

**STRUTTURA COMPLESSA SC 20 “Centro Regionale per l'Epidemiologia e la Salute Ambientale”**  
**Struttura Semplice 20.04 “Epidemiologia Ambientale”**

**Valutazione della mortalità estiva in relazione alle ondate di calore e del sistema previsionale Arpa per la città di Torino**  
**Estate 2009**

<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Statistico</b> <b>Nome: Moreno Demaria</b>	<b>Data: 28/12/09</b>	<b>Firma:</b>
	<b>Funzione: Responsabile S.S. 20.04</b> <b>Nome: Cristiana Ivaldi</b>	<b>Data: 29/12/09</b>	<b>Firma:</b>
<b>Verifica</b>	<b>Funzione: Responsabile S.S. 20.04</b> <b>Nome: Cristiana Ivaldi</b>	<b>Data: 30/12/09</b>	<b>Firma:</b>
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione: Responsabile S.C. 20</b> <b>Nome: Ennio Cadum</b>	<b>Data: 31 /12/09</b>	<b>Firma:</b>

## **INDICE DEL DOCUMENTO**

<b>INDICE DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1 IL PROGETTO DELLA REGIONE PIEMONTE E COMPITI DELL'ARPA .....	3
<b>2. MATERIALI E METODI .....</b>	<b>4</b>
2.1 SISTEMA RAPIDO DI RILEVAZIONE DELLA MORTALITÀ ESTIVA .....	4
2.2 SISTEMA DI ALLERTA .....	5
2.3. LE ANALISI EFFETTUATE .....	5
<b>3. RISULTATI E COMMENTI.....</b>	<b>6</b>
<b>4 TABELLE E FIGURE .....</b>	<b>8</b>
<i>Dati meteorologici .....</i>	<i>17</i>
<i>Analisi e validazione dei risultati .....</i>	<i>17</i>
<i>Scelte metodologiche operate .....</i>	<i>17</i>
<b>4. RISULTATI E DISCUSSIONE.....</b>	<b>18</b>
<i>Analisi generale dell'andamento dei decessi.....</i>	<i>18</i>
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>

## 1. Introduzione

Dal 2004 è attivo il progetto del Dipartimento della Protezione Civile (DPC): **“Attività di valutazione degli effetti del clima sulla salute e Sistema Nazionale di allarme per la prevenzione dell’impatto delle ondate di calore”**. Il progetto è coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia della ASL RM/E, individuato come Centro di Competenza Nazionale (CC) (Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Febbraio 2004).

Gli obiettivi principali del progetto DPC sono la realizzazione di sistemi di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore sulla salute e l’attivazione di un sistema di sorveglianza sulla mortalità estiva. I sistemi di allarme, denominati *Heat Health Watch Warning Systems* (HHWWS), sono sistemi città-specifici che, utilizzando le previsioni meteorologiche sono in grado di prevedere, fino a 72 ore di anticipo, il verificarsi di condizioni climatiche a rischio per la salute della popolazione e l’impatto sulla mortalità ad esse associato. Tali sistemi rappresentano un importante strumento per la prevenzione se integrati con interventi efficaci rivolti alla popolazione a rischio.

L’attivazione del sistema di monitoraggio rapido della mortalità estiva consente di disporre di un sistema di sorveglianza nazionale della mortalità associata alle ondate di calore e fornisce elementi importanti per la valutazione dell’efficacia degli interventi di prevenzione mirati a ridurre l’impatto del clima sulla mortalità durante i periodi estivi.

### 1.1 Il progetto della Regione Piemonte e compiti dell’ARPA

Con DGR n 2-5947 del 28/5/07, di validità triennale, l’assessore alla Sanità della Regione Piemonte ha stabilito i vari aspetti del sistema di prevenzione relativo agli effetti delle elevate temperature sulla salute, adottando un protocollo operativo<sup>1</sup> che definisce, tra l’altro, i ruoli ed i compiti di vari enti coinvolti, tra cui Arpa Piemonte, alla quale affida:

- la produzione e gestione di tre distinti bollettini previsionali a +72 ore, nel periodo 1 maggio – 15 settembre, ed in particolare uno specifico bollettino per la città di Torino, uno per i comuni della provincia di Torino ed uno per gli altri capoluoghi di provincia della regione;
- la diffusione dei bollettini mediante l’invio quotidiano diretto tramite e-mail agli indirizzi di posta elettronica comunicati dagli Enti e dagli organismi istituzionali, in particolare dell’area sanitaria e dell’assistenza sociale;
- la diffusione dei bollettini ogni giorno entro le ore 12:00 sui siti:
  - [www.regione.piemonte.it](http://www.regione.piemonte.it)
  - [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it)
  - [www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)
- il monitoraggio degli effetti sulla mortalità nella città di Torino e nelle città capoluogo di provincia, in particolare rivolto agli anziani ultrasettantacinquenni, che prevede la predisposizione di modelli di stima degli effetti sulla mortalità in tutte le città capoluogo.

Il sistema regionale di sorveglianza è stato messo a punto congiuntamente dai Settori meteorografico e di Epidemiologia Ambientale di ARPA Piemonte a partire dal 2004 e revisionato negli anni successivi e ha ricalcato le modalità previste dal sistema rapido di Sorveglianza della Mortalità Estiva Nazionale (vedi il documento “SISTEMA NAZIONALE DI ALLARME PER LA PREVENZIONE DELL’IMPATTO DELLE ONDATE DI CALORE”, disponibile sul sito ufficiale del Dip.to Nazionale della Protezione civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri ([www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it))).

---

<sup>1</sup> Ulteriori informazioni sul sistema piemontese sono reperibili nell’allegato alla DGR “Le misure preventive in caso di temperature elevate – Protocollo operativo e raccomandazioni per il personale sanitario”, <http://www.regione.piemonte.it/speciali/pianocaldo/dwd/piano.pdf>, 22.09.2009.

Durante l'estate 2009 è stato mantenuto il sistema rapido di sorveglianza della mortalità estiva sulla città di Torino ed è stato perfezionato un sistema analogo nelle città capoluogo di provincia regionali. La dimensione della popolazione torinese ha permesso un'analisi più approfondita per Torino città mentre per gli altri capoluoghi è stata possibile solo un'analisi descrittiva generale dei fenomeni osservati, con minori approfondimenti. In attesa di completare il dataset con tutte le informazioni meteo ancora in fase di elaborazione, in questo primo rapporto sono descritte le condizioni e gli eventi climatici e sanitari rilevati nel periodo maggio-settembre 2009 e sono fornite le prime valutazioni sanitarie rispetto all'andamento della mortalità in relazione alle ondate di calore, ulteriori approfondimenti verranno illustrati in un secondo report .

## **2. Materiali e metodi**

Nel 2009 il bollettino è stato emesso quotidianamente dal 15 maggio al 15 settembre, a livello comunale torinese, provinciale e regionale.

### **2.1 Sistema rapido di rilevazione della mortalità estiva**

Le azioni previste dalla DGR n 2-5947 del 28/5/07 a carico dei servizi demografici delle città capoluogo di provincia sono mirate a favorire l'istituzione di un sistema rapido di sorveglianza della mortalità estiva nelle città capoluogo di provincia della Regione Piemonte. Per tale scopo ciascun comune, per la parte di sua competenza, tramite l'Ufficio anagrafe comunale, ha trasmesso al centro funzionale ARPA le denunce di decesso, relative agli eventi occorsi nelle 24-48 ore dalla registrazione del decesso stesso. La trasmissione dei dati ha avuto cadenza circa settimanale per Torino e giornaliera per gli altri capoluoghi di provincia.

