

Dopo un Agosto tra i più caldi a livello mondiale (anche se non in Liguria), eccoci in un Settembre dalle caratteristiche ancora pienamente estive, sia per le temperature sia per il bel tempo anticiclonico, guastato nella seconda metà da qualche passaggio temporalesco che ha interessato velocemente il Centro-Nord, senza riuscire a interrompere l'estate.

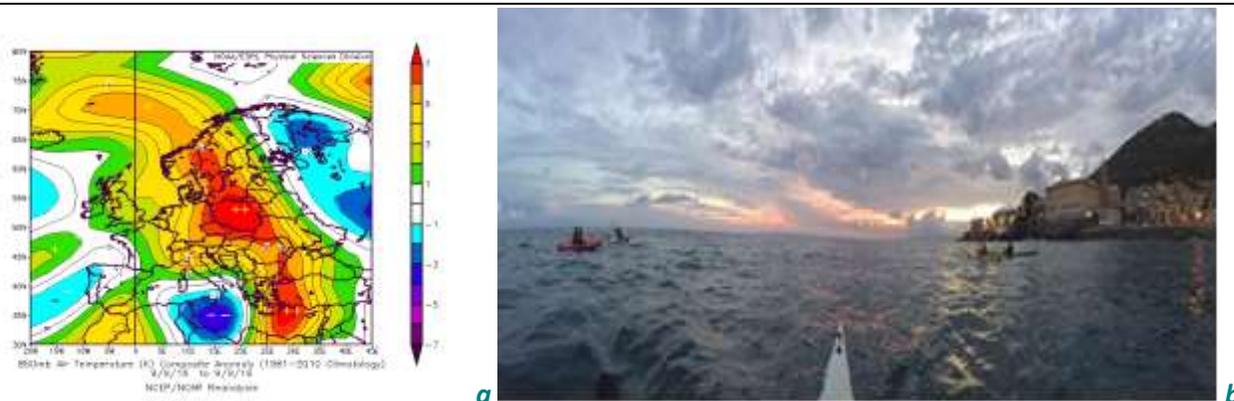


Fig 1



Fig 1: La rianalisi dell'anomalia di temperatura superficiale sul continente il 9 settembre (a) evidenziava su gran parte dell'Europa e in particolare il settore orientale una significativa anomalia 'calda' che è perdurata successivamente per gran parte del mese salvo una temporanea interruzione dopo metà mese. In queste giornate abbiamo assistito a record di temperatura (anomali in settembre) anche sul Nord-Italia e la Liguria, a causa di un ritorno di correnti orientali su una Pianura Padana estremamente surriscaldata. Seguono attorno al 19-20 settembre, fasi più incerte caratterizzate a tratti da una spiccata nuvolosità nel centro Levante (b) e accompagnata da temperature ancora miti (fonte: Concetto - Lega Navale Quinto). Settembre si chiude all'insegna dell'estate e della balneazione (c-d), anche dopo il giovedì 22/09 che annuncia l'inizio dell'autunno astronomico sui calendari. Anche se per i meteorologici l'autunno è ormai iniziato, tende a dominare un tempo eccezionalmente mite dopo un agosto 2016 che è il 40° mese di fila (fonte: NASA) durante il quale la temperatura globale terrestre è risultata superiore alla media di riferimento (e); ciò avviene, dopo ben 380 mesi consecutivi caratterizzati da anomalie termiche positive ed evidenza come il riscaldamento sembri ormai inarrestabile.

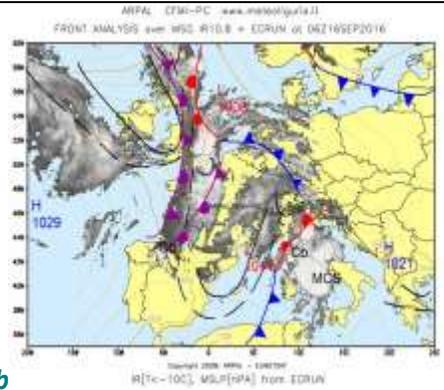
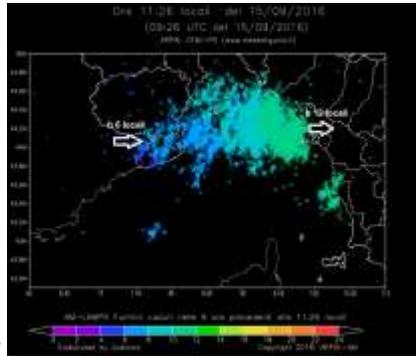
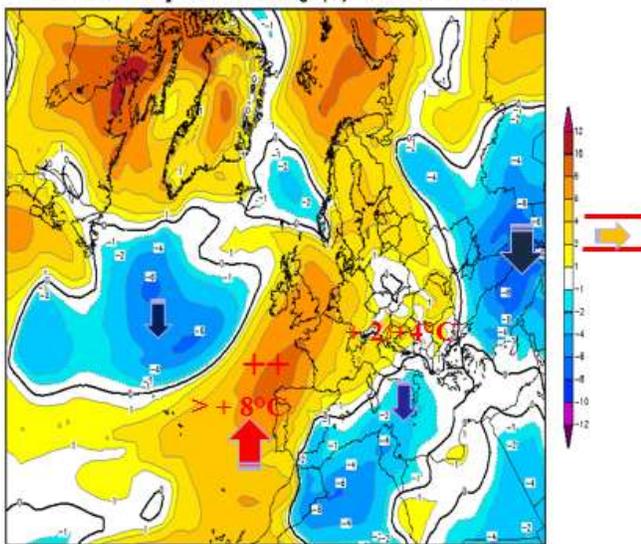


Fig.2

Fig 2 a-b-c: Immagini di violenti temporali che hanno interessato dapprima le Alpi marittime nelle ultime ore del 14 e le prime ore del 15/09 con un numero elevatissimo di fulmini (quasi 6000 fulminazioni in sole 4 h - fonte Keraunos) che poi si è trasferito sul Ponente Ligure, interessando il resto della regione tra le 6 di mattina e l'ora di pranzo (come visibile dalla fig. 2 b- mappa fulminazioni in cui si evidenzia dalla tempistica dei cromatismi lo spostamento verso levante dei temporali- Fonte: ARPAL), per poi interessare con vistosi e intensi temporali nella successiva notte e il giorno 16/09 anche il centro Italia (legati allo sviluppo d'intensi sistemi convettivi o MCS) con l'avanzare del sistema frontale verso la Sardegna e i versanti tirrenici (c) come visibile dalla mappa dei fronti elaborata dal CFMI-PC – ARPAL (al link <http://www.arpal.gov.it/homepage/meteo/previsioni/analisi-dei-fronti.html>)

Ini: Mon,26SEP2016 00Z Val: Thu,29SEP2016 00Z

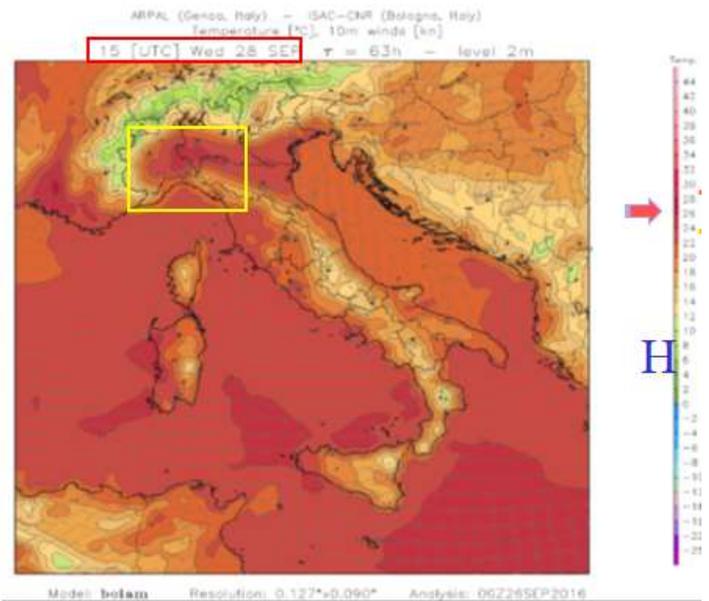
850 hPa Temp-Abweichung (K) vom 30J-Mittel



Daten: Ensembles des GFS von NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Liguria > +2 / +4°C

a



Model: bolam Resolution: 0.127*0.090° Analysis: 06Z26SEP2016

b

Fig. 3 a - b: il 28-29 settembre ha chiuso anche l'estate astronomica all'insegna del tempo stabile e belle giornate quasi estive, aprendo un autunno all'insegna delle anomalie positive sull'Europa occidentale e settentrionale fino alle coste settentrionali del Mediterraneo per una rimonta anticiclonica sul continente (a - mappa Wetterzentrale) con anomalie massime attorno a + 8°C (sul Golfo di Biscaglia). Il modello Bolam mostra come la previsione delle temperature al suolo per il 28 settembre alle h 15 UTC, sia mediamente compreso tra 26 e 30 °C (sulla Penisola) con valori che si attestano sopra la norma di circa +2/+4 anche sul Nord-Ovest e la Liguria.

