



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici



CNLSD

*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare
Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione*

La vulnerabilità alla desertificazione in Italia: raccolta, analisi, confronto e verifica delle procedure cartografiche di mappatura e degli indicatori a scala nazionale e locale

Autori: *Tomaso Ceccarelli, Francesca Giordano, Anna Luise, Luigi Perini, Luca Salvati*

Contributi di: *A. Brunetti, G. De Carli, M. Di Leginio, S. Sorrenti, S. Viti*

Accordo di programma MATT – CNLSD
Convenzioni Università della Calabria - APAT e CRA-UCEA

Manuali e linee guida 40/2006

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.apat.it

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologie Ambientali
Servizio Tutela delle Risorse Naturali e Bilancio Ambientale

CRA - UCEA - Ufficio Centrale di Ecologia Agraria
Via Caravita, 7A - 00186 Roma
www.ucea.it

© APAT, CRA - UCEA, Manuali e linee guida

ISBN 88-448-02010-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica
APAT

Grafica di copertina: F. Iozzoli; L. Campana

Foto di copertina: P. Orlandi

Coordinamento tipografico e distribuzione
Olimpia Girolamo - Simonetta Turco
APAT - Servizio Stampa ed Editoria
Ufficio Pubblicazioni

Impaginazione e stampa
I.G.E.R. srl - Viale C.T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare novembre 2006

AUTORI:

Tomaso Ceccarelli, Francesca Giordano, Anna Luise, Luigi Perini, Luca Salvati

Contributi di: A. Brunetti, G. De Carli, M. Di Leginio, S. Sorrenti, S. Viti

Questa pubblicazione è stata realizzata da T. Ceccarelli, F. Giordano e L. Salvati. In particolare, T. Ceccarelli ha curato la redazione dei capitoli 2, 4 e 6. F. Giordano ha curato la redazione dei capitoli 1, 2, 3, 5, 6 e del glossario. L. Salvati ha curato la redazione dei capitoli 2, 3, 4, 5, 6 e dell'appendice.

Gruppo di Lavoro CRA-UCEA: A. Brunetti (Responsabile Scientifico), L. Salvati (Referente operativo), L. Perini, T. Ceccarelli, G. De Carli, S. Sorrenti.

Gruppo di Lavoro APAT: A. Luise (Responsabile Scientifico), F. Giordano (Referente operativo), S. Viti, M. Di Leginio.

Si ringraziano C. Epifani e M. Ranuzzi (CRA-UCEA) per il supporto manifestato durante tutto il corso dell'azione.

Si ringraziano inoltre il Dott. G. Loj (Regione Sardegna) ed il Dott. A. Motroni (SAR - Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna) per aver reso disponibili i dati digitali delle cartografie delle aree sensibili alla desertificazione in Sardegna e per aver fornito un importante contributo tecnico (cfr. Cap. 5).

Premessa	7
Obiettivi e contenuti del manuale	9
1. Introduzione	11
1.1 Cos'è la desertificazione	11
1.1.1 Cause naturali	12
1.1.2 Cause antropiche	13
1.1.3 I processi di degrado del territorio	14
1.2 Quadro istituzionale	15
1.3 Sensibilità, vulnerabilità e rischio di desertificazione	17
2. Raccolta delle cartografie e delle metodologie di analisi	19
2.1 Fonti dei dati	19
2.2 Predisposizione della Banca Dati	29
3. Analisi delle metodologie di mappatura e degli indicatori	31
3.1 Le metodologie di mappatura	31
3.2 Gli indicatori	34
4. Confronto metodologico fra cartografie	41
4.1 Cartografie ed indici sintetici: un confronto a livello nazionale	41
4.1.1 Gli indici sintetici messi a confronto	41
4.1.2 Mappe degli indici sintetici	49
4.1.3 Mappe delle differenze temporali	54
4.1.4 Mappe delle differenze tra metodologie	57
4.2 Cartografie ed indici sintetici: un confronto a livello regionale	63
5. Verifica della corrispondenza fra valutazione della vulnerabilità e fenomeni misurati a scala locale: inchiesta esplorativa con testimoni privilegiati	65
6. Conclusioni e raccomandazioni	67
APPENDICE. “Buone pratiche” nella valutazione cartografica della vulnerabilità alla desertificazione: alcune ipotesi di lavoro ed esempi di problemi pratici	71
GLOSSARIO	83
Allegato 1	85
Allegato 2	89
Allegato 3	93
BIBLIOGRAFIA	125

PREMESSA

Il lavoro che viene di seguito presentato è stato realizzato nell'ambito delle attività previste dall'Accordo di Programma (2004 – 2005) fra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATT) e l'Università della Calabria, finalizzato a fornire al Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (CNLSD) una disponibilità di risorse finanziarie indispensabili alla messa in opera di un piano di attività concreto e diversificato nelle sue componenti strutturali. Le attività previste, infatti, costituiscono una specifica sequenza di azioni destinate a sviluppare informazione, conoscenza e sua diffusione, fattibilità di interventi sull'intero territorio nazionale in tema di lotta alla siccità ed alla desertificazione al fine di costruire le condizioni per l'implementazione del Piano di Azione Nazionale (PAN) per la lotta alla siccità ed alla desertificazione.

Il presente lavoro, in particolare, si colloca all'interno dell'area tematica d'intervento il cui obiettivo è quello della *“Sensibilizzazione, informazione, educazione della società civile anche a mezzo di convegni, congressi, tavole rotonde, manifestazioni varie e “mass media” disponibili e diffusione delle conoscenze ai soggetti coinvolti nella progettazione di piani e programmi di lotta alla siccità ed alla desertificazione”*.

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) e l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA), autori del presente lavoro, da tempo sono impegnate in attività, sia a livello nazionale che internazionale, volte allo studio dei processi di desertificazione, alla messa a punto di indicatori per il monitoraggio, allo sviluppo ed all'applicazione di metodologie per la mappatura della vulnerabilità e fanno parte, insieme a rappresentanti dell'ENEA, INEA, CNR, AISF, IAO ed ECOMED, della Commissione tecnico-scientifica del Comitato Nazionale per la lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (CNLSD), secondo quanto previsto dall'art. 3 del DPCM 08/03/2000.

Sul tema della lotta alla desertificazione le principali attività che APAT svolge, in particolare, riguardano il reporting a livello nazionale alla Convenzione delle Nazioni Unite sulla Siccità e la Desertificazione (UNCCD), la partecipazione a progetti nazionali ed internazionali nel campo della definizione di indicatori e modelli per il monitoraggio della desertificazione (Progetti DISMED e DesertNet) e per la diffusione dell'informazione in ambito nazionale o internazionale (Progetti SIDES e CLEMDES). Le attività relative alla desertificazione sono anche strettamente collegate al Centro Tematico Territorio e Suolo (CTN_TES) in merito alla definizione, al popolamento ed alla diffusione degli indicatori di desertificazione ed all'ETC TE per le attività di mappatura delle aree sensibili alla desertificazione a scala di bacino mediterraneo.