Sono state rilevate le seguenti informazioni:

#### 1) dati anagrafici

- sesso (M/F)
- data di nascita e data di decesso (gg/mm/aaaa)
- comune di nascita, di residenza e di decesso

#### 2) informazioni riguardanti il decesso

- luogo del decesso (casa, istituto di cura pubblico o privato, altro)
- morte avvenuta per cause naturali/causa violenta.
- data di registrazione del decesso

La mortalità giornaliera per fasce di età è stata ricostruita attraverso le denunce di decesso inviate e presso il Servizio di Epidemiologia ambientale è stato creato un database dell'andamento della mortalità osservata. Per la città di Torino, sulla base di serie storiche, è stata stimata, attraverso un'analisi statistica, la mortalità attesa giornaliera nella fascia di età di 65 anni e oltre. L'eccesso di mortalità giornaliera è stato quindi calcolato come differenza tra la mortalità osservata e la mortalità attesa in tale fasce di età. Il database è stato aggiornato giornalmente in modo da avere una sorveglianza in tempo reale dell'impatto delle ondate di calore sulla salute della popolazione. Inoltre, tale base di dati è stata utilizzata per la valutazione dell'efficacia dei sistemi di allarme città specifici e dei piani di intervento ad essi collegati nel prevedere condizioni a rischio per la salute.

## 2.2 Sistema di allerta

Ogni giorno le previsioni meteorologiche fornite dal Settore meteoroidrografico sono state integrate con le stime previsionali di impatto sanitario del Servizio di Epidemiologia ambientale. Il settore Meteorologico dell' Arpa effettua quotidianamente previsioni a +24, +48 e +72 ore di diversi parametri meteorologici e di qualità dell'aria.

Con i valori previsti di alcune variabili meteorologiche (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità del vento, copertura nuvolosa) sono calcolati gli indici biometeorologici relativi (Heat Stress Index, HSI, indice di stress termico risultante da una combinazione di temperatura ed umidità) ed assoluti (Temperatura Apparente, Discomfort Index, Humidex, basati anch'essi su combinazioni differenti di temperatura-umidità) che permettono di valutare le condizioni di benessere o di stress fisiologico della popolazione a seguito delle condizioni meteorologiche. Il parametro sanitario è dato da una stima giornaliera del numero di decessi in eccesso, rispetto ad un valore atteso, in ipotesi attribuibili all'effetto delle ondate di calore previste come sopra descritto. Anche per il sistema di allerta gli attesi sono calcolati attraverso modelli epidemiologici basati su serie storiche di mortalità.

L'informazione di sintesi fornita è definita "livello di rischio", diviso in quattro classi: "NESSUN ALLARME, ATTENZIONE, ALLARME, EMERGENZA", ed è ottenuta integrando in un algoritmo, costituito da un albero decisionale, i parametri meteorologici ed epidemiologici.(fig 1)

Il bollettino è stato inviato giornalmente via e-mail a tutte le ASL, distretti Sanitari, Presidi Ospedalieri e Case di cura per anziani, oltre a essere diffuso tramite i media e via internet. Un esempio del bollettino prodotto è dato in fig. 2.

## 2.3. Le analisi effettuate

E' stata analizzata la serie dei decessi osservati tra gli ultrasessantatrenni e i relativi casi attesi. Nel calcolo di questi ultimi è stato necessario tener conto del trend di lungo periodo dei tassi di mortalità generali e della instabilità degli osservati medi giornalieri i quali, durante il periodo estivo, riflettono la riduzione della popolazione presente.

Per evitare che i tassi elevati degli anni 80 influenzino troppo il trend decrescente, con il rischio di sottostima degli attesi, questi sono calcolati con analisi non parametriche sulle serie giornaliere del solo periodo 1990-2002, dato che il 2003 rappresenta un anno anomalo e quindi non predittivo.

Al fine di stabilizzare la stima giornaliera grazie ad un numero maggiore di punti introdotti nel modello non parametrico, sono stati considerati, oltre ai casi del giorno, anche i casi osservati nei due giorni precedenti e successivi, traslando poi, per ogni giorno, tale sottoinsieme di dati. In questo modo sono stati considerati predittivi dei casi attesi in un dato giorno estivo del 2009 gli eventi osservati in 16 anni precedenti (1990-2002,2004-2006) in un intorno temporale sufficientemente ristretto (5 giorni), tale da non introdurre nella stima variazioni riferibili alla specificità dei diversi mesi estivi. La stima dei casi attesi tiene quindi già conto dei diversi periodi estivi e, al contempo, del trend di mortalità lungo l'asse degli anni. In una fase successiva il numero di casi attesi è stato 'lisciato' ulteriormente lungo l'asse del periodo estivo.

Dopo il periodo estivo l'HSI e il livello di rischio sono stati ricalcolati sulla base dei valori delle grandezze componenti effettivamente misurate e sono stati posti a confronto con l'HSI predetto e con la serie della mortalità giornaliera osservata. Quest'anno la valutazione compiuta a Torino è basata sull'HSI effettivo. L'esperienza accumulata negli anni scorsi porta a notare come l'HSI tenda a sovrastimare le ondate di calore nella parte iniziale e finale del periodo estivo e il livello di rischio, tenendo conto anche di indici meteorologici assoluti, risulta più credibile. Purtroppo per Torino non è disponibile, al momento della redazione del presente rapporto, il dato di livello di rischio che non tiene conto della parte sanitaria, come avviene correntemente per gli altri capoluoghi. La valutazione degli effetti del calore infatti pone in relazione le ondate con gli eventi

registrati e un indicatore che già ingloba quest'ultima grandezza sarebbe tautologico. Per Torino è stato quindi utilizzato l'HSI, che va letto con le cautele sopra espresse.

L'analisi è stata condotta tenendo conto di una possibile inerzia nella reattività degli eventi sanitari alle situazioni meteorologiche. Sono quindi stati definiti come giorni di "ondata di calore" i periodi consecutivi di stress termico ove si registra un HSI uguale o superiore a 7 per almeno due giorni. Se tale serie si interrompe per un solo giorno ( $HSI < 7$ ) la continuità dell'ondata permane e perdura per 2 giorni successivi al termine dell'eccesso termico. Le interruzioni di un solo giorno all'interno di un periodo di calore così definito non interrompe la definizione di ondata. I primi due giorni di quella che si manifesta come periodo di calore estremo sono considerati in quanto in tali giorni si possono manifestare fenomeni acuti su soggetti suscettibili.

Per il computo degli eventi in eccesso nel periodo si è anche operato sotto l'ipotesi che gli eventi attesi calcolati sulla base di serie storiche di mortalità possano essere sovrastimati stante una maggiore popolazione anziana presente a Torino data la congiuntura economica non favorevole. Una seconda stima è stata quindi svolta utilizzando misure relative interne al periodo. Sono così stati considerati i giorni di assenza di ondata per la stima degli eventi attesi in assenza di effetti del calore. Tale stima può a sua volta essere errata per difetto nell'ipotesi che sia attivo un effetto 'harvesting' nel brevissimo termine ovvero che il calore abbia determinato il decesso anticipato di soggetti fragili con conseguente difetto di decessi nei giorni successivi all'ondata. Le stime prodotte comunque forniscono una misura media abbastanza stabile dell'eccesso osservato.

### **3. Risultati e commenti**

Sui 124 giorni del periodo, in 75 (il 61%) si è registrato almeno un livello di allarme effettivo, basato sui dati biometeorologici ricalcolati a posteriori (tab. 1).

La definizione di ondata di calore, come definita al par. 2.3, differisce parzialmente secondo che si usi l'indice di stress termico o il livello di rischio. Risultano rispettivamente il 71% e il 63% di giorni di ondata sui 124 giorni estivi (tab. 2). Per i motivi sopra addotti si utilizza nella presente relazione la definizione conseguente all'uso dei livelli di HSI osservati.

I decessi osservati nel periodo sono 2495 di cui 2148 ultrasessantatreenni e, di questi, il 79% sono grandi anziani (tab. 3). La distribuzione degli eventi per genere e fasce di età dettagliate è presentata in tab. 4.

