

**Campionatore Sequenziale Gravimetrico  
Campagna di Misura Polveri Fini  
COMUNE DI BERTONICO**

**Dal 07/12/10 al 21/12/10**



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ATMOSFERICO

## SORGENIA

7 DICEMBRE – 21 DICEMBRE 2010

### 1 INTRODUZIONE

Le misure condotte rientrano all'interno della convenzione stipulata con la ditta Sorgenia Power S.p.a. (articolo 5 del decreto DG 445 del 12/06/09, rif. Prot. ARPA DI 7379 , Class. 2.9.6. Rep. n. 414/09).

La campagna di rilevazione polveri e analisi IPA previste dalla convenzione è stata condotta a Bertonico presso la centralina della qualità dell'aria.

Come previsto dalla convenzione, sono state effettuate rilevazioni di polveri fini campionando il particolato aerodisperso su filtri che sono poi stati mandati all'analisi per ottenere la concentrazione di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici). Quelli previsti dalla convenzione sono sette:

Pirene, Benzo[a]Antracene, Crisene, Benzo[b]Fluorantene, Benzo[k]Fluorantene, Benzo[a]Pirene, Benzo[g]Perilene.

### 2 NORMATIVA

Si fa riferimento alla seguente normativa, in vigore al momento di effettuazione della campagna:

- D.Lgs. n.155 del 13/08/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". In tale decreto è stata riunita in un testo unico tutta la precedente normativa relativa all'inquinamento atmosferico; nello specifico vengono normati i seguenti inquinanti: PM10, PM2.5, Biossido d'Azoto (NO<sub>2</sub>), Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>), Monossido di Carbonio (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Benzo(a)Pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>), Piombo (Pb), Arsenico (As), Cadmio (Cd) e Nichel (Ni). Difatti, i vari livelli di riferimento non sono stati cambiati rispetto il precedente D.M. n. 60 del 02/04/2002 e la sola vera novità riguarda i nuovi limiti introdotti per il PM2.5.
- Delib. Giunta Reg. n° 7/6501 del 19/10/2001 "Zonizzazione del territorio regionale per il conseguimento degli obiettivi di qualità dell'aria, ambiente, ottimizzazione e razionalizzazione della rete di monitoraggio, relativamente al controllo dell'inquinamento da PM10, fissazione dei limiti di emissione degli impianti di produzione energia e piano d'azione per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico."

Successive modifiche e integrazioni alla delibera sopra citata con particolare attenzione ai piani d'azione per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico ed al traffico autoveicolare, relativamente alle zone critiche ed agli agglomerati della Regione Lombardia:

- Delibera Giunta Reg. n. 552 del 04/08/2005
- Delibera Giunta Reg. n. 947 del 27/10/2005
- Delibera Giunta Reg. n. 1549 del 22/12/2005
- Legge Regionale n. 24 del 2006
- Delibera n. 1835 del 2 febbraio 2006
- Delibera n. 1898 del 14 febbraio 2006
- Delibera Giunta Reg. n. 5290 del 2 agosto 2007
- Delibera Giunta Reg. n. 7635 dell' 11 luglio 2008
- Delibera Giunta Reg. n. 9595 dell' 11 giugno 2009
- Delibera Giunta Reg. n. 9958 29 luglio 2009

La direttiva 2008/50/CE, recepita dal D.Lgs. n. 155 del 13 agosto 2010, riguardo arsenico, cadmio, nichel e Benzo(a)Pirene, ne fissa i valori obiettivo per il tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile. Il benzo(a)Pirene si utilizza come marker per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici.

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti i limiti estrapolati dalle normative appena menzionate di interesse per gli inquinanti monitorati in questa campagna di misura.

**Tab.1** - Dal D.Lgs. n.155 del 13/08/2010:

|   | <b>Periodo di mediazione</b> | <b>Valore limite</b>   |
|---|------------------------------|--|
| <b>PM10</b><br>valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana | 24 ore                       | <b>50 µg/m<sup>3</sup></b><br><i>da non superare più di 35 volte per anno civile</i> |
| <b>PM10</b><br>valore limite annuale per la protezione della salute umana   | Anno civile                  | <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>   |

**Tab.2** - Dal D.Lgs. n.155 del 13/08/2010:

|                       | <b>Periodo di mediazione</b> | <b>Valore obiettivo (*)</b> |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Benzo(a)Pirene</b> | 1 anno                       | <b>1 ng/m<sup>3</sup></b>   |

(\*) = per il tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del particolato calcolata in media su un anno di calendario.  
 NOTA: per gli IPA il Benzo(a)Pirene è utilizzato come marker per il rischio cancerogeno.

### 3 Alcune considerazioni sui limiti di PM10 e Benzo(a)pirene

I diversi studi effettuati sulle concentrazioni di particolato in Lombardia, e più in generale nella Pianura Padana, hanno dimostrato che non vi sono sostanziali differenze tra le quantità di polveri presenti nell'aria delle zone urbane rispetto a quelle registrate nei siti rurali. In entrambi i casi si è registrata una forte stagionalità attribuibile in gran parte alle diverse condizioni di stabilità atmosferica, caratterizzata da concentrazioni invernali molto maggiori di quelle estive, e valori medi annui di PM10 pari a circa 50 µg/m<sup>3</sup>, superiori alla soglia di 40 µg/m<sup>3</sup> indicata dalla Direttiva Europea quale limite a cui ci si sarebbe dovuti adeguare già entro il 1/1/2005. La situazione risulta ancora più critica se si considera la soglia imposta sulle medie giornaliere che, a partire dal 1/1/2005, prevede un limite di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 giorni l'anno: sia nei siti urbani che in quelli rurali si hanno in media oltre 100 giorni all'anno con valori di concentrazione al di sopra della suddetta soglia.

Appare chiaro che la Lombardia si trova a dover affrontare un serio problema di inquinamento da polveri dovuto sia alla presenza di numerose sorgenti di particolato che alla particolare conformazione morfologica della Pianura Padana, non favorevole a un ricircolo delle masse d'aria. Difatti, le sostanze prodotte dalle varie sorgenti, presenti soprattutto nelle aree urbane, sembrano diffondersi, accumularsi e ristagnare in tutto il territorio lombardo, creando così un fondo regionale talmente elevato da coprire eventuali picchi dovuti a sorgenti localizzate in aree urbane. Tale situazione si discosta notevolmente da quanto avviene nel resto dell'Europa dove, a parità di concentrazioni nel fondo urbano, si riscontra un fondo rurale decisamente più basso e prossimo ai 20 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda il Benzo(a)Pirene, il Decreto Legislativo n.155 del 13/08/2010 conferma come obiettivo di qualità il valore giornaliero medio annuale di 1 ng/m<sup>3</sup>. In effetti il BaP si ritiene essere al momento il più tossico fra gli IPA comuni e, nonostante sia rinvenuto a concentrazioni modeste, quello che contribuisce maggiormente alla tossicità totale. Il BaP viene quindi utilizzato come una misura surrogata ed il suo valore di concentrazione è preso come termine fondamentale di riferimento per valutare la qualità dell'aria.

Analogamente a quanto avviene per il PM10, anche il Benzo(a)Pirene presenta una forte stagionalità dovuta soprattutto alle diverse condizioni di stabilità atmosferica, contraddistinta da concentrazioni invernali maggiori di quelle estive (Fig.2).

## 4 GLI INQUINANTI MONITORATI

Il particolato fine (PM10) è considerato uno dei “nuovi inquinanti”, la sua misura è stata introdotta a partire da febbraio 1998. Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni, che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche. Il Particolato Totale Sospeso (PTS) è costituito da particelle con dimensioni differenti: si possono misurare particelle con diametro aerodinamico dell'ordine di alcune frazioni di micron fino a particelle grandi con diametro attorno ai 100 micron. Le particelle ritenute dannose a livello sanitario sono quelle fini e come tali presentano caratteristiche tali da penetrare nelle vie respiratorie. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono così prese in considerazione particelle con diametro inferiore a 10 µm.

Ai fini di una caratterizzazione delle polveri sottili, si sono effettuate analisi chimiche sui filtri determinando le concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA); questi si formano in seguito alla combustione incompleta di materiali organici. Quando vengono immessi nell'atmosfera, quelli con un numero di anelli uguale o inferiore a quattro permangono in forma gassosa non oltre le 24 ore, perché vengono degradati; a causa della loro bassa tensione di vapore, tendono rapidamente a condensarsi e a venire adsorbite alla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere. Anche gli IPA con due e tre anelli aderiscono a tali particelle, specie nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura. Poiché molte particelle di fuliggine hanno dimensioni tali da essere respirate, gli IPA possono penetrare nei polmoni direttamente mediante la respirazione.

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti: principalmente dal traffico autoveicolare (dagli scarichi degli autoveicoli a benzina e diesel), dal catrame, dal fumo esalato dalla combustione del legno o del carbone e da altri **processi di combustione incompleta**.

In genere gli IPA rappresentano circa lo 0,1% del particolato atmosferico. Gli IPA analizzati nella presente campagna sono:

Benzo[a]Pirene\*, Fluorantene, Pirene, Benzo[a]Antracene\*, Crisene\*, Benzo[k]Fluorantene\*, Benzo[b]Fluorantene\*, Benzo[e]Pirene, Indeno[123-cd]Pirene\*, Dibenzo[a,h]Antracene\*, Benzo[g,h,i]Perilene, Fenantrene, Antracene.

Nell'elenco sono state etichettate con un asterisco le sostanze classificate dallo IARC (International Agency for Research on Cancer) come possibili o probabili cancerogene per l'uomo.

