

## IL CLIMA DEL "PARCO VILLE OTTOLENGHI"

### Indice

1.	Introduzione .....	2
2.	Metodologia .....	3
3.	Temperatura .....	3
4.	Vento .....	10
5.	Installazione stazione portatile e campagna di misura .....	11
6.	Elaborazione dati della campagna di misura .....	12
7.	La qualità dell'aria .....	15
7.1	Particolato sospeso (PM10) .....	16
8.	Conclusioni .....	19

Contributo tecnico scientifico di Arpa Piemonte – Dipartimento Sistemi Previsionali

## 1. Introduzione

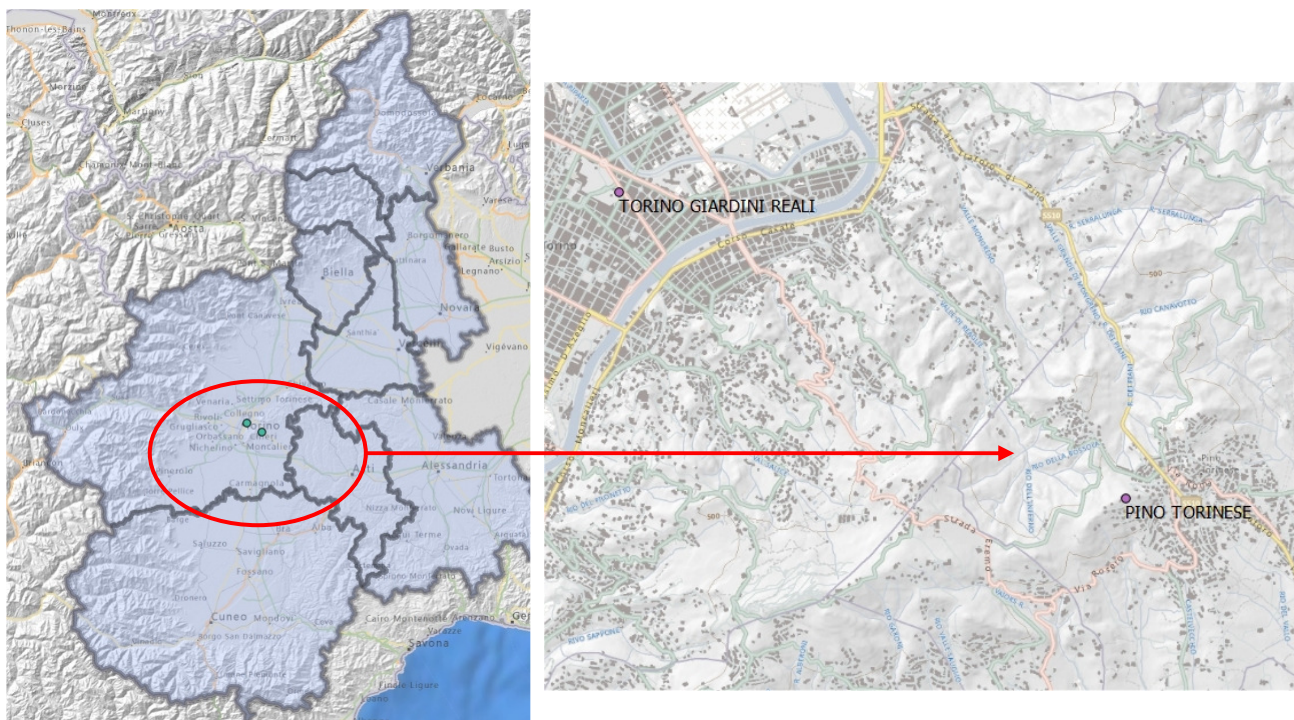
Il "Parco ville Ottolenghi" è inserito nell'Anello Verde, il sentiero naturalistico che a partire dal centro della città di Torino percorre la collina per oltre 30 chilometri.

Si tratta dunque di una zona situata poco distante dal centro città, ma caratterizzata da un microclima particolare: fresco d'estate e mite d'inverno.

Nell'area in esame, Arpa Piemonte dispone di 2 stazioni di Monitoraggio Meteorologico (Tabella 1), installate a quote diverse e per le quali dispone di un numero di anni di dati significativo per un'analisi di tipo climatologico.

Nome	Quota (m)
TORINO GIARDINI REALI	239
PINO TORINESE - OSSERVATORIO ASTRONOMICO	619

**Tabella 1 – Stazioni di monitoraggio dell'area in esame**



**Figura 1 – Mappa dell'area in esame con l'ubicazione delle stazioni considerate**

Scopo del lavoro è quello di caratterizzare dal punto di vista climatico il sito, in particolare in relazione al vicino centro urbano di Torino, e dal punto di vista della qualità dell'aria, focalizzando l'attenzione sulla concentrazione delle polveri sottili.

## 2. Metodologia

Per effettuare un'analisi climatologica più attendibile della zona in esame, si è pensato di utilizzare i dati di una stazione ipotetica installata in corrispondenza delle Ville Ottolenghi (Figura 2). I dati di temperatura sono stati calcolati tenendo conto della variazione della temperatura con la quota ed è quindi stata calcolata l'equazione della retta passante per i due punti Torino Giardini Reali e Pino Torinese, dove sono installate due stazioni di monitoraggio della rete di Arpa Piemonte, di cui sono note quota e valori di temperatura.

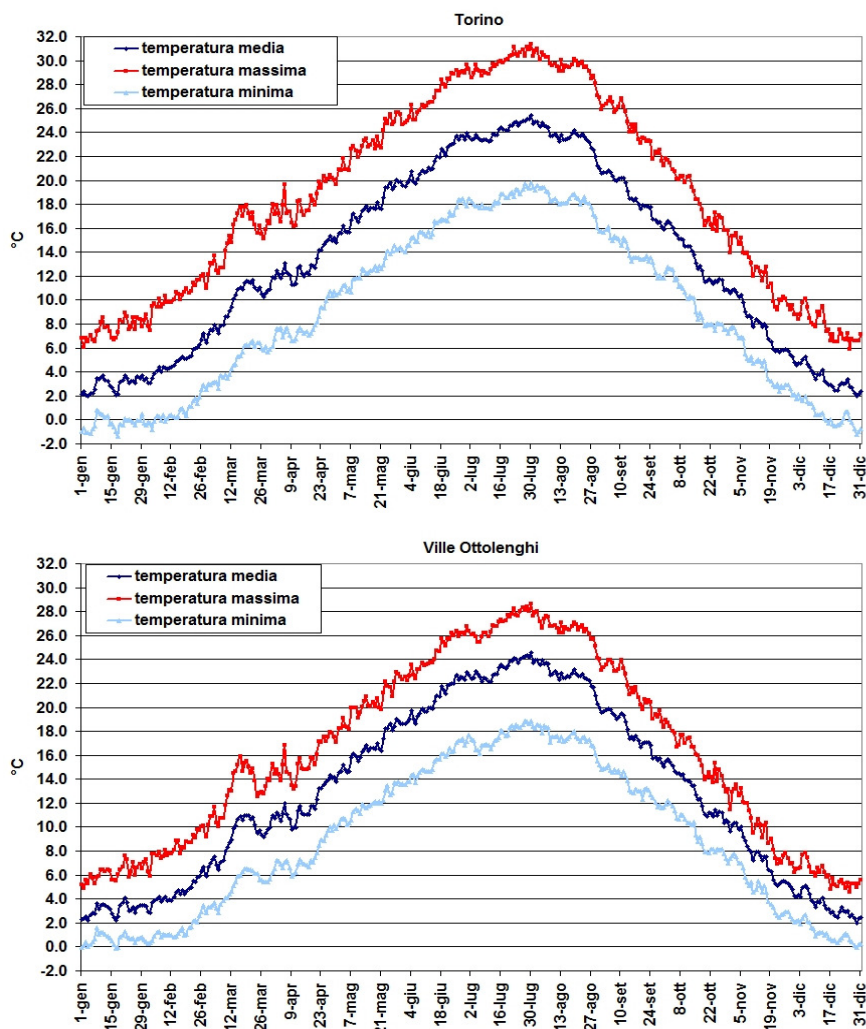


**Figura 2 – Mappa di dettaglio delle stazioni considerate**

## 3. Temperatura

Calcolati i valori di Temperatura della stazione virtuale "Ville Ottolenghi" (così indicata nei grafici), sono stati confrontati gli andamenti delle temperature della stazione di Torino e di quella di Ville Ottolenghi (Figura 3) per evidenziare eventuali differenze climatiche tra la zona urbana e quella collinare specifica.

