

Sezione Speciale - Cambiamento climatico e inquinamento: effetti sulle foreste meridionali

(Guest Editor: Elena Paoletti)

Indicatori climatici di desertificazione in Basilicata

Bove B* ⁽¹⁾, Brindisi P ⁽²⁾, Glisci C ⁽³⁾, Pacifico G ⁽²⁾, Summa ML ⁽⁴⁾

(1) *Direttore Tecnico ARPAB, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente di Basilicata, via della Fisica 18C/D, 85100 Potenza*; (2) *Responsabile Servizio Idro-Mareografico, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente di Basilicata, 85100 Potenza*; (3) *Ufficio Risorse Idriche, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente di Basilicata, 85100 Potenza*; (4) *Servizio Monitoraggio Prevenzione e Controlli, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente di Basilicata, 85100 Potenza* - * *Corresponding author: B. Bove, arpab@tin.it*

Abstract: *Climatic indicators of desertification in Basilicata.* Climate changes such as the increase, in intensity and frequency, of extreme phenomena - hurricanes, thunder storms, flooding, drought -, of temperature and of biodiversity loss can influence land morphogenetic processes and prime a severe decreasing of natural resources such as the desertification. Desertification, that is the progressive loss of large areas of globe removed from human activities, is one of the most urgent problems in the last decades and is a phenomenon occurring on the most part of Mediterranean countries, such as Italy and in particular its Southern area. The most interested areas and regions are: Sicily, Sardinia, Pelage island, Pantelleria, Egadi island, Ustica, Calabria and Basilicata. The National Action Plane against Desertification (in Italian PAN) calls for synergy between resources and expertises of Basilicata Regional Office, APAT, ARPAB and research organizations for monitoring the Desertification Status Indicators. ARPAB monitoring Section developed a project to monitor indices and indicators. In this project, we focused on climatology, that is the study of climate and its variability; in particular we characterized rainfalls regimes, homogeneous rainfall areas and extreme rainfall events. Until now, this study produced historical trends of temperature and rainfall, and maps of indicators of desertification, in particular annual maps of aridity, and monthly and quarterly maps of drought. The analysis of the thematic maps of precipitation, drought and aridity gave us the possibility of evaluating the Region Basilicata tendency to the desertification phenomenon and, in particular, by considering the climatic and morphological variability. Concerning the observation periods (80 years of precipitations, 10 years of aridity, last 3 years of drought data) the region susceptibility to drought and aridity is higher in the NW and SE areas as compared to the Apennine areas on the NE-SW direction.

Keywords: desertification, climatic indicators, maps, drought.

Received: Dec 17, 2004 - Accepted: Jan 28, 2005

Citation: Bove B, Brindisi P, Glisci C, Pacifico G, Summa ML, 2005. Indicatori climatici di desertificazione in Basilicata. *Forest@* 2 (1): 74-84. [online] URL: <http://www.sisef.it/>

Premessa

La possibilità di migliorare la conoscenza dei meccanismi di risposta del sistema climatico alle forzature esterne e di ottenere previsioni della variabilità annuale ed interannuale del clima e dei cambiamenti climatici su scale decennali e secolari ha un assoluto rilievo nel campo della ricerca ed un chiaro impatto socio-economico a livello globale. In meteorologia, il miglioramento della previsione

delle precipitazioni intense, su scala regionale e locale, riveste un interesse primario per la programmazione delle attività umane, la mitigazione dei danni, la valutazione dell'impatto sull'ambiente e il territorio. Il clima e la climatologia giocano un ruolo fondamentale nei processi di modellamento e di degrado del territorio. L'irregolare distribuzione delle precipitazioni durante l'anno, il manifestarsi di eventi estremi e la natura fuori fase delle stagioni

Fig. 1 - Distribuzione sul territorio regionale delle stazioni termopluviometriche in telemisura del Servizio Idro-mareografico dell'ARPAB.



vegetative e della pioggia nelle zone semiaride ed aride del Mediterraneo sono i fattori principali che contribuiscono alla degradazione del territorio (Casaioli & Sciortino 1997).

In questa ottica si è ritenuto opportuno, per caratterizzare lo stato della desertificazione della regione Basilicata relativamente alle condizioni climatiche e morfologiche, considerare alcuni fenomeni direttamente legati alle caratteristiche del clima (quali l'aridità e la siccità) e alla morfologia del suolo (quale l'acclività).

Strategie di Monitoraggio

La creazione di un sistema evoluto di monitoraggio del territorio al fine di guidare la pianificazione dell'uso delle risorse ambientali coinvolte, di controllare i fattori di pressione legati alla desertificazione, attraverso l'analisi dei dati *in situ*, e l'applicazione dei modelli di bilancio idrico associati all'uso dei modelli previsionali meteorologici è la base della strategia di monitoraggio e di verifica dell'efficienza delle misure di mitigazione, adottata nel seguente studio. L'applicazione congiunta di metodi di rilevamento strumentale dei dati e di

metodologie di telerilevamento da satellite consente di aggiornare in breve tempo le basi dati per valutare la vulnerabilità del territorio ai processi di degradazione e di monitorare i campi delle principali grandezze meteorologiche, permettendo di aumentare ed ottimizzare i dati di input dei modelli di bilancio idrico e rappresentare con maggiore fedeltà la realtà sul territorio. La desertificazione è la conseguenza di una serie di importanti processi di degradazione del suolo, ragion per cui gli indicatori atti a descrivere il fenomeno devono essere in grado di leggere le molteplici informazioni derivanti dal territorio, includendo immagini satellitari, dati topografici (mappe DEM), dati climatici, geologici e pedologici oltre agli schemi di utilizzazione del suolo per quanto riguarda l'impatto degli aspetti socio-economici, specialmente nelle zone dove l'acqua è il fattore limitante principale per il rendimento del suolo stesso. A livello regionale possono essere utilizzati indicatori chiave per la stima della capacità del suolo a resistere a processi di degradazione oppure per valutare l'idoneità del suolo a supportare specifici usi. Tali indicatori possono essere suddivisi