Il mese in breve

Sinottica
Temperatura
Precipitazione

Allegato I
Immagini meteo del mese

Allegato II
L'estate 2016
Temperature
e anomalie dalla
scala globale a
quella locale

Allegato III
Le cause dei
cambiamenti
climatici

Analisi sinottica

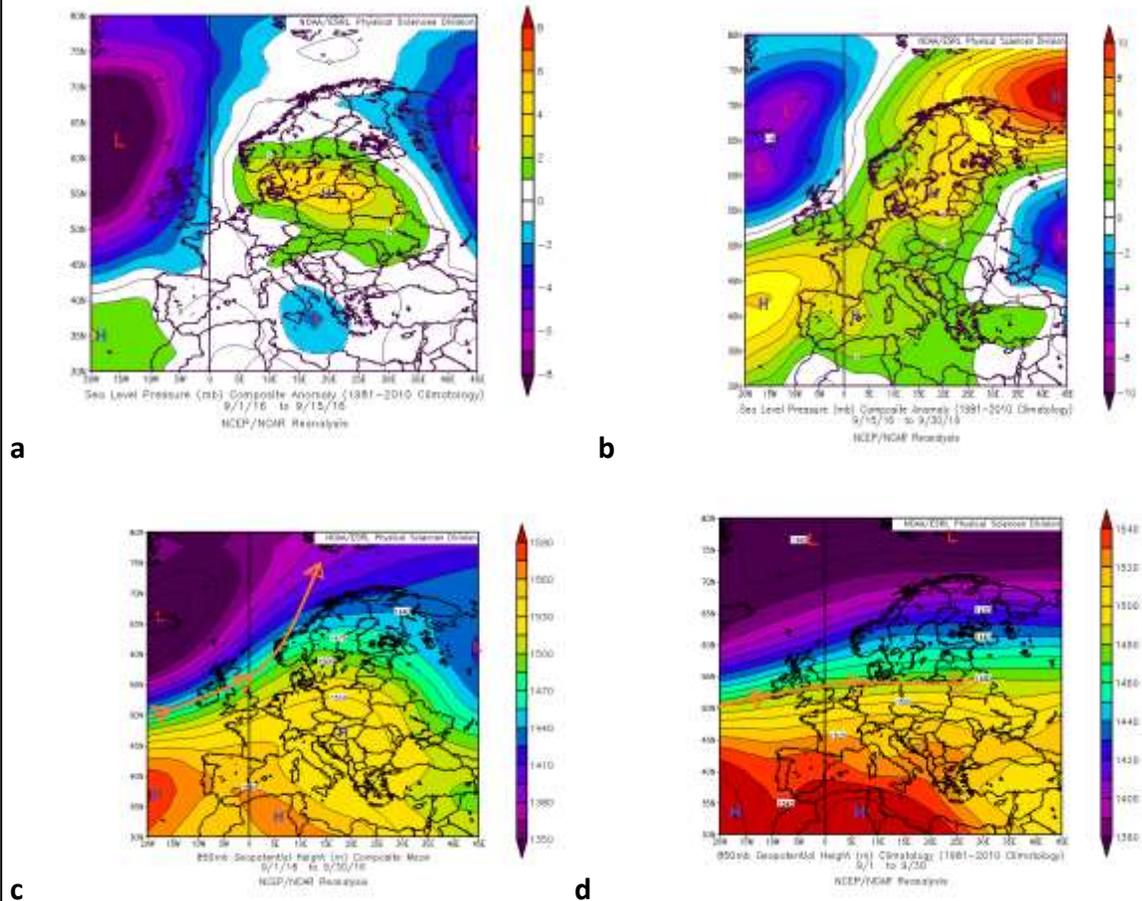


Fig. 4 Mappe di rianalisi dell'anomalia di pressione al livello del mare per la prima e seconda metà del mese (a-b) rispetto al periodo climatologico 1981-2010 (fonte NOAA) e dell'andamento medio del geopotenziale a 850 hPa per l'intero settembre (c) rispetto alla climatologia del mese rilevata tra il 1981-2010 (c), evidenziano ai bassi livelli una prevalenza di flussi Nord-orientali provenienti dai Balcani verso la Penisola e le regioni adriatiche a causa della presenza di un promontorio anticlonico esteso fino all'Europa centro orientale e la Penisola Scandinava. La mappa (c) del geopotenziale medio a 850 hPa per l'intero mese, mostra questo promontorio anticlonico che tende a proteggere per l'intero mese gran parte dell'Europa continentale fino al mar Baltico (c), deviando così il flusso perturbato verso Nord-Est a latitudini superiori al 65° parallelo Nord (freccia arancione), rispetto a quanto atteso dalla climatologia (d).

Dopo un Agosto caratterizzato da un prevalenza di un regime anticlonico sull'Europa più Occidentale, che ha protetto anche il Nord Italia, ecco che il 22/09 decreta la fine dell'estate astronomica (mentre quella meteorologica dura da inizio giugno a fine); il periodo ha visto un prevalente dominio anticlonico ai bassi livelli su gran parte dell'Europa ed è stato caratterizzato da valori di geopotenziale superiori all'atteso legati alla prevalenza di condizioni anticloniche estese anche a gran parte dell'Europa continentale. Si evidenzia per la prima parte del mese la presenza dell'anticlone delle Azzorre che a tratti si è esteso verso l'Europa centrale e Nord-Orientale, salvo la presenza di alcuni passaggi instabili sulle Alpi attorno al 5 di settembre e un peggioramento più sostanziale verso la metà.

Questa fase instabile ha visto un sistema frontale atlantico scendere verso il Mediterraneo occidentale e stazionare in particolare sulle regioni settentrionali e i versanti tirrenici, anche a causa di una configurazione di blocco legata a una struttura anticiclonica sull'Europa Nord-orientale (attorno a valori di pressione al livello del mare di 1025 hPa sulla Penisola Scandinava); tale peggioramento è stato caratterizzato da un richiamo di aria caldo-umida dai quadranti meridionali, seguita da episodi temporaleschi e rovesci a tratti intensi, legati ad elevate fulminazioni che si sono estese velocemente dalla Costa Azzurra ai versanti tirrenici e liguri. Attorno al 17 del mese, poi si evidenzia l'ingresso di aria più fresca in quota associata a una certa variabilità che ha riportato temporaneamente le temperature nella norma.

L'ultima parte di Settembre, infatti, ha visto una generale ripresa delle condizioni anticicloniche salvo qualche ritorno in quota più fresco e instabile settentrionale che verso il 20/09 ha dato qualche locale episodio temporalesco. L'ultima decade si è chiusa con giornate più stabili e prevalentemente soleggiate sul Nord e la Liguria che tendono a collocare questa fase in un contesto ancora pienamente estivo.

Il mese si è concluso con una decisa rimonta ed espansione anticiclonica verso l'Europa continentale, che solo con l'inizio di ottobre tenderà ad indebolirsi, venendo parzialmente erosa (nella sua parte Nord-occidentale) dallo spostamento verso i Pirenei e le Alpi di una circolazione atlantica collegata a un sistema frontale ben esteso dal vicino atlantico al Golfo di Biscaglia e la Penisola Scandinava (fig. 5) nel suo lento movimento verso Est.

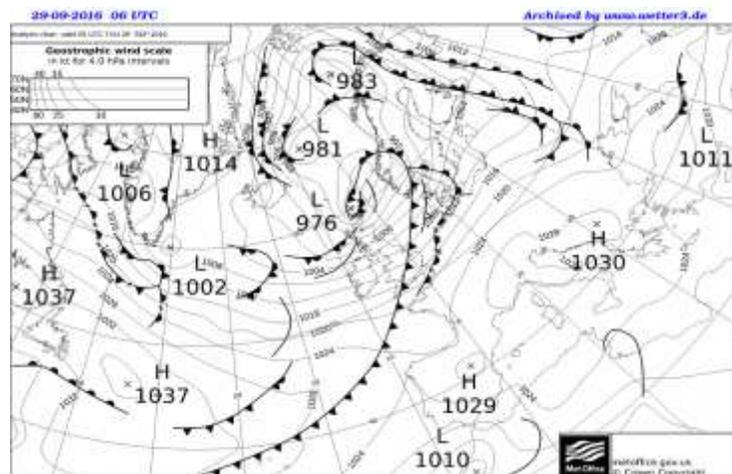


Fig. 5 *Le mappa Metoffice di rianalisi del 29/09 alle 06 UTC chiude il mese evidenziando la dominanza di una vasta vasta zona di alta pressione (massimo di 1030 Hpa sulla Penisola) che ha regalato giornate calde e ancora estive non solo sulle aree mediterranee, ma anche sull'Europa continentale (Nord-Ovest) caratterizzate da giornate soleggiate e miti, legate a richiami caldi sub tropicali fino alla Spagna, alla Francia e al Mar del Nord.*

