

## Analisi delle potenzialità applicative del metodo ESA (*Environmental Sensitive Areas*) e aggiornamento della carta delle aree sensibili alla desertificazione della Basilicata

Ferrara A\* <sup>(1)</sup>, Mancino G <sup>(1)</sup>, Urbano V <sup>(2)</sup>, Coletta V <sup>(2)</sup>, Baffari P <sup>(3)</sup>

(1) Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell'Ambiente, Università della Basilicata, v.le dell'Ateneo Lucano 10, I-85100 Potenza (Italy); (2) International Doctoral School in Crop Systems, Forestry and Environmental Sciences, University of Basilicata, v.le dell'Ateneo Lucano 1, I-85100 Potenza (Italy); (3) Regione Basilicata, Dipartimento Ambiente, Territorio, Politiche della Sostenibilità, v. V. Verrastro 5, I-85100 Potenza (Italy) - \*Corresponding Author: Agostino Ferrara (agostino.ferrara@unibas.it).

**Abstract:** Review on the use and the application of the ESA (*Environmental Sensitive Areas*) methodology and updating of the map of environmental sensitivity areas to desertification for the Basilicata Region, Italy. The estimation of environmental sensibility to desertification at regional scale requires the setting up of elaboration and updating methodologies capable of handling considerable amounts of data in an integrated approach. This would allow evaluating the different stages of environmental degradation as well as the existing interactions among the singular components of the territory. These maps are also strongly related to climate conditions, land use changes and new data availability. The present paper proposes a complete review on the environmental sensibility areas index (ESA) methodology and its applicability in the Mediterranean context as an environmental management tool and a methodology for updating an ESA map, applied on the Basilicata Region (Southern Italy). The ESA map updating process with new spatial data sets, beside the interests for the updated information, represents a methodological reference for using and converting new spatial layer information into such scheme. An analysis of the differences among the two risk maps (past and present) is also presented.

**Keywords:** Desertification, Key indicators, Environmental Sensitive Areas (ESA), Environmental management, Mediterranean areas, Land degradation, Desertnet, Medalus, Desertlinks

Received: Mar 17, 2010; Accepted: Jun 15, 2010

**Citation:** Ferrara A, Mancino G, Urbano V, Coletta V, Baffari P, 2010. Analisi delle potenzialità applicative del metodo ESA (*Environmental Sensitive Areas*) e aggiornamento della carta delle aree sensibili alla desertificazione della Basilicata. *Forest@* 7: 133-147 [online: 2010-07-30] URL: <http://www.sisef.it/forest@/?doi=10.3832/efor0627-007>

### Premessa

La vulnerabilità ambientale di un'area è un concetto molto ampio e con differenti sfaccettature, tuttavia si può considerare una "Area Vulnerabile" come una specifica entità territoriale nella quale fattori ambientali, socioeconomici e di gestione non sono in equilibrio tra loro o non sono sostenibili per quel determinato ambiente (Basso et al. 2000, Ferrara et al. 2005).

Per la valutazione della vulnerabilità ambientale alla desertificazione di aree in ambiente mediterraneo è stato sviluppato il sistema a indicatori chiave

ESA (*Environmental Sensitive Areas*), basato su un set di indicatori e su un algoritmo di calcolo di nuovo tipo, di seguito illustrato. In questo sistema la scelta degli strati informativi è effettuata sulla base di tre requisiti essenziali (Basso et al. 1998, 1999, Ferrara 2005a, 2005b, Ferrara et al. 2005, AA.VV. 2005): la loro correlazione con fenomeni di degradazione o criticità ambientale, la loro reperibilità o disponibilità su aree vaste e la possibilità di aggiornamento rapido ed economico.

La scelta dell'algoritmo di calcolo è stata invece de-

terminata, oltre che dalla intrinseca semplicità applicativa, dalla possibilità di aggiungere o rimuovere gli strati informativi secondo le necessità di approfondire determinati aspetti di un'area o, ad esempio, di procedere ad una valutazione di prima approssimazione con un *set* ridotto di strati per l'impossibilità di ottenere, in maniera sollecita ed economica, alcune delle informazioni previste dal modello di maggior dettaglio. Bisogna, infatti, considerare che la messa a punto di sistemi di analisi basati su informazioni di difficile o costoso reperimento e aggiornamento, seppure di grande valenza teorica e tecnica, troverebbe poi scarsa possibilità di utilizzo in altri o più estesi ambienti o in sistemi di monitoraggio continuo del territorio (Basso et al. 1998, 2000, Ferrara 2005b).

Nel presente lavoro, dopo un breve richiamo ai principali aspetti metodologici del metodo ESA, viene presentata una completa sintesi bibliografica delle potenzialità applicative del metodo e del suo uso per la mappatura delle aree a rischio di desertificazione nel bacino del Mediterraneo. Vengono inoltre descritte le procedure per l'aggiornamento della "Carta delle Aree Sensibili alla Desertificazione della Basilicata" realizzata nel 2004 nell'ambito del progetto P.I.C. Interreg IIIb, Desertnet. Le modalità di aggiornamento illustrate trovano il loro principale interesse nella conferma delle capacità, intrinseche al metodo, di aggiornamento di questo tipo di carta e nelle modalità di conversione delle informazioni derivate dalle classificazioni dei nuovi strati utilizzati. Queste capacità sono confermate dai risultati dell'analisi comparativa condotta tra il vecchio e il nuovo *data-set*.

### **Sintesi delle potenzialità applicative del metodo ESA**

I sistemi a indicatori chiave sono largamente utilizzati per l'analisi e il monitoraggio di fenomeni complessi in molti settori quali l'ambiente, la salute, l'educazione, etc. Nel settore dell'analisi e monitoraggio ambientale e, più in particolare, dei processi di desertificazione e degradazione del suolo, sono state proposte molte liste di possibili indicatori e differenti sistemi di elaborazione, sia attraverso progetti di ricerca che da differenti organizzazioni internazionali (Enne & Zucca 2000, OECD 2004, Geeson 2005, Wascher 2000, European Environment Agency 2003, European Union 2001, AA.VV. 2005).

Per la valutazione della vulnerabilità ambientale ai processi di desertificazione il progetto Europeo Medalus (*MEditerranean Desertification And Land Use*) ha

sviluppato il sistema a indicatori chiave ESA (*Environmental Sensitive Areas*). In tale ambito è stato definito un *set* di base di indicatori per l'analisi e il monitoraggio dei processi di desertificazione e un algoritmo di integrazione di dati che, nel complesso, hanno costituito il "Sistema ESA" (AA.VV. 1999, Basso et al. 1998, 2000, Kosmas et al. 1999). La metodologia ESA è stata pubblicata nella sua stesura di base nel "Manual on key indicators of desertification and mapping Environmentally Sensitive Areas to desertification" (Kosmas et al. 1999) e successivamente utilizzata nel Sistema Esperto sviluppato nell'ambito del progetto DESERTLINKS (Ferrara 2005b).

Lo scopo principale del sistema a indicatori chiave ESA è stato quello di fornire uno strumento di analisi dei processi di desertificazione in atto e potenziali, di individuazione dei fattori di rischio e di supporto alla definizione delle possibili modalità di intervento. L'obiettivo è stato raggiunto attraverso la scelta di un *set* di base ridotto ma molto efficiente di indicatori chiave e l'adozione di un algoritmo di calcolo a due fasi che consente di analizzare nel complesso i processi evolutivi in atto ma anche le relazioni che intercorrono tra i vari fattori. In tale sistema la vulnerabilità ambientale alla desertificazione è stata vista come il risultato delle interazioni di fattori elementari relativi a suolo, clima, vegetazione e aspetti socio-economici che, singolarmente e nel loro insieme, sono più o meno collegati a fenomeni di degrado ambientale o ad una gestione incongrua o non sostenibile.

Ad esempio la combinazione di fattori ambientali critici (morfologia accidentata, presenza di suoli soggetti a forti fenomeni erosivi, andamento climatico sfavorevole, copertura vegetale scarsa) unita a fattori socio-economici non ottimali individua e caratterizza una elevata vulnerabilità ambientale alla desertificazione. Dal punto di vista metodologico, il sistema ESA si basa su carte elementari (strati o *layers*) rielaborate mediante l'attribuzione di punteggi in grado di esprimere quantitativamente il peso esercitato da ciascun parametro ambientale nel modificare la condizione di equilibrio di un sistema ecologico. I valori più alti, ad esempio, si riferiscono a condizioni climatiche, edafiche, vegetazionali o gestionali che esercitano pressioni negative sul territorio e lo predispongono a essere vulnerabile. Per quanto riguarda invece l'algoritmo di calcolo, in sintesi, la qualità del suolo, del clima, della vegetazione e dei fattori socio-economici, è stimata come media geometrica dei punteggi di strato mentre la vulnerabilità ambientale (VA) è ricavata mediante (eqn. 1):

$$VA_{ij} = (Qualità_{1_{ij}} + Qualità_{2_{ij}} + Qualità_{3_{ij}} + Qualità_{4_{ij}})^{1/4}$$

dove  $i, j$  = righe e colonne delle unità elementari per ogni qualità;  $Qualità_{n_{ij}}$  = valori calcolati;  $Qualità_1$  = Soil Quality (SQI);  $Qualità_2$  = Climate Quality (CQI);  $Qualità_3$  = Vegetation Quality (VQI);  $Qualità_4$  = Management Quality (MQI).

