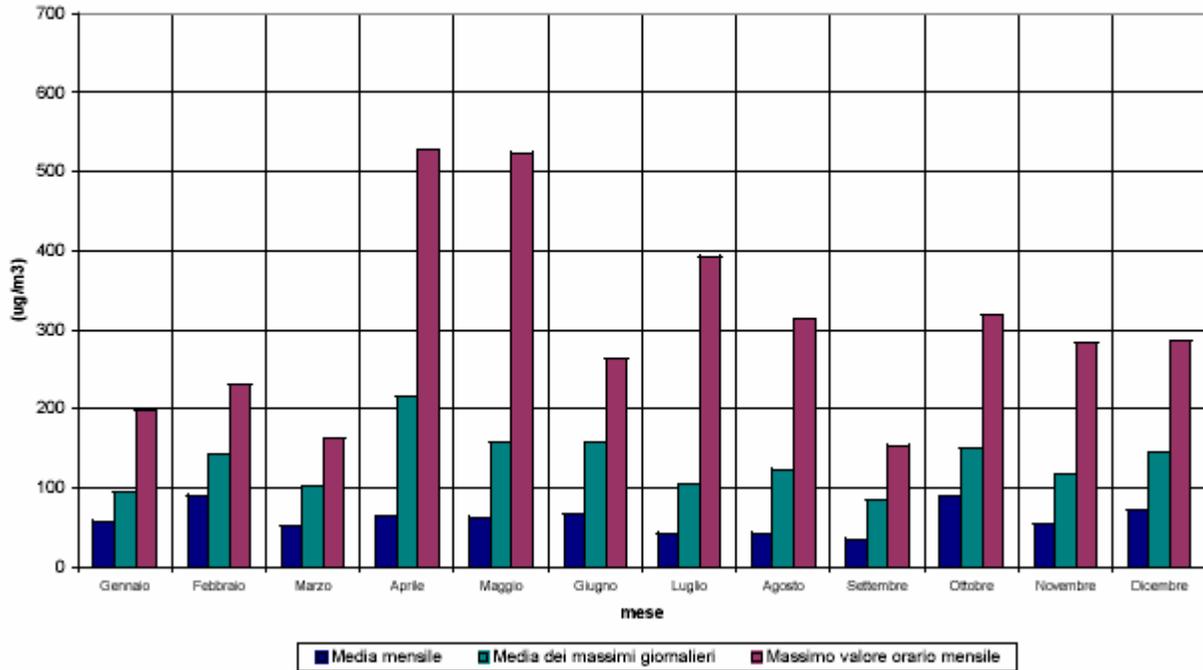
Totale ore valide:	5285 (60.3 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	76.8
Media dei massimi giornalieri:	76.3
Media delle medie mensili:	43.9
Media delle medie giornaliere:	44.7

Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

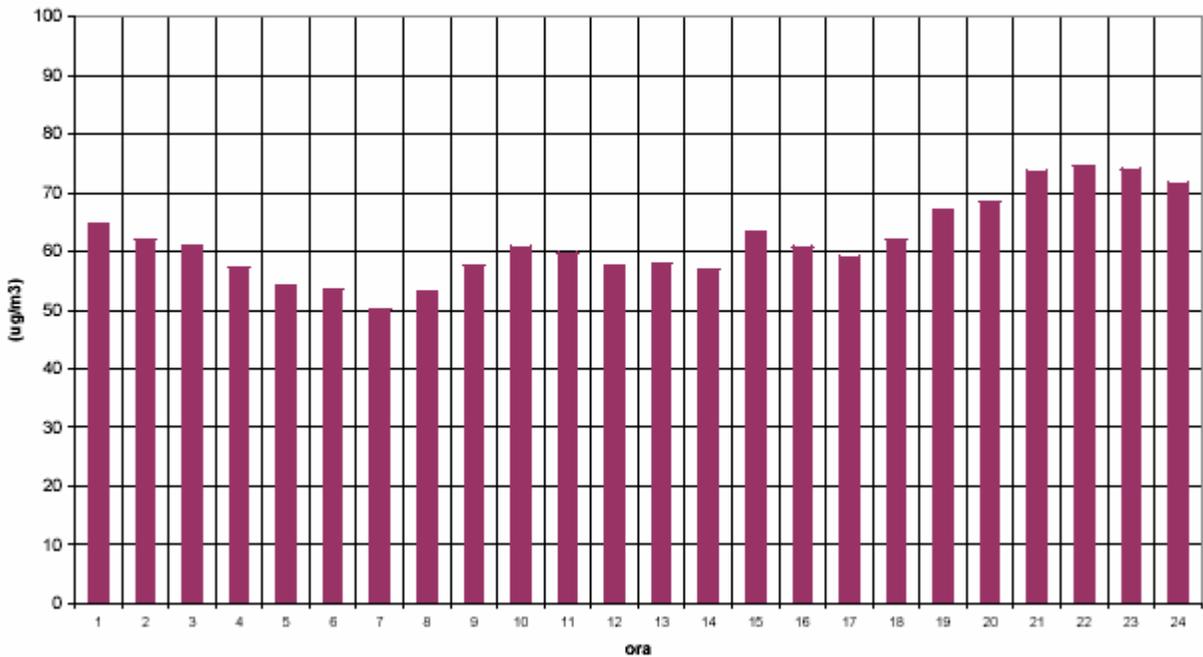
PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
NO₂	DM 25/11/94 S. att. Media di 1 ora 200 µg/m ³ S. all. Media di 1 ora 400 µg/m ³	Max periodo – 316 µg/m ³	-	Valori rilevati superano in alcune occasioni (in agosto e in novembre) il livello di attenzione. Mai superato il livello di allarme

