

Le gelate di marzo e aprile 2023 in Emilia-Romagna

Osservatorio Arpae - Struttura IdroMeteoClima

Giulia Villani, Gabriele Antolini, Valentina Pavan

Introduzione

Tra il 16 marzo e il 7 aprile 2023 le aree di pianura e le valli appenniniche dell'Emilia-Romagna sono state interessate da vari eventi di gelate tardive che hanno causato gravi danni alle colture, in particolare alla frutticoltura.

Queste gelate sono giunte dopo un inverno molto caldo, con conseguenze gravi sulle colture frutticole che si trovavano in fase di sviluppo avanzato ed estremamente sensibile ai ritorni di freddo.

Nei paragrafi successivi viene presentata una descrizione delle condizioni meteo-climatiche tra l'ultima parte dell'inverno e la primavera 2023 che hanno concorso a rendere gli eventi di gelata particolarmente dannosi e una descrizione degli eventi stessi.

Descrizione degli eventi

L'inverno 2022-2023

L'inverno che ha preceduto le gelate verificatesi nel 2023 è stato particolarmente caldo. L'analisi climatologica del periodo invernale mette in luce che il mese di dicembre è stato il più caldo dal 1961, con un valore di temperatura media regionale di circa 5,8 °C. Le anomalie mensili sono da attribuire, soprattutto, alle temperature minime giornaliere, che, come media mensile, sono state di 2,9 °C superiori al clima 1991-2020.

Le temperature di gennaio, eccezionalmente elevate nella prima settimana del mese e successivamente più prossime ai valori normali, sono risultate complessivamente superiori al clima 1991-2020 di +2 °C (valore medio regionale di 5,0 °C). L'anomalia positiva rispetto al clima recente è imputabile sia alle temperature massime (+1,5 °C), sia alle minime (+2,5 °C) e assume valori progressivamente crescenti dai rilievi alle pianure.

A febbraio, le oscillazioni termiche tra valori nettamente superiori e valori inferiori alla norma hanno introdotto una grande variabilità. Le temperature risultano, con un valore medio regionale di 5,6 °C, complessivamente superiori al clima 1991-2020 di +1,1 °C.

La figura 1 presenta la serie dei valori giornalieri delle temperature medie regionali nel corso dei primi 4 mesi del 2023.

Nel grafico la linea nera rappresenta i valori di temperatura giornaliera mediata sul territorio regionale e l'estensione della variabilità giornaliera di questo parametro nel periodo 1991-2020 in termini di massimi assoluti (linea rossa tratteggiata) e minimi assoluti (linea blu tratteggiata) assoluti osservati, e variabilità media (fascia verde) che si estende dal 25° al 75° percentile, con la mediana rappresentata dalla linea tratteggiata verde.

Da questo grafico si può osservare che al termine di un gennaio abbastanza variabile, molto caldo nella prima parte del mese, febbraio 2023 è stato caratterizzato da due periodi di anomalia termica positiva, uno iniziale nei primi 5 giorni e l'altro da metà del mese fino al giorno 26. I due intervalli caldi sono stati inframmezzati da un periodo freddo, seguito poi da un altro periodo di anomalie negative alla fine del mese, causato dall'intrusione di aria fredda.

Anche la temperatura di marzo ha mostrato una complessiva anomalia positiva, con frequenti aumenti termici, così che la temperatura media regionale si è avvicinata e in alcuni casi ha superato i valori massimi assoluti climatici, come dal 9 all'11 marzo.

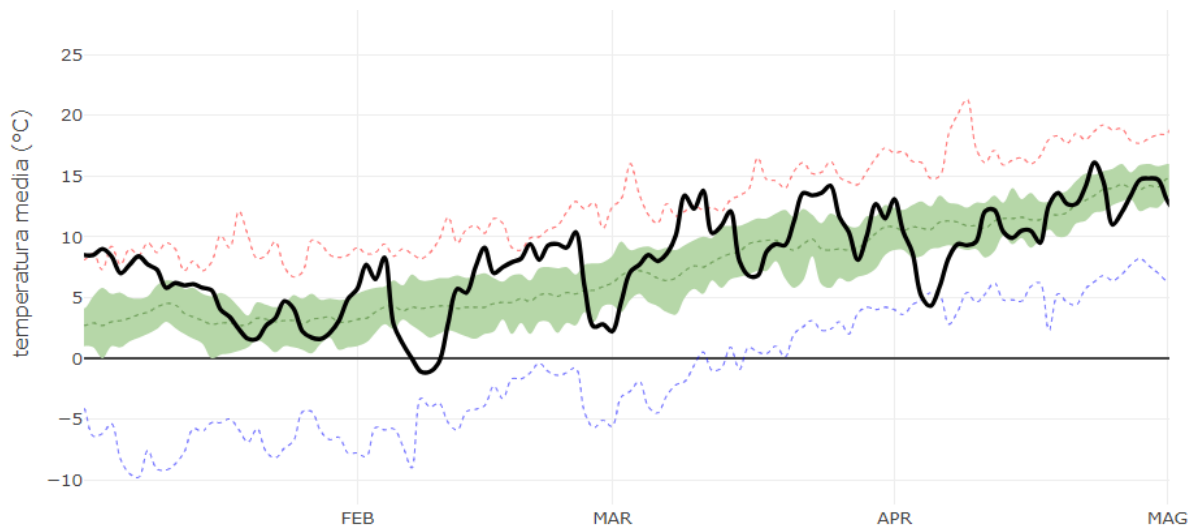


Figura 1: Temperatura media regionale dall'1 gennaio 2023 al 30 aprile 2023 confrontata con i valori climatici 1991-2020 e i valori estremi calcolati sul periodo 1961-2022.

Analisi sinottica degli eventi di marzo e aprile 2023

Dal giorno 16 marzo si è instaurata una tipica configurazione a omega, con un promontorio di alta pressione tra Africa nord-occidentale ed Europa centro-occidentale, che separa due strutture depressionarie, entrambe alimentate da aria di origine polare, una posizionata sull'Atlantico nord-orientale e l'altra tra Scandinavia ed est Europa. La regione Emilia-Romagna è interessata dal promontorio intercyclonico che favorisce il verificarsi di gelate notturne fino al giorno 19, quando una stretta saccatura in discesa sul Mediterraneo occidentale si insinua tra il promontorio in traslazione verso est e un esteso anticiclone in area atlantica, portando una moderata fase di maltempo.

Dopo vari giorni durante i quali il flusso favorisce sulla nostra regione il realizzarsi di condizioni stabili e in prevalenza soleggiate, il giorno 16, una saccatura in rapido avanzamento dalle Isole Britanniche, entrando in fase con la depressione presente sul nord Europa, porta un'avvezione d'aria sensibilmente più fredda, soprattutto in quota, con instabilità sul settore orientale della regione. Dal giorno 28 ritorna l'alta pressione atlantica, associata a un un flusso di correnti secche da nord-ovest in quota e da nord-est al suolo, con stabilizzazione delle condizioni atmosferiche e il verificarsi di gelate notturne. Il periodo si conclude con la traslazione del promontorio anticiclonico verso levante, spinto da una vasta saccatura in avanzamento verso l'Europa centrale, con flusso di correnti sud-occidentali e deboli fenomeni sui rilievi l'ultimo giorno del mese.

Aprile si apre in presenza di un flusso perturbato principale da nord-ovest fino al Mediterraneo centrale, con due minimi, il primo sui Balcani in traslazione verso est e il secondo a ovest della Normandia in discesa sul Mar di Sardegna. La regione è interessata prima da correnti occidentali, con lieve instabilità a ridosso dei rilievi, e poi più fredde da nord-est, per traslazione del minimo dal Mar di Sardegna verso il Sud Italia, con instabilità il giorno 2 anche sulle pianure.

Si instaura poi una configurazione di blocco con ponte anticiclonico dalle Azzorre fino alla Scandinavia e con un'area di relativa bassa pressione sul Mediterraneo, che induce la discesa di aria fredda ma secca dall'Europa orientale e dalla Russia, con condizioni stabili

ma temperature per alcuni giorni sensibilmente inferiori alla media, favorevoli al verificarsi di gelate notturne. La configurazione non muta di fatto fino alla fine della prima decade, tuttavia il trasferimento dei massimi di pressione verso l'area scandinava e siberiana consente a un minimo soprattutto in quota di scendere verso la Francia e di interessare poi la nostra regione tra i giorni 7 e 9, con fenomeni di precipitazione sparsi ma localmente forti. Il temporaneo richiamo di correnti occidentali associate al suo transito e poi correnti dal Mar Nero (meno fredde rispetto ai giorni precedenti) portano a un aumento termico, seppure con temperature ancora leggermente sotto la norma.

