



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA

ARPAS

Dipartimento Meteorologico
Servizio Meteorologico Agrometeorologico ed Ecosistemi

La Carta Bioclimatica della Sardegna

Novembre 2014

Sommario

1.	OBIETTIVI	3
2.	MATERIALI E METODI	4
2.1.	Area di studio	4
2.2.	Base di dati	4
2.2.1.	Dati climatici	4
2.2.2.	Dati topografici	4
2.3.	Indici Bioclimatici	4
2.4.	Interpolazione spaziale dei dati climatici	5
2.4.1.	Regression Kriging	6
2.4.2.	Validazione	7
3.	RISULTATI	7
3.1.	Mappe climatiche	7
3.2.	Indici bioclimatici	8
3.2.1.	Macrobioclimi	8
3.2.2.	Bioclimi	8
3.2.3.	Piani fitoclimatici (Termotipi)	8
3.2.4.	Indice Ombrotermico	9
3.2.5.	Indice di Continentalità	9
3.3.	La Carta Bioclimatica della Sardegna	9
	FIGURA 1: INDICI BIOCLIMATICI	11
	FIGURA 2: CARTA BIOCLIMATICA	12

La Carta Bioclimatica della Sardegna è stata realizzata da:

ARPAS – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna – Dipartimento Meteorologico, Sassari (Simona Canu scanu@arpa.sardegna.it, Michele Fiori mfiori@arpa.sardegna.it, Andrea Motroni amotroni@arpa.sardegna.it);

Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio, Sassari (Emmanuele Farris emfa@uniss.it);

Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, Potenza (Leonardo Rosati leonardo.rosati@unibas.it).

Citazione bibliografica: Canu S., Rosati L., Fiori M., Motroni A., Filigheddu R., Farris E. 2015. Bioclimate map of Sardinia (Italy). *Journal of Maps* (Taylor and Francis eds.), Volume 11, Issue 5, pages 711-718. - DOI: 10.1080/17445647.2014.988187



PREMESSA

Nel contesto del monitoraggio ambientale e della pianificazione delle risorse, la cartografia tematica riveste un ruolo fondamentale. La Carta bioclimatica si configura come una informazione ambientale inedita nel panorama cartografico regionale che cerca di colmare una lacuna di alcuni decenni. Del resto, la programmazione della gestione delle risorse ambientali e la pianificazione del territorio, per essere efficace e sostenibile, deve tenere conto di quante più informazioni possibili, riferibili alle diverse matrici ambientali. In considerazione dei possibili cambiamenti climatici in atto e delle misure di mitigazione e di adattamento, lo studio delle interazioni tra clima e vegetazione naturale appaiono di fondamentale importanza sia per la conoscenza dei meccanismi che regolano la distribuzione e la salvaguardia della biodiversità, sia per la gestione sostenibile delle risorse ambientali e per la pianificazione del territorio.

Gli studi bioclimatici sono indispensabili per

- analizzare i processi ecosistemici
- comprendere la struttura e distribuzione della vegetazione
- modellizzare la distribuzione degli habitat
- analizzare la dinamica della vegetazione permettendo la ricostruzione delle serie di vegetazione e l'individuazione della vegetazione potenziale

Nella classificazione ecologica del territorio il bioclimate è uno degli strati ambientali indispensabili per individuare le unità ambientali. I modelli bioclimatici focalizzati sulle soglie climatiche della distribuzione delle specie sono considerati in grado di predire la risposta degli organismi viventi ai cambiamenti climatici.

Nel presente lavoro viene illustrata l'analisi bioclimatica della Sardegna secondo la classificazione WBCS (*Worldwide Bioclimatic Classification System, Rivas*), la metodologia utilizzata e i risultati ottenuti, costituiti da mappe climatiche, indici bioclimatici e da una carta bioclimatica finale. L'approccio scelto per l'analisi dei dati è stato quello dell'ambiente GIS (*Geographic Information System*) dotato delle più moderne e innovative tecnologie di analisi spaziale raster e vettoriale, e di interpolazione spaziale geostatistica. L'uso del GIS ha permesso di superare il problema della discontinuità spaziale dei dati climatici e ha consentito di implementare un sistema informativo territoriale in cui tutte le informazioni contenute, essendo georeferenziate, possono essere visualizzate e analizzate in sovrapposizione tra loro e con altri strati informativi.

