



LIFE SEC ADAPT PROJECT

Upgrading Sustainable Energy Communities in Mayor Adapt initiative by planning Climate Change Adaptation strategies

CURRENT BASELINE ASSESSMENT REPORT



Municipality of Ascoli Piceno





PROGRAMME	LIFE 2014 – 2020 – Climate Change Adaptation
PROJECT ACRONYM	LIFE SEC ADAPT
PROJECT CODE	LIFE14/CCA/IT/00036
TITLE	Current Baseline Assessment Report
ACTION/TASK RELATED	A.1
DATE OF DELIVERY	31/10/2016
VERSION	Final
AUTHOR(S)	Leone Speranza





INDICE

Executive Summary.....	4
Sintesi.....	6
1. Introduzione.....	8
1.1. Obiettivi del progetto Life Sec Adapt.....	8
1.2. Azione A1: definizione della base climatica a livello locale.....	8
2. Comune di Ascoli Piceno : contesto geografico e climatico.....	9
3. Serie climatiche, controllo qualità del dato e approccio metodologico di analisi.....	12
4. Trend climatici.....	15
a. Precipitazioni.	16
b. Temperature.....	18
5. Indici climatici estremi.....	22
a. Precipitazioni.....	23
b. Temperature.....	30
Bibliografia.....	41





Executive Summary

The primary source of information about climate and its variation on a specific geographical area is represented by a first assessment of climate data and an estimation of local climate trends, both of mean and extreme values. This information is provided by analysis of long time series of climatic variables, and by the application of statistical models for trend detection and estimation.

The following report, describing the assessment of decades of climate data recorded at a local level (related to precipitation and temperature), is the first essential step for a correct climatic characterization of our territory in order to undertake a subsequent risk and vulnerability assessment at municipal level.

Precipitation

Regarding precipitation trends, the statistical analysis carried out and described in the report shows an overall increase of the cumulated precipitation, especially in summer. However, all the annual and seasonal variations, except for summer, are not statistically significant, based on the calculated *p*-value.

As the mean precipitation trends, even precipitation-related indices do not show a statistically significant signal, except for R95p (Very wet days) and SDII (Simple Daily Intensity Index). However, we can see a positive trends for each indices, especially for R95p (Very wet days).

Thus said, a more extensive analysis could indicate a slight acceleration of the hydrologic cycle, with an increase of dry periods and of heavy rains, notably in the last twenty years (Trenberth et al. 2003; Giorgi et al. 2011). As well as for the considerations written thus far, even for this conclusion the report results do not allow us to consider this process statistically significant, being therefore related to the natural climate variability.

Temperature

Mean, minimum and maximum temperature show positive statistically significant trends (except Winter *T_m* and *T_n* and Autumn *T_x*). The maximum temperature presents the highest increase (+ 2.2 °C with respect to the entire period). The highest temperature variations for all the three indices occur in summer, especially the maximum (+ 3.6 °C with respect to the entire period).

All temperature-related indices, both for maximum and minimum temperature, show statistically significant variations, with the exception of the annual number of frost days, i.e. with daily





minimum temperature $< 0^{\circ}\text{C}$ (FD0, Frost Days), and the cold night (TN10P), i.e. percentage of days when $TN < 10^{\text{th}}$ percentile of the base period. The highest increase belongs to the Hot Days Index (SU30, annual count when TX (daily maximum) $\geq 30^{\circ}\text{C}$), to the Summer days Index (SU25, annual count of days when TX (daily maximum) $> 25^{\circ}\text{C}$), to the Warm Spell Duration Index (WSDI, annual count of days with at least 6 consecutive days when TX $> 90^{\text{th}}$ percentile of the base period). Furthermore, the percentage of days when TX (daily maximum) $< 10^{\text{th}}$ percentile of the base period (TX10P, Cold days) presents a steep decrease.

As for temperatures, we can identify a “break-point” in the mid-80s (Toreti et Desiato, 2007), with a consistent increase of the frequency of positive anomalies, both for extreme indices and mean values. Furthermore, it is interesting to notice that the decrease affecting cold extremes is less intense compared to the increase regarding hot extremes.





Sintesi

La principale fonte di informazioni, sul clima e i suoi cambiamenti relativamente ad una specifica area geografica, è costituita da una prima valutazione dei dati climatici e dalla stima dei trend locali, sia per valori medi sia per valori estremi. Queste informazioni vengono fornite dall'analisi di serie storiche, di variabili climatiche e dall'applicazione di modelli statistici per definire la presenza e la relativa intensità di trend.

Il seguente report, frutto dell'elaborazione di serie storiche della lunghezza di 55 anni (1961-2015), fornisce un inquadramento delle attuali dinamiche di cambiamento climatico nel nostro territorio. Esso rappresenta la prima essenziale fase propedeutica ad una successiva valutazione del rischio e della vulnerabilità a livello comunale.

Precipitazioni

L'analisi statistica, condotta e descritta nel rapporto, mostra un aumento complessivo della precipitazione cumulata soprattutto in estate. Tuttavia, tutte le variazioni annuali e stagionali, fatta eccezione per l'estate, non sono statisticamente significative, sulla base del p_value calcolato.

Come le tendenze medie delle precipitazioni, gli indici non mostrano un segnale statisticamente significativo, fatta eccezione per R95p (giorni molto umidi) e SDII (indice semplice Intensity Daily). Tuttavia, possiamo vedere un trend positivo per ogni indice, in particolare per R95p (giorni molto umidi).

Una più ampia analisi potrebbe indicare una lieve accelerazione del ciclo idrologico, con un aumento di periodi di siccità e di piogge abbondanti, in particolare negli ultimi venti anni (Trenberth et al 2003; Giorgi et al 2011).

Così come per le considerazioni scritte finora, i risultati del report non consentono di considerare questo processo statisticamente significativo, essendo quindi legati alla variabilità naturale del clima.





Temperature

Sia le temperature massime, minime sia le medie risultano statisticamente significative (tranne inverno T_m e T_n e autunno T_x). La temperatura massima presenta il maggior incremento (+ 2,2 ° C rispetto a tutto il periodo). Le variazioni di temperatura più elevate per tutti i tre indici si notano in estate, soprattutto la T_x (+ 3,6 ° C rispetto a tutto il periodo).

Tutti gli indici relativi alle temperature, mostrano variazioni statisticamente significative, con eccezione del numero annuo di giorni di gelo, cioè con temperatura minima giornaliera <0 ° C (FD0), e le notti fredde, vale a dire la percentuale di giorni in cui $T_N < 10$ ° percentile del periodo base (TN10P). L'aumento più alto appartiene all'Indice Giorni caldi (SU30, conteggio annuale $T_X \geq 30$ ° C), all'indice giornate estive (SU25, conteggio annuale di giorni in cui $T_X > 25$ ° C), all'indice periodo caldo (WSDI, numero annuo di giorni di cui almeno 6 consecutivi in cui $T_X > 90$ ° percentile del periodo base). Inoltre, la percentuale di giorni in cui T_X (massima giornaliera) < 10 ° percentile del periodo base (TX10P, giorni freddi) presenta una netta diminuzione.

Per quanto riguarda le temperature, possiamo identificare un "break-point" a metà degli anni '80 (Toreti et Desiato, 2007), con un consistente aumento della frequenza di anomalie positive, sia per gli indici estremi e per i valori medi. Inoltre, è interessante notare che il calo sugli estremi freddi è meno intenso rispetto all'aumento riguardo estremi calde.



1. Introduzione

1.1 Obiettivi del progetto Life Sec Adapt

L'obiettivo principale del progetto Life Sec Adapt, è contribuire ad incrementare la capacità di resilienza climatica delle aree urbane europee, ed agevolare il loro passaggio verso forme di economia a basse emissioni di carbonio ed efficienti nell'uso delle risorse. Gli sforzi per le attività di mitigazione sono necessari al fine di creare condizioni sostenibili che consentano agli enti locali sia l'adattamento ai cambiamenti climatici, sia l'adesione e l'attiva partecipazione all'iniziativa quadro europea "Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia", ed integrare in tal modo gli obiettivi climatici nelle politiche e nelle pratiche locali.

Il progetto Life SEC Adapt prevede inoltre l'adozione e l'aggiornamento del modello delle Sustainable Energy Communities – SEC nel supportare il miglioramento della governance climatica, modello che rappresenta una buona pratica per gli enti locali che intendano sviluppare un virtuoso processo di adattamento ai cambiamenti climatici coordinati dalle autorità e dalle agenzie di sviluppo a livello regionale.

1.2 Azione A1: definizione della base climatica a livello locale

In accordo con le linee-guida della Commissione Europea per lo sviluppo di strategie di adattamento (SWD (2013) 134 final), 17 comuni delle regioni Marche (Italia) ed Istria (Croazia) devono definire l'attuale contesto climatico di riferimento (climate baseline).

Il contesto climatico per l'adattamento sviluppato da tutti i comuni, sulla base della metodologia individuata dal partner IDA, comprende l'analisi dei trend climatici a livello locale, al fine di sviluppare una conoscenza più approfondita delle caratteristiche climatiche del proprio territorio.

Attraverso le valutazioni dell'attuale contesto climatico, con l'azione A1 si intende creare una base comune di conoscenza e di comprensione del quadro locale in materia di cambiamenti climatici, che sia utile alle amministrazioni dei Comuni partner del Progetto ad affrontare le possibili sfide ambientali e socio-economiche del prossimo futuro derivanti dal cambiamento climatico.

Il presente Report è inoltre propedeutico alla definizione della proiezione a livello regionale del clima futuro e dunque alla successiva analisi dei rischi e delle vulnerabilità del territorio.





2. Comune di Ascoli Piceno: contesto geografico e climatico

La città di Ascoli Piceno si trova nella parte meridionale della regione Marche e dista 28 km dal mare Adriatico. Il suo centro urbano sorge ad un'altitudine di 154 m s.l.m., nella zona di confluenza tra il fiume Tronto e il torrente Castellano, circondato per tre lati da montagne, tra cui vi sono la montagna dell'Ascensione, il colle San Marco e la montagna dei Fiori. Il suo territorio è contornato da due aree naturali protette: il Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga a sud e il Parco Nazionale dei Monti Sibillini a nord-ovest.

Il territorio di Ascoli Piceno è situato nella Valle del Tronto.

Superficie	158.02 Km ²
Livello altimetrico	154 m
Abitanti	49228 m
Densità demografica	311.53 ab./Km ²

Tabella 2.1



Figura 2.2: regione Marche, localizzazione del comune di Ascoli Piceno



Il clima della città di Ascoli è di tipo subappenninico, trovandosi a ridosso di importanti catene montuose. Gli inverni sono umidi e freschi, e quando le correnti balcaniche giungono fin sul medio Adriatico, in città si assiste a precipitazioni nevose e un forte abbassamento della temperatura. Talvolta, le nevicate possono risultare piuttosto intense e persistenti, esaltate dal fenomeno dello stau appenninico. Tra le ondate di gelo più intense negli ultimi 20 anni, con accumuli nevosi importanti, spesso superiori al mezzo metro di manto bianco al suolo, si rammentano quelle di gennaio 1993, dicembre 1996, gennaio 1999, gennaio e febbraio 2005, dicembre 2007, oltre alle copiosissime nevicate del 2012. Sono frequenti gelate notturne e anche il fenomeno della nebbia non è raro, soprattutto lungo la Vallata del Tronto. Le estati risultano calde e con precipitazioni poco frequenti per lo più dovute ad improvvisi e a volte violenti temporali pomeridiani. Nella conca ascolana nei giorni più caldi si possono raggiungere temperature di 37°- 38°, ma generalmente le serate estive sono stemperate da fresche brezze che dall'Appennino si incanalano nella vallata e rinfrescano decisamente le temperature notturne. La temperatura media del mese di gennaio si attesta sui 5°- 6° mentre quella di luglio sui 24°- 25°.

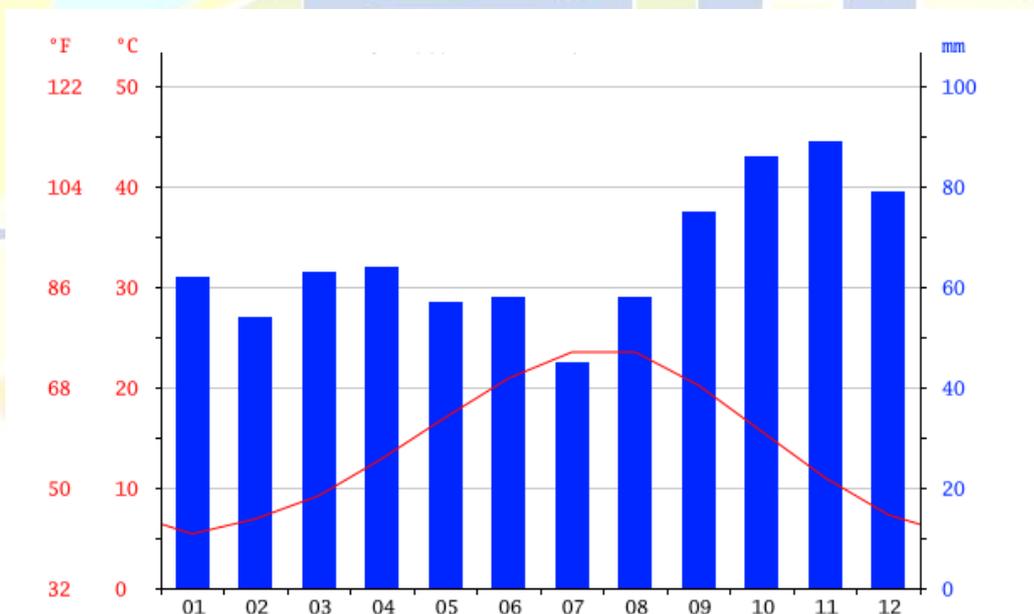


Figura 2.3: grafico climatico di Ascoli Piceno



La classificazione del clima di Ascoli Piceno è, secondo Köppen e Geiger, Cfa. Clima temperato umido in tutte le stagioni con estate molto calda (Cf); mese più caldo superiore a 22 °C (a).