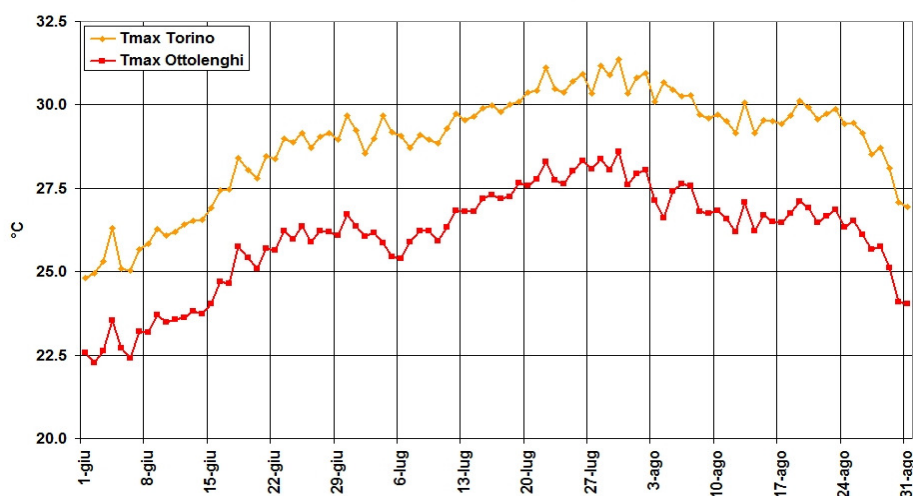
Considerando inizialmente le temperature giornaliere medie, minime e massime mediate sul periodo 1990-2013, si osserva che l'escursione termica giornaliera di Ville Ottolenghi è generalmente minore di quella di Torino in tutti periodi dell'anno, i valori di temperatura massima di Torino sono sempre più elevati di quelli di Ville Ottolenghi, mentre i valori delle temperature minime risultano confrontabili per i due siti, ad eccezione del periodo invernale, come meglio specificato in seguito. Da osservare che, in media, la temperatura minima invernale di Ville Ottolenghi non va al di sotto degli 0°C. Questo a conferma di un clima tendenzialmente più fresco d'estate e lievemente più mite d'inverno, rispetto al centro urbano.



**Figura 2 – Andamento giornaliero delle temperature medie, minime e massime delle stazioni di Torino e Ville Ottolenghi, mediate sul periodo 1990-2013**

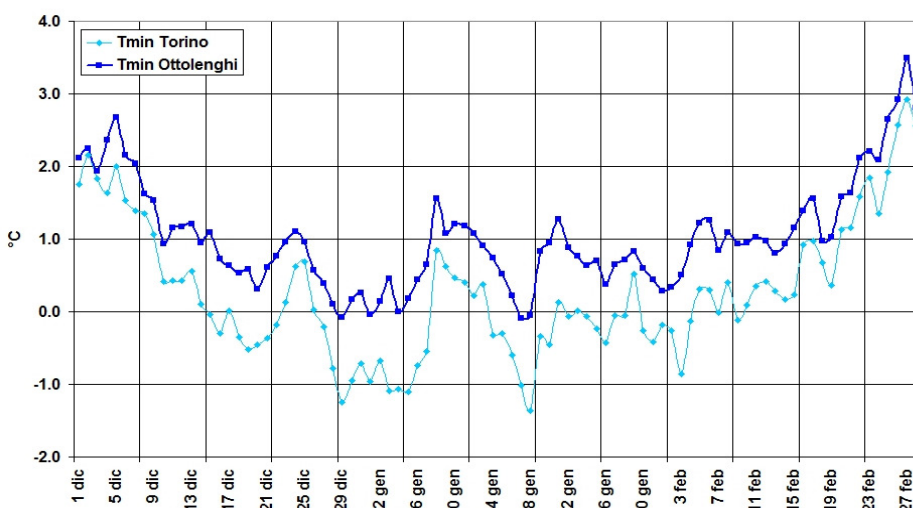
Per focalizzare l'attenzione su queste caratteristiche climatiche, sono stati analizzati i valori estremi medi di temperatura nella stagione estiva (JJA: Giugno-Luglio-Agosto) e in quella invernale (DJF: Dicembre-Gennaio-Febbraio).

Dal grafico di Figura 3 si evince che i valori di temperatura massima media di Torino sono sempre superiori rispetto a quelle di Ville Ottolenghi nel periodo estivo, con differenze in media di 2,8°C.



**Figura 3 – Andamento temperatura massima media delle stazioni di Torino e Ville Ottolenghi**

Per quanto riguarda le temperature minime giornaliere del periodo invernale, mediate sugli anni 1990-2013 (Figura 4), si osserva che a Torino i valori risultano più bassi di quelli di Ville Ottolenghi, con una differenza media di circa 0.8°C. Questa differenza è dovuta alla presenza di situazioni di inversione termica, frequenti nel periodo invernale sulla nostra regione, in particolare nel mese di gennaio e all’inizio di febbraio.



**Figura 4– Andamento temperatura minima giornaliera delle stazioni di Torino e Ville Ottolenghi mediata sul periodo 1990-2013**

Sono stati considerati inoltre gli andamenti delle temperature orarie mediate sugli anni 1990-2013 al fine di costruire la “giornata tipo” cioè il ciclo diurno tipico della temperatura.

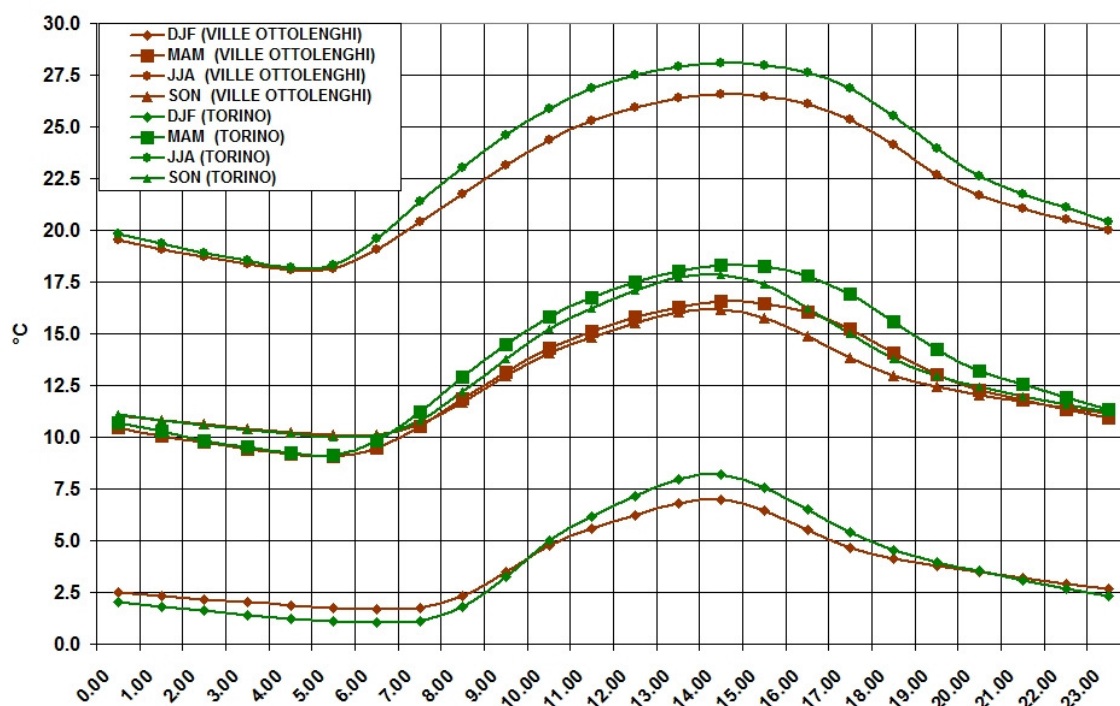
I dati sono stati aggregati secondo le stagioni meteorologiche:

