



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Rapporti OM

N. 186

ANALISI DEL FENOMENO DI BLOCCO ATMOSFERICO OSSERVATO A TRIESTE TRA AGOSTO 2003 ED AGOSTO 2018

Sofia Flora
Stefano Cirilli
Fulvio Crisciani
Renzo Mosetti

Trieste settembre 2018

1 Breve introduzione teorica

Il blocco atmosferico [1] è una configurazione dell'atmosfera particolarmente stabile, caratterizzata dalla persistenza di alta pressione (anticiclone di blocco) che interrompe la propagazione delle perturbazioni atlantiche provenienti da ovest.

L'analisi matematica mostra che generalmente un blocco può essere ottenuto dalla sovrapposizione di un opportuno flusso medio zonale e un'onda di Rossby e che ha un decorso di circa 15 giorni, periodo ben più alto dei tipici pochi giorni di alternanza "bel tempo-brutto tempo".

2 Obiettivi

Scopo dello studio è quello di rilevare il fenomeno di blocco atmosferico di alta pressione a Trieste in un periodo di 15 anni, verificarne la durata, lo sviluppo e possibili conseguenze su scala locale.

3 Procedimento ed analisi dei dati

3.1 Analisi di dati di pressione

Si è fatto uso dei seguenti programmi e software:

- Excel
- Gretl
- Regime Shift Detection

Si è fatto uso di tre serie di dati di pressione atmosferica media giornaliera, relative alle seguenti stazioni OSMER di Trieste:

- molo Fratelli Bandiera [2]
- Istituto Nautico [3]
- Borgo Grotta Gigante [4]

Le tre serie non ricoprivano lo stesso arco di tempo e presentavano alcune lacune. Si è quindi scelto, come serie dati di riferimento, quella relativa alla stazione del molo Fratelli Bandiera, essendo quella con maggior numero di dati in un periodo di tempo più lungo. Si è proseguito con l'operazione di riempimento dei dati mancanti. Laddove la carenza era puntuale, la si è colmata facendo la media del dato del giorno precedente con quello successivo. Nel caso di dati mancanti consecutivi (mai più di quattro), dopo aver verificato la concordanza dell'andamento delle tre serie in prossimità di essi, si è fatto uso delle funzioni statistiche del programma Gretl.

Al fine di correlare i dati a disposizione, si è preferito abbinare quelli del molo Fratelli Bandiera a quelli dell'Istituto Nautico, a motivo della vicinanza geografica tra le due stazioni di rilevamento. Si è fatto un grafico a dispersione, riportato in Figura 1, ponendo i primi dati in ordinata ed i secondi in ascissa. Si è così ricavata la retta interpolante da utilizzare come funzione di riempimento delle lacune. In questo modo è stata ricavata una serie dati completa.

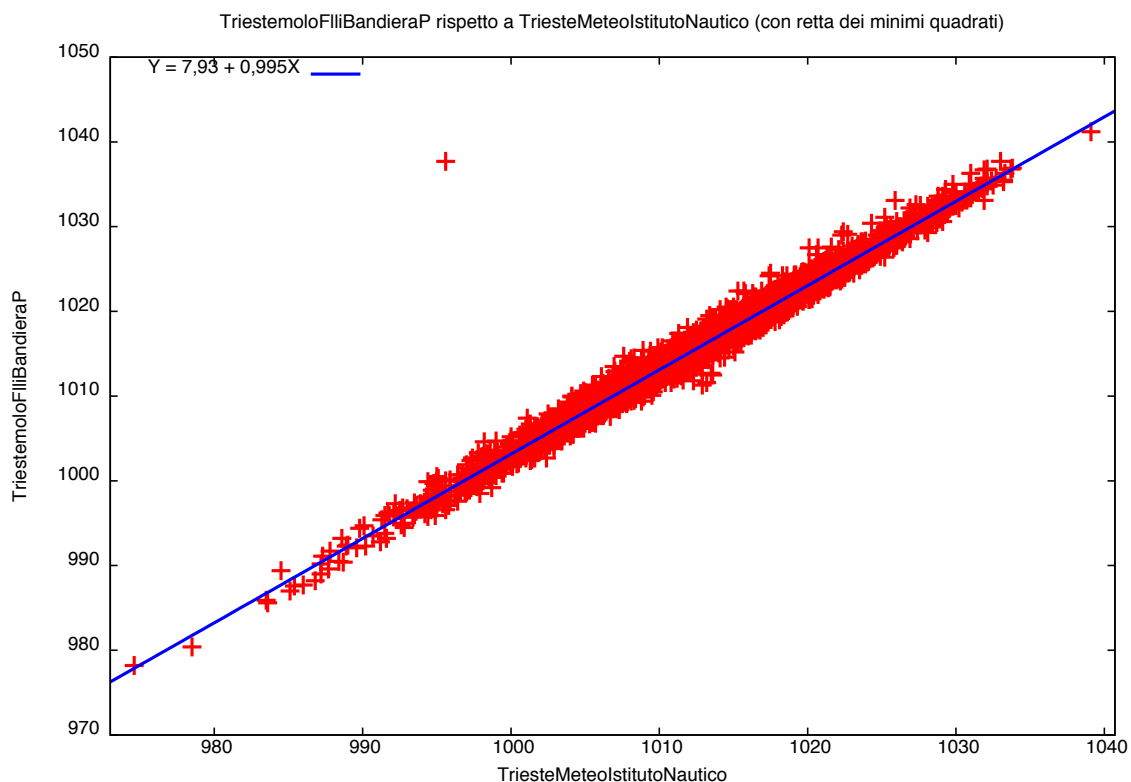


Figura 1: Grafico a dispersione di due serie di dati

La serie copre il periodo dal 15 agosto 2003 al 1 agosto 2018. Sempre usando Gretl, si è tracciata la distribuzione di frequenza, riportata in Figura 2, e si sono calcolati i dati statistici relativi alla serie, di cui si riportano i valori utili.