Per gli approfondimenti metodologici (significato di area vulnerabile, scelta degli strati, dei punteggi e uso del metodo) si può consultare Kosmas et al. 1998, Basso et al. 1998, Kosmas et al. 1999, Basso et al. 1999, 2000, Imeson & Cammeraat 2002, Ferrara et al. 1999, Ferrara 2005a, 2005b, 2005c, Ferrara et al. 2005, Brandt et al. 2005, Klintonberg 2005.

Un aspetto fondamentale della metodologia ESA è il fatto di essere stata costruita come sistema complesso di analisi e non come semplice strumento per la determinazione di un punteggio o indice di vulnerabilità. Ovvero il valore di VA ottenuto non rappresenta il punto di arrivo ma quello di partenza per successive analisi e approfondimenti sull'entità, la natura e la caratterizzazione della vulnerabilità ambientale di un'area. In quest'ottica, il sistema di strati e punteggi e l'algoritmo di calcolo è stato sviluppato perché fosse possibile rimuovere o aggiungere strati in relazione alla tipologia e alle caratteristiche dell'a-

rea e dei fenomeni che si vogliono indagare (Ferrara et al. 1999, Kosmas et al. 1999, Ferrara 2005a, 2005b, Trisorio Liuzzi et al. 2005, Ferrara et al. 2009) e fosse sempre possibile analizzare e valutare il contributo dei singoli strati alla formazione del punteggio di VA e le interazioni che tra loro sussistono. Riguardo alla definizione e alla scelta degli strati base utilizzati nel sistema ESA questi rappresentano il *common set* per analisi comparate nelle diverse aree del Mediterraneo a scala di bacino, sicuramente in grado di evidenziare in modo dettagliato ed efficiente i livelli e gli elementi di vulnerabilità ambientale e, al contempo, di poter essere agevolmente implementato nelle aree del bacino del Mediterraneo (aumentando il numero e la complessità degli indicatori, diminuisce l'applicabilità del metodo. Si legga al riguardo la citazione in Lavado Contador et al. (2008): "As outlined by Kosmas et al. (1999) and Brandt et al. (2005), the method should be reasonably simple, robust and widely applicable; the selection of parameters to assess environmental quality must be made attending to their availability, economy and ability to update and the system should be adaptable to the development and refinement of the existing information content and the possible addition of new information". Riguardo invece alla valutazione del contributo delle singole variabili (o strati), si consi-

Complete the table and the System will analyse the Environmental Sensitivity to desertification of your local area

**Vegetation**

Vegetation type: Pines and other conifer forests

Plant cover: low (10 to 40%)

**Soil**

Soil Depth: deep (>75 cm)

Slope Gradient: very steep (>35%)

Texture: clayey (Si, C, SiC)

Parent Material: shale, schist

Drainage: well drained

Rock Fragments: very stony (>60%)

**Climate**

Mean annual rainfall: > 650 mm

Slope aspect: S, SW, SE

Aridity index: <50

**Management**

Land use intensity: low (sustainable)

Policy enforcement: complete (>75%)

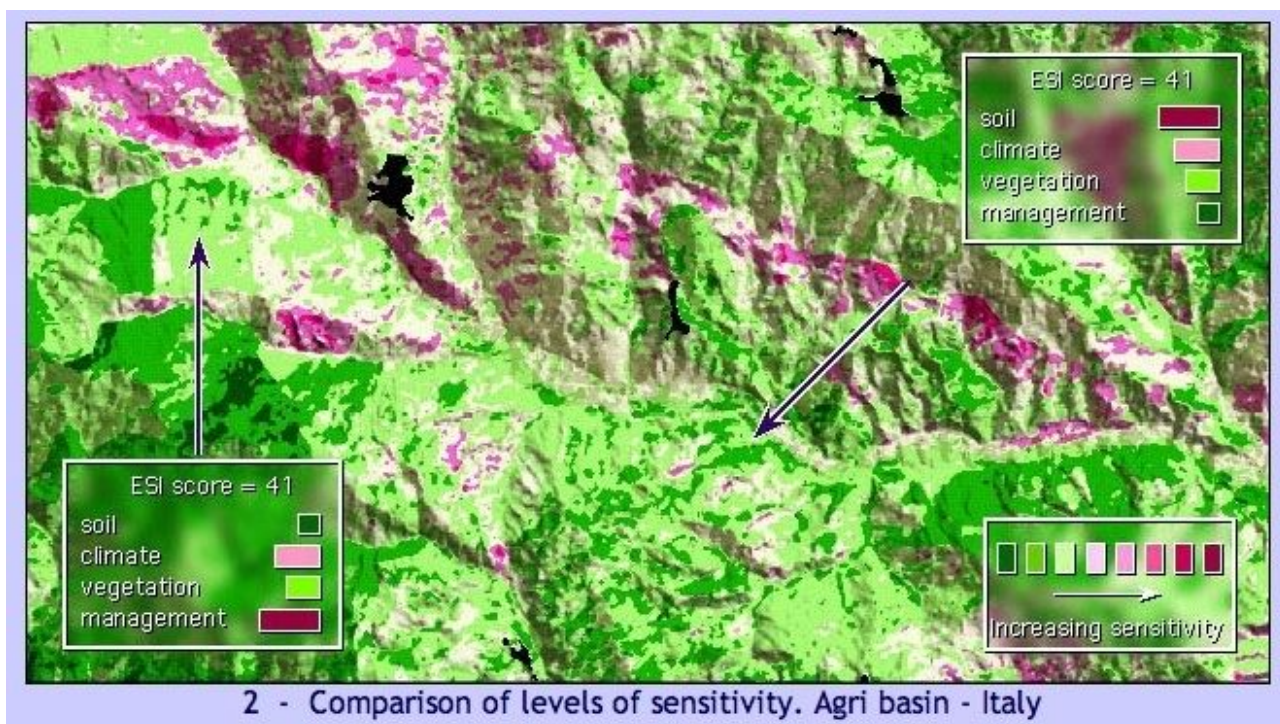
[Evaluate ES Index](#)

	Quality class	Critical factors, %	Quality score
Vegetation quality	Low	68	1.54
Soil quality	Medium	17	1.21
Climate quality	Medium	17	1.26
Management quality	Good	0	1
<b>ES Index to desertification</b>		<b>Sensitivity index</b>	<b>Sensitivity score</b>
Area with medium environmental sensitivity (Fragile)		21	1.24

Main risk factors of the area are:  
The type of vegetation characterised by a very high risk of fire and a low plant cover. Soil with prevailing clayey texture, in very steep slopes.

[Back to top](#)

Fig. 1 - Visualizzazione della pagina di I/O del Sistema Esperto



**Fig. 2** - Esempio utilizzato per illustrare le possibilità di analisi offerte dal metodo ESA nel Sistema esperto: *“One important aspect of the system is the ability to analyse, investigate, and identify the causes or sources that contribute to a land unit’s score. This analysis can take place at either the quality level (as in the example) or at ‘the indicator’ level. In this example we can see that it is possible to compare and characterise areas with different levels of sensitivity. Furthermore, even areas with similar scores need not have arisen from similar causes, we can see in the illustration how two land units have the same ESI but very different combinations of critical factors.”*

derino ad esempio due aree con punteggi di VA simili. Questi possono essere generati da valori degli strati di *input* tra loro simili o tra loro anche molto differenti: ad esempio in un’area sono presenti valori della qualità del clima (o dei relativi strati) e della gestione (o dei relativi strati) bassi e valori della qualità del suolo (o dei relativi strati) e della vegetazione (o dei relativi strati) alti mentre nell’altra area le condizioni sono invertite (e così per qualsiasi altro tipo di combinazione). In tutti questi casi, anche a parità degli indici ottenuti è sempre possibile attribuire un contenuto preciso al punteggio, qualificandone e differenziandone il significato, sia con semplici analisi statistiche (Basso et al. 1999, Ferrara 2005a, Ferrara 2005b, Ferrara et al. 2009) che mediante l’uso di sistemi esperti. Al riguardo, nell’ambito del progetto DESERTLINKS (AA.VV. 2005), è stato sviluppato e messo a punto un sistema esperto per la valutazione dell’indice ESA (oltre ad un altro indice normalizzato ESI) in grado non solo di calcolare gli indici (intermedi e finali) di VA per una determinata area, ma, soprattutto, di evidenziare i fattori di criticità e le in-

terazioni che intercorrono tra gli strati, relazioni che dai semplici punteggi complessivi o intermedi non risultano direttamente valutabili (Ferrara 2005b). Il sistema esperto è disponibile in rete all’indirizzo <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/>, previa registrazione. In Fig. 1 è rappresentata la pagina di *Input/Output* mentre in Fig. 2 è riportato l’esempio utilizzato per illustrare le possibilità di analisi offerte dal metodo ESA.