Il più noto idrocarburo di questa classe è il Benzo(a)Pirene (BaP), caratterizzato da cinque anelli benzenici condensati. Questo IPA è un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia organica e del legname. Il BaP è classificato dall'EPA (Environmental Protection Agency, l'agenzia di protezione ambientale americana) come B2 (probabile cancerogeno per l'uomo con evidenza sufficiente di cancerogenicità in studi su animali ed evidenza inadeguata o assenza di dati in studi sull'uomo); viene utilizzato come marker per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici, e come riferimento per il confronto con i limiti.

## 5 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO

Per il campionamento di particolato fine **PM10** è stata utilizzata la strumentazione seguente:

- Campionatore gravimetrico
- Testa di prelievo TPM10 realizzata secondo indicazioni EPA, con portata 1 m<sup>3</sup>/ora.

Il campionamento è stato condotto secondo i seguenti parametri:

- Durata: 24 ore per filtro, con cambio filtri alle ore 24:00;
- Temperatura di normalizzazione: 0 °C;
- Flusso: 16,7 l/min.

Sono stati utilizzati filtri in borosilicato di diametro pari a 47 mm.

Sui filtri campionati sono state effettuate analisi di IPA dall'Unità Operativa Laboratorio del dipartimento ARPA di Monza tramite cromatografia liquida.

## 6 SITUAZIONE METEO

I dati meteorologici sono stati raccolti dalla centralina di qualità dell'aria di Bertonico e da altre site nel territorio lodigiano. Naturalmente le varie stazioni meteo possono essere influenzate da situazioni climatiche micro locali, legate al posizionamento della centralina stessa.

In Allegato 1 sono riportati i grafici relativi alla situazione meteorologica del periodo in considerazione e, come si può osservare, i valori delle diverse variabili meteorologiche presentano un accordo soddisfacente tra le varie centraline. Questa coerenza risulta importante qualora nella stazione sotto esame, Bertonico nel nostro caso, si presentino una o più lacune nella raccolta ed archiviazione dei dati; come in effetti si è verificato durante i primi tre giorni della presente campagna di misura.

A Bertonico, nell'intervallo temporale coperto da dati meteorologici, la temperatura media del periodo si è attestata appena poco sotto gli 0 °C, con un massimo giornaliero di 3,4 °C (10 Dicembre) ed un minimo giornaliero di -4,6 °C (16 Dicembre). La punta più calda si è avuta alle ore 15 del 9 Dicembre, dove sono stati toccati i 13 °C, mentre l'ora più fredda alle 2 del 17 Dicembre con -6,3 °C. Tuttavia, osservando il grafico "Andamento dei dati medi giornalieri della temperatura" in Allegato 1, si potrebbe ipotizzare, a seguito dell'ottimo accordo tra le stazioni meteo, che il giorno più caldo dell'intera campagna di misura sia stato in realtà il 9 Dicembre, con una temperatura media deducibilmente compresa tra 6-7 °C. Osservando il grafico successivo, relativo ai dati orari, si può notare come nei primi due giorni di rilievi (proprio quando mancano i dati relativi alla centralina di Bertonico) la temperatura sia salita gradualmente e in maniera costante da un valore prossimo allo zero fino a circa 6 °C, senza presentare le tipiche variazioni notte-giorno, come avvenuto, invece, dal 9 Dicembre in poi, e con escursioni termiche anche superiori ai 10 °C. Questo è il risultato di una perturbazione, presentatasi nella parte iniziale della campagna, che ha generato una certa copertura nuvolosa accompagnata da leggere precipitazioni, come si può ben notare nei grafici in Allegato 1 relativi alla radiazione solare ed alla precipitazione. Le nuvole infatti mantengono più alta la temperatura notturna poiché la loro base riflette la radiazione infrarossa verso la superficie terrestre, e più bassa la temperatura diurna a causa dell'effetto di riflessione della loro cima della radiazione a onda corta proveniente dal Sole. A partire dal 9 Dicembre l'innalzamento della pressione atmosferica ha condotto, nei successivi cinque giorni, ad una condizione generale di cielo sereno, dove il discreto soleggiamento ha portato le temperature massime tra 5 e 10 °C, contro valori minimi notturni poco al di sotto del -1 °C. La pressione atmosferica, raggiunto il suo massimo valore all'interno della campagna di misura il giorno 10 Dicembre tra le ore 22 e 23 (1015,9 hPa), ha presentato un calo a partire dall'11 Dicembre fino al valore di 997 hPa alle ore 15 del giorno successivo. L'arrivo di aria fredda, annunciata dal successivo rialzo della pressione fino ad una condizione di momentanea stabilità tra il 14 e il 16 Dicembre, con valori compresi tra 1005 e 1010 hPa, e terminata con il brusco calo fino al minimo dell'intera campagna di misura (989 hPa alle ore 5 del 18 Dicembre), è stata accompagnata da una progressiva copertura del cielo e dalla diminuzione di radiazione solare al suolo (il minimo si ha il 17 Dicembre con una radiazione solare media giornaliera di 7 W/m<sup>2</sup>, contro il massimo del 10 Dicembre con 82 W/m<sup>2</sup>), causando un importante calo della temperatura. Difatti, il 17 Dicembre viene registrato il già segnalato minimo di temperatura di tutta la campagna di misura (-6,3 °C). La diminuzione della pressione atmosferica è culminata il 18 Dicembre con la presenza di deboli precipitazioni, quindi, il successivo arrivo di una massa d'aria più calda, evidenziata da un nuovo rialzo della pressione atmosferica, ha condotto ad un graduale aumento della temperatura con nuove e leggermente più copiose precipitazioni il giorno 21 Dicembre.

Infine, per quanto riguarda la velocità del vento, a fronte di una media giornaliera generalmente compresa tra 1 e 2 m/s, i valori più alti sono stati registrati tra il 9 e il 10 Dicembre, con medie giornaliere tra 3 e 5 m/s e una massima oraria di 7,9 m/s alle ore 13 del 10 Dicembre. La direzione prevalente di provenienza è stata "Ovest", con una frequenza del 27,8% sul tempo totale di misura, ed una velocità media di 2,4 m/s su tale direzione. La velocità massima, tuttavia, si è avuta quando il vento spirava da "Nord-Nord-Ovest" (media pari a 2,6 m/s).

## 7 RISULTATI

Si riportano di seguito, in forma sintetica, nelle Tabelle 3, 4 e 5 e in Fig.1 i dati acquisiti durante la campagna di misura.

In Tab.3 sono presentati i dati meteorologici e le concentrazioni di PM10 per la sola stazione di Bertonico, in Tab.4 si rende un confronto diretto tra i dati acquisiti dal gravimetrico durante la campagna e i valori di concentrazione registrati dai polverimetri collocati nelle diverse cabine presenti sul territorio lodigiano, dati espressi con maggior dettaglio in Tab.6 e nel successivo paragrafo. In Tab.5 sono riportati i risultati delle analisi dei composti IPA eseguite sui filtri campionati, e successivamente evidenziati in Fig.1.

**Tab.3** - Tabella riassuntiva dei dati PM10 confrontati con i dati meteorologici (dati acquisiti dalla centralina di rete fissa di Bertonico e dal campionatore gravimetrico).

| PM e Meteo di Bertonico |  |  |                                 |                    |                 |                                   |                |                  |
|-------------------------|--|--|---------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|------------------|
| Data                    | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>Centralina | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>Gravimetrico | Temp.<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | Pressione<br>(hPa) | Pioggia<br>(mm) | RADS<br>( $\text{W}/\text{m}^2$ ) | Umidità<br>(%) | V.Vento<br>(m/s) |
| 07/12/2010              | N.D.   | 36   | N.D.                            | N.D.               | N.D.            | N.D.                              | N.D.           | N.D.             |
| 08/12/2010              | 38   | 35   | N.D.                            | N.D.               | N.D.            | N.D.                              | N.D.           | N.D.             |
| 09/12/2010              | 26   | 28   | N.D.                            | N.D.               | N.D.            | N.D.                              | N.D.           | N.D.             |
| 10/12/2010              | 28   | 26   | 3,4                             | 1.013,2            | 0,0             | 81,5                              | 62,0           | 3,4              |
| 11/12/2010              | 58   | 55   | 1,8                             | 1.010,2            | 0,0             | 73,6                              | 88,2           | 1,3              |
| 12/12/2010              | 60   | 56   | 1,7                             | 999,3              | 0,0             | 68,6                              | 91,3           | 1,6              |
| 13/12/2010              | 51   | 51   | 2,7                             | 1.002,3            | 0,0             | 76,4                              | 82,6           | 1,9              |
| 14/12/2010              | 49   | 51   | -0,7                            | 1.009,4            | 0,0             | 46,3                              | 97,7           | 1,1              |
| 15/12/2010              | 52   | 60   | -3,0                            | 1.010,2            | 0,0             | 23,5                              | 100,0          | 1,5              |
| 16/12/2010              | 51   | 70   | -4,6                            | 1.005,7            | 0,0             | 47,7                              | 99,9           | 1,1              |
| 17/12/2010              | 52   | 58   | -4,5                            | 993,0              | 0,2             | 6,5                               | 99,8           | 1,3              |
| 18/12/2010              | 71   | N.D.   | -3,4                            | 993,8              | 0,0             | 68,0                              | 90,2           | 2,4              |
| 19/12/2010              | 96   | N.D.   | -2,3                            | 1.003,6            | 0,0             | 11,8                              | 95,8           | 1,5              |
| 20/12/2010              | 73   | N.D.   | 0,4                             | 1.003,3            | 0,0             | 30,1                              | 90,0           | 2,0              |
| 21/12/2010              | 79   | N.D.   | 1,1                             | 1.005,3            | 0,6             | 10,5                              | 97,4           | 1,2              |

**Tab.4** - Riassuntivo concentrazioni di **PM10** e giorni di superamento del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

|                                | Rendimento<br>(%) | Media<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Dev.Stand.<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | N° giorni<br>superamento<br>valore limite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------------|--|---|
| Bertonico (Gravimetrico)       | 73,3              | 47,8                                  | 14,2                                       | 7   |
| Bertonico (centralina)(1)      | 93,3              | 56,1                                  | 19,3                                       | 10  |
| Codogno (centralina)(1)        | 100,0             | 59,1                                  | 19,5                                       | 9   |
| Lodi S.Alberto (centralina)(1) | 100,0             | 51,2                                  | 15,4                                       | 8   |
| Lodi Vignati (centralina)(1)   | 93,3              | 59,9                                  | 20,6                                       | 9   |
| Montanaso (centralina)(1)      | 80,0              | 59,8                                  | 19,5                                       | 9   |
| Tavazzano (centralina)(1)      | 100,0             | 57,2                                  | 19,9                                       | 9   |

NOTA: <sup>(1)</sup>: Analizzatore a Raggi Beta.