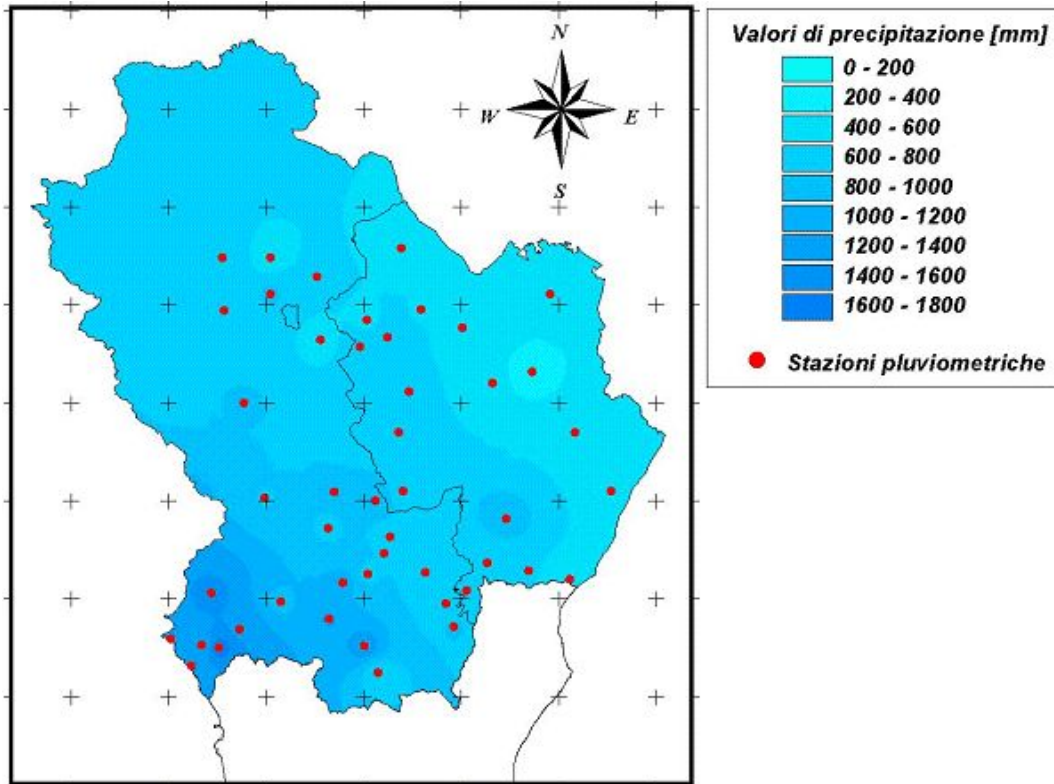


Fig. 2 - Mappa di distribuzione delle precipitazioni nel periodo 1991-2000 in Basilicata.

in quattro categorie che definiscono la qualità del suolo, la qualità del clima, la qualità della vegetazione e la qualità della gestione. Come già ribadito, l'indicatore di stato sul quale si è focalizzata

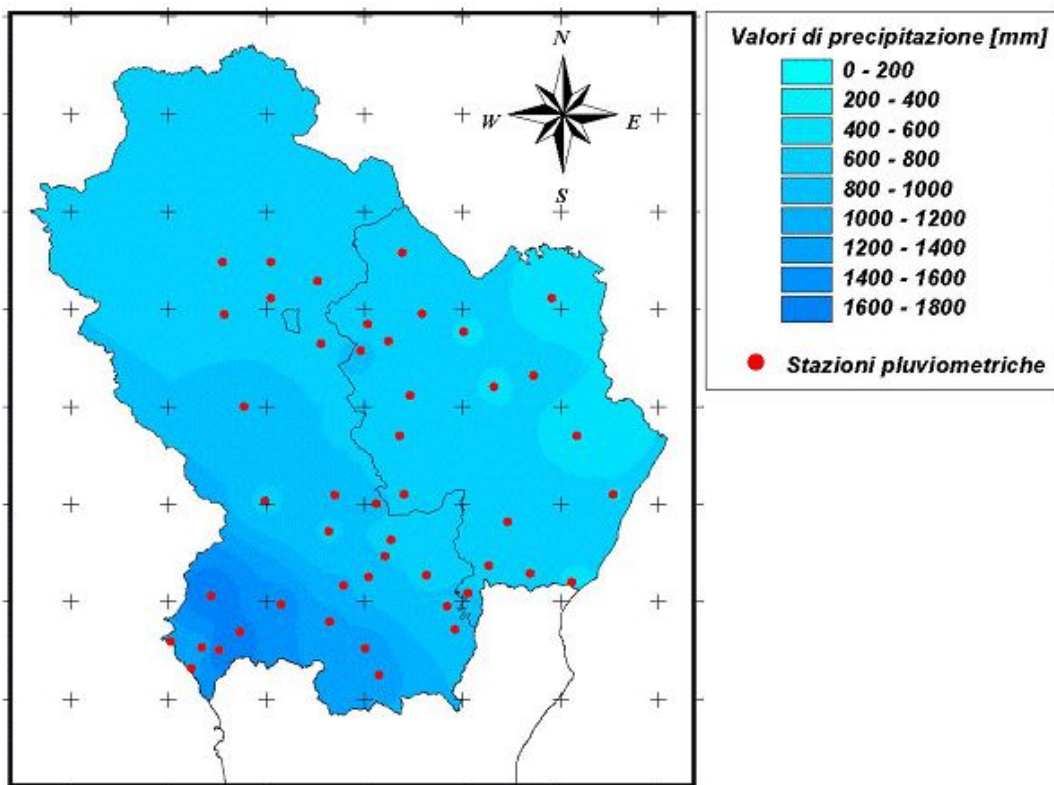


Fig. 3 - Mappa di distribuzione delle precipitazioni nel periodo 1921-2000 in Basilicata.

Tab. 1 - Dati relativi alle stazioni termo-pluviometriche lucane e rapporto tra le precipitazioni medie annue dell'ultimo decennio (A, 1991-2000) e quelle dell'ultimo ottantennio (B, 1921-2000).