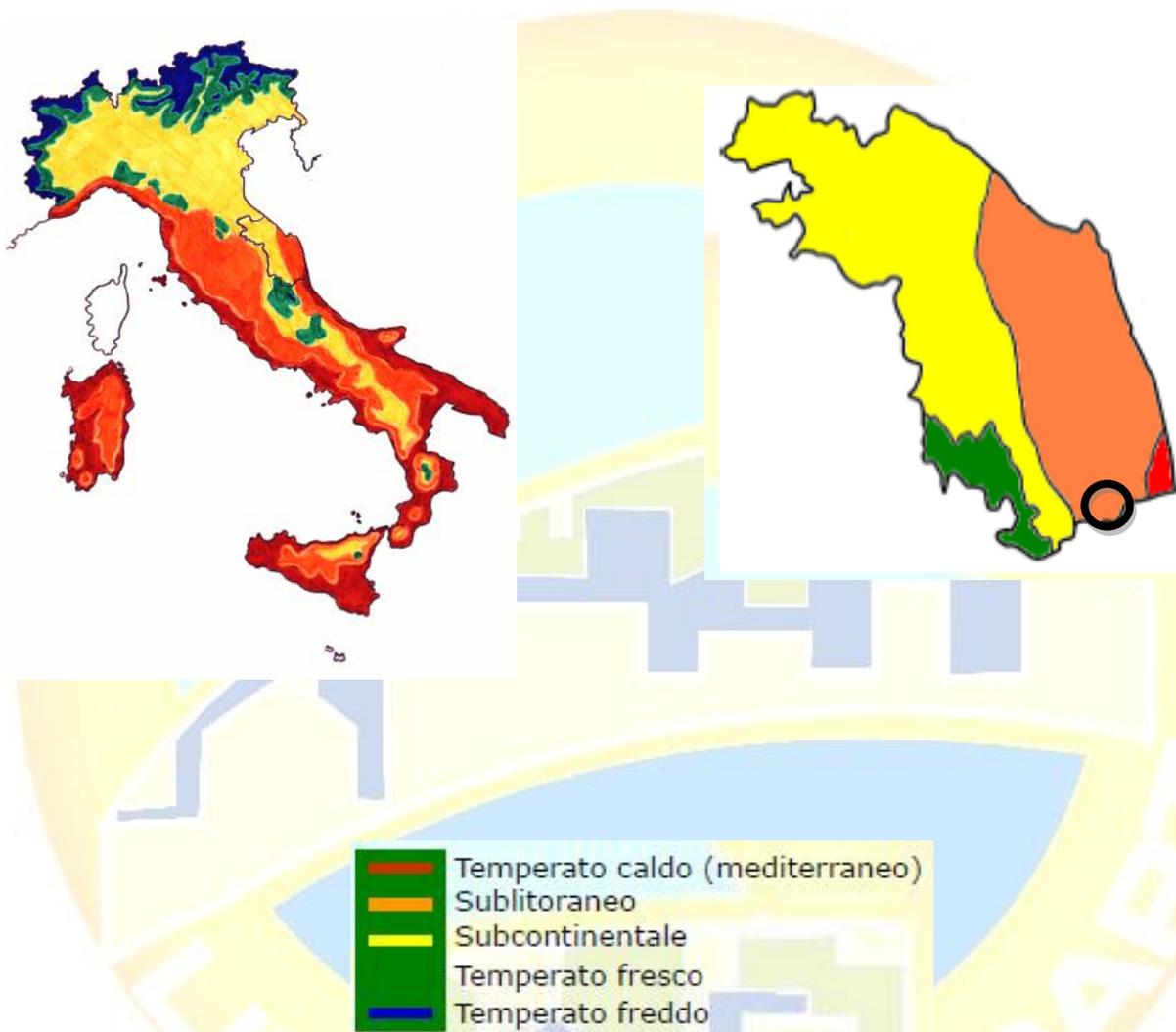


Figura 2.4: Inquadramento dei climi italiani nella classificazione del Köppen (M. Pinna – 1969)



3. Serie climatiche, controllo qualità del dato e approccio metodologico di analisi

Serie climatiche e controllo della qualità del dato

Le analisi climatologiche condotte dai 12 comuni coinvolti, considerano serie storiche (1961-2015), su base giornaliera, riferite a 4 variabili climatiche: precipitazione [Pr, mm/giorno], temperatura media [Tm, °C], temperatura minima [Tn, °C] e temperatura massima [Tx, °C]. La temperatura media, non presente nel dataset originale, è stata derivata dalla media aritmetica, tra temperature minima e massima ($\frac{Tn(i) + Tx(i)}{2}$) giornaliera.

In riferimento a ogni realtà comunale (con l'eccezione del comune di Pesaro e Urbino) le serie climatiche sono state fornite dal "Centro Funzionale della Protezione Civile" della Regione Marche che in seguito al Dlgs 112/98 del 24 luglio 2002 rappresenta l'Istituzione incaricata della raccolta e archiviazione delle serie climatiche generate dalla rete meteorologica regionale.

Il Centro Funzionale della Protezione Civile regionale fornisce un dato già preliminarmente sottoposto a una fase di validazione mirata alla valutazione e miglioramento della qualità originaria delle serie. Il controllo della qualità delle serie storiche rappresenta un processo propedeutico ed essenziale ai fini di una coerente analisi climatologica. A tal proposito le serie fornite dal Centro Funzionale della Protezione Civile regionale, aderiscono a un Sistema nazionale di raccolta, elaborazione e diffusione di serie climatiche di qualità controllata (SCIA, www.scia.isprambiente.it). In questo contesto, la metodologia di controllo, attuata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), integra procedure applicate da centri internazionali come National Climatic Data Center (NCDD) e della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). L'intero set di controlli effettuati sulla serie mira a testare la coerenza fisica e temporale delle serie e può essere suddiviso in quattro categorie: test di integrità di base, identificazione dei valori anomali, test di consistenza interna temporale e test di consistenza spaziale (ISPRA, 2016).



Approccio metodologico e analisi condotte

Le analisi condotte in ambito locale possono essere metodologicamente suddivise in due ambiti:

- analisi di trend di anomalie annuali e stagionali
- analisi di indici climatici.

La prima fase mira a caratterizzare statisticamente l'evoluzione temporale delle anomalie durante il periodo 1961-2015 relative al periodo di riferimento (1971-2000) per ogni realtà locale. L'anomalia è definita come lo scarto (% per le precipitazioni e °C per temperature) tra la media del singolo anno (o della singola stagione), rispetto alla media del trentennio di riferimento.

La significatività statistica e intensità dei trend, è riassunta da 3 coefficienti: Tau e p_value derivanti dal test statistico Mann-Kendall (MK, Mann, 1945 e Kendall, 1975) e la slope Theil-Sen (TS) (Yue et al., 2002) (vedi tabelle capitolo 4). Il test MK, è comunemente utilizzato per l'analisi statistica di serie idro-meteo-climatiche. Essendo di natura non parametrica, presenta una particolare flessibilità che lo rende indicato anche per variabili non aventi distribuzione statistica gaussiana (Yue et al., 2002). La base concettuale del MK è la sua ipotesi nulla, che assume che la serie in analisi non sia caratterizzata dalla presenza di trend. Gli output del test MK sono presentati attraverso due sintetici coefficienti. Il primo, Tau (S), rappresenta il valore di correlazione tra la variabile dipendente e indipendente calcolata considerando le relazioni tra tutte le possibili coppie di dati.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i)$$

Dove X_j rappresenta i valori sequenziali della serie e n la sua lunghezza e dove:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases}$$

Valori positivi di S rappresentano un trend crescente e al contrario un valore negativo, un trend decrescente.





Il secondo coefficiente del test MK considerato, consiste nel p_value . La presenza o meno di un trend statisticamente significativo è determinata dal fatto che il p_value sia maggiore (trend non significativo) o minore (trend significativo) del livello di confidenza del test (0.05) determinato a priori.

L'intensità del trend è quantificata attraverso la slope (pendenza) di un modello di regressione lineare e un modello di regressione non parametrico Theil-Sen (TS) (Yue et al., 2002). Relativamente a quest'ultimo approccio, per evitare ripercussioni negative sull'accettazione o rifiuto dell'ipotesi nulla, determinate dal potenziale carattere autoregressivo della serie in analisi, la regressione TS è stata precedentemente sottoposta a un processo di "pre-whitening" con il metodo Yue and Pilon (Yue et al., 2002). Questa tecnica deriva e successivamente rimuove il valore relativo alla correlazione seriale (lag-1) presente nella serie, per poi calcolare la slope secondo l'approccio TS della retta di regressione. Per il calcolo dei due coefficienti relativi al test MK e della slope TS si sono utilizzati algoritmi presenti nei pacchetti applicativi "Kendall" e "zyp" del software R (<https://www.r-project.org/>).

La seconda fase consiste nel calcolo e nell'analisi di un pacchetto di indici climatici, definiti dal team di esperti dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ET-SCI), con il fine di estrapolare informazioni relative all'evoluzione di particolari aspetti del sistema climatico che possono aver grande rilevanza sui sistemi naturali e antropici con particolare enfasi su fenomeni climatici estremi.

Dall'intero set di indici disponibile si è selezionato un subset che si compone di 9 indici riferiti alle temperature e 5 indici riferiti alle precipitazioni. Gli indici riferiti alle temperature sono principalmente focalizzati a studiare l'evoluzione temporale di valori insolitamente alti o bassi considerando soglie fisiche (valore assoluto) o statistiche (code della distribuzione). Per le precipitazioni, gli indici sono mirati ad analizzare un potenziale cambiamento del carattere delle precipitazioni, con particolare attenzione agli accumuli annuali derivanti da eventi precipitativi intensi e variazione della lunghezza di periodi secchi. Il pacchetto del software R "climact2" (WMO, 2014) è stato utilizzato per il calcolo degli indici climatici riportati nel capitolo 5. L'algoritmo utilizzato svolge un controllo preliminare della qualità del dato giornaliero in input. L'algoritmo definisce inoltre per ogni indice i coefficienti di slope e deviazione standard del modello di regressione lineare applicato e p_value anche in questo caso utile per definire la significatività statistica del trend riferito al determinato indice (vedi tabelle capitolo 5).





4. Trend climatici

In questo capitolo verranno evidenziati i risultati dell'analisi di trend, relativi alle sommatorie annue e stagionali delle precipitazioni totali medie e delle temperature minime, massime e medie per l'intero periodo oggetto dello studio.

Si ricorda innanzitutto che, mentre per le precipitazioni totali (somma di quelle liquide e di quelle solide sciolte o equivalenti liquide), i trend sono stati calcolati sullo scarto percentuale tra la precipitazione annua o stagionale e quella del trentennio di riferimento selezionato (CLINO 1971 – 2000); relativamente alle temperature, essi sono stati calcolati sull'anomalia termica mensile e stagionale, sempre considerando il medesimo trentennio.