Analisi di eventi meteo rilevanti di marzo 2023

Come descritto sopra, durante il mese di marzo è stata osservata una notevole variabilità termica. In figura 2 e 3 si riportano le mappe regionali delle temperature medie minime, massime e relative anomalie rispetto al clima 2001-2020 per i periodi dal 9 all'11 marzo e dal 22 al 25 marzo, quando la regione è stata interessata da intense anomalie termiche positive rispetto alla norma sia per le massime che per le minime.

Tali anomalie in pianura si differenziano in termini quantitativi per le temperature massime e per le minime: rispettivamente le prime si discostano di circa di +5 °C dalla norma, mentre le seconde di +3 °C, con un conseguente aumento dell'escursione termica. Queste settimane particolarmente calde hanno causato un'accelerazione dello sviluppo fenologico delle colture arboree, rendendole ancora più sensibili ai ritorni di freddo.

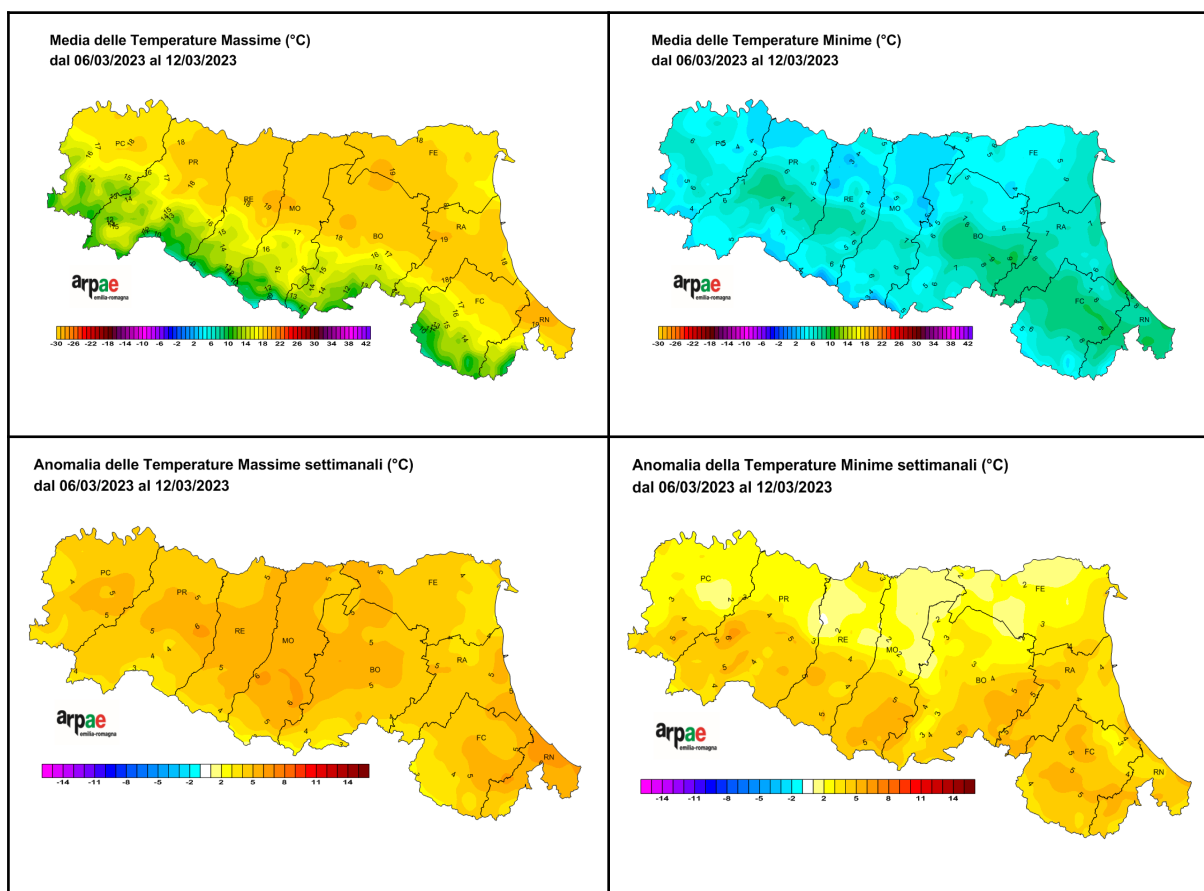


Figura 2: Mappe regionali di temperatura massima e minima nella settimana dal 06/03/2023 al 12/03/2023 e relative anomalie rispetto al clima 2001-2020.

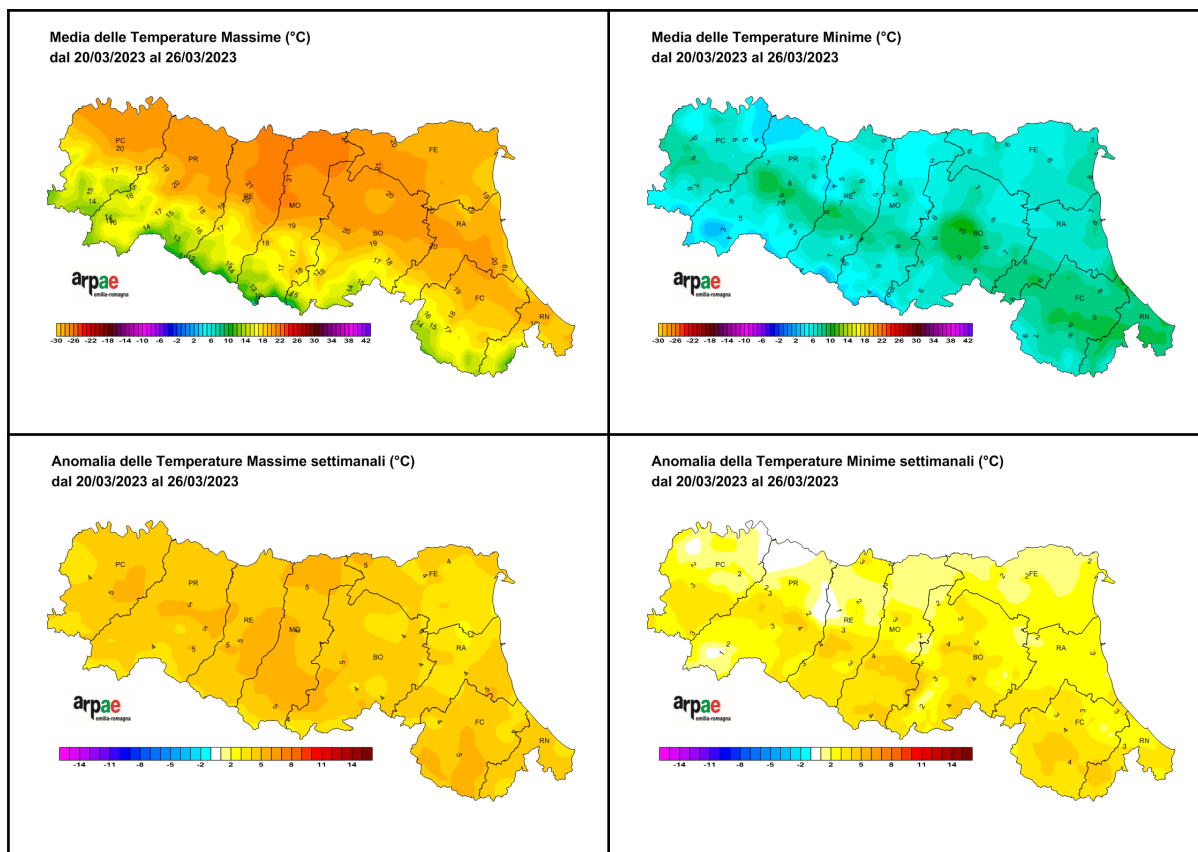


Figura 3: Mappe regionali di temperatura massima e minima nella settimana dal 20/03/2023 al 26/03/2023 e relative anomalie rispetto al clima 2001-2020.

Analisi dettagliata degli eventi di gelata tardiva

La primavera 2023 è stata caratterizzata da tre serie di gelate tardive nelle quali le temperature hanno subito forti abbassamenti notturni e sono scese drasticamente sotto lo zero nella pianura della nostra regione. Tali eventi sono avvenuti **dal 16 al 18 marzo**, il **28 marzo** e **dal 5 al 7 aprile**, si tratta dunque di episodi costituiti per lo più da un susseguirsi di diverse notti nelle quali si sono registrate anomalie termiche che per intensità e durata hanno provocato gravi danni alle produzioni frutticole.

Per avere una descrizione complessiva del quadro agrometeorologico dei tre periodi, si può fare riferimento ai bollettini settimanali agrometeo di ARPAE relativi alla [11° settimana](#), [13° settimana](#) e alla [14° settimana](#) del 2023.

La tabella 1 mostra i valori medi orari più bassi assoluti registrati dalla rete regionale di stazioni meteorologiche di ARPAE durante gli episodi di gelata tardiva; nell'elenco per ogni provincia viene riportata la stazione che ha registrato la temperatura media oraria più bassa, includendo solo quelle che hanno registrato valori inferiori a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ collocate su fondo valle o in pianura. Il colore di sfondo delle celle diversifica i tre eventi.