Stazione	Comune	Quota m slm	rapporto A/B	Stazione	Comune	Quota m slm	rapporto A/B
Pomarico	Pomarico	455	0.41	Agromonte C. C.	Episcopia	500	0.94
Cogliandrino	Lauria	700	0.61	Mezzana di Lucania	San Severino Lucano	884	0.94
Albano di Lucania	Albano di Lucania	824	0.62	Grottole	Grottole	481	0.95
Cancellara	Cancellara	620	0.69	Armento	Armento	566	0.96
Ferrandina	Ferrandina	492	0.72	Aliano	Aliano	497	0.98
Lagonegro	Lagonegro	666	0.79	San Giorgio Lucano	San Giorgio Lucano	416	0.98
Tricarico	Tricarico	698	0.8	Stigliano	Stigliano	700	0.98
Valsinni	Valsinni	250	0.82	Roccanova	Roccanova	654	0.98
Pisticci	Pisticci	364	0.82	San Mauro Forte	San Mauro Forte	410	0.99
Noepoli	Noepoli	416	0.82	Tolve	Tolve	568	0.99
Cersosimo	Cersosimo	563	0.82	Castroonuovo S.Andrea	Castroonuovo	660	1
Nova Siri	Nova siri	830	0.83	Torre Accio	Bernalda	140	1
Irsina	Irsina	533	0.83	S. Nicola d' Avigliano	Avigliano	848	1.01
Cognato	Calciano	557	0.83	San Severino Lucano	San Severino Lucano	884	1.02
Matera	Matera	450	0.84	San Martino d'Agri	San Martino d'Agri	661	1.02
Lauria Inferiore	Lauria	630	0.84	Tramutola	Tramutola	654	1.03
Trecchina	Trecchina	500	0.85	Carbone	Carbone	685	1.06
Senise	Senise	330	0.87	Acquafredda	Maratea	86	1.07
Calvello	Calvello	700	0.87	Vaglio di Lucania	Vaglio Basilicata	933	1.1
Potenza	Potenza	811	0.87	Calciano	Calciano	450	1.12
Grassano	Grassano	577	0.88	Missanello	Missanello	560	1.14
Maratea	Maratea	300	0.89	Tursi	Tursi	348	1.29
Caldera	Calvera	660	0.91	Nova Siri Scalo	Nova siri	500	1.29

l'attenzione del seguente progetto è stata la climatologia, ed in particolare gli indici di aridità, di siccità e l'analisi dei trend storici di temperatura e di precipitazione.

L'aridità è una caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità della pioggia (aree con precipitazioni annue dell'ordine dei 200-500 mm) e dalla forte evaporazione che sottrae umidità al terreno (Ministero dell'Ambiente 1999). La siccità è invece un fenomeno che colpisce anche aree non aride quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli normalmente registrati: tale eventualità può determinare condizioni di degrado del territorio

producendo danni a tutti i settori produttivi (Ministero dell'Ambiente 1999). Mentre infatti gli ecosistemi naturali hanno generalmente la necessaria capacità di recupero per superare periodi di siccità, i settori produttivi che dipendono da un costante apporto di acqua possono essere danneggiati.

Il sistema di monitoraggio

Le attività di monitoraggio svolte dal Settore IMPC in relazione al controllo della desertificazione in Basilicata si sono basate sull'osservazione ed elaborazione dei dati idro-termo-pluviometrici acquisiti in tempo reale dalla centrale del Servizio Idrografico e

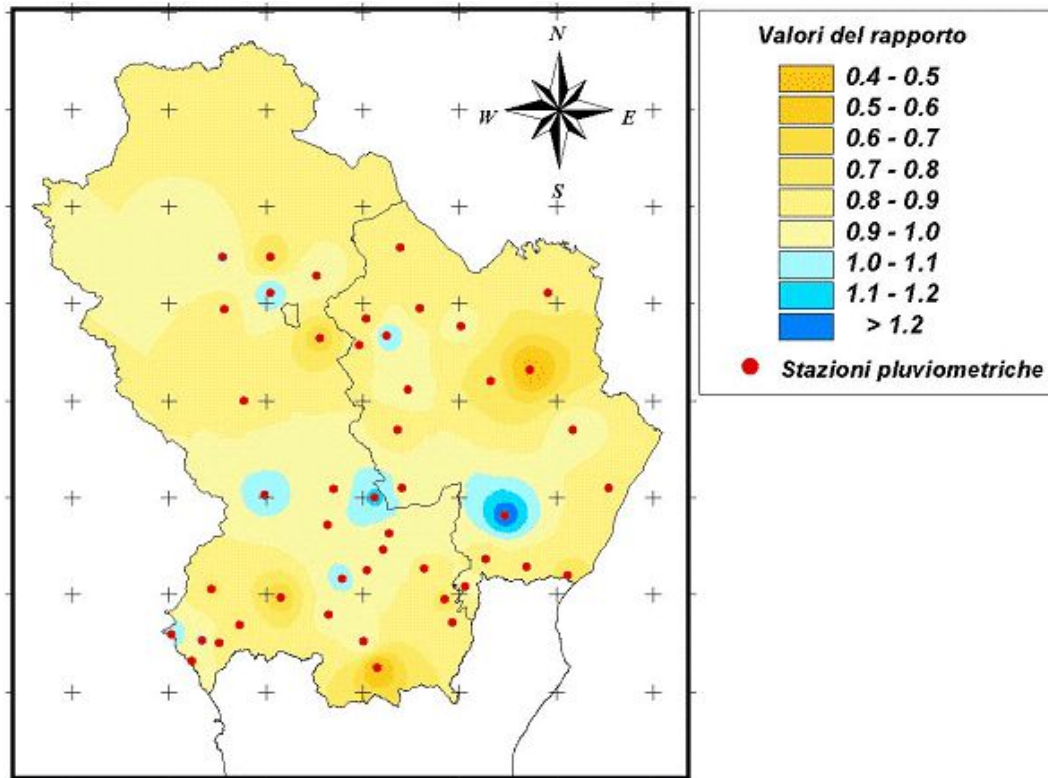


Fig. 4 - Mappa di distribuzione del rapporto A/B in Basilicata, dove A = precipitazioni nel periodo 1991-2000, B = precipitazioni nel periodo 1921-2000.