2.8.8 Polveri Totali Sospese (PTS) – Trecate

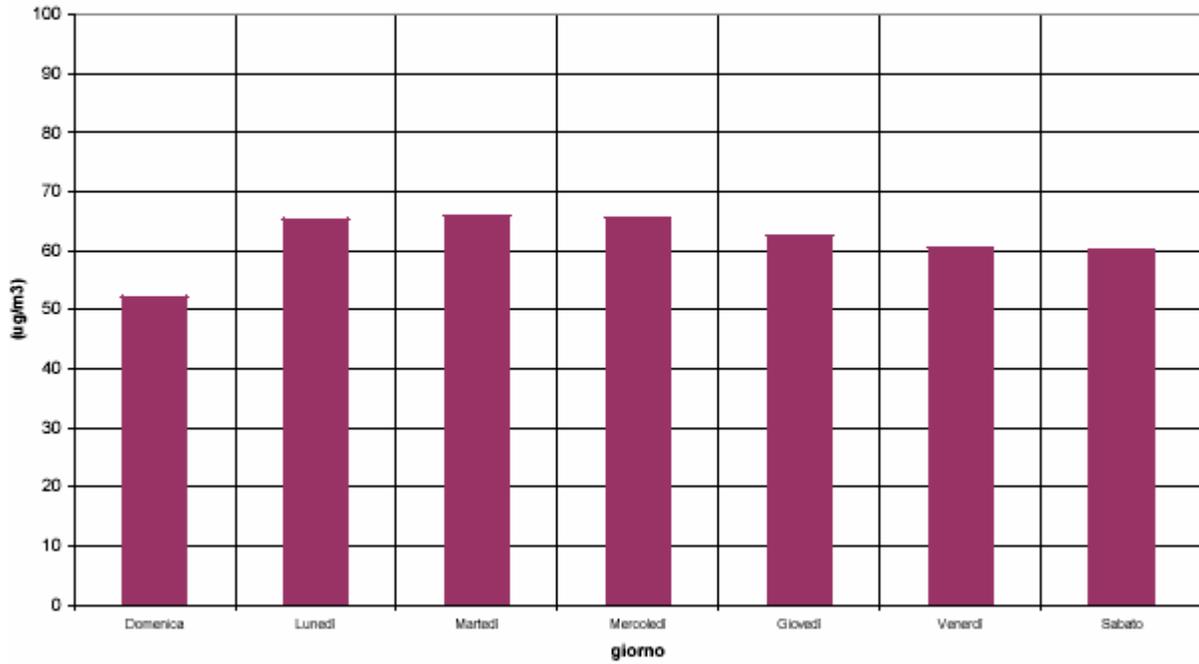
Trecate: concentrazione di PTS anno 2001



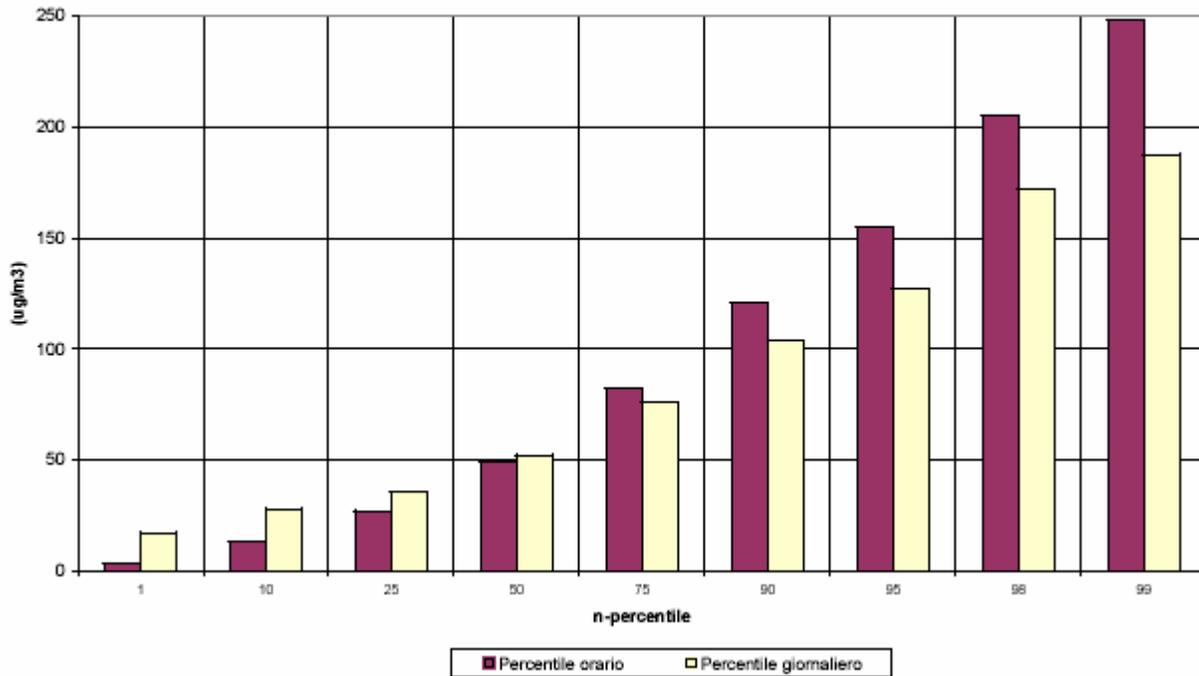
Trecate: giorno tipo annuale di PTS anno 2001



Treccate: settimana tipo annuale di PTS anno 2001



Treccate: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di PTS anno 2001



Stazione di Trecate: statistica annuale del 2001 - PTS (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

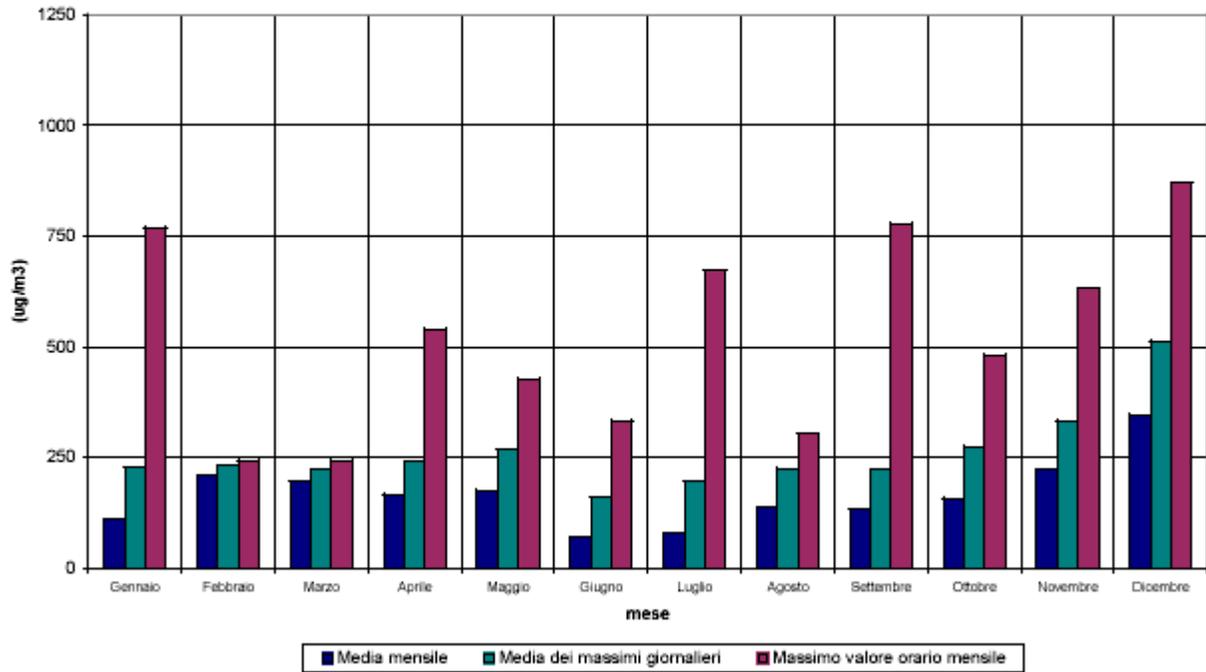
Totale ore valide:	4681 (53.4 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	132.9
Media dei massimi giornalieri:	130.1
Media delle medie mensili:	60.9
Media delle medie giornaliere:	60.8

Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

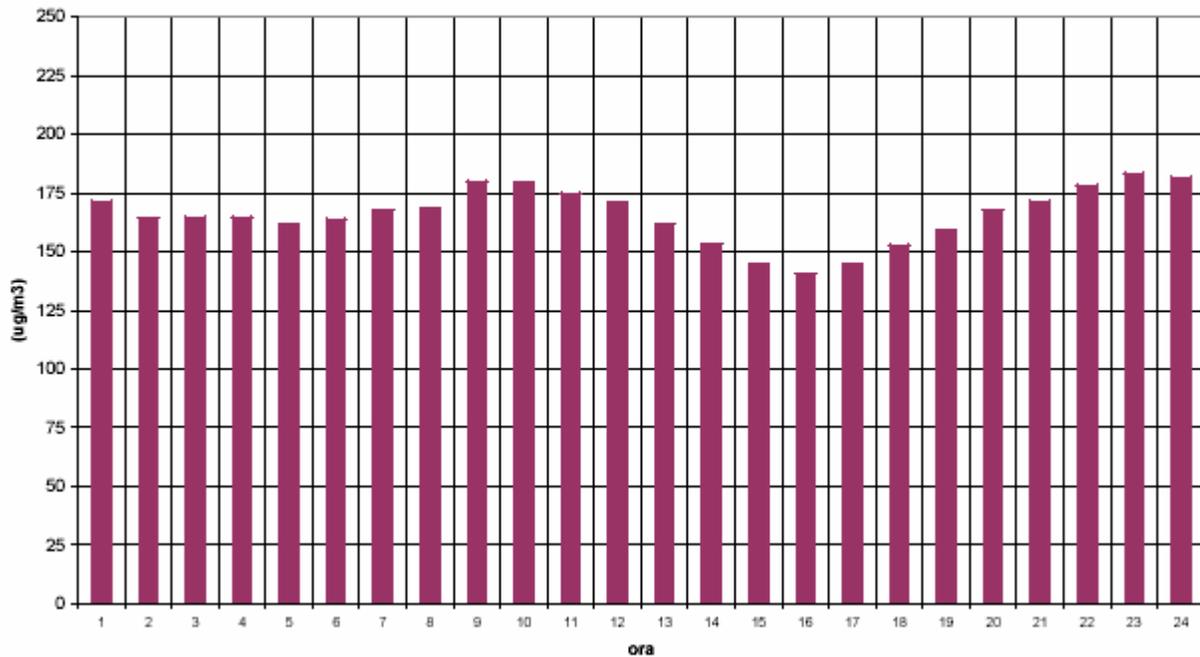
PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
PTS	DPR 203 95mo percentili = 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Valori rilevati entro il limite

2.8.9 Idrocarburi Non Metanatici (NMHC) – Trecate

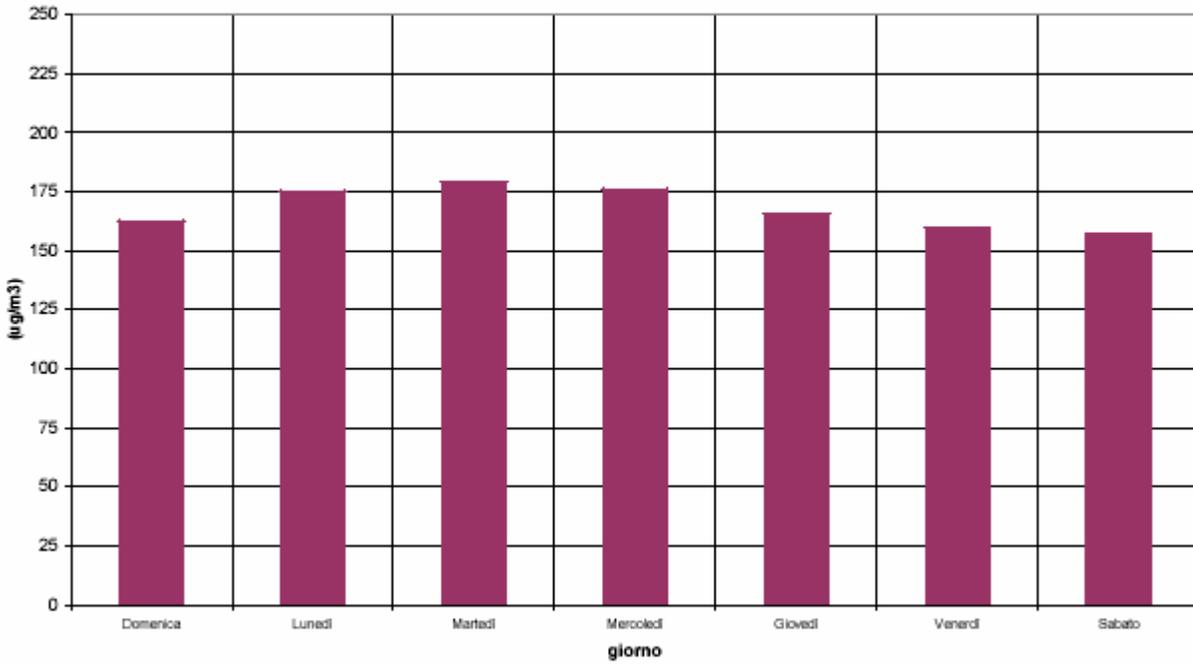
Trecate: concentrazione di NMHC anno 2001