Come evidenziato nel cap. 3, al fine di verificare l'eventuale presenza di trend in tratti di serie monotone sono stati condotti test di significatività statistica adoperando il classico metodo non parametrico di **Mann Kendall (MK)**; Kendall et al. 1983; Sneyers 1998). Ricordando che nel test MK l'ipotesi nulla, H_0 , è che la serie di valori non contenga un trend significativo - considerando un **p_value** di 0,05 - tale test è stato applicato previa verifica di assenza di serialità nella successione di valori da analizzare (Von Storch 1995; Zhang et al. 2001). Per valutare il segno del trend si utilizza **l'indice Tau**, per cui in presenza di un tau positivo il trend sarà positivo e viceversa nel caso di un tau negativo. Infine, per quantificare i trend lineari, in termini di pendenza della retta (tasso di variazione), si è fatto ricorso al metodo **Sen's estimate slope** nella variante **Yue – Pilon (2003)**.





a. Precipitazioni

I risultati dell'analisi statistica appena sopra proposta e condotta sono riportati nella tabella 4a.1 qui di seguito riportata:

Periodi	Mann-Kendall – Tau	Mann-Kendall 2-sided p_value	Thiel-Sen slope
Annual_Pr	0.127	0.195	0.280
Autumn_Pr	0.047	0.630	0.178
Spring_Pr	0.223	0.019	0.872
Summer_Pr	0.005	0.961	0.016
Winter_Pr	0.081	0.407	0.364

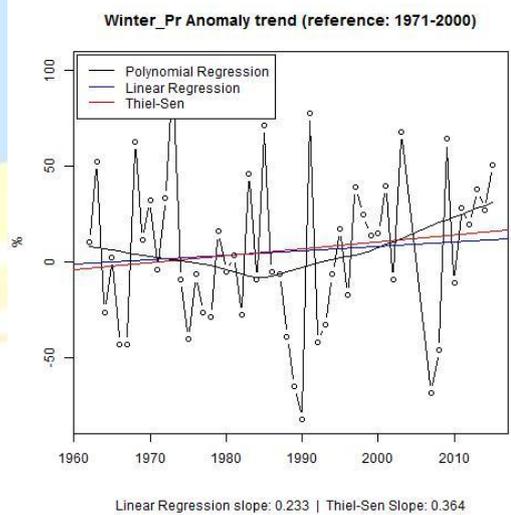
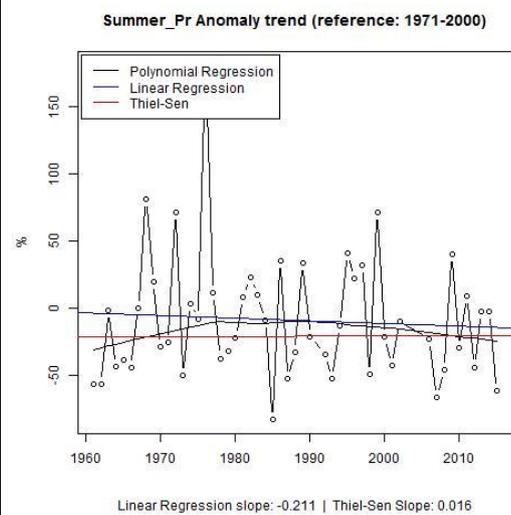
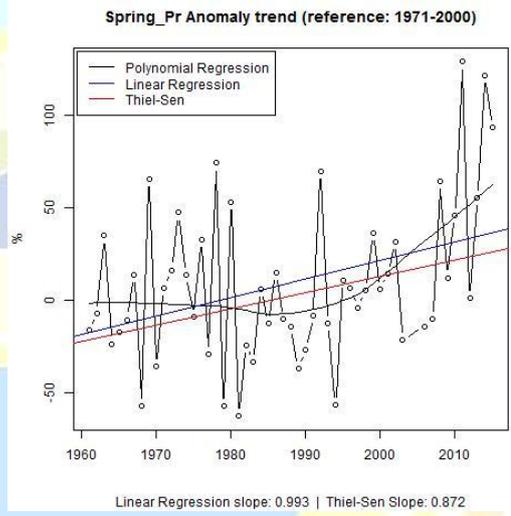
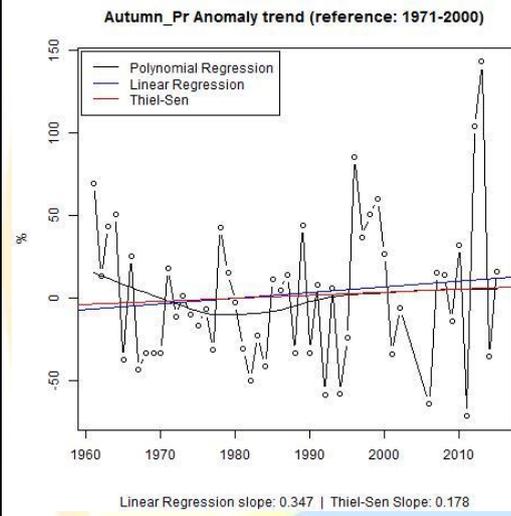
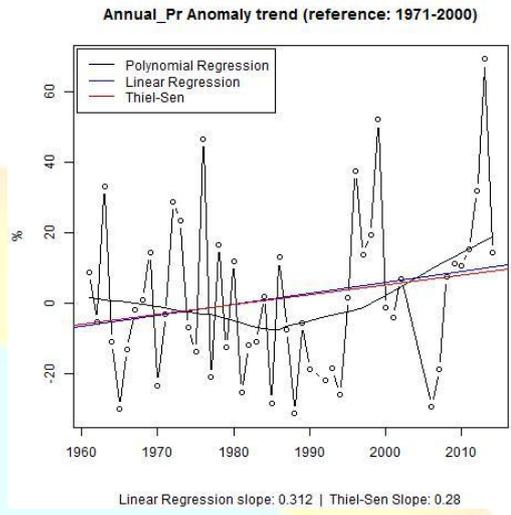
Tabella 4a.1

Dalla disamina della tabella si evince che le precipitazioni tendono ad aumentare in tutte le stagioni. Tuttavia, risulta evidente come i trend appena citati non siano statisticamente significativi ($p_value > 0,05$), infatti il valore p valore supera anche di molto, come nel caso delle precipitazioni estive, il valore massimo. L'unico valore che ha significatività statistica è la precipitazione primaverile dove, peraltro, si verificano gli incrementi maggiori.



Trend Anomalie precipitazioni

dall'analisi risulta evidente che modeste sono le differenze tra i valori dei coefficienti angolari calcolati con metodo parametrico (linear regression) e non parametrico (Thiel-Sen slope); essi mostrano una quasi perfetta identità per l'anno; sempre per il segnale annuale si nota un comportamento piuttosto articolato della polinomiale che mostra un flesso del segnale a fine anni '80 ed un notevole incremento meteorico a partire dal 2010, determinati dalle abbondanti precipitazioni dell'ultimo quinquennio. Tale segnale caratterizza anche la stagione primaverile mentre la stagione estiva si mantiene stabile.





b. Temperature

Dalla disamina della tabella 4b.1 il segnale termico relativo al periodo oggetto dello studio - calcolato sull'anomalia relativa al CLINO 1971 – 2000 - mostra un incremento sia per le stagioni sia per l'anno, a conferma di un segnale riconosciuto anche a livello di bacino mediterraneo. Gli incrementi termici medi annui variano tra 0.021°C per i valori medi minimi e 0.040°C per quelli massimi, con una media annua pari a circa 0.032°C.

Se si considera l'intero periodo oggetto dello studio, l'aumento delle temperature varia tra 1,2°C e 2.2°C circa, con una media annua di circa 1.8°C. La significatività statistica calcolata è comprovata per quasi tutte le stagioni e per l'intero anno (p_value sempre $< 0,05$), con valori spesso prossimi a zero, a conferma del fatto che la tendenza evidenziata è assolutamente certa. Difettano solo le temperature medie e minime invernali e le temperature massime autunnali, anche se i valori del p value sono poco al di sopra della soglia massima (tranne per le temperature minime invernali dove il p value è il triplo rispetto al limite).

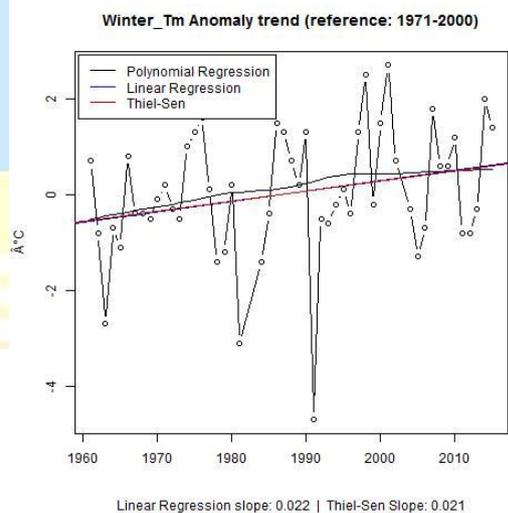
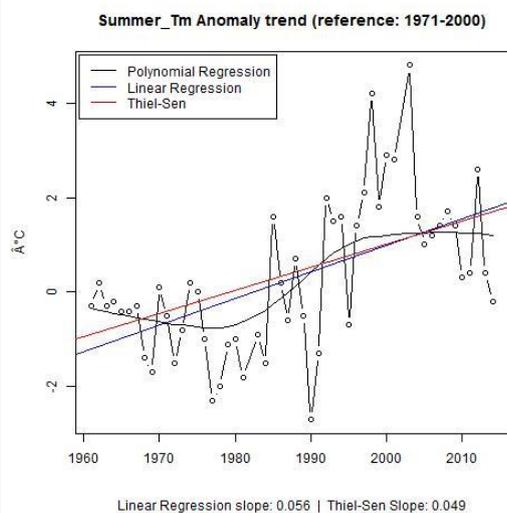
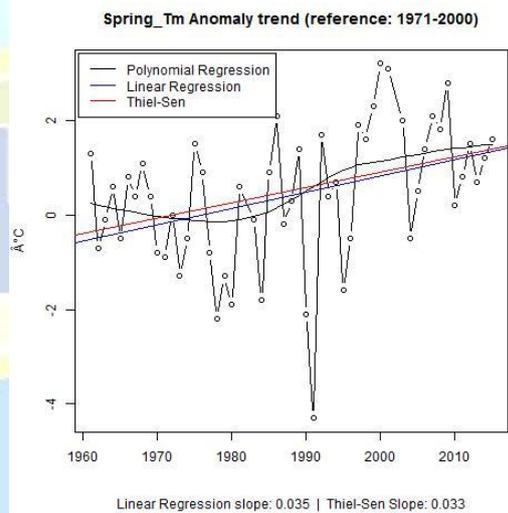
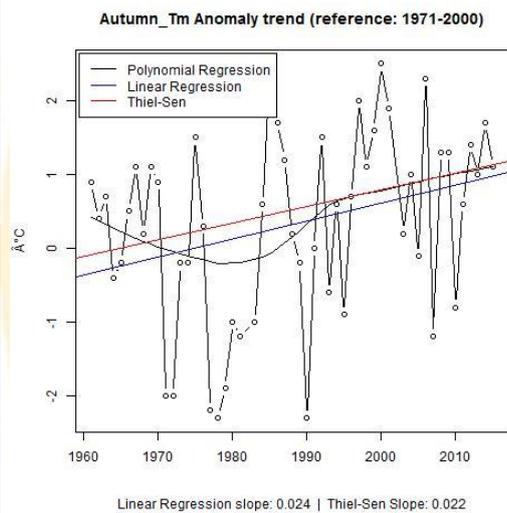
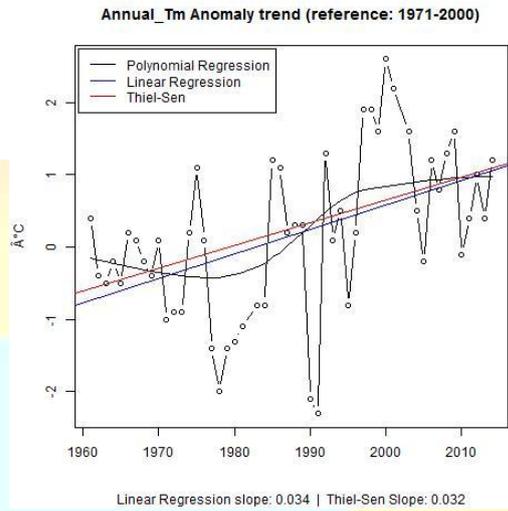
	Mann-Kendall – Tau	Mann-Kendall 2-sided p_value	Sen's slope (Yue - Pilon method) Trend
Annual_Tm	0.336	0.001	0.032
Autumn_Tm	0.218	0.023	0.022
Spring_Tm	0.271	0.005	0.033
Summer_Tm	0.340	0.000	0.049
Winter_Tm	0.186	0.056	0.021
Annual_Tn	0.275	0.005	0.021
Autumn_Tn	0.208	0.030	0.020
Spring_Tn	0.274	0.004	0.025
Summer_Tn	0.321	0.001	0.033
Winter_Tn	0.138	0.157	0.014
Annual_Tx	0.316	0.001	0.040
Autumn_Tx	0.180	0.060	0.025
Spring_Tx	0.259	0.007	0.040
Summer_Tx	0.340	0.000	0.065
Winter_Tx	0.201	0.038	0.027





Trend Anomalie Temperature Medie

Dall'analisi si osserva una quasi assoluta identità nel comportamento delle rette interpolanti mentre le funzioni interpolanti di ordine superiore tendono ad evidenziare per tutte le stagioni ,escluso l'inverno, un lieve flesso a cavallo degli anno '80 determinati rispettivamente dagli outliers negativi del 1978 e del 1980. Risulta evidente che nell'ultimo decennio le temperature sono notevolmente aumentate con picchi molto alti.

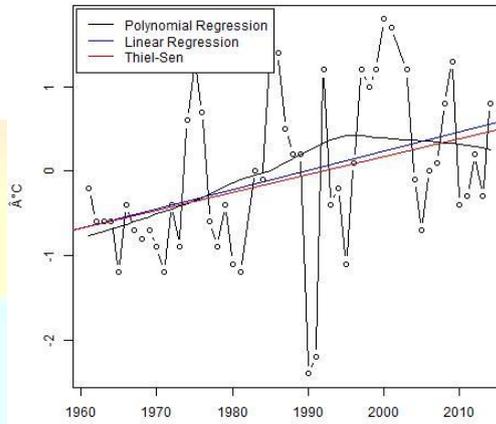




Trend Anomalie Temperature Minime:

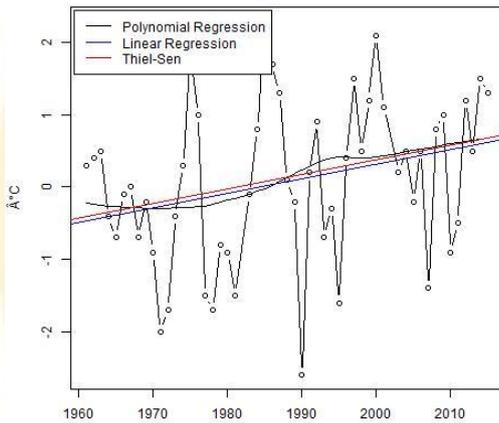
Anche in questo caso, non si osservano scostamenti significativi tra il comportamento delle due differenti interpolanti lineari che anzi mostrano sovente una quasi totale identità. Il comportamento dell'interpolante polinomiale evidenzia per l'anno un flesso negli anni '90, causato da annate "sottomedie" e da un successivo intenso incremento termico; tale segnale risulta essere simile nella stagione estiva . Il segnale relativo alle stagioni solstiziali è più equilibrato.

