

ANALISI DELLE VARIAZIONI BIOCLIMATICHE

Dott. Lorenzo Teodonio

Tutor: Dott. Franco Desiato

Sommario

Premessa.

1 Introduzione.

1.1 La Climatologia.

1.2 La Bioclimatologia.

1.3 Cambiamenti Climatici.

2 Metodologia.

2.1 Metodi della Climatologia.

2.2 Specificità della
Bioclimatologia.

2.3 Reti di rilevamento.

3 Corpo della Tesi.

3.1 Caso di studio: la Sardegna.

3.2 Esempio di Arzana.

3.3 Discussione dei dati.

4 Conclusione.

5 Bibliografia.

Premessa del Dott. Desiato

Lo studio “Analisi delle variazioni bioclimatiche” condotto dal dott. Lorenzo Teodonio si colloca all’interno delle attività di valutazione dei cambiamenti climatici e di ampliamento della base dati relativi alla Mappa del Fitoclima d’Italia, curata dal dipartimento di Biologia Vegetale di Roma “La Sapienza”.

Oltre allo sviluppo di criteri metodologici chiari ed esaurienti, vengono presentati i risultati della applicazione di alcuni metodi di stima di indici bioclimatici ad un set di dati termopluviometrici della rete dell’ex servizio idrografico e mareografico (SIMN) della regione Sardegna.

Durante lo svolgimento dello studio, le attività di analisi e di reperimento dei preziosi set di dati meteorologici del SIMN ha costituito anche una opportunità per valutare, le possibilità e le modalità di estensione della base informativa che alimenta il Sistema nazionale di raccolta, elaborazione e diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale SCIA, in fase avanzata di realizzazione da parte del settore cambiamenti climatici dell’APAT, in convenzione con i principali organismi nazionali titolari di reti e dati meteorologici.

1 Introduzione.

1.1 La Climatologia.

Clima deriva dal Greco 'Klima' (inclinazione) ed indica tutti i fattori meteorologici che caratterizzano una determinata zona per un certo periodo: studiare il clima significa individuare questi fattori e darne una descrizione matematica adeguata al cosiddetto 'parametro di scala'.

Il parametro di scala è la determinazione spazio-temporale del problema affrontato: in termini pratici, occorre stabilire un periodo temporale (che può variare dalle ere geologiche fino ai secondi) e circoscrivere una zona (anch'essa estremamente variabile: dal Sistema Solare ad una dell'ordine dei millimetri). Nel presente studio, l'analisi riguarderà l'Italia negli ultimi quarantacinque anni, evidenziando possibili cambiamenti climatici.

I fenomeni meteorologici e climatologici possono, classicamente, essere studiati secondo due metodologie:

- 1) approccio osservativo-descrittivo o interpretativo o sinottico;
- 2) approccio fisico-matematico o teorico o dinamico.

Il primo consiste nel raccogliere dati su un certo periodo e in un certo luogo (le cosiddette 'serie storiche) e darne una descrizione statistica per descrivere il presente e/o inferire ipotesi sul futuro.

Il secondo prevede, attraverso lo studio della dinamica dei fluidi, di sviluppare modelli dinamici.

Il primo approccio manca in generalità: limitando la sua funzionalità a problemi locali; il secondo ha una difficoltà intrinseca nella fisica dei fluidi (dovuta al comportamento non lineare dell'equazione detta di Navier-Stokes).

Lo stato attuale della Scienza del Clima presuppone una sintesi dei due metodi. Da una parte, occorre avere familiarità con le serie storiche (come e dove trovarle, in che modo utilizzarle, eventuali errori di misura), dall'altra, la complessità delle dinamiche della Terra deve, nei limiti del possibile, essere compresa a pieno.

1.2 La Bioclimatologia.

Il prefisso 'Bio' indica quella scienza ecologica che si occupa del rapporto fra il clima e gli esseri viventi, in questo caso specifico, del clima con la distribuzione della vegetazione sulla superficie terrestre dell'Italia.

La distribuzione della vegetazione sulla superficie terrestre è strettamente collegata, almeno in prima approssimazione, alle caratteristiche climatiche: la presenza della vegetazione è determinata dal clima e dal suolo.

Occorre dare delle definizioni chiare per comprendere a pieno l'evoluzione dell'ecologia: nuove metodologie, più legate alla fisica e alla geologia, richiedono per la bioclimatologia sistemi di misura maggiormente definiti.

La bioclimatologia ha avuto un notevole sviluppo nel secolo passato. Già all'inizio del Novecento, Mayr individuò per l'emisfero nord sei zone forestali definite su base fisionomica, integrando i valori medi di temperatura, precipitazione e umidità relativa nel periodo vegetativo (maggio-luglio) con i valori della temperatura media minima e l'indicazione della data del primo e ultimo gelo.