- inverno: DJF (mesi di dicembre, gennaio e febbraio),
- primavera: MAM (mesi di marzo, aprile e maggio),
- estate: JJA (mesi di giugno, luglio e agosto),
- autunno: SON (mesi di settembre, ottobre e novembre).

Dalla Figura 5 si evince che nella *stagione invernale* le temperature orarie sono più basse nella stazione di Torino rispetto a quella di Ville Ottolenghi, ad eccezione delle ore centrali della giornata. Questo conferma la presenza frequente di situazioni di inversione termica al suolo di questa stagione, nelle ore con scarsa insolazione, che annulla anche l'eventuale effetto dell'isola di calore.

Nella *stagione estiva* le temperature orarie sono sempre più elevate a Torino che a Ville Ottolenghi.

In *primavera* e in *autunno* gli andamenti della temperatura si discostano soltanto nelle ore centrali della giornata, quando a Torino si registrano valori più elevati.



**Figura 5– Andamento stagionale della temperatura oraria mediata sugli anni dal 1990 al 2013 delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi**

In Tabella 1 sono riportati i valori mensili delle temperature medie, massime e minime: la stazione di Torino registra valori di temperatura media e soprattutto massima superiori a quelle di Ville Ottolenghi. Per quanto riguarda le temperature minime si conferma che nei mesi invernali (da novembre a marzo) risultano più basse nella stazione di Torino.

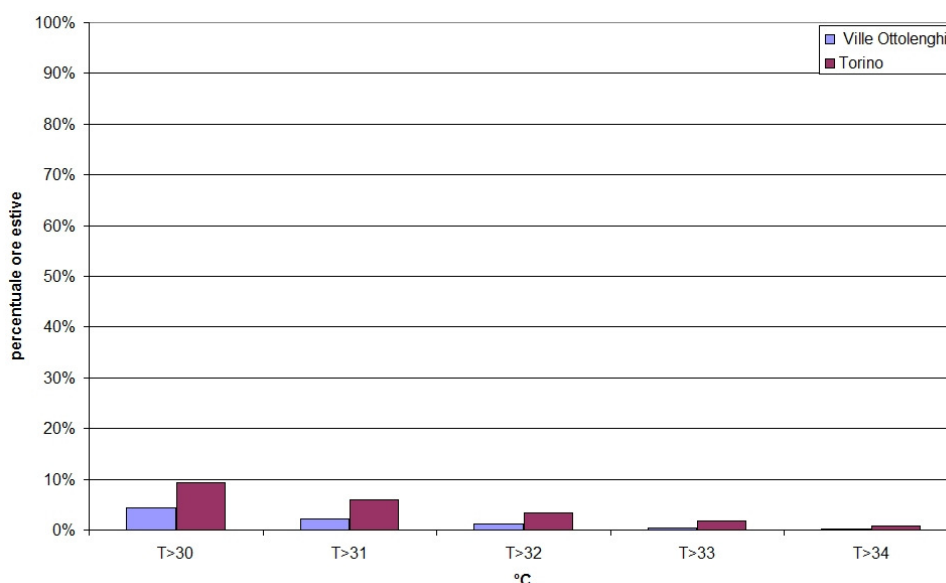
mese	Ville Ottolenghi			Torino		
	Tmedia	Tmassima	Tminima	Tmedia	Tmassima	Tminima
gen	3.1	6.2	0.6	3.0	7.6	-0.3
feb	4.6	8.3	1.4	4.9	10.3	0.7
mar	9.2	13.2	5.1	9.9	15.4	4.9
apr	11.9	15.6	7.7	13.0	18.3	8.1
mag	16.7	20.4	12.0	17.8	23.2	12.5
giu	20.7	24.5	15.5	21.7	27.2	16.3
lug	23.3	27.1	17.7	24.2	29.9	18.5
ago	22.6	26.5	17.4	23.6	29.5	18.3
set	17.8	21.5	13.5	18.7	24.4	14.0
ott	12.7	15.8	9.4	13.3	18.4	9.5
nov	7.2	9.7	4.6	7.6	12.0	4.5
dic	3.4	5.9	1.1	3.4	7.7	0.4

**Tabella 1–Temperature medie , minime e massime mensile delle stazioni Ville Ottolenghi e Torino**

Il mese con temperature massime più basse è dicembre per Ville Ottolenghi e gennaio per Torino, a causa della scarsa insolazione in termini di durata e intensità, mentre per le minime è il mese di Gennaio per entrambe le stazioni.

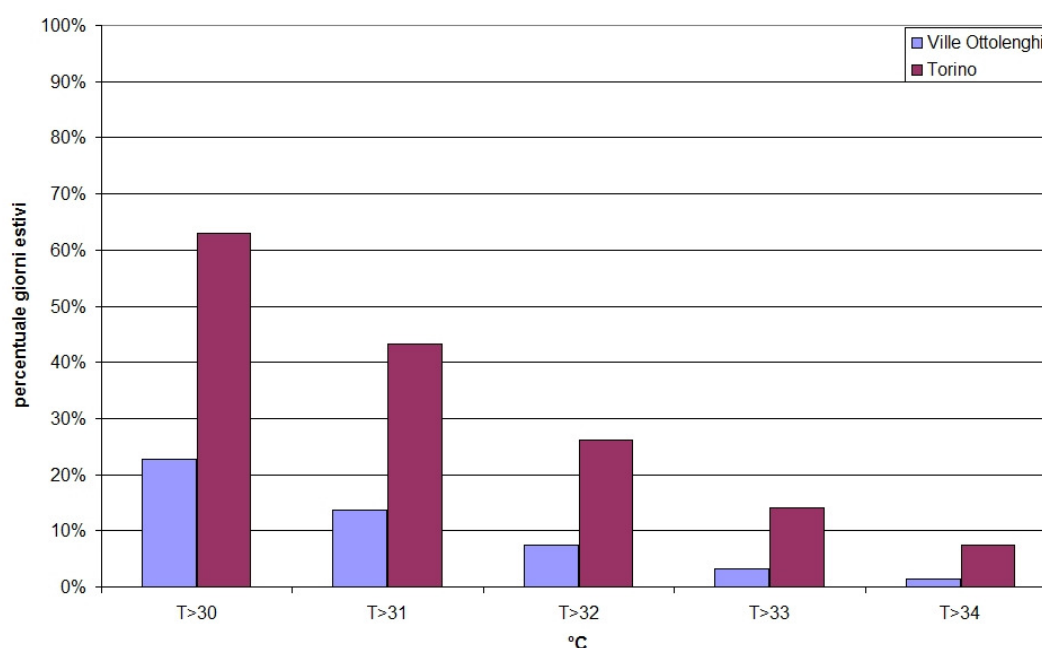
La temperatura media annua è circa 12.8 °C a Ville Ottolenghi e 13.4°C a Torino. Analogamente avviene per le temperature massime annuali, con il valore medio più elevato pari a 18.7°C a Torino e 16.2°C a Ville Ottolenghi.