Mareografico e sulla lettura delle memorie solide di acquisizione dei dati in remoto. Il sistema, per quanto riguarda il monitoraggio degli indicatori climatici sopra menzionato si è articolato in tre attività fondamentali:

1. Acquisizione e gestione di dati meteorologici da quadro sinottico e da modelli numerici.
2. Calcolo di indici climatici di desertificazione.
3. Metodi geostatistici di *kriging* spaziale e realizzazione di mappe e bollettini tematici a scala regionale.

I dati acquisiti in tempo reale dalle stazioni di misura (fig. 1) collegate con la Centrale ARPAB di Potenza hanno consentito sia di calcolare gli indici di siccità e aridità e elaborare la loro distribuzione regionale relativamente a brevi periodi di osservazione, sia di analizzare i trend storici di temperatura e precipitazione.

Metodologia di analisi

L'individuazione delle aree vulnerabili alla desertificazione a causa della variabilità climatica e morfologica ha richiesto il ricorso a metodologie standardizzate in grado di definire specifici indici.

Considerate la complessità e la molteplicità delle

cause e dei processi di degradazione del territorio e la contestuale esigenza di pervenire ad indici oggettivi ed effettivamente applicabili (indipendentemente dall'estensione del contesto territoriale di interesse) ed almeno in una prima fase di semplice struttura matematica e immediato riscontro fisico. In tal senso, l'approccio metodologico seguito si è basato sulla definizione sistematica di pochi indici e sulla determinazione della loro distribuzione territoriale.

Le condizioni atmosferiche che caratterizzano un clima vulnerabile alla desertificazione sono quelle che creano un ampio deficit di acqua e cioè dove l'evapotraspirazione potenziale (ETp) è molto maggiore della Precipitazione (P). Queste condizioni sono valutate da diversi indici di aridità e di siccità.

Uno degli indici più semplici e più usati fra quelli proposti in letteratura per quantificare lo stato di siccità è l'indice standardizzato di precipitazione (*Standardized Precipitation Index*) o SPI. L'indice SPI (McKee et al. 1993) viene utilizzato per monitorare un deficit di precipitazione su scale temporali diverse misurando una anomalia di precipitazione. Essendo un indice standardizzato (quindi non influenzato dal dato medio di pioggia del sito consi-

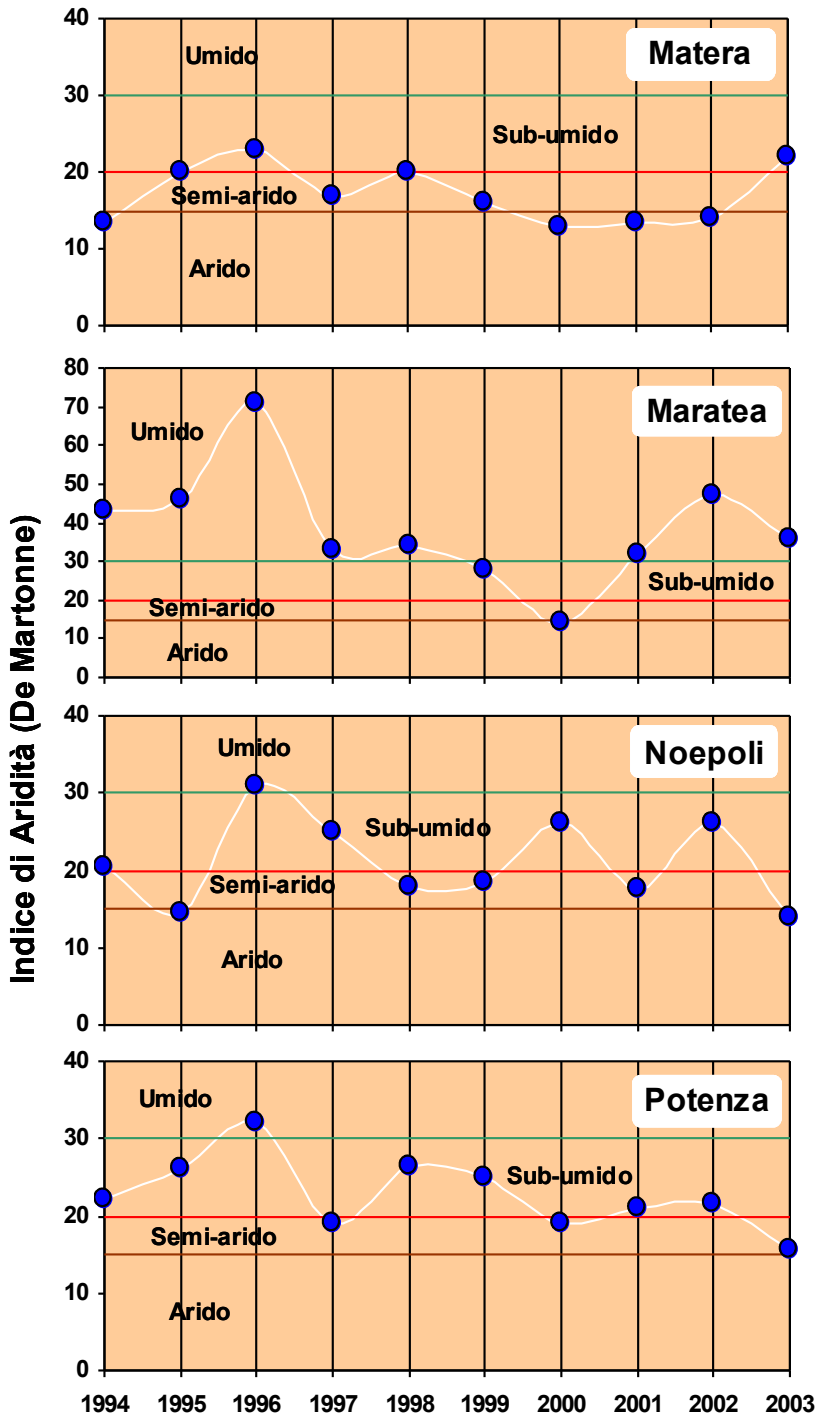


Fig. 5 - Indice di aridità De Martonne (ID) elaborato per il decennio 1994 -2004, rispettivamente per le stazioni termo-pluviometriche di Matera, Maratea, Noepoli e Potenza (linea bianca). I valori dell'indice ID compresi tra 0 e 15 (linea marrone), definiscono un clima arido, tra 15 e 20 un clima semi arido (intervallo compreso tra la linea marrone e la linea rossa), tra 20 e 30 un clima sub-umido (intervallo compreso tra la linea rossa e la linea verde), infine valori superiori a 30 un clima umido (linea verde).