Si può notare che per valori di temperatura registrati e per estensione l'evento dell'inizio di aprile (dal 5 al 7 aprile) è stato il più intenso e più diffuso a livello territoriale. In particolare le temperature registrate il 5 e 6 aprile sono state le più basse sul maggior numero di stazioni.

Data evento	Stazioni	Provincia
16/03	Castellazzo Villanova D'Arda -2.0 °C 06:00 UTC Zibello -1.6 °C 06:00 UTC Rolo -1.5 °C 05:00 UTC Mirandola -1.4 °C 05:00 UTC Aguscello -1.8 °C 06:00 UTC San Cassiano sul Lamone -1.2 °C 05:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Modena Ferrara Ravenna
17/03	Castellazzo Villanova D'Arda -1.1 °C 05:00 UTC Zibello -1.0 °C 06:00 UTC Cavriago -2.0 °C 06:00 UTC Marzaglia -2.2 °C; Cortile di Carpi -2.2 °C 05:00 UTC Aguscello -2.2 °C 05:00 UTC Sasso Morelli -1.8 °C 05:00 UTC San Cassiano sul Lamone -2.6 °C 05:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Modena Ferrara Bologna Ravenna
18/03	Castellazzo Villanova D'Arda -1.0 °C 05:00 UTC Zibello -1.7 °C 05:00 UTC Mirandola -2.6 °C 05:00 UTC Aguscello -1.6 °C 05:00 UTC Sant'Agata Bolognese -1.4 °C 04:00 UTC	Piacenza Parma Modena Ferrara Bologna
28/03	Castellazzo Villanova D'Arda -1.0 °C 04:00 UTC Zibello -1.0 °C 03:00 UTC Ponte Cavola -3.1 °C 05:00 UTC Vergato -1.2 °C 06:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Bologna
05/04	Castellazzo Villanova D'Arda -3.1 °C 05:00 UTC Gainago -2.4 °C 05:00 UTC Ponte Cavola -5.0 °C 05:00 UTC Marzaglia -3.5 °C 05:00 UTC Sant'Agata Bolognese -3.0 °C 05:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Modena Bologna
06/04	Castellazzo Villanova D'Arda -3.0 °C 05:00 UTC Gainago -2.6 °C 05:00 UTC Ponte Cavola -5.7 °C 05:00 UTC Mirandola -4.9 °C 05:00 UTC Vergato -4.8 °C 05:00 UTC Aguscello -4.2 °C 05:00 UTC S. Cassiano sul Lamone -4.1 °C 05:00 UTC Roversano -1.5 °C 03:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Modena Bologna Ferrara Ravenna Forlì Cesena
07/04	Castellazzo Villanova D'Arda -1.2 °C 05:00 UTC Zibello -1.5 °C 05:00 UTC Ponte Cavola -2.0 °C 05:00 UTC Cortile di Carpi -1.8 °C 05:00 UTC Vergato -2.1 °C 05:00 UTC	Piacenza Parma Reggio Emilia Modena Bologna

	Aguscello -1.5 °C 05:00 UTC S. Cassiano sul Lamone -2.3 °C 05:00 UTC	Ferrara Ravenna
--	---	--------------------

Tabella 1: Lista delle stazioni meteorologiche di ARPAE che hanno registrato le temperature medie orarie più basse registrate per provincia durante gli episodi di gelata tardiva (criteri di selezione: $T_{min} < -1$ °C e altitudine < 500 m)

La descrizione degli eventi a livello regionale su mappa

Le mappe da figura 4 a figura 10 presentano la distribuzione delle temperature medie orarie nell'ora più fredda per ogni evento di gelata sul territorio regionale. I valori sono interpolati su una griglia caratterizzata da una risoluzione di 450 m, tenendo in conto la quota sul livello del mare, l'eventuale inversione termica, la posizione topografica (fondovalle, crinale, depressione in pianura ecc.) e l'isola di calore urbana.

Inoltre, per le stazioni elencate in Tabella 1, sono riportati anche i grafici con i dati di temperatura media oraria rappresentati come serie temporale per l'evento dal 16 al 18 marzo, del 28 marzo (dati dal 27 al 29 marzo) e dal 5 al 7 aprile 2023.

In termini generali, questi tre eventi si sono susseguiti a distanza di alcune settimane l'uno dall'altro, e quindi hanno avuto impatti differenti e progressivamente più dannosi al progredire dello sviluppo fenologico delle colture. Inoltre, come sopra accennato, tra le gelate tardive durante i periodi dal 9 all'11 marzo e dal 22 al 25 marzo si sono registrate cospicue anomalie termiche positive rispetto alla norma sia per le massime che per le minime.

Durante i primi eventi di gelata dal 16 al 18 marzo, la temperatura media oraria più bassa è stata registrata il 17 marzo alle 5:00 UTC a San Cassiano sul Lamone con -2.6 °C e lo stesso valore è stato registrato a Mirandola il 18 marzo alle 5:00 UTC.

L'evento successivo del 28 marzo è stato di magnitudine minore, sia per durata che per estensione, su aree limitate della pianura occidentale. Il minimo assoluto si è registrato a Ponte Cavola (altitudine: 367 m) con -3.1 °C alle 5:00 UTC. Si noti che la mappa delle temperature medie in figura 7 presenta la situazione che si è verificata alle ore 4:00 UTC, nella quale in media le temperature sono state complessivamente le più basse.

Come verrà spiegato in seguito, le condizioni atmosferiche della mattina del 28 marzo differiscono dalle altre qui presentate poiché il raffreddamento è stato attenuato da venti di intensità non trascurabile, che hanno limitato l'abbassamento delle temperature.

Infine, la serie di gelate radiative che si sono susseguite dal 5 al 7 aprile è stata la peggiore per durata, area investita e intensità. Si è trattato di tre notti consecutive nelle quali la temperatura è scesa sotto -1 °C in un'area progressivamente più ampia della regione. In particolare, la mappa del 6 aprile mostra che temperature al di sotto di -1 °C hanno interessato l'intero territorio di pianura e collina, con limitate eccezioni. Il 6 aprile inoltre è stato registrato il valore minimo assoluto di tutto il periodo: -5.7 °C a Ponte Cavola.

Temperatura media oraria (°C) - 16/03/2023 ore 05:00 UTC

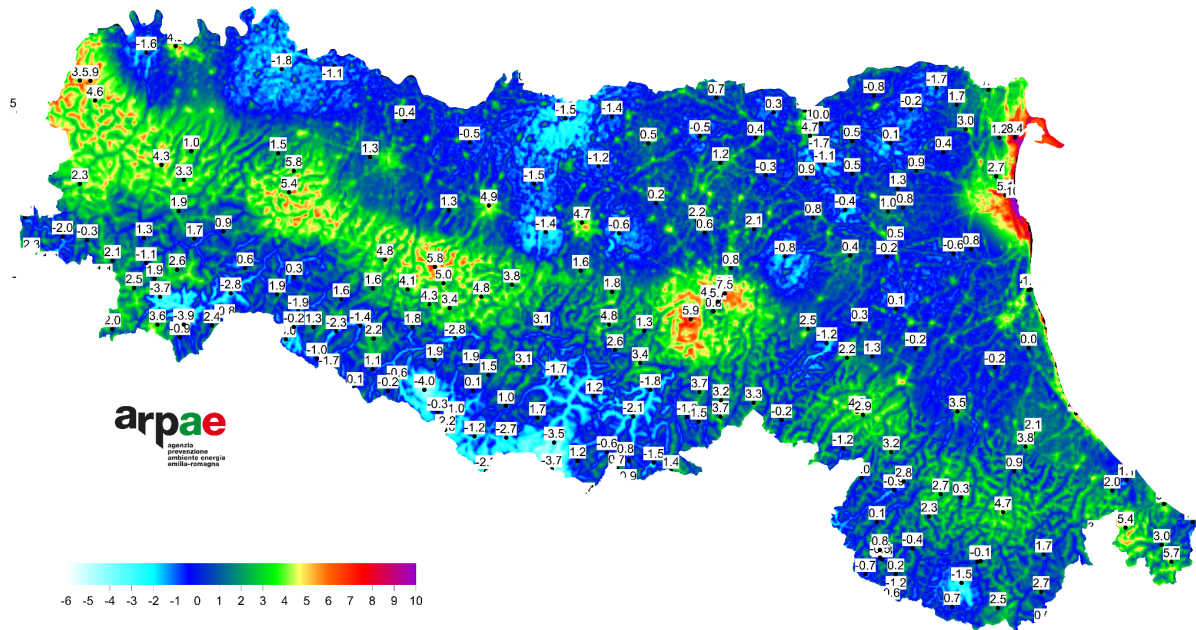


Figura 4: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 16/03/2023 alle ore 5:00 UTC