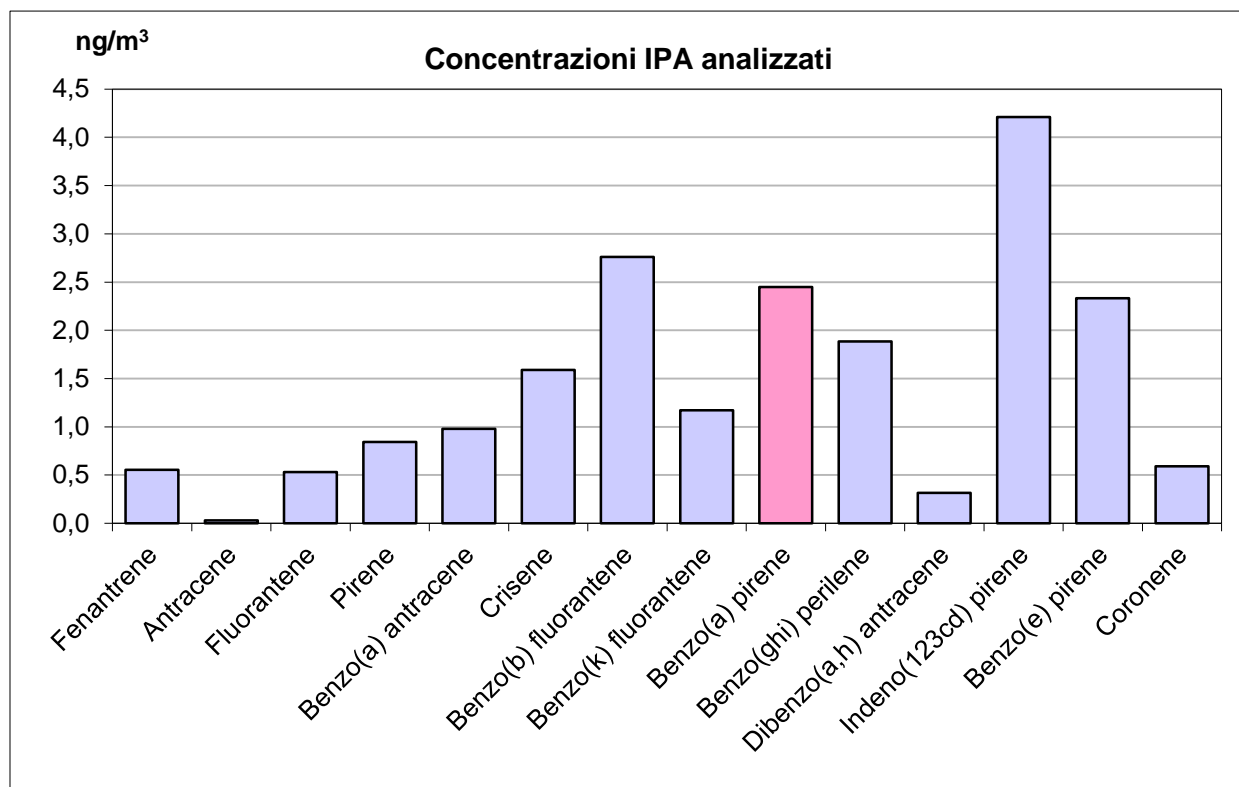
<sup>(2)</sup>: Analizzatore a Microbilancia Oscillante.

**Tab.5** - Valori concentrazioni IPA (espressi in ng/m<sup>3</sup> a temperatura ambiente).

| cod. filtro            | SB03    | SB04     | SB05     | SB06     | SB07     | SB08     | SB09     | SB10     | SB11     |
|------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Data                   | 9/12/10 | 10/12/10 | 11/12/10 | 12/12/10 | 13/12/10 | 14/12/10 | 15/12/10 | 16/12/10 | 17/12/10 |
| conc. PM10             | 28      | 26       | 55       | 56       | 51       | 51       | 60       | 70       | 58       |
| Fenantrene             | 0,126   | 0,373    | 0,903    | 0,797    | 0,573    | 0,780    | 0,230    | 0,601    | 0,609    |
| Antracene              | 0,025   | 0,025    | 0,065    | 0,025    | 0,025    | 0,025    | 0,025    | 0,025    | 0,025    |
| Fluorantene            | 0,234   | 0,277    | 0,637    | 0,546    | 0,624    | 0,606    | 0,319    | 0,696    | 0,841    |
| Pirene                 | 0,384   | 0,477    | 0,995    | 1,001    | 0,860    | 0,946    | 0,585    | 1,053    | 1,272    |
| Benzo(a) antracene     | 0,430   | 0,524    | 1,634    | 1,352    | 0,836    | 1,107    | 0,622    | 0,781    | 1,519    |
| Crisene                | 0,692   | 0,774    | 2,438    | 2,058    | 1,301    | 1,664    | 1,100    | 2,037    | 2,241    |
| Benzo(b) fluorantene   | 1,813   | 1,510    | 4,225    | 3,853    | 2,513    | 2,943    | 1,603    | 2,881    | 3,514    |
| Benzo(k) fluorantene   | 0,772   | 0,628    | 1,875    | 1,633    | 1,095    | 1,244    | 0,671    | 1,146    | 1,488    |
| Benzo(a) pirene        | 1,309   | 1,427    | 4,275    | 3,486    | 2,320    | 2,726    | 1,215    | 2,125    | 3,154    |
| Benzo(ghi) perilene    | 1,380   | 0,993    | 2,882    | 2,530    | 1,724    | 2,085    | 1,114    | 1,836    | 2,426    |
| Dibenzo(a,h) antracene | 0,239   | 0,162    | 0,485    | 0,438    | 0,273    | 0,319    | 0,223    | 0,299    | 0,413    |
| Indeno(123cd) pirene   | 3,176   | 1,768    | 8,097    | 5,613    | 4,346    | 4,097    | 1,927    | 3,704    | 5,163    |
| Benzo(e) pirene        | 1,218   | 1,241    | 4,231    | 3,270    | 1,986    | 2,516    | 1,201    | 2,337    | 3,005    |
| Coronene               | 0,420   | 0,330    | 0,904    | 0,760    | 0,542    | 0,688    | 0,358    | 0,625    | 0,674    |

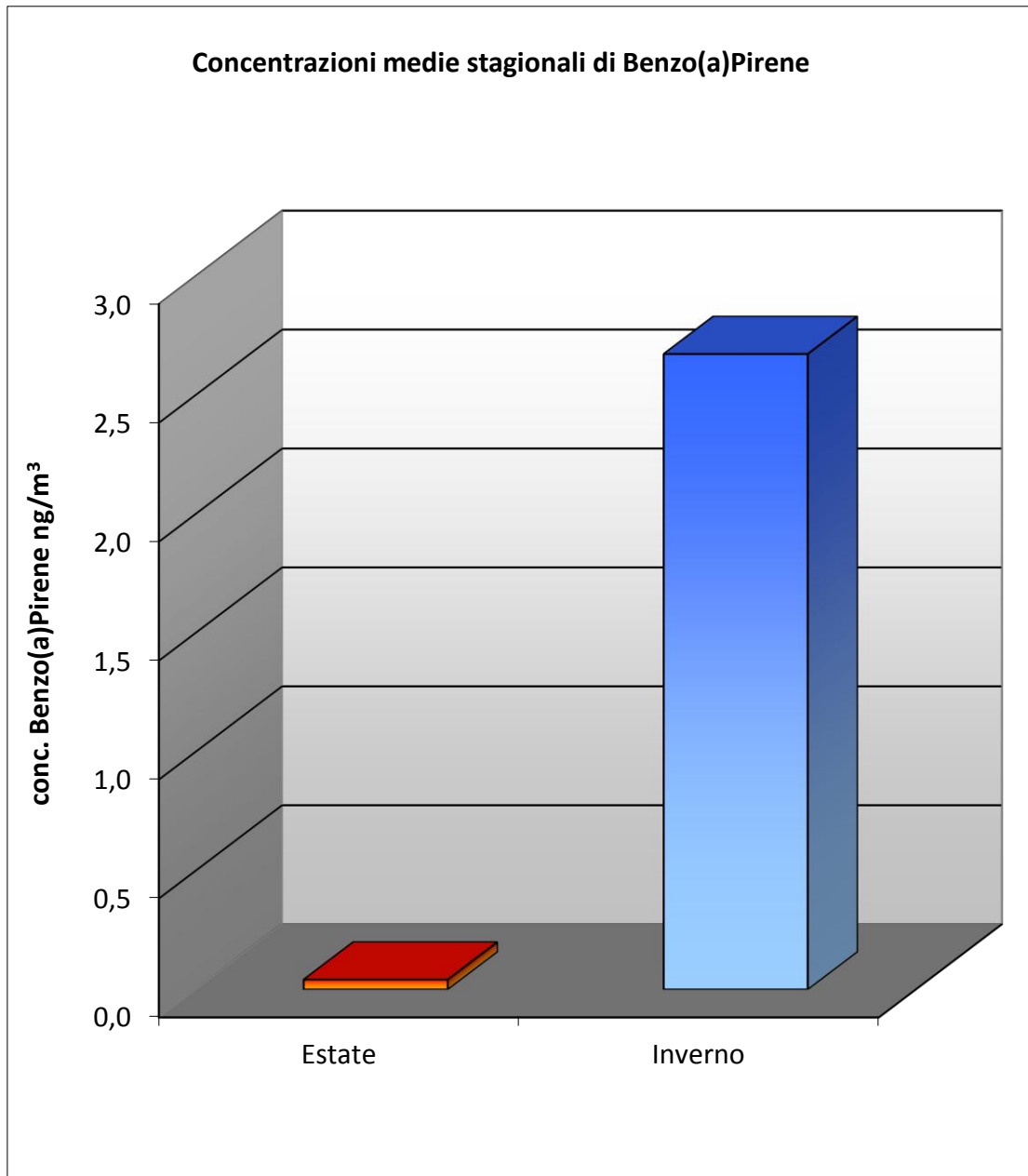
Da cui segue la distribuzione percentuale media sotto riportata in Fig. 1.