derato) ha il merito di poter confrontare stazioni climatologicamente differenti, e risulta essere il più idoneo a valutare la siccità (Hayes et al 1999).

$$SPI_{T,\Delta t} = \sum (X_{T,\Delta t} - X_{m_{T,\Delta t}}) / S_{T,\Delta t}$$

$X_{T,\Delta t}$ = precipitazione totale, relativa al mese t, cumulata sui Δt mesi precedenti;

$X_{m_{T,\Delta t}}$ = precipitazione media, relativa al mese t, cu-

mulata sui Δt mesi precedenti;

$S_{T,\Delta t}$ = scarto quadratico medio della precipitazione totale, relativa al mese t, cumulata sui Δt mesi precedenti.

Tra gli indici semiempirici usati per valutare l'aridità sono stati utilizzati due tra i più semplici noti in letteratura:

- l'indice agrometeorologico di De Martonne ($ID = P / (T + 10)$) (ANPA/NDR 2000) che calcola un

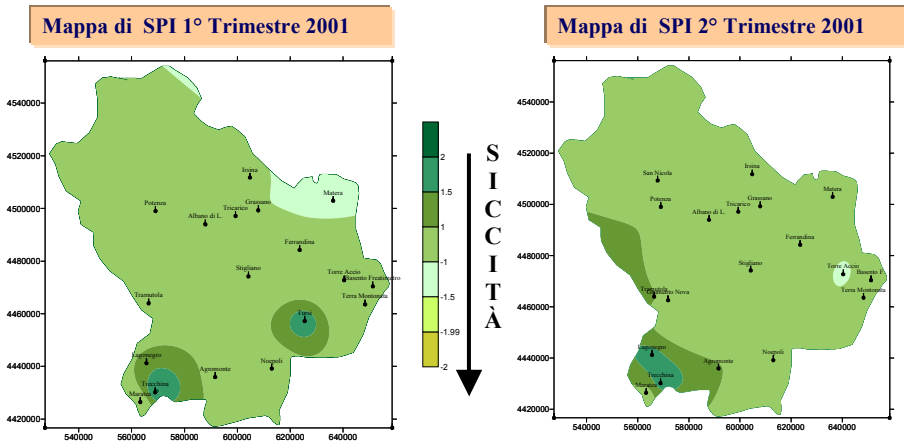


Fig. 6 - Mappe di Standardized Precipitation Index (SPI) per i quattro trimestri del 2001. Il verso della freccia indica valori crescenti di siccità.

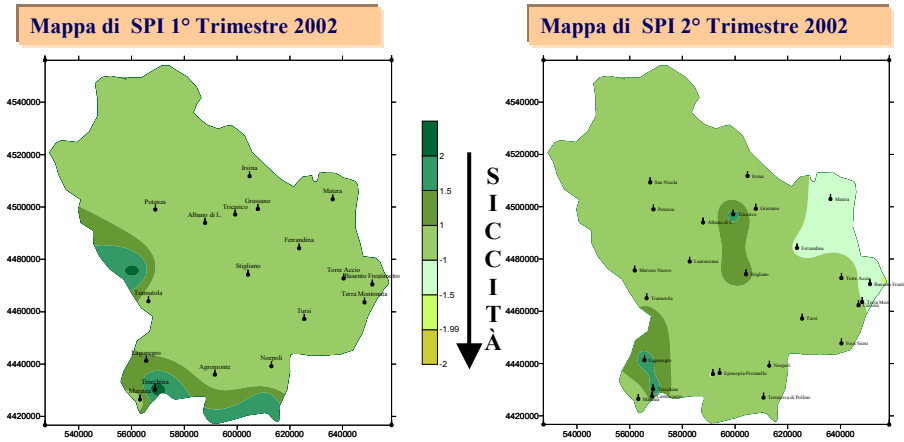
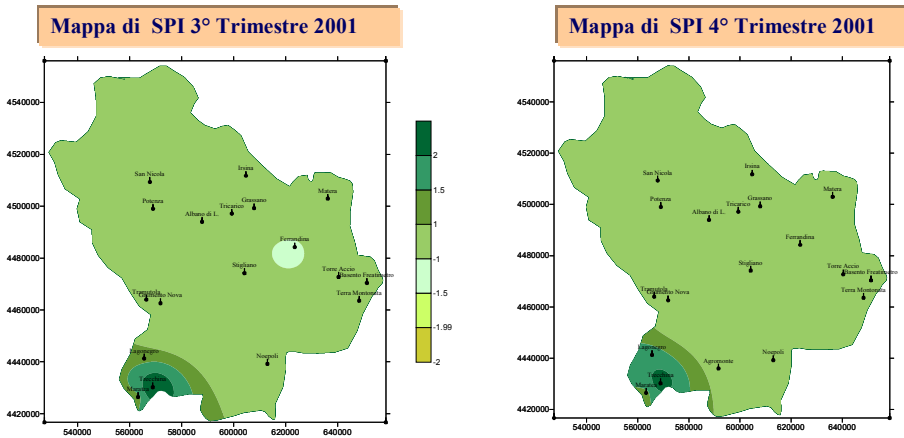
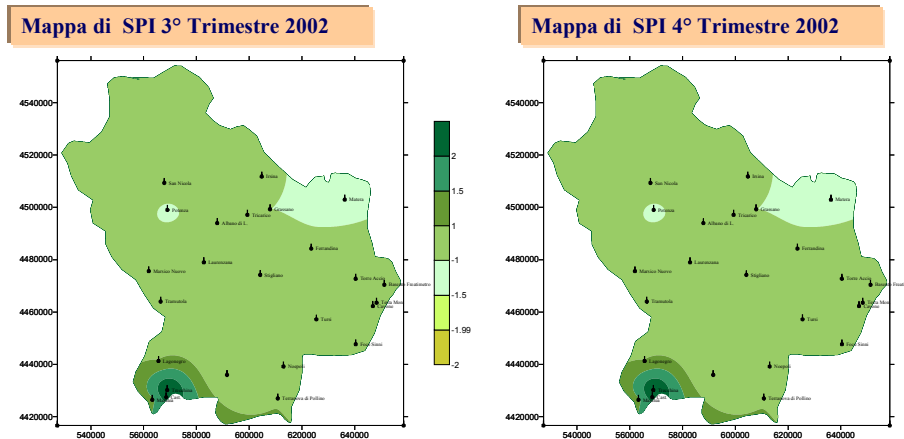


Fig. 7 - Mappe di Standardized Precipitation Index (SPI) per i quattro trimestri del 2002. Il verso della freccia indica valori crescenti di siccità.