1. OBIETTIVI

Il principale obiettivo di questo studio è stato quello di fornire uno strumento operativo, costituito da una mappa ad elevato dettaglio territoriale, utile per lo studio dell'evoluzione della vegetazione, per la pianificazione territoriale e per la tutela dell'ambiente. L'obiettivo è stato quello di produrre un elaborato cartografico inedito nel panorama regionale sardo, considerando che la classificazione bioclimatica utilizzata nella presente ricerca, non aveva ancora trovato applicazione a scala regionale con un dettaglio territoriale elevato. Ulteriore obiettivo è stato quello di sviluppare una metodologia riproducibile finalizzata all'individuazione degli Isobioclimi in qualunque territorio, applicando la classificazione WBCS alla modellistica GIS.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Area di studio

La Sardegna è ubicata al centro del Bacino occidentale del Mediterraneo, si estende per una superficie di circa 24.000 km², ed è compresa tra i 38° 51' 52" e i 41° 15' 42" di latitudine Nord e tra gli 8' e 9° 50' di longitudine Est. Una complessa orografia caratterizza l'isola con paesaggi di pianura, collinari e montani posti su differenti substrati geologici e caratterizzati da una grande varietà di biotopi. La montagna più alta è il massiccio del Gennargentu (1834 m), nella regione centro-orientale. Grazie alla sua posizione geografica, il clima è tipicamente mediterraneo, con estati secche e calde e inverni piovosi e relativamente miti.

2.2. Base di dati

2.2.1. Dati climatici

Carta Bioclimatica della Sardegna è stata realizzata utilizzando:

- dati medi mensili di temperatura minima, massima e media relativi a 68 stazioni termopluviometriche;
- dati medi mensili di precipitazione relativi a 203 stazioni pluviometriche.

L'arco temporale a cui fanno riferimento è il trentennio 1971-2000.

2.2.2. Dati topografici

I dati topografici utilizzati nelle elaborazioni di analisi spaziale sono:

- DTM (Digital Terrain Model) con risoluzione spaziale di 40 metri.
- Layer con il valore di latitudine per ogni pixel del DTM (lat).
- Layer con il valore di longitudine per ogni pixel del DTM (lon).
- Layer con il valore di distanza dal mare per ogni pixel del DTM (dist_mare). ottenuto calcolando per ciascun pixel la distanza dalla linea di costa.
- Layer con il valore di altezza relativa per ogni pixel del DTM (Hr), che esprime una particolare conformazione orografica legata al fenomeno dell'inversione termica, in cui i pixel hanno valori pari a zero nel fondovalle e aumentano il loro valore con l'incremento della differenza di quota tra il pixel ed il fondovalle stesso (Boi et al., 2011).

2.3. Indici Bioclimatici

L'analisi bioclimatica del territorio regionale è stata effettuata seguendo il modello bioclimatico denominato "Worldwide Bioclimatic Classification System" (WBCS) proposto da Rivas-Martinez, (Rivas-Martinez, 2011). Si tratta di una classificazione numerica che mette in relazione le grandezze numeriche dei fattori climatici (temperatura e precipitazione) con gli areali di distribuzione delle piante e delle comunità vegetali, allo scopo di comprendere le influenze del clima sulla distribuzione delle