media \bar{p}	1015.9 <i>hPa</i>
deviazione standard σ	7.4 <i>hPa</i>

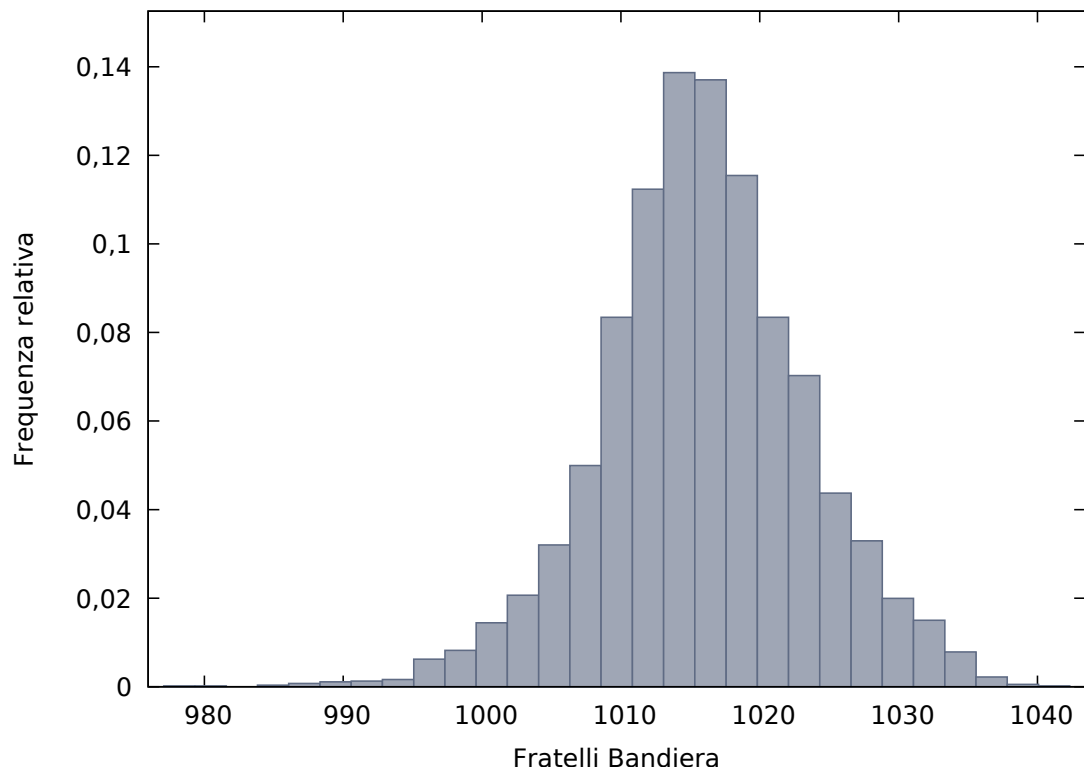


Figura 2: Distribuzione di frequenza della serie di dati

Per individuare subito, in prima approssimazione, i periodi di alta pressione, si è fatto uso del software Regime Shift Detection, che individua i periodi in cui la media varia considerevolmente rispetto ai restanti archi di tempo. Esso lavora con un passo di 6 anni. Per un maggior approfondimento sul suo funzionamento si fa riferimento a [5]. In Figura 3 si riporta il grafico ottenuto:

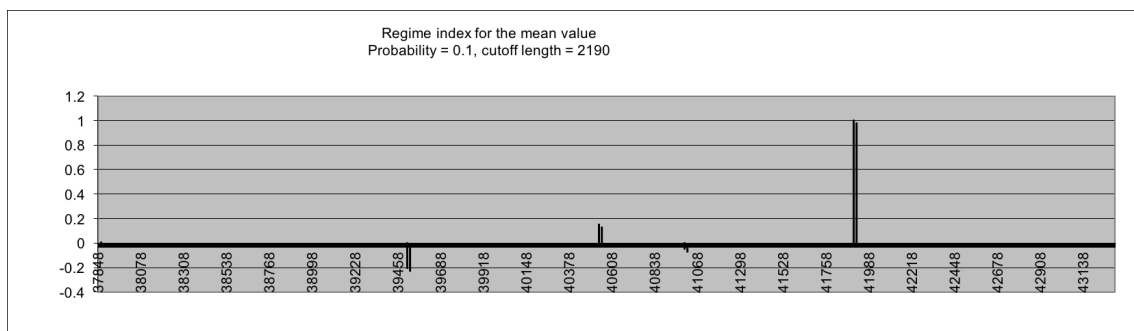


Figura 3: Regime shift

Si può notare che c'è un innalzamento della media nel periodo tra il 2014 e il 2017 ed un abbassamento tra il 2008 ed il 2012. Si terrà conto di queste osservazioni più avanti.

A questo punto, si è dovuto scegliere un valore di soglia per definire il valore di "alta pressione". Sono state fatte alcune prove sommando frazioni diverse della deviazione standard alla media trovata:

	soglia alta pressione
$\bar{p} + 2 \sigma$	1030.7 hPa
$\bar{p} + 1.5 \sigma$	1027.0 hPa
$\bar{p} + 1.3 \sigma$	1025.6 hPa
$\bar{p} + 1 \sigma$	1023.3 hPa

Per ognuno dei sovrastanti valori di soglia, si sono evidenziati i giorni di alta pressione della serie dati. Per rilevare i possibili blocchi atmosferici, si sono trascurati i periodi di alta pressione inferiori ai 6 giorni consecutivi, essendo un arco di tempo collegabile all'usuale alternanza meteorologica. Il fenomeno di blocco individuato in questo studio ha, quindi, una durata maggiore o uguale ai 6 giorni consecutivi.

Il grafico di autocorrelazione parziale in Figura 4 avvalorava questa scelta, in quanto mostra che la pressione giornaliera viene influenzata dai dati precedenti, fino ad un massimo di 5 giorni.

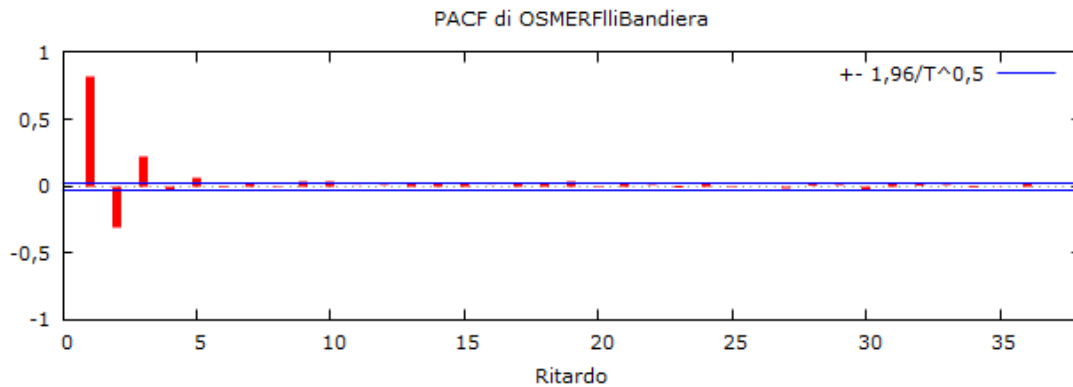


Figura 4: PACF

Per facilità di espressione, si definisce "evento" l'esistenza di un blocco atmosferico. È stato subito evidente che la limitazione a 2σ fosse troppo forte, in quanto si sono rilevati soltanto 6 eventi, che non bastavano a giustificare gli spostamenti di regime individuati prima. Analogamente anche la soglia data da 1σ è stata scartata, in quanto ha reso ben 34 eventi.

La scelta si è quindi ridotta a 1.5σ o 1.3σ che hanno individuato, rispettivamente, 16 e 21 eventi.

Un'ulteriore conferma della correttezza di questa prima selezione è il fatto che, come visto in precedenza, il Regime Shift evidenzia un abbassamento della media tra il 2008 ed il 2012, periodo in cui si è individuato, in entrambi i casi, un solo evento, mentre c'è un marcato innalzamento della media dal 2014 in cui si sono verificati 4 eventi rilevanti.