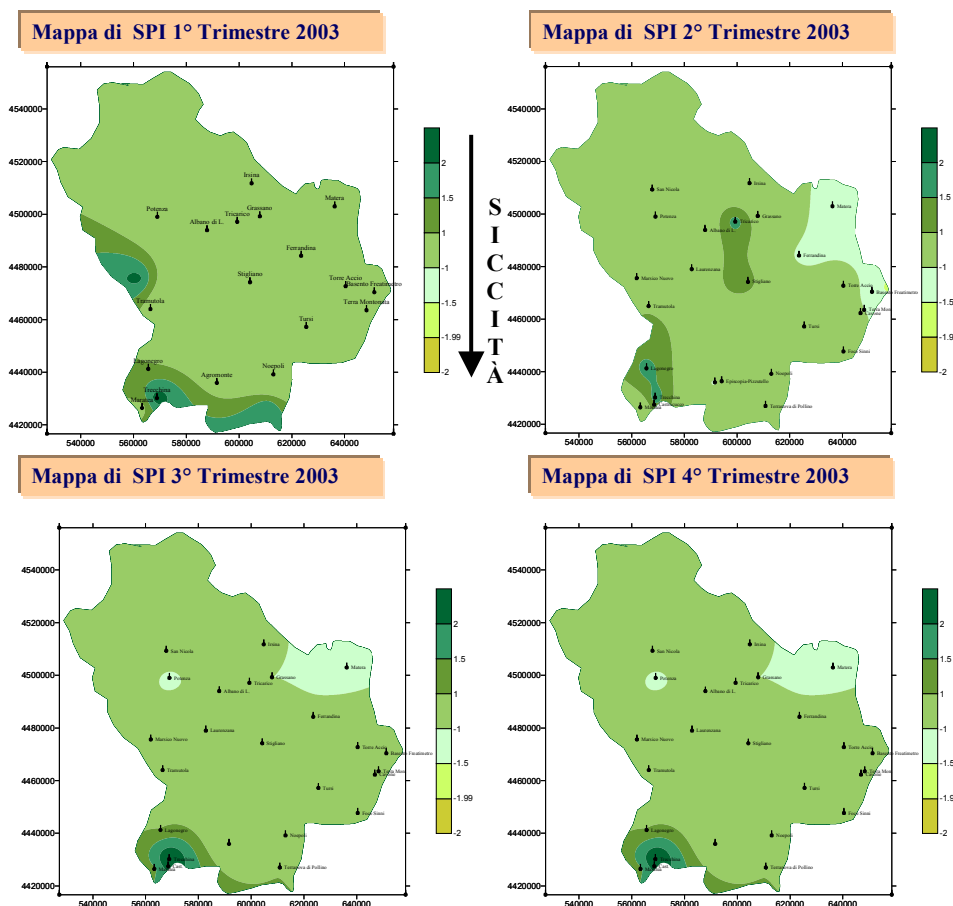


Fig. 8 - Mappe di Standardized Precipitation Index (SPI) per i quattro trimestri del 2003. Il verso della freccia indica valori crescenti di siccità.

indice di aridità, facendo il rapporto fra i mm di acqua caduti mediamente in un anno (P) e la temperatura media annua (°C) accresciuta di 10;

- l'indice di Crowther ($IC = P - 3,3 T$) (ANPA/NDR 2000) che riguarda il bilancio fra precipitazione (totale annuo in cm) ed evaporazione, anche se quest'ultima è stimata indirettamente dalla temperatura (media annua in °C) ed anch'esso, quindi, è attinente alle condizioni di aridità.

L'analisi delle serie storiche di temperatura è stata effettuata analizzando i valori di precipitazione media annua registrati dalle 46 stazioni termo-pluviometriche distribuite sul territorio regionale (tab. 1). Al fine di valutare l'andamento delle precipitazioni relativo all'ultimo decennio, dal 1991 al 2000, caratterizzato da una generale penuria di precipitazione nell'area di interesse, è stata presa in considerazione l'intera serie storica dei dati di precipitazione annua a partire dal 1921 fino al 2000 effettuando una comparazione fra gli stessi.

A tal proposito è stato calcolato su scala decennale un indice di siccità dato dal rapporto fra la precipitazione media annua calcolata sulla base dei dati riferiti all'ultimo decennio indicata con A, rispetto al valore medio di precipitazione annua relativo all'intera

serie dei dati indicato con B.

Risultati e discussione

L'indice decennale di aridità, anche se di semplice struttura, costituisce un parametro di facile determinazione che consente di dare una valutazione di massima sul possibile manifestarsi di una tendenza negli anni ad una riduzione delle precipitazioni. Il rapporto tra le due grandezze in esame è nella maggior parte dei casi minore dell'unità, a dimostrazione che nell'ultimo decennio si sono registrate precipitazioni generalmente inferiori alla media di lungo periodo assunta come valore atteso di riferimento nell'ipotesi di stazionarietà del fenomeno (tab. 1). Inoltre anche nei casi in cui il valore del rapporto è maggiore dell'unità, il surplus è di poche unità percentuali.

Al fine di estendere l'informazione relativa ai siti sede di stazione pluviometrica, anche alla restante parte del territorio regionale, è stata effettuata un'interpolazione dei dati, realizzando le mappe in figg. 2 - 4. L'esame delle tavole (in particolar modo quella relativa al rapporto A/B, fig. 4) sembrerebbe confermare la tendenza alla riduzione delle precipitazioni negli anni recenti, rispetto agli anni passati.