popolazioni e delle biocenosi. E' impostata su un sistema gerarchico che comprende 5 macrocategorie climatiche definite Macrobioclimi: Tropicale, Mediterraneo, Temperato, Boreale e Polare; ciascun Macrobioclima si divide, a sua volta, in unità tassonomiche di rango inferiore, definite Bioclimi, per un totale di 27 unità. I Bioclimi, a loro volta, sono ulteriormente suddivisi sulla base delle variazioni nei ritmi stagionali della temperatura e delle precipitazioni attraverso l'utilizzo di indici termotipici, ombrotipici e di continentalità. Le unità gerarchicamente inferiori sono quindi rappresentate dal Termotipo (esprime la componente termica del clima) e dall'Ombrotipo (esprime la componente di umidità del clima) e dalla Continentalità (esprime il grado di escursione termica annua). Nella Tabella 1 sono riassunti gli indici WBCS e le relative formule. La classificazione bioclimatica secondo Rivas-Martinez consente, attraverso la determinazione di una serie di indici calcolati in base ai dati termici e pluviometrici, di definire il clima di una specifica area geografica e, conseguentemente, individuare le principali caratteristiche in termini di fisionomia generale della vegetazione potenziale e reale del luogo. L'obiettivo di tale modello è arrivare all'identificazione degli Isobioclimi costituiti da un'unità bioclimatica formata da un Bioclima, un Termotipo e un Ombrotipo (Rivas-Martinez, 2008). A ciascun Isobioclima corrisponde uno spazio bioclimatico proprio, identificabile dai valori climatici di ognuna delle unità bioclimatiche che lo costituiscono. Questi spazi o modelli bioclimatici sono utili per identificare territori analoghi e tipi di vegetazione equivalenti; sono inoltre utili per realizzare mappe bioclimatiche di alta precisione. Per denominare un Isobioclima si costruisce una frase diagnostica, formata dai nomi del Bioclima, del Termotipo e dell'Ombrotipo. In questo studio, per la definizione degli Isobioclimi o Tipi Bioclimatici, si è utilizzato anche l'Indice di Continentalità.

Tabella 1: Indici bioclimatici WBCS

Indici	Definizione	Formula
Ic	Indice di continentalità	$Ic = T_{max} - T_{min}$
Io	Indice Ombrotermico	$Io = Pp/Tp$
Io2	Indice Ombrotermico compensato estivo (luglio+agosto)	$Io2 = Pps2/Tps2$
Io3	Indice Ombrotermico compensato estivo (giugno+luglio+agosto)	$Io3 = Pps3/Tps3$
Io4	Indice ombrotermico compensato estivo(maggio+giugno+luglio+agosto)	$Io4 = Pps4/Tps4$
It	Indice di termicità	$It = (T+m+M)*100$
M	Temperatura media massima del mese più caldo	
m	Temperatura media minima del mese più freddo	
Pp	Precipitazioni medie annuali	
Pps	Precipitazioni medie mensili	
T	Temperatura media annua	
Tmax	Temperatura media del mese più caldo	
Tmin	Temperatura media del mese più freddo	
Tp	Temperatura media annua positiva	

2.4. Interpolazione spaziale dei dati climatici

Il modello di Rivas-Martinez per l'elaborazione degli indici bioclimatici è stato applicato tenendo conto di tre aspetti fondamentali:

- gli indici si basano su due grandezze climatiche: temperatura e precipitazione;



- i dati relativi alle due grandezze climatiche hanno una copertura territoriale differente (203 stazioni pluviometriche, 68 stazioni termometriche);
- le due grandezze climatiche hanno variabilità spaziale differente (la precipitazione ha una distribuzione territoriale che differisce da quella delle temperature).

L'implementazione della metodologia si è basata sul fatto che la differente variabilità spaziale e copertura territoriale delle due grandezze climatiche di input debba essere mantenuta nel calcolo degli indici bioclimatici finali. Questo è possibile calcolando gli indici bioclimatici sulle mappe di temperatura e precipitazione, quindi sui dati climatici già spazializzati con le metodologie adatte alla variabilità territoriale propria di ciascuna grandezza. Questo approccio permette, inoltre, di utilizzare l'intero dataset relativo alle precipitazioni (203 stazioni) per poter rappresentare al meglio la distribuzione spaziale di tale grandezza, che data la particolare morfologia della Sardegna, risulta essere più problematica delle temperature, nella stima dei valori incogniti. Questa metodologia si ritiene possa generare output più realistici rispetto all'interpolazione spaziale dei valori puntuali dei diversi indici (68 output puntuali per ciascun indice).

Si è quindi proceduto con l'analisi del miglior metodo di interpolazione sia per le temperature medie mensili che per le precipitazioni medie mensili, utilizzando come base metodologica i precedenti studi effettuati dal Dip. Meteorologico dell'ARPAS, che utilizzavano due distinti metodi: regressione lineare multipla per le temperature e Ordinary Kriging per le precipitazioni (Cossu et al., 2005; Boi et al., 2011). Considerando il risultato dei due metodi su entrambe le grandezze (precipitazione e temperatura) e sulla base di una corposa letteratura che supporta tale scelta, è stata applicata una tecnica ulteriore che combina i due metodi suddetti denominata Regression Kriging (Mesquita and Sousa, 2009). Quindi sono stati applicati e confrontati i tre modelli di interpolazione spaziale: Regressione Lineare Multipla (MLR), Kriging Ordinario (OK) e Regression Kriging (RK), sia sui dati medi mensili di temperatura, che sui dati medi mensili di pioggia (Ninyerola, Pons & Roure, 2000; 2007). Per verificare e confrontare il comportamento dei tre diversi metodi, è stata eseguita una validazione del tipo Cross Validation leave-one-out, che ha consentito di individuare il modello che stima meglio il comportamento delle due grandezze climatiche.