Considerando i dati orari di temperatura di tutta la serie temporale delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi relative al periodo estivo (JJA), sono state calcolate le percentuali di ore in cui la temperatura è superiore ai valori di 30°C, 31°C, 32°C, 33°C e 34°C. Dal grafico di Figura 6, si osserva che la percentuale di ore in cui la temperatura è superiore alle soglie indicate è più elevata per la stazione di Torino (ad esempio si ha il 9% delle ore con temperature superiori a 30°C).



**Figura 6– Percentuali di ore del periodo Giugno-Agosto con temperature superiori a 30°C, 31°C, 32°C, 33°C, 34°C delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi, relative agli anni dal 1990 al 2013**

Sono poi stati considerati i valori massimi giornalieri di temperatura relativi al periodo estivo e sono state calcolate le percentuali di giorni con temperature superiori a 30°C, 31°C, 32°C, 33°C e 34°C (Figura 7). Anche in questo caso per la stazione di Torino le percentuali sono più elevate e raggiungono il 63% per temperature superiori a 30°C (cioè il 63% dei giorni estivi è caratterizzato da una temperatura massima superiore a 30°C, mentre a Ville Ottolenghi solo il 23%).

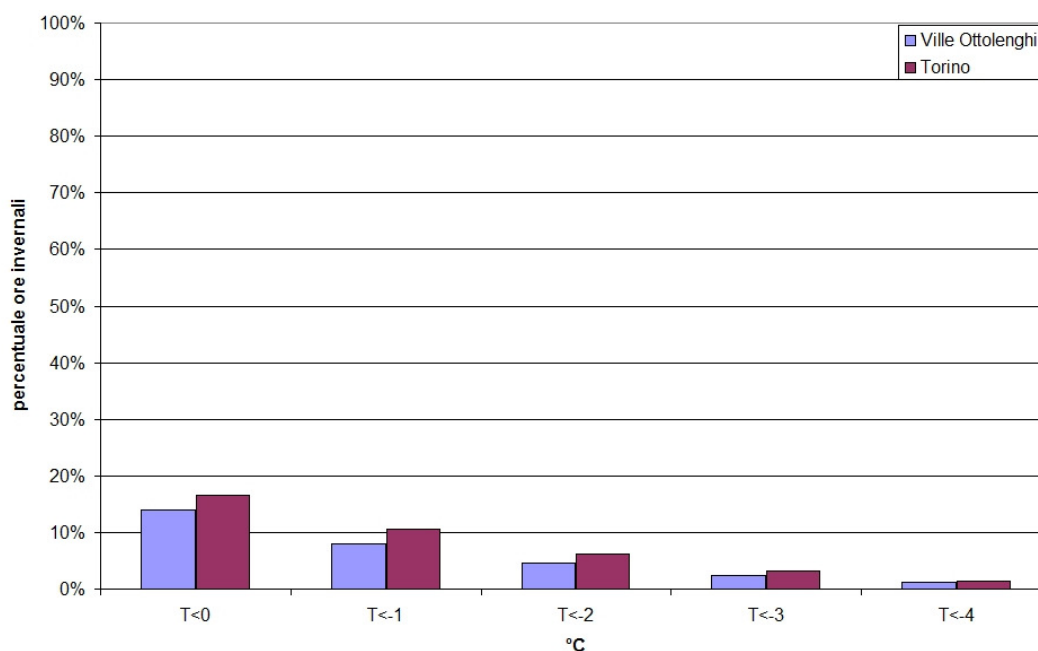


**Figura 7– Percentuali di giorni del periodo Giugno-Agosto con temperature superiori a 30°C, 31°C, 32°C, 33°C, 34°C delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi, relative agli anni dal 1990 al 2013**

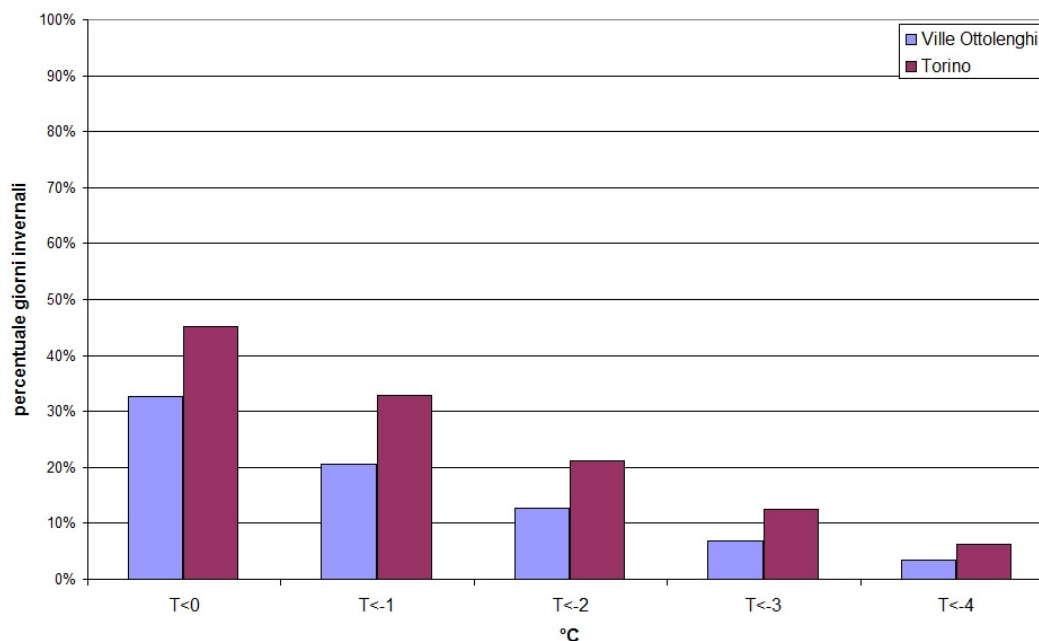
Dai risultati riportati nelle Figure 6 e 7 si osserva che a Ville Ottolenghi nel periodo estivo si ha un clima più fresco, con meno della metà dei “giorni caldi” rispetto a Torino e una durata dei periodi caldi più breve.

Per quanto riguarda il periodo invernale (mesi Dicembre - Febbraio) si osserva che le percentuali di ore e di giorni con temperature inferiori a 0°C, -1°C, -2°C, -3°C, -4°C sono superiori nella stazione di Torino, a causa dell’inversione termica dei bassi strati dell’atmosfera (Figure 8 e 9).