Gli studi sono proseguiti nel corso del tempo e le proposte di "classificazioni ecologiche" secondo le quali più fattori climatici vengono combinati in indici che mettono in evidenza la correlazione esistente tra il clima e la distribuzione della vegetazione reale. In tal senso De Martonne, in relazione all'aridità, definisce la distribuzione della vegetazione in ambiente mediterraneo, creando un indice che è, tuttora, considerato attendibile.

Stessa cosa è successa per la proposta di Thornthwaite, che, dopo aver introdotto il concetto di evapotraspirazione (ETP), propose due indici utilizzati per classificare i climi in 9 classi principali, con grande ripercussione sugli studi di carattere applicativo e agronomico.

Dal 1949 al 1978 Giacobbe fornisce molti contributi relativamente al clima mediterraneo: in base all'escursione termica annua e al regime delle precipitazioni propone due indici (termico e di aridità) con i quali individua le biocore del territorio italiano (mediterranea sempreverde, montana mediterranea, submediterranea, subcontinentale, continentale, montana delle Alpi, cacuminale).

Su questa base Rivas Martinez ha proposto per la Penisola Iberica ulteriori indici di mediterraneità per quantificare l'aridità estiva, da integrare con un indice termico, indicatore del freddo invernale, che portano all'individuazione di 3 regioni, 15 piani e 32 orizzonti.

Tali indici sono quelli utilizzati nel presente studio ed applicati all'Italia.

1.3 Cambiamenti Climatici.

L'influsso della attività antropiche ha svolto, nel ventesimo secolo, un ruolo notevole nel modificare l'ambiente terrestre; numerosissime ricerche si sono occupate di studiare quali conseguenze si siano verificate o si verificheranno sul clima e sugli esseri viventi.

La vegetazione risulta strettamente connessa con le condizioni meteorologiche su grande scala temporale e le modificazioni climatiche diventano parametri critici che possono influire sulla biodiversità di una data regione geografica.

Come siano avvenute e quanto siano durature queste modificazioni è questione controversa. Ci si chiede, infatti, se siano di natura antropogenica oppure se siano avvenute nel corso della storia della Terra a causa di particolari moti astronomici. Rimane, inoltre, l'incertezza sulla reversibilità o meno di queste

modificazioni. Le uniche certezze, sulla quale tutti sono concordi, sono l'aumento notevole della presenza di biossido di carbonio in atmosfera rispetto ad ogni epoca passata e dell'effetto della stessa sul clima (il cosiddetto 'effetto serra') e la diminuzione delle precipitazioni.

Sulla base del classico articolo di Charney, *'Tropical Cyclogenesis and the Formation of the Intertropical Convergence Zone'*, si sostiene, ad esempio, che la Zona di Convergenza Intertropicale ha una sua oscillazione periodica reversibile.

La modellistica (cfr. Fig.1), infatti, prevede una cella di Hadley in cui l'aria nella bassa troposfera in ambedue gli emisferi si muove verso l'equatore. L'equatore è caratterizzato da una zona di bassa pressione persistente intorno alla quale si sviluppa la cosiddetta Zona di Convergenza Intertropicale (ZCIT). Dalla ZCIT, per continuità, l'aria è forzata a risalire uniformemente e muoversi verso il polo (attraverso una corrente a getto), trasportando dunque calore lontano dall'equatore nelle zone superiori della troposfera nei due emisferi.

Il calore è portato dalla superficie alla troposfera attraverso un'ascensione in nuclei di cumulonembi. La forza di Coriolis devia poi il moto delle masse d'aria e l'intera fascia tropicale si caratterizza per dei venti costanti (gli alisei), che spirano verso ovest. Questa visione è confermata dalle foto satellitari, benché sia semplificata.

La ZCIT mostra una variabilità nello spazio e nel tempo: ma persiste generalmente fra i 5° Nord e i 10° Nord. Quest'oscillazione potrebbe essere la causa del riscaldamento del clima italiano, poiché la persistenza dell'Anticiclone delle Azzorre sopra l'Italia, soprattutto nel periodo estivo, provoca un aumento della temperatura media e la diminuzione della precipitazione.

Tale spostamento ha influenza su tutta la circolazione globale, in particolare sulla NAO (North Atlantic Oscillation), e anche su eventuali modifiche nella

ciclogenesi (ossia su un possibile aumento dell'attività convettiva nel bacino del Mediterraneo).

Il problema, quindi, pone una dialettica fra il cambiamento evidenziato dai dati storici e il modello (ancora utilizzato) detto a 'cella di Hadley'. Il presente studio, non avendo pretese 'dinamiche', vuole solo essere finalizzato all'evidenza e all'analisi dei cambiamenti avvenuti.