Per quanto riguarda l’utilizzo, la metodologia ESA, nei 10 anni dalla sua messa a punto, è stata applicata, (nella versione base, in differenti formulazioni o come riferimento), in molte aree e regioni in Italia, in paesi del Mediterraneo e altrove, diventando il metodo di riferimento per la mappatura delle aree a rischio di desertificazione (Coscarelli et al. 2005, Colombo et al. 2006, Pace et al. 2007, Costantini et al. 2007, Perini et al. 2007, Piccione et al. 2008, Salvati et al. 2008, 2009, Salvati & Zitti 2009a).

Riguardo alla sua applicazione, in Italia si possono citare esperienze in Sardegna (Zucca et al. 2003, Motroni et al. 2004), in Sicilia (Di Stefano & Ferro 2005,

Piccione et al. 2008, Giordano et al. 2003), in Puglia (Montanarella et al. 2000, Trisorio Liuzzi et al. 2005, Dipace & Baldassarre 2005), in Calabria (Coscarelli et al. 2005, Barbera & Piccione 2005), in Toscana (Genesio et al. 2004), in Basilicata (Basso et al. 1998, 1999, Ferrara et al. 1999, Basso et al. 2000, Ferrara et al. 2005, 2009) e sul territorio nazionale (Magno et al. 2004, Perini et al. 2008).

Altre applicazioni sono state fatte in Grecia (Kosmas et al. 1999a, Koulouri et al. 2006, Spilanis et al. 2009), Iran (Zehtabian et al. 2005, Emam et al. 2003, Sepehr et al. 2007), Egitto (Gad & Lofty 2008, Ali & El Baroudy 2008), in Spagna (Kok & van Delen 2004, Lavado Contador et al. 2008), Turchia (Bayramin 2003, Pace et al. 2007), Portogallo (Roxo et al. 1999, Pace et al. 2007) e a livello del bacino del Mediterraneo (Fons-Esteve & Páramo 2003, Colombo et al. 2006, Domingues & Fons-Esteve 2008).

Per quanto riguarda l'analisi delle possibilità applicative, della capacità di stima e della sensitività del metodo ESA si possono consultare i lavori di AA.VV. 1999, AA.VV. 2005, Kosmas et al. 1998, Basso et al. 1998, 1999, 2000, Salvati et al. 2005, 2008, Salvati & Zitti 2008a, 2008b, 2009b, Salvati et al. 2009, Lavado Contador et al. 2008, Ferrara et al. 2009.

Infine per la validazione del metodo si veda Basso et al. 2000, Dipace & Baldassarre 2005, Lavado Contador et al. 2008, Salvati & Zitti 2008a, 2009c.

### **Metodologia di aggiornamento della Carta delle Aree Sensibili alla Desertificazione**

L'aggiornamento della Carta delle ESA della Regione Basilicata ha riguardato quegli strati informativi per i quali si sono rese disponibili nuove e più dettagliate informazioni, in particolare gli strati della vegetazione, del suolo e del clima. Gli strati informativi sono stati tutti proiettati nel sistema di riferimento UTM - WGS 84 e le analisi sono state condotte in ambiente SIT, combinando le potenzialità di differenti software, in considerazione della capacità di rappresentazione del territorio di tali strumenti e dei vantaggi da essi offerti nell'elaborazione di dati sia in formato vettoriale che *raster*. Tutte le informazioni utilizzate sono riferite alla superficie unitaria di 900 m<sup>2</sup> (corrispondente a un pixel quadrato di 30 metri di lato). Di seguito vengono espone le procedure per l'aggiornamento degli strati singoli e complessivi relativi a suolo (SQI), vegetazione (VQI) e clima (CQI). Nella presente fase progettuale non è stato effettuato l'aggiornamento della Qualità della gestione (MQI) in attesa del nuovo censimento dell'agricoltura, previsto per il 2010.

### **Suolo**

Gli strati informativi utilizzati per la carta della Qualità del suolo con il metodo ESA sono (Kosmas et al. 1999): tessitura, litologia, pietrosità superficiale, drenaggio, pendenza, profondità. Per l'aggiornamento degli strati è stata utilizzata la nuova Carta Pedologica della Regione Basilicata in scala 1:250.000 (Rosa et al. 2006). La Carta contiene informazioni sulle caratteristiche e la distribuzione delle differenti tipologie di suolo sul territorio regionale ed è strutturata su due livelli informativi secondo una suddivisione della Regione Basilicata in province pedologiche, a loro volta suddivise in Unità, che rappresentano la porzione minima cartografata e che contengono l'informazione pedologica di base. Gli strati di base per il calcolo della Qualità del suolo sono stati aggiornati come di seguito illustrato.

### **Tessitura**

Lo strato tessitura della Qualità del suolo è stato aggiornato avvalendosi delle informazioni contenute nel database della Carta della tessitura. Inizialmente è stata individuata la corrispondenza tra le classi di tessitura della carta e le classi individuate dalla metodologia ESA; successivamente sono stati attribuiti i punteggi di qualità, utilizzando come unità di riferimento la Provincia pedologica. I punteggi attribuiti sulla base della metodologia ESA (Kosmas et al. 1999, Ferrara 2005a, Ferrara et al. 2005) sono riportati in Tab. 1.

### **Litologia**

L'attribuzione dei punteggi previsti dalla metodologia ESA è stata effettuata in base alle descrizioni contenute nel manuale dei Suoli della Basilicata per ciascuna provincia pedologica. La pubblicazione, infatti, contiene una descrizione dettagliata delle caratteristiche di ciascuna delle 15 province pedologiche riconosciute, identificate in base ai fattori morfologici, litologici e climatici, considerati come i più significativi nei processi di formazione dei suoli. In Tab. 2 sono riportati i punteggi attribuiti.

### **Pietrosità superficiale, drenaggio e profondità**

Per questi tre strati l'attribuzione dei punteggi è stata eseguita assumendo quale ambito di riferimento l'unità pedologica per il maggiore dettaglio dell'informazione di base. Per ciascuna tipologia di suolo sono infatti definite le caratteristiche di profondità, presenza di scheletro, reazione, permeabilità e drenaggio e contenuto in sostanza organica. Una volta individuate le caratteristiche prevalenti di ciascu-

**Tab. 1** - Punteggi ESA per lo strato tessitura.

<b>Categorie carta pedologica</b>	<b>Classi di tessitura del metodo ESA</b>	<b>Punteggio ESA</b>
Moderatamente Grossolana, Moderatamente Fine	Franco sabbiosa, Franco sabbioso argillosa, Franco argillosa, Franco limoso argillosa	1
Media	Franca, Franco limosa, Limosa	1.2
Fine	Argillosa, Argilloso sabbiosa, Argilloso limosa	1.6
Grossolana	Sabbiosa, Sabbioso franca	2

**Tab. 2** - Punteggi ESA attribuiti alle province pedologiche in funzione della litologia.

<b>Provincia Pedologica</b>	<b>Punteggio ESA</b>
Suoli dell'Alta Montagna Calcareo	1.7
Suoli dei Rilievi Interni Occidentali	1.7
Suoli dei Rilievi del Versante Tirrenico	1.7
Suoli dell'Area Pedemontana e Costiera Tirrenica	1.0
Suoli dell'Alta Montagna Arenaceo Marnosa	1.7
Suoli dei Rilievi Centrali a morfologia aspra	1.0
Suoli dei Rilievi Centrali a morfologia ondulata	1.0
Suoli delle Conche Fluvio-lacustri e Piane Alluvionali interne	1.0
Suoli dei Rilievi Vulcanici del Vulture	2.0
Suoli delle Colline sabbiose e conglomeratiche del bacino di S. Arcangelo	1.0
Suoli delle Colline sabbiose e conglomeratiche della fossa bradanica	1.0
Suoli delle Colline argillose	1.7
Suoli delle Murge Materane	1.7
Suoli Pianure alluvionali	1.0
Suoli della Piana Costiera Ionica e dei Terrazzi marini dell'entroterra	1.0

**Tab. 3** - Punteggi ESA attribuiti alle unità pedologiche in funzione di pietrosità superficiale, drenaggio e profondità.