Temperatura media oraria (°C) - 17/03/2023 ore 05:00 UTC

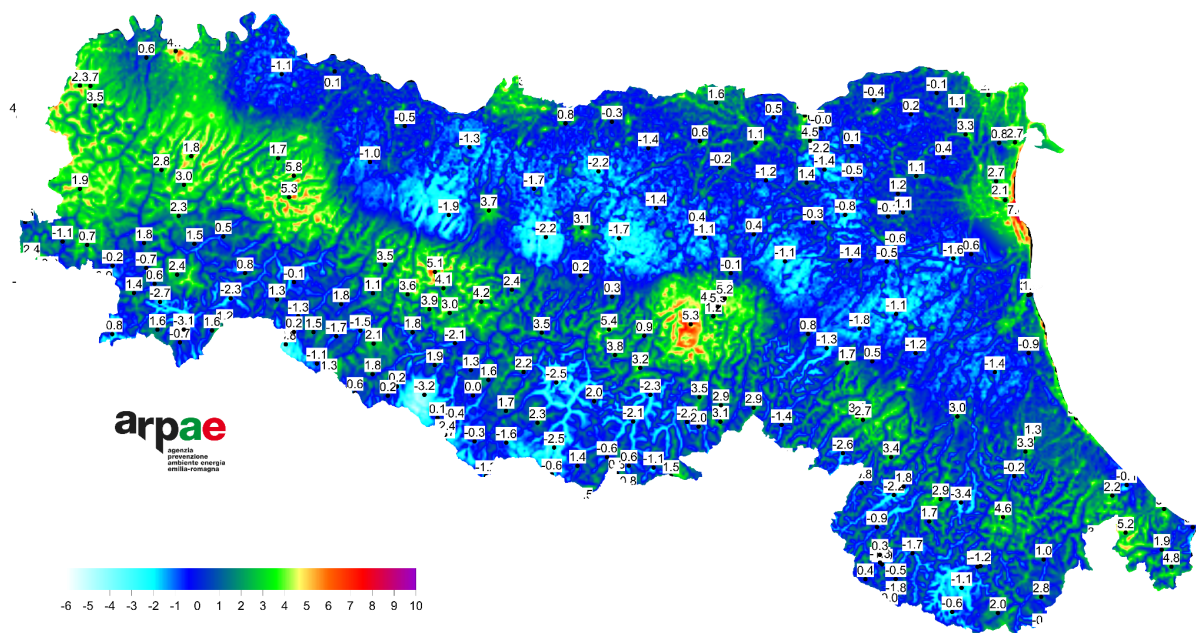


Figura 5: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 17/03/2023 alle ore 5:00 UTC

Temperatura media oraria (°C) - 18/03/2023 ore 05:00 UTC

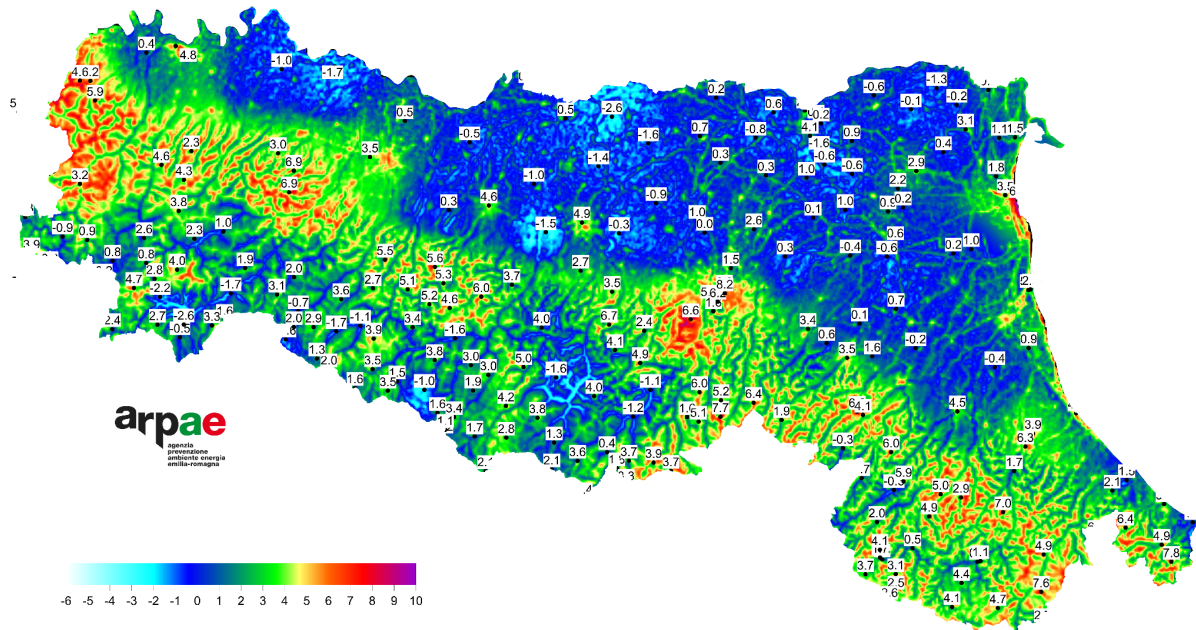
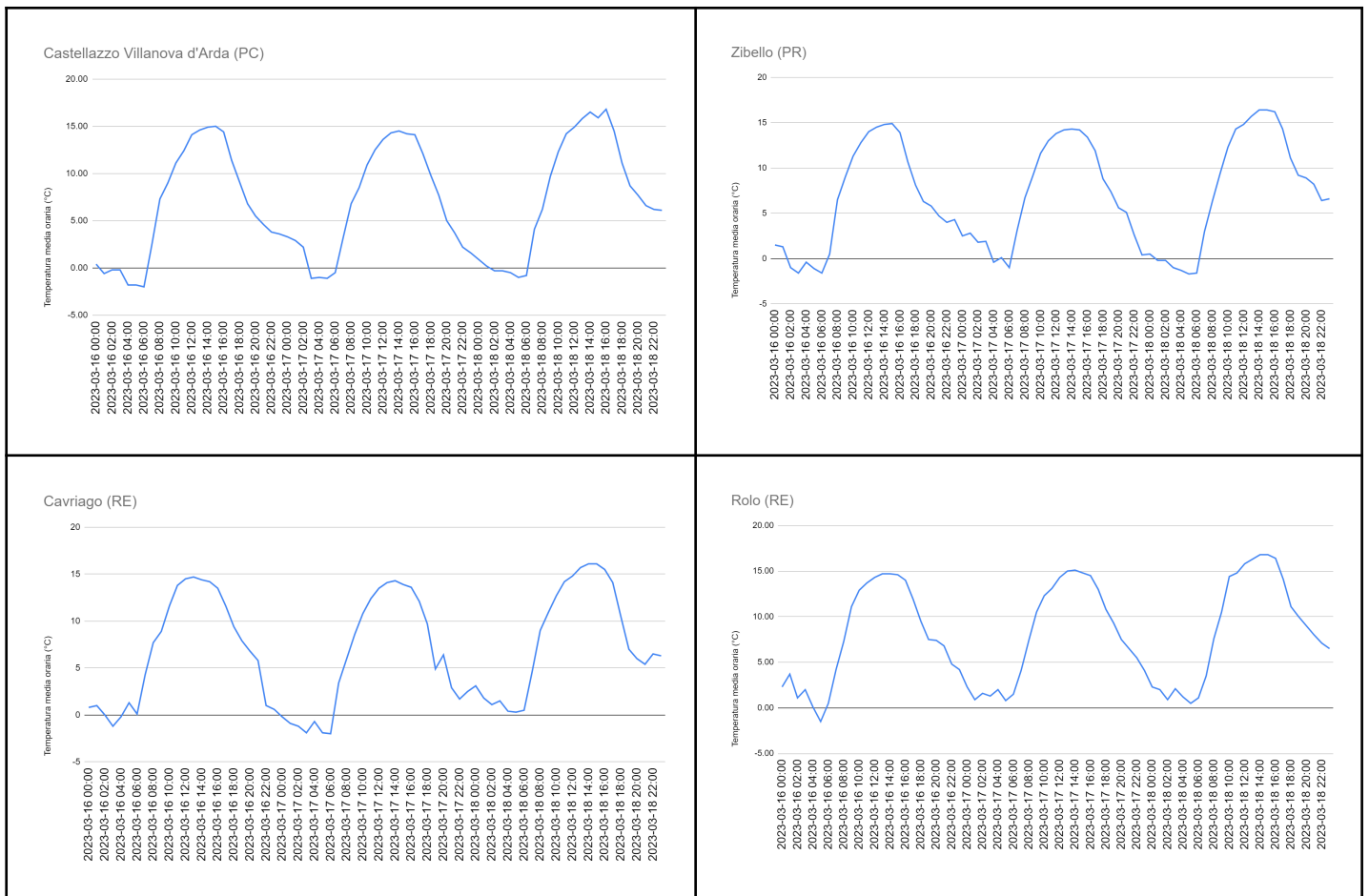
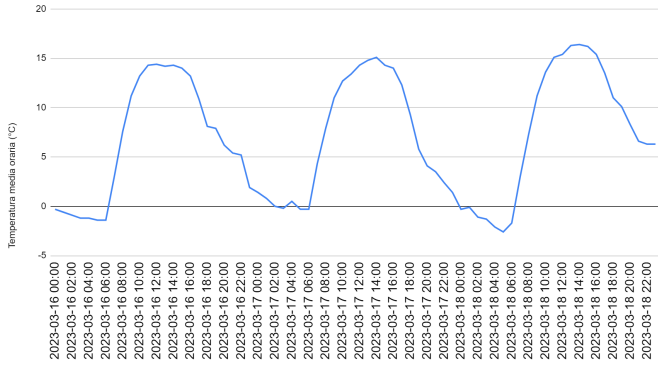