Si sono quindi analizzati con più dettaglio i blocchi trovati per entrambe le soglie.

Analizzando la soglia data da 1.5σ , si sono presentate tre diverse situazioni:

- il blocco risulta del tutto isolato dai giorni di bassa pressione;
- al blocco seguono da uno a tre giorni di bassa pressione per poi ripresentarsi un periodo di alta, non abbastanza lungo però da potersi definire un nuovo evento;

- al blocco seguono da uno a tre giorni di bassa pressione dopo i quali si ripresenta un altro evento.

Ci si è chiesti quindi se, utilizzando la soglia immediatamente più bassa, i blocchi si fossero prolungati significativamente, inglobando in sé le code di alta pressione o i ponti di bassa. Si è notato invece che i blocchi o sono rimasti invariati, o si sono incrementati di numero, o si sono prolungati di massimo 2 giorni senza tagli alle code di alta (con l'eccezione del blocco di febbraio 2008 che si è esteso di 10 giorni) e senza che due blocchi precedentemente distinti si fondessero in un unico evento.

La situazione generale non è quindi variata qualitativamente rispetto a prima: questo fatto ha indirizzato alla scelta definitiva di soglia data da 1.5σ , pari a 1027.0 hPa , in quanto essa definisce gli eventi in modo netto.

Sono state scaricate le carte sinottiche di Met Office relative ai giorni di blocco sulla zona europea [6]. Viene riportato in Figura 5 un esempio caratteristico, relativo al forte blocco di dicembre 2015:

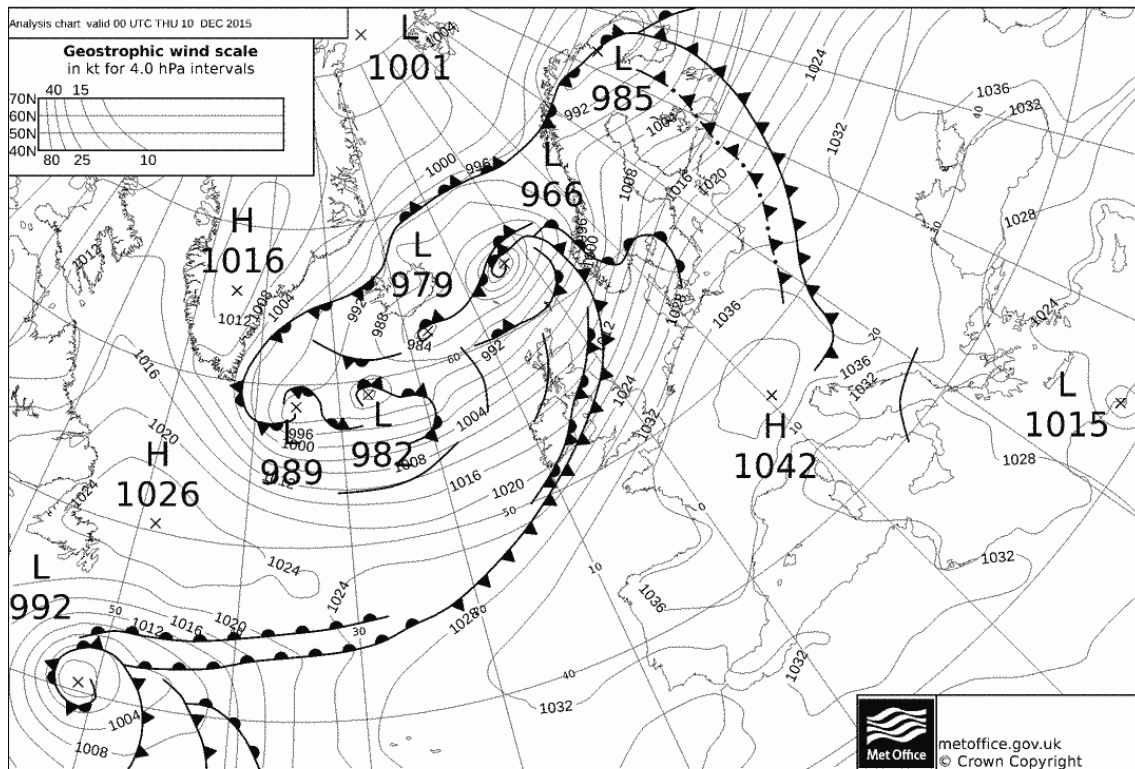


Figura 5: Carta sinottica dell'Europa relativa al 10 dicembre 2015

Consultando le carte sinottiche, si è capito che i blocchi che si separano tra loro per un ponte di pochi giorni di bassa pressione, sono effettivamente un unico evento: un fronte di bassa pressione, non abbastanza forte, cerca di penetrare nella zona di blocco, la pressione si abbassa per un paio di giorni, per poi risalire ristabilendo la stasi atmosferica.

Gli eventi si sono ridotti quindi a 13 e si presentano tra novembre e marzo al massimo, si deduce che il fenomeno di blocco è un evento tipicamente invernale.

La durata media dei blocchi analizzati è di (12 ± 7.5) giorni, in accordo con la teoria delle onde di Rossby.

3.2 Analisi di altri dati

Giunti a questo punto, si sono cercate delle relazioni tra il fenomeno di blocco ed altre grandezze fisiche.

Si sono utilizzati i dati dell'OSMER.

Si è subito notato come, in periodo di blocco atmosferico, il livello del mare [7][8] (valore medio giornaliero) cali sensibilmente, per poi risalire nei periodi di bassa pressione. In Figura 6 viene riportato il grafico che rappresenta pressione e livello del mare, misurato in *cm*, in gennaio e febbraio 2005 (i dati sono stati filtrati con una media mobile semplice di periodo 5):

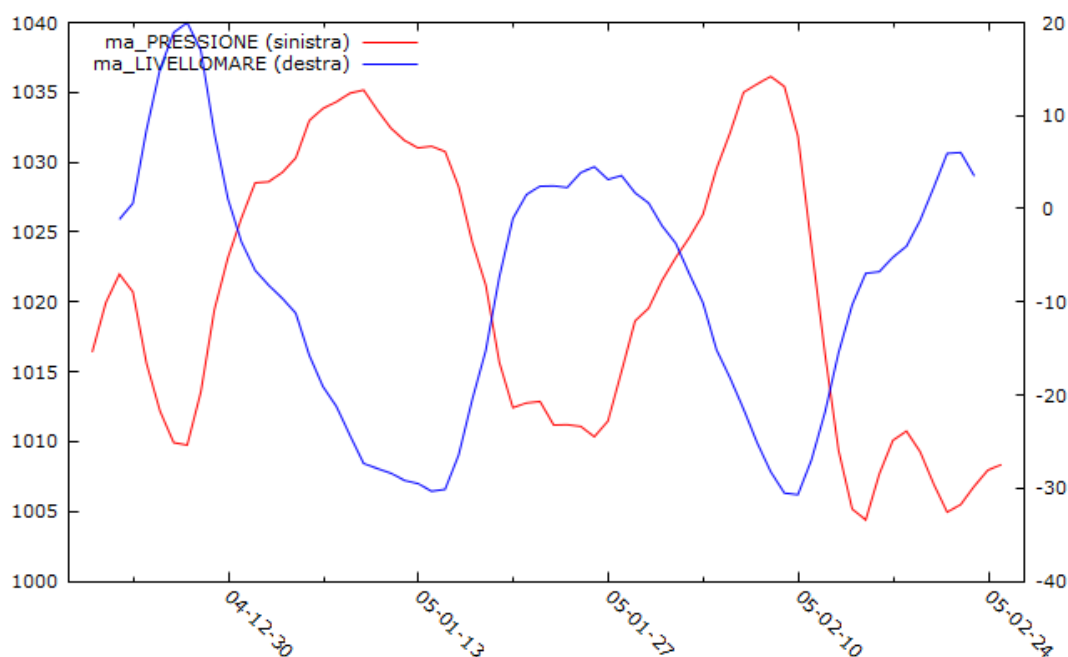


Figura 6: Grafico di pressione e livello del mare relativi a gennaio e febbraio 2005