**Fig.1** - Concentrazioni composti IPA individuati nelle analisi riportate in Allegato 2. Il Benzo(a)Pirene viene evidenziato con un colore differente dagli altri.



Di seguito sono rappresentati i valori medi di Benzo(a)Pirene ottenuti nel corso degli anni, distinguendo la stagione estiva (21 Giugno – 20 Settembre) e quella invernale (21 Dicembre – 20 Settembre) per ciascuno dei filtri analizzati nel corso delle varie campagne di monitoraggio. Si ricorda tuttavia che il dato è puramente indicativo, in quanto non soddisfa le caratteristiche di rappresentatività previste dal D.Lgs. 152/07.

**Fig.2** - Concentrazioni medie stagionali di Benzo(a)Pirene ricavate dalle analisi effettuate sui filtri di tutte le campagna di monitoraggio effettuata a Bertinico.

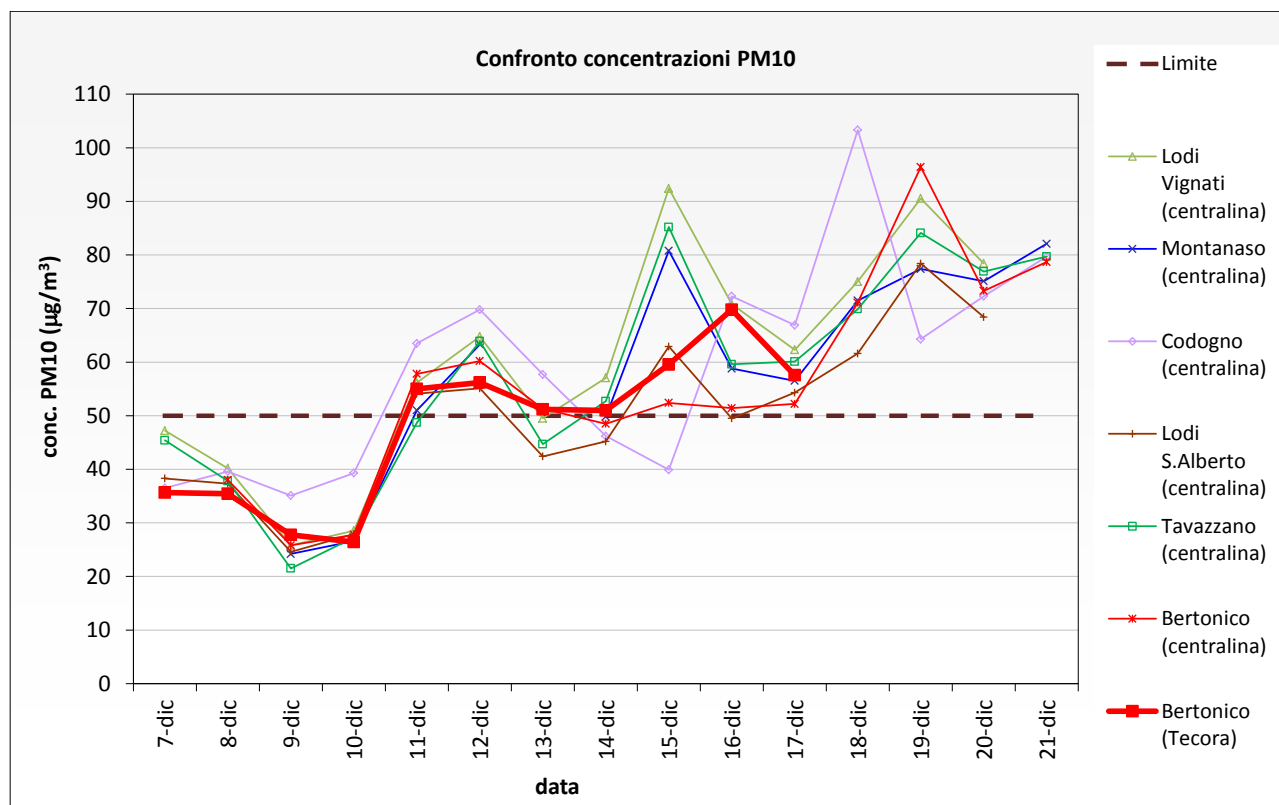


## 8 GRAFICI E CONFRONTI

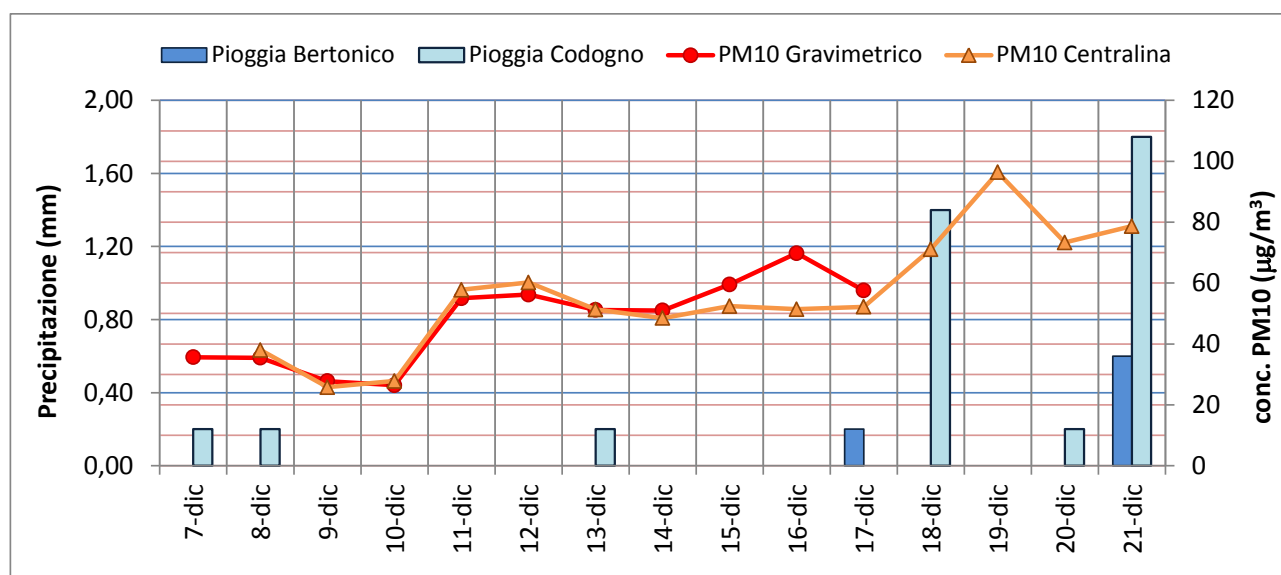
Tab.6 – Confronto concentrazioni giornaliere di PM10 (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

| Data       | Bertonico (Tecora) | Bertonico (centralina) | Codogno (centralina) | Lodi S.Alberto (centralina) | Lodi Vignati (centralina) | Montanaso (centralina) | Tavazzano (centralina) |
|------------|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 07/12/2010 | 36                 | N.D.                   | 37                   | 38                          | 47                        | N.D.                   | 45                     |
| 08/12/2010 | 35                 | 38                     | 40                   | 37                          | 40                        | N.D.                   | 38                     |
| 09/12/2010 | 28                 | 26                     | 35                   | 25                          | 26                        | 24                     | 22                     |
| 10/12/2010 | 26                 | 28                     | 39                   | 28                          | 29                        | 27                     | 27                     |
| 11/12/2010 | 55                 | 58                     | 64                   | 54                          | 56                        | 51                     | 49                     |
| 12/12/2010 | 56                 | 60                     | 70                   | 55                          | 65                        | 63                     | 64                     |
| 13/12/2010 | 51                 | 51                     | 58                   | 42                          | 50                        | N.D.                   | 45                     |
| 14/12/2010 | 51                 | 49                     | 46                   | 45                          | 57                        | 50                     | 53                     |
| 15/12/2010 | 60                 | 52                     | 40                   | 63                          | 92                        | 81                     | 85                     |
| 16/12/2010 | 70                 | 51                     | 72                   | 50                          | 71                        | 59                     | 60                     |
| 17/12/2010 | 58                 | 52                     | 67                   | 54                          | 62                        | 57                     | 60                     |
| 18/12/2010 | N.D.               | 71                     | 103                  | 62                          | 75                        | 72                     | 70                     |
| 19/12/2010 | N.D.               | 96                     | 64                   | 78                          | 91                        | 77                     | 84                     |
| 20/12/2010 | N.D.               | 73                     | 72                   | 68                          | 78                        | 75                     | 77                     |
| 21/12/2010 | N.D.               | 79                     | 80                   | 68                          | N.D.                      | 82                     | 80                     |