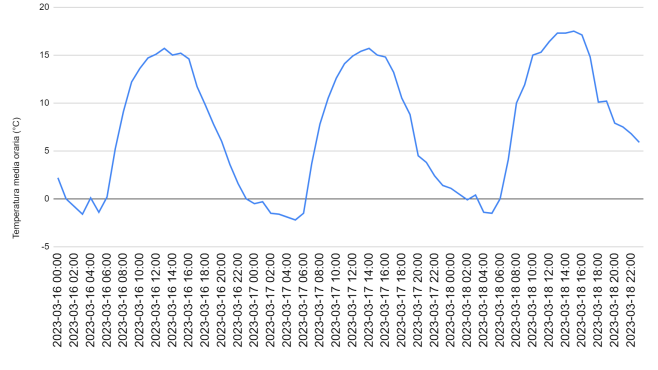
Figura 6: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 18/03/2023 alle ore 5:00 UTC



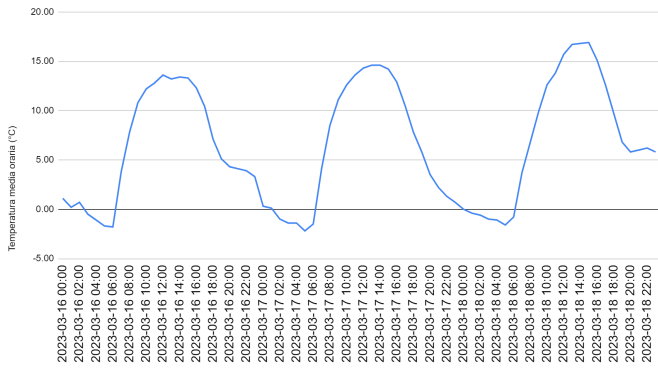
Mirandola



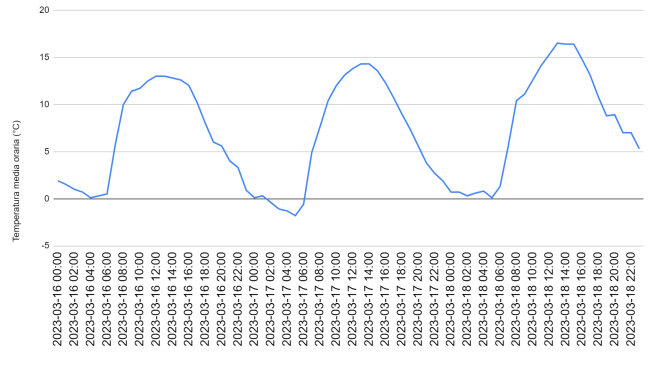
Marzaglia (MO)



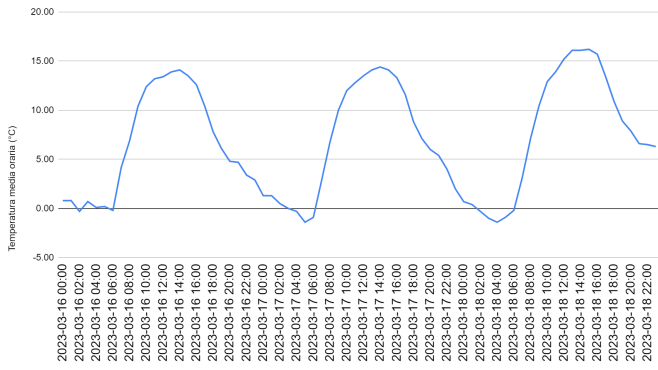
Aguscello (FE)



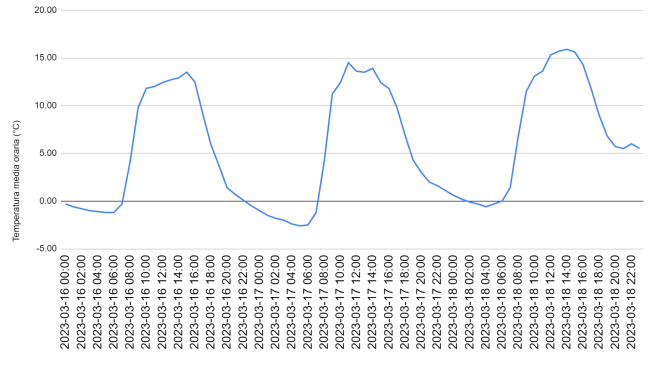
Sasso Morelli (BO)



Sant'Agata Bolognese (BO)



S. Cassiano sul Lamone (RA)



Temperatura media oraria (°C) - 28/03/2023 ore 04:00 UTC

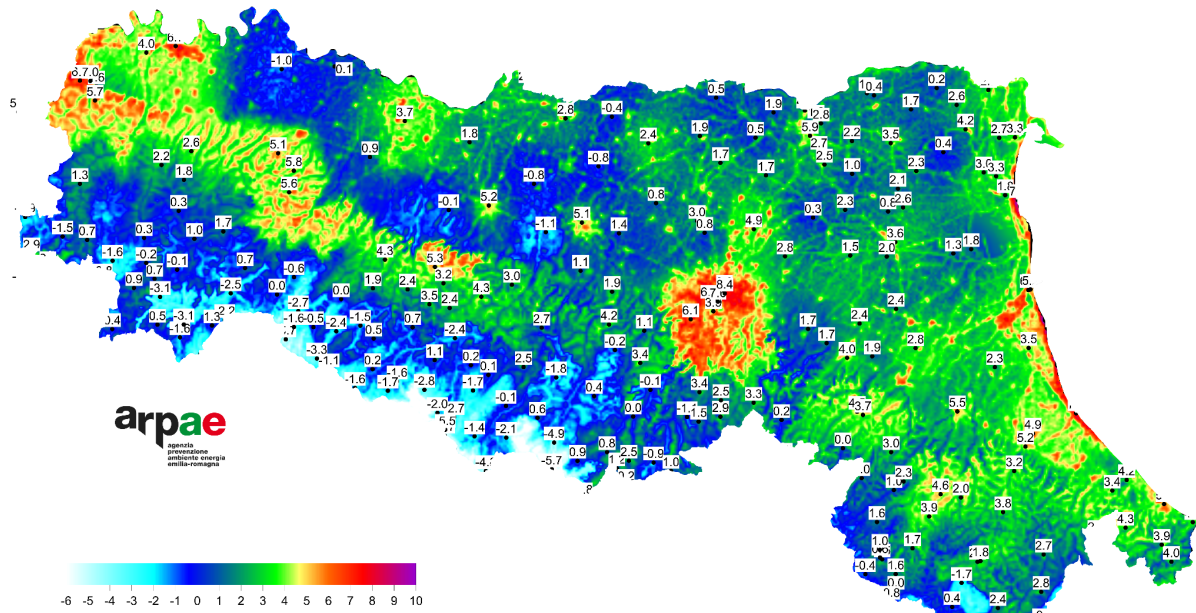
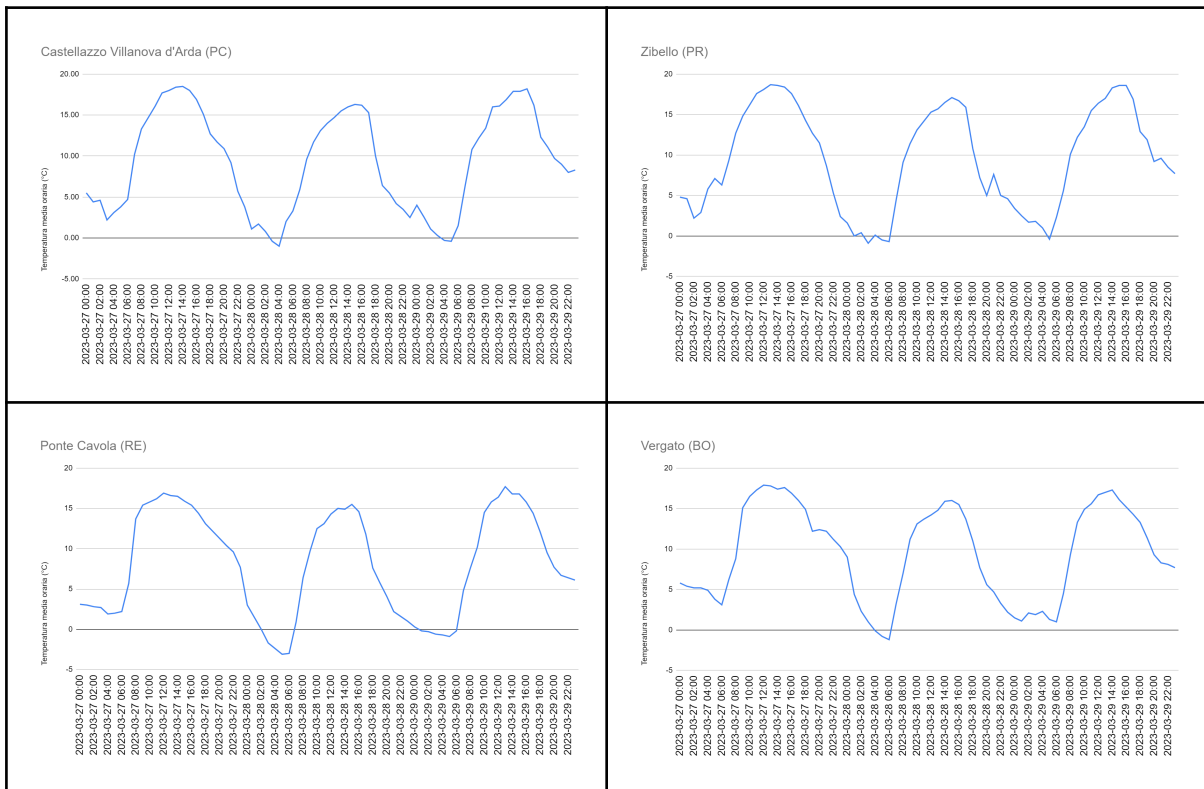