L'UCEA, nel triennio 2001-2004, ha svolto un ruolo di rilievo nello studio della siccità e dei processi di desertificazione in atto sul territorio nazionale tramite l'esperienza progettuale della linea di ricerca 3.1 *“Monitoraggio permanente della siccità in agricoltura ed evidenziazione dei processi di desertificazione nel sud dell'Italia”* del Progetto Finalizzato *“CLIMAGRI – Cambiamenti Climatici e Agricoltura”*, attraverso gli strumenti informativi di cui dispone, fra cui strati GIS climatici, pedologici, vegetazionali e socio-economici.

OBIETTIVI E CONTENUTI DEL MANUALE

La necessità di disporre di strumenti che favoriscano una migliore conoscenza delle componenti ambientali ed economiche del territorio ed una più precisa valutazione della vulnerabilità alla desertificazione nasce dalla consapevolezza di quanto siano importanti tali aspetti per poter attuare una corretta pianificazione della gestione delle risorse ed impedire l'ulteriore aggravarsi delle problematiche ambientali in atto. D'altra parte l'esigenza di disporre di tecniche adeguate per identificare le aree vulnerabili, e quindi programmare le priorità di intervento delle misure di mitigazione e recupero, rappresenta un punto fondamentale identificato sia a livello internazionale, come enfatizzato dal Comitato Scienza e Tecnologia (CST) della UNCCD, sia a livello nazionale, come priorità dei Programmi di Azione Nazionale (PAN) di lotta alla desertificazione e come previsto dall'articolo 20 del D. L.vo n. 152/1999 sulla tutela delle acque.

L'individuazione e la definizione di un quadro oggettivo della situazione ambientale di un territorio diventano, pertanto, attività indispensabili in un'ottica di ottimizzazione dell'uso delle risorse e di un'adeguata programmazione dello sviluppo sostenibile delle aree interessate. A tal fine sono state elaborate diverse metodologie per l'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione nelle quali gli aspetti relativi al clima, alla vegetazione, al suolo ed all'ambito socio-economico si combinano per stimare lo stato delle risorse e le pressioni antropiche che su di esse agiscono: tutto ciò ha richiesto la messa a punto di procedure ed indicatori per il monitoraggio del fenomeno e di strumenti e tecniche idonee alla gestione di grandi quantità di dati ed all'analisi integrata delle informazioni.

Data la complessità della tematica in studio i tentativi che sono stati realizzati, al fine di poter interpretare al meglio il fenomeno, hanno dato vita ad un quadro metodologico piuttosto articolato e talvolta disomogeneo, caratterizzato da una ricca sequenza di cartografie, spesso poco confrontabili fra loro e dotate pertanto più di un significato in termini relativi (un'area è più vulnerabile di un'altra all'interno della stessa area studiata) piuttosto che assoluti (una regione è più vulnerabile di un'altra).

Nell'ottica di quanto evidenziato, il presente manuale ha come obiettivo principale quello di mettere a sistema, in un quadro organico e definito, le conoscenze relative alle tecniche per l'analisi della vulnerabilità alla desertificazione, ai principali indicatori in uso ed alle più diffuse procedure operative e di delineare alcuni riferimenti metodologici comuni per un approccio standardizzato ed omogeneo.

Per il raggiungimento di tale obiettivo generale sono stati definiti i seguenti obiettivi specifici:

- la **sistematizzazione** dei progetti di mappatura delle aree vulnerabili alla desertificazione e delle relative metodologie elaborate fino ad oggi a livello nazionale, regionale e locale;
- l'**archiviazione** dei progetti e delle relative metodologie mediante una Banca Dati dedicata;
- la **revisione critica** dei metodi e degli approcci utilizzati.

L'esigenza di definire un quadro organico e di condividere quanto più possibile metodologie, indicatori e procedure operative, pur tenendo conto degli adattamenti alle peculiarità locali, deriva da una mancanza oggettiva di un linguaggio comune in merito alle tecniche di modellizzazione e quindi di mappatura, riscontrata anche in maniera piuttosto forte nell'ambito di attività e progetti nazionali ed internazionali. Come già evidenziato l'aspetto più debole in tale contesto è certamente quello legato alla scarsa confrontabilità fra le cartografie: impiego di metodologie differenti, limitata disponibilità dei dati, esigenza di adattamento alle peculiarità locali del territorio, sono solo alcune delle ragioni che hanno condotto all'intricato quadro metodologico attuale.

La struttura del manuale si articola in 6 moduli tematici:

1. **Introduzione:** offre una panoramica su alcuni aspetti introduttivi fondamentali per una migliore comprensione del documento, quali la definizione di desertificazione, la descrizione del quadro istituzionale e dei termini “sensibilità”, “vulnerabilità” e “rischio”;
2. **Raccolta:** descrive le fonti dei dati ed i criteri adottati per la raccolta ed il censimento dei documenti relativi alle metodologie di mappatura delle aree sensibili alla desertificazione ed illustra la procedura utilizzata per la predisposizione ed il popolamento della banca dati;
3. **Analisi:** illustra alcune statistiche elementari mirate all’analisi degli aspetti metodologici più rilevanti quali la scala di rappresentazione, gli indicatori, gli algoritmi, le tecniche di validazione in campo;
4. **Confronto:** descrive le procedure operative utilizzate per effettuare un confronto tra differenti cartografie realizzate sullo stesso territorio in due casi specifici: nazionale e regionale (caso studio della Sardegna);
5. **Verifica:** contiene alcune considerazioni in merito a quanto emerso dalla consultazione di alcuni testimoni privilegiati selezionati all’interno dell’attività svolta per il caso studio in Sardegna;
6. **Conclusioni e raccomandazioni finali:** riporta le considerazioni finali emerse dal percorso di raccolta, analisi, confronto e verifica ed offre una panoramica di “buone pratiche” che possa costituire un valido riferimento metodologico comune volto alla condivisione di un approccio standardizzato ed omogeneo.

Il manuale riporta infine un’**Appendice** sulle “Buone pratiche” nella valutazione cartografica, un **Glossario** esplicativo inerente alcuni termini tecnico-scientifici richiamati nel testo e due **Allegati** tecnici.