L'andamento delle temperature

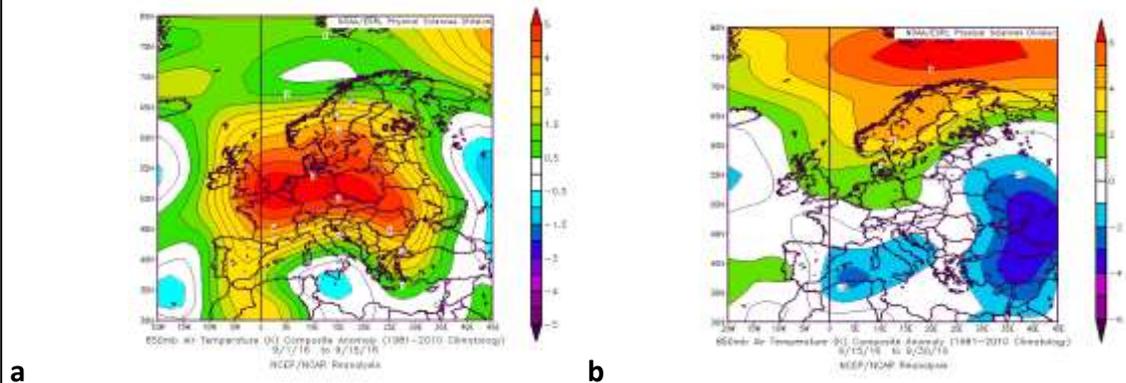


Fig. 6 a - b Le mappe di rianalisi dell'anomalia temperatura a 850 hPa (circa 1550 m) rispetto al periodo climatologico 1981-2010 (fonte NOAA) nella prima (a) e seconda metà di Agosto (b), evidenziano una prevalente anomalia di temperature positiva su tutto il continente nella prima metà (a) che è stata seguita nella seconda parte da una sua riduzione e spostamento verso settentrione, a vantaggio di condizioni termiche nella media climatica o negative sull'Europa sud-orientale, i Balcani e l'area orientale e centro-meridionale del Mediterraneo.

Dopo un Agosto caratterizzato nella prima metà del mese da valori lievemente sotto l'atteso (- 0.5°C) si ritorna però a inizio settembre su un andamento più estivo a causa di un incremento termico che si rivelerà più deciso in particolare nell'ultima decade del mese. Si possono evidenziare anomalie di temperatura fino a +3°C sul Nord Italia e la Liguria a causa del ristabilirsi di prevalenti condizioni anticicloniche sull'Europa continentale. In concomitanza con uno scenario anticiclonico, richiami caldo umidi che dal Nord Africa si estendono all'Europa e le sue oste settentrionali, presentando massimi +6/+7 °C sull'Europa centro-orientale nel corso della prima decade del mese: tra il 5 e l'11 settembre la Liguria è stata caratterizzata, da una forte anomalia termica che ha portato a frequenti temperature su valori prettamente estivi caratterizzate da temperature notturne anche sopra i 20 gradi (T minima al di sopra della quale la notte si definisce "tropicale"), mentre il verso il 9 settembre si sono registrate massime al di sopra dei 30°C nei comuni del capoluogo genovese con picchi termici di quasi 37°C a Rapallo.

Nella seconda parte del mese, dopo il passaggio di un sistema frontale attorno il 16/09, segue l'ingresso di una massa d'aria balcanica in quota (relativamente più fresca), che riesce a spezzare la morsa anomala di caldo anomalo, riportando le temperature dapprima su valori più stagionali, anche se successivamente si evidenziano di nuovo valori superiori all'atteso, legati a un progressivo ritorno verso condizioni anticicloniche, ad eccezione di qualche infiltrazione più fresca in quota.

Infine, la settimana dal 19 al 25 settembre vede nuovamente un rinforzo dell'anticiclone che ha portato nuovamente a una dominanza di "giornate estive" caratterizzate da temperature massime superiori ai 25 gradi.

E' utile ricordare come anche in quest'ultima parte di settembre, abbiano prevalso in Liguria condizioni climatiche prevalentemente estive caratterizzate da ben 5 gradi sopra la media domenica 25/09, che hanno visto punte di 29 gradi a Cisano sul Neva nell'interno albenganese. **Si è tuttavia evidenziata a fine mese una maggiore escursione termica, soprattutto nelle zone interne**, sia a causa di una minore mitigazione del mare sia per l'arrivo della stagione autunnale che è associata a un graduale diminuzione delle ore di luce.

Si evidenzia anche come settembre sia stato caratterizzato da valori termici dello strato superficiale del mare che tendono ad attestarsi, attorno 25-24 °C per gran parte del mese (boa di Ventimiglia), risultando di oltre qualche grado superiori alla climatologia.

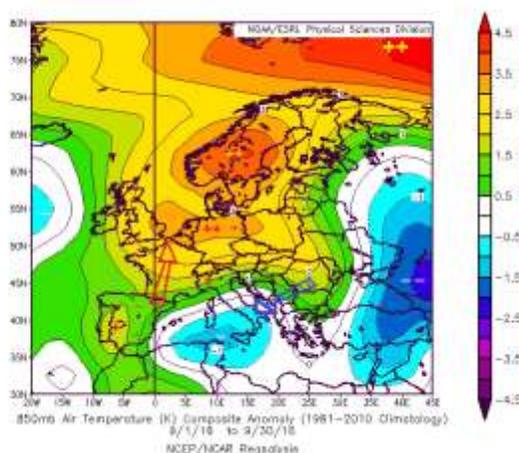


Fig. 7 La rianalisi di Settembre del NOAA per l'anomalia di temperatura a 850 hPa evidenzia una dominanza dell'anomalia termica positiva su gran parte del continente e sul Nord Italia.

Il trend mensile complessivo evidenzia un'anomalia sulla Liguria di oltre +1 °C e sulle zone Alpine di oltre +2°C, per arrivare a massimi di oltre +4° C sulla Svezia e la Penisola Scandinava e il circolo polare artico; quest'ultimo area che si è rivelata interessata da anomalie termiche significative, con conseguenti scioglimenti dei ghiacciai soprattutto nel periodo estivo. Ciò è stato legato sia per una dominanza dell'alta pressione su gran parte dell'Europa continentale (che ha interessato anche la Penisola Scandinava e il Mar del Nord), sia per i richiami caldo-umidi dal Nord Africa verso l'Europa settentrionale, mentre aria più fresca legata a un'anomalia negativa (attorno -2°C) ha interessato le zone del mar Nero e del Mediterraneo orientale (anche se in questa zona è risultata meno significativa sia come valore assoluto sia come estensione rispetto all'anomalia calda) e più marginalmente verso il nostro meridione.

Nota¹: sul Caldo storico 9-10 settembre in Liguria legato ancora a estremi termici estivi:

Quando su tutta l'Europa centro orientale attorno alla fine della prima decade si evidenziavano massimi di + 8 °C (cromatismi rossi) e un'anomalia giornaliera in aumento su valori in media di + 4°C sul Nord-Ovest e la

Liguria, le temperature pomeridiane del 09/09/2016 (registrate dalla rete Ligure-Piemontese) hanno evidenziato significativi aumenti, in particolare sul centro della regione, nella zona in cui la conformazione l'orografia dell'Appennino ligure è caratterizzata da un abbassamento dei rilievi che permette un maggiore travaso padano delle correnti nord-orientali, che hanno transitato su una Pianura Padana assai calda.

In questa zona, tra il savonese e il genovese, si sono evidenziati episodi che potremmo definire di "foehn locale", che hanno comportato una compressione adiabatica sui versanti costieri sottovento al flusso, caratterizzata da un ulteriore incremento della colonna di mercurio: il 9 settembre la stazione di Genova Sestri ha mostrato una temperatura massima di quasi 34 °C (+33.8°C) che rappresentava un valore più elevato mai registrato nel mese di settembre da quando sono state effettuate le misurazioni (1962), con un'anomalia di oltre + 8°C al di sopra della media (quando il precedente record nel 1982 fece registrare 32.9°C). Segnaliamo, tuttavia come temperature record siano state registrate anche in molte altre località della nostra regione con ben 30 °C nel mite Imperiese, 36.4°C anche a Levante (Rapallo), mentre a Chiavari si sono osservati picchi di temperatura massima di 34 gradi (T max climatica = 23.8 gradi Celsius) con un'anomalia positiva di ben +10°C!

Tale contesto evidenzia come Settembre stia diventando un mese sempre più estivo, caratterizzato da vistose anomalie termiche positive caratterizzate da un progressivo allungamento della stagione calda verso l'autunno, in linea con quanto previsto dall'IPCC riguardo ai cambiamenti climatici (Intergovernmental Panel on Climate Change).