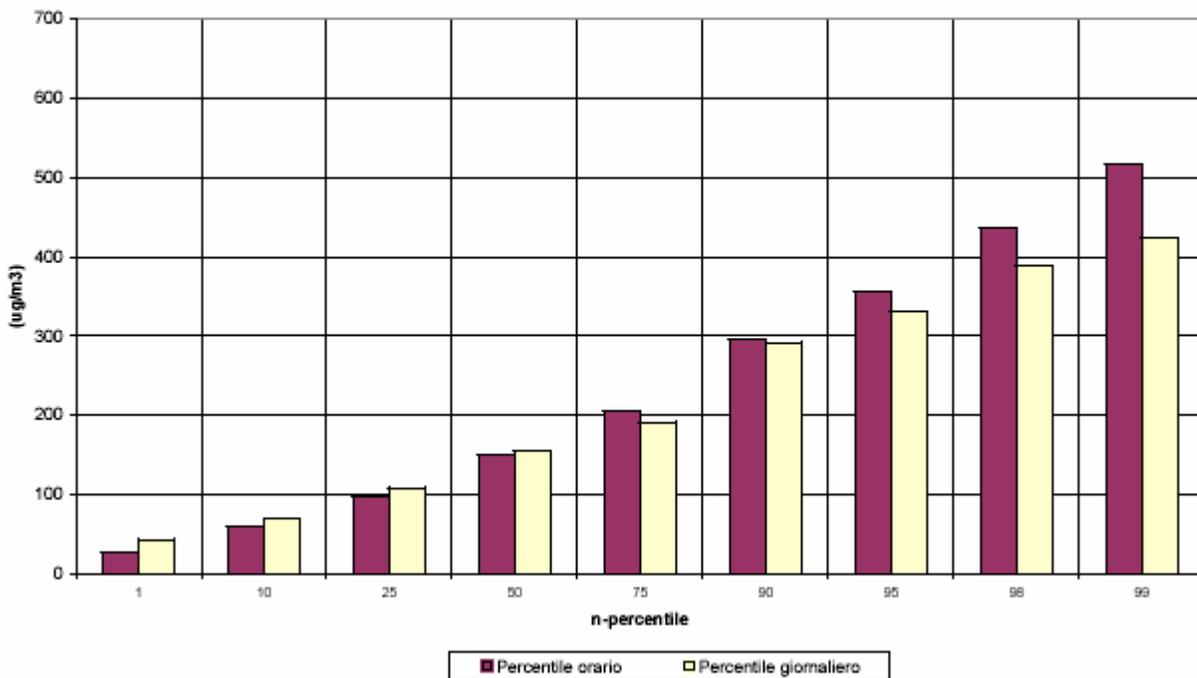
Trecate: giorno tipo annuale di NMHC anno 2001



Trecate: settimana tipo annuale di NMHC anno 2001



Trecate: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di NMHC anno 2001



Stazione di Trecate: statistica annuale del 2001 – NMHC (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

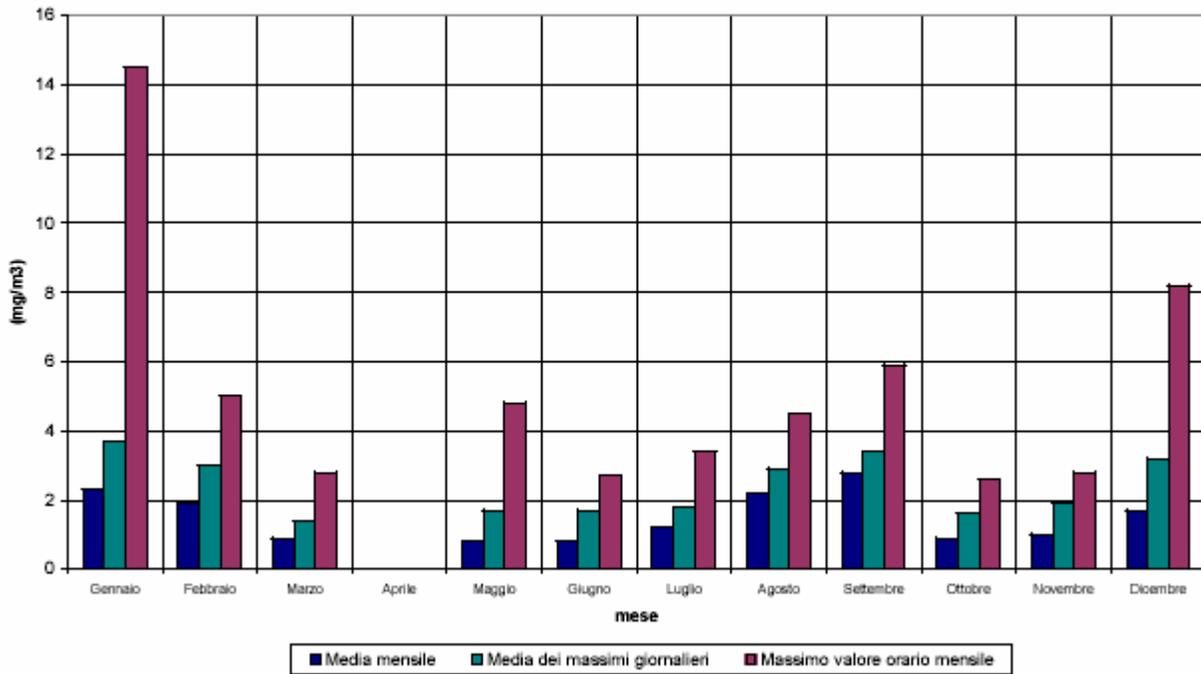
Totale ore valide:	4384 (50.0 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	259.6
Media dei massimi giornalieri:	263.2
Media delle medie mensili:	166.7
Media delle medie giornaliere:	163.1

Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

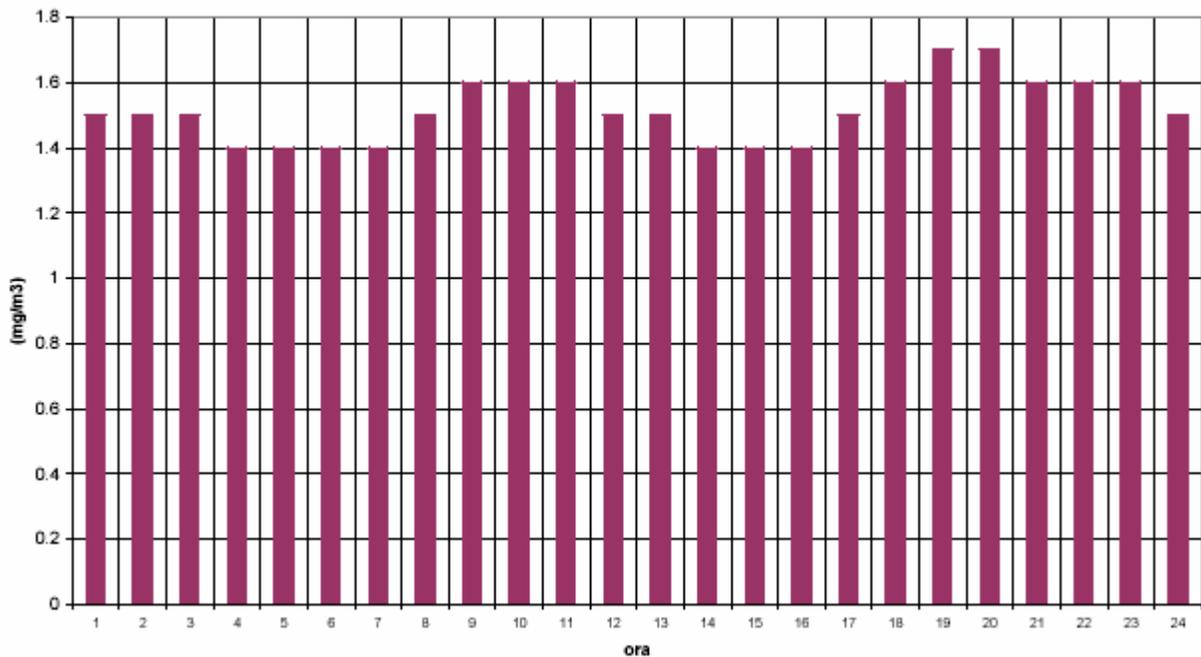
PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
NMHC	DPCM 28/03/83 Max triorario $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Il limite triorario si applica solo se è superato il limite per l'ozono	Non disponiamo di valori triorari né di misure di ozono per questa stazione di misura