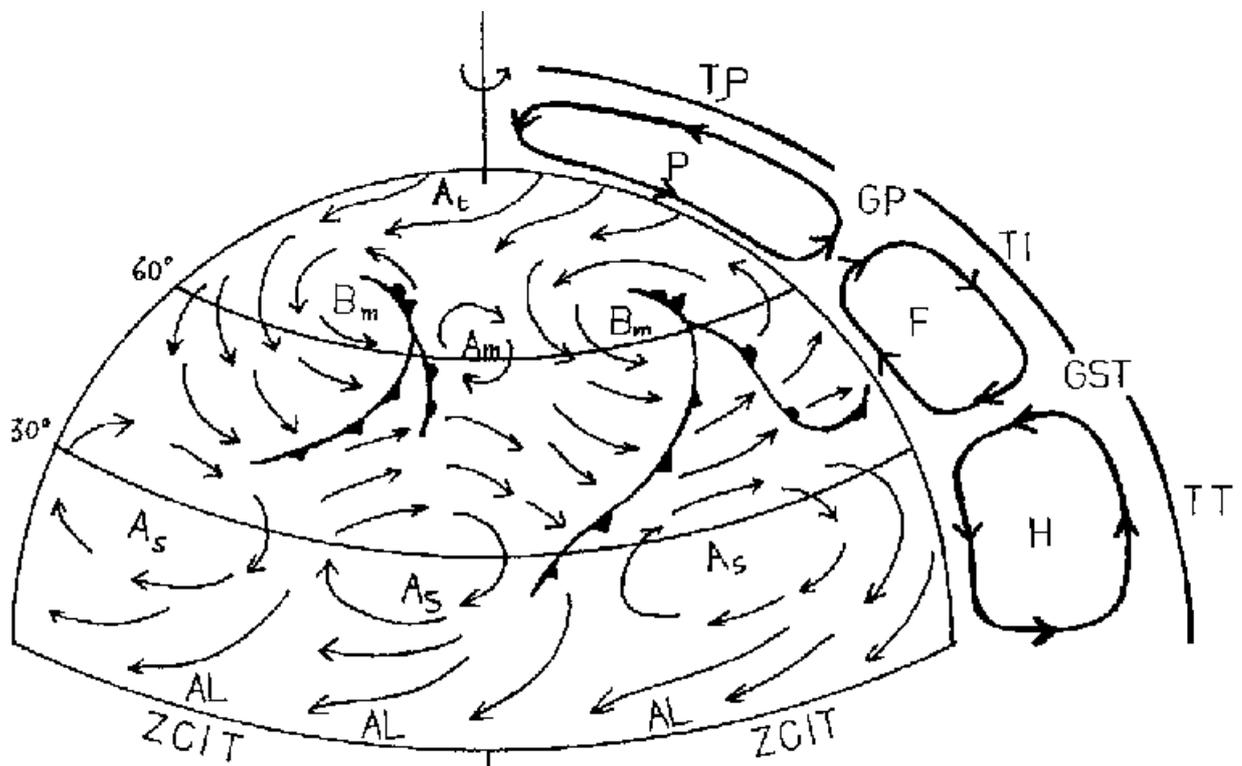


Figura 1. Modello di Circolazione con la ZCIT, in cui: H è la cella di Hadley, As gli anticicloni subtropicali (ad esempio quello tipico delle Azzorre), AL gli Alisei, TT la tropopausa tropicale e GST la corrente a getto subtropicale.

2. Metodologia.

2.1 Metodi della Climatologia.

La climatologia prevede la raccolta di dati meteorologici, quali la temperatura, il tasso di precipitazione, la pressione atmosferica, velocità del vento e molti altri parametri.

In Italia ciò avviene da molto tempo e le prime osservazioni di carattere meteorologico risalgono al XVII secolo. Nel 1639 Benedetto Castelli, discepolo di Galileo, inventò il pluviometro.

Alla base della Climatologia vi è un fluido in movimento che è descritto da un'equazione, detta di Navier-Stokes, che viene dedotta da alcune Leggi di Conservazioni, quali la Legge di Conservazione del Momento Angolare, del Calore e della Massa.

L'aria è una miscela di sostanze formata dal 78.08 % di Azoto, il 20.94 % di Ossigeno, il resto da altre sostanze, tra cui l'acqua. La temperatura media della Terra è vicina al punto triplo dell'acqua (a 0°C): la presenza dell'acqua, perciò, avviene sotto i tre stati d'aggregazione tipici: gas, liquido, solido. L'umidità è proprio la misura del vapor acqueo contenuto in un certo volume d'aria, determinando, in senso lato, l'acqua presente in una porzione d'aria. Il legame fra la temperatura e l'umidità è regolato dalla Termodinamica. L'aria è considerata un gas perfetto, per questo vale la legge: $pV = nRT$.