1. INTRODUZIONE

1.1 Cos'è la desertificazione

Il concetto di desertificazione ha subito dagli anni '70 ad oggi una continua evoluzione che ha condotto, attraverso una graduale transizione, verso definizioni che tengono sempre più in considerazione le interazioni dell'ambiente con le attività umane, fino a giungere ad un'accezione che abbraccia tutti i fenomeni di “*degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività antropiche*”. Tale definizione, adottata dalla Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta contro la Siccità e la Desertificazione (United Nations Convention to Combat Drought and Desertification – UNCCD), delimita il suo ambito territoriale in funzione delle caratteristiche climatiche ed introduce alcuni concetti chiave di carattere innovativo: le *cause* possono essere di origine sia naturale che antropica; il *degrado* viene inteso non solo come perdita delle caratteristiche fisiche e biologiche, ma anche della redditività economica; le *zone aride, semi-aride e sub-umide secche* individuano le aree del pianeta maggiormente vulnerabili che, pertanto, richiedono interventi urgenti [1].

Le valutazioni delle Nazioni Unite offrono una panoramica relativa al fenomeno ed alla sua estensione preoccupante: il 70% delle terre aride coltivabili, pari a circa il 30% del totale delle terre emerse, è colpito o a rischio di desertificazione. Il problema è particolarmente grave in Africa e nei Paesi in via di sviluppo in Asia, Sud America e Caraibi, ma anche Stati Uniti, Australia e Europa meridionale (soprattutto Italia, Grecia, Portogallo e Spagna) sono interessati dal fenomeno.

In Italia, in particolare, la desertificazione è evidente in maniera significativa nelle regioni meridionali ed insulari (Basilicata, Puglia, Calabria, Sardegna e Sicilia) dove, oltre allo stress di natura climatica, la pressione spesso non sostenibile delle attività umane sull'ambiente sta determinando una riduzione della produttività biologica ed agricola ed una progressiva perdita di biodiversità degli ecosistemi naturali.

Anche le regioni del centro nord, in particolare Toscana, Emilia Romagna, e la Pianura Padana in generale, manifestano un peggioramento della situazione idrometeorologica e sono sempre più vulnerabili all'irregolarità delle precipitazioni, alla siccità ed all'inaridimento.

In tutto il Paese, caratterizzato da un territorio fortemente antropizzato, l'estendersi dei processi di desertificazione è da mettere in relazione, in particolare, all'assetto acquisito dalle città, basato sull'inurbamento diffuso del territorio con conseguente cementificazione massiccia, dispendio energetico e inquinamento ambientale, rispetto ad un assetto tradizionale del paesaggio, costituito da sistemi abitativi a forte compenetrazione naturale a basso consumo di risorse.

Le peculiarità ambientali e socio-economiche che accomunano l'Italia ai paesi della regione Nord Mediterranea, oltre a condizioni climatiche semi-aride e sub-umide secche, siccità stagionali, grande variabilità del regime pluviometrico e piogge improvvise e violente, sono la presenza di suoli poveri e sensibili all'erosione, di rilievi eterogenei con forti pendii, perdite importanti della copertura forestale dovute a incendi, la crisi dell'agricoltura tradizionale, caratterizzata dall'abbandono delle terre e dal deterioramento delle strutture di protezione del suolo e dell'acqua, lo sfruttamento non sostenibile delle risorse idriche ed, infine, la concentrazione dell'attività economica nelle zone costiere, lo sviluppo dell'urbanizzazione, delle attività industriali, del turismo e dell'agricoltura irrigua.

La figura 1 riporta uno schema sintetico relativo alle principali cause di desertificazione, ai processi di degradazione ed ai fattori predisponenti.

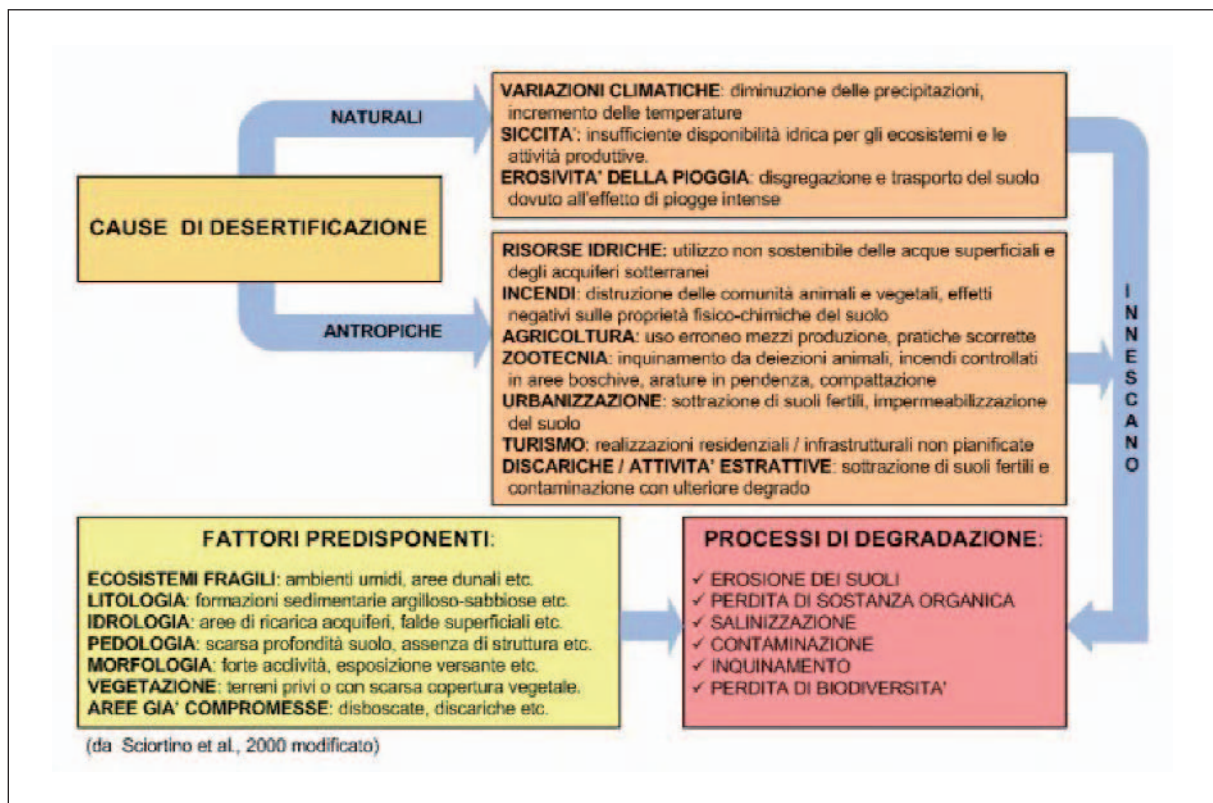


Fig. 1: Framework logico relativo al fenomeno della desertificazione

Come indicato in figura, le cause del degrado di un territorio possono essere attribuite a diversi fattori di pressione di origine sia naturale che antropica, oltre che all'esistenza di fattori predisponenti: la desertificazione è la risultante di questo complesso sistema di interazioni che porta a pregiudicare, in modo pressoché irreversibile, la capacità produttiva degli ecosistemi agricoli e forestali.