2.4.1. Regression Kriging

Il Regression Kriging (RK) è un metodo ibrido di interpolazione in cui parte della variabilità dei dati viene spiegata mediante un modello di regressione (regressione lineare multipla) e parte interpolando i residui della regressione mediante un Kriging Ordinario (Hengl, 2007).

La regressione lineare multipla si è basata sulla correlazione tra le grandezze climatiche e alcuni parametri morfologici, ipotizzando una relazione lineare tra la grandezza climatica e i parametri quota, latitudine, distanza dal mare e longitudine.

Per la stima delle temperature (in particolare per le minime) si è tenuto conto di un ulteriore parametro denominato H_r , che esprime una particolare conformazione orografica legata al fenomeno dell'inversione termica. La distanza dal mare invece viene considerata con esponente pari a 0,1 per tenere conto del fatto che maggiore è la distanza dal mare del punto stazione e inferiore è il suo peso all'interno della regressione. Per ciascun modello così ottenuto sono state verificate le ipotesi di base attraverso opportuni test statistici, nonché la significatività per mezzo del *test F* basato sul rapporto tra varianza spiegata dal modello e varianza residua. Come misura della bontà di adattamento dei modelli di regressione multipla si è utilizzato il cosiddetto *coefficiente di determinazione*, meglio noto come R^2 , nel nostro caso si è utilizzato l' R^2 corretto, più adatto per questo tipo di analisi, perché tiene conto del numero di predittori utilizzati. Si è quindi utilizzata la MLR, per la stima della superficie che rappresenta la *trend* della variabile sull'intero territorio. Tale elaborazione ha permesso di calcolare i residui per ciascun punto stazione, espressi come differenza tra i valori misurati e quelli stimati. I valori dei residui sono stati analizzati con tecniche geostatistiche per valutarne l'autocorrelazione spaziale. L'analisi dei semivariogrammi dei residui ha evidenziato nella quasi totalità dei casi considerati la presenza di correlazione spaziale. La funzione semivariogramma è stata modellizzata mediante un modello sferico con una discontinuità all'origine (*nugget effect*). I parametri (nugget, range e sill) che caratterizzano il semivariogramma per ciascuna variabile oggetto di studio sono stati stimati di volta in volta mediante l'uso del software ArcGis Geostatistical Analyst. L'applicazione del Kriging Ordinario (OK) utilizzando i semivariogrammi ha generato le superfici di stima dei residui (mappe), che sono

state sommate alle superfici di stima potenziale ottenute mediante la Regressione Lineare Multipla (mappe), al fine di ottenere una mappa con i valori finali interpolati per ciascuna variabile climatica considerata.

2.4.2. Validazione

Per valutare la bontà di tali stime è stata eseguita la validazione attraverso la tecnica della cross validation, metodo statistico utilizzato per validare un modello predittivo. Il parametro di confronto è il RMSE (Root Mean Square), fra il set di dati stimati dalla spazializzazione e quello di dati osservati per ciascuna stazione. Mediando la qualità delle predizioni tra i vari insiemi di validazione si ha una misura dell'accuratezza delle predizioni.

In questo studio si è utilizzata la leave-one-out cross validation che esclude una singola osservazione alla volta e tutti i dati vengono utilizzati per il training ed il test in modo indipendente. La validazione è stata effettuata per i tre metodi: Ordinary Kriging (OK), Regressione Lineare Multipla (MLR) e Regression Kriging (RK), per tutte le variabili climatiche da interpolare. L'analisi degli errori ha mostrato per il Regression Kriging valori di RMSE mediamente inferiori rispetto agli altri metodi.

3. RISULTATI

Il risultato finale e principale di questo studio è la Carta Bioclimatica della Sardegna, riferita ad un arco temporale recente e sufficientemente lungo da caratterizzare in modo realistico il rapporto tra clima e vegetazione attuale (trentennio 1971-2000).