**Figura 8– Percentuali di ore del periodo Dicembre-Febbraio con temperature inferiori a 0°C, -1°C, -2°C, -3°C, -4°C delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi, relative agli anni dal 1990 al 2013**

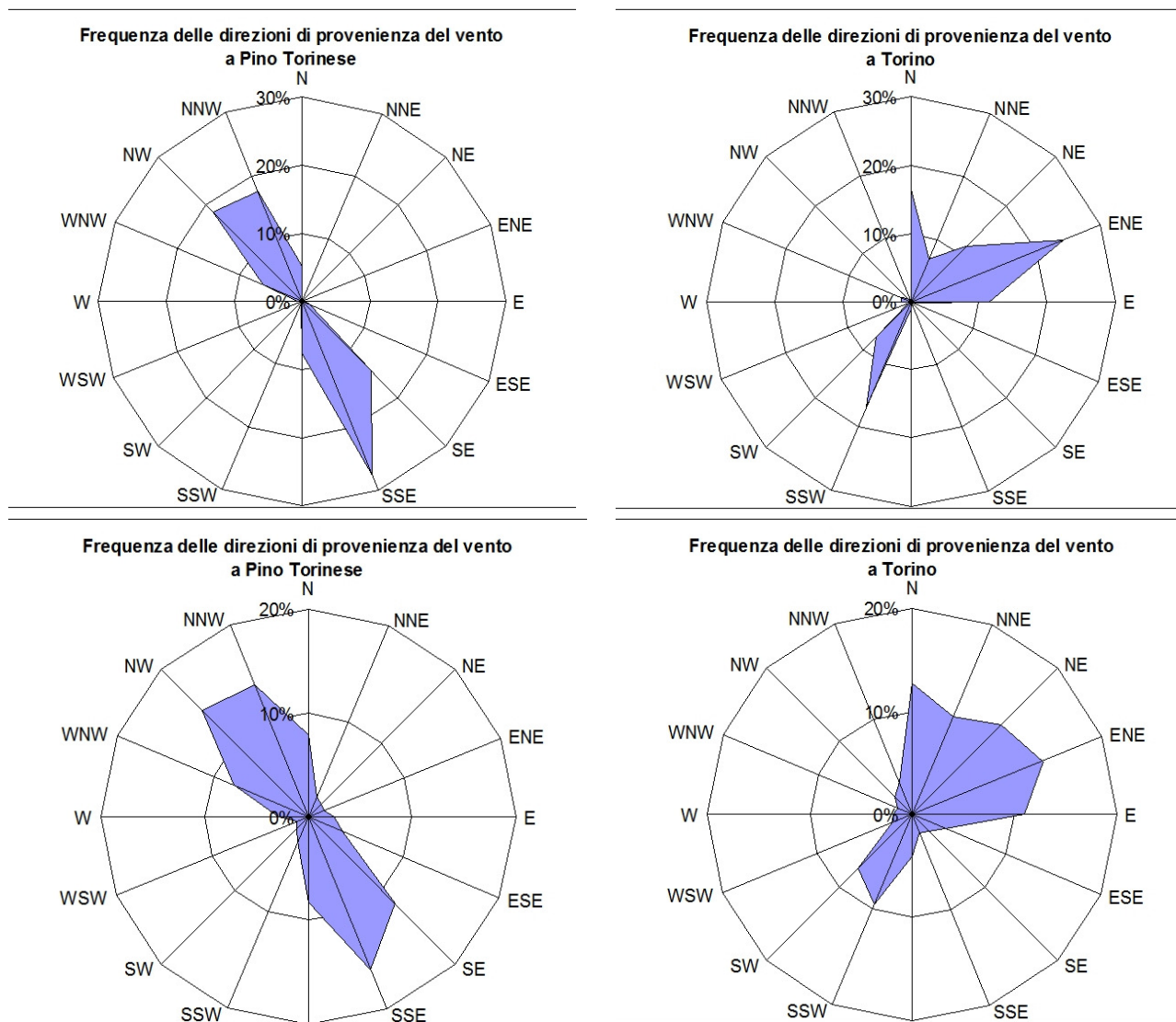


**Figura 9– Percentuali di giorni del periodo Dicembre-Febbraio con temperature inferiori a 0°C, -1°C, -2°C, -3°C, -4°C delle stazioni di Torino e di Ville Ottolenghi, relative agli anni dal 1990 al 2013**

#### 4. Vento

Per esaminare il vento sono state prese in considerazione le stazioni di Torino (via della Consolata), che è rappresentativa del vento in città, e quella collinare di Pino Torinese (Figura 10).

Si osserva che la direzione prevalente è SSE per Pino Torinese (28%-16% dati su 10 min) ma anche la direzione NNW risulta frequente. Per Torino la direzione prevalente è invece ENE (24%-14% con dati su 10 minuti).



**Figura 10 – Frequenza delle direzioni di provenienza del vento nelle stazioni di Torino e di Pino Torinese (in alto con dati giornalieri, in basso con dati registrati su 10 minuti)**

Per quanto riguarda la velocità media mensile (Tabella 2) i valori medi mensili più elevati si registrano a Pino Torinese con un massimo di 2.2 m/s ad aprile. I valori più bassi si registrano a Torino nei mesi di ottobre, novembre e dicembre (1.0 m/s).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Pino Torinese	1.8	1.9	2.1	2.2	1.9	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.7	1.7
Torino	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0

**Tabella 2– Velocità media mensile del vento (m/s)**

La raffica più elevata a Torino è stata registrata il 25 marzo 2005 ed è pari a 28.6 m/s. La raffica più elevata a Pino Torinese è stata registrata l'8 agosto 2013 ed è pari a 26.4 m/s.

### 5. Installazione stazione portatile e campagna di misura

Per meglio caratterizzare il clima delle Ville Ottolenghi, Arpa Piemonte ha installato una stazione portatile MAWS, al fine di effettuare una campagna di misura per lo studio climatologico.

La configurazione di base delle stazioni portatili prevede i sensori di temperatura ed umidità dell'aria, di pressione atmosferica, di velocità e direzione del vento, ed il pluviometro per la misura della precipitazione liquida; le stazioni hanno anche un piranometro per la misura della radiazione solare globale.

La facilità di trasporto e di montaggio della stazione portatile (con i 5 sensori di base, il pannello solare e la batteria interna, pesa solo 15 Kg e può essere trasportata in due casse realizzate in materiale leggero ma resistente) permettono un utilizzo mirato su qualsiasi tipo di territorio e nelle condizioni più svariate.



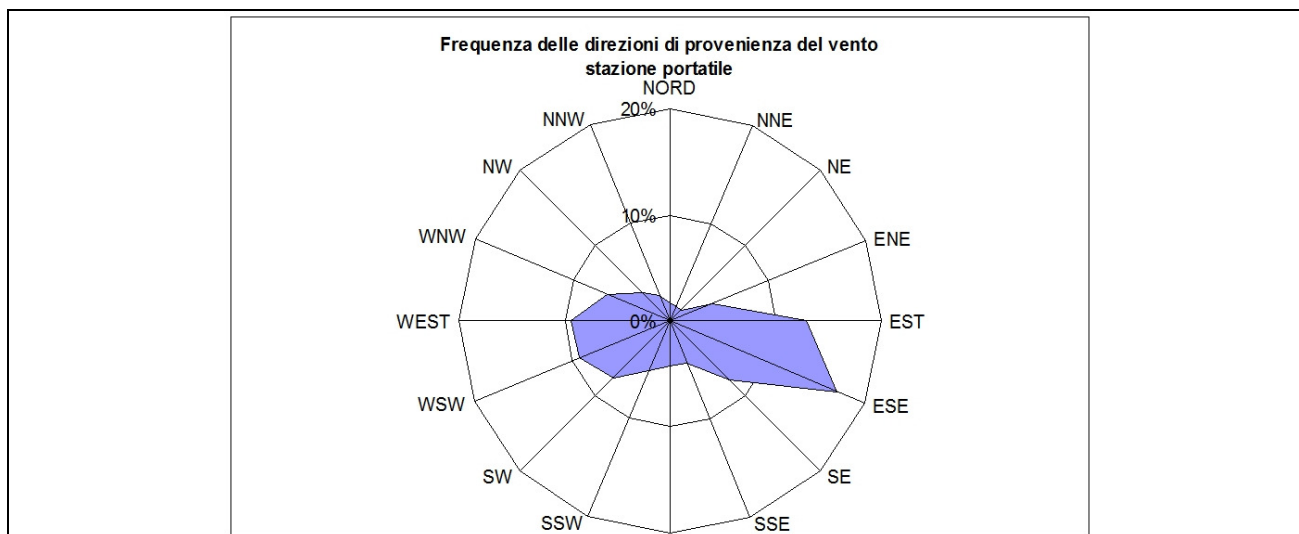
**Figura 11 – Le Ville Ottolenghi e la stazione portatile di Arpa (pallino rosso)**



**Figura 12 – La stazione portatile MAWS installata presso le Ville Ottolenghi**

## 6. Elaborazione dati della campagna di misura

La stazione portatile è stata installata il 20 marzo 2014 ed ha rilevato i parametri meteorologici fino al 10 giugno. Il periodo è sufficientemente lungo per verificare se la metodologia applicata nell'indagine climatologica è consistente. Bisogna comunque tener conto che il periodo in cui sono state effettuate le misure è stato caratterizzato da una grande variabilità meteorologica.