Figura 7: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 28/03/2023 alle ore 4:00 UTC



Temperatura media oraria (°C) - 05/04/2023 ore 05:00 UTC

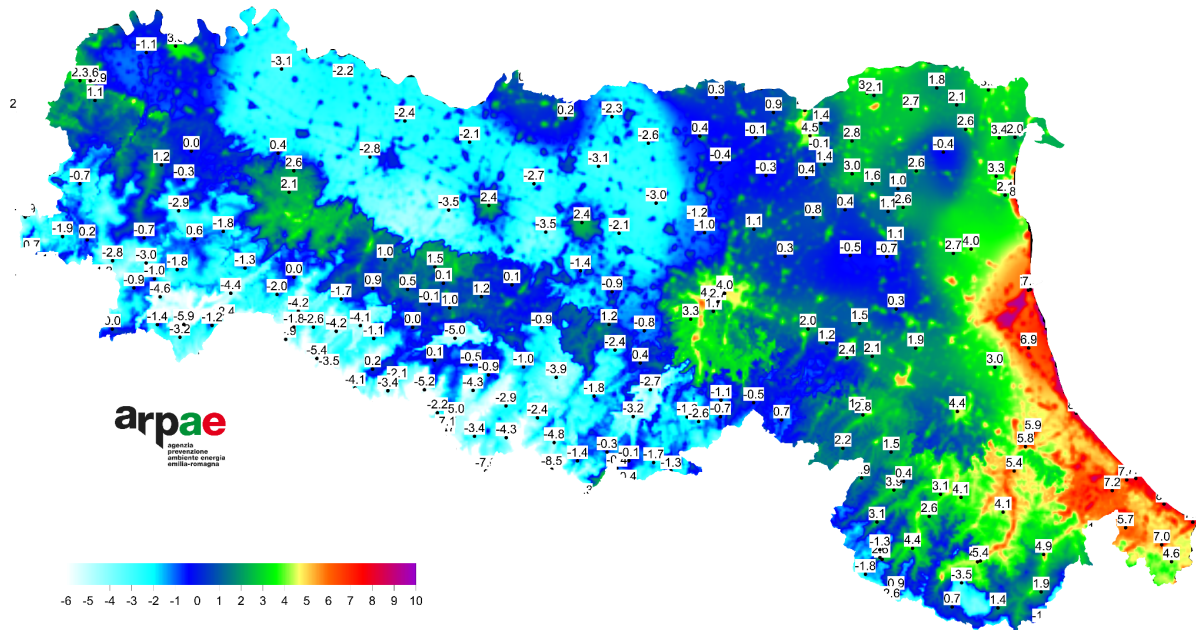


Figura 8: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 05/04/2023 alle ore 5:00 UTC

Temperatura media oraria (°C) - 06/04/2023 ore 05:00 UTC

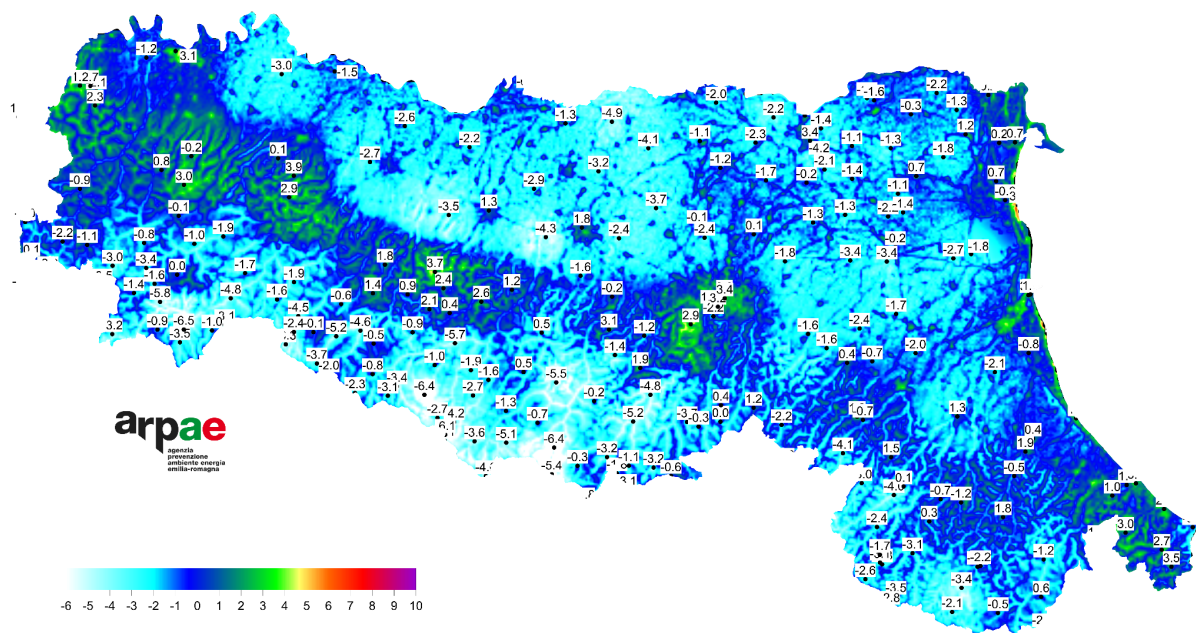


Figura 9: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 06/04/2023 alle ore 5:00 UTC