Costituiscono risultati dello studio, inoltre, gli Indici Bioclimatici WBCS che hanno portato all'elaborazione della carta finale. Essi esprimono gli aspetti caratterizzanti il clima della regione, in termini di continentalità, aridità, termicità ed inquadramento macrobioclimatico.

Per ottenere gli Indici Bioclimatici e la Carta Bioclimatica è stato necessario produrre le mappe climatiche mensili e annuali di temperatura minima e massima e di precipitazione che rappresentano dei risultati intermedi fondamentali per qualsiasi tipo di caratterizzazione climatica e bioclimatica della regione.

3.1. Mappe climatiche

Le mappe climatiche medie mensili di temperatura e precipitazione sono state ottenute applicando il metodo di interpolazione spaziale RK (Attorre, 2008), risultato migliore al termine del processo di validazione. Per tutte le grandezze climatiche relative al dato medio mensile è stata prodotta una mappa climatica media mensile utilizzando gli strumenti di Map Algebra e analisi geostatistica messi a disposizione dal software ArcGis 10.2. Le mappe di temperatura massima annua e minima annua sono il risultato della media delle mappe dei dodici mesi, e le mappe di temperatura media mensile e annuale derivano dalla media tra le mappe mensili di temperatura minima e massima. La risoluzione spaziale delle mappe è di 40 metri, poiché il layer principale, dal quale derivano i parametri geografici utilizzati nella regressione lineare multipla, è il DTM con risoluzione spaziale di 40 metri. Questo ha consentito di ottenere delle mappe climatiche ad elevato dettaglio territoriale che evidenziano la presenza di numerosi microclimi distribuiti su tutta la regione. In questo lavoro le mappe climatiche sono un risultato intermedio molto importante, poiché costituiscono la base informativa territoriale climatica ad elevato dettaglio territoriale utilizzabile in molti studi ambientali e costituiscono un ulteriore miglioramento delle mappe prodotte precedentemente dall'ARPA Sardegna, che sono state la base di partenza per la valutazione dei metodi da utilizzare.

3.2. Indici bioclimatici

Le mappe di temperatura e precipitazione sono state utilizzate come input per il calcolo degli Indici bioclimatici attraverso gli strumenti di Map Algebra.

Sulle mappe di temperatura e precipitazione precedentemente spazializzate si sono applicate le formule di calcolo relative ad ogni indice (Tabella 1), per ottenere le mappe corrispondenti a:

- Macrobioclimi;
- Bioclimi;
- Piani Fitoclimatici (Termotipi);
- Indice Ombrotermico;
- Indice di Continentalità

3.2.1. Macrobioclimi

Il layer che rappresenta i Macrobioclimi è stato ottenuto mettendo in relazione le mappe di temperatura media con le mappe di precipitazione relative ai mesi estivi. La mappa dei Macrobioclimi (Figura 1) permette di differenziare il clima Temperato dal clima Mediterraneo in base ai valori degli Indici Ombrotermici Compensati Estivi (Ios2, Ios3, Ios4). Permette inoltre, applicando le relazioni riportate nella tabella della Submediterraneità di identificare la variante submediterranea del clima temperato.

La mappa mostra come quasi tutta la regione possa essere classificata nel Macrobioclima Mediterraneo, ma come anche il clima Temperato e Submediterraneo abbiano una piccola rappresentatività nelle aree più montuose della regione: il Gennargentu, il Limbara e alcune piccole aree nel Goceano.

3.2.2. Bioclimi

La mappa dei Bioclimi (Figura 1) è stata ottenuta attraverso l'overlay spaziale tra la mappa dei Macrobioclimi e le mappe dell'Indice Ombrotermico e dell'Indice di Continentalità che devono rispondere alle condizioni previste dalla metodologia quali:

- Per il Macrobioclima Mediterraneo: se $Ic \leq 21$ ed $Io > 2$ il Bioclima è Mediterraneo pluvistagionale oceanico;
- Per il Macrobioclima Temperato: se $11 < Ic \leq 21$ ed $Io > 3.6$ il Bioclima è Temperato oceanico.