<b>Unità Pedologica</b>	<b>Punteggio ESA</b>		
	<b>Pietrosità superficiale</b>	<b>Drenaggio</b>	<b>Profondità</b>
1.3 2.1 2.5	1	1	1
2.4 2.6 3.3 3.4 4.1 4.2 5.1 5.2 5.3 5.4 6.2 6.4 6.7 6.8 6.9 6.10 7.4 9.1 9.2 9.3 10.1 10.3 11.2 11.3 11.4 12.1 14.1 14.2 14.3 14.4 14.6 14.7 14.9 15.1 15.3	2	1	1
2.3 3.1 6.6 8.1 8.6 10.2 14.12 15.4	1.3	1	1
2.2 6.3 6.5 7.1 7.2 7.3 7.5 8.2 8.3 8.4 8.5 11.1 12.2 12.3 12.4 14.5 14.8 14.10 14.11 15.2 15.5 15.6	2	1.2	1
3.2 5.5	1.3	1.2	1
1.1 1.2	1	1	2
6.1 13.2	2	1	2
13.1	2	1	3

**Tab. 4** - Punteggi ESA attribuiti alle classi di uso del suolo per gli strati informativi della vegetazione

Uso del suolo	Punteggio ESA		
	Rischio incendio	Protezione erosione	Resistenza siccità
Urbanizzato / acqua	0	0	0
Letti fluviali	1	2	1
Suoli nudi	1	2	1
Roccia affiorante	1	2	1
Vegetazione rada	1.3	2	1.7
Seminativi	1.3	2	2
Colture annuali irrigue	1	2	1.7
Orticoltura	1	2	2
Frutteti	1	1.8	1.4
Vigneti	1	2	1.4
Pascoli	1.3	1.3	1.7
Prati	1	1.3	2
Macchia e foreste degradate (con leccio)	1.3	1	1
Macchia	1.6	1.3	1
Conifere oromediterranee	2	1.3	1.2
Conifere mediterranee	2	1.3	1.2
Foreste montane miste con conifere prevalenti	2	1.3	1.2
Faggete	1.3	1.6	1.2
Querceti	1.3	1.6	1.2
Foreste montane miste	1.3	1.6	1.2
Castagneti	1.3	1.6	1.2
Oliveti	1	1.6	1.2
Orticoltura mediterranea	1	2	2
Pascoli arborati	1.6	1	1
Latifoglie mesofile	1.3	1.6	1.2
Arbusteti termofili	1.6	1.3	1
Gariga	1.3	1.8	1.4
Formazioni igrofile	1.3	1.3	1.2
Arboricoltura con latifoglie	1.3	1.6	1.2

lità della vegetazione con il metodo ESA sono (Kosmas et al. 1999): protezione dall'erosione, rischio incendio, resistenza alla siccità e copertura vegetale. Nel precedente progetto Desertnet la carta della Qualità della vegetazione era stata derivata da una carta della Copertura del Suolo ottenuta dall'elaborazione di immagini telerilevate Landsat TM con l'applicazione di un algoritmo a Massima Verosimiglianza per tutte le categorie previste (Ferrara et al. 2004). Per l'aggiornamento degli strati relativi alla vegetazione forestale è stata utilizzata la nuova Carta Forestale Regionale (Costantini et al. 2006). Da un punto di vista metodologico, lo *shape file* relativo alle categorie di primo livello della carta forestale è stato dapprima convertito in formato *raster* e successivamente sovrapposto, con operazioni di *overlay*, alla precedente carta della copertura del suolo, ottenendo una nuova carta con maggiore dettaglio e qualità, relativamente alle superfici forestali, successivamente utilizzata per l'attribuzione dei nuovi punteggi ESA.

na unità si è proceduto all'attribuzione dei punteggi ESA. In Tab. 3 sono riportati i punteggi attribuiti a ciascuna unità pedologica.

### Pendenza

Lo strato informativo relativo alla pendenza, rimasto invariato nei contenuti, era stato ricavato a partire dal DEM, con risoluzione del pixel di 20m x 20m ricampionato con passo di 30m (allo scopo di rendere omogenea la risoluzione spaziale di ogni singolo strato).

### Vegetazione

Gli strati di base utilizzati per il calcolo della Qua-

### Rischio Incendio, Protezione dall'erosione, Resistenza alla siccità

I punteggi di questi strati informativi sono stati determinati per tutto il territorio regionale a partire dalla nuova Carta dell'Uso del Suolo. I punteggi, attribuiti in base alla tipologia di uso del suolo e attenendosi a quanto indicato dalla metodologia ESA, sono riportati in Tab. 4.

### Copertura vegetale

Questo strato informativo è stato aggiornato attraverso l'elaborazione di immagini satellitari, ricalibrando gli algoritmi di classificazione dell'NDVI (differenza normalizzata delle bande del rosso e del-

l'infrarosso vicino del Landsat) su una immagine Landsat ETM+ recente (2002, ultimo dato disponibile), scena intera, costituita da 7 bande multispettrali più una pancromatica per tutta la Regione, elaborata insieme alla precedente (AA.VV. 2005).

### Clima

Gli strati informativi utilizzati per il calcolo della Qualità del Clima nel metodo ESA sono i seguenti (Kosmas et al. 1999): precipitazioni annuali, indice di aridità (Bagnouls e Gaussen), esposizione. L'aggiornamento ha riguardato lo strato delle Precipitazioni, in considerazione della qualità del precedente dato (medie del servizio meteorologico nazionale) e del suo maggiore peso relativo nel sistema ESA. Lo strato è stato aggiornato utilizzando le serie storiche delle stazioni pluviometriche lucane (fino all'anno 2005) avvalendosi del *dataset* climatico dell'ARPAB (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata) ottenendo un miglioramento sensibile della sua qualità. L'applicazione di tecniche di *kriging* ha consentito l'interpolazione dei valori di piovosità media annua su tutto il territorio lucano con una migliore qualità e definizione. La successiva attribuzione dei punteggi di qualità del clima è stata eseguita in base a quanto previsto dalla metodologia ESA.

### Nuovo dataset e confronto con quello precedente

A partire dal *dataset* aggiornato sono state rielaborate le qualità intermedie relative al SQI, al CQI il VQI (l'MQI è rimasto inalterato) ottenendo la nuova carta delle aree sensibili alla desertificazione della Basilicata, secondo la metodologia ESA (Kosmas et al. 1999, Ferrara 2005b). Nelle Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 sono rappresentati i nuovi strati delle qualità e la nuova carta delle aree sensibili alla desertificazione.

Un aspetto importante dei sistemi inventariali o di monitoraggio ripetuti nel tempo è la possibilità di confronti sulle dinamiche delle informazioni raccolte. In questo caso però l'aggiornamento ha riguardato soprattutto la qualità delle informazioni, introducendo cioè informazioni di maggior dettaglio e migliore risoluzione, divenute disponibili nel frattempo (suolo, vegetazione, clima) e solo in minima parte l'evoluzione delle stesse, soprattutto per il breve lasso temporale intercorso e per la tipologia delle informazioni aggiornate (suolo, vegetazione forestale e media precipitazioni). Il confronto proposto tra il nuovo dataset e le informazioni precedenti non ha

dunque la finalità di analizzare i *trend* evolutivi in atto ma la qualità del nuovo indice ESA, o, in altri termini, come l'utilizzo di una carta di base di maggiore dettaglio influisca sulla qualità finale dell'indice ESA.

Il confronto tra l'indice ESA ottenuto nel progetto DESERTNET (Ferrara et al. 2005) e quello aggiornato con le procedure illustrate nel paragrafo precedente è stato effettuato utilizzando l'indice di frammentazione CVN (*Center Versus Neighbours*) su valori di ESAI riclassificati in classi di ampiezza pari a 0.1. Questo indice (Murphy 1985), frequentemente utilizzato per la valutazione della eterogeneità eco-paesistica (Geneletti 2000), calcola il numero di celle diverse da quella centrale in un intorno di  $3 \times 3$  pixel (valori più elevati indicano una maggiore eterogeneità e, dunque, un maggior dettaglio di risoluzione corrispondente a un più elevato numero di gruppi di pixel aventi lo stesso identificativo).