L'andamento delle precipitazioni

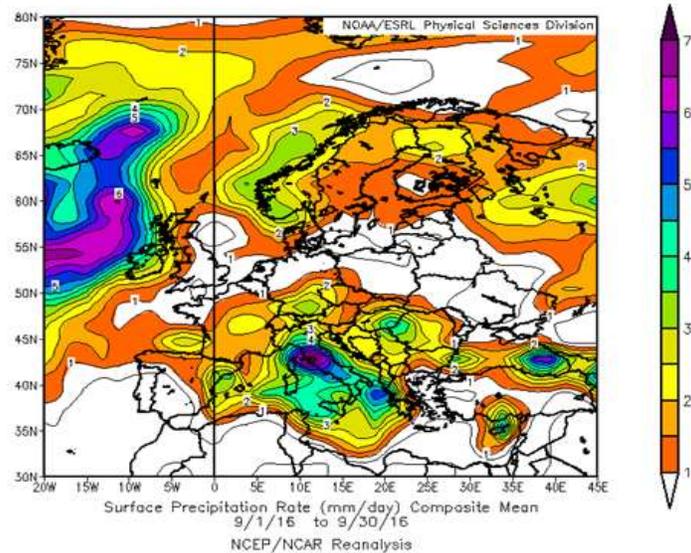


Fig. 8 Rianalisi della precipitazione media giornaliera (Surface Precipitation Rate) sul continente del mese rispetto al periodo climatologico 1981-2010

Il mese sulla penisola è stato caratterizzato da valori medi 6-8 mm/giorno sull'Italia centrale e il Meridione (zone ioniche e basso adriatico), legata a infiltrazioni di aria più fresca e instabile di origine Balcanica (fig. 8). La Liguria così come il Nord Italia ha visto valori di precipitazione nella norma o solo localmente poco superiori all'atteso a causa di alcuni eventi temporaleschi che hanno interessato in particolare i rilievi

| | |
|--|--|
| | <p>appenninici. Oltre i temporali di calore legati alle anomalie termiche positive, si può evidenziare come settembre abbia visto un peggioramento del tempo più significativo verso la sua metà che ha causato l'emissione di un'allerta arancione il giovedì 15 settembre, con cumulate importanti (con 121,8 millimetri in particolare a Chiavari, seguito da 111.4 millimetri a Panesi). Tra i comuni capoluogo, Spezia da giovedì 15/09 a domenica 18/09, si evidenzia una cumulata totale di 66.8 millimetri per quattro giorni consecutivi.</p> <p>E' utile evidenziare come a inizio settembre il meridione sia stato interessato da condizioni d'instabilità anche significative, a causa dello spostamento di un'area depressionaria dall'Europa orientale e i Balcani verso il Mediterraneo centro-orientale (visibile dalla mappa della MSLP per la prima metà di settembre in fig. 4 a): ciò ha comportato una marcata instabilità centrata dapprima sull'Adriatico e poi sul Sud Italia nell'ultima parte della settimana (attorno al 9-10 settembre), che ha portato alluvioni dal Molise alla Puglia, zone dove si sono registrate le situazioni più gravi caratterizzate da esondazioni dei fiumi e dalla chiusura di molte strade con un morto nel foggiano, trascinato con la sua auto dall'acqua e dal fango.</p> |
|--|--|

| <p>Mareggiate</p> | <p>Dopo un Agosto caratterizzato da condizioni di mare poco o localmente mosso (salvo il temporaneo colpo di mare del 5 agosto per la discesa di un veloce sistema frontale dalla Francia che ha provocato uno stato di mare fino ad agitato (con diversi salvataggi, feriti e un morto a Genova Voltri), si evidenziano a nella prima a settembre condizioni di moto ondosso generalmente tra poco mosso e localmente mosso, salvo alcuni aumenti poco significativi.</p> <p>I valori della boa di Capo Mele mostrano un mare abbastanza favorevole alla navigazione, ad eccezione dei giorni 15, 16 e 18 settembre, quando il passaggio del sistema frontale legato a un rinforzo delle correnti sciroccali fu seguito da un significativo gradiente Sud-occidentale al largo del golfo (legato alla formazione di un minimo orografico) che ha innescato venti di Libeccio anche forti e condizioni di mare fino a molto mosso il 17 settembre, con un'altezza max di oltre 3 m (anche il 15 settembre) e un periodo attorno o superiore a 6 secondi. Ecco i valori ondometrici massimi registrati i giorni 15, 16 e 18 settembre:</p> <table border="1" data-bbox="341 1407 1583 1627"> <thead> <tr> <th>Data</th> <th>Hs</th> <th>H max</th> <th>Periodo</th> <th>temperatura acqua (C°)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15 sett</td> <td>1,1</td> <td>3,4</td> <td>5,8</td> <td>24,3</td> </tr> <tr> <td>17 sett</td> <td>1,4</td> <td>3,2</td> <td>6,3</td> <td>24,1</td> </tr> <tr> <td>18 sett</td> <td>1</td> <td>2,9</td> <td>6,1</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table> | Data | Hs | H max | Periodo | temperatura acqua (C°) | 15 sett | 1,1 | 3,4 | 5,8 | 24,3 | 17 sett | 1,4 | 3,2 | 6,3 | 24,1 | 18 sett | 1 | 2,9 | 6,1 | 24 |
|--------------------------|--|-------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|-----|-----|-----|------|---------|-----|-----|-----|------|---------|---|-----|-----|----|
| Data | Hs | H max | Periodo | temperatura acqua (C°) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 sett | 1,1 | 3,4 | 5,8 | 24,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 sett | 1,4 | 3,2 | 6,3 | 24,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 sett | 1 | 2,9 | 6,1 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| <p>N° e tipologie di avviso/allerta</p> | <p>Allerta Arancio Idro dalle h.00:00 del 15/09 alle h.15:00 del 15/09 su Area C,E. Allerta Arancio Idro dalle h.00:00 del 15/09 alle h.12:00 del 15/09 su Area A,B,D. Allerta Gialla Idro dalle h.00:00 del 16/09 alle h.18:00 del 16/09 su Area B,C,E</p> <p>L'allerta Gialla Idro dalle h.08:00 del 18/09 alle h.15:00 del 18/09 su Area C.</p> |
|--|--|

Allegato I

Immagini del mese (dedicate a Stefano Gallino)

(Devoto T., Onorato L. Meteofotografando)



L'immagine che è stata scattata il 15 agosto al tramonto, evidenzia dopo le precipitazioni anche intense della notte e mattinata precedente (in particolare sul levante genovese), l'instaurarsi di condizioni di variabilità per la presenza di nubi orografiche, legate al passaggio del minimo sul settore Ligure che ha comportato l'entrata di correnti occidentali più in quota (foto: Onorato L. - Meteofotografando - FB)



Rovesci davanti al golfo di Levante ripresi il 18 settembre legati al permanere d'instabilità sul Nord Italia e le aree appenniniche (foto: Devoto T.)

Allegato II

TEMPERATURA ESTIVE e ANOMALIE

dalla scala globale a
quella continentale e
più locale

Cambiamenti climatici
in atto e futuri

SCALA GLOBALE

(mappe NASA)

Mappe globali della NASA (National Aeronautics and Space Administration)

Nelle mappe elaborate dalla NASA (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>), viene mostrata l'anomalia di temperatura superficiale dell'estate meteorologica (giugno, luglio, agosto in fig. 9 a-b-c) combinati sulla base dei dati NOAA GHCN v3 (stazioni meteorologiche), ERSST v4 (aree oceaniche), e SCAR (stazioni antartiche), come descritto dalla pubblicazione di Hansen et al. del 2010 (<http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha00510u.html>) che ha evidenziato come la temperatura globale abbia continuato a crescere rapidamente negli ultimi dieci anni, nonostante le forti oscillazioni annuali di temperatura dell'oceano tropicale associate al ciclo di *El Niño-La Niña*.

Questi file aggiornati che incorporano rapporti mensili, evidenziano l'anomalia di temperatura positiva superficiale rispetto al periodo climatologico 1951-1980.

La prevalenza di anomalie di temperatura positive nel corso dell'estate meteorologica metteva in evidenza tramite cromatismi rossi più marcati, come il circolo polare artico e le zone settentrionali del nostro emisfero fossero interessate da un cambiamento climatico più significativo. Il continente europeo è stato generalmente caratterizzato dalla prevalenza di un'anomalia positiva tra +1 e +2 °C.

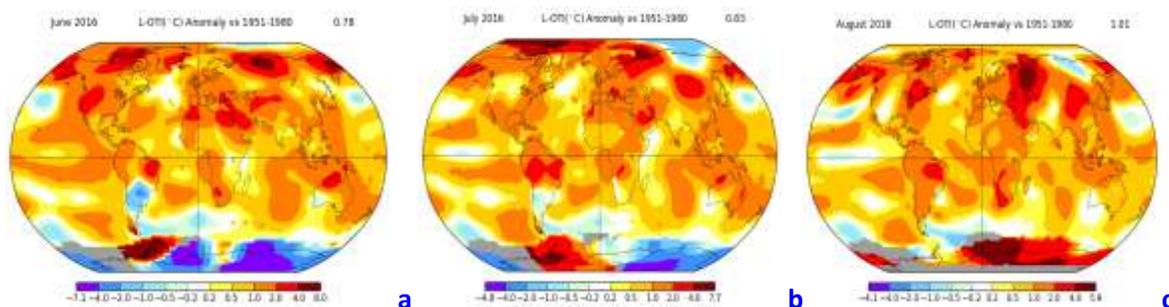


Fig. 9 nelle mappe elaborate dalla NASA (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>), viene mostrata per i tre mesi estivi un'anomalia di temperatura superficiale dell'estate meteorologica 2016 (le zone grigie significano dati mancanti).