2.8.10 Monossido di Carbonio (CO) - Trecate

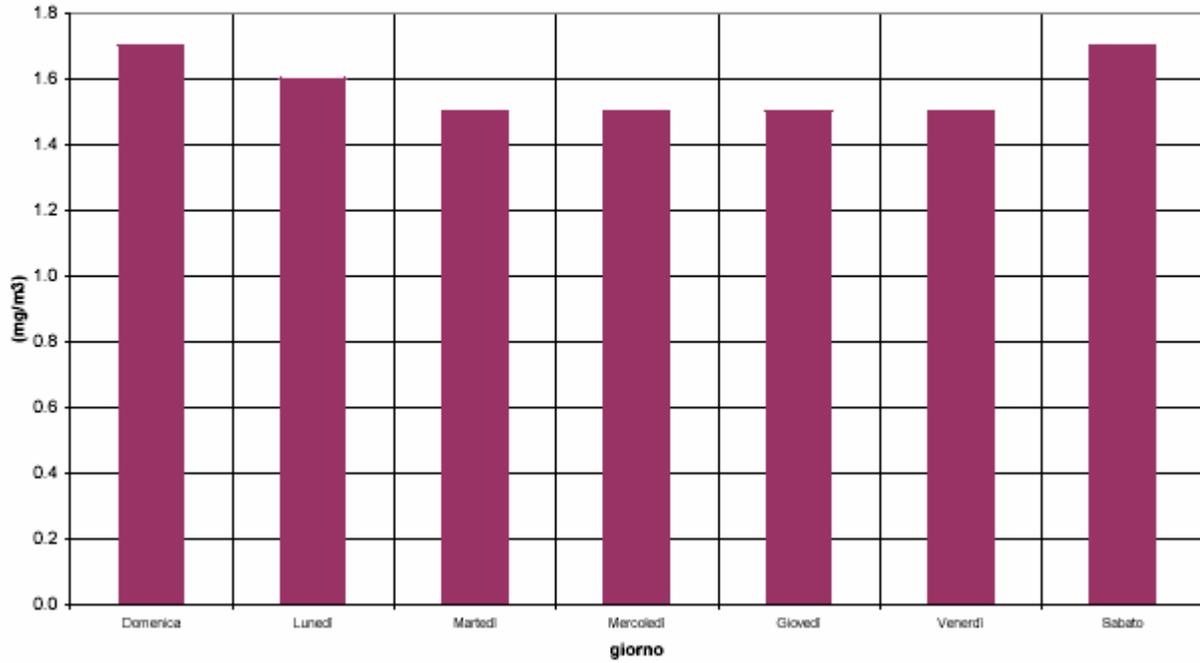
Trecate: concentrazione di CO anno 2001



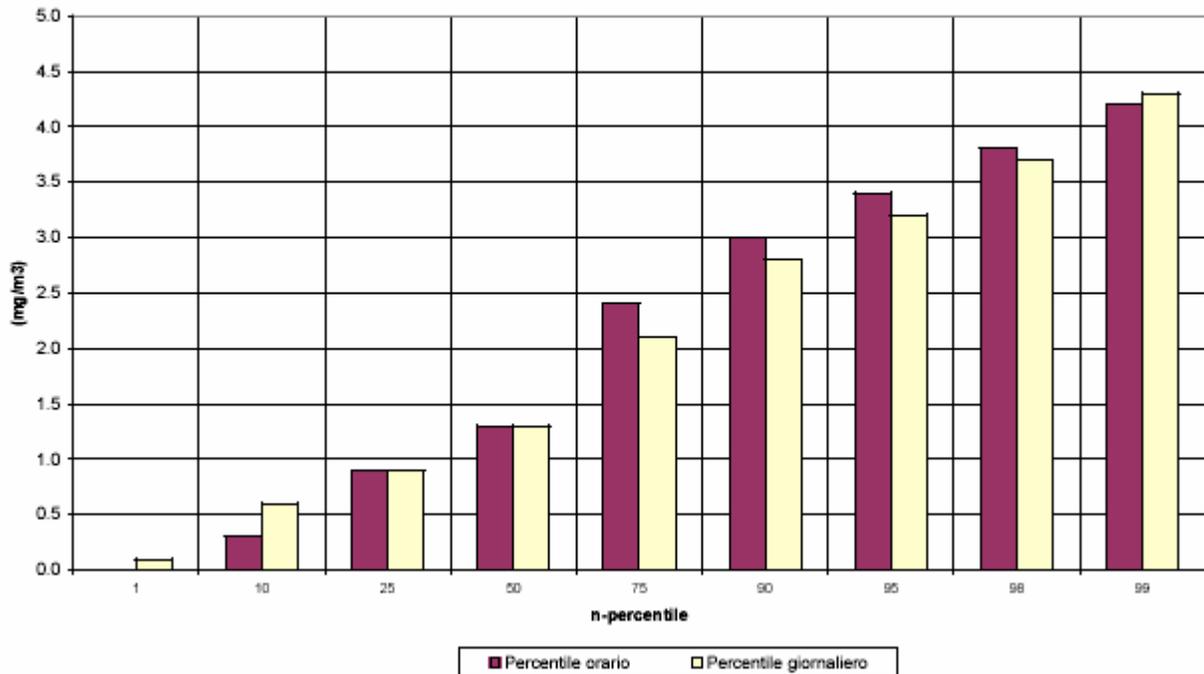
Trecate: giorno tipo annuale di CO anno 2001



Treate: settimana tipo annuale di CO anno 2001



Treate: percentili orari e giornalieri delle concentrazioni di CO anno 2001



Stazione di Trebate: statistica annuale del 2001 – CO (valori in mg/m³)

Totale ore valide:	6319 (72.1 %)
Media mensile dei massimi giornalieri:	2.4
Media dei massimi giornalieri:	2.4
Media delle medie mensili:	1.5
Media delle medie giornaliere:	1.6

Confronto con riferimenti legislativi anno 2001

PARAMETRO	RIF. LEGISLATIVO	VALORE REGISTRATO	NOTE	COMMENTI
NMHC	DM 25/11/94 S. att. Media 1 ora 15 mg/m ³ S. all. Media 1 ora 30 mg/m ³	Max periodo = 14.5 mg/m ³	Il limite triorario si applica solo se è superato il limite per l'ozono	Valori rilevati entro il limite

3 MODELLI METEO CLIMATICI UTILIZZATI

3.1 SCELTA DEL MODELLO METEO CLIMATICO

A livello mondiale esistono numerosi modelli matematici di simulazione della diffusione atmosferica. Per facilitare la scelta all'utente finale, l'EPA (Environmental Protection Agency), l'ente di protezione ambientale americana, massima autorità mondiale nel settore, su mandato del Congresso degli Stati Uniti, cura la pubblicazione della guida ai modelli sulla qualità dell'aria che debbono essere utilizzati per gli scopi indicati.

I modelli inseriti in questa guida sono stati sviluppati dall'EPA stessa o da centri privati. In entrambi i casi, prima di essere registrati nel "Federal Register" ed essere inseriti nella guida, i modelli vengono sottoposti ad una estesa serie di procedure di validazione scientifica.

I modelli che superano tali verifiche sono classificati in due liste differenti:

- lista A o dei modelli preferiti dall'EPA;
- lista B o dei modelli alternativi.

I modelli della lista A sono i modelli preferiti dall'EPA per le situazioni a cui si riferiscono, mentre i modelli della lista B possono essere usati in alternativa ai modelli della lista A solo in quelle situazioni specifiche per le quali l'utente dimostri che forniscono dei risultati migliori.

Tra i modelli presenti nella lista A vengono in particolare indicati i modelli di classe ISC (Industrial Source Complex), poiché contengono gli attributi richiesti per tipiche applicazioni legate a problematiche industriali; essi rappresentano il modello di riferimento dell'EPA per lo studio della diffusione e del trasporto di inquinanti primari emessi da sorgenti complesse.

Nel presente lavoro è stato utilizzato il modello ISC3; esso costituisce la seconda versione del programma ISC dell'EPA. In Italia ISC viene consigliato come strumento per il monitoraggio e la tutela ambientale nel rapporto ISTISAN 90/32 dell'Istituto Superiore di Sanità.

3.2 SCELTA DEL MODELLO DI SIMULAZIONE NELLA VERSIONE SHORT TERM

Per quanto riguarda la scelta tra un modello “Short Term “ e uno modello “Long Term”, si deve specificare come una trattazione modellistica su base climatologica, necessaria per produrre i dati richiesti per un’analisi a “long term”, necessita di dati meteorologici di tipo, appunto, climatologico, riferito cioè ad un lungo periodo di osservazione per parametri meteorologici complessi e riferiti alla struttura termodinamica dell’atmosfera sia sul piano orizzontale che verticale.

Si ritiene, tuttavia, che il confronto dei valori massimi orari attesi (forniti tramite simulazioni con un modello “short term”) possa costituire comunque un approccio sufficientemente cautelativo considerando inoltre come le concentrazioni massime orarie stimate risultino sempre inferiori ai valori limiti annuali riportati nella Normativa vigente.

3.3 DESCRIZIONE MODELLO UTILIZZATO (ISC3)

ISC3 è un modello gaussiano a "plume", capace di trattare sorgenti di tipo puntuale, areale e volumetrico. Nell’applicazione in oggetto il modello è stato impiegato nella sua versione Short Term, che utilizza dati meteorologici orari per produrre i valori medi fino a 24 ore, nell’interfaccia Trinity Consultant BREEZE ISC AERMOD.