1.1.1 Cause naturali

Dal punto di vista *naturale* gli aspetti che caratterizzano maggiormente il fenomeno della desertificazione sono tipicamente climatici e sono legati alle caratteristiche delle precipitazioni in termini di quantità, intensità e distribuzione: aridità, siccità ed erosività delle precipitazioni.

L'*aridità* è una caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità delle piogge (aree con precipitazioni annue dell'ordine dei 200-400 mm) e dalla forte evaporazione, che sottrae umidità ai terreni ed alla vegetazione. Per valutare il grado di aridità di un'area la UNCCD ha adottato come indice di aridità (Ia) il rapporto fra le Precipitazioni medie annue (P) e l'Evapotraspirazione potenziale media annua (ETP), nelle condizioni climatiche riferite ad un arco temporale di almeno 30 anni.

La *siccità* è, invece, un fenomeno che colpisce anche aree non aride quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli normalmente registrati e può influire sul territorio principalmente apportando danni alle attività produttive agricole e zootecniche: gli ecosistemi naturali hanno, generalmente, la necessaria resilienza per superare periodi di siccità mentre i settori produttivi, che dipendono da un costante apporto di acqua, possono esserne danneggiati. L'impatto della siccità sulla disponibilità ambientale della risorsa idrica si manifesta su scale di tempo anche estremamente differenti:

-
- in tempi relativamente brevi, in relazione alle condizioni di umidità del suolo (siccità meteorologica, < 3 mesi);
 - su tempi medio-lunghi, influenzando sulla resa produttiva delle colture (siccità agronomica, 3-6 mesi);
 - su tempi lunghi, determinando una riduzione del livello delle falde acquifere e delle portate fluviali (siccità idrologica, 6-12 mesi e oltre).

Nelle zone aride, dove l'impiego delle risorse idriche è sempre vicino alla soglia della sostenibilità, la siccità può rompere il delicato equilibrio fra risorse ambientali ed attività produttive provocando crisi alimentari, abbandono di territori e perfino migrazioni e conflitti.

L'*erosività della pioggia* è dovuta all'intensità delle precipitazioni. Quando precipitazioni brevi ed intense colpiscono terreni privi di copertura vegetale, l'impatto delle gocce di pioggia disgrega il suolo facilitando il dilavamento dello strato superficiale più ricco di materia organica. Le zone aride, semi aride e sub-umide sono esposte al rischio di piogge brevi ma intense che, invece di mitigare gli effetti della scarsità delle precipitazioni, innescano fenomeni erosivi e quindi favoriscono i processi di desertificazione.

I processi degenerativi dovuti all'azione dell'uomo si verificano in modo particolare laddove esiste una particolare vulnerabilità climatica e dove sussistono fattori predisponenti legati alla presenza di ecosistemi fragili, caratterizzati cioè da delicati equilibri bio-fisici (ambienti di transizione quali lagune e stagni costieri, aree dunali e retrodunali, aree calanchive, ecc.) o a particolari caratteristiche ambientali quali la litologia (suoli altamente erodibili derivanti da rocce calcaree o formazioni sedimentarie argilloso-sabbiose), l'idrologia (prelievi eccessivi e non pianificati nonché inquinamento puntiforme e diffuso di diversa origine), la pedologia (scarsa profondità dello strato pedogenetico, mancanza di struttura, scarso contenuto di sostanza organica, scarsa permeabilità, etc.), la morfologia (l'esposizione dei versanti e la pendenza del terreno costituiscono un importante fattore di vulnerabilità del territorio nel contesto climatico e geomorfologico delle regioni soggette a condizioni di stress idrico e concorrono quindi a determinare fenomeni erosivi di tipo idro-meteorico) e la vegetazione (la continuità e la ricchezza di specie della copertura vegetale sono essenziali in relazione alla capacità di protezione del suolo) [2].

1.1.2 Cause antropiche

Dal punto di vista antropico, le principali cause della desertificazione sono da ricondursi alle attività socio-economiche ed ai loro impatti, spesso responsabili dell'uso competitivo e non sostenibile delle risorse naturali con il conseguente sovrasfruttamento rispetto alle reali disponibilità.

Agricoltura. I processi di degrado del suolo sono spesso il risultato di pratiche agricole poco sostenibili dal punto di vista ambientale, tendenti ad elevare il livello di produttività dei terreni, anche attraverso un utilizzo non sostenibile dei mezzi di produzione e delle superfici agricole, l'impiego eccessivo di sostanze chimiche (fertilizzanti, pesticidi, ecc.), l'uso irriguo di risorse idriche non sempre idonee. Costipazione, compattazione, perdita della fertilità chimico-fisica dei suoli e progressiva salinizzazione degli strati superficiali e delle falde sono solo alcuni esempi di processi che possono essere scatenati da un'attività agricola non attenta ai principi di gestione sostenibile delle risorse naturali. D'altra parte, anche i fenomeni di abbandono del territorio agricolo costituiscono una premessa per l'innescare di processi di degrado legati, ad esempio, al dissesto idrogeologico ed in particolare all'accentuarsi dei processi erosivi.

Attività zootecniche. Oltre all'agricoltura anche le attività zootecniche, qualora non rispettino le caratteristiche delle aree in cui vengono praticate, possono comportare un impoverimento del terre-

no e provocare l'innescarsi di processi di degrado del suolo. Nel corso degli ultimi anni si è assistito in Italia ad una riduzione generale del patrimonio zootecnico e ad una sempre più forte attività di allevamento intensivo. Ciò ha modificato l'uso del territorio: da una parte, prevalentemente in pianura, si assiste a fenomeni di inquinamento ambientale a causa della necessità di smaltimento delle deiezioni animali su superfici spesso limitate; dall'altra, in aree collinari e montane marginali, si verifica un più incisivo ricorso all'utilizzo di aree a pascolo, limitato a quelle di più facile accesso e meglio servite da acqua, strade, energia elettrica, sulle quali si sono spesso riscontrati carichi zootecnici eccessivi con conseguenti fenomeni di degrado della vegetazione, compattazione ed erosione dei suoli.

Sovrasfruttamento delle risorse idriche. L'uso incontrollato e non sempre sostenibile delle risorse idriche ha comportato, soprattutto negli ultimi decenni, un forte incremento di prelievi e derivazioni che rischia di compromettere, sia in termini quantitativi che qualitativi, il patrimonio idrico che l'Italia ha potuto vantare fino ad oggi. Tra le attività antropiche, sicuramente l'agricoltura è quella che assorbe la maggior parte delle risorse idriche. Una delle conseguenze di maggior rilievo in tale contesto è l'abbassamento del livello di falda che, a sua volta, può provocare il richiamo di acque marine in prossimità della costa, causando la salinizzazione delle falde freatiche.