L'atmosfera è un sistema in cui si hanno i tre stati dell'acqua e quindi, per studiarne la presenza in aria, si deve tener conto di un equilibrio dinamico fra i vari stati e i passaggi fra gli stessi. Ciascun passaggio è caratterizzato da precisi valori di pressione e temperatura.

Per capire i moti dell'aria, in moto solidale alla rotazione terrestre, bisogna definire, inoltre, un sistema di riferimento:

- un sistema stazionario solidale al suolo, che prevede la variazione di un numero specifico di parametri in un punto preciso o in una griglia orizzontale oppure verticale (sistema euleriano);
- un sistema mobile con il fluido (sistema lagrangiano).

Il clima della Terra prevede come sua unica sorgente il calore solare riflesso dal suolo o dal mare, definendo un gradiente termico, ossia l'andamento della temperatura in funzione di una certa direzione preferenziale (la quota verticale). Tale semplificazione non è però tale da permettere una risoluzione semplice dell'equazione Navier-Stokes, proprio per la sua intrinseca non-linearità e per la dipendenza dalle condizioni iniziali e dalle condizioni ai bordi.

La definizione di tutti questi parametri (sia di ordine termodinamico, sia dinamico) occorre una serie molto grande dei dati meteorologici che vengono raccolti.

I principali sono, però, la Pressione Atmosferica la quale determina i flussi d'aria, secondo zone di convergenza o divergenza dell'aria; la Precipitazione e l'Umidità relativa le quali, in senso lato, danno conto dell'acqua presente in atmosfera; la Temperatura, attraverso la quale si modifica la densità dell'aria; e la Velocità del Vento che misura i flussi lungo le tre coordinate spaziali..

2.2 Specificità della Bioclimatologia.

In Bioclimatologia i dati fondamentali riguardano la Pioggia caduta su un certo terreno e la Temperatura.

La Pioggia caduta su un certo terreno si misura tramite il Tasso di Precipitazione. La sua unità di misura è il millimetro, che, spesso, è definito nell'unità di tempo che si considera, come per esempio il tasso giornaliero che viene considerato come la pioggia caduta nella 24 ore.

La temperatura è la condizione che determina il flusso netto di calore fra due corpi, cioè dal corpo più caldo a quello più freddo.

La temperatura è legata all'energia cinetica delle molecole di un certo gas:

$E_k = 3/2 kT$ (secondo i gradi di libertà delle molecole).

La temperatura si misura in gradi centigradi (°C) oppure in gradi Kelvin (K).

Un passaggio chiave è l'uso del dato meteorologico: come, cioè, passare da un valore numerico semplice ad un indicatore capace di renderlo chiaro e usufruibile per analisi storiche e per valutazioni ambientali.

Questo lavoro nasce da una collaborazione fra l'APAT e il Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università 'La Sapienza'.

Presso questo dipartimento è stata creata la Mappa del Fitoclima d'Italia.

Nella Mappa del Fitoclima i dati vengono trattati sulla linea adottata nel Mediterraneo, secondo l'analisi già citata di Rivas Martinez.

I dati sono stati elaborati mediante una serie di classificazioni per identificare i tipi climatici e dalla loro unione è nata la Mappa, usando, inoltre, metodi fondati su regressioni statistiche e metodi di interpolazione spaziale (kriging) per considerare valori in punti non campionati dai dati misurati.

La finalità di questo studio è l'ampliamento della Banca Dati del Dipartimento di Biologia Vegetale (attualmente costituita dai dati compresi nel periodo 1955-1985): sia per lo studio di eventuali cambiamenti climatici all'interno della già esistente Mappa del Fitoclima d'Italia, sia per valutare la possibilità e le modalità di estensione della base informativa del sistema SCIA (Sistema nazionale di raccolta ed elaborazione di dati Climatologici di Interesse Ambientale).

2.3 Reti di rilevamento.

Le principali reti di misura di variabili meteoclimatiche sono quelle dell'UCEA, del CNMCA e dell'ex servizio idrografico e mareografico nazionale (SIMN), di cui oggi sono titolari le regioni.

Sono presenti, inoltre, diverse reti locali gestite da ARPA (Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente) o da servizi meteorologici regionali, e la rete tematica (sulla montagna: MeteoMont) del Corpo Forestale dello Stato.

L'UCEA è l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria.

Esso si trova a Roma e raccoglie dati meteorologici in tre bollettini giornalieri in cui sono riportati valori di Temperatura Massima, Media, Minima, Precipitazione, Umidità Relativa, Pressione Atmosferica, Eliofania, Radiazione Globale, Velocità del Vento.