Restando all'estate meteorologica la NASA si evidenzia come Agosto 2016 sia stato il secondo mese più caldo di tutti i tempi, preceduto soltanto da un luglio 2016 (anche se è bene ricordare che statisticamente luglio è il più caldo dell'anno a livello globale) e sottolineando come dal 1984, il nostro pianeta continui a registrare temperature superiori alla media.

Si evidenzia come la tendenza verso il *Global Warming* sembrerebbe un processo inarrestabile. In tale trend, anche l'Agosto 2016 è risultato essere il 40° mese di fila durante il quale la temperatura globale terrestre è risultato superiore alla media di riferimento. Ma spaziando anche alle altre stagioni, si può evidenziare come secondo uno degli ultimi report (NASA), siamo ormai a quasi 380 mesi consecutivi caratterizzati da anomalie termiche positive, mentre l'ultimo mese durante il quale la temperatura terrestre era inferiore alla media di riferimento è stato il dicembre del 1984 (con una deviazione di -0.09°C).

Riscaldamento globale e cicli stagionali (agosto 2016)

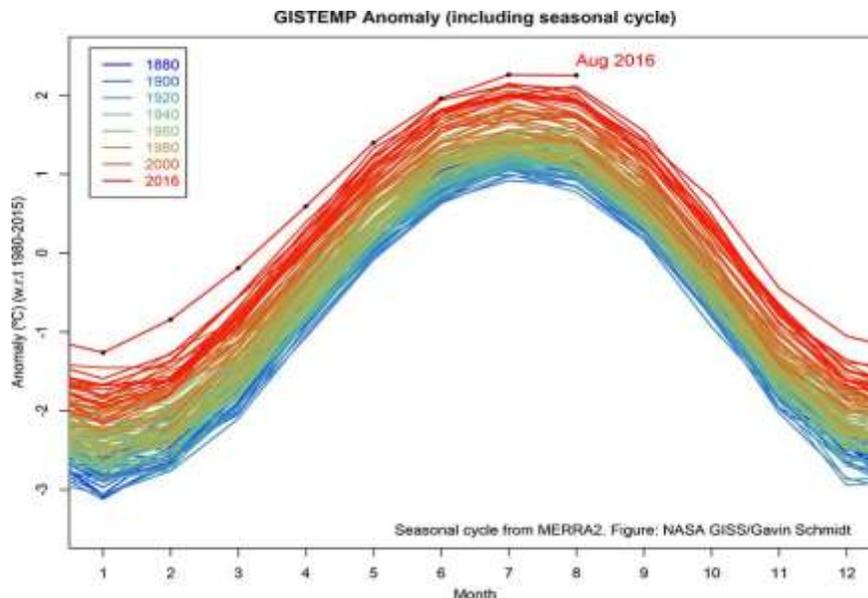


Fig. 10 – Il trend annuale mostra come il riscaldamento globale in atto nel corso degli anni passati (dal 1880 al 2016); in tale contesto l’Agosto 2016 è risultato essere il 40° mese di fila durante il quale la temperatura globale terrestre risultava superiore alla media di riferimento, presentando una chiara anomalia positiva (fonte NASA).

L’ estate meteorologica 2016 in breve

Scenario sinottico estivo

RIANALISI DELL’ESTATE METEOROLOGICA SUL CONTINENTE (Rianalisi NOAA)

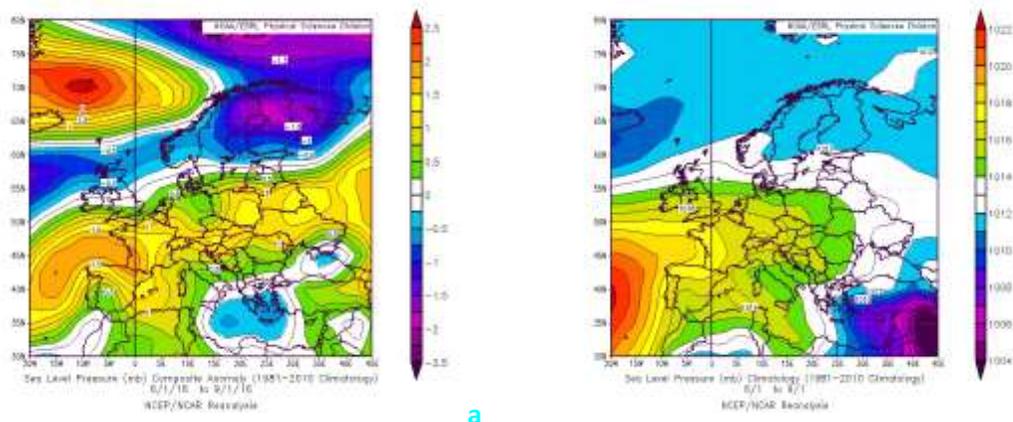


Fig. 11 a-b Rianalisi della pressione media al livello del mare per l’intero periodo estivo (a) e della climatologia (b) attesa per tale parametro in estate (riferita al periodo climatologico 1981-2010)

Scendendo di scala e osservando il continente europeo si evidenzia brevemente per la pressione al suolo una dominanza anticiclonica estesa dal Nord Africa a gran parte del continente e nel circolo polare artico (**fig.11a**) rispetto alla climatologia (**fig.11b**). Si può notare una netta espansione dell’anticiclone rispetto all’atteso lungo i meridiani con

un asse WSW-NE, ben esteso fino alla Russia, oltre alla presenza di alti valori di pressione elevati oltre il 50-60° parallelo Nord (**fig.11 a**) e un'anomalia negativa di pressione al livello del mare confinata tra il golfo della Sirte, le regioni ioniche, la Grecia e il Mar Nero.

Andamento delle temperature

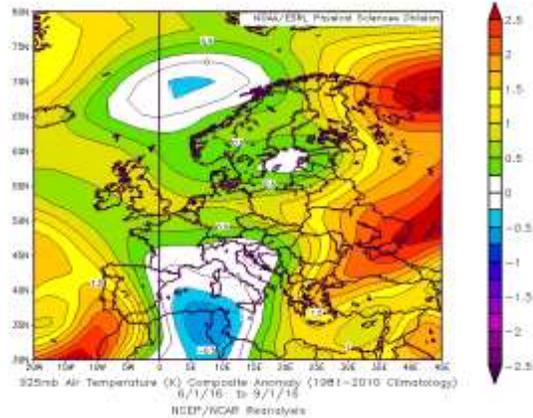


Fig. 12 Rianalisi della temperatura estiva a 925 hPa per tutto settembre (a) rispetto al periodo climatologico 1981-2010

La rianalisi della temperatura ai bassi livelli rispetto alla climatologia (**fig.12**) evidenzia un andamento della temperatura lievemente positiva (o nella norma) su gran parte della Penisola, con anomalie più marcatamente positive sul resto dell'Europa caratterizzate da massimi sui due estremi sud occidentali e sud-orientali del continente, legati all'esteso scudo anticiclonico lungo i paralleli.

Solo una parte del nord Africa era ancora interessato da un'anomalia termica negativa (dai cromatismi azzurri mostrati in **fig.12**), legata a ritorni più freschi e instabili dai quadranti settentrionali per la presenza di una circolazione depressionaria.

Andamento delle precipitazioni

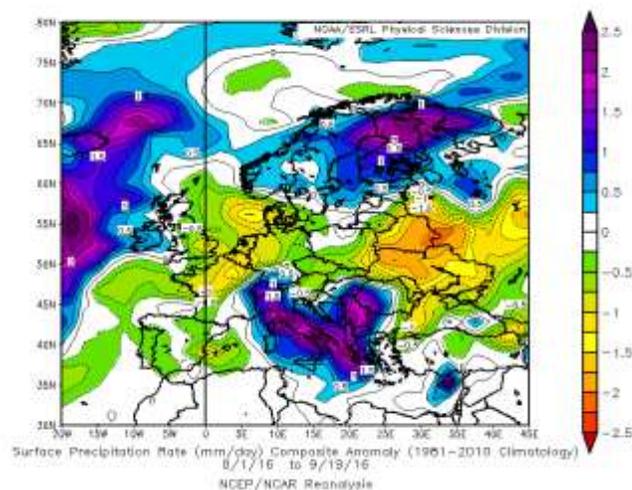


Fig. 13 Rianalisi della precipitazione media giornaliera estiva (Surface Precipitation Rate) sul continente del mese rispetto al periodo 1981-2010

Il dominio anticiclonico su gran parte del continente (mostrato in **fig.11 a**) ha determinato un'anomalia precipitativa giornaliera nel complesso negativa (**fig.13**) su gran parte dell'Europa continentale (colori verdi e giallini) e solo lievemente positiva lungo l'Appennino italiano e i Balcani (colori violacei e blu) e l'Atlantico orientale, che era legata a ritorni più freschi e a tratti instabili dai quadranti settentrionali anche in quota, associati a fasi alterne a condizioni d'instabilità a tratti marcata sul Centro-Sud Italia e le zone Adriatiche/Balcaniche. Le precipitazioni estive confermano i deficit su gran parte del continente europeo che risulta interessato da un prevalente dominio anticiclonico caratterizzato da parziali collegamenti tra l'Anticiclone africano e quello europeo e russo.