La variabilità giornaliera degli eccessi è comunque accentuata (tab. 5 e fig. 3), si nota un picco a metà luglio e un aumento vistoso nell'ultima decade di agosto, in corrispondenza di una serie di giornate con HSI massimo. In questi periodi l'eccesso sfiora la significatività dato che l'intervallo di confidenza al 95% calcolato secondo una stima Poisson degli eventi arriva quasi a non comprendere il valore 0 (fig. 4). In generale il rapporto osservati/attesi\*100 per l'intero periodo è di 111 (i.c. 95%106-116). Secondo queste stime risulta un eccesso di periodo di 213 eventi, che rappresentano infatti l'11% rispetto al numero atteso.

A maggio l'HSI sembra sovrastimato dalla natura stessa dell'indice, come sopra detto, ma è comunque presente un eccesso relativamente alto di eventi. Il computo mensile evidenzia in generale un maggiore eccesso nel mese di luglio e agosto (tab. 6).

Anche la fig. 5 evidenzia il maggiore apporto di eventi in eccesso dell'ondata di fine agosto. Infatti, definendo il cumulo di  $HSI > 7$  come proxy di una dose di esposizione, si nota che in corrispondenza di serie ininterrotte di giornate calde la differenza osservati-attesi tende a essere positiva.

Tale effetto potrebbe però essere dovuto, come detto, ad una sottostima degli eventi attesi. Utilizzando gli eventi medi delle giornate con presenza di ondata come definita alla terza colonna

di tab. 2, il numero medio di decessi è di 18 in giorni di ondata e 15,6 negli altri giorni. L'eccesso medio è rispettivamente di 2,4 e 0,05. Quest'ultimo valore suggerisce una lievissima sottostima degli attesi e, utilizzando questo dato, la precedente stima di 213 eventi in eccesso nell'estate scende a 207. L'andamento cumulativo sul periodo di dello scostamento osservati-attesi secondo la presenza di ondata di calore è raffigurato in fig. 6.

La mortalità degli anziani a Torino, come si può evincere dall'andamento del numero mensile medio dei decessi giornalieri, ha subito un lieve eccesso nel corso dei mesi estivi, con un picco che si è registrato a luglio e in misura maggiore nella seconda metà di agosto, ma senza allontanarsi in modo rilevante dai valori di riferimento. Considerata la dimensione e il tipo di popolazione anziana, che comprende una quota rilevante di grandi anziani, sembra evidenziarsi uno scostamento significativo rispetto ai valori attesi di circa l'11%.

Sono in corso ulteriori approfondimenti per analizzare la mortalità per cause di morte specifiche, e per luogo del decesso, al fine di poter valutare quali sono le situazioni di maggiore "vulnerabilità" di tipo clinico e/o sociale su cui eventualmente mettere in atto in futuro interventi e misure preventive mirate ed efficaci. I risultati delle successive analisi, in cui saranno anche valutate in modo più approfondito le condizioni meteo-climatiche, potranno dare indicazioni utili al fine di meglio programmare le attività di tipo preventivo e appena disponibili saranno messe a disposizione dei riferimenti istituzionali interessati.

#### 4 Tabelle e figure

Figura 1: Albero Decisionale per la Valutazione del Livello di Rischio

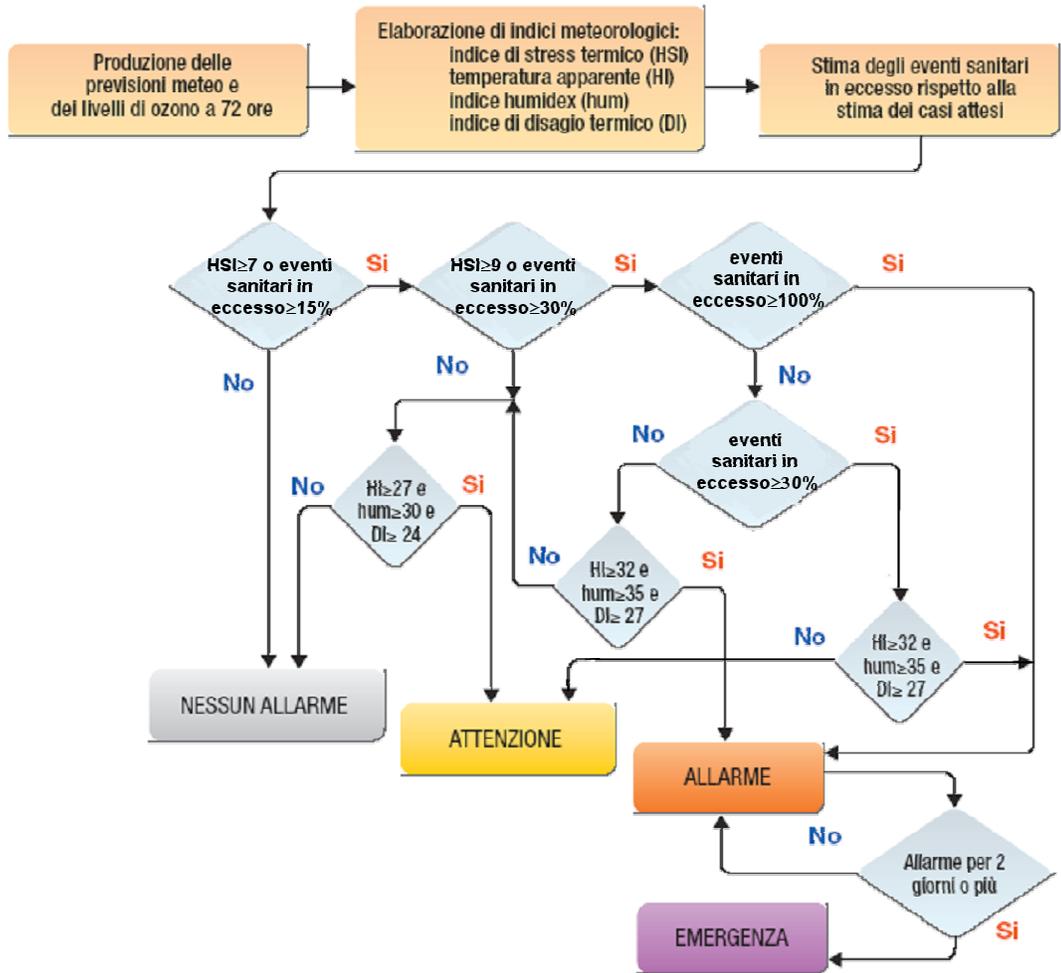
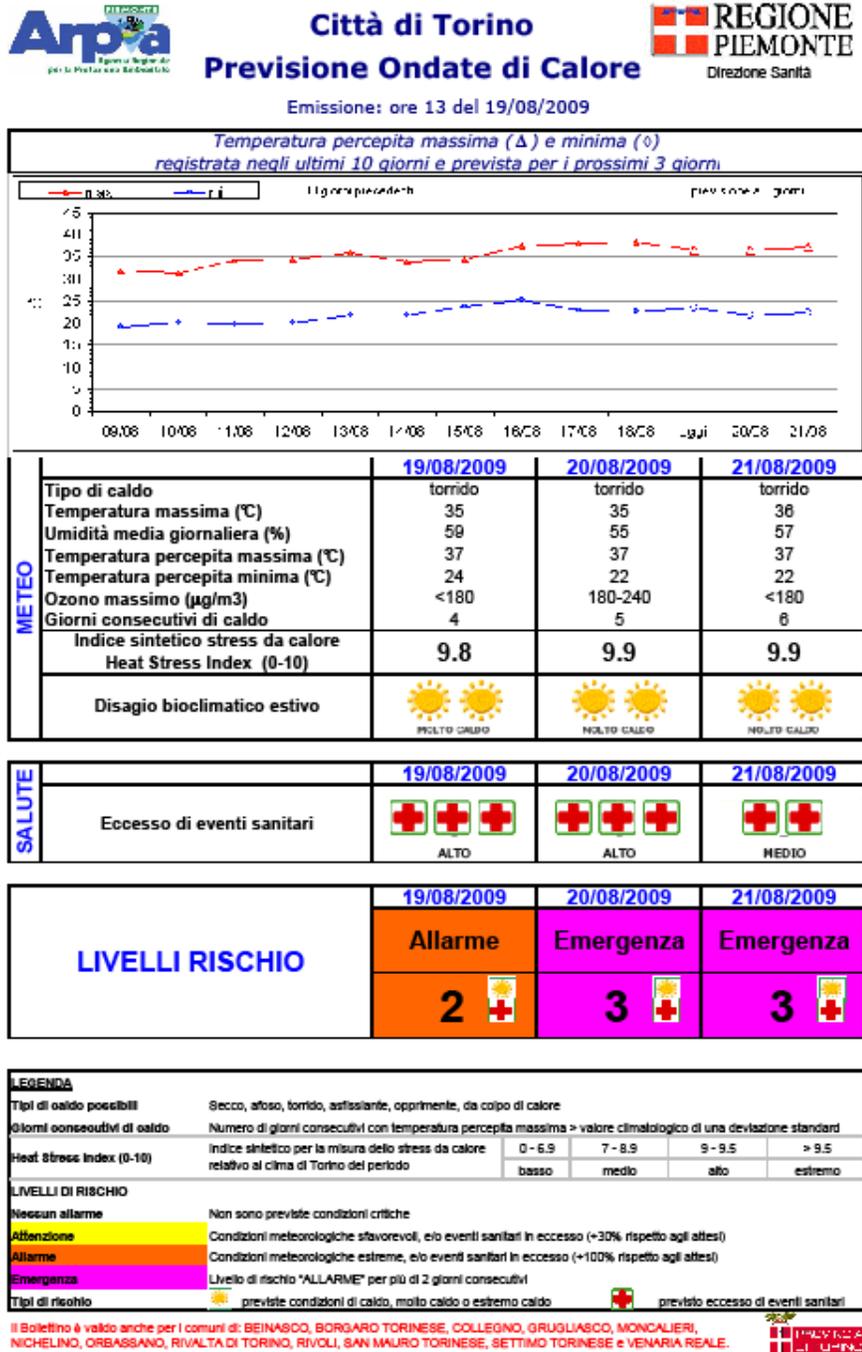