Annual_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)



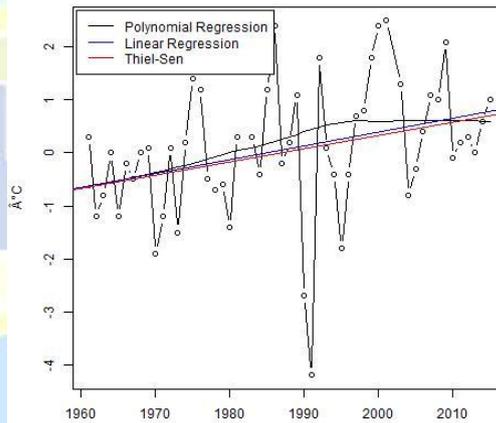
Linear Regression slope: 0.023 | Thiel-Sen Slope: 0.021

Autumn_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)



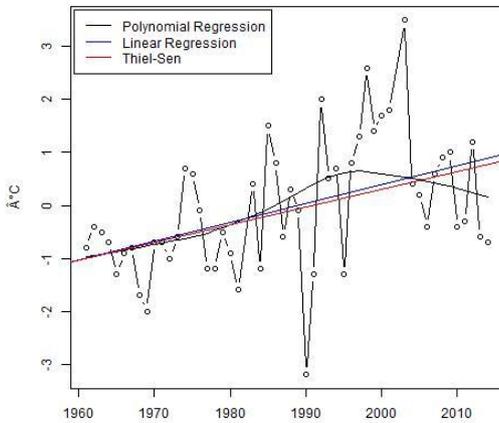
Linear Regression slope: 0.02 | Thiel-Sen Slope: 0.02

Spring_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)



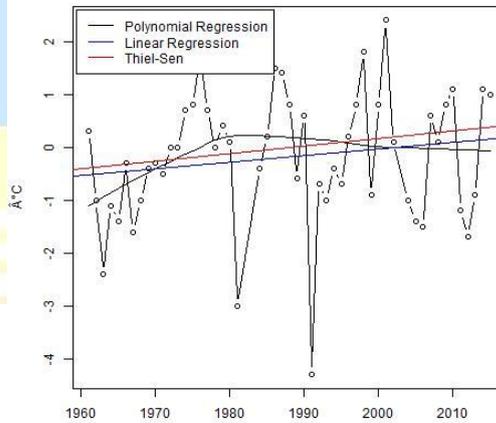
Linear Regression slope: 0.026 | Thiel-Sen Slope: 0.025

Summer_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)



Linear Regression slope: 0.036 | Thiel-Sen Slope: 0.033

Winter_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)



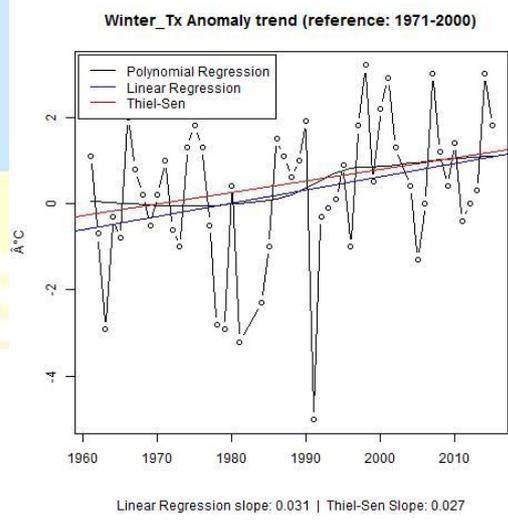
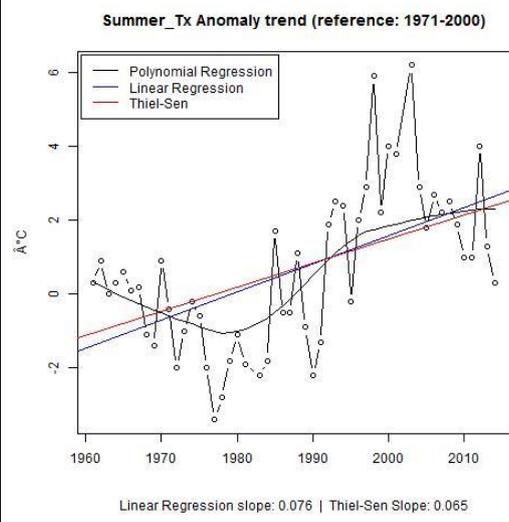
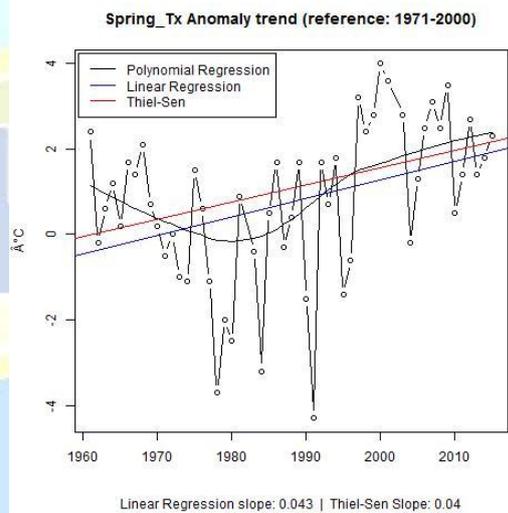
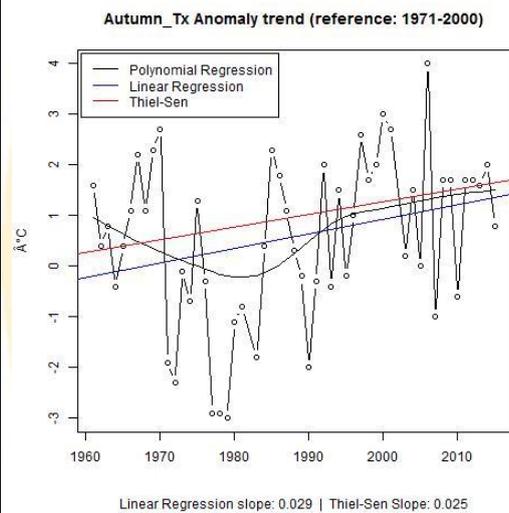
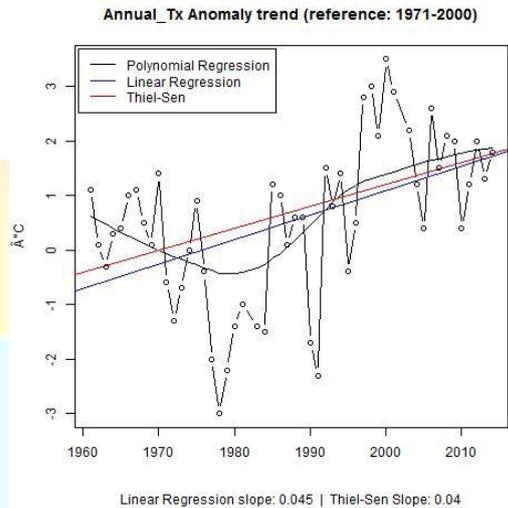
Linear Regression slope: 0.012 | Thiel-Sen Slope: 0.014





Trend Anomalie Temperature Massime:

dall'analisi, si osserva che esiste un lieve quanto trascurabile scarto tra il comportamento delle interpolanti. Per quanto riguarda la polinomiale, negli anni '80 si presenta un flesso dovuto agli outliers negativi della fine degli anni '70. Anche le stagioni presentano un andamento della polinomiale molto simile alla annuale, escluso l'inverno dove non si notano flessi rilevanti.





5. Indici climatici estremi

Questo capitolo presenta i risultati dell'analisi degli indici climatici selezionati come rappresentativi per il contesto climatico dei partner del progetto SEC ADAPT.

Si tratta di una selezione degli indici climatici definiti dal team di esperti dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ET-SCI), con il fine di estrapolare informazioni relative all'evoluzione di particolari aspetti del sistema climatico che possono aver grande rilevanza sui sistemi naturali e antropici con particolare enfasi su fenomeni climatici estremi.

Il set di 13 indici, elaborato con il pacchetto del software R "climpack2", è suddiviso in indici per la precipitazione e la temperatura; sembrerebbero sufficienti a quantificare l'entità del cambiamento climatico in atto alle nostre latitudini ed i riflessi sul quadro sociale, agricolo e della salute pubblica. Relativamente al bacino mediterraneo, è stato anche considerato il parametro "hot days" number (SU30) che evidenzia i giorni con temperature massime > 30°C.

Per ogni indice è specificato, oltre che il coefficiente angolare della retta interpolante (slope) la relativa deviazione standard (STD of slope) e il p_value, che si ricorda essere utile per definire la significatività statistica del trend riferito al determinato indice.

I metadati di ingresso al software R "climpack2" sono:

Station:	Ascoli Piceno
Series period:	1961 - 2015
Latitude:	42° 50' N
Longitude:	13° 37' E
Base Period:	1971 – 2000
Elevation:	154 m s.l.m.



a. Precipitazioni

Index	Definition	Units	Indices	Slope	STD_of_Slope	P_Value
RX1day (Max 1-day precipitation amount)	Maximum value of 1-day precipitation	mm	rx1day	0.583	0.291	0.051
R95p (Very wet days)	Annual total precipitation when daily PRCP > 95th percentile of the base period	mm	r95p	2.111	1.004	0.041
SDII (Simple Daily Intensity Index)	Annual total precipitation divided by the number of wet days (defined as daily PRCP \geq 1.0 mm) in the year	mm/day	sdii	0.037	0.013	0.006
CDD (Consecutive Dry Days)	Maximum number of consecutive days with daily PRCP < 1mm	mm	cdd	0.109	0.066	0.107
R20 (Very heavy precipitation days)	Annual count of days when daily PRCP \geq 20 mm	days	r20mm	0.057	0.030	0.069

Tabella 5.1



Se generalmente i trend delle precipitazioni tendono a non essere statisticamente significativi rispetto alla regressione lineare (come emerge anche nell'analisi dei trend delle anomalie delle precipitazioni nel cap.4), nel caso degli indici estremi si rileva come solo alcuni di essi siano statisticamente non significativi ($p_value > 0,05$), come Rx1 (Maximum value of 1-day precipitation), anche se supera il valore massimo di pochissimo; Cdd (Maximum number of consecutive days with daily PRCP $< 1\text{mm}$); R20 (Annual count of days when daily PRCP $\geq 20\text{ mm}$).

Non si osservano dunque tendenze ben definite di variazione delle precipitazioni massime giornaliere (RX1day), anche se l'indice di precipitazione nei giorni molto piovosi (R95p) mostra da metà degli anni 2000 una tendenza alla crescita delle frequenze, similmente all'indice di intensità di pioggia (SDII) e l'indice di precipitazioni $>$ di 20 mm (R20).

L'indice dei giorni non piovosi consecutivi (CDD) non mostra una tendenza ben definita, anche se risulta leggermente in crescita.

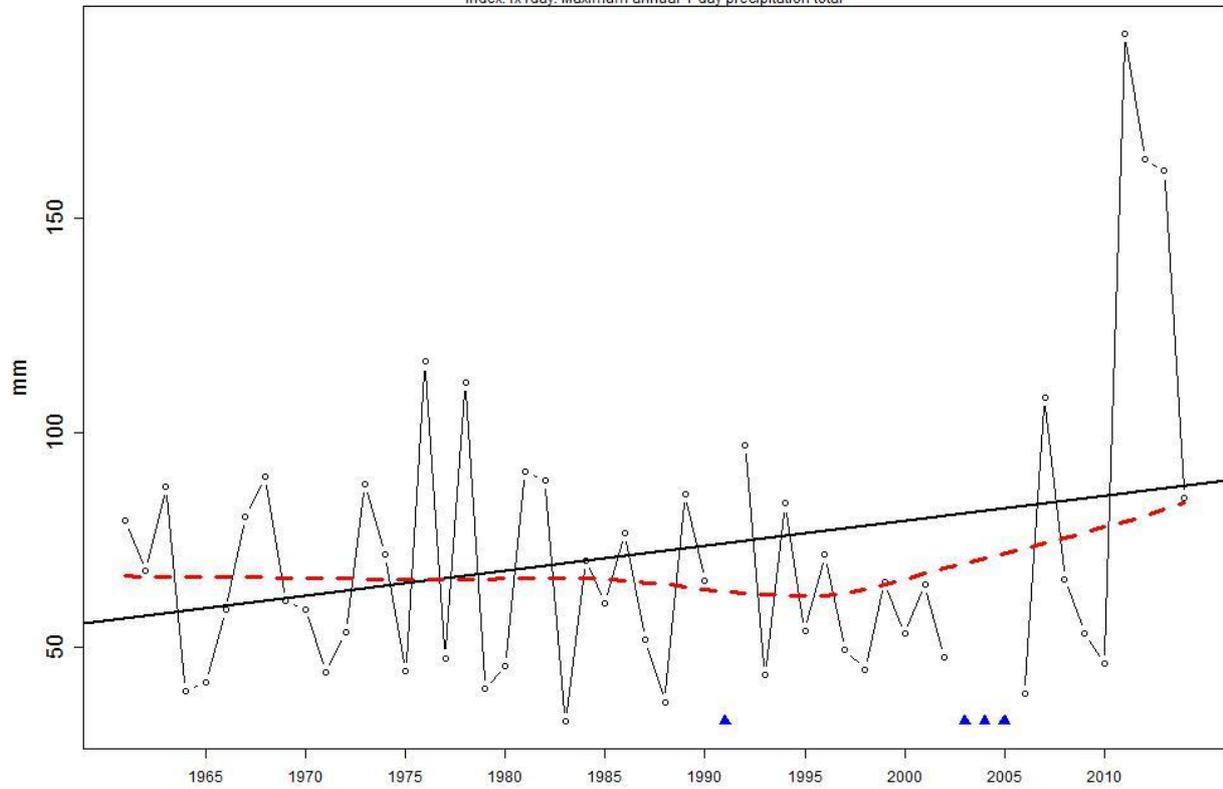
Dunque si potrebbe sinteticamente concludere che si osserva nell'ultimo ventennio una intensificazione delle frequenza degli eventi di precipitazione, anche se non caratterizzati da eccezionalità nelle quantità cumulate.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: rx1day. Maximum annual 1-day precipitation total



Linear trend slope= 0.583 Slope error= 0.291 , p-value= 0.051

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

RX1day (Max 1-day precipitation amount)

Il trend relativo all'indice precipitazioni massime giornaliere annue mostra un aumento, soprattutto nell'ultimo quinquennio, dove gli outliers sono più importanti.