SCALA NAZIONALE
Andamento
anomalie
ISAC CNR

L'andamento della temperatura estiva e delle precipitazioni sulla Penisola secondo l'elaborazione ISAC CNR

Abbassandoci di scala (da quella continentale a quella nazionale) la rianalisi ISAC evidenzia per il trimestre estivo 2016 (Giugno, Luglio e Agosto) sul centro-ponente della regione, un decremento delle precipitazioni rispetto alla climatologia (colori rosati a rossi in **fig.14**), contrapposto a un lieve incremento sull'estremo Levante della Liguria e la vicina Costa Azzurra (coloro azzurri) che interessa parzialmente anche il centro Italia e più significativamente il meridione (colori più marcati blu delle celle), che come mostrato in precedenza dalle rianalisi sinottiche (Fig. **6 a – b** e **11 a**), è stato interessato da una zona depressionaria e parzialmente instabile, più precipitativa.

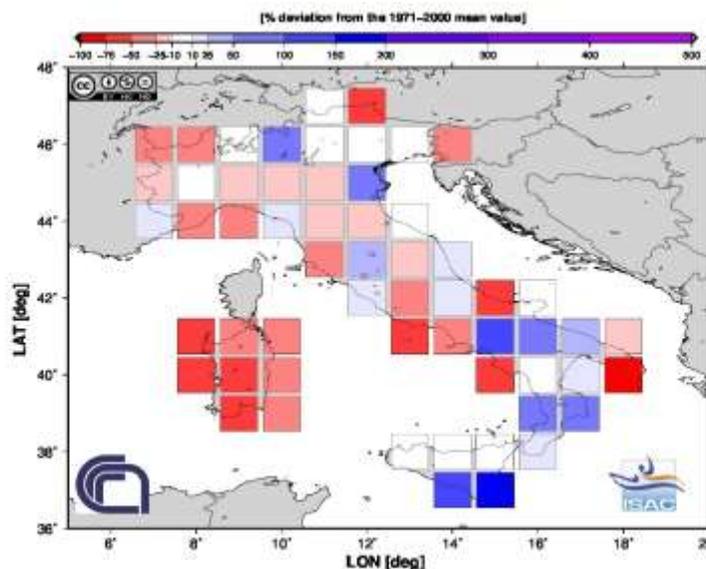


Fig. 14 mappa dell'anomalia di precipitazione sulla Penisola per il trimestre estivo secondo i dati elaborati dall'ISAC –CNR (http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html)

La mappa in **fig.15** evidenzia per l'intero periodo estivo 2016 (Giugno, Luglio e Agosto) una dominanza dell'anomalia positiva per le temperatura medie (celle rosa) che risultano comprese generalmente tra +0.5 e +1.5 °C sulla maggior parte del territorio o in qualche caso superiore (sulla Campagna, Toscana e Puglia meridionale), ad eccezione della sola

Sicilia che è caratterizzata da un andamento negativo.

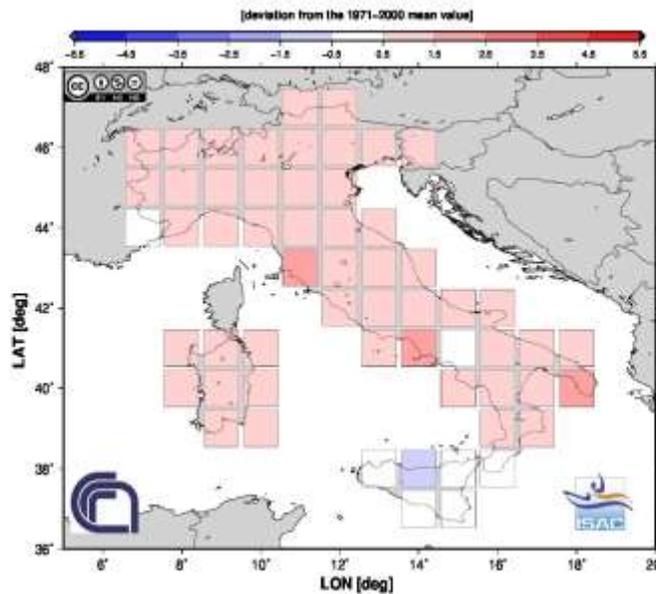


Fig. 15 *mapa dell'anomalia di temperatura sulla Penisola per il trimestre estivo secondo i dati elaborati dall'ISAC –CNR (http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html)*

**L'ANDAMENTO
TEMPERATURA
ESTIVA 1963-2016**

**L'estate 2016
sul Genovese**

**Stazione di Genova
Sestri Aeroporto**

Andamento della temperatura estiva sul periodo 1963-2016 nella stazione meteorologica di Genova Sestri aeroporto

Concludiamo abbassandoci ulteriormente di scala (a quella più regionale), per segnalare come **in questa fase di riscaldamento globale che ha visto un incremento di quasi +1°C nel secolo scorso (IPCC, 2007), si possono osservare trend annuali di temperatura crescenti, anche a livello più locale, particolarmente evidenti nelle zone interne e caratterizzati da contributi più significativi anche nella stagione estiva.**

Il trend cinquantennale di temperatura media mensile estiva per la stazione storica di Genova Sestri, sembra essere abbastanza in linea con quelli della temperatura globale, che risultano più accentuati in particolare nei mesi di giugno e luglio a partire dagli anni '90.

Il coefficiente di temperatura media + 0.3°C/decade nel trimestre estivo, presenta una buona affidabilità e risulta più rappresentativo della stagione calda, essendo in linea con quanto in precedenza osservato. Significativa è stata la prevalenza di anomalie positive rispetto a quelle negative, che a partire dagli anni '90 tendono a dominare maggiormente lo scenario (come avviene per le temperature a livello globale).

Utile sottolineare come nel corso del secolo appena passato le temperature medie globali hanno visto un aumento di circa 1°C con un'accelerazione del riscaldamento più evidente a partire dagli anni '80-90.

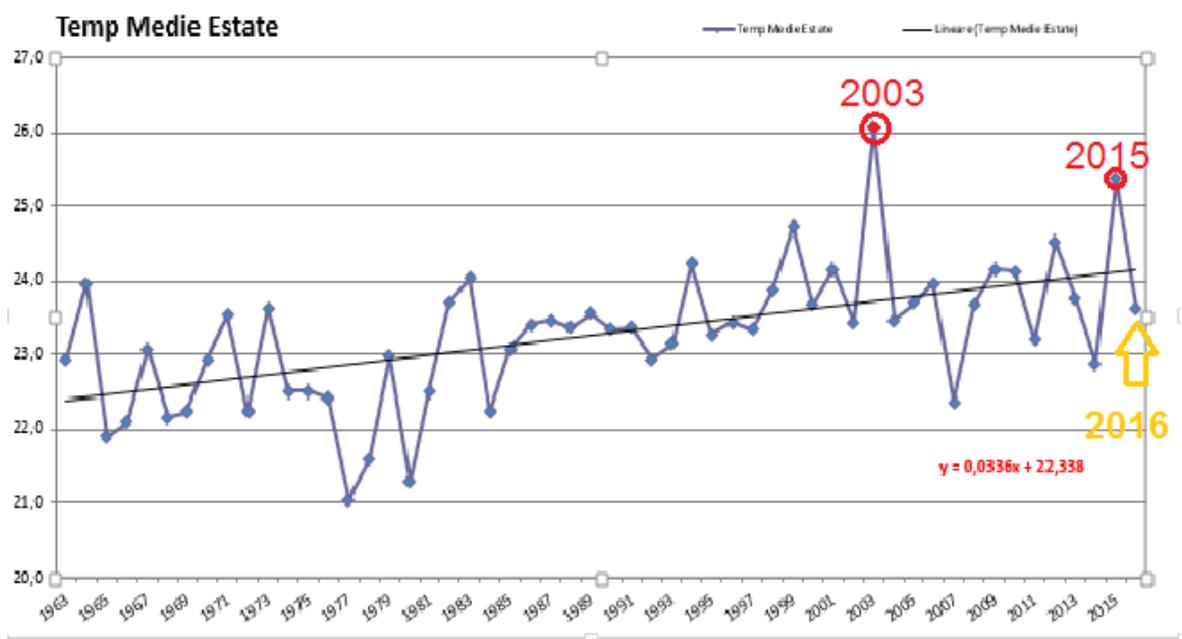


Fig. 16 trend di temperature medie estive annuali per la st. di Genova sestri dal 1963 al 2016 (con gli anni più caldi)

I risultati anche a livello locale, nel capoluogo ligure e altre stazioni costiere e interne, hanno evidenziata una netta tendenza all'aumento del campo termico nell'arco dell'ultimo cinquantennio (**fig. 16**) per le temperature medie estive (di Giugno, Luglio e Agosto). Tale trend è più evidente nelle zone interne durante la stagione estiva (Atlante Climatico della Liguria - 2013) e in particolare nelle zone alpine, dove l'incremento è risultato circa tre volte superiore alla media mondiale.