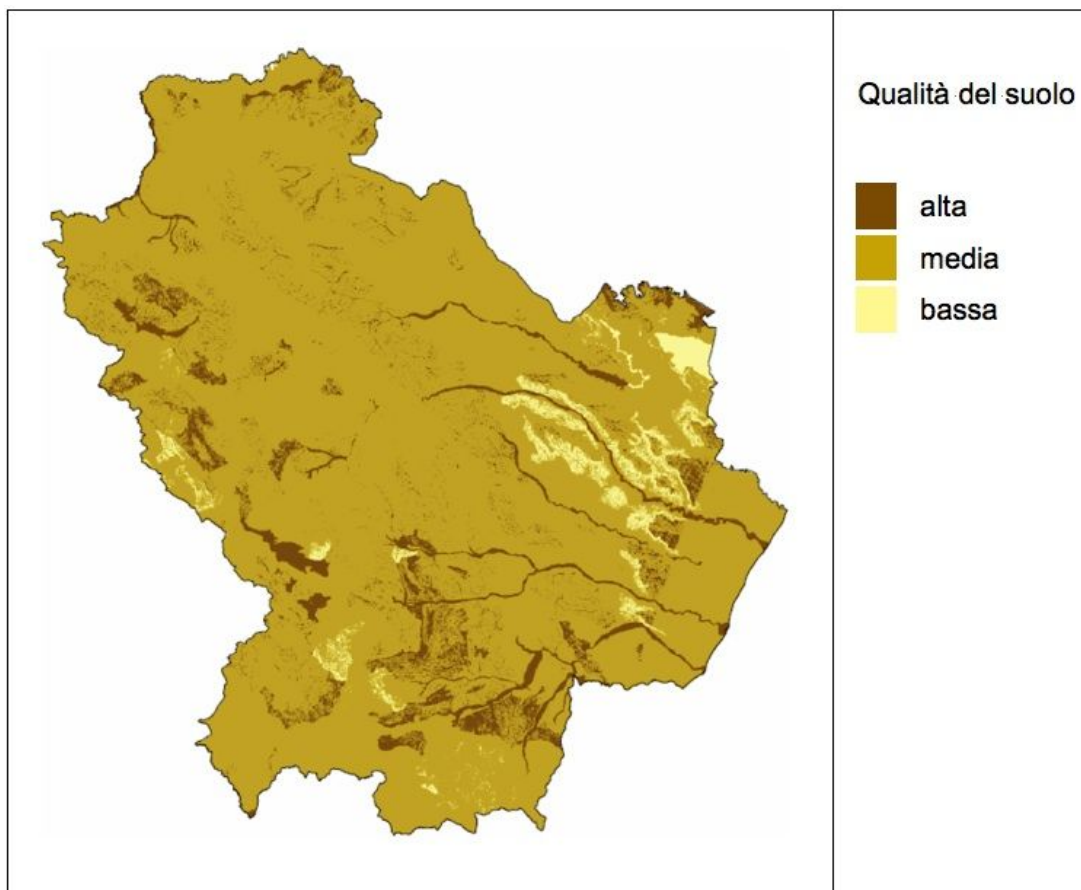
L'indice è stato dapprima applicato sui valori medi di CVN, calcolati sull'intera superficie regionale, ottenendo come indicazione complessiva una maggiore eterogeneità a livello regionale della carta ESA aggiornata (CVN medio ESA\_Desertnet = 1.6735; CVN medio ESA\_Desertnet2 = 1.6878). Successivamente sono stati determinati i valori del CVN per le possibili classi (1-9), come riportato nella Tab. 5. Dall'esame dei dati in tabella, si può evidenziare un generale aumento della frammentazione e quindi del dettaglio, con l'aumentare delle classi. Fanno eccezione alcuni valori delle classi di CVN più basse, dovuti soprattutto all'influenza dei dati relativi alla vegetazione, dove i nuovi strati delle foreste, in prevalenza ascrivibili a condizioni di basso rischio, hanno una frammentazione minore (ma non una qualità minore), in quanto ottenuti con rilievi a terra mentre i precedenti erano stati ottenuti da dati telerilevati, per loro natura più eterogenei. Le classi con valore CVN più elevato (7, 8 e 9) sono invece presenti nell'ESA più recente a dimostrazione dell'influenza che strati di base a maggiore risoluzione geometrica (soprattutto uso del suolo e clima) hanno sul dettaglio finale della carta.

### Osservazioni conclusive

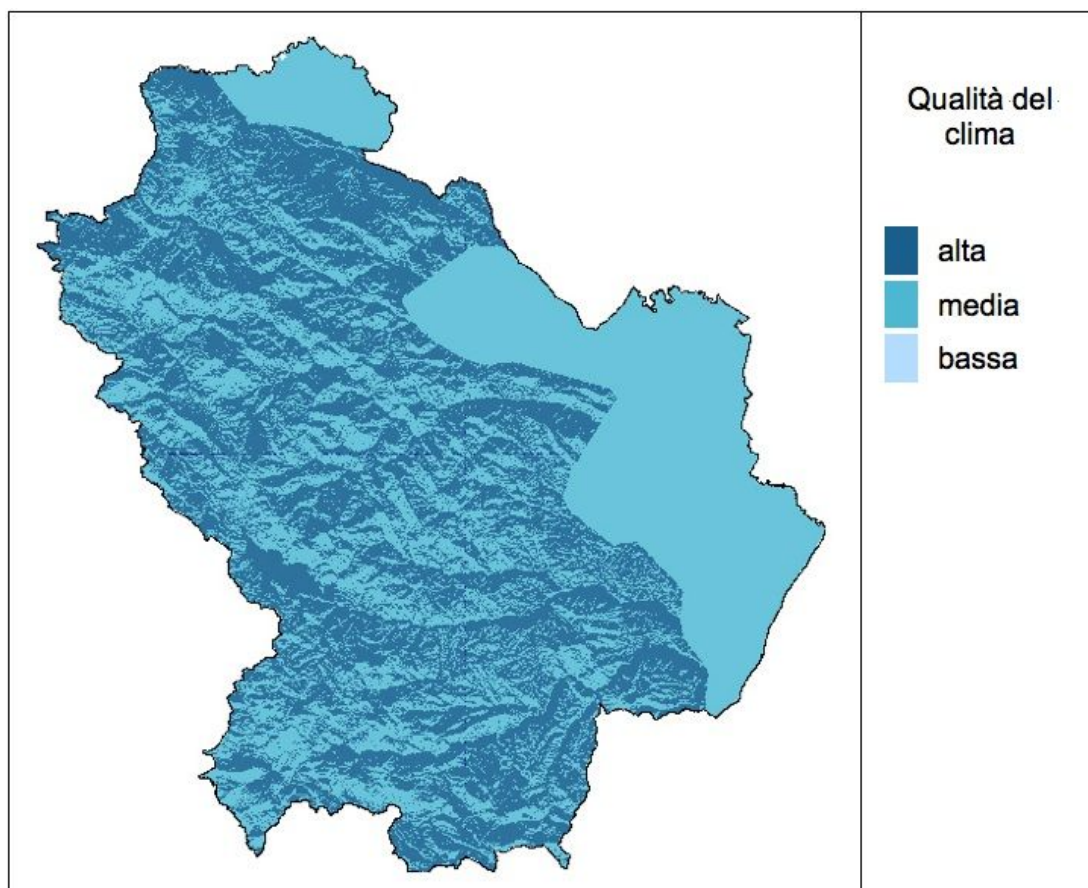
La mappa delle ESA e delle qualità intermedie così ottenute rappresentano un importante supporto cartografico utilizzabile per la localizzazione e caratterizzazione delle aree vulnerabili alla desertificazione della Basilicata, al fine di una migliore e più efficiente definizione degli interventi da attuare e delle forme di tutela da utilizzare. Tutte le informazioni rela-