Tale codice matematico interfaccia 3 differenti modelli U.S. EPA:

- ISCST3 (Industrial Source Complex-Short Term): modello di dispersione gaussiano utilizzato per calcolare i valori di concentrazione degli inquinanti prodotti da una vasta gamma di sorgenti sui ricettori scelti per lo studio;

- AERMOD: modello che include tre componenti AERMOD (AERMIC dispersion model), AERMAP (AERMOD Terrain Preprocessor) e AERMET (AERMOD Meteorological Preprocessor). AERMOD è un modello di dispersione degli inquinanti molto più completo, che ben si presta a descrivere orografie complesse (Complex terrain Dispersion Model-Plus, CTDMPLUS), considerando i gradienti verticali della velocità del vento, i moti convettivi dell’aria dovuti alle irregolarità della superficie, algoritmi che considerino l’effetto downwash dovuto ai palazzi situati nelle immediate vicinanze della sorgente di emissione. AERMET è l’algoritmo di calcolo che considera gli aspetti meteorologici, quali direzione e velocità del vento, umidità relativa, pressione e temperatura, e altri aspetti connessi a quelli meteorologici, quali classi di stabilità atmosferica e altezza dello strato di rimescolamento, da tale algoritmo si ottengono come output le distribuzioni di frequenza dei parametri

suddetti e i profili verticali di alcuni di tali parametri. AERMAP è l'algoritmo di calcolo che consente la rappresentazione del terreno in curve di livello, includendo tutti i parametri caratteristici del terreno per quel che riguarda la dispersione degli inquinanti al suolo;

- ISC-PRIME (INDUSTRIAL SOURCE COMPLEX - PLUME RISE MODEL ENHANCEMENTS): modello di dispersione molto simile all'ISCST3, che in più consente l'analisi della dispersione degli inquinanti considerando l'effetto downwash dovuto alla presenza di edifici in vicinanza della sorgente di emissione.

Per quanto riguarda le caratteristiche morfologiche del territorio, il modello utilizza congiuntamente un sistema di coordinate cartesiane e uno "standard compass system", sovrapposto al sistema cartesiano, avente il NORD coincidente con la direzione positiva dell'asse Y e l'EST con la direzione positiva dell'asse X.

In tale sistema di riferimento, viene importata la cartografia digitalizzata dell'area oggetto dello studio e sono definite le caratteristiche delle sorgenti di emissione e le posizioni dei ricettori.

Il modello utilizza una matrice di quote altimetriche, che tengono conto della tridimensionalità del campo di moto; la risoluzione spaziale varia molto a seconda della scala a cui il modello lavora (da 50 m per la microscala a 50 km per la grande scala).

La morfologia del terreno è fondamentale nello studio della diffusione degli inquinanti emessi da una certa tipologia di sorgenti; è infatti la rugosità superficiale, ovvero le asperità del terreno che influiscono sulla turbolenza meccanica e conseguentemente sulla dispersione orizzontale e verticale degli inquinanti emessi in prossimità del terreno.

Il modello permette di descrivere le seguenti tipologie di sorgenti:

- puntiformi;
- lineari;
- areali;
- volumetriche.

Le sorgenti lineari sono trattate come un caso particolare delle sorgenti volumetriche.

Nel caso di sorgenti areali, gli input richiesti tassativamente dal modello sono principalmente di due tipi:

❖ Parametri di emissione:

- i ratei di emissione delle differenti sorgenti (in g/s);
- la loro ubicazione (coordinate X e Y);
- l'altezza del punto di rilascio (in metri).

Nel caso di sorgenti puntiformi, si aggiungono:

- il diametro interno del camino di emissione (in metri);
 - le caratteristiche fisiche delle emissioni (temperatura, portata e velocità degli effluenti).
- ❖ Parametri micrometeorologici, in particolare:
- velocità e direzione di provenienza del vento;
 - classe di stabilità atmosferica;
 - altezza dello strato rimescolato;
 - temperatura ambientale (valori medi orari).

Gli output del modello forniscono le concentrazioni al suolo o a qualunque altezza z sopra il piano campagna degli inquinanti primari, su tutti i punti ricettori appartenenti alla griglia di calcolo, sui periodi di tempo in esame.

Il modello ISC3 considera una soluzione approssimata di un'equazione di bilancio che si basa sul principio di conservazione della massa. La variazione della concentrazione del gas in un volume di aria è data dalla differenza tra il gas entrante e quello uscente più un eventuale contributo positivo di sorgente e un eventuale contributo negativo di rimozione (che può consistere in una reazione chimica o nella deposizione dell'inquinante)

$$\frac{dC}{dt} \cdot dx \cdot dy \cdot dz = F_{in} + S + R$$

Il flusso netto entrante è essenzialmente associato al fenomeno del trasporto da parte del vento, in quanto, per le scale spaziali e temporali in esame, il fenomeno della diffusione molecolare può essere considerato trascurabile. Le piccole e rapide fluttuazioni cui è soggetto il vento, vengono descritte introducendo un coefficiente di diffusione turbolenta K che, sommato al trasporto del vento medio, ricostruisce esattamente il flusso totale

$$V'_x \cdot c' = -K_{xx} \cdot \frac{dC}{dt}$$

Una prima formulazione semplificata del fenomeno della diffusione si ottiene con le seguenti assunzioni:

- ◆ il fluido è incomprimibile (il campo di moto ha divergenza nulla);
- ◆ la diffusione molecolare è trascurabile rispetto a quella turbolenta;
- ◆ la componente verticale della velocità del vento è trascurabile (condizione abbastanza ben verificata nelle scale spaziali e temporali caratteristiche dei fenomeni atmosferici);
- ◆ i coefficienti di diffusività turbolenta trasversale K_{xx} e K_{yy} sono costanti in x e y mentre K_{zz} dipende dalla coordinata verticale;
- ◆ per un inquinante inerte o poco reattivo, chimicamente si omette anche il termine di rimozione R .

L'equazione che si ottiene continua a non offrire soluzioni analitiche, tranne che per condizioni iniziali del tutto particolari. La sua integrazione numerica risulta però più veloce e meno onerosa della formulazione originaria:

$$\frac{dC}{dt} = -V_x \cdot \frac{dC}{dx} - V_y \cdot \frac{dC}{dy} + K_{xx} \cdot \frac{d^2C}{dx^2} + K_{yy} \cdot \frac{d^2C}{dy^2} + K \cdot \frac{d^2C}{dz^2} + S(x, y, z, t)$$

Per integrare numericamente nel tempo l'equazione della diffusione, pur semplificata sulla base delle ipotesi testé descritte, è necessario estendere il sistema con le equazioni della dinamica del vento. L'equazione della diffusione di una sostanza di concentrazione $c(x,y,z,t)$ ci dà, una volta risolta, l'evoluzione della variabile $c(x,y,z,t)$ nel tempo, supposto noto il vento v . Poiché il vento evolve sulla base della dinamica atmosferica, per determinare l'andamento di c bisogna conoscere l'evoluzione di v . Il problema della determinazione della dinamica del vento è, come noto, di singolare complessità e richiede in generale l'utilizzo di strumenti di calcolo molto potenti. E' essenzialmente per queste ragioni, che al problema così impostato si aggiungono delle ipotesi, ancora più restrittive, che permettono però di arrivare ad una soluzione analitica.