I risultati dell'analisi hanno evidenziano trend positivi statisticamente significativi per tutti e tre i mesi considerati e soprattutto per giugno ed agosto con un aumento di circa 0.4°C/decennio in entrambi i casi. **A livello complessivo stagionale il trend delle temperature medie è risulta anch'esso significativo e pari a circa 0.3°C/decennio (fig. 17).**

Recenti pubblicazioni focalizzate sul Nord-Ovest Italiano e l'area Alpina (*Handerbergher et al., 2007*) hanno mostrato come la stagione estiva sia un precursore termico potenzialmente importante nel condizionare i possibili eventi di pioggia intensa che spesso interessano le aree liguri nel periodo autunnale. A fine estate – inizio autunno, infatti le temperature superficiali marine che sono ancora molto elevate, forniscono un notevole serbatoio di umidità e calore, favorevole allo svilupparsi di condizione potenzialmente instabili con l'approssimarsi dei primi sistemi atlantici più intensi, soprattutto in prossimità dei rilievi.

Si sono inoltre calcolate le anomalie termiche mensili dei tre mesi estivi nel corso dell'ultimo cinquantennio (fig. 17), rispetto alla climatologia di riferimento 1971-2000.

I trend per i singoli mesi estivi sono stati calcolati sul periodo 1963-2014 individuando per ciascuna serie la linea di regressione con il metodo dei minimi quadrati (Hayslett HT, 1981). La loro significatività è stata valutata tramite il t-test di Student al livello di confidenza del 90%.

Analizzando le anomalie termiche rispetto al trentennio climatologico 1971-2000, si è trovata inoltre una chiara prevalenza delle anomalie positive a partire dagli anni '90, che si contrappone ad un andamento inverso nel venticinquennio compreso tra 1963 e 1989.

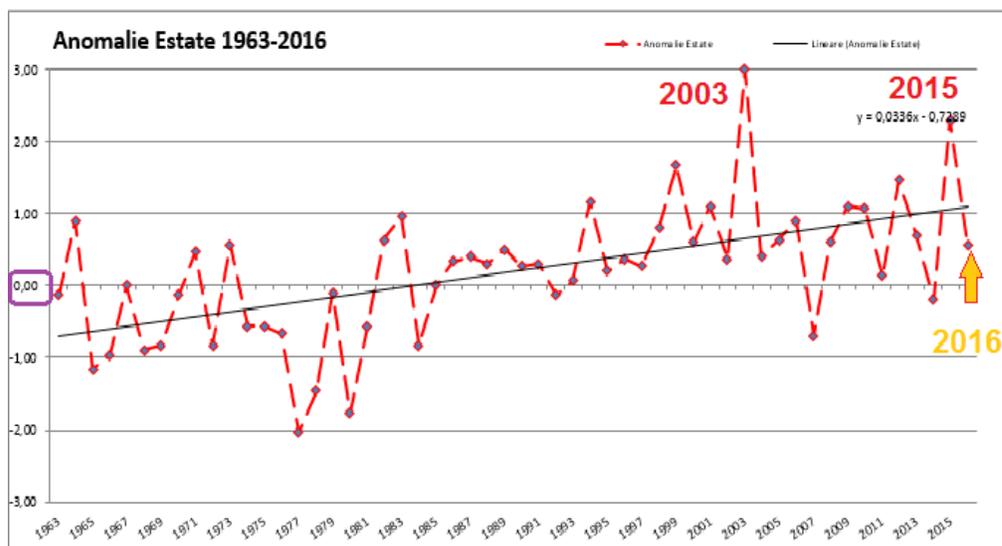


Fig. 17 trend di Anomalie medie estive per la st. di Genova sestri dal 1963 al 2016 (con gli anni più caldi)

Comunque le anomalie termiche evidenziavano un incremento significativo dall'estate '63 ad oggi che risulta inesorabile, nonostante una maggiore variabilità climatica locale rispetto al trend globale: **tale incremento, mostrato in Fig. 17, è correlato a un aumento progressivo delle temperature medie estive (Giugno-Luglio-Agosto) caratterizzate da una dominanza dell'anomalia termica, che è risultata più marcata (>+2°C) in particolare nei caldi 2003 e 2015, ad eccezione di qualche isolata e modesta anomalia negativa nel 2007 (attorno a -1°C) che si è ripresentata in forma più modesta nel periodo estivo del 2014 (a causa dell'estate perturbata e instabile).**

In tale trend si può evidenziare come l'estate appena passata (2016), pur non essendo stata eccezionalmente calda, tuttavia si collochi, su valori lievemente superiori a quelli climatologici (+ 0.5 °C sul Genovese) e comunque sia in linea con il riscaldamento climatico globale anche se nel contesto di una maggiore variabilità (legata alla scala locale).

Evidente dall'andamento delle Anomalie di Genova Sestri per i tre mesi estivi (a partire dagli anni '60) come dagli anni '80-90; si può osservare in **fig. 18 sia più evidente la fase di incremento delle anomalie positive, sia come numerosità che come valore assoluto (freccia rossa) e di conseguenza sia associata a una progressiva riduzione di quelle negative (freccia blu).**

L'ANOMALIA DI TEMPERATURA su GENOVA SESTRI dagli anni '60.

Chiare evidenze dagli anni '90 legate al Global Warming anche su scala locale ligure.

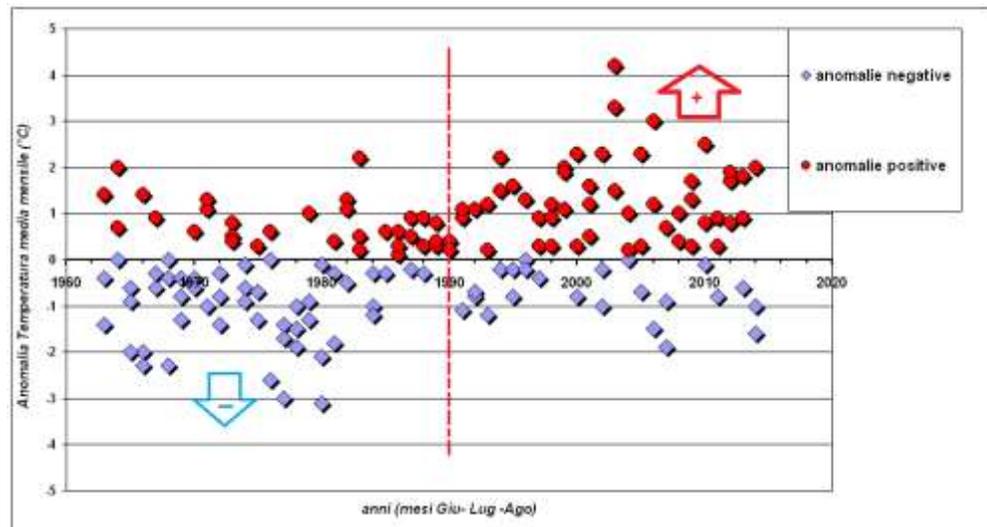


Fig. 18- Anomalie medie mensili (giugno, luglio e agosto) per la st. di Genova sestri dal 1963 al 2016. Evidente dagli anni '90 (linea rossa tratteggiata -----) un drastico cambiamento delle anomalie positive e negative

Bibliografia

Agriolo G., Bonati V., Atlante Climatico della Liguria, ARPAL – Centro Funzionale della Regione Liguria, 2013.

http://www.arpal.gov.it/contenuti_statici//clima/atlante/Atlante_climatico_della_Liguria.pdf,
http://www.res-mar.eu/upload_docs/Atlante_climatico_della_Liguria.pdf

Beniston M., 2005. Mountain climates and climatic change: an overview of processes focusing on the European Alps, Pure and App. Geophys., 162: 1587-1606

Diaz, H.F. and Bradley, R.S., 1997. Temperature Variations during the Last Century at High Elevation Sites, Climatic Change, 36: 253–279

Hardenberg J., Ciccarelli N., Provenzale A., Ronchi C., Vargiu A. & Pelosini R., 2007. Variabilità climatica in Italia nord-occidentale nella seconda metà del XX secolo. CNR, Volume Clima 07: 221-224.

Jones, P.D. and Moberg, A., 2003. Hemispheric and Large-scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update to 2001, J. Climate, 16: 206–223.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Trigo I.F., Davies T.D. & Bigg G.R., 1999. Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region, Journal of climate, 12: 1685-1696.

**Allegato III
LE CAUSE DEI
CAMBIAMENTI
CLIMATICI**

**Legami tra
l'emissione di gas
serra in atmosfera
e riscaldamento**

Responsabilità legate ai cambiamenti climatici (piogge, alluvioni, innalzamento delle temperature, ondate di caldo, siccità, innalzamento del livello mare ecc)

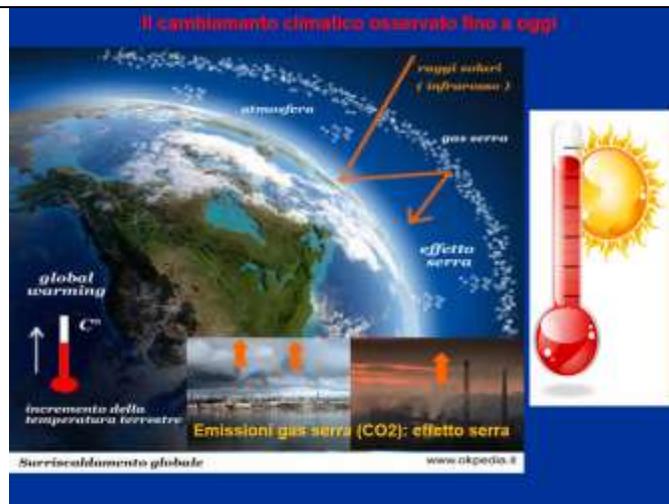
Quali sono le cause del riscaldamento globale?