Si possono facilmente notare, nel grafico, i due picchi di alta pressione, che corrispondono ai due blocchi di, rispettivamente, gennaio e febbraio con il livello del mare in antifase. Il coefficiente di correlazione tra le serie di dati ha un valore medio di -0.8.

Si è quindi pensato di andare a controllare i valori di temperatura dell'aria [9], alla ricerca di un riscaldamento locale dell'atmosfera. Non si sono trovate correlazioni soddisfacenti, si sono quindi studiati i grafici di radiazione solare globale [10].

Alcuni blocchi sono stati caratterizzati per lo più da bel tempo. Ciò lo si può dedurre quando il grafico presenta una campana di irradianza piuttosto regolare. È stata verificata la veridicità della deduzione tramite le immagini da satellite nello spettro del visibile [11]. Nelle Figure 7-8 si riporta un esempio:

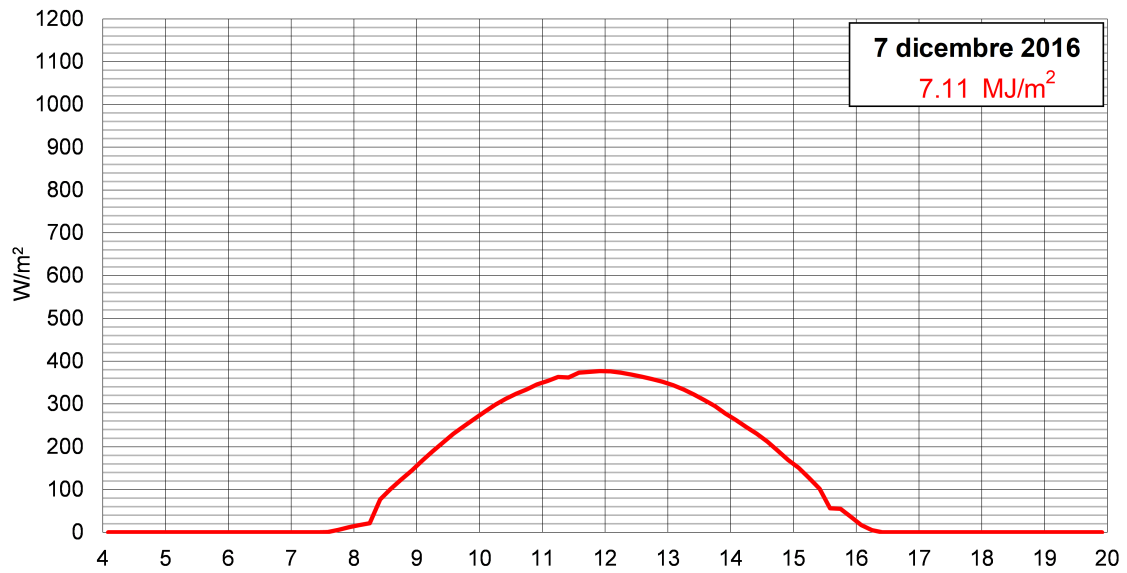


Figura 7: Curva di radiazione solare globale relativa al 7 dicembre 2016

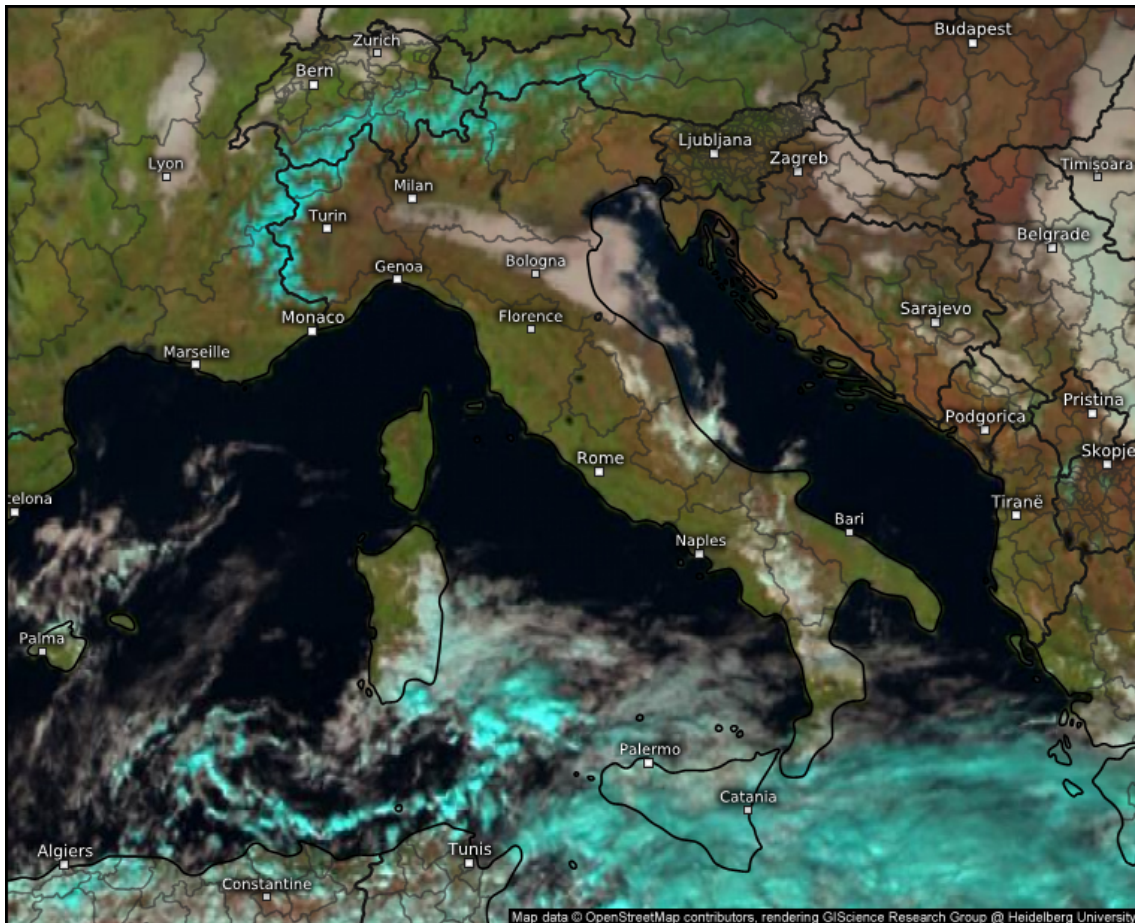


Figura 8: Immagine satellitare nello spettro del visibile relativa al 7 dicembre 2016

In particolare il blocco di dicembre 2015, invece, ha presentato dei grafici di radiazione con dati pressoché nulli. Se ne riporta un esempio in Figura 9.