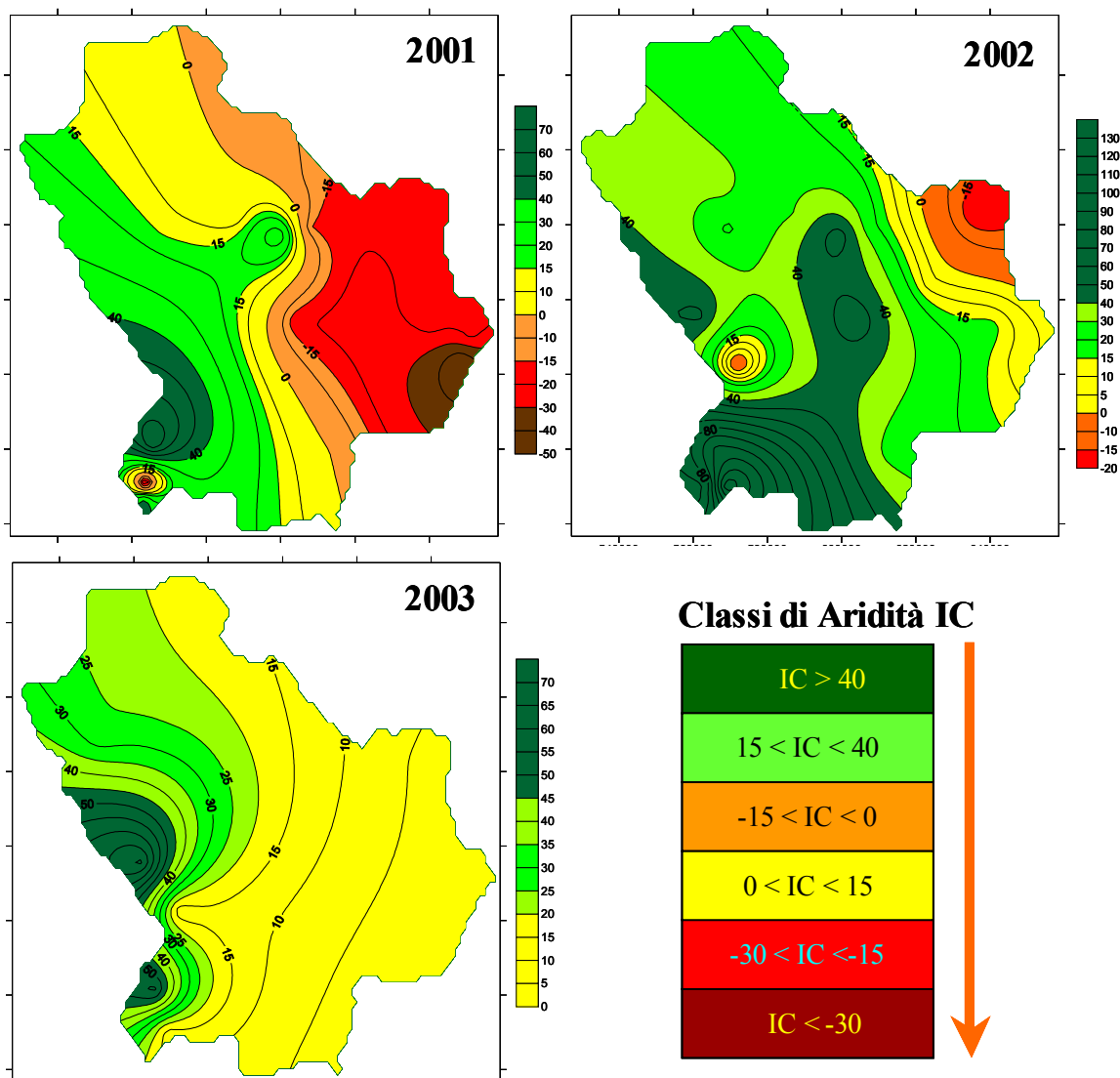


Fig. 9 - Mappe di indice di aridità Crowther (IC) relativamente agli anni 2001, 2002 e 2003 e colonna delle classi di aridità riportante gli intervalli di variazione dell'Indice IC con i relativi colori. Il verso della freccia indica valori di aridità crescenti.

L'esame delle mappe di precipitazione, sia quella riferita all'ultimo decennio (fig. 2) sia quella riguardante l'ultimo ottantennio (fig. 3), mostra una distribuzione delle medie annue di pioggia tali che l'area S-W, della regione corrispondente alla costa tirrenica, riceve un quantitativo di precipitazione superiore rispetto alla fascia con andamento E-SE, corrispondente ai comuni della collina materana. Questa considerazione ha reso necessario verificare se l'aridità valutata per un periodo più lungo, a scala decennale, seguisse una distribuzione analoga a quella delle precipitazioni dell'ultimo decennio. In tal senso sono stati elaborati quattro grafici illustranti l'andamento dell'indice di aridità ID per il decennio 1994-2003 utilizzando i dati delle stazioni

termo-pluviometriche di Noepoli, Maratea, Matera e Potenza (fig. 5). Noepoli è stata scelta come stazione rappresentativa delle condizioni di aridità per un'area collinare. Il comune è, infatti, ubicato su un'altura che domina la valle del Sarmento e si apre sul Parco Nazionale del Pollino. L'indice di aridità decennale per la stazione di Noepoli si colloca tra condizioni intermedie di semi-aridità e sub-umidità. L'indice relativo alla stazione di Maratea si è mantenuto in condizioni di sub-umidità per quasi l'intero decennio di studio, fatta eccezione per il 2000. La variazione di aridità decennale per la stazione di Matera, contrariamente alla precedente stazione, ma in linea con le aspettative, è stata poco significativa, in quanto il regime climatico è stato per