Figura 2: Sistema di allerta giornaliero: bollettino per la città di Torino



**Tabella 1.** Numero e frequenza percentuale dei giorni con diversi livelli di rischio (livello 0,1, 2, 3) dai Sistemi HHWW nel periodo 15 maggio - 15 settembre 2009

Periodo	Livello 0		Livello 1		Livello 2		Livello 3	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Maggio	7	41	8	46	2	11	0	0
Giugno	14	47	16	53	0	0	0	0
Luglio	11	36	8	58	2	6	0	0
Agosto	8	26	14	45	3	10	6	19
Settembre	9	60	6	40	0	0	0	0
<b>Totale 2009</b>	<b>49</b>	<b>39</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

**Legenda**

LIVELLI DI RISCHIO	
Nessun allarme	Non sono previste condizioni critiche
Attenzione	Condizioni meteorologiche sfavorevoli, e/o eventi sanitari in eccesso (+30% rispetto agli attesi)
Allarme	Condizioni meteorologiche estreme, e/o eventi sanitari in eccesso (+100% rispetto agli attesi)
Emergenza	Livello di rischio "ALLARME" per più di 2 giorni consecutivi

**Tabella 2.** HSI, livelli di rischio e ondate osservati nel periodo 15 maggio - 15 settembre 2009

data	HSI osservato	Ondata secondo HSI	Livello di rischio osservato	Ondata secondo livello di rischio	13/06	14/06	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06	20/06	21/06	22/06	23/06	24/06	25/06	26/06	27/06	28/06	29/06	30/06	01/07	02/07	03/07	04/07	05/07	06/07	07/07	08/07	09/07	10/07	11/07	12/07	13/07	14/07		
15/05	1.2	0	0	0	8.6	9.2	7.6	8.6	7.8	9.0	9.1	4.6	1.3	3.2	2.7	5.4	7.5	4.9	7.0	8.0	9.3	9.9	9.8	9.6	10.0	9.5	9.5	7.3	5.8	4.3	5.6	2.4	3.9	4.2	5.8	8.9		
16/05	6.3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
17/05	6.7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
18/05	7.9	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19/05	9.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20/05	9.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
21/05	9.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
22/05	10.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23/05	10.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
24/05	10.0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
25/05	10.0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
26/05	10.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
27/05	9.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
28/05	9.9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
29/05	10.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
30/05	0.5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
31/05	1.5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
01/06	3.4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
02/06	7.8	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
03/06	8.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
04/06	8.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05/06	4.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
06/06	5.9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
07/06	5.8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
08/06	4.4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
09/06	5.0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10/06	4.9	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
11/06	7.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12/06	7.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

15/07	8.9	1	1	1
16/07	9.7	1	2	1
17/07	4.3	1	1	1
18/07	2.8	1	0	1
19/07	2.4	0	0	1
20/07	2.9	0	0	0
21/07	2.9	0	1	0
22/07	4.7	0	1	0
23/07	3.7	0	0	0
24/07	7.4	0	1	0
25/07	5.5	0	0	0
26/07	3.0	0	0	0
27/07	5.6	0	0	0
28/07	7.6	1	1	1
29/07	9.5	1	1	1
30/07	9.4	1	2	1
31/07	7.8	1	1	1
01/08	8.9	1	1	1
02/08	3.4	1	0	1
03/08	0.1	1	0	1
04/08	4.9	0	0	0
05/08	5.0	0	1	0
06/08	6.9	0	0	0
07/08	8.5	0	1	0
08/08	5.4	0	0	0
09/08	4.6	0	0	0
10/08	3.3	0	1	0
11/08	6.6	0	0	0
12/08	7.0	1	1	1
13/08	8.1	1	2	1
14/08	9.1	1	1	1
15/08	9.2	1	2	1
16/08	9.9	1	2	1

17/08	9.9	1	3	1
18/08	9.9	1	3	1
19/08	10.0	1	3	1
20/08	10.0	1	3	1
21/08	10.0	1	3	1
22/08	10.0	1	3	1
23/08	9.5	1	1	1
24/08	7.8	1	1	1
25/08	6.8	1	1	1
26/08	6.4	1	1	1
27/08	8.4	1	1	1
28/08	9.2	1	1	1
29/08	9.8	1	1	1
30/08	3.0	1	1	1
31/08	4.9	1	0	1
01/09	9.2	1	1	1
02/09	8.8	1	1	1
03/09	9.4	1	1	1
04/09	10.0	1	1	1
05/09	8.9	1	0	1
06/09	7.2	1	0	1
07/09	4.7	1	0	0
08/09	8.1	1	0	0
09/09	6.9	0	0	0
10/09	7.9	1	0	0
11/09	8.6	1	1	0
12/09	8.3	1	1	0
13/09	8.8	1	0	0
14/09	1.0	1	0	0
15/09	0.5	1	0	0
% giorni con ondata		71%	63%	