Tutta l'area classificata come Macrobioclima Mediterraneo rientra nel Bioclima Mediterraneo pluvistagionale oceanico, così come le piccole porzioni di territorio con Macrobioclima Temperato sono classificate come Temperato oceanico. Le aree ricadenti nei due Bioclimi sono identiche a quelle occupate dai due Macrobioclimi.

3.2.3. Piani fitoclimatici (Termotipi)

La mappa dei Piani Fitoclimatici suddivide i Macrobioclimi in aree che ripercorrono il gradiente termico influenzato dai sistemi montuosi prevalenti, dalla latitudine e dalla distanza dal mare (Figura 1). Si differenziano otto piani fitoclimatici di cui alcuni scarsamente rappresentati, come il Termomediterraneo inferiore, il Mesotemperato superiore, il Supratemperato inferiore e superiore. Il Mesomediterraneo inferiore è il Termotipo più diffuso sia nelle aree di pianura del nord Sardegna (in particolare nella costa settentrionale e nelle aree della Nurra, della Gallura e della Piana di Chilivani),

sia nelle aree interne del Sarrabus e della Marmilla, nonché in buona parte delle zone interne del Sulcis-Iglesiente. Nelle aree costiere di quasi tutta la regione e in tutto il Campidano, la classe più rappresentata è il Termomediterraneo superiore. Il Mesomediterraneo superiore è comunque ben rappresentato nelle aree collinari e montuose del centro nord e nelle aree montuose del sud dell'isola.

3.2.4. Indice Ombrotermico

La mappa dell'Indice Ombrotermico, fornisce un'informazione riguardante lo stato della disponibilità idrica del territorio delle diverse aree della Sardegna (Figura 1). Sono state rilevate sette classi tutte abbastanza rappresentate, a parte l'Ombrotipo Umido superiore e l'Iper-umido inferiore che si limitano ad una superficie di pochissimi ettari. Si può notare la differenza di disponibilità idrica climatica tra le aree meridionali rispetto a quelle settentrionali, infatti nelle prime l'Ombrotipo Secco inferiore è ben rappresentato dalla pianura di Oristano alla pianura del Campidano di Cagliari, nella zona costiera occidentale e del Sulcis; sono infatti queste le aree caratterizzate da scarse precipitazioni annue e temperature medie abbastanza elevate. Come ci si poteva attendere, gli Ombrotipi Sub-umido e Umido sono confinati nelle aree montuose e di alta collina della regione.

3.2.5. Indice di Continentalità

Esprime l'ampiezza con cui variano le temperature nell'arco dell'anno, dunque il grado di continentalità, ed è quindi una misura dell'escursione termica annua. I risultati relativi all'Indice di Continentalità (Figura 1), mostrano una unica classe per la Sardegna, la classe Oceanico. La sottoclasse Euoceanico debole è quella maggiormente rappresentata in tutta la regione da nord a sud, ma è comunque presente la sottoclasse Euoceanico forte in tutta la fascia costiera che mette in evidenza l'influenza della distanza dal mare nel calcolo di questo indice. Inoltre in alcune piccolissime aree prospicienti al mare è presente anche la sottoclasse Semi-iperoceno debole. Le zone montuose del centro della regione ricadono invece nella sottoclasse Semicontinentale debole e dimostrano come la continentalità sia legata ad un insieme di fattori dovuti all'influenza del mare e alle quote elevate.

3.3. La Carta Bioclimatica della Sardegna

La mappa degli Isobioclimi, rappresenta l'elaborazione finale in cui tutte le informazioni relative ai singoli indici vengono considerate nel loro insieme per ogni singola area omogenea (Figura 2). La mappa è stata ottenuta attraverso un overlay spaziale tra i layers relativi ai Macrobioclimi, Piani Fitoclimatici, Indice Ombrotermico e Indice di Continentalità. L'overlay spaziale ha generato un nuovo strato informativo che presenta tutte le combinazioni possibili dei valori relativi agli indici bioclimatici di input, per cui ciascun poligono generato dall'overlay è caratterizzato da più aspetti bioclimatici quali, primo fra tutti, il tipo di macrobioclima, seguito dal piano fitoclimatico, dall'ombrotipo e dalla continentalità.