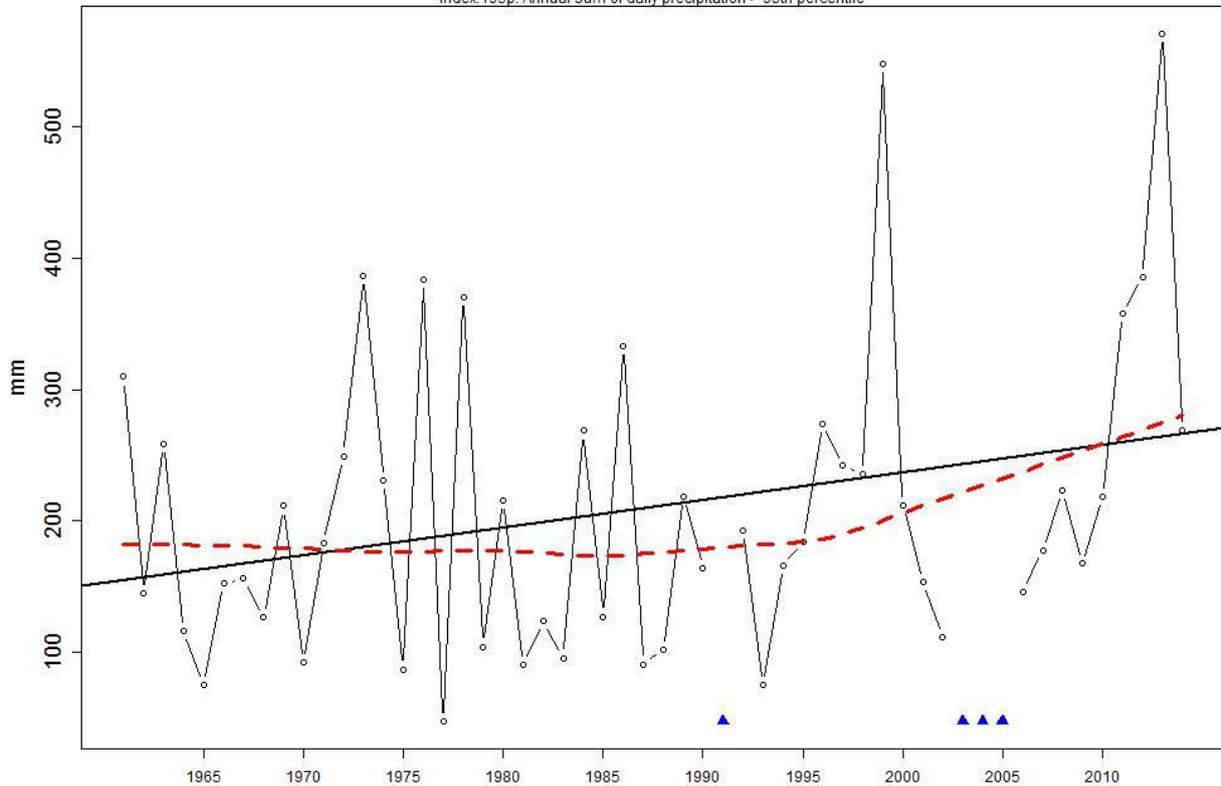
Questo indice, tuttavia, è statisticamente non significativo.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: r95p. Annual sum of daily precipitation > 95th percentile



Linear trend slope= 2.111 Slope error= 1.004 , p-value= 0.041

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

R95p (Very wet days)

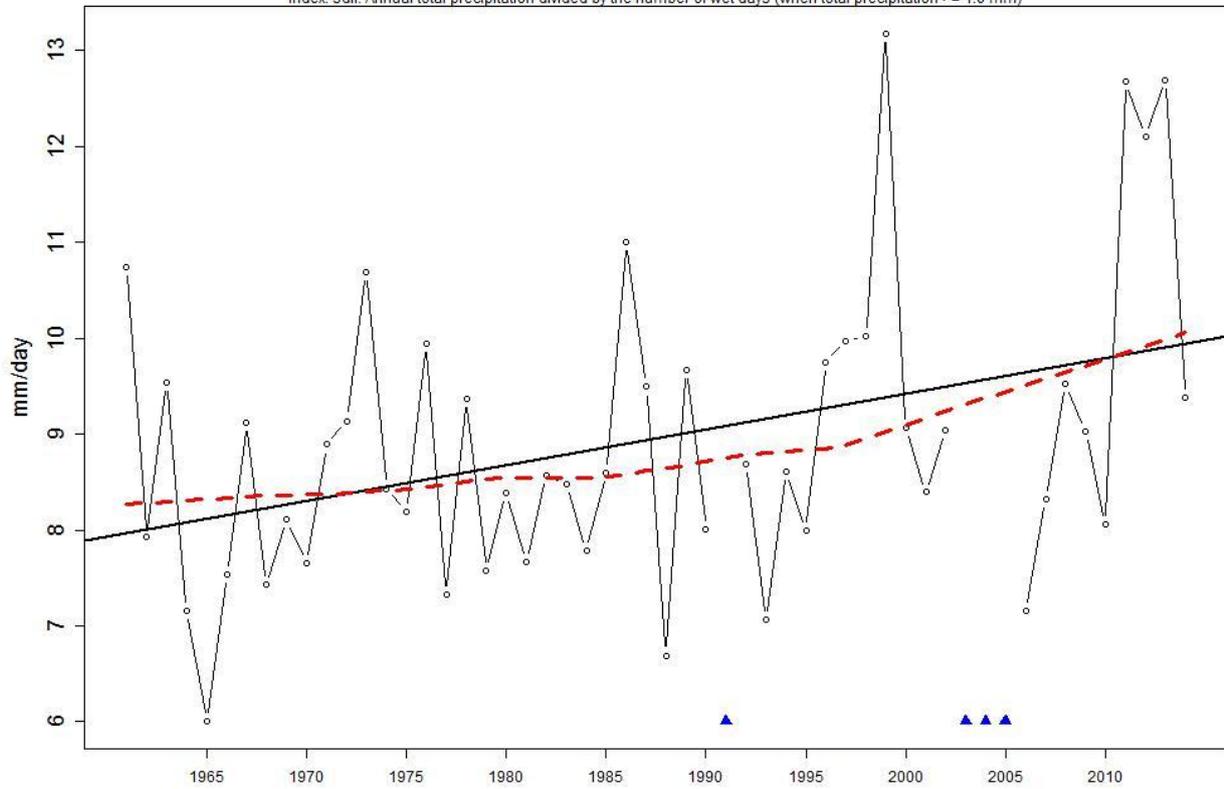
Questo indice (precipitazione nei giorni molto piovosi) ci quantifica l'abbondanza delle precipitazioni cumulate nei giorni aventi precipitazioni superiori al 95°percentile. Il segnale è complessivamente in aumento pur essendo molto complesso; le cumulate più imponenti si registrano appena prima degli anni '80; segue un periodo caratterizzato da un decremento del valore della variabile seguito, infine, da una decisa ripresa nell'ultimo quinquennio. Dunque si assiste proprio a partire dal 2005 ad una maggiore frequenza di giorni molto piovosi anche se non caratterizzati da eccezionalità nelle cumulate.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: sdii. Annual total precipitation divided by the number of wet days (when total precipitation ≥ 1.0 mm)



Linear trend slope= 0.037 Slope error= 0.013 , p-value= 0.006

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

SDII (Simple Daily Intensity Index)

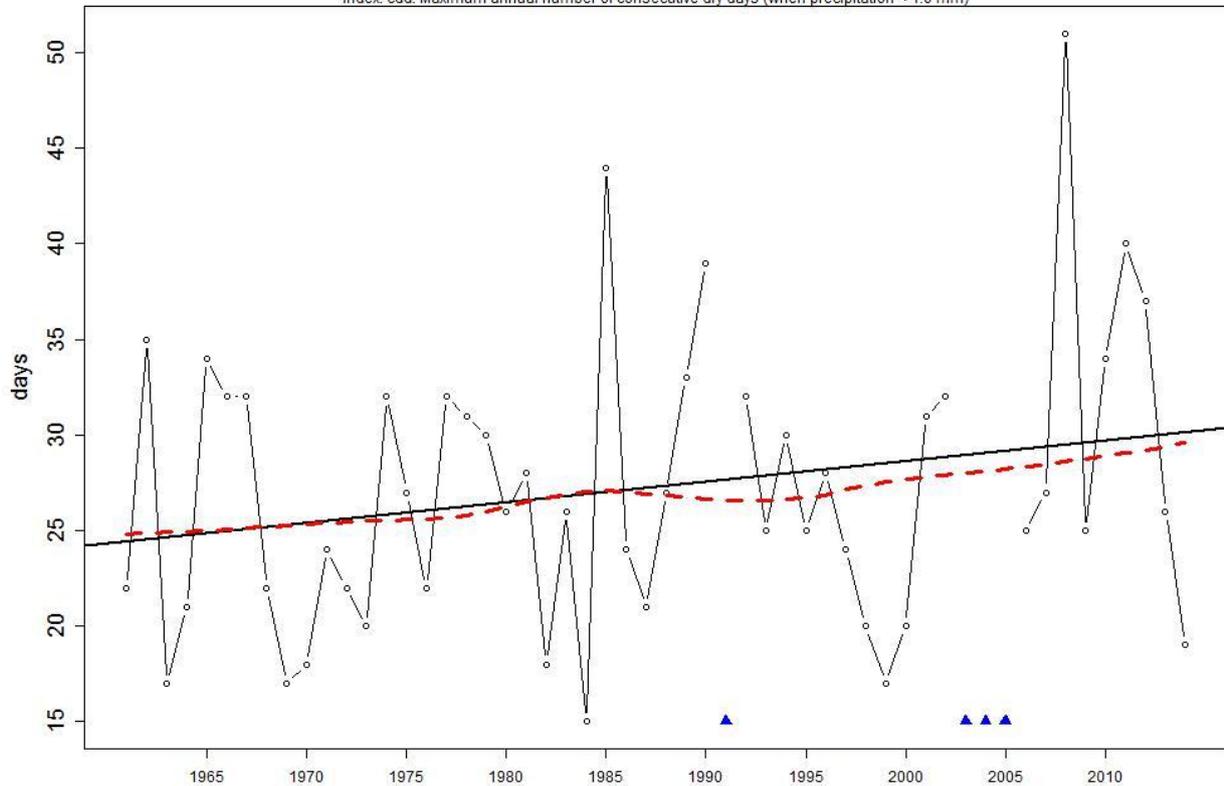
Questo indice di intensità di pioggia quantifica l'intensità meteorica media giornaliera. Il trend è evidentemente in aumento, di circa 0.04 mm/anno, pari a circa 2 mm nell'intero periodo. Si nota una certa periodicità dell'andamento con una tendenza all'aumento, soprattutto nell'ultimo quinquennio.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: cdd. Maximum annual number of consecutive dry days (when precipitation < 1.0 mm)



Linear trend slope= 0.109 Slope error= 0.066 , p-value= 0.107

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

CDD (Consecutive Dry Days)

Questo indice dei giorni non piovosi consecutivi quantifica la lunghezza massima annuale dei periodi “secchi” e si rivela un ottimo indicatore del climatic change in atto relativamente nel bacino mediterraneo. Il segnale mostra un contenuto incremento.