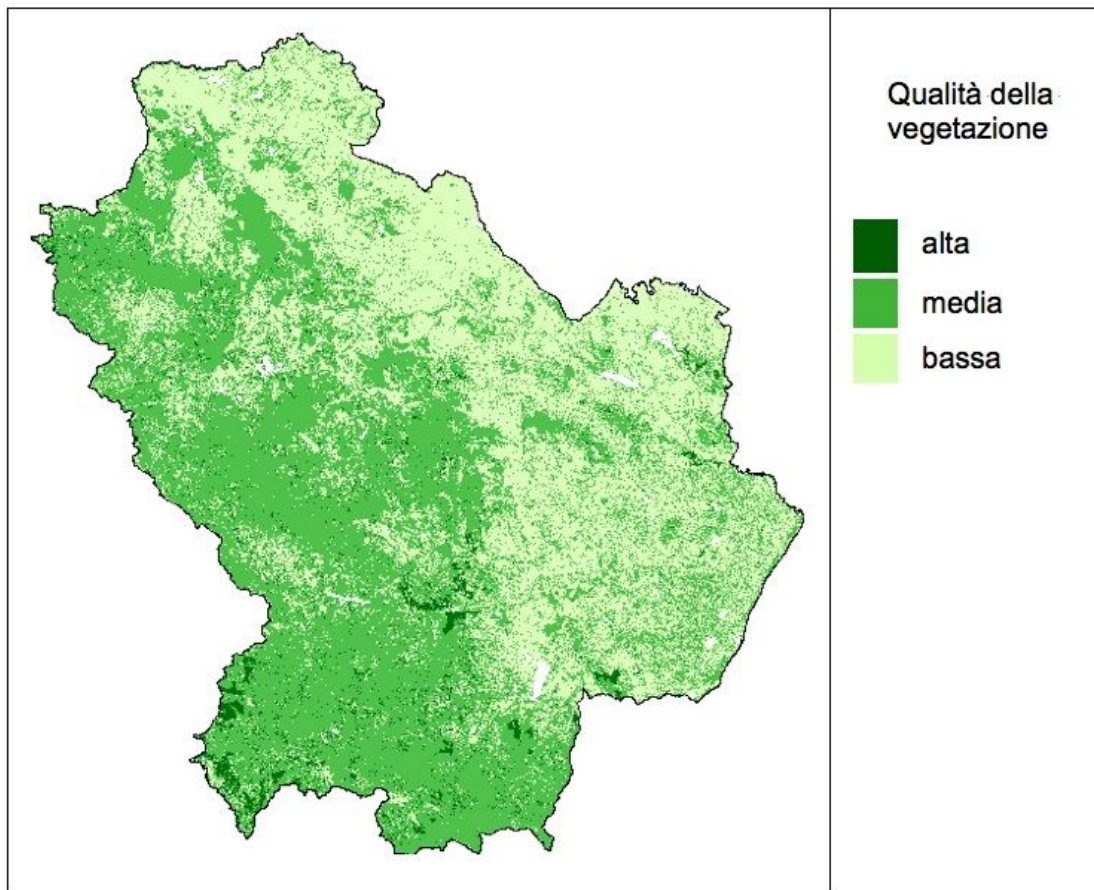


**Fig. 3** - Carta della qualità del suolo (SQI) della Regione Basilicata (2009).

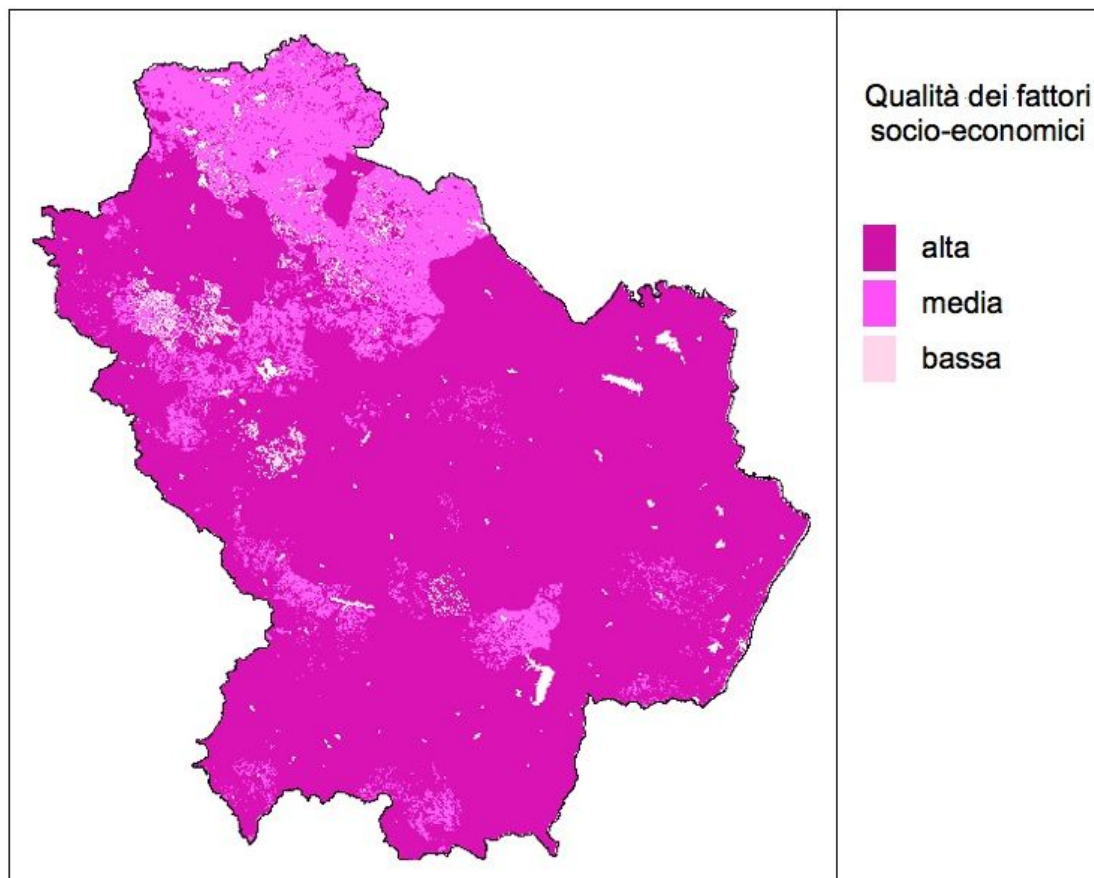


**Fig. 4** - Carta della qualità del clima (SQI) della Regione Basilicata (2009).





**Fig. 5** - Carta della qualità della vegetazione (VQI) della Regione Basilicata (2009).



**Fig. 6** - Carta della qualità dei fattori gestionali (MQI) della Regione Basilicata (2009).

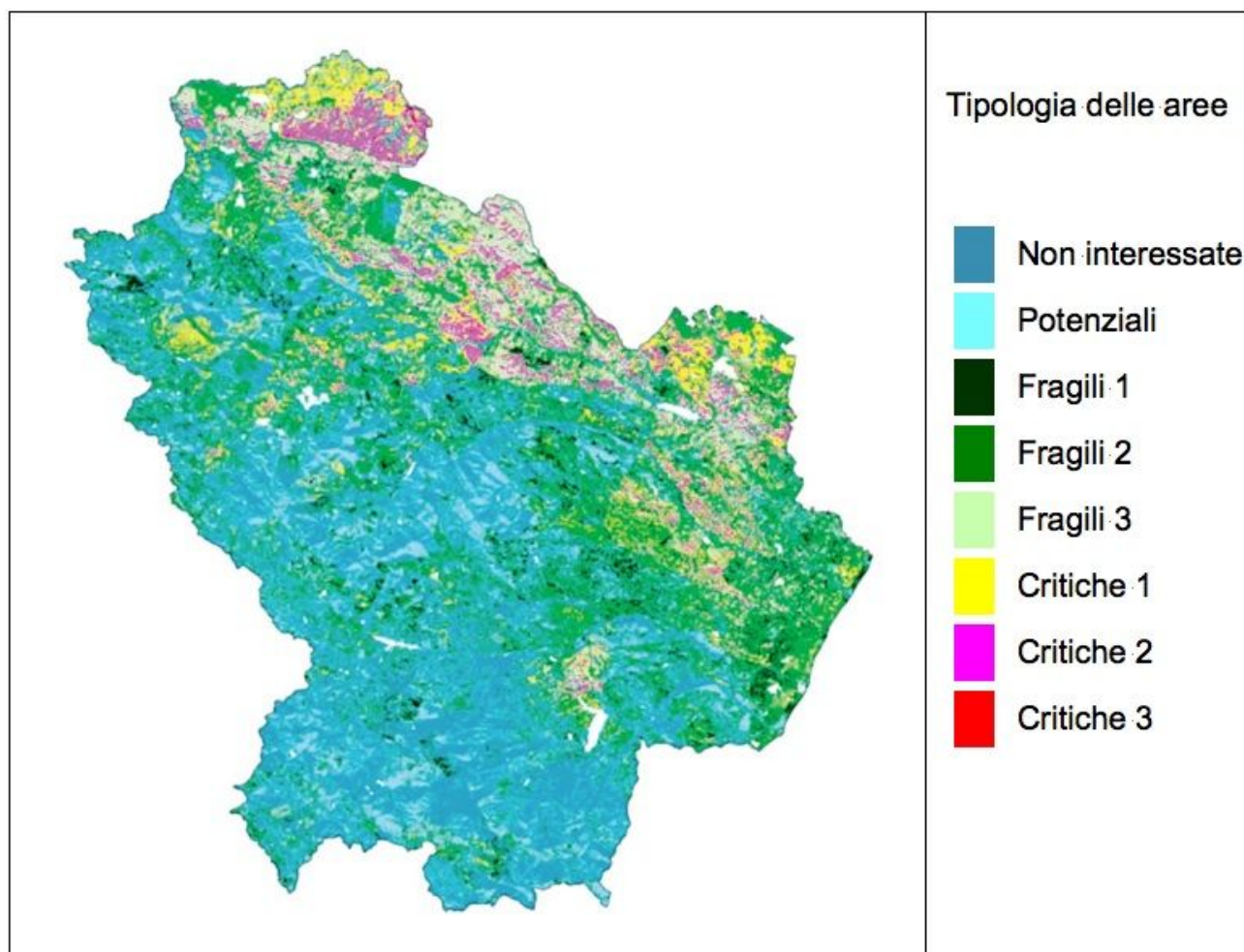


Fig. 7 - Carta delle Aree sensibili (ESA) al fenomeno della desertificazione della Regione Basilicata (2009).

tive agli strati di base, qualità intermedie, carta della vulnerabilità sono riferite alla superficie unitaria di 900 m<sup>2</sup> fornendo un quadro molto dettagliato delle realtà investigate, in considerazione dell'ampiezza del territorio in esame. È ovviamente possibile derivare carte di sintesi per ambiti territoriali differenti

Tab. 5 - Distribuzione dei pixel per i diversi valori CVN

Valori CVN	ESAI Desertnet (n. pixel)	ESAI Desertnet2 (n. pixel)
1	4819562	4751134
2	1464041	1492204
3	1224472	1261493
4	1380699	1374557
5	986057	978148
6	554494	561696
7	312971	317511
8	171570	174649
9	65460	67934

quali Comuni, Comunità Montane, zone climatiche, zone altimetriche, ecc.