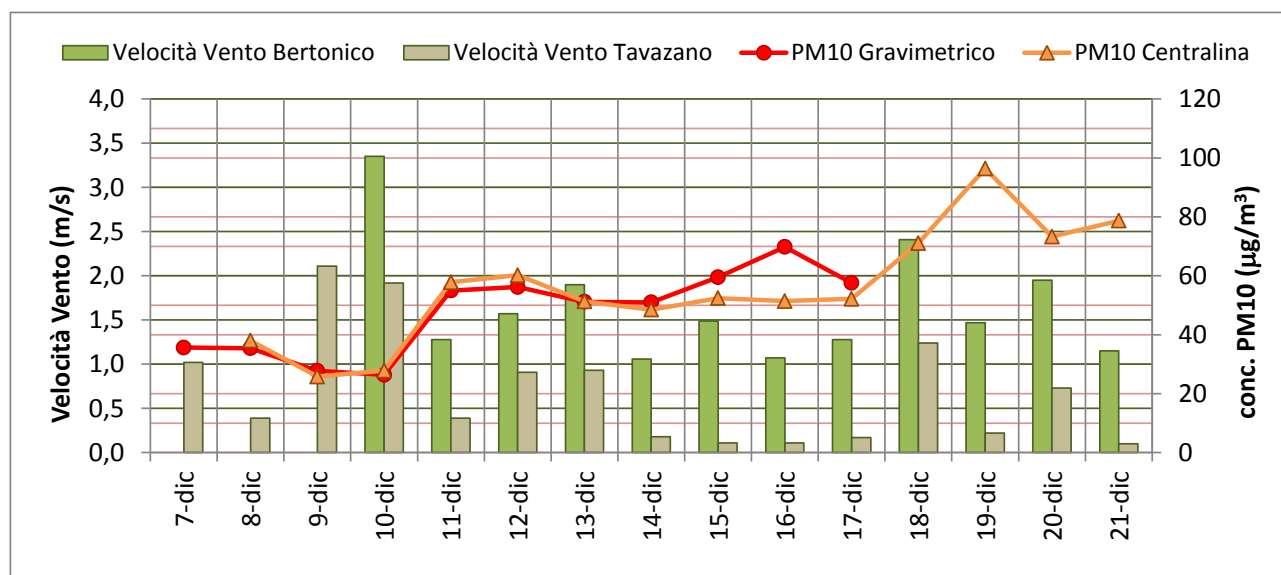
Fig.3 – Confronto tra le concentrazioni PM10 del gravimetrico e le centraline di qualità dell'aria (rete fissa).



**Fig.4** – Confronto tra le concentrazioni di PM10 campionate mediante gravimetrico e i dati giornalieri di pioggia registrati nella centralina fissa di Bertanico.



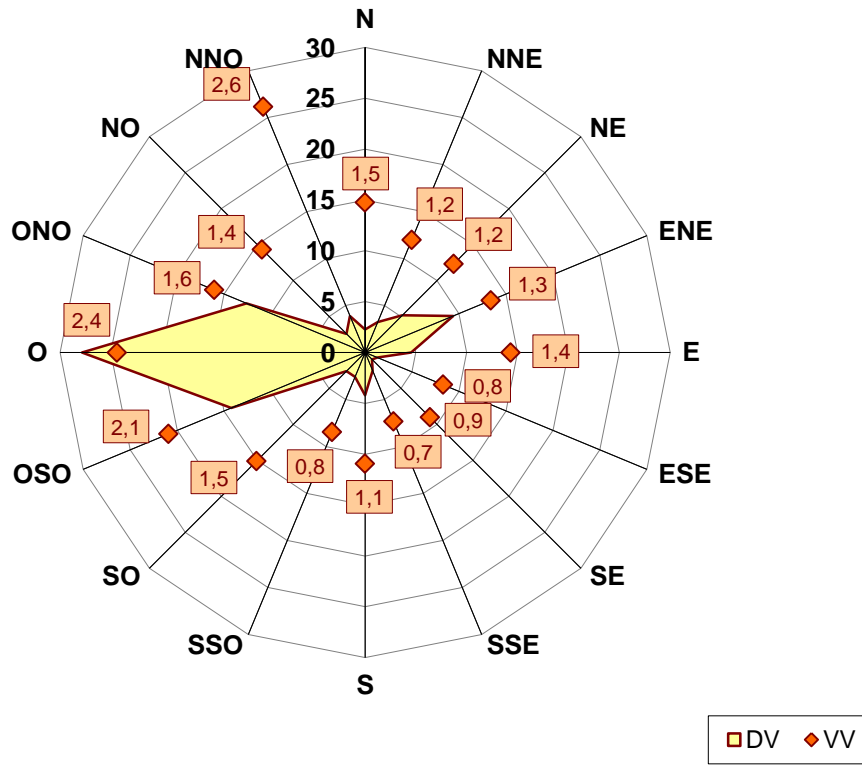
**Fig.5** – Confronto tra le concentrazioni di PM10 campionate mediante gravimetrico e i dati giornalieri di pioggia registrati nella centralina fissa di Bertanico.



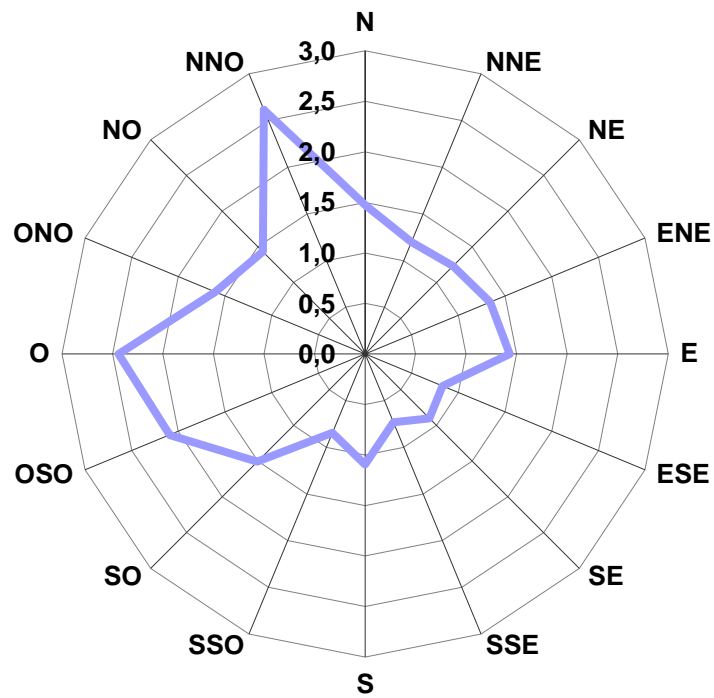
**Fig.6** – Direzione del vento prevalente (% di accadimenti nel periodo) e velocità del vento media nel periodo per direzione (m/s) (Dati relativi alla centralina di Bertanico).

|                 | N   | NNE | NE  | ENE | E   | ESE | SE  | SSE | S   | SSO | SO  | OSO  | O    | ONO  | NO  | NNO | Variabile | Calma |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----------|-------|
| Frequenza DV %  | 2,3 | 3,2 | 5,2 | 9,4 | 4,5 | 1,3 | 1,0 | 1,9 | 4,2 | 2,6 | 2,6 | 14,2 | 27,8 | 12,6 | 2,6 | 3,9 | 0,3       | 1,0   |
| Velocità VV m/s | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 1,5 | 2,1  | 2,4  | 1,6  | 1,4 | 2,6 | -         | 0,5   |

Direzione del vento prevalente e velocità media per direzione



Velocità del vento media (m/s) nel periodo per direzione



## 9 CONCLUSIONI

La presente campagna, della durata di 15 giorni, si è svolta dal 7 al 21 Dicembre 2010 con l'intento principale di misurare le concentrazioni giornaliere di PM10 mediante campionatore gravimetrico (basato sul principio fisico delle pesate di filtri prima e dopo il campionamento) sito in Bertonico.

A causa di un problema imprevisto allo strumento, non è stato possibile valutare le concentrazioni degli ultimi giorni di campagna (18-21 Dicembre), tuttavia, il confortante accordo con i valori registrati dagli analizzatori automatici della centraline fisse ha permesso di estendere l'analisi dei risultati fino all'ultimo giorno di campionamento. A tale proposito, è importante sottolineare che il territorio lodigiano, e quello Padano in generale, risultano essere molto omogenei, privi di particolari rilievi, pertanto gli inquinanti riescono a diffondersi facilmente uniformando le concentrazioni nella zone più vicine tra loro. Per questo, a meno di importanti sorgenti emissive o di notevoli agglomerati urbani (come ad esempio Milano), non ci si aspettano generalmente grandi differenze nei valori degli inquinanti, rendendo di fatto comuni vicini totalmente confrontabili.

Proprio in Figura 3 sono riportati i valori di PM10 registrati dal campionatore gravimetrico confrontati con gli stessi misurati nelle centraline di rete fissa di Lodi (via Vignati), Lodi Sant'Alberto, Codogno, Tavazzano, San Rocco, Montanaso e la stessa Bertonico. Tale grafico evidenzia la già citata coerenza negli andamenti delle concentrazioni fornite dai diversi campionatori.

Il risultato della campagna di monitoraggio può rappresentare bene una tipica condizione invernale nella Pianura Padana, difatti, esclusi i primi quattro giorni di misura, le concentrazioni di PM10 sono risultate superiori al valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In totale i valori ricavati dal campionatore gravimetrico a Bertonico hanno registrato sette superi della suddetto valore limite, ai quali vanno aggiunti verosimilmente i quattro, dal 18 al 21 Dicembre, deducibili dalle centraline automatiche (se si accetta l'ipotesi di similarità tra gli andamenti delle polveri sottili).

In conclusione, si può affermare che dal 7 al 21 Dicembre, su 15 giorni di misura, le concentrazioni di PM10 hanno superato il valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ben 11 volte, con un valore massimo deducibilmente superiore ai  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il giorno 19 Dicembre (precisamente  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il campionatore automatico in Bertonico) ed un valore minimo  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  il 10 Dicembre.