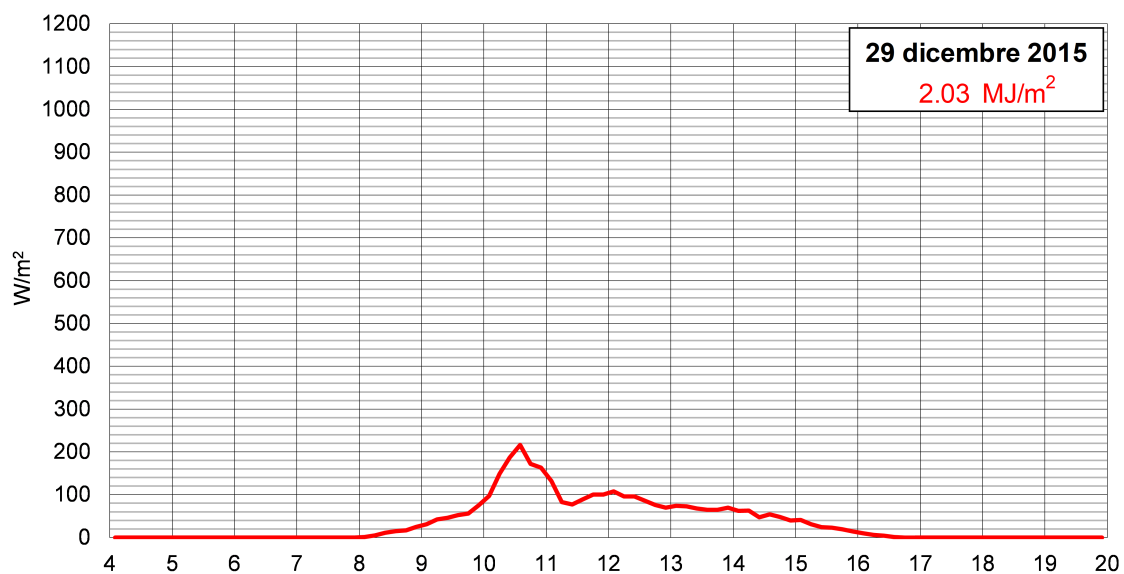


Figura 9: Curva di radiazione solare globale relativa al 29 dicembre 2015

Si sono quindi andate a controllare le immagini da satellite e si ha avuto la conferma della presenza di copertura nuvolosa (vedi Figura 10).

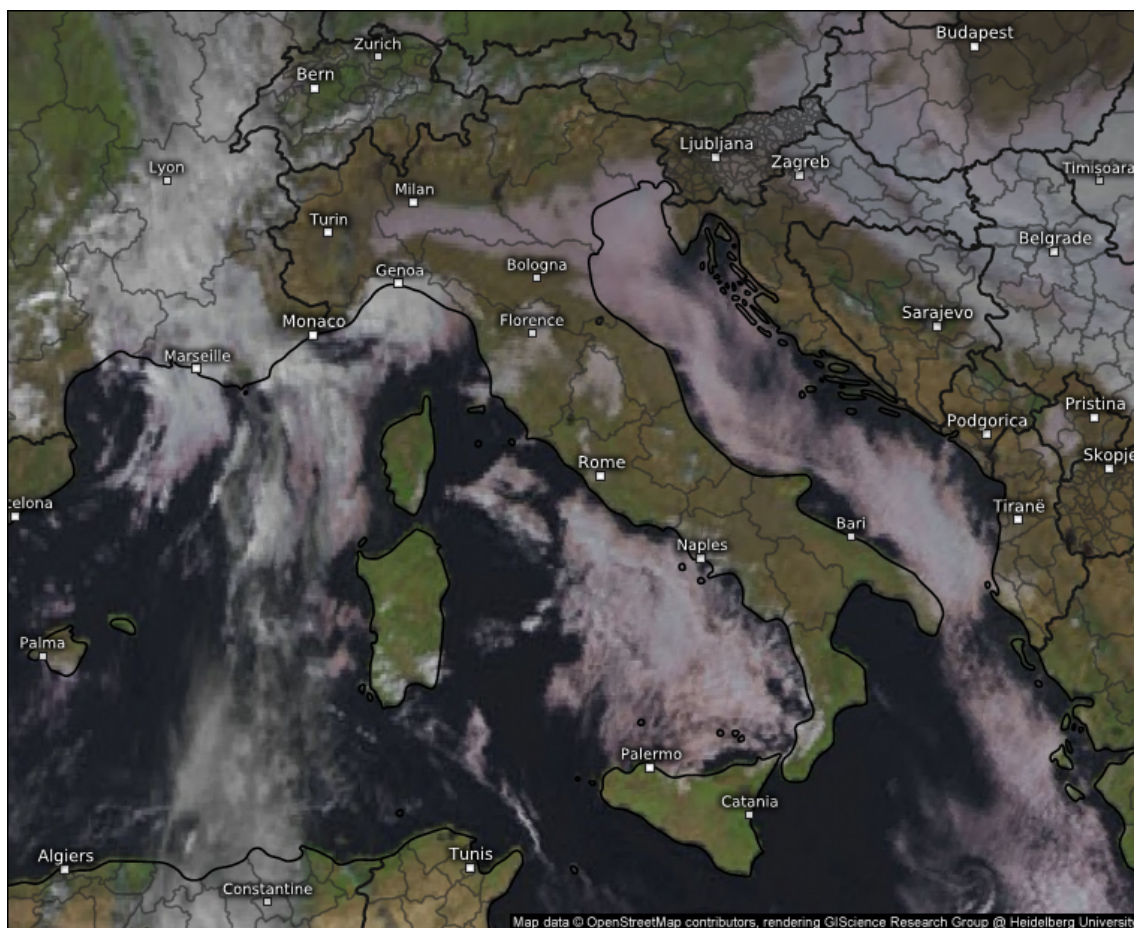


Figura 10: Immagine satellitare nello spettro del visibile relativa al 29 dicembre 2015

Andando a confrontare i dati di umidità [12] con le immagini satellitari, si è capito che la possibile copertura nuvolosa nei periodi di blocco consiste nella presenza di nebbia. Questo fatto appare coerente, dal momento che l'alta pressione è causa di ristagno atmosferico e la presenza di nuvolosità è associata, invece, ad una certa dinamicità atmosferica.