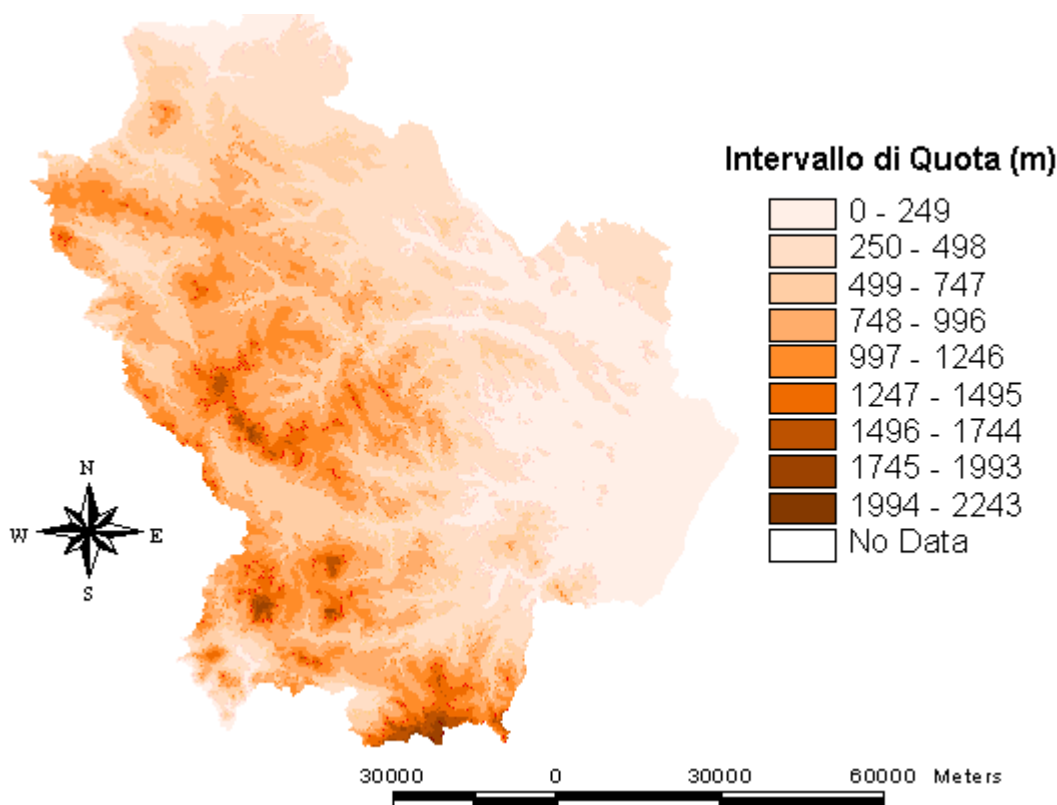


Fig. 10 - Modello digitale del terreno prodotto dal Ministero dell’Ambiente e Territorio.

la gran parte del decennio di tipo semi arido ed arido. La stazione di Potenza, che si colloca in un’area centrale rispetto ai due estremi sud-occidentale e sud-orientale rappresentati da Maratea e Matera, ha un andamento dell’indice che si mantiene sempre al di sopra delle condizioni di aridità ed oscilla tra la due fasce umida e sub-umida.

Le mappe regionali di siccità (SPI) elaborate per trimestri relativamente al triennio di studio 2001-2003 (figg. 6 - 8) mettono in luce due considerazioni principali. La prima è che l’andamento della siccità nel triennio in esame e quindi la conseguente distribuzione delle precipitazioni è analoga sia alla distribuzione dei valori medi annui delle precipitazioni avute in regione nell’ultimo ottantennio (1921-2000, fig. 4) sia a quella registrata nell’ultimo decennio (1991-2000, fig. 3). Infatti si osserva che la distribuzione dei valori minimi e massimi di precipitazione è tale che la fascia orientale della regione, identificata come “Collina Materana” è stata caratterizzata dai valori più bassi di precipitazione media; al contrario l’area sud-occidentale, corrispondente alla costa tirrenica, ha ricevuto i valori più elevati di precipitazione media nello stesso periodo. La seconda è che, relativamente ai singoli trimestri, il periodo nel quale la siccità ha raggiunto un maggior grado di severi-

tà è stato il quarto trimestre del 2002.

L’aridità calcolata secondo l’indice Crowther (IC) evidenzia come nella regione il fenomeno sia stato più intenso nel 2001 (fig. 9) e che per tutto il triennio di osservazione la conformazione morfologica della regione (fig. 10) ha influenzato fortemente l’aridità.

Conclusioni

La conoscenza della distribuzione regionale su diverse scale temporali degli indici di aridità e di siccità unita all’analisi delle condizioni morfologiche del territorio ha consentito un primo screening dell’area lucana, basato sull’attribuzione degli stessi parametri in ciascuna porzione elementare considerata. E’ necessario puntualizzare che le informazioni acquisite dallo studio degli indici prescelti sono indicative soltanto della condizione climatica e morfologica delle aree e della loro diversa predisposizione nei riguardi di un eventuale innesco del processo di desertificazione.

La regione è divisa in due zone da un asse ad andamento appenninico, ad est del quale si colloca una zona morfologicamente pianeggiante con elevati valori di aridità, ad ovest dello stesso corrisponde una zona montuosa con bassi valori di aridità (fig. 10).

I risultati ottenuti in questa analisi preliminare evidenziano come la metodologia applicata rappresenti un valido approccio per valutare il rischio desertificazione in funzione di variabili morfologiche e climatiche. La creazione di mappe tematiche può indubbiamente fornire agli operatori del settore un importante supporto decisionale per mettere in opera gli interventi tecnici più razionali atti a garantire la conservazione dei suoli e della loro fertilità.

In una fase successiva dello studio, l'introduzione di altri indicatori di stato del fenomeno quali il suolo, la vegetazione e le attività socio-economiche consentirà di valutare in maniera completa il rischio di desertificazione.

Bibliografia

- ANPA (2000). Indicatori di desertificazione per il Mediterraneo Europeo. ISBN-88-448-0272-4.
- Casaioli M, Sciortino M (1997). Scenari di cambiamento climatico sul bacino del Mediterraneo. Rapporto Enea, RT/AMB/98/28.
- Hayes MJ, Svoboda MD, Wilhite DA, Vanyarkho OV (1999). Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, 3: 429-438.
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., pp. 179-184.
- Ministero dell'Ambiente (1999). Comunicazione Nazionale per la Lotta alla Siccità e Desertificazione. Deliberazione del CIPE n.154 del 22/12/1998.