In particolare si suppone:

- ◆ che il processo sia stazionario;
- ◆ che la velocità del vento sia costante nel tempo e diretta lungo il solo asse x ;
- ◆ che il trasporto dell'inquinante dovuto alla turbolenza, nella direzione del vento, sia trascurabile rispetto al trasporto dovuto al vento;

- ◆ che i coefficienti di diffusione turbolenta K_{xx} e K_{zz} siano costanti in y e z ;
- ◆ che il termine di sorgente sia indipendente dal tempo e valga Q nel punto di coordinate $(0,0,0)$ e sia nullo in tutti gli altri punti dello spazio.

In questo modo l'equazione viene ulteriormente semplificata e ammette una soluzione analitica di tipo gaussiano.

In pratica, si assume che la concentrazione dell'inquinante abbia una distribuzione gaussiana trasversalmente alla direzione del vento e lungo la verticale e che l'ampiezza delle distribuzioni, controllato dal coefficiente di diffusione turbolenta, aumenti man mano che ci si allontana dalla sorgente.

In questo modo si descrivono gli effetti di un camino puntiforme al livello del suolo. Non è difficile a questo punto passare a descrivere un camino posto ad un'altezza H .

Utilizzando il metodo delle immagini ⁽¹⁾, si tiene conto della riflettività del terreno e dell'esistenza di uno strato rimescolato dell'atmosfera, in cui l'inquinante può restare intrappolato.

La stima dei coefficienti di diffusione turbolenta (*sigma*) può essere frutto di parametrizzazioni empiriche o di misure dirette della turbolenza atmosferica. Un approccio molto usato prevede che si identifichino alcune categorie di stabilità dell'atmosfera e che per ciascuna di queste si ricavino empiricamente (per mezzo di campagne di misura), gli andamenti delle *sigma*.

Per la determinazione delle categorie di stabilità dell'atmosfera il metodo maggiormente utilizzato è quello dovuto a Pasquill (vedere capitolo 1).

Una volta determinate le classi di stabilità e stimate le curve per le *sigma*, il valore del parametro di diffusione turbolenta può essere sempre valutato. Esistono diverse stime dei parametri di diffusione turbolenta, che si distinguono tra loro per la tipologia delle sorgenti e delle caratteristiche della zona in cui sono state misurate.

Gli andamenti delle *sigma* di Pasquill-Gifford, ad esempio, sono state rilevate in aperta campagna, con sorgenti a bassa quota e superficie relativamente piatta; le curve di Briggs sono sia urbane sia rurali e sono utilizzate soprattutto per sorgenti elevate.

(1) Il metodo delle immagini consiste nell'aggiungere ad una sorgente reale una sorgente virtuale simmetrica, rispetto alla superficie terrestre, alla sorgente che si sta descrivendo. In questo modo, il punto in cui la soluzione della sorgente reale arriva al suolo, corrisponde al punto in cui la soluzione della sorgente virtuale inizia ad avere dei valori non nulli per quote superiori a zero. La parte della soluzione della sorgente reale che propaga sotto la superficie è del tutto uguale alla parte della soluzione della sorgente virtuale che arriva in aria e che si può considerare come il risultato di una riflessione.

Gli andamenti delle *sigma* di Pasquill-Gifford, ad esempio, sono state rilevate in aperta campagna, con sorgenti a bassa quota e superficie relativamente piatta; le curve di Briggs sono sia urbane sia rurali e sono utilizzate soprattutto per sorgenti elevate.

3.4 DATI METEO CLIMATICI UTILIZZATI PER LE SIMULAZIONI

Per quanto riguarda lo scenario meteorologico, è stata dapprima effettuata una completa simulazione di *screening* modellistica, volta a valutare quali condizioni meteorologiche rappresentassero le situazioni più critiche dal punto di vista delle ricadute al suolo; identificate tali situazioni è stata compiuta una simulazione di dettaglio per tutti gli inquinanti in tali condizioni.

La simulazione di screening è stata effettuata nelle seguenti condizioni meteorologiche:

Tabella 3.1: elenco delle situazioni atmosferiche considerate

N° SITUAZIONE	VELOCITA' DEL VENTO ($m \cdot s^{-1}$)	CLASSE DI STABILITA' ATMOSFERICA
1	1	A
2	1	B
3	1	C
4	1	D
5	1	E
6	1	F
7	2	A
8	2	B
9	2	C
10	2	D
11	2	E
12	2	F
13	3	A
14	3	B
15	3	C
16	3	D
17	3	E
18	3	F
19	4	B
20	4	C
21	4	D
22	4	E
23	4	F
24	5	B
25	5	C
26	5	D
27	5	E
28	8	C
29	8	D
30	10	C
31	10	D
32	15	D
33	20	D

Per quanto riguarda l'altezza dello strato di rimescolamento, è stato considerato un valore costante pari a 5000 metri, in ragione del fatto che questo parametro assume un ruolo importante solo nel caso di sorgenti elevate ed aventi alte temperature e velocità di uscita dei fumi.

Riguardo alla direzione del vento, si è considerata una provenienza uniformemente distribuita lungo tutte le direzioni possibili (da 0 a 360 °N) con passo di 1°.

Questa ipotesi di lavoro, si fonda sul fatto, che la direzione non risulta influente ai fini della valutazione della distanza dalla sorgente a cui l'impatto delle emissioni può essere considerato significativo, in quanto essa viene, ovviamente, valutata sottovento e, secondariamente, per fornire una migliore rappresentazione spaziale del campo di concentrazione calcolato.

Per quanto riguarda la temperatura ambiente è stata assunta una temperatura media di 15 °C.

Come griglia di calcolo è stata utilizzata una maglia costituita da 441 punti recettori (21 x 21), avente origine nell'impianto in progetto (punto X=0 m e Y=0 m) e distanza fra un recettore e il successivo pari a circa 200 metri in entrambe le direzioni.

L'area coperta dalla simulazione modellistica è così risultata pari ad un quadrato di lato di circa 4.500 m.

Tale scelta è stata conseguente ad un'attenta analisi preliminare, che ci ha permesso di ritenere che, per la presente applicazione, la griglia scelta rappresentasse un ottimo compromesso fra estensione della zona studiata e risoluzione all'interno di essa.