Il clima della Terra è un sistema complesso e il suo funzionamento è il risultato dell'interazione tra diverse componenti: l'atmosfera, l'idrosfera (l'insieme delle acque superficiali e sotterranee), le terre emerse (e il loro utilizzo da parte dell'uomo), la criosfera (le superfici ricoperte dai ghiacci, le calotte polari, i ghiacciai e il suolo congelato come il permafrost) e la biosfera terrestre e marina. A questo si somma l'influenza di fattori esterni in grado di determinare fluttuazioni periodiche, anche consistenti, del clima.

L'attività del Sole va incontro a variazioni cicliche, in media ogni 11 anni, che aumentano o diminuiscono la quantità di radiazione solare emessa. Su una scala temporale più lunga (decine e centinaia di migliaia di anni), **la quantità di radiazione solare che arriva sulla Terra risente di alcuni cambiamenti dell'orbita terrestre.** Inoltre, **alcune eruzioni vulcaniche di grande intensità possono modificare il clima globale.** È ciò che accadde nel 1815 quando, a seguito dell'eruzione del *Monte Tambora* in Indonesia, venne espulsa nell'atmosfera una quantità di ceneri, polveri e gas tanto grande da causare un anomalo abbassamento delle temperature nel corso dell'anno successivo (il cosiddetto "anno senza estate").

Numerose evidenze scientifiche, infatti, indicano che la principale causa dell'attuale riscaldamento globale è l'aumento della concentrazione atmosferica di alcuni gas, già emessi da fonti naturali, in particolare dell'anidride carbonica (CO₂). L'innalzamento dei livelli di CO₂ è provocato in massima parte dalla combustione del carbone, dei combustibili di origine fossile e dei carburanti derivati, per la produzione di energia, i trasporti e diverse attività industriali.

Dalla Rivoluzione Industriale a oggi l'utilizzo di combustibili fossili è stata la principale causa dell'aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera. La concentrazione di CO₂ è passata dai livelli pre-industriali di 280 parti per milione (ppm) a oltre 400 registrate tra il 2015 e 2016. Le analisi effettuate su campioni di ghiaccio raccolti in Antartide dimostrano che la concentrazione atmosferica di anidride carbonica è oggi la più alta da almeno 800.000 anni .



Secondo l'ultimo rapporto del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) la metà circa delle emissioni antropiche di CO₂ dal 1750 al 2011 è avvenuta negli ultimi 40 anni che hanno comportato un aumento dei gas serra naturalmente presenti. Gli esperti delle Nazioni Unite non hanno dubbi: il clima sta cambiando a causa delle attività umane e dell'emissione incontrollata di **gas serra di origine antropica nell'atmosfera**. L'impatto dell'uomo sul sistema climatico è chiaro e le recenti emissioni di gas serra generate dalle attività umane sono le più alte della storia dall'ultima glaciazione.



L'effetto serra è l'aumento della temperatura terrestre dovuto ad alcuni gas presenti nell'atmosfera che trattengono l'energia del sole, quali:

- biossido di carbonio (CO₂)
- Anidride carbonica che entra in atmosfera con la combustione dei combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale), i rifiuti solidi, alberi e con reazioni chimiche (fabbriche di cemento).
- L'anidride carbonica è anche un gas presente in natura che entra in gioco nel ciclo del carbonio.
- metano (CH₄)

Questi gas vengono chiamati gas ad effetto serra perchè si comportano come i vetri di una serra; la luce del sole entrando nell'atmosfera terrestre passa attraverso questi gas (vetri della serra) arrivando al suolo e una parte di essa viene assorbita , mentre un'altra parte viene riflessa dal terreno stesso e rimandata nell'atmosfera.

Gran parte di questa energia viene però intrappolata dallo spessore di questi gas e

**Allegato III
LE CAUSE DEI
CAMBIAMENTI
CLIMATICI**

riflessa nuovamente sul terreno causando un ulteriore riscaldamento del Pianeta.

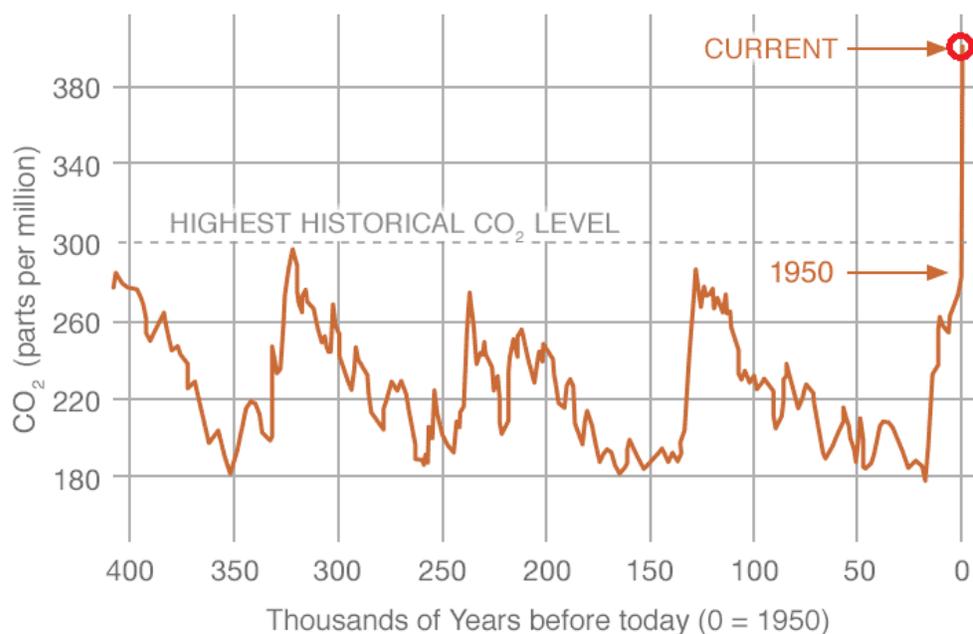
L'attuale preoccupazione sta nel fatto che lo spessore di questi gas serra è aumentato notevolmente con le ben note conseguenze.

Vi è però anche un naturale effetto serra; senza di questo la temperatura della terra non sarebbe abbastanza elevata per garantire la vita. Se non ci fossero questi gas il calore riflesso dal terreno ritornerebbe nello spazio con una conseguente temperatura della terra di -18 gradi centigradi. **Gli scienziati concordano che il tasso di aumento del riscaldamento globale a causa di questi gas è molto probabile che sia senza precedenti negli ultimi 10.000 anni o più. CO₂ eccede dall'analisi dei carotaggi antartici di 800 mila anni.**

Si ritiene che un raddoppio della concentrazione di anidride carbonica potrebbe causare un aumento dai 2 a 4,5 gradi della temperatura. Le stime di Arrhenius erano leggermente superiori a quelle elaborate in tempi più recenti, ma la concentrazione di anidride carbonica è aumentata molto più velocemente di quanto si pensasse alle fine del XIX secolo. **Alcuni hanno sostenuto la tesi che il riscaldamento globale non sia provocato dalle attività umane ma sia da imputare ad altri fenomeni, come le variazioni periodiche dell'attività del Sole. Ma i dati dimostrano che negli ultimi 30 anni la quantità di radiazione solare emessa si è mantenuta costante, mentre la temperatura della Terra ha continuato ad innalzarsi.**

E' ormai noto che la temperatura media globale continuerebbe a rimanere elevata per secoli, anche se si interrompesse subito qualsiasi emissione di gas serra a causa del ciclo di vita dei gas serra che è dell'ordine dei 100 anni.

E quindi probabilmente, la loro concentrazione nell'atmosfera continuerebbe a rimanere superiore a quella dell'età pre-industriale per migliaia di anni.



I livelli purtroppo eccedono ormai in maniera notevole le 400 parti per milione e sono coerenti con i combustibili fossili bruciati. Utile ricordare che nelle ere interglaciali o e glaciali i valori di CO₂ oscillavano su valori molto più bassi tra 190-290 PPM.

Andamento della CO2 evidenzia uno spaventoso incremento che ha visto ormai il superamento dei 400 PPM lo scorso anno, effetto mai raggiunto in precedenza negli ultimi 15 mila anni, **che è il responsabile di un effetto serra sempre più evidente e quindi dovrebbe essere contenuto riducendo le energie fossili e passando a quelle innovative, con una tendenza a un contenimento della temperatura globale sotto il grado e mezzo** (dato che si sta rivelando poco concreto) per evitare un punto di non ritorno oltre i 2°C che potrebbe avere impatti disastrosi sul clima terrestre, sugli ecosistemi naturali e antropizzati, sulla nostra società ed economia, ecc...