**Tabella 3. Decessi giornalieri osservati secondo fasce di età**

<i>Data</i>	<i>tutte le età</i>	<i>65 anni e oltre</i>	<i>75 anni e oltre</i>	<i>Data</i>	<i>tutte le età</i>	<i>65 anni e oltre</i>	<i>75 anni e oltre</i>
15/5/2009	13	10	8	17/7/2009	21	19	15
16/5/2009	23	20	13	18/7/2009	20	18	8
17/5/2009	11	11	9	19/7/2009	18	16	14
18/5/2009	23	20	17	20/7/2009	14	13	10
19/5/2009	24	20	15	21/7/2009	22	19	15
20/5/2009	18	14	12	22/7/2009	23	20	15
21/5/2009	15	14	9	23/7/2009	17	15	14
22/5/2009	25	21	21	24/7/2009	17	16	12
23/5/2009	20	19	18	25/7/2009	20	17	13
24/5/2009	26	22	16	26/7/2009	14	13	10
25/5/2009	21	19	15	27/7/2009	18	15	12
26/5/2009	23	19	14	28/7/2009	21	19	14
27/5/2009	19	16	14	29/7/2009	25	24	23
28/5/2009	20	20	16	30/7/2009	8	7	5
29/5/2009	17	17	15	31/7/2009	21	18	14
30/5/2009	24	19	14	1/8/2009	18	16	13
31/5/2009	15	13	10	2/8/2009	18	15	15
1/6/2009	12	10	8	3/8/2009	20	16	12
2/6/2009	19	16	10	4/8/2009	21	16	10
3/6/2009	19	17	15	5/8/2009	22	20	16
4/6/2009	28	22	14	6/8/2009	20	16	14
5/6/2009	27	25	24	7/8/2009	28	23	17
6/6/2009	12	10	10	8/8/2009	10	7	6
7/6/2009	16	14	12	9/8/2009	15	13	10
8/6/2009	15	13	11	10/8/2009	24	23	17
9/6/2009	16	11	10	11/8/2009	17	15	12
10/6/2009	20	15	10	12/8/2009	18	17	11
11/6/2009	12	10	9	13/8/2009	27	21	17
12/6/2009	13	11	9	14/8/2009	26	19	15
13/6/2009	17	14	11	15/8/2009	26	24	20
14/6/2009	17	13	11	16/8/2009	19	15	14
15/6/2009	24	22	21	17/8/2009	18	17	13
16/6/2009	27	26	23	18/8/2009	22	17	14
17/6/2009	18	16	12	19/8/2009	28	22	19
18/6/2009	31	27	23	20/8/2009	27	25	23
19/6/2009	24	22	17	21/8/2009	31	28	20
20/6/2009	16	14	14	22/8/2009	22	19	15
21/6/2009	15	13	12	23/8/2009	20	17	14
22/6/2009	16	12	11	24/8/2009	30	21	18
23/6/2009	19	17	12	25/8/2009	19	19	16
24/6/2009	18	15	14	26/8/2009	24	22	15
25/6/2009	17	16	12	27/8/2009	33	26	18
26/6/2009	17	15	11	28/8/2009	28	24	19
27/6/2009	21	18	11	29/8/2009	15	12	10
28/6/2009	18	14	9	30/8/2009	22	20	15
29/6/2009	29	26	21	31/8/2009	2	2	2
30/6/2009	22	20	15	1/9/2009	20	15	13
1/7/2009	26	22	16	2/9/2009	22	20	16
2/7/2009	14	11	10	3/9/2009	20	15	12
3/7/2009	20	18	11	4/9/2009	16	15	12
4/7/2009	16	14	10	5/9/2009	14	12	9
5/7/2009	28	27	22	6/9/2009	14	10	7
6/7/2009	17	15	13	7/9/2009	21	16	13
7/7/2009	19	15	10	8/9/2009	19	16	15
8/7/2009	26	23	16	9/9/2009	19	17	14
9/7/2009	14	13	12	10/9/2009	23	19	15
10/7/2009	21	17	9	11/9/2009	27	26	14
11/7/2009	27	23	16	12/9/2009	26	20	14
12/7/2009	25	20	14	13/9/2009	21	18	16
13/7/2009	17	16	13	14/9/2009	24	18	15
14/7/2009	19	19	14	15/9/2009	18	18	18
15/7/2009	22	21	16				
16/7/2009	19	15	15	15/05-15/09/2009	2495	2148	1702

**Tabella 4.** Decessi giornalieri osservati, 65 anni e più, secondo fasce di età e genere

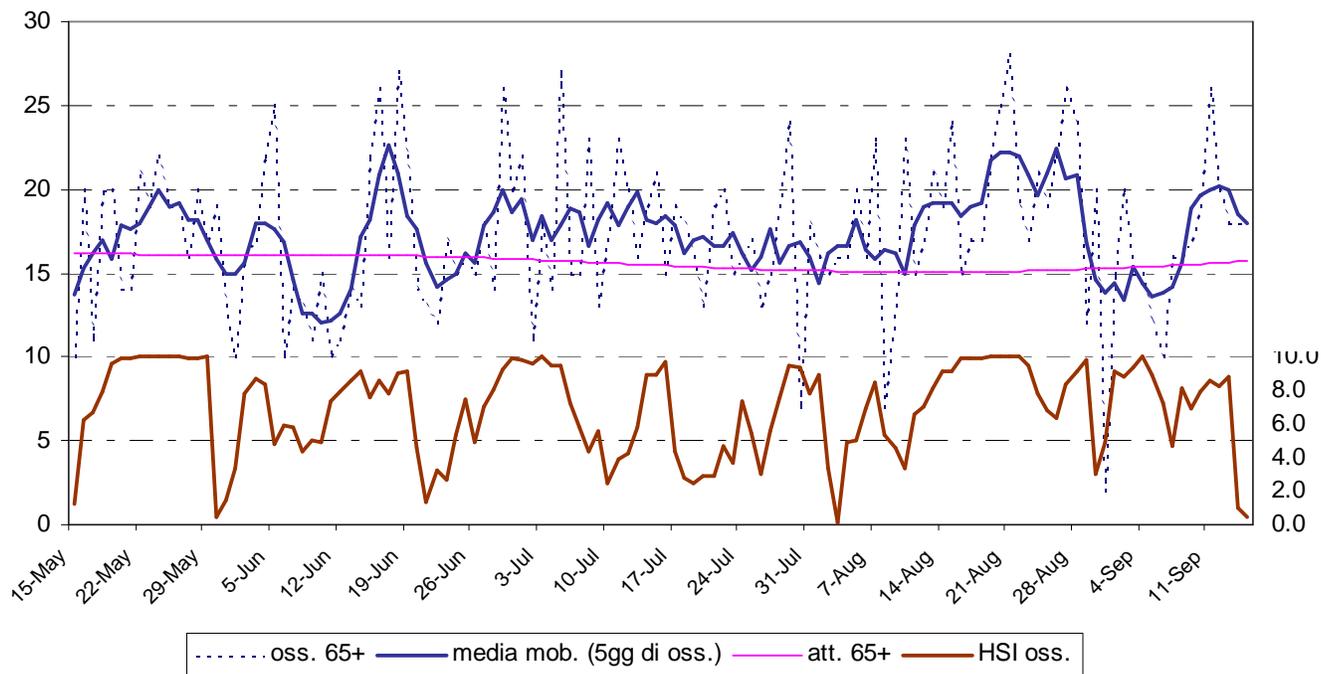
Classi di età Pct di riga Pct di colonna	genere		Totale
	Donne	Uomini	
65-74 anni	197	249	446
	44.17	55.83	20.76
	16.85	25.43	
75-84 anni	409	436	845
	48.40	51.60	39.34
	34.99	44.54	
85 anni e più	563	294	857
	65.69	34.31	39.90
	48.16	30.03	
<b>Totale</b>	<b>1169</b>	<b>979</b>	<b>2148</b>
	54.42	45.58	100.00