Dal punto di vista metodologico, l'aggiornamento rappresenta la conferma della intrinseca versatilità della metodologia ESA, in grado di consentire aggiornamenti continui nel tempo, su superfici totali o parziali, su tutti o parte degli strati in base alla disponibilità di dati, con tipologie di informazioni anche molto differenti dalla risoluzione geometrica iniziale e con sistemi di classificazione differenti, aspetto confermato anche dal confronto effettuato sulle due classificazioni.

### Ringraziamenti

Lo studio è stato realizzato nell'ambito del progetto dell'Unione Europea DESERTNET2 finanziato con il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), all'interno del Programma Integrato Comunitario PIC Interreg III B - MedOcc (Mediterraneo Occidentale). Ferrara, Mancino, Urbano e Coletta hanno curato in parti uguali gli aspetti scientifici, metodologici e ap-

plicativi, Baffari ha partecipato in qualità di responsabile di progetto del partner "Regione Basilicata".

## Bibliografia

- AA.VV. (1999). Medalus - Mediterranean desertification and land use. Research project. [online] URL: <http://www.medalus.demon.co.uk/>
- AA.VV. (2005). DIS4ME: Desertification indicator system for mediterranean europe (Brandt J ed). ISSN: 1749-8996. [online] URL: <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/>
- Ali RR, El Baroudy AA (2008). Use of GIS in mapping the environmental sensitivity to desertification in Wadi El Natrun depression, Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2 (1): 157-164.
- Barbera B, Piccione V (2005). Carta sensibilità desertificazione: caratterizzazione delle aree sensibili alla desertificazione. Regione Calabria, Progetto Interreg IIIb - Medoc Desertnet, Rubettino editore.
- Basso F, Bellotti A, Bove E, Faretta S, Ferrara A, Mancino G, Pisante M, Quaranta G, Taberner M (1998). Degradation processes in the Agri Basin: evaluating environmental sensitivity to desertification at basin scale. In: *Proceedings of the International Seminar on "Indicator for assessing desertification in the Mediterranean"*. Porto Torres (SS, Italy) 18 - 20 September. ANPA, Roma, pp. 131-145.
- Basso F, Bellotti A, Faretta S, Ferrara A, Mancino G, Pisante M, Quaranta G, Taberner M (1999). Application of the proposed methodology for defining ESAs: the Agri Basin. In: *"The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification"* (Kosmas C, Kirkby M, Geeson N eds). European Union Report no. 18882, pp. 74-79.
- Basso F, Bove E, Dumontet S, Ferrara A, Pisante M, Quaranta G, Taberner M (2000). Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remote sensed data: an example covering the Agri basin (southern Italy). *Catena* 40: 19-35. - doi: 10.1016/S0341-8162(99)00062-4
- Bayramin I (2003). Beypazari topraklarının medalus metoduna göre toprak kalite indekslerinin belirlenmesi. *J. Agric. Fac. HR. U. 7* (3-4): 29-35.
- Brandt J, Geeson N, Zucca C (2005). Desertification indicator system for mediterranean europe (DIS4ME). In: *"AI-DCCD - Active exchange of experience on indicators and development of perspectives in the context of UNCCD. Local and regional desertification indicators in a global perspective"* (Enne G, Yeroyanni M eds). *Proceedings of the International Seminar, Beijing (China) 16-18 May 2005*, pp. 43-58.
- Colombo V, Zucca C, Enne G (2006). Indicatori di desertificazione. Approccio integrato e supporto alle decisioni. ENEA, Roma, pp. 160. - ISBN: 88-8286-152-X
- Coscarelli R, Minervino I, Sorriso-Valvo M (2005). Methods for the characterization of areas sensitive to desertification: an application to the Calabrian territory (Italy). In: *"Geomorphological processes and human impacts in River basin"* (Batalla & Garcia Ed). *IAHS Publ.* 299: 23-30.
- Costantini EAC, Urbano F, Bonati G, Nino P, Fais A (2007). Atlante nazionale delle aree a rischio di desertificazione. INEA, Roma, pp. 108.
- Costantini G, Bellotti A, Mancino G, Borghetti M, Ferrara A (2006). Carta Forestale della Basilicata - Atlante. INEA, Sede Regionale per la Basilicata, Potenza, pp. 99. - ISBN: 88-8145-062-3
- Di Stefano C, Ferro V (2005). Zonizzazione climatica del territorio siciliano per la determinazione delle aree sensibili alla desertificazione. *Rivista di Ingegneria Agraria* 2: 79-89.
- Dipace A, Baldassarre G (2005). Aree sensibili alla desertificazione nel Tavoliere di Puglia. *Giornale di Geologia Applicata* 2: 203209. - doi: 10.1474/GGA.2005-02.0-29.0055
- Domingues F, Fons-Esteve J (2008). Mapping sensitivity to desertification (DISMED). Final report, Version 2. [online] URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/desertification-in-the-mediterranean-region>
- Emam AR, Fakhri F, Emam AR, Ahmadian A (2003). Desertification vulnerability in Varamin Plain (Central of Iran). *GIS Development Global Edition*. [online] URL: <http://www.gisdevelopment.net/application/environment/overview/mi03168.htm>
- Enne G, Zucca C (2000). Desertification indicators for the European Mediterranean region: state of the art and possible methodological approaches. ANPA, Roma - NRD, Sassari, pp. 261.
- European Environment Agency, (2003). Indicators. [online] URL: [http://themes.eea.eu.int/all\\_indicators\\_box](http://themes.eea.eu.int/all_indicators_box)
- European Union (2001). Statistical information needed for indicators to monitor the integration of environmental concerns into the common agricultural policy. Communication from the Commission to the Council and the European parliament no. 15.01.(2001) COM 2001(144), Brussels.
- Ferrara A, Bellotti A, Faretta S, Mancino G (2004). Carta delle Aree boscate e della copertura vegetale della Regione Basilicata. Desertnet project, Final Report. NRD. Sassari, Italia.
- Ferrara A (2005a). I sistemi a indicatori chiave nella valutazione della vulnerabilità ambientale alla desertificazione. In: *"Foreste Ricerca Cultura"* (Corona P, Iovino F, Maetzke F, Marchetti M, Menguzzato G, Nocentini S, Portoghesi L eds). *Accademia Italiana di Scienze Forestali*, Firenze, pp. 167-180. - ISBN: 88-87553-08-4