**Figura 13 – Frequenza delle direzioni di provenienza del vento nella stazione portatile (con dati registrati su 10 minuti)**

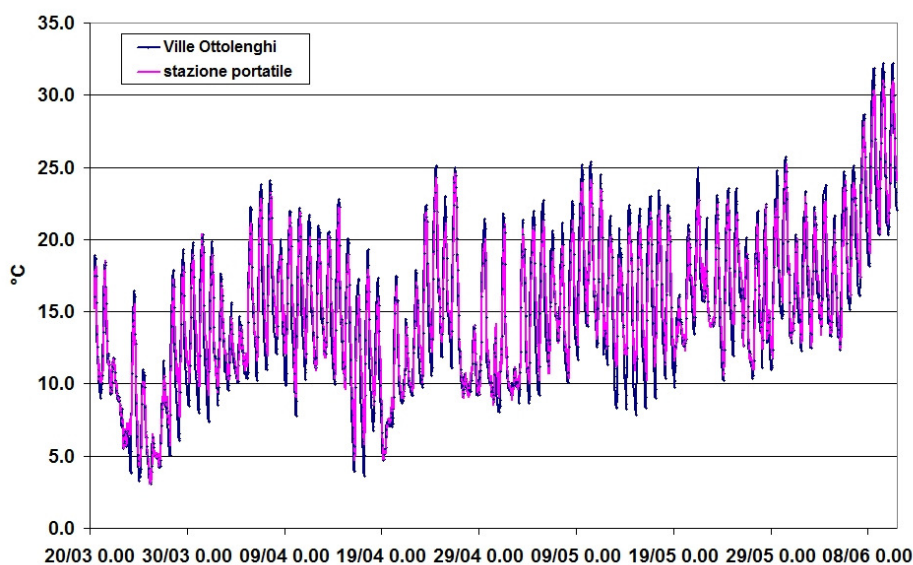
Analizzando i dati di direzione del vento, sia istantanei sia ogni 10 minuti come rappresentato in Figura 13, si osserva che la direzione prevalente del vento è lungo l'asse est-ovest. La direzione di provenienza del vento più frequente è ESE (17% dati su 10 min) ma anche la direzione EST risulta frequente (13% dati su 10 min).

	Stazione portatile		Pino Torinese		Torino	
	media	massima	media	massima	media	massima
marzo	2.0	5.5	2.3	6.0	0.5	1.9
aprile	1.9	8.0	2.2	7.0	0.3	2.1
maggio	2.0	15.6	2.1	6.5	0.3	2.9
giugno	1.6	5.3	1.7	5.3	0.2	1.4

**Tabella 3– Velocità del vento media e massima mensile (m/s) nel periodo considerato**

Nella Tabella 3 si può vedere come la ventilazione nella zona di Ville Ottolenghi è mediamente superiore a Torino e leggermente inferiore a quella di pino Torinese. L'esposizione della zona di Ville Ottolenghi al vento è favorevole e questo comporta un maggiore rimescolamento dell'aria, a sostegno di quanto poi evidenziato più avanti nella relazione relativamente alle temperature estive e alla qualità dell'aria.

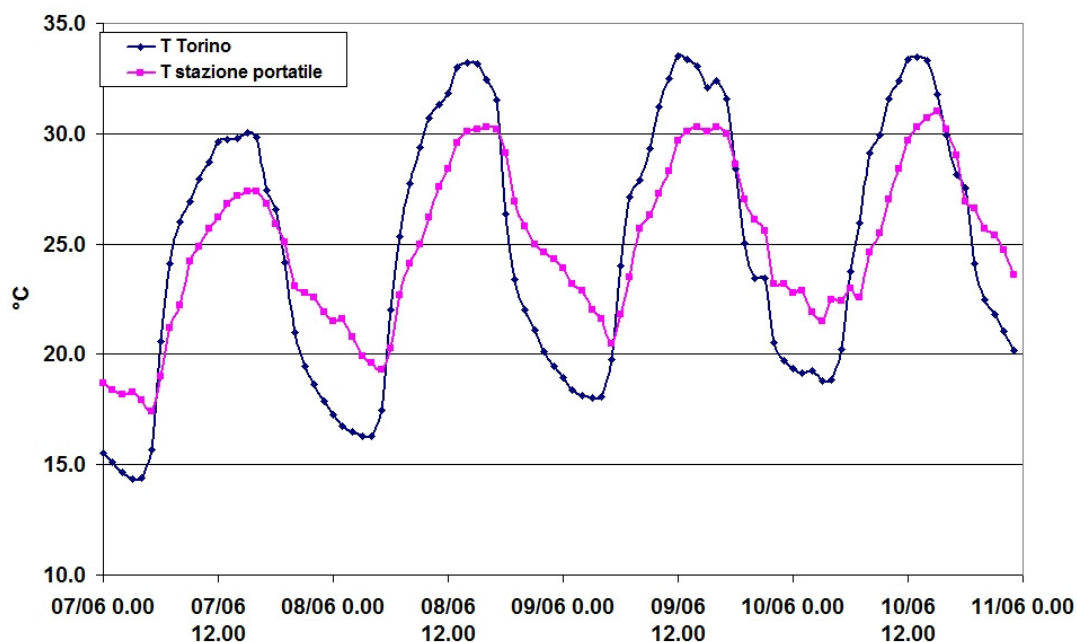
Sono poi stati analizzati i dati di temperatura del periodo 20 marzo 2014-10 giugno 2014 della stazione portatile e sono stati confrontati con quelli della stazione ipotetica delle Ville Ottolenghi (vedere metodologia nel paragrafo 2). Dal confronto (Figura 14) si evince che gli andamenti sono confrontabili anche se si rilevano alcune differenze nell'individuazione dei massimi e dei minimi giornalieri. Non si osserva un bias, infatti la differenza media è intorno a 0.1°C e l'errore quadratico medio è di 1.2°C.



**Figura 14 – Andamento temperatura oraria giornaliera delle stazioni portatile e di quella di Ville Ottolenghi del periodo 20 marzo-10 giugno 2014**

Pertanto la metodologia utilizzata per la stima dei dati di temperatura viene ritenuta corretta.

Da notare il confronto dei dati orari di temperatura registrati nella stazione portatile dal 7 all'11 giugno 2014: nel corso dell'ondata di calore i valori di temperatura registrati a Torino sono stati più elevati rispetto a quelli di Ville Ottolenghi (Figura 15).