Il 27 dicembre 2015 viene registrato un picco del 97% di umidità relativa. Sicuramente molti triestini ricorderanno questi giorni particolari: su Trieste è calata una nebbia persistente, mentre il sole splendeva sull'altopiano carsico. Si riporta in Figura 11 una foto scattata nella zona vicina all'Obelisco di Opicina, relativa a questo particolare periodo.



Figura 11: Strada Nuova per Opicina 37, vista sul golfo di Trieste coperto di nebbia, 29 dicembre 2015

Si sono tracciati anche i grafici di pressione e velocità del vento [13], misurata in m/s , nei periodi di blocco (i dati sono stati filtrati con una media mobile semplice di periodo 5). Si sono presentati due casi diversi:

- la velocità del vento, in periodo di alta pressione, cala sensibilmente. In Figura 12 viene riportato il grafico relativo a dicembre 2015;
- durante il periodo di blocco, ci sono dei picchi di velocità del vento che raggiungono gli $11 m/s$. In Figura 13 viene riportato il grafico relativo a dicembre 2007.

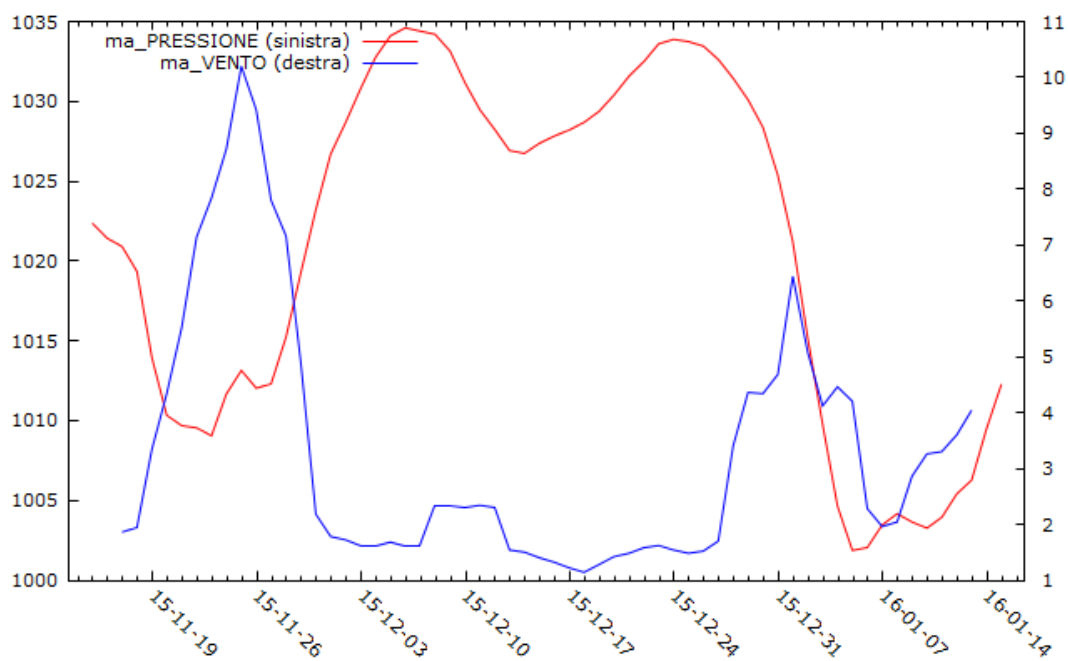


Figura 12: Grafico di pressione e velocità del vento relativi a dicembre 2015

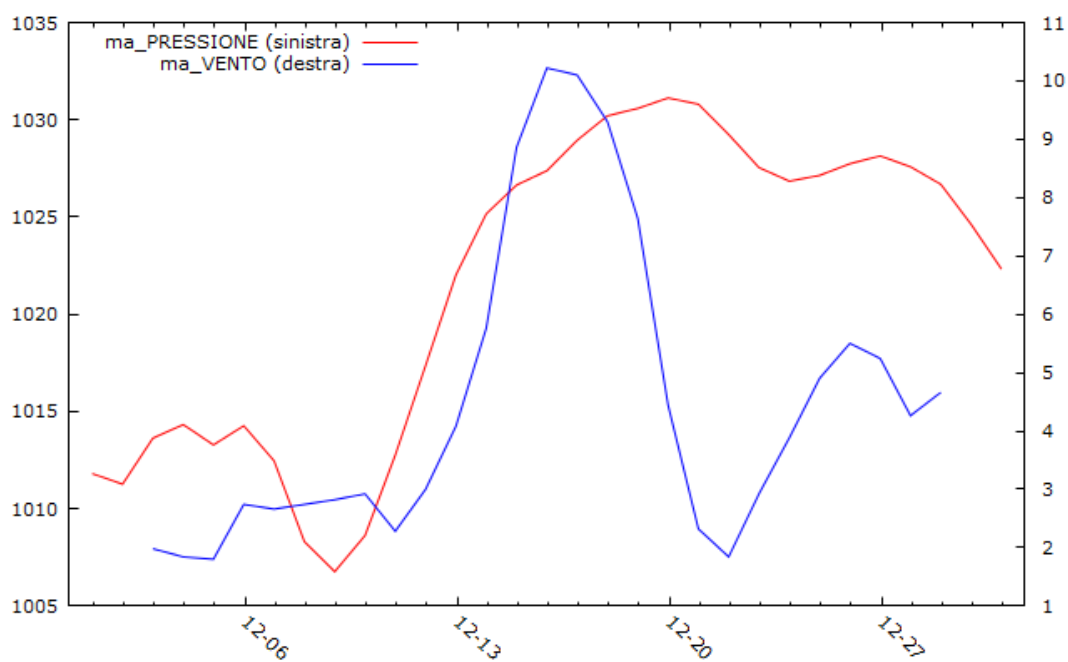


Figura 13: Grafico di pressione e velocità del vento relativi a dicembre 2007

Il primo caso appare coerente, dal momento che l'alta pressione è causa di ristagno atmosferico con assenza di masse d'aria in movimento.

Per comprendere meglio il secondo caso, si sono analizzati i dati di direzione della raffica massima giornaliera [14], le carte sinottiche e le immagini da satellite.

Nei periodi di picchi di velocità del vento si sono osservati i seguenti fatti:

- la direzione della raffica massima è E-NE (vedi figura 14);
- la zona sottoposta maggiormente al blocco è quella russa o, comunque, dell'Europa centro-orientale (vedi Figura 15);
- Trieste non presenta nessuna copertura nuvolosa o nebbia (vedi Figura 16).