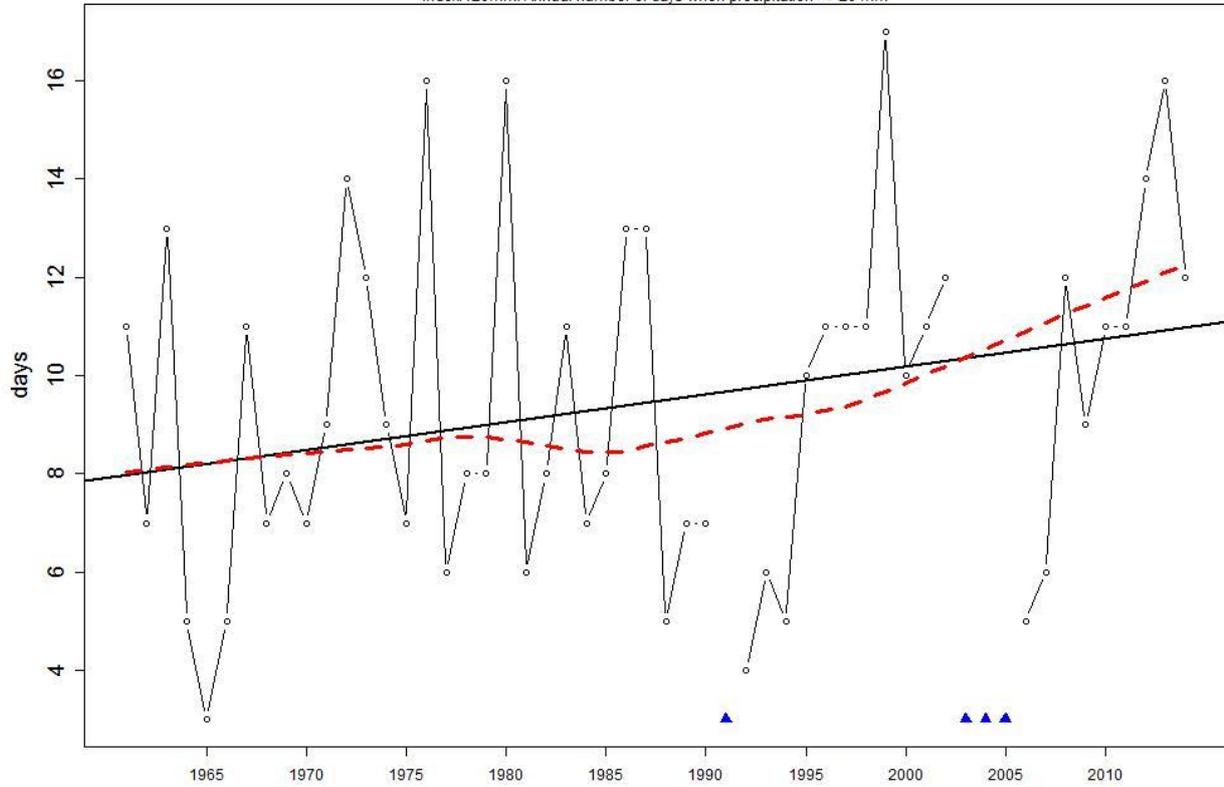
Questo indice, tuttavia, è statisticamente non significativo.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: r20mm. Annual number of days when precipitation ≥ 20 mm



Linear trend slope= 0.057 Slope error= 0.03 , p-value= 0.069

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

R20 (Very heavy precipitation days)

Tale indice quantifica la frequenza di giorni con precipitazioni abbondanti >20 mm. La tendenza complessiva mostra un significativo incremento del segnale – quantificabile in circa 0.057 giorni/anno, pari a circa 3 giorni per l'intero periodo. Si passa infatti dai circa 8 giorni ad inizio periodo di osservazione a poco meno di 12 nel periodo attuale.

Questo indice, tuttavia, è statisticamente non significativo.





b. Temperature

Index	Definition	Units	Indices Climact 2	Slope	STD_of_Slope	P_Value
FD0 (Frost Days)	Annual count of days when TN (daily minimum) < 0°C	days	fd	-0.046	0.102	0.65430
SU25 (Summer days)	Annual count of days when TX (daily maximum) > 25°C	days	su	0.544	0.178	0.004
TR20 (Tropical nights)	Annual count of days when TN (daily minimum) > 20°C	days	tr	0.361	0.097	0.000
TN10P (Cold nights)	Percentage of days when TN < 10th percentile of the base period	%	tn10p	-0.071	0.058	0.226
TN90P (Warm nights)	Percentage of days when TN > 90th percentile of the base period	%	tn90p	0.213	0.053	0.000
TX10P (Cold days)	Percentage of days when TX < 10th percentile of the base period	%	tx10p	-0.113	0.044	0.014
TX90P (Warm days)	Percentage of days when TX > 90th percentile of the base period	%	tx90p	0.282	0.067	0.000
WSDI (Warm Spell Duration Index)	Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX > 90th percentile of the base period	days	WsdI	0.501	0.138	0.001
SU30* (Hot days)	Annual count when TX ≥ 30°C	days	TXge30	0.800	0.191	0.000

Tabella 5.2





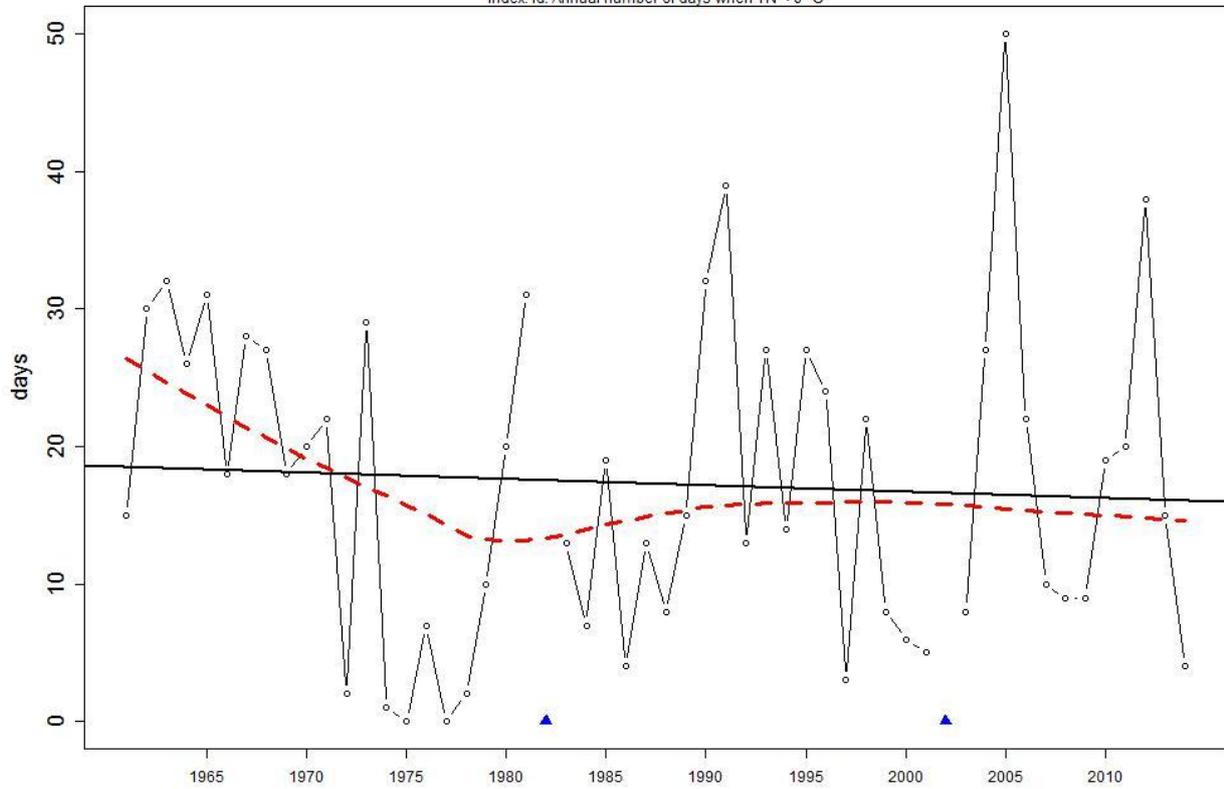
Gli indici estremi relativi alle temperature minime e massime risultano quasi tutti statisticamente significativi (con esclusione di FDO -frost day- e TN10P -cold night-), con valori p_value nettamente $< 0,05$; si specifica che i valori di p_value nella precedente tabella pari a "0.000" indicano in realtà un valore inferiore ad una certa soglia che viene così approssimata.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: fd. Annual number of days when $TN < 0^{\circ}C$



Linear trend slope = -0.046 Slope error = 0.102 , p-value = 0.654

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

FDO (Frost Days)

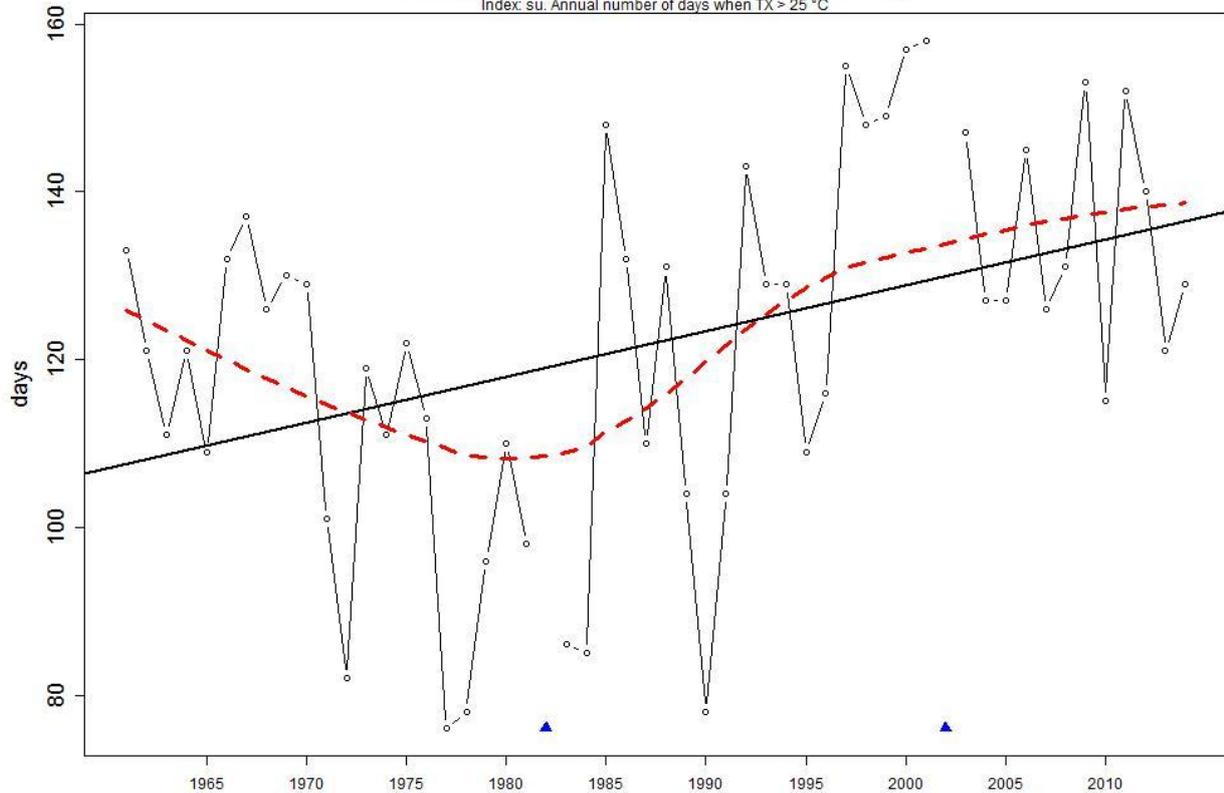
Il segnale mostra un leggero calo del numero dei giorni di gelo; quantificabile in circa 0.046 giorni/anno, pari a circa 3 giorni per l'intero periodo analizzato; **Questo indice, tuttavia, è statisticamente non significativo.**





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: su. Annual number of days when TX > 25 °C



Linear trend slope= 0.544 Slope error= 0.178 , p-value= 0.004

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

SU25 (Summer days)