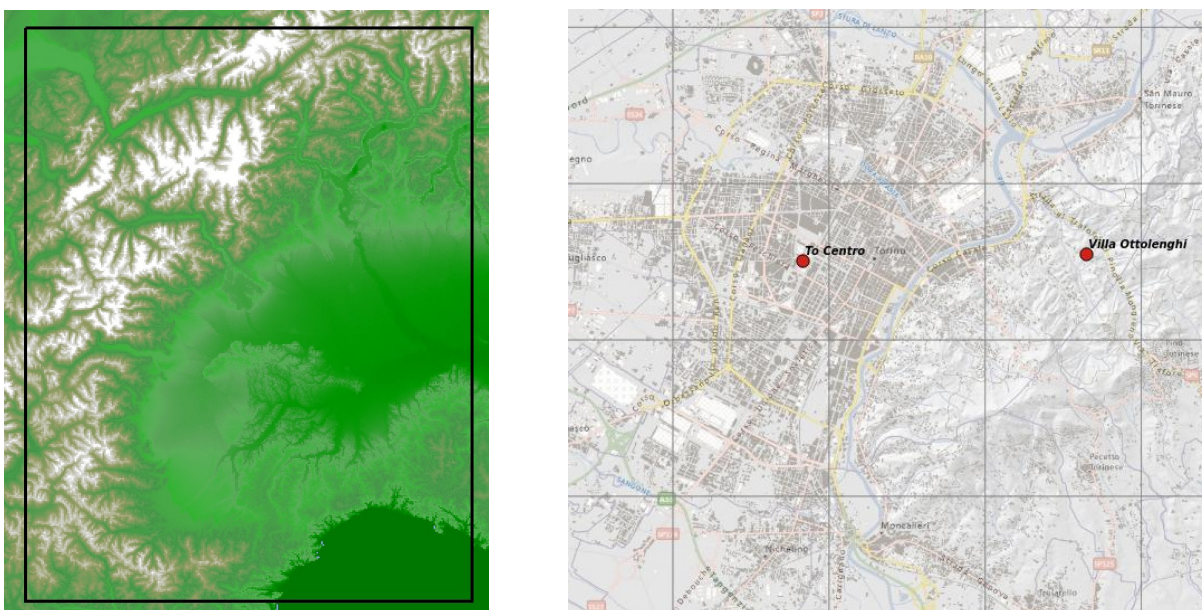


**Figura 15 – Andamento temperatura oraria giornaliera delle stazioni portatili e di quella di Ville Ottolenghi del periodo 7 giugno-11 giugno 2014**

## 7. La qualità dell'aria

La valutazione dello stato della qualità dell'aria nella zona delle Ville Ottolenghi rispetto ai livelli di inquinamento del centro città è stata limitata al confronto dei valori delle concentrazioni del particolato PM10, che risulta, ad oggi, l'inquinante più rappresentativo della qualità dell'aria della stagione invernale di tutte le aree urbane della Pianura Padana, per il quale risultano ormai documentati gli effetti sulla salute anche di lungo periodo. L'analisi è stata effettuata elaborando i dati di concentrazione dell'inquinante derivante dall'applicazione di un sistema modellistico di trasformazione chimica, trasporto e dispersione degli inquinanti, messo a punto ed utilizzato operativamente da Arpa Piemonte a supporto dei compiti istituzionali in materia di valutazione, gestione e previsione della qualità dell'aria ambiente.

Il sistema modellistico è basato sull'applicazione dei modelli euleriani di chimica e trasporto (i modelli C.T.M, Chemical Transport Models), in grado di produrre simulazioni ad elevata risoluzione di campi tridimensionali di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici, stimati a partire dai valori di concentrazione iniziali e ai bordi dell'area di calcolo e dalle emissioni orarie introdotte nei punti griglia, cui vengono applicati meccanismi di trasporto, dispersione e deposizione derivati dalla meteorologia e fenomeni di trasformazione determinati dal processo chimico. Il sistema è applicato su un dominio di calcolo che comprende l'intero territorio regionale con risoluzione orizzontale di 4 km (Figura 16).



**Figura 16 - Dominio di simulazione regionale del sistema modellistico (a sinistra) e dettaglio dell'area di studio con la localizzazione dei punti di confronto Torino Centro e Villa Ottolenghi e delle celle del dominio di simulazione (a destra)**

Nel dettaglio dai campi tridimensionali orari prodotti nell'ambito delle simulazioni annuali per gli anni 2010, 2011, 2012 sono stati estratti i valori di un punto rappresentativo del centro della città di Torino ed un punto rappresentativo delle localizzazione di Ville

Ottolenghi (nel seguito denominati rispettivamente TO Centro e Villa Ottolenghi, si osservi il dettaglio in Figura 16 a destra). In tal modo si sono ottenute le serie storiche sui due punti di interesse, che sono state poi aggregate temporalmente (su base giornaliera ed annuale) per produrre gli indicatori di legge ed effettuare il confronto con i valori limiti stabiliti dalla normativa vigente (D.Lgs 155/2010). Le simulazioni modellistiche sono state validate su periodi lunghi per verificarne la rappresentatività.

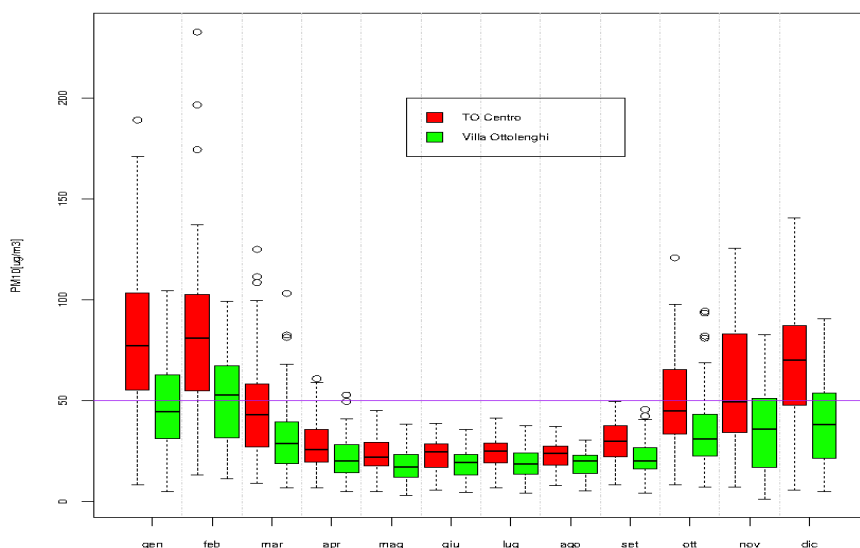
## 7.1 Particolato sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, in genere solido, in sospensione nell'aria. Le particelle con diametro inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  (**PM10**) raggiungono la trachea e i bronchi e costituiscono un pericolo per la salute soprattutto per la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie. L'esposizione alle polveri sottili può determinare diversi effetti sulla salute. Numerosi studi hanno evidenziato la correlazione tra concentrazioni elevate di polveri sottili e l'aumento del numero dei ricoveri ospedalieri e delle richieste di intervento di pronto soccorso ed anche dei decessi per patologie cardiache o respiratorie. È stato verificato che sia l'esposizione a lungo termine alle polveri sottili che quella sul breve periodo possono determinare effetti indesiderati sulla salute dell'uomo.

Il DLgs 155/10 prevede due limiti per la protezione della salute umana, su base annuale e su base giornaliera:

- 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come concentrazione media giornaliera di PM10 da non superare per più di 35 volte per anno civile;
- 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come concentrazione media annuale di PM10.

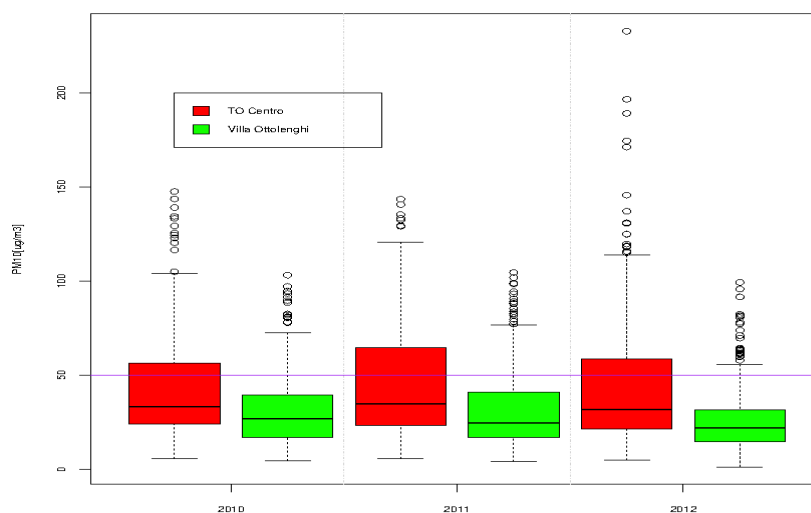
Considerando la distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 17) nei mesi dell'anno si osserva che a Torino i valori sono più elevati rispetto a Ville Ottolenghi soprattutto nei mesi invernali (novembre-febbraio).