La carta bioclimatica finale presenta 43 classi di Isobioclimi (Tabella 2, Figura 2), che costituisce un numero piuttosto elevato. Le ragioni dell'elevato numero di classi, anche se molte di queste sono scarsamente rappresentate, possono essere diverse:

- il territorio sardo presenta una orografia irregolare e una variabilità mesoclimatica elevata;
- la classificazione degli indici bioclimatici è stata realizzata con un elevato grado di suddivisione in classi, sottotipi e sottoclassi, quando possibile, creando pertanto un numero elevato di possibili combinazioni tra i valori degli indici in fase di overlay e, conseguentemente, di Isobioclimi riportati nella carta finale.
- la risoluzione spaziale delle mappe di input è molto elevata (40 metri) e questo genera delle microaree laddove vi è una sovrapposizione anche di piccolissime aree rappresentate da pochi pixel.

Gli Isobioclimi più rappresentati sono quelli mesomediterranei: il *Mesomediterraneo inferiore*,



subumido inferiore, euoceanico debole copre il 22% della superficie totale, pari a circa 531.000 ha, e si estende nelle zone collinare di tutta la regione, ma soprattutto nelle zone collinari settentrionali. Il *Mesomediterraneo inferiore, secco superiore, euoceanico debole* si estende per circa 494.000 ha per un totale del 20.5% della superficie totale e precede quasi sempre il tipo *Mesomediterraneo inferiore, subumido inferiore, euoceanico debole*, in una grossa fascia interna che percorre tutta l'isola da nord a sud. Il terzo tipo bioclimatico in termini di quantità di superficie ricoperta è il *Termomediterraneo superiore, secco superiore, euoceanico debole*, che raggiunge il 12.4% pari a circa 300.000 ha, e che si estende prevalentemente nelle zone meridionali; mentre il *Termomediterraneo superiore, secco superiore, euoceanico forte* con il 6% di copertura, pari a circa 145.000 ha, è presente prevalentemente nelle zone costiere. Un'area molto omogenea in termini di Isobioclima è quella che comprende tutto il Campidano, sino al Campidano di Oristano, caratterizzata dal *Termomediterraneo superiore, secco inferiore, euoceanico debole* con il 9% della superficie totale pari a circa 218.000 ha. Gli Isobioclimi Mesotemperati e Supratemperati sono confinati tutti nelle zone orograficamente più elevate con regime ombrotermico di tipo umido (superiore e inferiore) e iperumido inferiore, e continentalità quasi sempre di tipo semicontinentale debole.