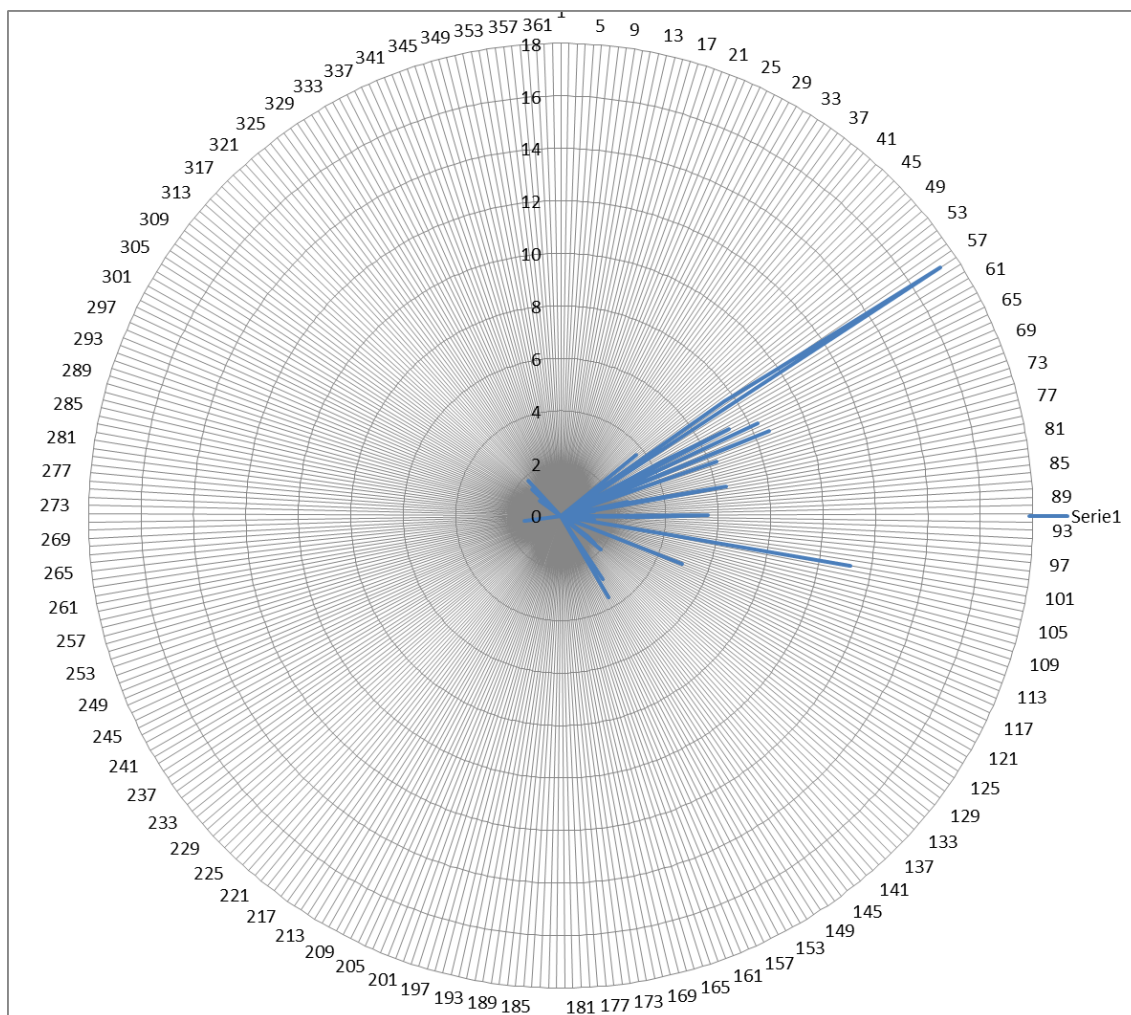


Figura 14: Grafico radar velocità e direzione del vento nel dicembre 2007

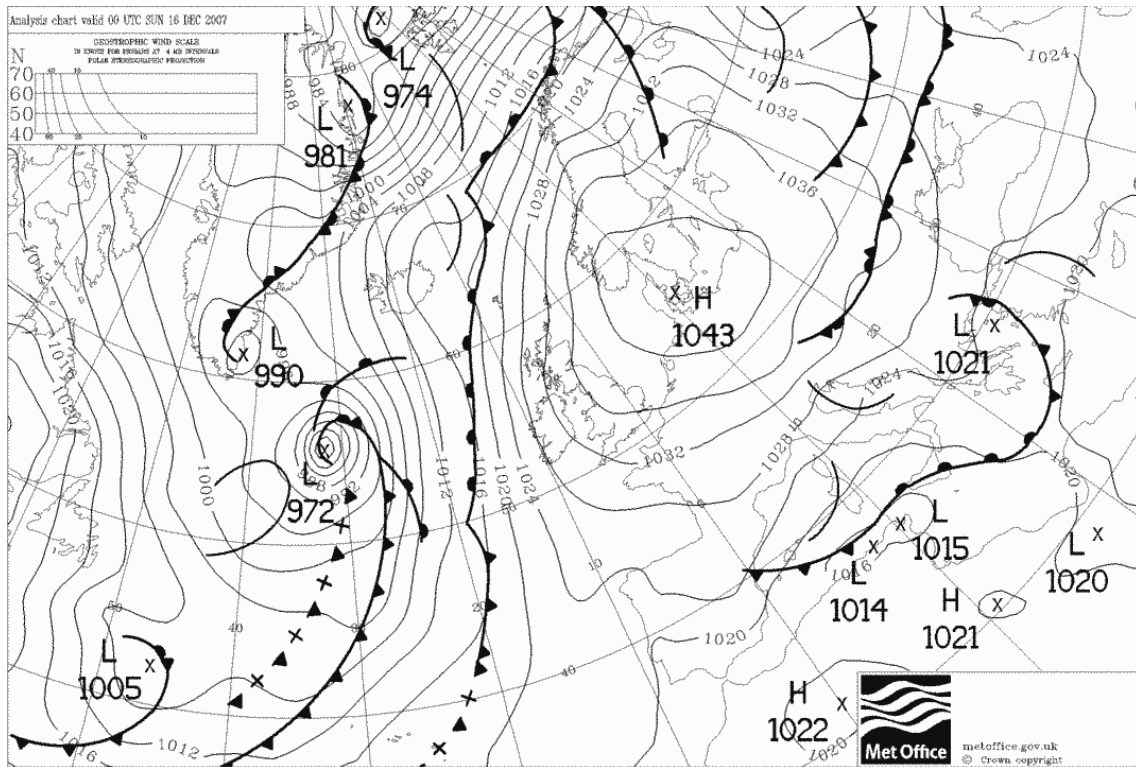


Figura 15: Carta sinottica dell'Europa relativa al 16 dicembre 2007

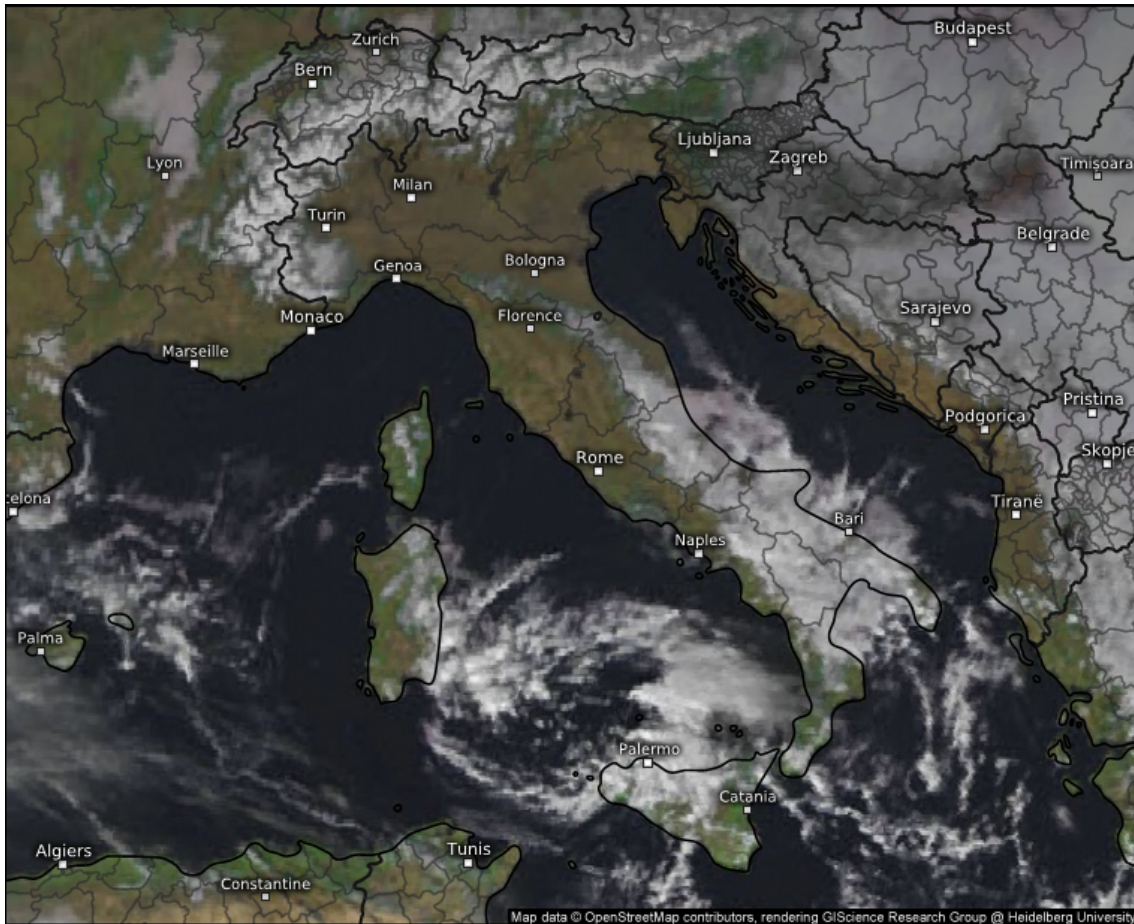


Figura 16: Immagine satellitare nello spettro del visibile relativa al 19 dicembre 2007

Si è quindi compreso che il vento registrato a Trieste in periodo di blocco atmosferico di alta pressione è Bora. Siccome la Bora è un vento caratteristico che soffia a raffiche, l'anomalia trovata prima non è sembrata incoerente con la dinamica atmosferica.

Analogamente, si sono consultati gli stessi dati e immagini per i periodi di blocco senza vento:

- la direzione del vento (da notare, che sfiora i soli 2 m/s) non è sicuramente riconducibile alla Bora, ma piuttosto a Scirocco o Ponente-Maestrale;
- la zona russa o, comunque, dell'Europa centro-orientale è sottoposta ad un periodo di bassa pressione (vedi Figura 5);
- Trieste è coperta da nebbia (vedi Figura 10).

Tutto ciò è coerente con le considerazioni fatte precedentemente.

4 Conclusioni

Dato lo studio di una serie dati di 15 anni, si può concludere che il fenomeno di blocco atmosferico di alta pressione è un evento invernale e, nella zona di Trieste, si è osservato avere un periodo medio di (12 ± 7.5) giorni, in accordo con la teoria delle onde di Rossby. Durante i periodi di blocco si è chiaramente osservato l'effetto barometrico inverso: il livello del mare, eliminata la componente di marea, si abbassa in corrispondenza di alta pressione, per poi alzarsi in periodo di bassa.

Si sono osservati, dal punto di vista meteorologico, due casi:

- il vento cala considerevolmente e Trieste si ricopre di nebbia;
- sono presenti raffiche di Bora e su Trieste c'è bel tempo.

Causa della presenza di Bora è l'esistenza di una zona di alta pressione nella zona centro-orientale dell'Europa. Su tutti gli eventi, circa il 50% di essi sono stati accompagnati da venti di Bora.

5 Ringraziamenti

Si ringrazia l'OSMER FVG per l'accesso ai dati ed il dr. Arturo Pucillo per gli utili consigli.

Riferimenti bibliografici