Si tratta di un risultato non certo positivo, tuttavia, va sottolineato che questo è quanto ci si aspetta in tale periodo dell'anno, infatti, gran parte degli inquinanti presentano accentuate variazioni stagionali: le concentrazioni sono il risultato delle differenti condizioni meteo-climatiche della Val Padana tra l'inverno e l'estate. Durante l'estate sia la velocità media del vento che l'altezza media dello strato rimescolato risultano essere più elevate migliorando così la capacità dispersiva degli inquinanti in atmosfera. In inverno, le frequenti e persistenti inversioni termiche al suolo creano una situazione stagnante che facilita l'accumulo di inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera. Questo fenomeno è dovuto al differente grado di irraggiamento solare, infatti, durante la stagione estiva, la superficie terrestre è soggetta ad una radiazione maggiore che ne determina un deciso aumento delle temperatura. Conseguentemente la massa d'aria a diretto contatto con il suolo viene riscaldata innescando moti convettivi che innalzano lo strato rimescolato (strato atmosferico più prossimo alla superficie terrestre) determinando un ragguardevole abbassamento delle concentrazione dei vari inquinanti.

Infine, è interessante notare come i primi tre giorni di campagna presentino le concentrazioni più basse, proprio in corrispondenza delle precipitazioni del 7 Dicembre e soprattutto dei valori più elevati di velocità del vento registrati tra il 9 e 10 Dicembre. Questo sottolinea la significativa influenza delle variabili meteorologiche sulle concentrazioni del particolato atmosferico, in particolare pioggia e vento.

Tra i vari IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) analizzati si evidenzia il Benzo(a)Pirene (Figura1): infatti è l'unico per il quale l'ultima direttiva CE stabilisce un valore limite ( $1 \text{ ng/m}^3$  per il tenore totale della frazione PM10 calcolata in media su un anno di calendario): in tutti i nove filtri analizzati, relativi alla presente campagna, è stato evidenziato un valore superiore a  $1 \text{ ng/m}^3$ , con una media di  $2,4 \text{ ng/m}^3$ . Tale valore è leggermente inferiore a quello trovato nella precedente campagna invernale del 2009, dove si era registrato un valore pari a  $2,8 \text{ ng/m}^3$ . Analogamente alla maggior parte degli inquinanti ed a quanto avviene in tutto il territorio Padano, le concentrazioni maggiori di Benzo(a)Pirene si registrano proprio nella stagione invernale (**Figura 2**), dove le frequenti e persistenti inversioni termiche al suolo creano una situazione stagnante che facilita l'accumulo di inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera. Infatti, al contrario, la media del Benzo(a)Pirene ottenuta per la campagna estiva 2010 è risultata essere pari a  $0,04 \text{ ng/m}^3$ . Poiché il limite dettato dalla direttiva CE va calcolato su base annuale, si fornisce solo a titolo indicativo, stante il ristretto numero di campioni disponibili, il valore di  $1,3 \text{ ng/m}^3$  risultato dalla media dei filtri relativi alle campagne spot inverno/estate realizzate a Bertinico nel 2010 (in totale 17 giorni con analisi IPA).

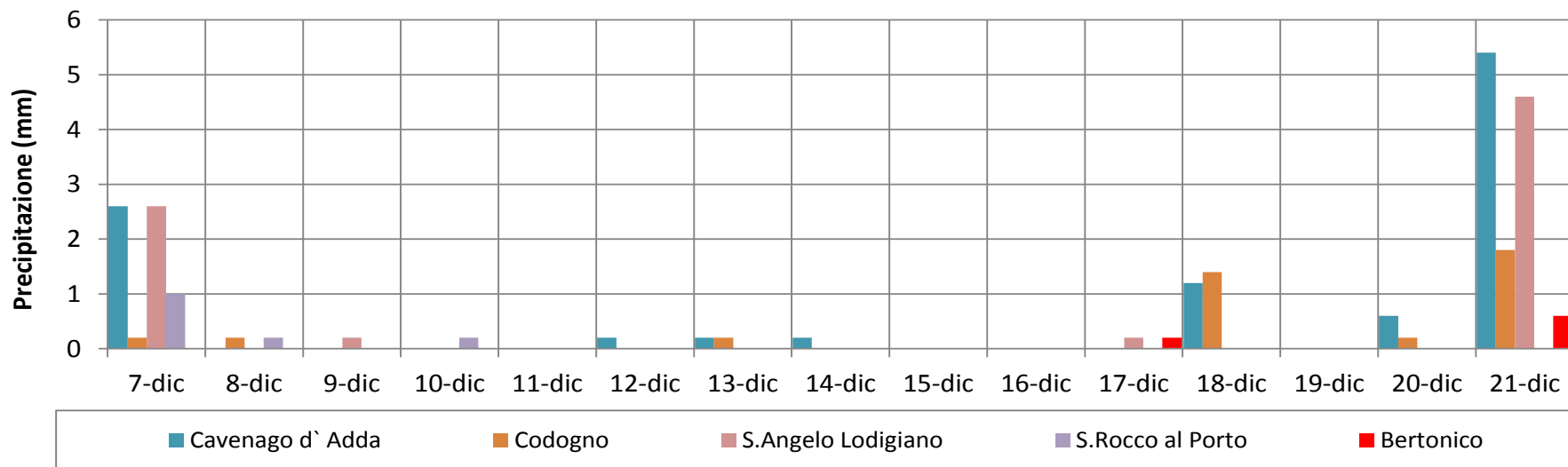
**Il Responsabile**  
**C.O.D. e Agenti Fisici**  
**Dipartimento di Lodi**  
Dott.ssa Manuela Crippa

**Il Collaboratore a Progetto**  
Dott. Umberto Dal Santo

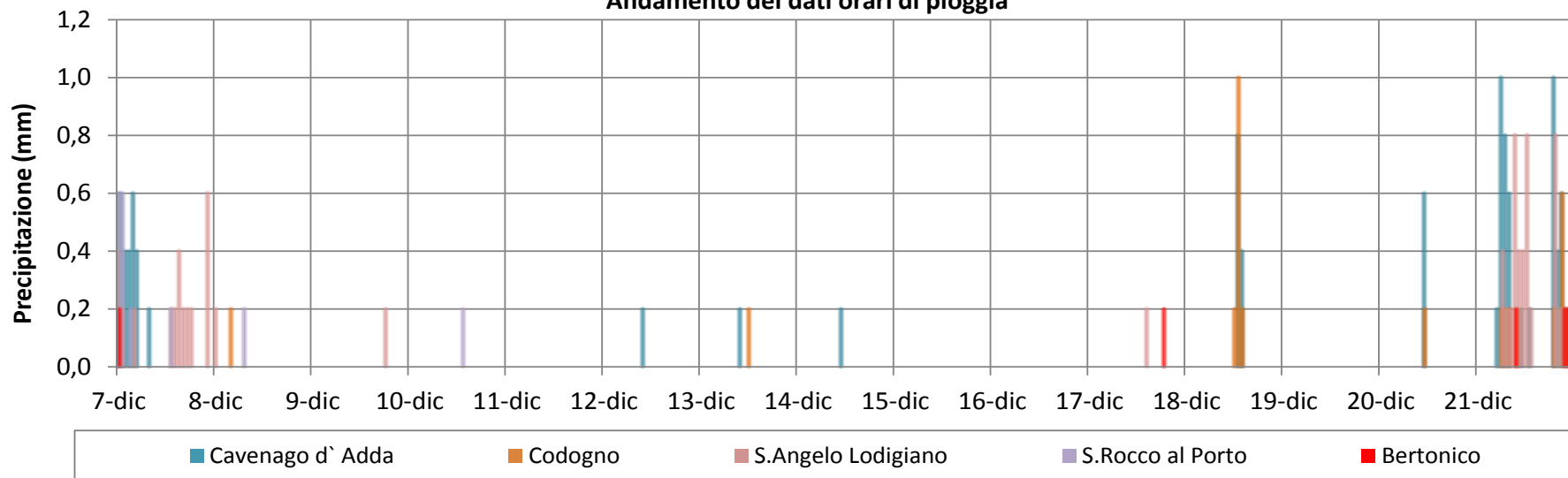
Visto del **Dirigente**  
**dell'U.O. Territorio e Sistemi Ambientali**  
**Dipartimento di Lodi**  
Dott. Fabio Cambielli