**Tabella 5.** Decessi giornalieri osservati, attesi e eccesso nella classe di età 65 anni e oltre

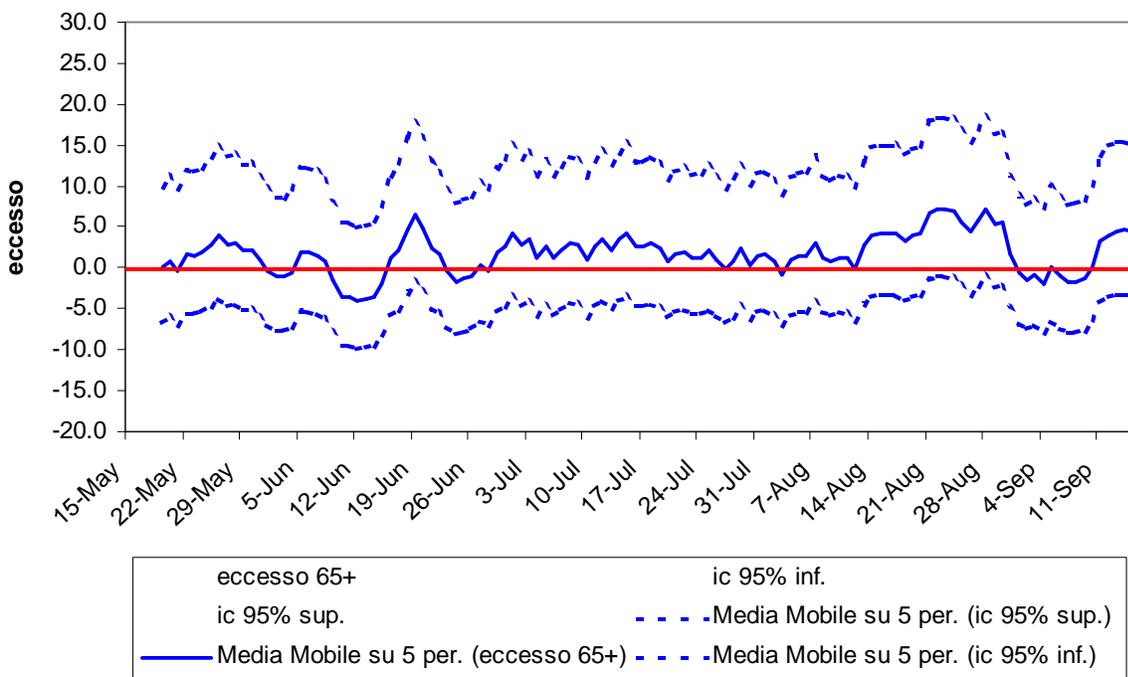
Data	Osservati	Attesi	Oss.-Att.
15 maggio	10	16.2	-6.2
16 maggio	20	16.1	3.9
17 maggio	11	16.1	-5.1
18 maggio	20	16.1	3.9
19 maggio	20	16.1	3.9
20 maggio	14	16.1	-2.1
21 maggio	14	16.1	-2.1
22 maggio	21	16.1	4.9
23 maggio	19	16.1	2.9
24 maggio	22	16.1	5.9
25 maggio	19	16.1	2.9
26 maggio	19	16.1	2.9
27 maggio	16	16.1	-0.1
28 maggio	20	16.1	3.9
29 maggio	17	16.1	0.9
30 maggio	19	16.1	2.9
31 maggio	13	16.1	-3.1
1 giugno	1	16.1	-15.1
2 giugno	12	16.1	-4.1
3 giugno	15	16.1	-1.1
4 giugno	22	16.1	5.9
5 giugno	25	16.1	8.9
6 giugno	10	16.1	-6.1
7 giugno	14	16.1	-2.1
8 giugno	13	16.1	-3.1
9 giugno	11	16.1	-5.1
10 giugno	15	16.1	-1.1
11 giugno	10	16.1	-6.1
12 giugno	11	16.1	-5.1
13 giugno	14	16.1	-2.1
14 giugno	13	16.1	-3.1
15 giugno	22	16.0	6.0
16 giugno	26	16.0	10.0
17 giugno	16	16.0	0.0
18 giugno	27	16.0	11.0
19 giugno	22	16.0	6.0
20 giugno	14	16.0	-2.0
21 giugno	13	16.0	-3.0
22 giugno	12	16.0	-4.0
23 giugno	17	16.0	1.0
24 giugno	15	16.0	-1.0
25 giugno	16	15.9	0.1
26 giugno	15	15.9	-0.9
27 giugno	18	15.9	2.1
28 giugno	14	15.9	-1.9
29 giugno	26	15.9	10.1
30 giugno	20	15.8	4.2
1 luglio	22	15.8	6.2
2 luglio	11	15.8	-4.8
3 luglio	18	15.8	2.2
4 luglio	14	15.8	-1.8
5 luglio	27	15.7	11.3
6 luglio	15	15.7	-0.7
7 luglio	15	15.7	-0.7
8 luglio	23	15.7	7.3
9 luglio	13	15.6	-2.6
10 luglio	17	15.6	1.4
11 luglio	23	15.6	7.4
12 luglio	20	15.6	4.4
13 luglio	16	15.5	0.5
14 luglio	19	15.5	3.5
15 luglio	21	15.5	5.5
16 luglio	15	15.4	-0.4
17 luglio	19	15.4	3.6
18 luglio	18	15.4	2.6
19 luglio	16	15.4	0.6
20 luglio	13	15.3	-2.3
21 luglio	16	15.3	0.7
22 luglio	1	15.3	-14.3
23 luglio	8	15.3	-7.3
24 luglio	16	15.3	0.7
25 luglio	17	15.2	1.8
26 luglio	13	15.2	-2.2

27 luglio	15	15.2	-0.2
28 luglio	19	15.2	3.8
29 luglio	24	15.2	8.8
30 luglio	7	15.2	-8.2
31 luglio	18	15.1	2.9
1 agosto	16	15.1	0.9
2 agosto	15	15.1	-0.1
3 agosto	16	15.1	0.9
4 agosto	16	15.1	0.9
5 agosto	20	15.1	4.9
6 agosto	16	15.1	0.9
7 agosto	23	15.1	7.9
8° agosto	7	15.1	-8.1
9° agosto	13	15.1	-2.1
10 agosto	23	15.1	7.9
11 agosto	15	15.1	-0.1
12 agosto	17	15.1	1.9
13 agosto	21	15.1	5.9
14 agosto	19	15.1	3.9
15 agosto	24	15.1	8.9
16 agosto	15	15.1	-0.1
17 agosto	17	15.1	1.9
18 agosto	17	15.1	1.9
19 agosto	22	15.1	6.9
20 agosto	25	15.1	9.9
21 agosto	28	15.1	12.9
22 agosto	19	15.1	3.9
23 agosto	17	15.1	1.9
24 agosto	21	15.1	5.9
25 agosto	19	15.2	3.8
26 agosto	22	15.2	6.8
27 agosto	26	15.2	10.8
28 agosto	24	15.2	8.8
29 agosto	12	15.2	-3.2
30 agosto	20	15.2	4.8
31 agosto	2	15.3	-13.3
1 settembre	15	15.3	-0.3
2 settembre	20	15.3	4.7
3 settembre	15	15.3	-0.3
4 settembre	15	15.4	-0.4
5 settembre	12	15.4	-3.4
6 settembre	10	15.4	-5.4
7 settembre	16	15.5	0.5
8 settembre	16	15.5	0.5
9 settembre	17	15.5	1.5
10 settembre	19	15.5	3.5
11 settembre	26	15.6	10.4
12 settembre	20	15.6	4.4
13 settembre	18	15.6	2.4
14 settembre	18	15.7	2.3
15 settembre	18	15.7	2.3
<b>Totale</b>	<b>2148</b>	<b>1934.5</b>	<b>213.5</b>
<b>Media giorn.</b>	<b>17.3</b>	<b>15.6</b>	

**Figura 3.** andamento giornaliero di osservati e relativa media mobile, attesi e HSI



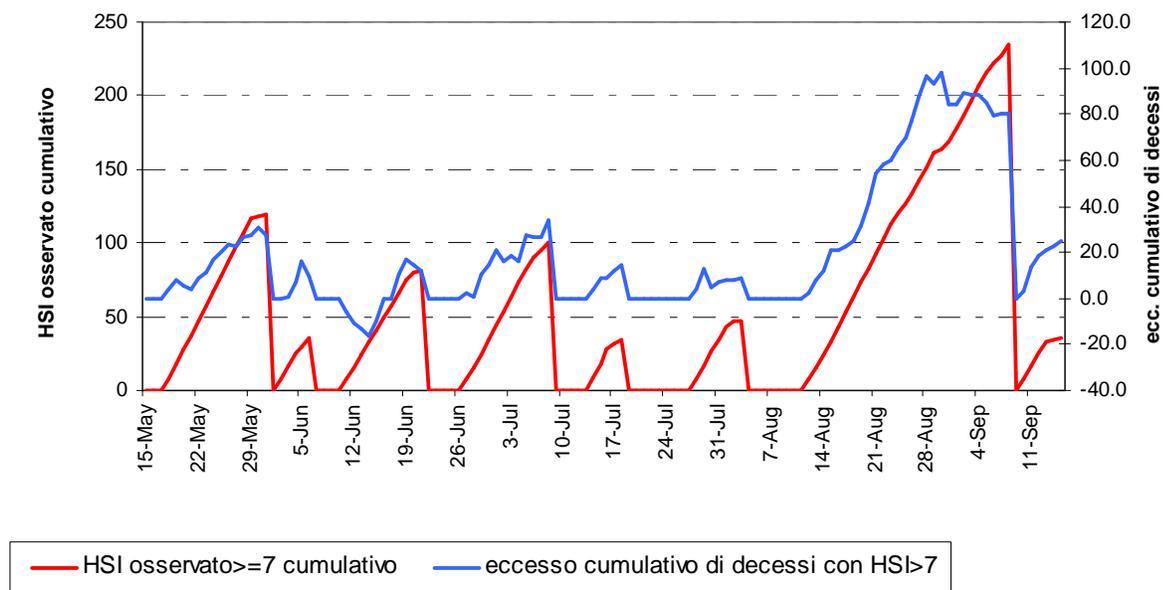
**Figura 4.** eccesso di eventi e limiti di confidenza al 95% (medie mobili)