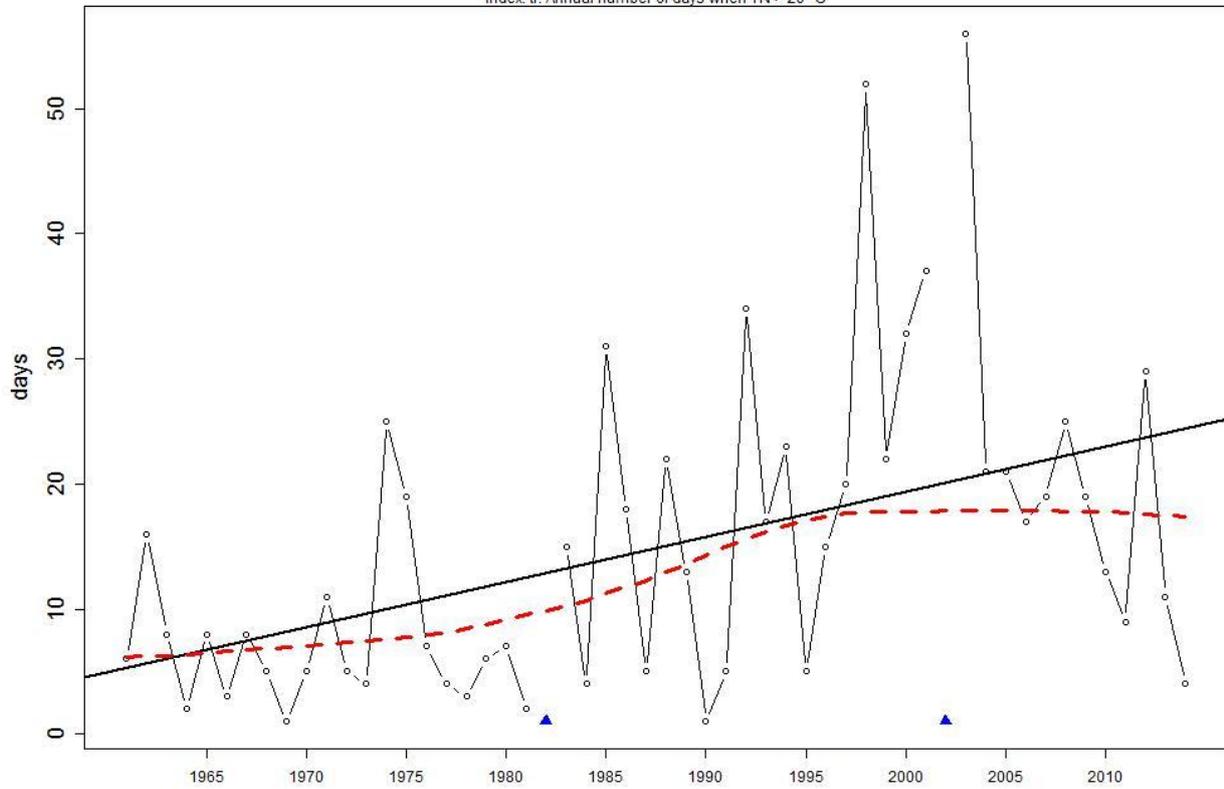
Il segnale relativo al numero di giorni caldi con temperature massime > 25°C è caratterizzato da un complessivo deciso incremento, dell'ordine di circa 1 giorno ogni due anni, dunque di circa 30 giorni nell'intero periodo. Ad una più dettagliata analisi dell'andamento, mediante l'introduzione di una polinomiale di ordine superiore si notano valori in diminuzione dall'inizio della serie sino a metà anni '80, con un successivo repentino incremento e successiva tendenza più stabile della variabile.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: tr. Annual number of days when TN > 20 °C



Linear trend slope= 0.361 Slope error= 0.097 , p-value= 0

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

TR20 (Tropical nights)

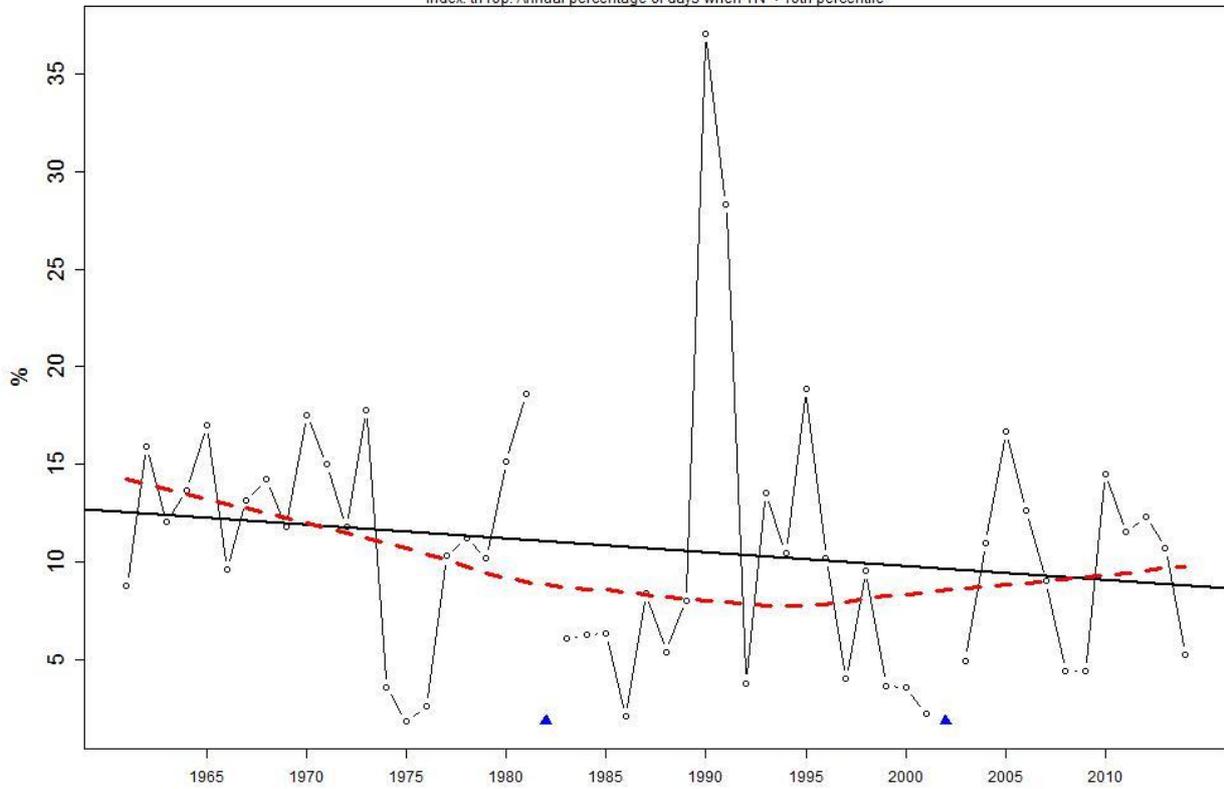
L'andamento del numero delle notti tropicali - con temperatura minima > 20°C – mostra un deciso incremento – di circa 0.36 giorni /anno pari a circa 20 giorni totali. Il comportamento del segnale è inizialmente stazionario e con un successivo graduale incremento, via via maggiore a partire dal 1990. Decisi gli outliers estivi a ridosso degli anni 2000 con poi un decremento nell' ultimo decennio.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: tn10p. Annual percentage of days when TN < 10th percentile



Linear trend slope= -0.071 Slope error= 0.058 , p-value= 0.226

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

TN10P (Cold nights)

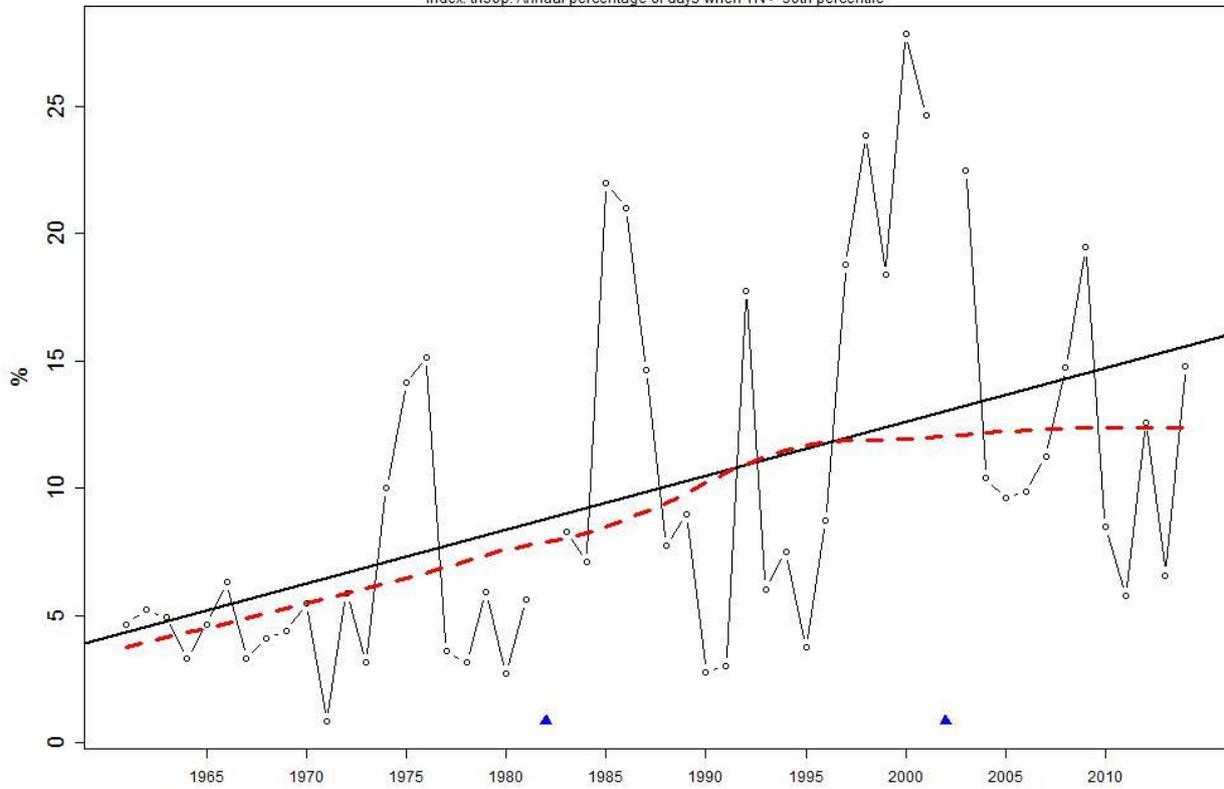
Il segnale relativo ai giorni con temperature minime particolarmente basse (indice Notti fredde) mostra un forte decremento percentuale, con eventi sempre più rari. **Questo indice, tuttavia, è statisticamente non significativo.**





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: tn90p. Annual percentage of days when TN > 90th percentile



Linear trend slope= 0.212 Slope error= 0.053 , p-value= 0

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

TN90P (Warm nights)

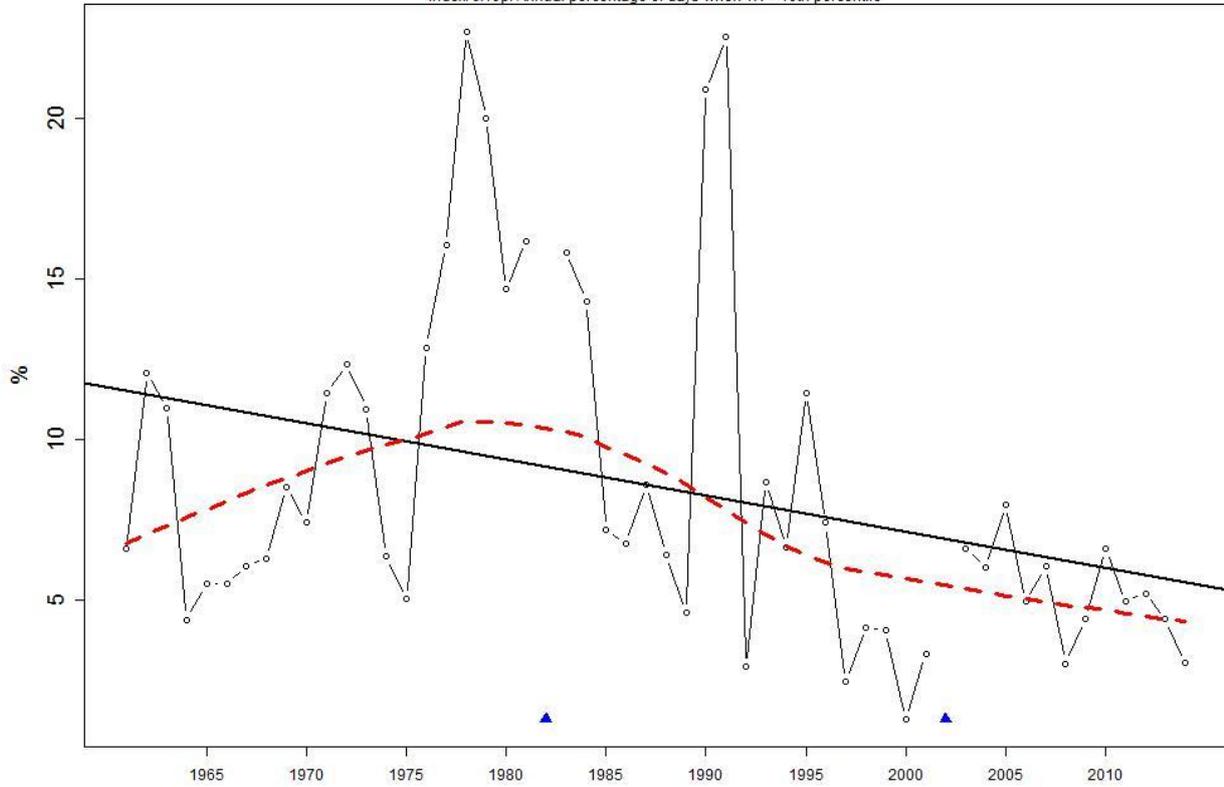
Il segnale relativo alla frequenza percentuale di notti particolarmente calde (indice Notti calde) è del tutto opposto a quello evidenziato per le notti molto fredde. Si assiste ad un deciso incremento della fenomenologia. Evidentemente quindi le notti calde sono diventate molto comuni all'inizio del XXI secolo. La polinomiale, tuttavia, mostra un decremento nell'ultimo decennio.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: tx10p. Annual percentage of days when TX < 10th percentile



Linear trend slope= -0.113 Slope error= 0.044 , p-value= 0.014

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

TX10P (Cold days)