Incendi. Il fuoco può influire sulla composizione e sulla struttura delle comunità vegetali ed animali, condizionandone l'evoluzione e la perpetuazione, ma può avere anche effetti negativi sulle proprietà fisico-chimiche del suolo, rendendolo meno permeabile e, quindi, più esposto a processi erosivi. Le sostanze idrorepellenti che si formano a seguito del passaggio del fuoco, favoriscono l'accelerarsi dello scorrimento superficiale e quindi del trasporto solido: nella prima stagione piovosa, immediatamente successiva all'incendio, problemi idrologici si sviluppano pressoché sistematicamente nelle aree bruciate acclivi. Sebbene gli ecosistemi mediterranei abbiano sviluppato meccanismi e strategie di resistenza in grado di ricostituirsi in tempi relativamente brevi, gli incendi costituiscono una piaga che interessa molte aree d'Italia, spesso a danno della macchia mediterranea che rappresenta una delle più importanti difese naturali nei confronti dei processi di desertificazione.

Urbanizzazione e turismo. Il processo di urbanizzazione incide sul fenomeno di desertificazione in termini di sottrazione di suoli fertili all'impiego agricolo determinando, in ultima analisi, la riduzione delle capacità produttive.

Un processo analogo a quello dell'urbanizzazione, in termini di sottrazione della risorsa, avviene per effetto della crescente diffusione sul territorio, soprattutto in certe realtà, di discariche e di attività estrattive spesso incontrollate, alle quali possono anche essere connessi processi di contaminazione che determinano ulteriori forme di degrado. Le aree urbane e gli insediamenti turistici lungo le zone costiere contribuiscono al processo di desertificazione sia in modo diretto, perché si può dire che la stessa urbanizzazione massiccia è desertificazione a causa della cementificazione di vaste superfici naturali, sia in maniera indiretta, attraverso l'assorbimento e la distruzione delle risorse naturali nelle aree a forte concentrazione demografica [2,3,4].

1.1.3 I processi di degrado del territorio

I processi di degradazione del suolo vengono distinti in *processi fisici, chimici e biologici*.

Rientrano fra i primi i processi che comportano la perdita della risorsa in termini di sottrazione di volume e di superficie. Tali forme di degrado sono in molti casi il risultato di una gestione del territorio che non ha saputo coniugare le esigenze dello sviluppo produttivo con quelle della conservazione della risorsa. Tra i più rilevanti processi di degradazione fisica vengono annoverati:

-
- **erosione**, fenomeno generalmente naturale dovuto all'azione dell'acqua e del vento che rimuovono fisicamente le particelle di suolo, ma innescato anche da alcune attività umane, come l'uso improprio dei terreni, l'agricoltura intensiva in zone collinari, la deforestazione, gli incendi, che contribuiscono significativamente all'aumento dell'erosione naturale, in particolar modo nel caso di suoli che risultano intrinsecamente predisposti;
 - **compattazione**, dovuta alla compressione delle particelle che costituiscono il suolo, con la conseguente riduzione della sua porosità, a causa di un'eccessiva pressione meccanica dovuta, ad esempio, ad un uso continuo di macchinari pesanti o ad un pascolamento eccessivo;
 - **impermeabilizzazione**, fenomeno di rivestimento del suolo, causato principalmente dalla costruzione di edifici e strade, che provoca la riduzione della superficie disponibile per lo svolgimento di importanti funzioni quali l'assorbimento di acqua piovana ed il filtraggio, modificando di fatto le modalità di deflusso dell'acqua.

Appartengono alla tipologia dei processi chimici quelli che determinano, in generale, un deterioramento delle caratteristiche chimiche dei suoli: tra questi la contaminazione, che riguarda in particolare le aree industriali, le aree minerarie (soprattutto quelle abbandonate) e le grandi vie di comunicazione, e la salinizzazione, legata sia all'irrigazione che alle caratteristiche costituzionali dei suoli stessi, costituiscono un'autentica minaccia per i suoli italiani. Sono annoverati tra i processi chimici anche lisciviazione e acidificazione.

Sono infine definiti processi di degradazione biologica quelli che provocano un'alterazione dell'attività biologica della risorsa e delle sue funzionalità, quali la perdita di sostanza organica, materiale costituito da residui di piante, animali, microrganismi e sostanze sintetizzate dagli organismi viventi nel terreno e di primaria importanza nel mantenimento delle funzioni chiave del suolo (fertilità, resistenza all'erosione, potere tampone, ecc.) e la diminuzione della biodiversità della fauna e della flora del suolo, relativa non solo alla riduzione della copertura vegetale ma anche dei microrganismi e della microfauna che svolgono un'azione essenziale nel terreno.

1.2 Quadro istituzionale

La Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta contro la Desertificazione (United Nations Convention to Combat Desertification – UNCCD) è entrata in vigore il 26 Dicembre 1996 e, ad oggi, più di 190 paesi hanno aderito con diverso grado di formalizzazione.

L'attuazione della Convenzione avviene a livello locale, nazionale, sub-regionale e regionale. In tale quadro i paesi affetti vengono raggruppati nelle seguenti aree geografiche o Annessi: l'Annesso I (Africa), l'Annesso II (Asia), l'Annesso III (America Latina e Carabi), l'Annesso IV (Nord Mediterraneo) e l'Annesso V (Europa Centrale ed Orientale).

Gli obblighi dei Paesi affetti sono descritti all'art. 5 della Convenzione:

- *accordare debita priorità alla lotta contro la desertificazione ed all'attenuazione della siccità, e a devolvervi risorse sufficienti in rapporto con la loro situazione ed i loro mezzi;*
- *stabilire strategie e priorità, nell'ambito dei piani o delle politiche di sviluppo sostenibile, per lottare contro la desertificazione e attenuare gli effetti della siccità;*
- *operare per rimuovere le cause profonde della desertificazione e prestare attenzione particolare ai fattori socio-economici che contribuiscono a tale fenomeno;*
- *sensibilizzare le popolazioni locali, in particolare le donne e i giovani, e facilitare la loro partecipazione, con l'appoggio delle organizzazioni non governative, all'azione condotta per lottare*

contro la desertificazione e attenuare gli effetti della siccità;

- *creare un contesto propizio rafforzando, secondo quanto conviene, la pertinente legislazione e, qualora non esista, adottando nuove leggi ed elaborando nuove politiche a lungo termine e nuovi programmi d'azione.*

L'Italia ha ratificato la sua adesione alla UNCCD, in veste di Paese sia affetto che donatore, con legge n. 170 del 4 Giugno 1997 e, per la sua attuazione, è stato istituito con DPCM del 26 Settembre 1997 presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, il Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione (CNLD, oggi Comitato Nazionale di Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione - CNLSD). APAT e UCEA, insieme ad ENEA, INEA, CNR, AISF, IAO ed ECOMED, sono membri della Commissione tecnico-scientifica del Comitato, incaricata di fornire supporto tecnico-scientifico a Regioni ed Autorità di Bacino nella redazione delle proposte di lotta alla siccità ed alla desertificazione.