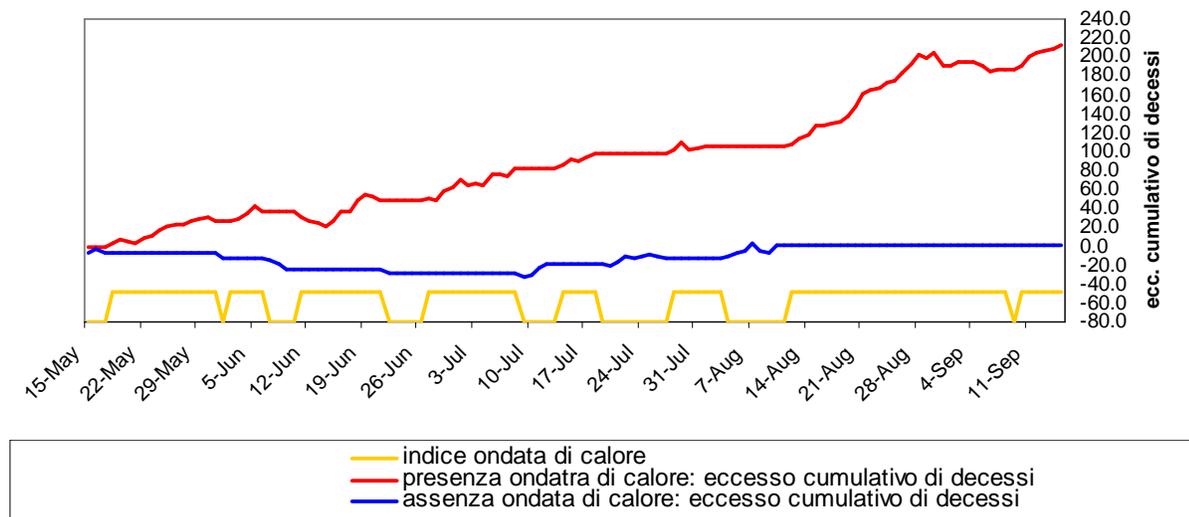
**Tabella 6.** Mortalità osservata e attesa, stima dell'eccesso assoluto e % osservato: 15 maggio - 15 settembre 2009

Periodo	Osservati	Media giornaliera decessi	Attesi	Eccesso (osservati-attesi)	% eccesso	Osservati/attesi	i.c. inf 95%	i.c. sub 95%
Maggio	294	17.3	273.9	20.1	7.3	107	95	120
Giugno	494	16.4	480.6	13.5	2.8	103	94	112
Luglio	538	17.4	479.3	58.7	12.3	<b>112</b>	<b>103</b>	<b>122</b>
Agosto	567	18.3	468.4	98.6	21.1	<b>121</b>	<b>111</b>	<b>131</b>
Settembre	255	17.0	232.4	22.6	9.7	110	97	124

**Figura 5.** HSI e eccesso di eventi cumulativi.



**Figura 6.** eventi in eccesso cumulativi, secondo periodi di ondata di calore.



## Dati meteorologici

Per la stima dell'effetto delle ondate di calore è stato applicato un modello di regressione di Poisson ponendo in relazione funzionale il numero di eventi osservati, in generale e nei diversi luoghi di decesso segnalati dall'anagrafe (abitazione, ospedale, STRUTTURE RESIDENZIALI), con l'indice di stress termico, secondo diversi modelli. Come ulteriori covariate sono state utilizzati indici dummy di giorno festivo e di periodo di vacanze (15/7-30/8), sotto l'ipotesi che i giorni festivi incidano sulla mortalità e per tener conto della minor popolazione presente nel periodo di ferie. Tali variabili si sono rivelate generalmente non significative nella loro capacità esplicativa ma sono state comunque mantenute nel modello per coerenza logica.

E' stato valutato l'effetto dell'indice HSI come variabile continua o discretizzata in classi. Le soglie delle classi sono state scelte in base alla curva di relazione osservati - HSI continuo ottenuta da un modello additivo generalizzato (GAM), tenuto conto che il valore 7 è comunque considerato un valore soglia nella logica dell'albero decisionale per la produzione dei livelli di allarme del bollettino. Le soglie delle classi di HSI sono 0-<5,5-<7,7-<9, 9 e oltre, scelte in base alla curva riportata in [Fig. 5a](#), e al numero di giorni estivi ricadente in ciascuna classe.

## Analisi e validazione dei risultati

L'analisi è stata condotta separatamente per diverse definizioni di stress termico: l'indice del giorno, di uno e due giorni precedenti, la media di questi e il valore massimo. Inoltre, per tener conto di una possibile inerzia nella reattività degli eventi sanitari alle situazioni meteorologiche, sono stati definiti come giorni di "ondata di calore" i periodi consecutivi di stress termico ove si registra un HSI uguale o superiore a 7 per almeno 3 giorni e che perdura per 2 giorni successivi al termine dell'eccesso termico. Le interruzioni di un solo giorno all'interno di un periodo di calore così definito non interrompe la definizione di ondata (vedi ultima colonna di [tab. 4](#)).

Dato che solo l'indice del giorno stesso di morte e la media su tre giorni hanno rivelato capacità predittiva robusta e coerente, i risultati riportati in dettaglio contengono solo questi indicatori di stress termico.

Per una validazione indipendente dei risultati ottenuti con questo approccio è stato poi considerato un modello di regressione di Poisson basato sulle analisi delle serie temporali, al fine di evidenziare meglio la differente forza di associazione tra la mortalità degli anziani e lo stress termico nei 138 giorni estivi considerati. I modelli additivi generalizzati utilizzati considerano l'autocorrelazione degli errori lungo l'asse con un termine temporale di lungo periodo, specifico per le classi di età 65-74, 75-84, 85+. Prove preliminari di modellizzazione hanno provato l'interazione tra la mortalità per stress termico e il luogo di decesso. Perciò i risultati sono riportati separatamente per i decessi avvenuti in casa, in ospedale o in strutture residenziali (residenza sanitaria assistenziale (RSA) o altre strutture). Analisi di sensibilità sul modello dimostrano che i termini per i giorni festivi e il periodo di ferie, e la loro interazione con l'età, sono quasi ininfluenti ma sono stati considerati comunque per completezza logica.

## Scelte metodologiche operate

Confrontando l'andamento della mortalità nel tempo per le tre classi di età considerate (fig. 5b), si nota che la classe 65-74 non abbia una particolare componente non lineare (si ponga attenzione all'asse verticale) e che i nodi aumentano di 1 per ogni classe età: di fatto irrigidire (gradi di libertà =3) nel modello la classe 65-74 anni equivale quasi a porre nel modello solo la parte parametrica. Per le classi successive il modello attribuisce 4 e 5 gradi di libertà. Dopo aver valutato anche la parametrizzazione con i soli componenti lineari per le età 65-74 e 75-84, si è constatato che i rischi conseguenti all'aumento di HSI cambiano in misura quasi irrilevante tra le varie scelte di flessibilità del modello nell'adattarsi a i dati. E' stato scelto un modello conservativo per il quale l'autocorrelazione dei residui non risulta significativa. I criteri di convergenza sono stati forzati a ad essere inferiori a  $10^{-11}$  e le iterazioni minime per raggiungere la convergenza sono stati triplicati rispetto al default (150). Dopo aver esaminato in analisi tutte le misure di calore sopra riportate, la misura di stress termico considerata è stata l'HSI del giorno e la media dell'HSI del giorno e dei due giorni precedenti, in quanto rivela più stabile, sebbene, a parte l'HSI massimo, scarsamente predittivo, tutte le misure dessero risultati simili.