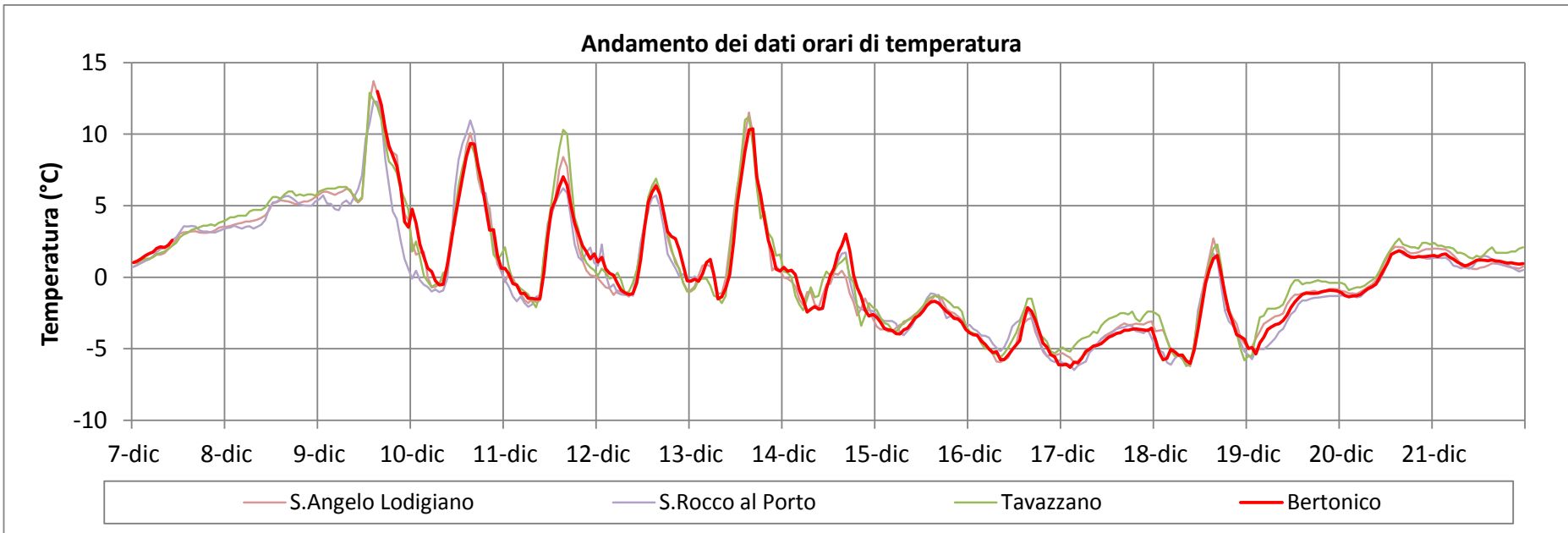
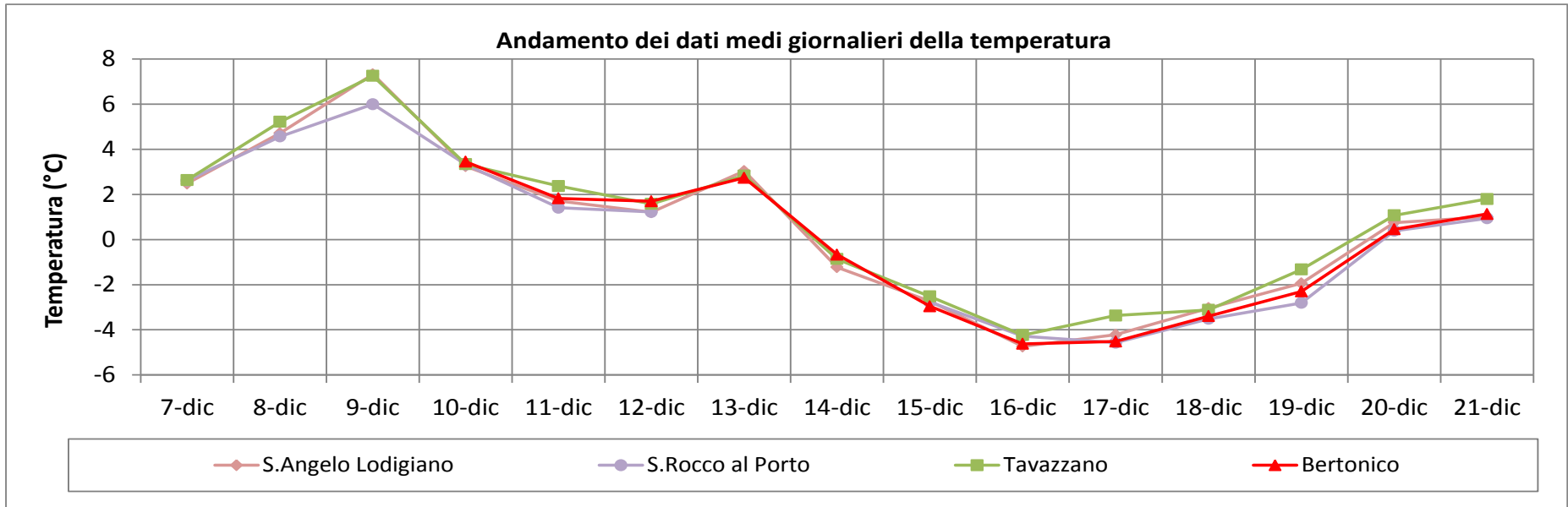
Allegato 1  
Grafici meteo

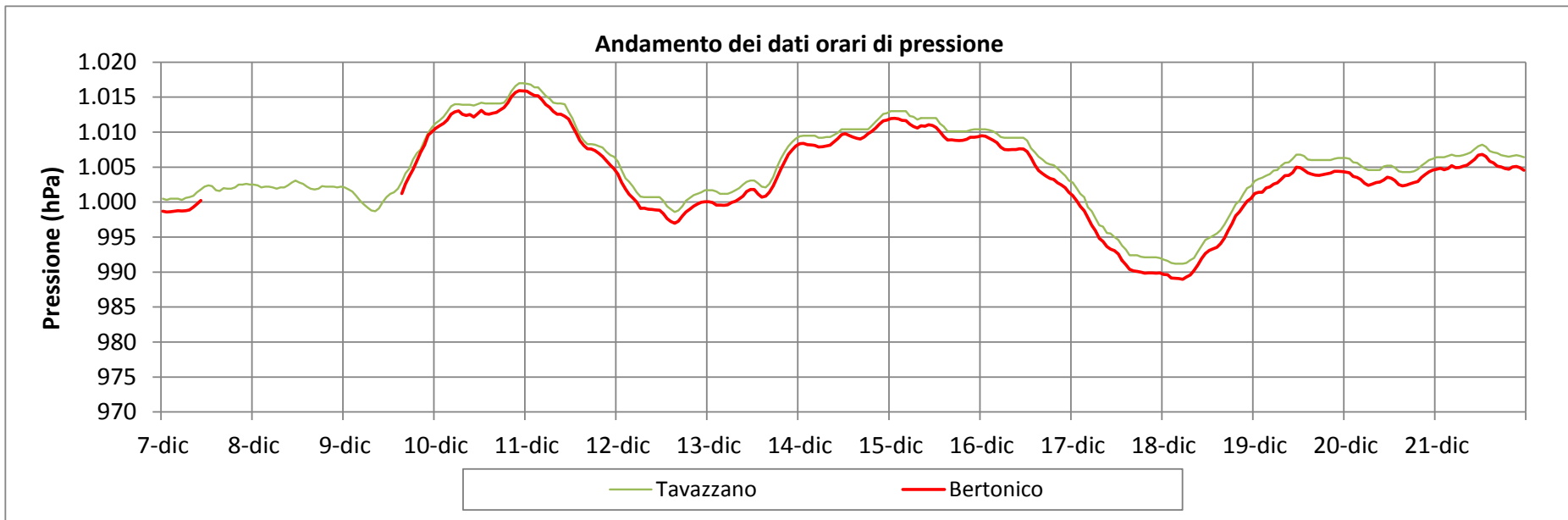
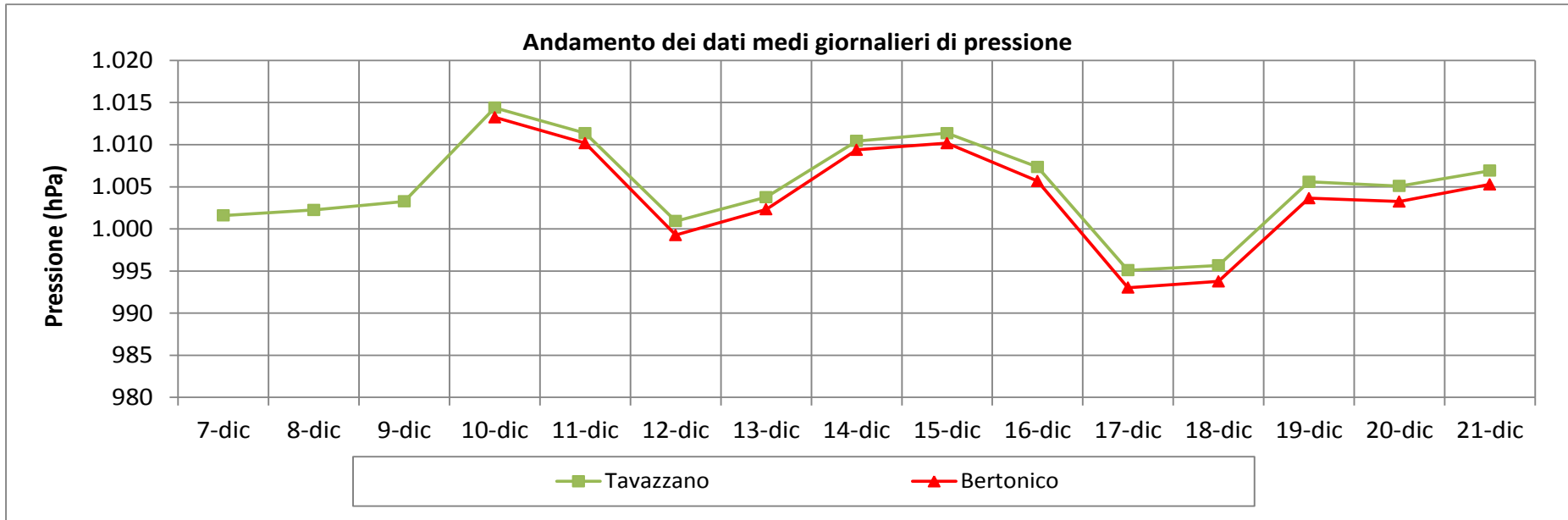
Andamento dei dati giornalieri di pioggia