IL CNLSD, che coordina appunto l'attuazione della Convenzione in Italia, ha fra i suoi obiettivi:

- *l'individuazione delle strategie e delle priorità, nell'ambito dei piani e delle politiche di sviluppo sostenibile, per la lotta alla desertificazione e l'attenuazione degli effetti della siccità;*
- *la predisposizione di un Piano di Azione Nazionale (PAN) di lotta alla desertificazione;*
- *la definizione di parametri ed indicatori per la valutazione del fenomeno della desertificazione;*
- *la realizzazione di un inventario delle tecnologie, delle conoscenze e delle pratiche tradizionali e locali che contribuiscano al risparmio delle risorse ed alla lotta alla desertificazione;*
- *il coinvolgimento dell'opinione pubblica;*
- *la definizione di un idoneo quadro legislativo;*
- *il coordinamento delle attività con gli altri Paesi del Mediterraneo ed in particolare con i Paesi dell'Annesso IV della Convenzione.*

Con Delibera n. 229 del 21 Dicembre 1999, il CIPE ha adottato il Programma di Azione Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (PAN), così come previsto dalla Convenzione, al fine di ridurre le perdite di produttività dei suoli causate da cambiamenti climatici ed attività antropiche.

Il PAN individua le politiche e le misure da attuare da parte dello Stato, delle Regioni e delle Autorità di Bacino per combattere la desertificazione e la siccità in Italia e definisce quattro settori prioritari di intervento (protezione del suolo, gestione sostenibile delle risorse idriche, riduzione dell'impatto delle attività produttive e riequilibrio del territorio), all'interno di un quadro legislativo e programmatico così definito:

- **L. 183/89:** fissa le norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- **L. 152/99:** assegna alle Regioni ed alle Autorità di Bacino il compito di individuare le aree vulnerabili alla desertificazione;
- **Autorità di Bacino:** hanno il compito di effettuare la programmazione territoriale;
- **Regioni:** hanno le competenze in materia di territorio ed ambiente;
- **Piani di sviluppo rurale:** rappresentano lo strumento di programmazione agricola in applicazione della normativa comunitaria [5].

Le Regioni e le Autorità di Bacino hanno quindi operato, secondo quanto previsto dalla Delibera stessa, una prima definizione dei Programmi, contenenti le iniziative proposte, con l'individuazione delle aree critiche su cui approfondire l'analisi, la descrizione dei processi, le misure previste ed i fabbisogni conoscitivi per la definizione delle aree vulnerabili.

1.3 Sensibilità, vulnerabilità e rischio di desertificazione

I termini “*sensibilità*”, “*vulnerabilità*” e “*rischio*” legati al fenomeno della desertificazione sono stati fino ad ora utilizzati in maniera talvolta ambigua e poco chiara.

L'esempio più evidente è senza dubbio quello relativo alla mappatura del fenomeno ed al suo effettivo significato: fermo restando che la metodologia MEDALUS nasce per l'individuazione di aree ESAs, ovvero Environmentally Sensitive Areas, che in italiano possiamo definire “aree sensibili dal punto di vista ambientale”, e che la metodologia “Pimenta” (Pimenta MT et al., 1999) ha avuto come obiettivo la definizione delle aree vulnerabili, non sono rari i casi, in bibliografia, in cui la rappresentazione cartografica delle aree sensibili alla desertificazione sia stata realizzata attraverso lo stesso approccio con cui sono state individuate le aree a rischio o quelle vulnerabili. Tali termini sono stati utilizzati, pertanto, in numerosi casi come sinonimi, e ciò denota una situazione di scarsa chiarezza dovuta probabilmente alla mancanza di definizioni ufficiali e condivise dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale.

Da una breve ricerca bibliografica relativa ai termini “sensibilità”, “vulnerabilità” e “rischio”, ed al loro utilizzo in contesti scientifici concernenti la tematica della desertificazione, emerge, infatti, una significativa varietà a testimoniare quanto sia ancora poco chiaramente definito tale quadro terminologico.

In ambito internazionale, ad esempio, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) definisce:

- sensibilità: “*grado al quale un sistema è affetto da processi legati alla desertificazione, causati sia da eventi naturali che antropici inclusi i cambiamenti climatici, erosione del suolo, deforestazione, salinizzazione, ecc.*”;
- vulnerabilità: “*grado al quale un sistema è suscettibile, o incapace di far fronte, ad effetti negativi della desertificazione*”. La vulnerabilità è una funzione delle caratteristiche, dell'intensità e della velocità dei processi di desertificazione ai quali un sistema è esposto, della sua sensitività e della sua capacità adattativa.

Il concetto di sensibilità, in accordo con questa definizione, è legato all'evoluzione dei processi in atto che colpiscono un'area mentre il concetto di vulnerabilità è riferito alla possibilità di valutare la futura evoluzione potenziale del problema. La valutazione della sensibilità richiede la ricostruzione della storia e dell'evoluzione del contesto ambientale e sociale attraverso dati ed informazioni fisiche, biologiche e socio-economiche. Attualmente i dati disponibili sono più adeguati alla valutazione della sensibilità. La valutazione della vulnerabilità richiederebbe la disponibilità di possibili scenari e previsioni attraverso modelli o altri strumenti statistici [6].

A livello europeo, il glossario dell'Agenzia europea per l'ambiente (EEA) riporta le seguenti definizioni generali:

- area sensibile: “*area in cui devono essere adottate misure speciali per proteggere gli habitat naturali che presentano un elevato livello di vulnerabilità*”;
- vulnerabilità: “*grado a cui un sistema è suscettibile, o incapace di far fronte, ad un danno*”;
- rischio: “*perdite attese (di vite, persone ferite, proprietà ed attività economica danneggiate) dovute ad un particolare pericolo in una certa area ed in un periodo di riferimento*”.

Alcune definizioni più specifiche sono state fornite in contesti scientifici internazionali e nazionali in merito alla problematica della desertificazione. Nell'ambito dei Progetti Desertlinks e DISforME, ad esempio, viene definita “area vulnerabile” *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*. In tal caso la “vulnerabilità ambientale” è vista come *il risultato delle intera-*

zioni 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 degradazione ambientale e gestionale. 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 socioeconomici non ottimali individua e caratterizza un'elevata vulnerabilità ambientale [7,8].