Temperatura media oraria (°C) - 07/04/2023 ore 05:00 UTC

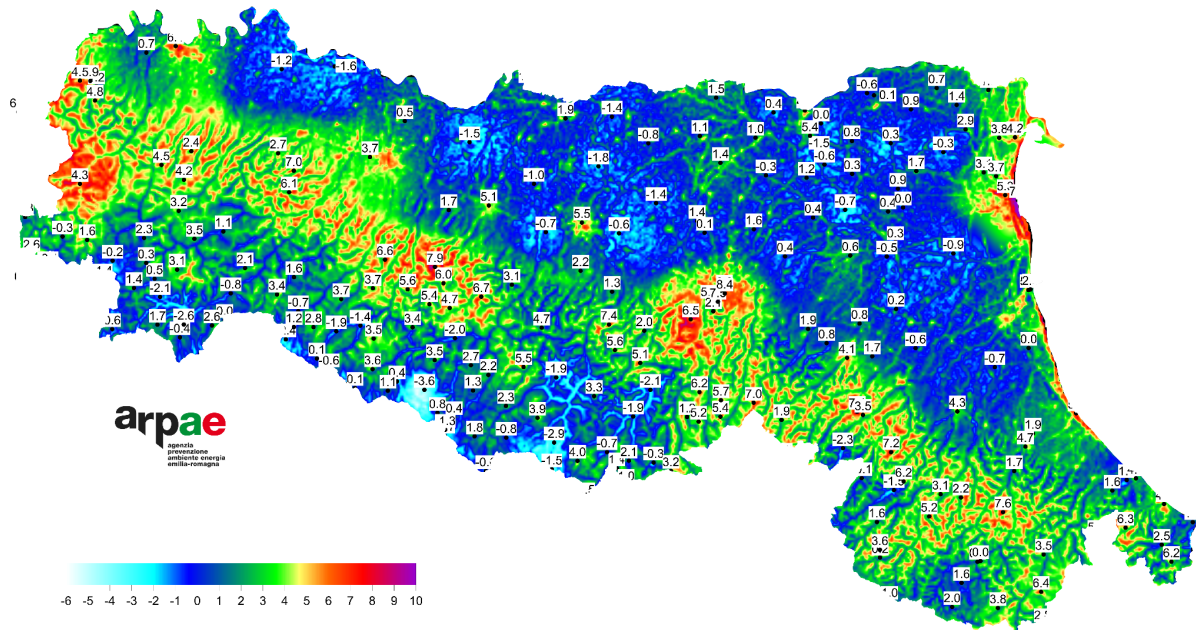
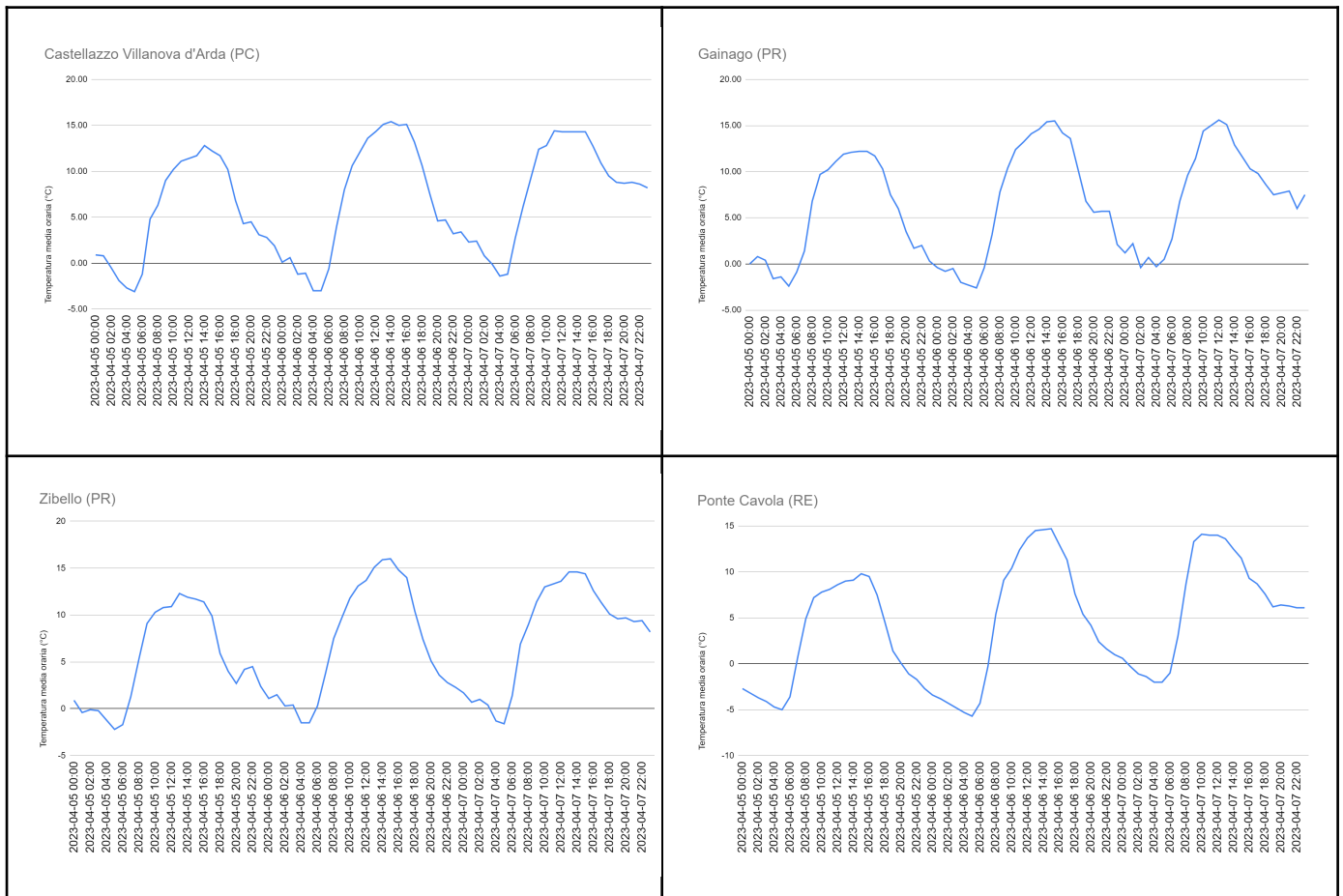


Figura 10: Mappa regionale di temperatura media oraria (°C) del 07/04/2023 alle ore 5:00 UTC



Le gelate tardive qui descritte sono da attribuirsi prevalentemente a un raffreddamento di tipo radiativo. Le cause fisiche di questo tipo di gelata sono dovute alle perdite notturne di calore del suolo per irraggiamento da parte del terreno e delle piante stesse, in condizioni di bassa umidità relativa e calma di vento a livello locale. Le gelate per avvezione sono invece causate da incursioni di masse estese di aria fredda di origine polare o artica. Una configurazione tipica è la successione temporale in cui la circolazione atmosferica favorisce l'afflusso di aria fredda da nord, con possibili gelate avvelte, seguite da condizioni anticicloniche in cui l'atmosfera è limpida e secca, e può favorire un ulteriore forte raffreddamento notturno di tipo radiativo.

Per approfondire questi aspetti, in particolare la natura dei fenomeni di raffreddamento, è stata condotta anche un'analisi dei profili termici verticali in corrispondenza dei periodi in cui si sono verificate le gelate tardive 2023. Tali profili provengono dai radiosondaggi effettuati ogni giorno alle 23:00 UTC alla Base Meteorologica di ARPAE a San Pietro Capofiume (provincia di Bologna).

Dal profilo termico presentato in figura 11 che si riferisce alle 23:00 UTC del 27 marzo, è evidente come l'inversione termica sia meno accentuata rispetto a quella del 5 aprile (figura 13). Questo è dovuto al rimescolamento causato da venti non trascurabili al suolo, come si può notare dalla figura 12, dove sono riportati i venti provenienti da Nord-Est (6.8 m/s a San Pietro Capofiume), registrati nell'ora corrispondente al radiosondaggio. Tali condizioni anemometriche hanno limitato il raffreddamento notturno nelle aree della pianura centro-orientale, come rilevato dalla mappa delle temperature del 28 marzo (figura 7), nonostante l'aria particolarmente secca, come è evidente dal confronto tra temperatura dell'aria e di rugiada.

La figura 14 presenta la mappa dei venti per l'ora in cui è stato rilevato il profilo termico in figura 13. Come si può notare, in pianura nel corso dell'ora considerata erano presenti condizioni di calma di vento (0.3 m/s a San Pietro Capofiume) che hanno favorito l'intensificarsi dell'inversione termica negli strati più bassi dell'atmosfera.

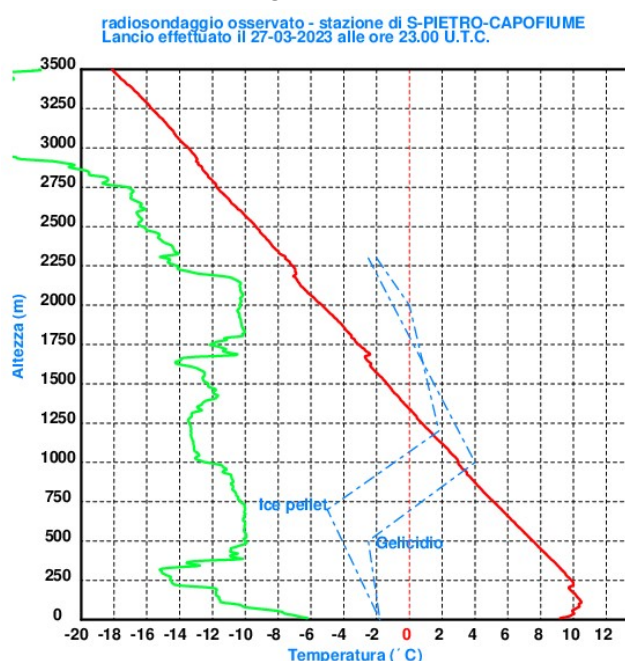


Figura 11: Profilo termico di San Pietro Capofiume del 27/03/2023 23:00 UTC. In rosso la temperatura dell'aria, in verde la temperatura di rugiada.