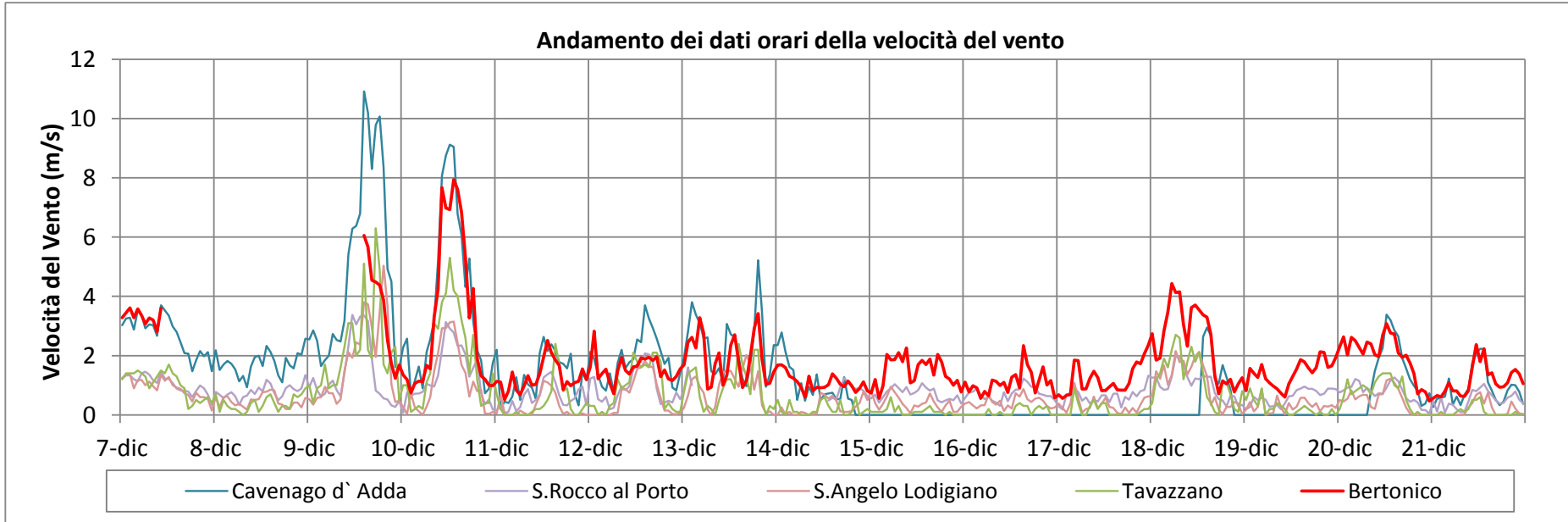
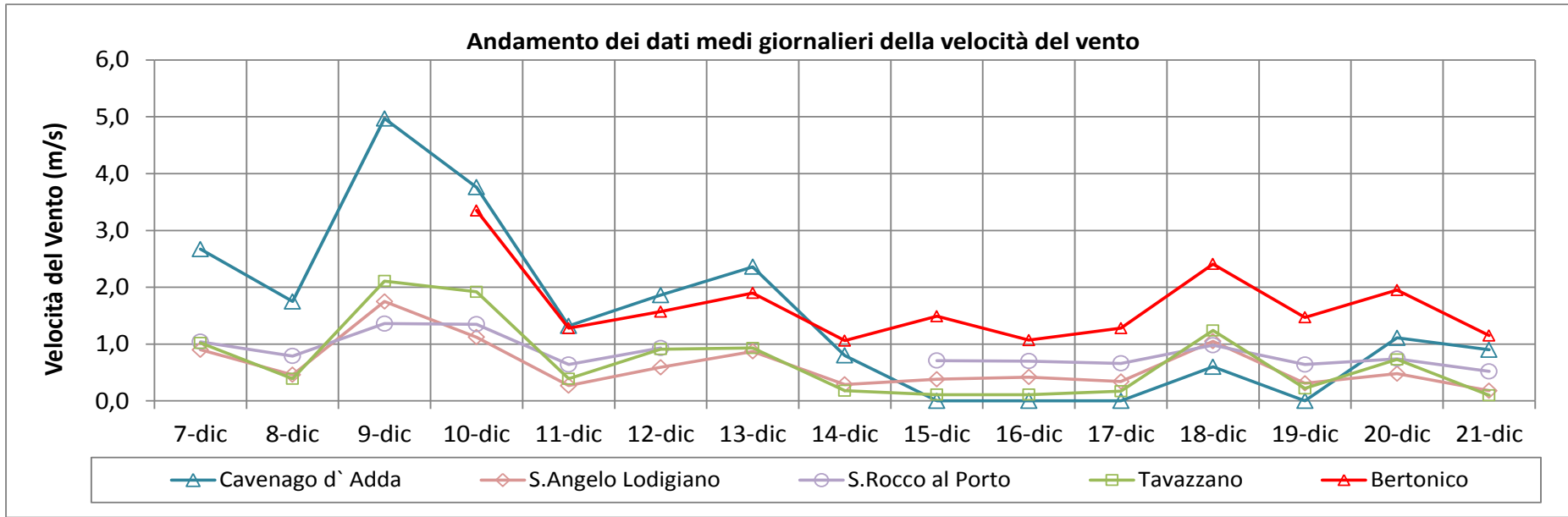


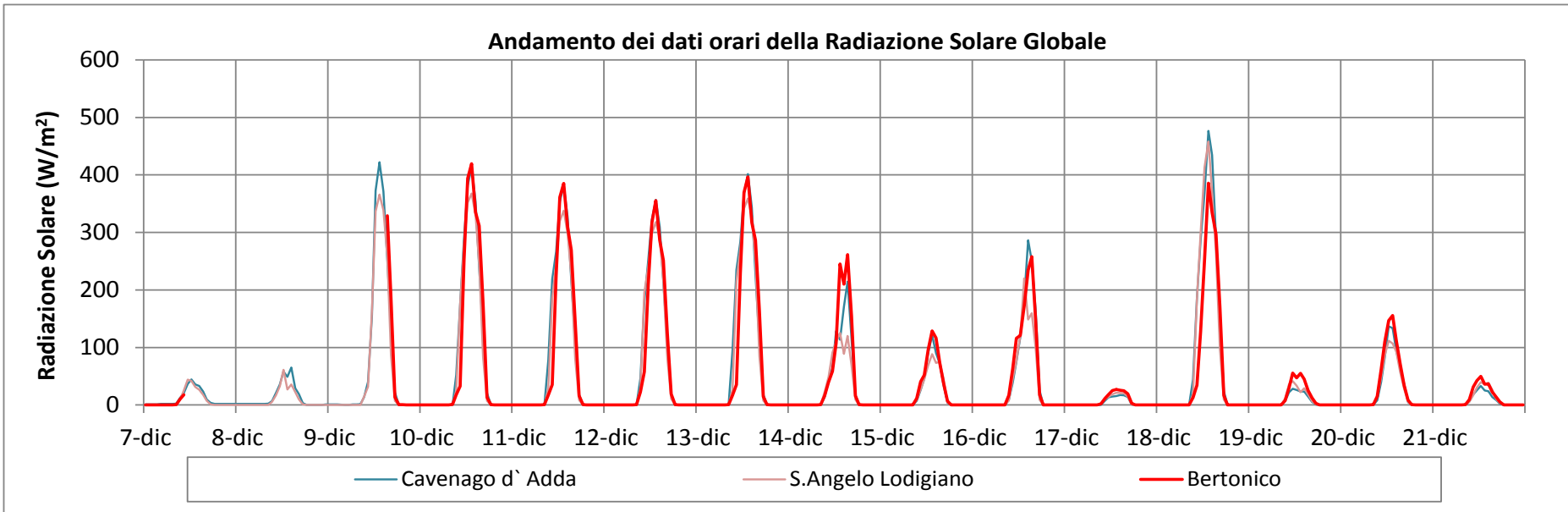
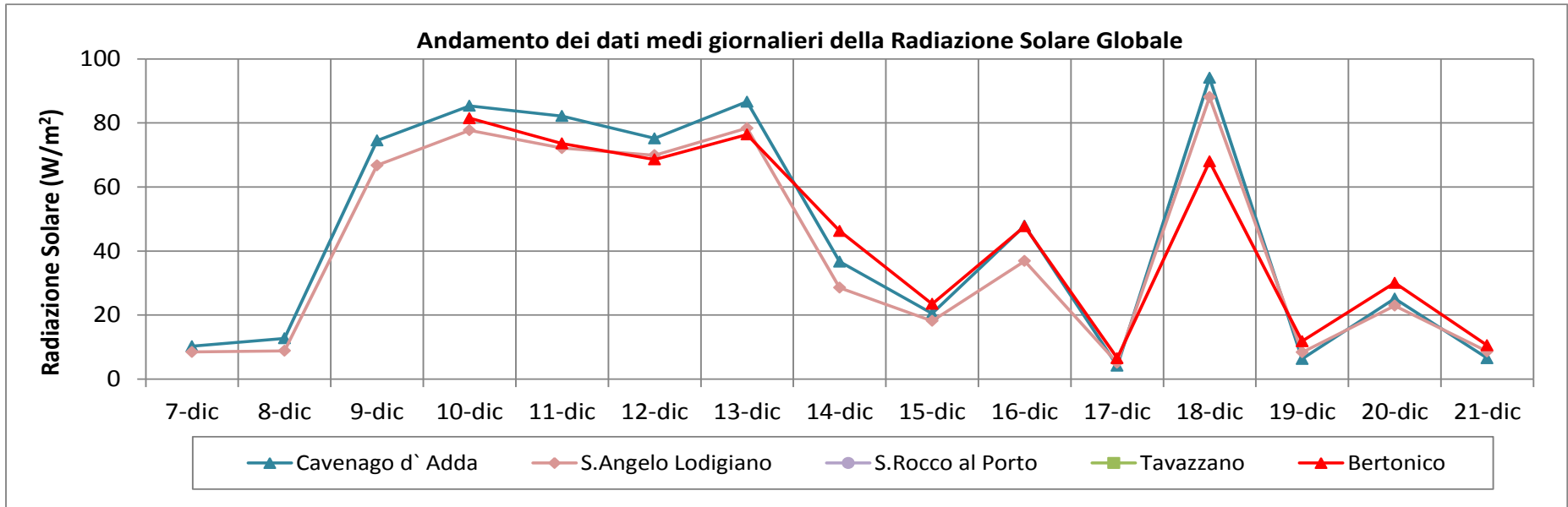
Andamento dei dati orari di pioggia











Allegato 2  
Certificati di misura