Inoltre l'UCEA ha un interesse specifico per la produzione agricola e per i dati legati alla Temperatura al Suolo e all'Evapotrasposizione.

I dati provengono da 234 Stazioni.

Il CNMCA è il Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

Esso raccoglie dati meteorologici con otto bollettini giornalieri.

Le stazioni sono 132, ma dislocate, per lo più, in prossimità di aeroporti: questo rappresenta un limite poiché non consente di tener conto della influenza di un elemento fondamentale come l'altitudine, sul clima.

La Mappa del Fitoclima prende attualmente in considerazione dati di stazioni del SIMN per il periodo 1955-1985.

Per estendere il periodo prima del 1955 e dopo il 1985 si farà riferimento ai dati provenienti dalla digitalizzazione del BIM (Bollettino Idrografico Mensile).

Il processo di digitalizzazione è stato avviato e se ne prevede il completamento per l'anno in corso.

3. Corpo della Tesi.

3.1 Caso di studio: la Sardegna.

La difficoltà di reperimento dei dati e il tempo ristretto della stage ha fatto sì che l'analisi delle variazioni bioclimatiche sia circoscritta alla Sardegna.

Grazie alla collaborazione dell'Ing. Piva dell'APAT e dell'Ing. Puligheddu dell'Istituto Idrografico di Cagliari, è stato utilizzato un set di dati.

relativi a 17 stazioni (cfr. Tab. 1), che riguardano la Precipitazione mensile (dal 1986 al 2000) e la Temperatura Massima e Minima mensile (per lo stesso periodo).

L'idea di base è di confrontare il rapporto fra la Precipitazione (indicata con P) e la Temperatura (T) e di fare un confronto con i dati (già disponibili presso il Dipartimento di Biologia Vegetale) relativi al trentennio 1955-1985.

Gli indici di Rivas Martinez sono così definiti (Tmed è la temperatura media riferita a ciascun mese indicato nel pedice):

Indice ombrotermico estivo normale e compensato:

$$Ios2=(P_{luglio}+P_{agosto})/(T_{med_{luglio}}+T_{med_{agosto}})$$

$$Ios3=(P_{giugno}+P_{luglio}+P_{agosto})/(T_{med_{giugno}}+T_{med_{luglio}}+T_{med_{agosto}})$$

$$Ios4=(P_{maggio}+P_{giugno}+P_{luglio}+P_{agosto})/(T_{med_{maggio}}+T_{med_{giugno}}+T_{med_{luglio}}+T_{med_{agosto}})$$

Indice di termicità:

$I_t=(T \text{ media annuale} + t \text{ minima del mese più freddo} + T \text{ massima del mese più freddo}) \cdot 10.$

Indice pluviometrico o ombrico:

$I_o = \text{Somma delle Precipitazioni (solo per quei mesi dell'anno con } T_{med} > 0^\circ\text{C)} / \text{Somma delle Temperature medie mensili.}$

Ogni classe fitoclimatica è descritta mediante la Regione Climatica e il Tipo Climatico (ossia si individua il piano termico e quello pluviometrico).

Per ottenere la Regione Climatica si prende in considerazione l'indice ombrotermico estivo normale e compensato di Rivas Martinez (Ios2, Ios3, Ios4):

- se l'indice è >2 : si è nella Regione Temperata;
- se l'indice è <2 : si è nella Regione Mediterranea.

Il piano Termico e quello Pluviometrico sono individuati attraverso gli indici:

- It (indice termico);
- Io (indice ombrico o pluviometrico).

Stazione	Altitudine
Ala' dei Sardi	663
Alghero	7
Armungia	366
Arzana	674
Cagliari (Oss.Ser.Idro.)	7
Desulo	920
Luogosanto	315
Mandas	491
Olbia	15
Orosei	19
San Giovanni Coghinas	210
Sanluri	10
Santa Giusta	115
Sarcidano Colonia Penale	699
Sassari	224
Tempio Pausania	558
Villanova Monteleone	567

Tabella 1. Le diciassette stazioni e la loro altitudine (m.s.l.m.).

3.2 Esempio di Arzana.

La metodologia generale prevede alcuni passi.

Esso è applicabile a tutte le stazioni, ma lo si è fatto solo per la stazione di Arzana per maggiore sintesi espositiva.

I passi compiuti sono stati:

- 1) Recupero e verifica dei dati;
- 2) Calcoli statistici e degli indicatori;
- 3) Diagramma ombrotermico;
- 4) Confronto fra le due serie storiche (1955-2000 e 1986-2000).

Il primo punto è consistito nel recuperare i dati con la collaborazione dell'Istituto Idrografico di Cagliari, nel digitalizzarli e nel verificare i dati (talvolta vi sono dati mancanti).