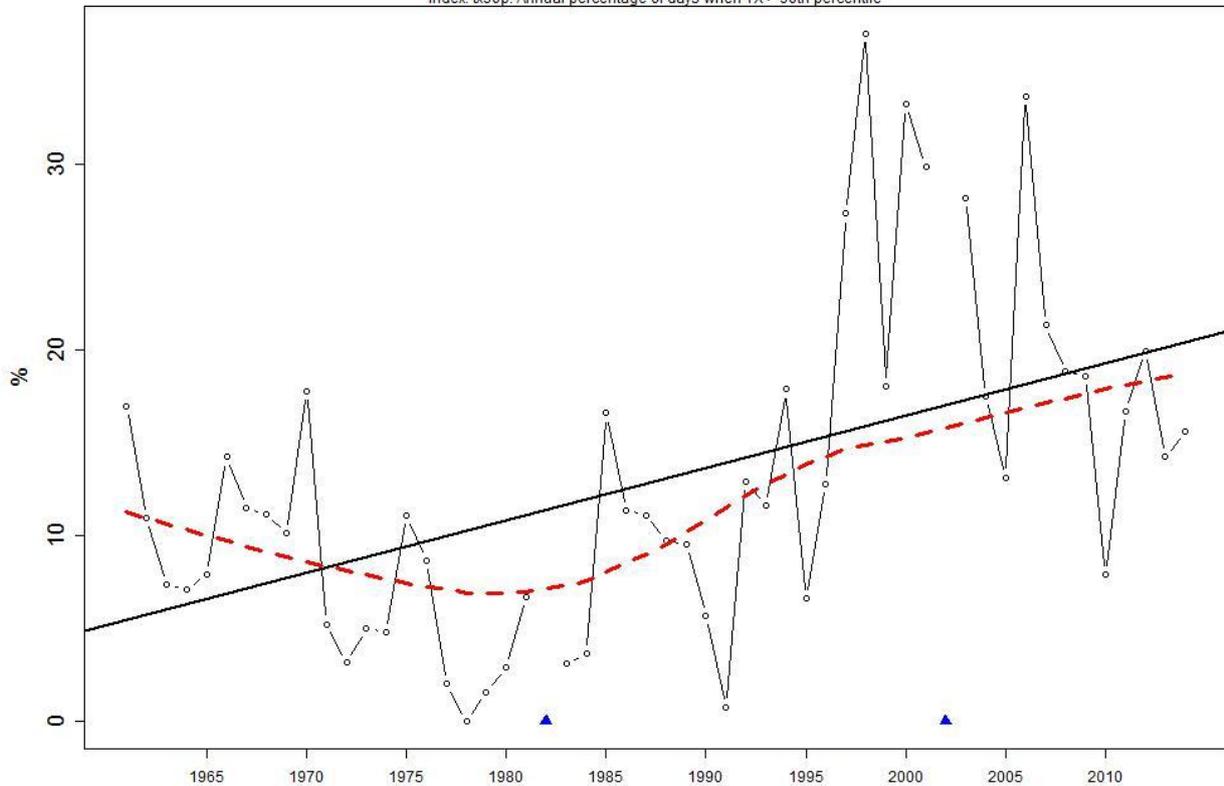
La tendenza relativa alla frequenza percentuale del numero di giorni freddi – minori del 10° percentile - mostra un deciso decremento, molto costante sino al 2000 circa, poi meno pronunciato.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: tx90p. Annual percentage of days when TX > 90th percentile



Linear trend slope= 0.282 Slope error= 0.067 , p-value= 0

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

TX90P (Warm days)

Il segnale relativo alla frequenza percentuale di giorni caldi mostra un forte incremento, in particolare nel periodo 1990 – 2005 mentre di seguito, esso tende a divenire complessivamente più stabile ma con numerosi e contrastati outliers positivi e negativi (estremizzazione termica).

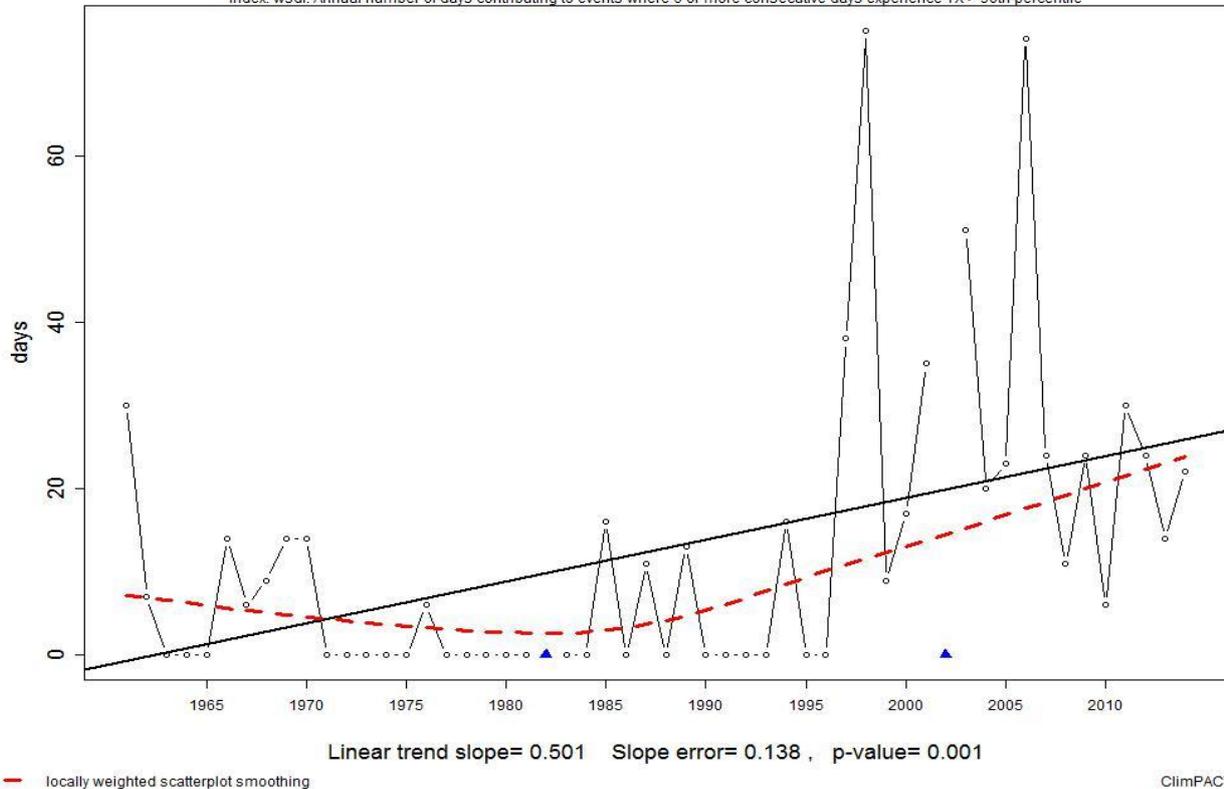
I giorni caldi aumentano di 3 ogni 10 anni.





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: wsdI. Annual number of days contributing to events where 6 or more consecutive days experience TX > 90th percentile



SU30* (Hot days)

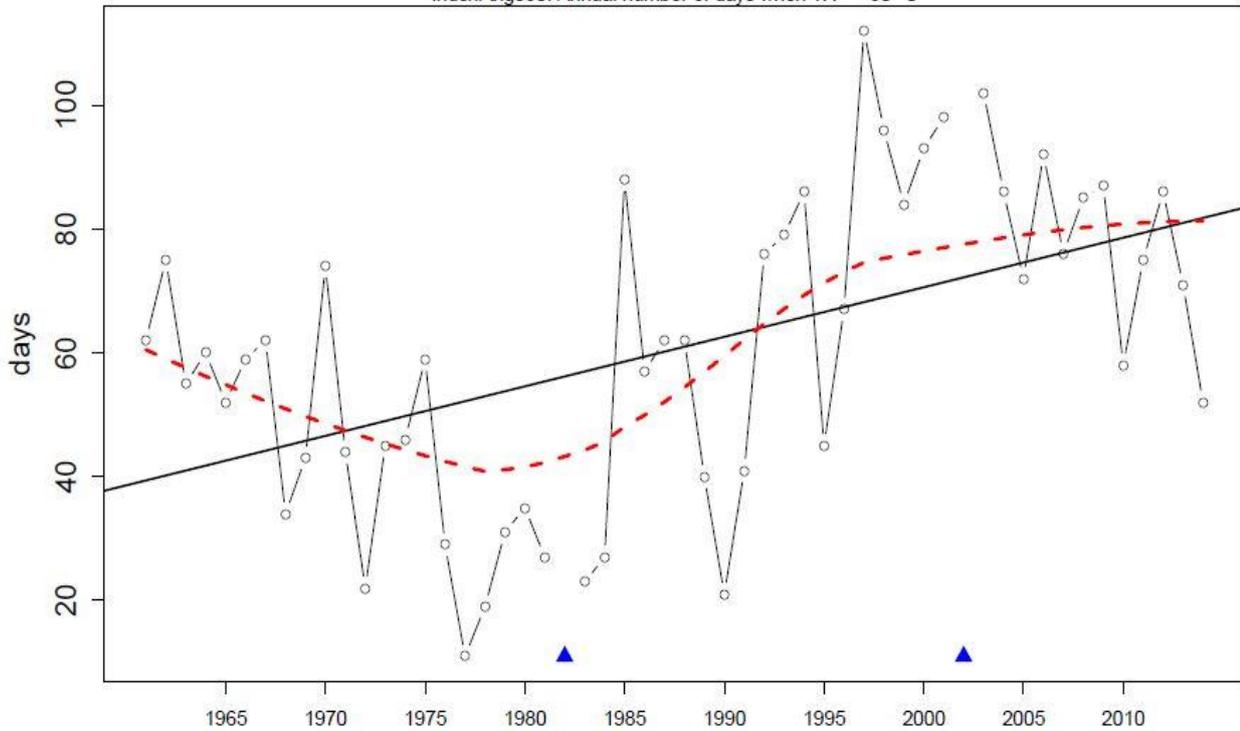
Il numero di giorni molto caldi rappresenta un parametro molto significativo nell'ambiente morfoclimatico mediterraneo. La sua tendenza mostra un inequivocabile incremento – molto simile a quello relativo ai giorni con Tmax>25°C - quantificabile in quasi 1 giorno ogni anno, pari a circa 44 giorni per l'intero periodo. Si osserva una quasi totale assenza del fenomeno sino alla fine degli anni '70. Eccezionale l'outlier relativo al 1997 (112 giorni).





Station: Ascoli Piceno [42°N, 13°E]

Index: txge30. Annual number of days when TX \geq 30 °C



Linear trend slope= 0.8 Slope error= 0.191 , p-value= 0

— locally weighted scatterplot smoothing

ClimPACT2 v 1.2

WSDI (Warm Spell Duration Index)

L'indice durata onda di calore (WSDI) misura il numero massimo di giorni l'anno con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base (70 – 2000) per almeno 6 giorni consecutivi.

L'indice mostra un segnale statisticamente non definibile, in quanto la grandezza analizzata è quasi del tutto assente nella prima metà del periodo analizzato, con valori via via crescenti nell'ultimo ventennio. notevoli gli outliers da fine anni '90 fino al 2006, per poi decrescere fortemente nell'ultimo decennio.





Bibliografia

- Desiato F., Lena F. e Toreti A., (2007). SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 48, n. 3, 351-358.
- Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., Desiato F., (2016). Controlli di qualità delle serie di temperatura e precipitazione. ISPRA, stato dell'ambiente 66/2016. ISBN 978-88-448-0780-1.
- Giorgi F, Im E-S, Coppola E, et al (2011) Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. *Journal of Climate* 24:5309–5324. doi: 10.1175/2011JCLI3979.1
- Giorgi F, Lionello P (2008) Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63:90–104. doi: 10.1016/j.gloplacha.2007.09.005
- Kendall, Maurice G., Alan Stuart, and J. K. Ord. *The advanced theory of statistics*. Vol. 3. London, 1968.
- Quadrelli R, Pavan V, Molteni F (2001) Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Climate Dynamics* 17:457–466. doi: 10.1007/s003820000121
- Seager R, Naik N, Vogel L (2012) Does global warming cause intensified interannual hydroclimate variability? *Journal of Climate* 25:3355–3372. doi: 10.1175/JCLI-D-11-00363.1
- Toreti A., Xoplaki E, Maraun D, et al (2010) Characterisation of extreme winter precipitation in mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. *Natural Hazards and Earth System Science* 10:1037–1050. doi: 10.5194/nhess-10-1037-2010
- Toreti A, Desiato F, Fioravanti G, Perconti W (2009) Seasonal temperatures over Italy and their relationship with low-frequency atmospheric circulation patterns. *Climatic Change* 99:211–227. doi: 10.1007/s10584-009-9640-0





Trenberth KE, Dai A, Rasmussen RM, Parsons DB (2003) The Changing Character of Precipitation. Bulletin of the American Meteorological Society 84:1205–1217. doi: 10.1175/BAMS-84-9-1205

Von Storch H. (1995). Chapter 2: Misuses of statistical analysis in climate research. pp. 11-26 In: Von Storch H. e Navarra A. Eds., Analysis of Climate Variability – Application of Statistical Techniques, Springer, Berlin.

Yue S, Pilon P, Cavadias G (2002a) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. Journal of Hydrology 259:254–271. doi: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7

Yue S, Pilon P, Cavadias G (2002b) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. J Hydrol 259:254–271. doi: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7

Zhang X., Harvey K.D., Hogg W.D., Yuzyk T.R. (2001). Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research, 37(4):987-998.

https://it.wikipedia.org/wiki/Ascoli_Piceno