## **4. Risultati e discussione**

### Analisi generale dell'andamento dei decessi

Tra le 6.468 segnalazioni ricevute dall'anagrafe risultano deceduti nel periodo 1 maggio-15 settembre 2.762 soggetti residenti in Torino, dei quali 198 (7,4%) per cause violente. Di questi 2.371 avevano più di 64 anni (86%), il 57% è deceduto in ospedale e il 9% in residenze per anziani (Tab. 2). Il periodo estivo 2007 (per confronto) aveva visto 2.277 soggetti deceduti residenti ultrasessantatrenni (circa 100 in meno del 2008) su un totale di 2.647 decessi. Questo primo dato indica che la mortalità intra torinese 2008 risulta superiore a quella dell'anno precedente, ma nell'interpretazione del dato deve anche essere considerata la congiuntura avversa che forse ha aumentato la popolazione presente in città nel periodo estivo.

Si riporta in Tab. 3 il dettaglio dei decessi giornalieri a Torino nel periodo in studio, secondo le classi di età. Nel periodo si sono osservati in media 20 decessi giornalieri, dei quali 17,2 nella popolazione con più di 64 anni.

La Tab. 4 riporta, sempre per lo stesso livello di dettaglio e per la città di Torino, gli eccessi di eventi sanitari rispetto all'atteso riferiti alla popolazione con più di 64 anni, l'HSI giornaliero osservato, la presenza di ondata di calore come sopra definita e, tra queste colonne, le informazioni salienti riportate sul bollettino, ovvero l'etichetta relativa all'eccesso di eventi sanitari, hsi e il livello di rischio previsti, evidenziati con colori secondo lo standard del bollettino. Si evidenziano nel periodo 3 ondate di calore, relativamente alla stagione: tra giugno e luglio, tra fine luglio e inizi agosto, fine agosto e tutta la prima metà di settembre.

Le figg 16-21 mostrano l'andamento nell'estate 2008 dei casi osservati e attesi a Torino, per l'intero periodo e con ingrandimenti specifici di mese. Si può notare che, come detto, gli attesi sembrano sottostimati sistematicamente in confronto con i casi osservati, collocandosi la linea rossa di interpolazione di questi ultimi per lunghi periodi sempre al di sopra del tratteggio blu indicante i casi attesi. Tale possibile sottostima sarà tenuta in conto nei processi analitici seguenti.

Nel periodo considerato, a fronte dei 2162 decessi attesi tra la popolazione con 65 anni e oltre di età, se ne sono registrati 2371, con un eccesso complessivo di periodo di 209 casi. Se si limita il calcolo ai soli giorni con previsione di possibili effetti sanitari del caldo estremo (colonna 'ondata' in Tab. 4), per i quali si identifica una ondata di calore (dal 20/6 al 10/7 ad esempio), i giorni coinvolti sono 48 e il valore dei casi in eccesso totali è di 128, con un numero medio di eccessi in questi giorni di 2.7. Se i giorni di assenza di ondate di calore (90 nel periodo, eventi in eccesso 77, eccesso medio 0.85) possono essere considerati come base per escludere l'effetto di una eventuale sottostima degli eventi attesi, stante una ipotetica maggiore popolazione presente, si registra comunque un maggiore numero cumulativo di eventi nei giorni 'caldi', con 87 casi in eccesso rispetto a questo nuovo concetto di 'atteso', desunto dai giorni senza eccessi di calore ( $128 - (48 \cdot 0.85)$ ).

L'andamento cumulativo degli eccessi considerati in relazione con i giorni 'caldi' è rappresentato in fig.22 ove, come detto, si registrano alla fine del periodo rispettivamente 128 e 77 eventi in eccesso, separatamente secondo la presenza di ondate di calore e non, rappresentate queste nella parte bassa del grafico da un indice dicotomico (Si/NO).

I casi osservati e attesi sono stati quindi posti in relazione all'indice di stress termico (HSI). Una sintesi dell'andamento nel periodo è riportata in fig. 23. Il numero di decessi giornalieri osservati è caratterizzato da notevoli fluttuazioni casuali. Se tali fluttuazioni sono smorzate tramite una media mobile su 5 giorni (centrata sul giorno indice), l'andamento è in buona misura confrontabile con quello dell'HSI: i giorni in cui gli eventi superano la linea fucsia degli attesi corrispondono circa a picchi di stress da calore superiori alla linea rossa corrispondente al valore di HSI 7, a parte singoli episodi di eccesso giornaliero a giugno e fine agosto.

A fronte di una ottima capacità previsionale dell'indice di stress termico calcolato a Torino in base ai parametri meteorologici previsti rispetto a quello poi osservato (Fig. 24), la previsione a +24 ore della classe di "eccesso di eventi sanitari" mostra un andamento in buon accordo con il numero di eccessi sanitari effettivamente registrato, corroborato dal numero medio di eccessi registrato nei giorni

appartenenti ai diversi gruppi (Fig. 25). Nel 2008 non sono stati registrati giorni per i quali il bollettino ha emanato un eccesso di eventi sanitari previsto di livello 3.

Le correlazioni suesposte sono state misurate attraverso modelli statistici di regressione, sia lineare sia non parametrica, per produrre stime di rischio di morte in presenza di ondate di calore, secondo le suggestioni ricavate osservando le medie delle grandezze in gioco. (Tab. 5). Per disporre di tutte le grandezze utilizzate il periodo in analisi è stato ridotto a 124 giorni, dal 15 maggio al 15 settembre;

Come detto precedentemente nel par. 2.2 i giorni estivi 2008 sono stati raggruppati in classi di HSI, definito come indice del giorno del decesso o media del giorno e dei due giorni precedenti. I gruppi sono riportati in Tab. 6, mentre la Tab. 7 riporta gli andamenti della misura di eccesso di osservati rispetto agli attesi, ove si nota un trend monotono per la misura di calore mediata su 3 giorni.

La relazione lineare tra osservati e HSI del giorno è riportata in Tab. 8 ove viene riportata anche la dimensione di analisi del luogo di decesso, utile per ricavare indicazioni circa eventuali effetti differenziali delle alte temperature secondo il grado di assistenza (ospedali vs abitazione) o di compromissione della salute ed età media (strutture residenziali). Nella tabella si nota come i residenti in strutture residenziali abbiano un aumento significativo lineare di rischio di circa il 6% per ogni grado di HSI, che pare spiegare in misura preponderante la significatività statistica dell'aumento generale del 1.6%.

Come visto nel grafico di fig.5a non sussiste una relazione lineare tra HSI e mortalità, notandosi invece un effetto crescente a partire da HSI maggiore di 5. Le classi di HSI precedentemente descritte possono quindi permettere di apprezzare eventuali effetti non lineari. I grafici delle Figg 26-33, che rappresentano il rischio di morte relativamente ai giorni più freschi (HSI 0-<5) mostrano infatti un andamento più complesso, con la classe di  $hsi \geq 9$ , più debole statisticamente essendo una condizione più rara, non sempre in tendenza lineare rispetto alle altre categorie.

I risultati sono riportati secondo l'indice del giorno o l'indice medio su 3 giorni, essendosi rivelato l'HSI massimo su tre giorni meno efficiente sotto l'aspetto predittivo. Il rischio calcolato sulle condizioni medie di temperatura dei tre giorni antecedenti la morte sembra più facilmente interpretabile in termini di dose di esposizione.