- [1] Francesco Nucera, "Blocchi e regimi di persistenza",
http://www.meteonetwork.it/sites/default/files/Blocchi_0.pdf
- [2] Arpa Osmer Fvg, dati pressione atmosferica media giornaliera, stazione Trieste molo Fratelli Bandiera, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018
- [3] Arpa Osmer Fvg, dati pressione atmosferica media giornaliera, stazione Trieste Istituto Nautico, 31 agosto 2006 - 1 agosto 2018
- [4] Arpa Osmer Fvg, dati pressione atmosferica media giornaliera, stazione Borgo Grotta, 1 agosto 2007 - 1 agosto 2018
- [5] Sergei N. Rodionov, "A sequenzial algorithm for testing climate regime shifts", 2004,
https://www.beringclimate.noaa.gov/regimes/Regime_shift_algorithm.pdf
- [6] Met Office, carte sinottiche europee,
<http://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?map=1&model=bra&var=45&jaar=2015&maand=12&dag=10&uur=0000&h=0&tr=1440&nmaps=24#mapref>
- [7] Franco Stravisi, Nicolò Purga, "Rapporti OM, Stazione mareografica di Trieste - Porto Lido", dati livello del mare medio giornaliero, 15 agosto 2003 - 31 maggio 2009
- [8] Dati livello del mare medio giornaliero, stazione GLOSS Trieste, 1 giugno 2009 - 1 agosto 2018,
<https://uhs1c.soest.hawaii.edu/data/?fd>
- [9] Arpa Osmer Fvg, dati temperatura dell'aria media giornaliera, stazione Trieste molo Fratelli Bandiera, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018
- [10] Stefano Cirilli, Tullio Quaia, "Rapporti OM, TRIESTE, Irradianza solare globale", grafici di radiazione solare globale, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018
- [11] Università di Heidelberg, immagini satellitari giornaliere nello spettro del visibile,
<https://weather.us/satellite/italy/satellite-visible-archive/20151225-1200z.html>
- [12] Arpa Osmer Fvg, dati umidità relativa giornaliera, stazione Trieste molo Fratelli Bandiera, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018
- [13] Arpa Osmer Fvg, dati velocità del vento medio giornaliero, stazione Trieste molo Fratelli Bandiera, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018
- [14] Arpa Osmer Fvg, dati direzione della raffica massima giornaliera, stazione Trieste molo Fratelli Bandiera, 15 agosto 2003 - 1 agosto 2018