Dai dati si sono calcolate le Temperature Massime, Minime e la Precipitazione medie su base mensile. Si è verificato che i valori siano accettabili, ossia che non vi siano stati errori evidenti in fase di trascrizione e digitalizzazione del dato.

Si sono calcolati i vari valori, che, nel caso specifico, sono:

- per il periodo 1955-2000:

$Ios\ 2 = 0.59$; $Ios\ 3 = 1.44$; $Ios\ 4 = 4.40$; $It = 317.66$; $Io = 5.81$.

- per il periodo 1986-2000:

$Ios\ 2 = 0.52$; $Ios\ 3 = 1.93$; $Ios\ 4 = 4.58$; $It = 302.81$; $Io = 4.69$.

Il piano termico e quello ombrotermico rimane inalterato: ossia si è in un clima mesomediterraneo, subumido: ossia, nel periodo 1986 - 2000, il clima sembrerebbe immutato. Il valore ombrotermico (legato alla precipitazione) è, però, passato da un valore ($Io = 5.81$) ad uno di valore ($Io = 4.69$): evidenziando una diminuzione della pioggia precipitata.

Si è costruita il ‘Diagramma Ombrotermico’ per il periodo 1986 - 2000: ponendo nello stesso grafico il tasso di precipitazione e la temperatura massima, media e minima.

Dal diagramma si ottiene il valore di aridità evidenziando l’area ove la precipitazione media si trova sotto la temperatura media (cfr. Figura 2).

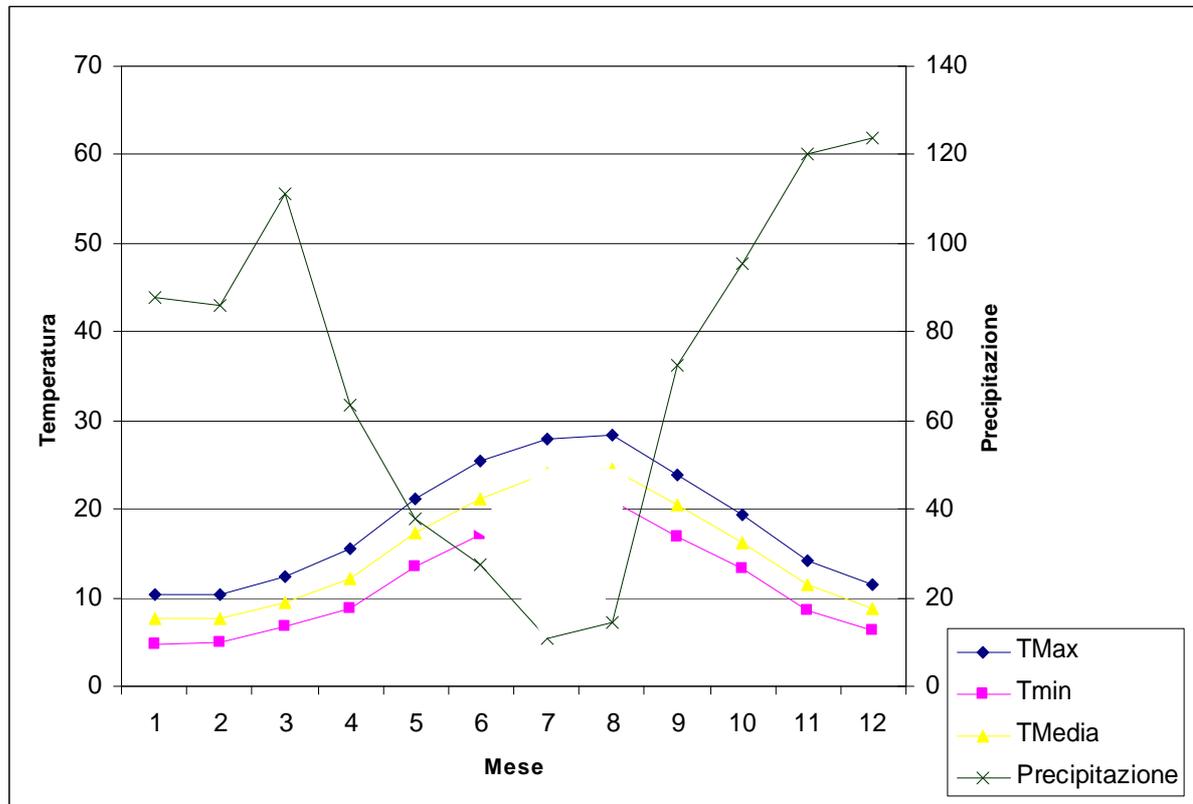


Figura 2. Diagramma ombrotermico per la stazione di Arzana.