Figura 1: Indici Bioclimatici

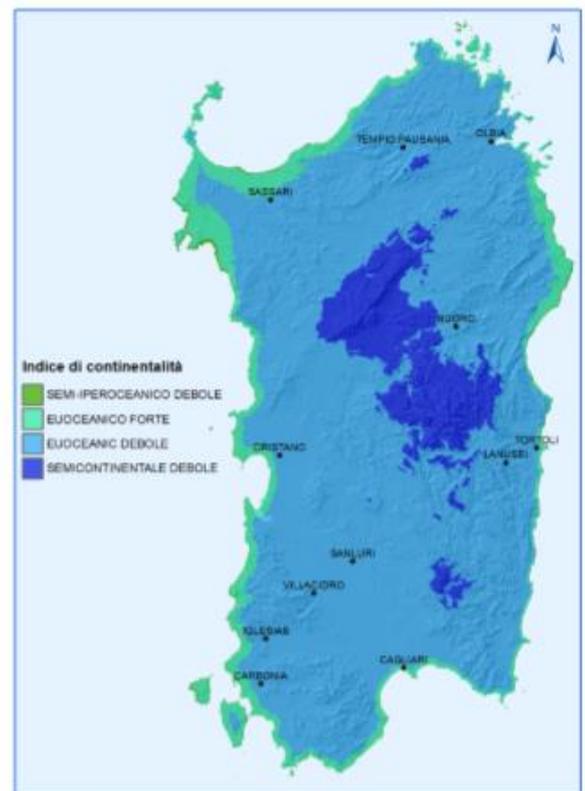
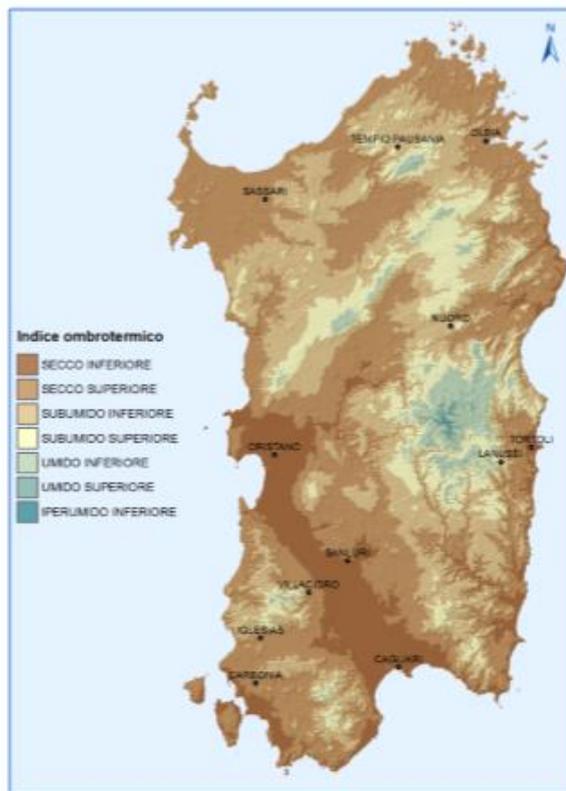
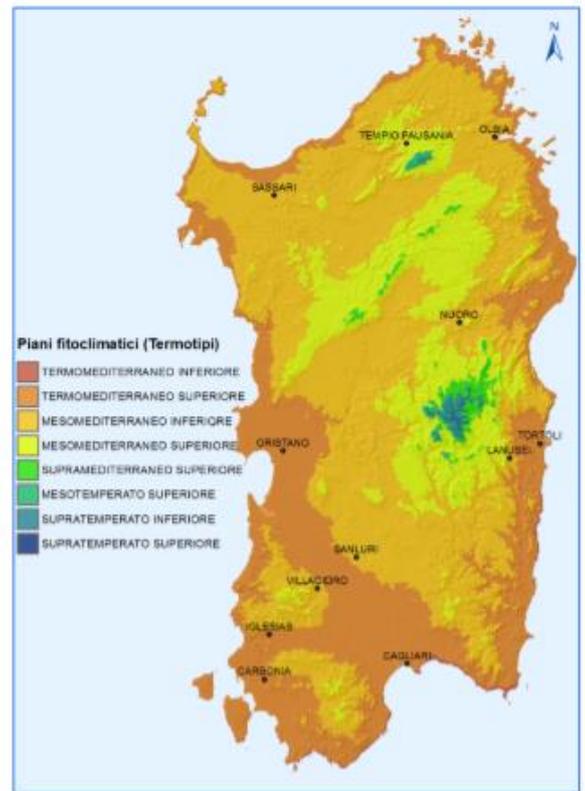
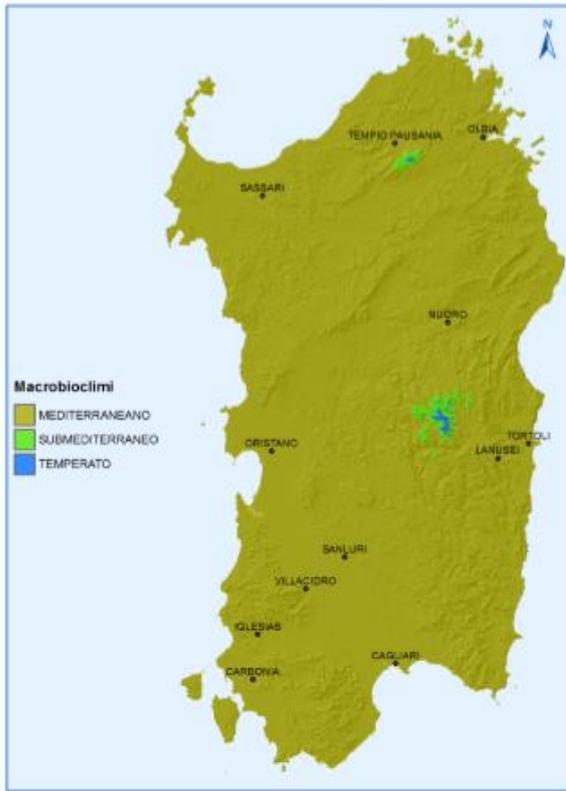


Figura 2: Carta Bioclimatica