**Figura 17 – Distribuzione mensile della concentrazione giornaliera di PM10 (anni 2010-2012) per le località di Torino e Ville Ottolenghi**

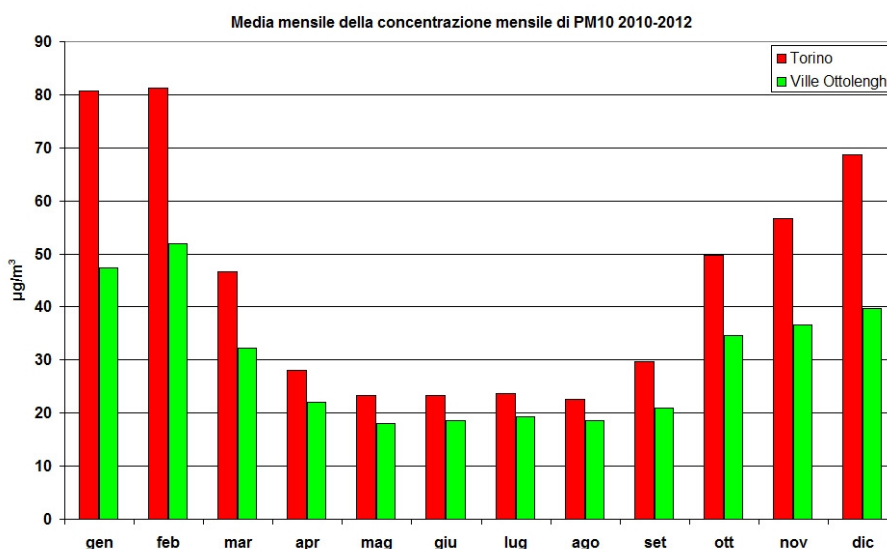


Anche la distribuzione annuale della media giornaliera dei valori di PM10 negli anni 2010, 2011, 2012 sembra evidenziare valori più elevati a Torino che a Ville Ottolenghi (Figura 18), sia per quanto riguarda il valor mediano della distribuzione sia i percentili superiori.



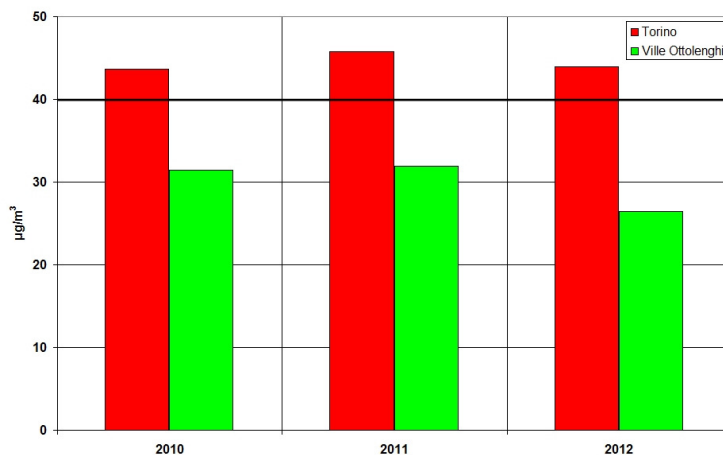
**Figura 18 – Distribuzione annuale della concentrazione media giornaliera di PM10 per le località di Torino e Ville Ottolenghi**

Analizzando le concentrazioni medie mensili di PM10 (Figura 19) si conferma che in generale i valori più elevati di PM10 si registrano a Torino soprattutto nei mesi invernali, mentre nei mesi primaverili ed estivi le concentrazioni risultano confrontabili per entrambe le località.



**Figura 19 – Andamento della concentrazione media mensile (2010-2012) di PM10 per le località di Torino e Ville Ottolenghi**

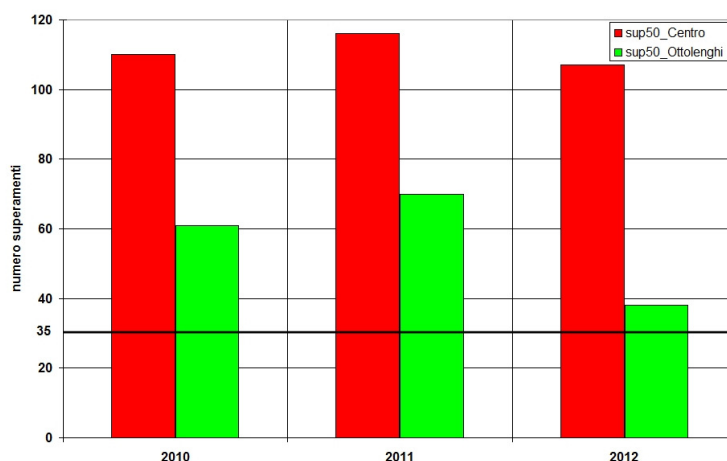
Per quanto riguarda le concentrazioni medie annuali il valor limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per Ville Ottolenghi sembra sempre essere rispettato (Figura 20).



**Figura 20 –Andamento della concentrazione media annuale di PM10 per le località di Torino e Ville Ottolenghi**

Si nota inoltre come il valor limite giornaliero è stato superato per più di 35 volte in un anno in entrambe le località considerate (Figura 21) per tutti gli anni, con un valore molto superiore per la città di Torino. E' opportuno osservare come il mancato rispetto dei limiti per la media giornaliera dei PM10 sia una criticità che interessa la quasi totalità del territorio del nord Italia (ad eccezione di alcune zone alpine e prealpine).

Tuttavia, se si considerano le concentrazioni medie annuali, si osserva un sostanziale rispetto del valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per Ville Ottolenghi (Figura 20).



**Figura 21 – Numero di superamenti del limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10 per le località di Torino e Ville Ottolenghi**

## 8. Conclusioni

Dall'analisi effettuata, si evince che l'area di Ville Ottolenghi, situata poco distante dal centro città, è caratterizzata da un microclima particolare, con caratteristiche diverse rispetto al centro urbano: fresco d'estate e mite d'inverno.

L'escursione termica giornaliera di Ville Ottolenghi risulta infatti minore di quella di Torino in tutti i periodi dell'anno.

L'estate è più fresca a Ville Ottolenghi, sia considerando i valori di temperatura massima giornalieri sia il numero di ore del giorno con temperature elevate.

I valori delle temperature minime nella stagione invernale risultano più basse nella stazione di Torino rispetto a Ville Ottolenghi, ad eccezione delle ore centrali della giornata. Questo a causa della presenza frequente di situazioni di inversione termica al suolo nelle ore con scarsa insolazione, che annulla anche l'eventuale effetto dell'isola di calore urbana.

Per quanto riguarda la qualità dell'aria, dalle simulazioni modellistiche effettuate per entrambe le località, le concentrazioni di particolato sospeso a Ville Ottolenghi risultano inferiori all'area più urbanizzata. Considerando la distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 nei diversi mesi dell'anno si osserva che a Torino i valori risultano più elevati rispetto a Ville Ottolenghi soprattutto nei mesi invernali (novembre-febbraio).