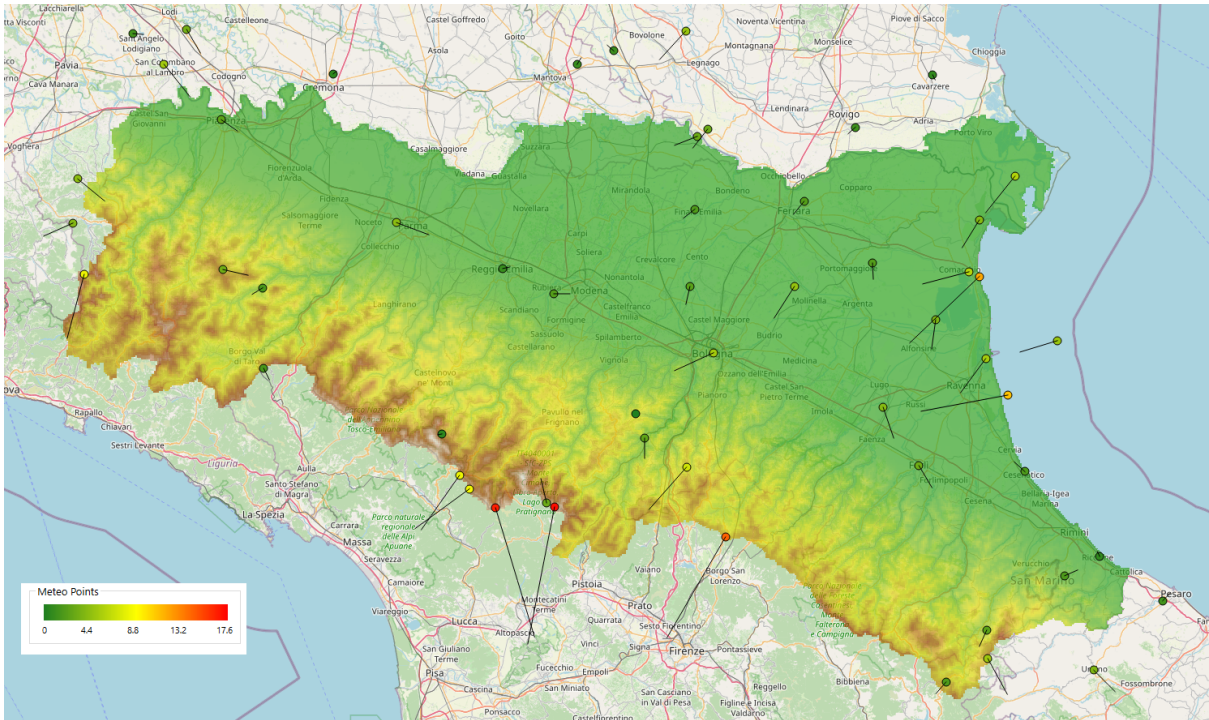


Figura 12: Mappa del vento vettoriale (i colori indicano l'intensità scalare, la lunghezza delle linee l'intensità vettoriale, la direzione delle linee la direzione verso cui spira il vento) - 27/03/2023 23:00 UTC (unità di misura: $m s^{-1}$)

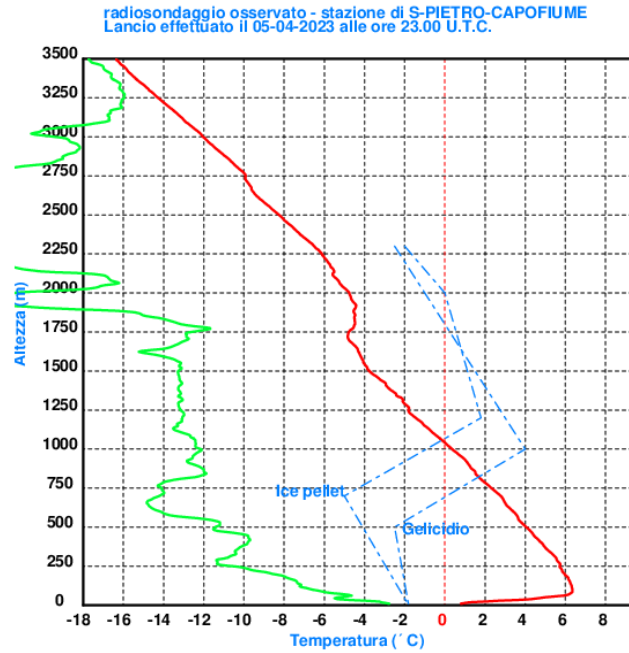


Figura 13: Profilo termico di San Pietro Capofiume del 05/04/2023 23:00 UTC. In rosso la temperatura dell'aria, in verde la temperatura di rugiada.

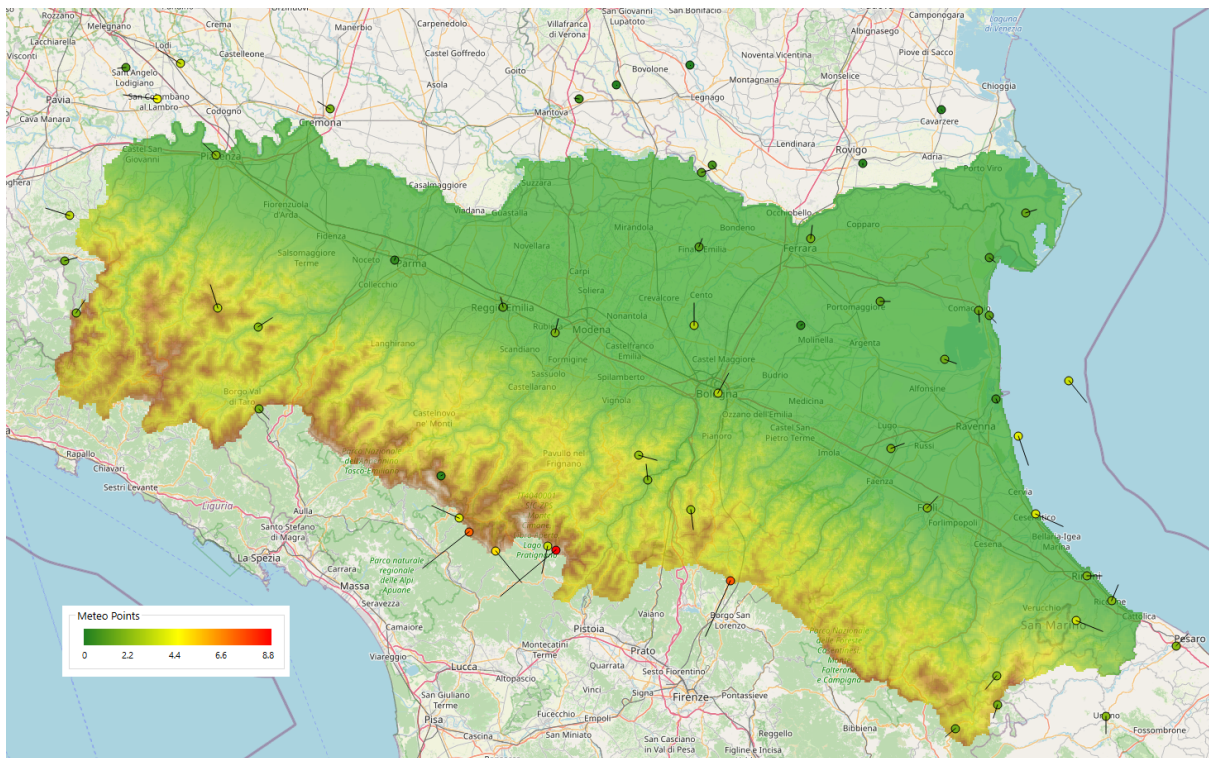


Figura 14: Mappa del vento vettoriale (i colori indicano l'intensità scalare, la lunghezza delle linee l'intensità vettoriale, la direzione delle linee la direzione verso cui spira il vento) - 05/04/2023 23:00 UTC (unità di misura: $m s^{-1}$)

Conclusioni e impatti

Nel corso della prima parte della primavera 2023 e al termine di un inverno generalmente mite, si sono verificati alcuni eventi di gelate tardive, inframmezzate da anomalie termiche positive piuttosto intense. Le temperature invernali superiori alla media e le intense anomalie termiche positive primaverili hanno favorito il verificarsi di un anticipo fenologico delle piante da frutto che si sono trovate nelle prime settimane del mese di aprile 2023 in una fase particolarmente sensibile alle gelate tardive. Il verificarsi delle stesse, soprattutto dell'ultima, durante la quale le temperature hanno raggiunto i valori più bassi e su un'ampia area hanno assunto valori inferiori a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ per molte ore, ha così causato ingenti danni sulle colture arboree: le perdite per alcune produzioni si aggirano attorno al 70% (albicocche) e che in alcune zone e alcuni prodotti, come le pere, sono arrivate fino all'80% (fonte: [Regione Emilia-Romagna](#)).