- Ferrara A (2005b). Expert system for evaluating the environmental sensitivity index (ESI) of a local area. In: "DIS4ME: Desertification Indicator System for Mediterranean Europe" (Brandt J ed). [online] URL: <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/> - ISSN: 1749-8996
- Ferrara A (2005c). The indicators list (see single indicators descriptions). In: "DIS4ME: Desertification Indicator System for Mediterranean Europe" (Brandt J ed). - ISSN: 1749-8996. [online] URL: [http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/indicator\\_system/index.htm](http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/indicator_system/index.htm)
- Ferrara A, Bellotti A, Faretta S, Mancino G, Taberner M (1999). Identification and assessment of environmentally sensitive areas by Remote sensing, MEDALUS III 2.6.2., OU Final Report, King's College, London, 2: 397-429.
- Ferrara A, Bellotti A, Faretta S., Mancino G, Baffari P, D'Ottavio A, Trivigno V (2005). Carta delle aree sensibili alla desertificazione della Regione Basilicata. *Forest@ 2*: 60-67. - doi: 10.3832/efor0255-0020066
- Ferrara A, Mancino G, Nolè A, Urbano V (2009). Analisi e valutazione degli elementi di vulnerabilità ambientale delle formazioni forestali della Basilicata mediante l'uso di sistemi a indicatori chiave (*Key Indicator Based Systems*). Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 494-502. - doi: 10.4129/CNS(2008)070
- Fons-Esteve J, Páramo F (2003). Mapping sensitivity to desertification (DISMED). Final report. [online] URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/desertification-in-the-mediterranean-region>
- Gad A, Lofty I (2008). Use of remote sensing and GIS in mapping the environmental sensitivity areas for desertification of Egyptian territory. *eEarth Discuss.* 3: 41-85. [online] URL: [www.electronic-earth-discuss.net/3/41/2008/](http://www.electronic-earth-discuss.net/3/41/2008/)
- Geeson N (2005). Desertification indicator system for mediterranean europe - Review of other indicator system. Desertlinks Project. [online] URL: <http://www.kcl.ac.uk/desertlinks>
- Geneletti D (2000). Using classification and spatial index techniques on remotely sensed data for environmental impact assessment. In: "Proceeding of the 28<sup>th</sup> international symposium on remote sensing of the environment", Cape Town (South Africa) 27-31 March 2000.
- Genesio L, Magno R, Capecchi V, Crisci A, Bottai L, Ferrara R, Angeli L, Gardin L (2004). Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione. Progetto Desertnet, WP A10 - Azione pilota in Toscana, CNR - Ibi-met, Firenze.
- Giordano L, Giordano F, Grauso S, Iannetta M, Sciortino M, Rossi L, Bonati G (2003). Identification of areas sensitive to desertification in Sicily Region. ENEA, Rome, Italy.
- Imeson AC, Cammeraat LH (2002). Environmentally sensitive areas in the MEDALUS target area study sites. In: "Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses" (Geeson N, Brandt J, Thornes JB eds). Wiley, Chichester, NY, USA, pp. 177-186.
- Klintonberg P (2005). Case studies of benchmark and indicator operational monitoring initiatives at various scales. In: Proceedings of the International Seminar: "AIDCCD - Active exchange of experience on indicators and development of perspectives in the context of UNCCD. Local and regional desertification indicators in a global perspective" (Enne G, Yeroyanni M ed). Beijing (China) 16-18 May 2005, pp. 184-192.
- Kok K, van Delen H (2004). Linking narrative storylines and quantitative models to combat desertification in the Guadalentín, Spain. In: iEMSs International Congress: "Complexity and integrated resources management" (Schmidt CS, Jakeman T eds). International Environmental Modelling and Software Society Pahl.
- Kosmas C, Briassoulis H, Poesen J (1999). Key indicators of desertification at the ESA scale. In: "The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification" (Kosmas C, Kirkby M, Geeson N eds). European Union Report no. 18882, pp. 11-30. - ISBN: 92-828-6349-2
- Kosmas C, Ferrara A, Bellotti A, Detsis V, Faretta S, Gerontidis St, Mancino G, Marathinou M, Pisante M (1998). A comparative analysis of the physical environment of two Mediterranean areas threatened by desertification. *Istituto Mediterraneo, Universidade Nova De Lisboa. Mediterraneo* 12/13: 127-145.
- Kosmas C, Ferrara A, Briassoulis H, Imeson A (1999). Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In: "The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification" (Kosmas C, Kirkby M, Geeson N eds). European Union Report no. 18882, pp. 31-47. - ISBN: 92-828-6349-2
- Kosmas C, Gerontidis S, Detsis V, Zafiriou T, Marathinou M (1999a). Application of the proposed methodology for defining ESAs: the island of Lesbos (Greece). In: "The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification" (Kosmas C, Kirkby M, Geeson N eds). European Union Report no. 18882, pp. 66-73.
- Koulouri M, Spilanis I, Kizos T, Gatsis I (2006). A method for selecting sustainability state environmental indicators for insular areas. In: Proceedings of the 2006 Naxos International Conference on "Sustainable management and

- development of mountainous and island Areas" (Manolas EI ed). Heraklion-Crete, Greece. - ISBN: 960-89345-0-8
- Lavado Contador JF, Schnabel S, Gomez Gutierrez A, Pulido Fernandez M (2008). Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura (SW Spain). *Land Degradation and Development* (2008). - doi: 10.1002/ldr.884
- Magno R, Capecchi V, Genesio L, Di Vecchia A (2004). Il rischio desertificazione per gli agroecosistemi italiani. In: Convegno AIAM "Gli agroecosistemi nel cambiamento climatico". Matera (Italia) 2004.
- Montanarella L, Baracchini R, Rusco E (2000). Indicazione delle aree vulnerabili in Puglia.
- Motroni A, Canu S, Bianco G, Loj G (2004). Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Sardegna (Environmentally Sensitive Areas to desertification, ESAs). N. 16 Fogli in scala 1:100.000 3 ottobre 2003 Cagliari. ERSAT Geosplora, Roma, 27 maggio (2004) Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna.
- Murphy DL (1985). Estimating neighbourhood variability with a binary comparison matrix. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 51 (6): 667-674.
- OECD (2004). Key environmental indicators. [online] URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/20/31558547.pdf>
- Pace G, Vaglio Laurin G, Pires Do Rosario L, Sciortino M (2007). Space for the UNCCD and the DESERTWATCH Project. In: Proceedings "Envisat Symposium 2007", Montreux (Switzerland) 23-27 April 2007, ESA SP-636.
- Perini L, Salvati L, Ceccarelli T, Sorrenti S, Zitti M (2008). La desertificazione in Italia. Processi, indicatori, vulnerabilità del territorio. Bonanno Editore, Acireale, Roma, pp. 190.
- Perini L, Salvati L, Sorrenti S, Zitti M, Ceccarelli T (2007). Valutazione della vulnerabilità ai processi di degrado delle terre e alla desertificazione del territorio italiano. *Italian Journal of Agrometeorology* 1 (suppl. AIAM): 34-35.
- Piccione V, Veneziano V, Malacrino V, Campisi S (2008). Rischio desertificazione regione Sicilia (protocollo MEDALUS). Quaderni di Botanica Ambientale e Applicata, Università degli Studi di Catania, Quaderno n. 19. - ISSN: 1121-3752
- Rosa R, Pesce F, et al. (2006). Carta dei Suoli della Basilicata. Regione Basilicata. [online] URL: <http://www.basilicata.net.it/suoli/derivate.htm>
- Roxo MJ, Mourao JM, Rodrigues L, Casimiro PC (1999). The Alentejo region (Mertola municipality, Portugal). In: "The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification" (Kosmas C, Kirkby M, Geeson N eds). European Union Report no. 18882, pp. 80-87.
- Salvati L, Ceccarelli T, Brunetti A (2005). Agricoltura e vulnerabilità alla desertificazione - indicatori tematici e stima della sensibilità del territorio: una proposta di Studio. CRA, Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, Roma. - ISBN: 88-901472-4-5
- Salvati L, Venezian Scarascia ME, Zitti M, Ferrara A, Urbano V, Sciortino M, Giupponi C (2009). Land degradation assessment in time and space. A review of bio-physical and socio-economic impacts in the Mediterranean Basin. *Ital. Journal of Agronomy* 4 (3):77-90.
- Salvati L, Zitti M (2008a). Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. *Ecological indicators* 9: 357-363. - doi: 10.1016/j.ecolind.(2008)04.001
- Salvati L, Zitti M (2008b). Regional convergence of environmental variables: empirical evidences from land degradation. *Ecological Economics* 68: 162-168. - doi: 10.1016/j.ecolecon.(2008)02.018
- Salvati L, Zitti M (2009a). "Convergence or divergence in desertification risk? Scale-based assessment and policy implications in a Mediterranean country". *Journal of Environmental Planning and Management* 52 (7): 957-971. - doi: 10.1080/09640560903181220
- Salvati L, Zitti M (2009b). The environmental "risky" region: identifying land degradation processes through integration of socio-economic and ecological indicators in a multivariate regionalization model. *Environmental Management* 44 (5): 888-899.
- Salvati L, Zitti M (2009c). Multivariate analysis of socio-economic indicators as a measure of sensitivity to land degradation in the ESA model. *International Journal of Ecological Economics and Statistics* 15 (F09): 93-102.
- Salvati L, Zitti M, Ceccarelli T (2008). Integrating economic and environmental indicators in the assessment of desertification risk: a case study. *Applied Ecology and Environmental Research* 6 (1): 129-138.
- Sepehr A, Hassanli AM, Ekhtesasi MR, Jamali JB (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environ Monit Assess.* - doi: 10.1007/s10661-007-9613
- Spilanis I, Kizos T, Koulouri M, Kondyli J, Vakoufaris H, Gatsis J (2009). Monitoring sustainability in insular areas. *Ecological indicators* 9: 179-187. - doi: 10.1016/j.ecolind.2008.03.003
- Trisorio Liuzzi G, Landisa G, Todorovic M (2005). Identification and assessment of areas sensitive to desertification in semi-arid environments: the case study of the Apulia region (southern Italy). In: International Conference on "Water, land and food Security in arid and semi-arid regions". Valenzano (Bari, Italy) 6-11 September 2005, pp. 269-398.
- Wascher DM (2000). Agri-environmental indicators for sustainable agriculture in Europe. European centre for Na-

ture Conservation, Tilburg, pp. 240. - ISBN: 90-76762-02-3  
Zehtabian GR, Ahmadi H, Khosravi H, Rafiei Emam A  
(2005). The approach of desertification mapping using  
Medalus methodology in Iran. *Desert (Biaban)* 10 (1): 51-  
60.

Zucca C, Madrau S, Deroma M, Pittalis D (2003). Il metodo  
ESAs per la modellizzazione del rischio di desertificazione.  
Applicazione in un' area della Sardegna nord-occidentale.  
Atti della 7<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, Verona (Italy)  
28-31 Ottobre 2003, pp. 1891-1896.