3.3 Discussione dei dati.

Per tutte le altre stazioni si sono calcolati gli indici secondo i due periodi considerati e si è verificato l’andamento climatico degli ultimi quindici anni, con attenzione particolare all’Indice Ombrico (per vedere l’aridità).

Si sono suddivise le stazioni secondo l’ubicazione geografica, dividendo il territorio sardo in due parti lungo la verticale (est/ovest) e in tre parti orizzontalmente (nord/centro/sud). Si ha così la ripartizione:

- 4 stazioni per la parte Nord-occidentale: Sassari, Villanovamonteleone, Alghero, San Giovanni Coghinas.
- 4 stazioni per la parte Nord-orientale: Alà dei Sardi, Olbia, Tempio Pausania, Luogosanto.
- 5 stazioni per parte Centro-Orientale (Desulo, Orosei, Sarcidano Mandas, Arzana).
- 1 stazione per la parte Centro-Occidentale (Santa Giusta).
- 1 stazione per la parte Sud-Occidentale (Sanluri).
- 2 stazioni per la parte Sud-Orientale (Cagliari, Armungia).

Tale caratterizzazione è propedeutica alla Mappa del Fitoclima, la cui realizzazione esula dallo svolgimento di tale tesi.

Per la prima zona, si ha:

Sassari	1986-2000	3.38	Differenza: -0.36
	1955-2000	3.03	
Alghero	1986-2000	2.63	Differenza: 0.67
	1955-2000	3.30	
Villanovamonteleone	1986-2000	4.42	Differenza: 1.06
	1955-2000	5.48	
S.Giovanni Coghinas	1986-2000	2.62	Differenza: 1.38
	1955-2000	4.00	

Per la seconda zona:

Ala dei Sardi	1986-2000	4.37	Differenza: 2.42
	1955-2000	6.79	
Olbia	1986-2000	2.26	Differenza: 0.55
	1955-2000	2.82	
Tempio	1986-2000	4.38	Differenza: 0.52
	1955-2000	4.89	
Luogosanto	1986-2000	3.80	Differenza: 0.75
	1955-2000	4.55	

Per la parte Centrale, si ha nel lato orientale:

Desulo	1986-2000	6.11	Differenza: 1.56
	1955-2000	7.67	
Orosei	1986-2000	2.36	Differenza: 0.52
	1955-2000	2.88	
Sarcidiano	1986-2000	4.59	Differenza: 0.83
	1955-2000	5.42	
Arzana	1986-2000	4.69	Differenza: 0.75
	1955-2000	5.45	
Mandas	1986-2000	3.05	Differenza: 1.17
	1955-2000	4.22	

Per la parte Centrale, si ha nel lato occidentale:

Santa Giusta	1986-2000	2.28	Differenza: 0.47
	1955-2000	2.75	

Per la parte Sud - Orientale, si ha:

Cagliari	1986-2000	1.73	Differenza: 0.31
	1955-2000	2.03	
Armungia	1986-2000	2.88	Differenza: 0.74
	1955-2000	3.62	

Per la parte Sud – Occidentale, si ha:

Sanluri	1986-2000	1.48	Differenza: 1.43
	1955-2000	2.91	

Si vede, in generale (a parte Sassari) l'indice ombrico essere minore nel periodo 1985-2000 a segnalare una diminuzione media delle precipitazioni.

Tale fatto va considerato che il valore dell'indice ombrico è diviso come riportato in tabella (cfr Tab.2).

I valori che indicano un clima 'subumido', nel quale si trovano molte stazioni, si stanno spostando verso la fascia del clima 'secco'. Si nota, inoltre, un generale aumento medio delle temperatura minime, come nel caso di Arzana (cfr. fig. 3).

Ombrotipo	Intervallo del valore Io
Arido	0.3 - 1.0
Semiarido	1.0 - 2.0
Secco	2.0 - 3.6
Subumido	3.6 - 6.0
Umido	6.0 - 12.0

Tabella 2. Divisione del piano ombrotipico secondo gli intervalli.