A livello nazionale, nella Comunicazione Nazionale alla Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta contro la desertificazione nei Paesi gravemente colpiti dalla siccità e/o desertificazione, con particolare urgenza in Africa (UNCCD), il concetto di “vulnerabilità” viene definito come *entità dei possibili danni ad un sistema provocati da un cambiamento*; essa dipende non solo dalla sensibilità del sistema, ma anche dalla sua capacità di adattamento alle nuove condizioni attraverso una modifica delle pratiche, dei processi e delle strutture [2].

In altri contesti, la “sensibilità ambientale” è stata definita come *il grado di reattività dell'ecosistema, in particolare del suolo, alle sollecitazioni prodotte dagli agenti perturbatori esterni sia di origine antropica che naturale (agenti biologici, geodinamici o climatici)* [9].

Infine, l'Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione definisce “area a rischio di sterilità funzionale” *un territorio che è vulnerabile o sensibile ai processi di forte ed irreversibile degradazione del suolo*. In “un'area vulnerabile”, *le caratteristiche dei suoli sono vicine a quelle dell'area a sterilità funzionale, ma alcuni fattori, per esempio la copertura della vegetazione o l'irrigazione, attenuano con successo il processo di desertificazione*. D'altra parte, una “terra sensibile” è una *superficie in cui il processo che conduce alla desertificazione è attivo, anche se il suolo non ha ancora sterilità funzionale [...]*. L'obiettivo è distinguere chiaramente ed il più oggettivamente possibile: i) le aree sterili, ii) quelle che, pur non essendo ancora sterili, appaiono in una fase di attiva forte degradazione o sono fortemente minacciate (aree sensibili), iii) quelle che hanno condizioni ambientali tali che possono portare alla loro sterilità se i fattori di equilibrio cambiano o vengono perturbati (aree vulnerabili) [10].

Questa breve ma articolata rassegna di termini e definizioni circa “sensibilità”, “vulnerabilità” e “rischio” evidenzia quanto tali concetti, che sono stati oggetto di studio in molteplici ambiti, siano ancora piuttosto disomogenei a seconda dei contesti in cui vengono utilizzati. E' pertanto quanto mai utile, nonché necessario, uno sforzo comune che sia finalizzato a fornire una distinzione chiara ed oggettiva di questi termini affinché a livello scientifico ci possa essere un dialogo più chiaro possibile (Vedi Cap. 6).

E' evidente come vi sia una certa soggettività nella scelta dei termini da parte delle principali fonti consultate nel presente lavoro. Riteniamo tuttavia che la definizione del concetto di vulnerabilità possa essere più idonea, in questo contesto, a rappresentare la situazione nazionale in riferimento allo specifico fenomeno della desertificazione. Pertanto, in questo rapporto si farà specifico riferimento al concetto di vulnerabilità, fatte salve le indicazioni fornite nell'analisi bibliografica dalle singole fonti censite.

2. RACCOLTA DELLE CARTOGRAFIE E DELLE METODOLOGIE DI ANALISI

Il presente capitolo illustra le fasi di censimento dei progetti e delle attività, nell'ambito delle quali sono state realizzate cartografie delle aree sensibili/vulnerabili/a rischio di desertificazione alle varie scale (nazionale, regionale, locale), e di raccolta della relativa documentazione.

Viene descritta inoltre la procedura utilizzata per la predisposizione ed il popolamento di un'apposita Banca Dati (BD) finalizzata alla sistematizzazione organica di tutte le conoscenze metodologiche che sono state prodotte negli ultimi anni in merito alle tecniche di mappatura della desertificazione.

2.1 Fonti dei dati

Al fine di costruire ed implementare la Banca Dati è stato effettuato un censimento dei principali progetti e delle attività più rilevanti nell'ambito delle quali sono state realizzate cartografie delle aree sensibili/vulnerabili/a rischio di desertificazione: si tratta, nella fattispecie, di progetti nazionali ed internazionali (Progetti MEDALUS, DISMED, DesertNet, ecc.), di azioni di supporto al CNSLD (Comitato Nazionale di Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione), di iniziative regionali (Regione Sicilia, Regione Sardegna, ecc.) e di Autorità di Bacino (Programmi regionali per la lotta alla siccità ed alla desertificazione) ed anche di lavori di ricerca quali tesi di Laurea e di Dottorato svolte presso Università o Centri di Ricerca impegnati nello studio dei fenomeni di desertificazione in Italia (Università di Sassari, Università di Bari, CNR-IRPI di Cosenza, etc.).

In Allegato 2 sono riportate le fonti utilizzate nel presente lavoro e le relative informazioni anagrafiche, quali il titolo della pubblicazione di riferimento, gli autori, l'ente realizzatore, la data, l'area e il progetto nell'ambito del quale è stata realizzata l'attività. Sono inoltre di seguito allegare le schede di analisi di tutte le metodologie oggetto di studio nel presente lavoro.

Il primo tentativo di individuazione delle aree sensibili alla desertificazione a scala nazionale sul territorio italiano è stato realizzato nel 1999 nell'ambito delle attività del Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione (CNLD) che, al fine di effettuare una valutazione omogenea delle problematiche in esame, ha incaricato un gruppo di lavoro, coordinato dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali (DSTN) della Presidenza del Consiglio dei Ministri, di redigere una carta a scala nazionale delle aree sensibili alla desertificazione, secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/99 (Fig. 2) [11].