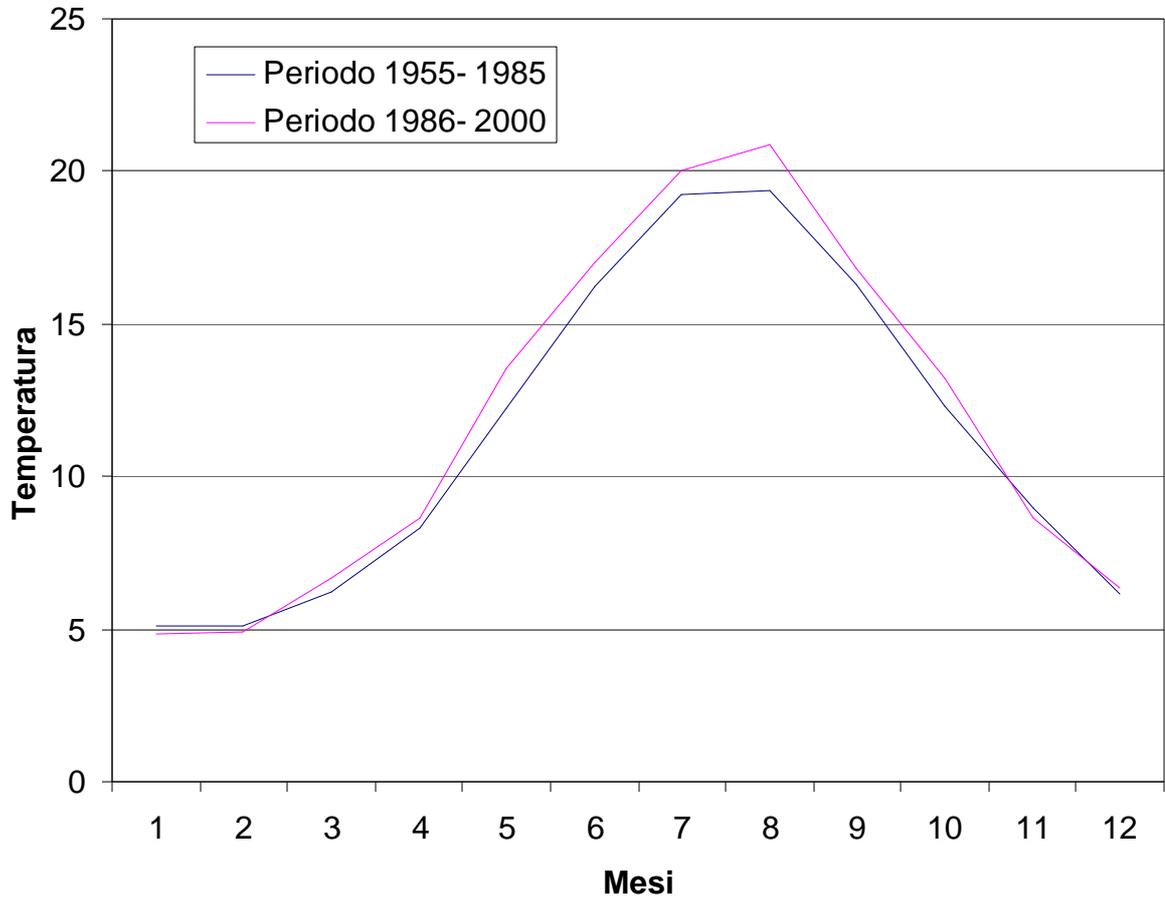


Figura 3. Andamento delle Temperature medie minime per Arzana.

4. Conclusione.

Il presente studio ha ovviamente un carattere limitato, dovuto principalmente a due fattori concomitanti.

Il primo consiste nella difficoltà iniziale di reperimento dei dati, attività che si è rivelata più complessa del previsto a causa dei lavori di informatizzazione delle basi dati ancora in corso.

Il secondo è relativo alla durata limitata dello stage. Il passo successivo alla ricostruzione dei dati necessari allo studio (cioè lo studio statistico e la spazializzazione degli stessi) avrebbe richiesto un tempo più lungo.

Pur con questi limiti, lo studio mette in evidenza, attraverso la stima di alcuni indicatori bioclimatici, alcune caratteristiche di un possibile cambiamento climatico in atto in Sardegna. Tale regione, al centro della parte occidentale del Mar Mediterraneo, costituisce una zona estremamente interessante e vulnerabile per i processi di desertificazione evidenziati da diversi studi.

Tale modifica può avere senz'altro una ricaduta sulla biodiversità e sulla varietà fitologica del paesaggio sardo.

5. Bibliografia.

Blasi C., Michetti L., 2003, *Phytoclimatic Map of Italy*. 46th Symposium of the International Association of Vegetation Science "Water Resources and Vegetation".

Rivas Martinez, 2000, *Global Bioclimatics*, inedito.

Mattioli F., 1993, *Principi Fisici di Oceanografia e Meteorologia*, Editrice Compositori Bologna.

Baffo, Desiato, Lena, Suatoni, Toreti, Vaccaro, Bider, Cacciamani, Tinarelli, 2004, *Progetto SCIA - Procedura di calcolo degli indicatori*, APAT.

Charney, J.G., 1973, *Tropical Cyclogenesis and the formation of the intertropical convergence zone*, Planetary fluid dynamics. Dynamic Meteorology, P. Morel Ed.