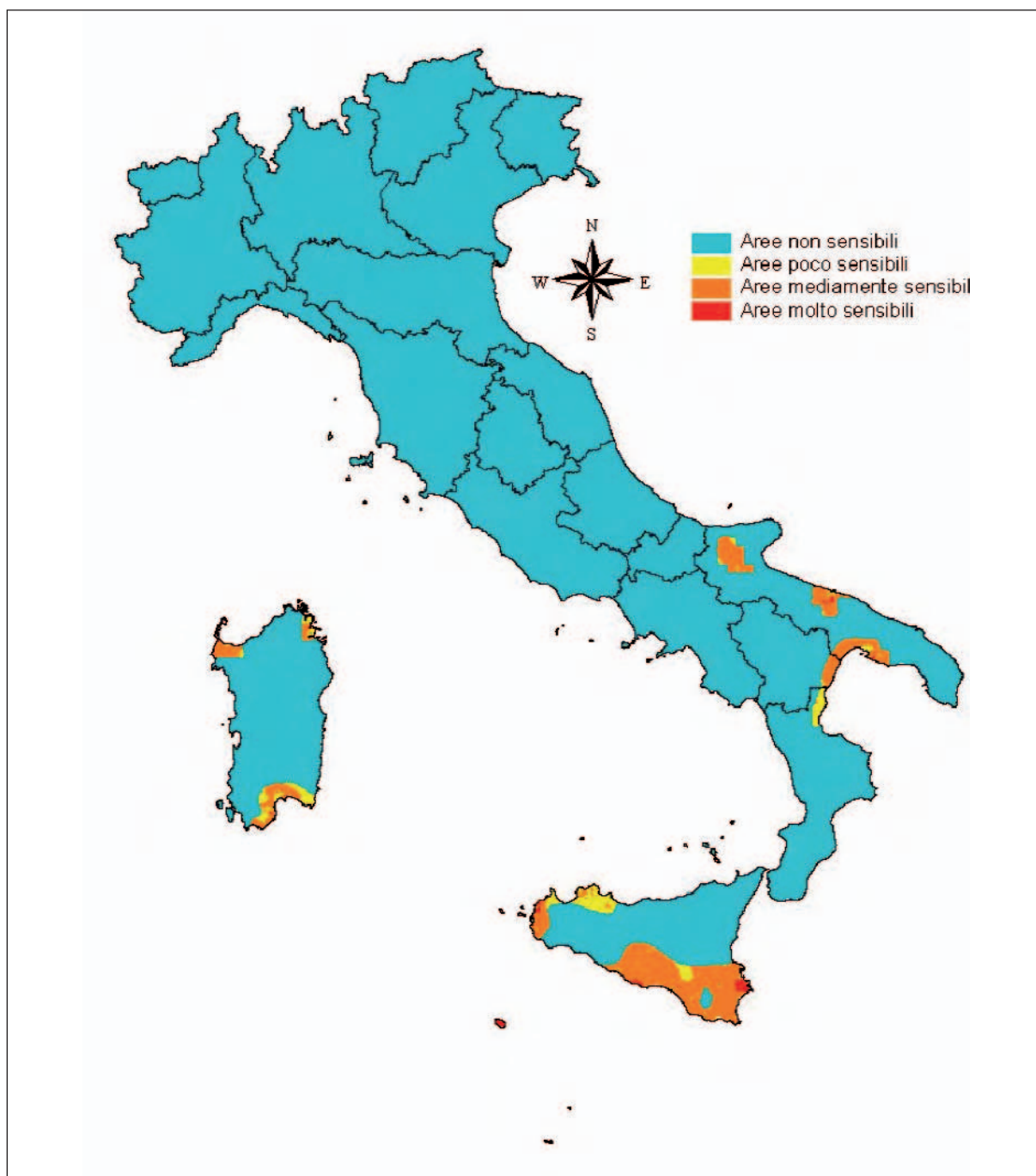


Fig. 2: Carta nazionale delle aree sensibili alla desertificazione [11]

A livello europeo già da una decina di anni, fin dal 1989, la Comunità Europea aveva avviato un ampio numero di progetti di ricerca internazionali nel campo della desertificazione, della degradazione delle terre e della gestione delle risorse idriche nel Sud Europa. Il progetto di ricerca MEDALUS (MEditerranean Desertification And Land Use - DGXII, Ambiente), in particolare, ha avuto come primario obiettivo quello di incrementare la comprensione di un vasto numero di problemi fisici ed ambientali e di mettere a disposizione strumenti per la loro risoluzione. La metodologia MEDALUS, o meglio definita ESA, così messa a punto, prevede l'individuazione di Aree Sensibili dal

punto di vista Ambientale (Environmentally Sensitive Areas - ESAs) attraverso un approccio multi-fattoriale basato sia sulla conoscenza generale sia su quella locale dei processi ambientali in atto. Tra le aree target del Progetto MEDALUS, oltre all'isola di Lesvos in Grecia e la regione d'Alentejo in Portogallo, è stata oggetto di studio anche l'area italiana del bacino dell'Agri [12].

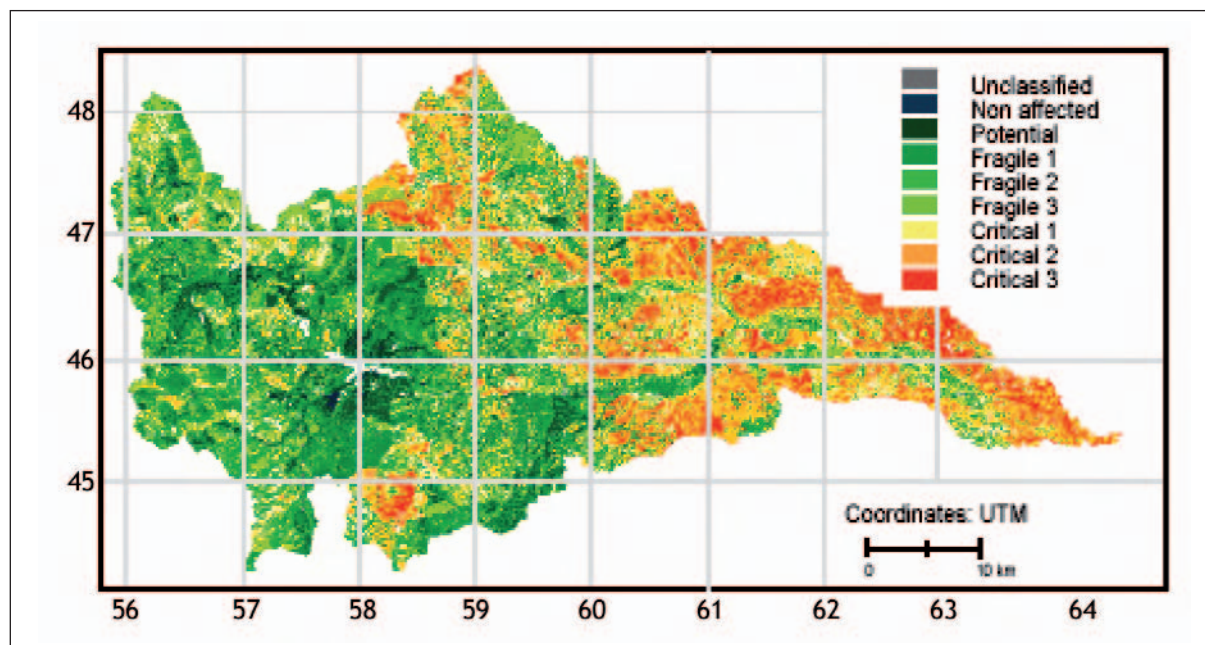


Fig. 3 – Carta delle aree sensibili alla desertificazione nel Bacino dell'Agri [12]

Successivamente alla conclusione del progetto, la metodologia ESA ha avuto numerose applicazioni assumendo il ruolo di approccio standard ed uniformemente condiviso, così come risulta dai casi studio in Puglia nel 2000 [13], in Sicilia nel 2002 [14] ed infine nell'ambito delle attività del Progetto DesertNet¹, svolte nel periodo 2002 – 2004, in Toscana [15], in Basilicata [16], in Sardegna [17], in Calabria [18], in Emilia Romagna ed in Sicilia [19]. Un ulteriore esempio è stato realizzato dal CNR-IRPI di Cosenza in Calabria [36].

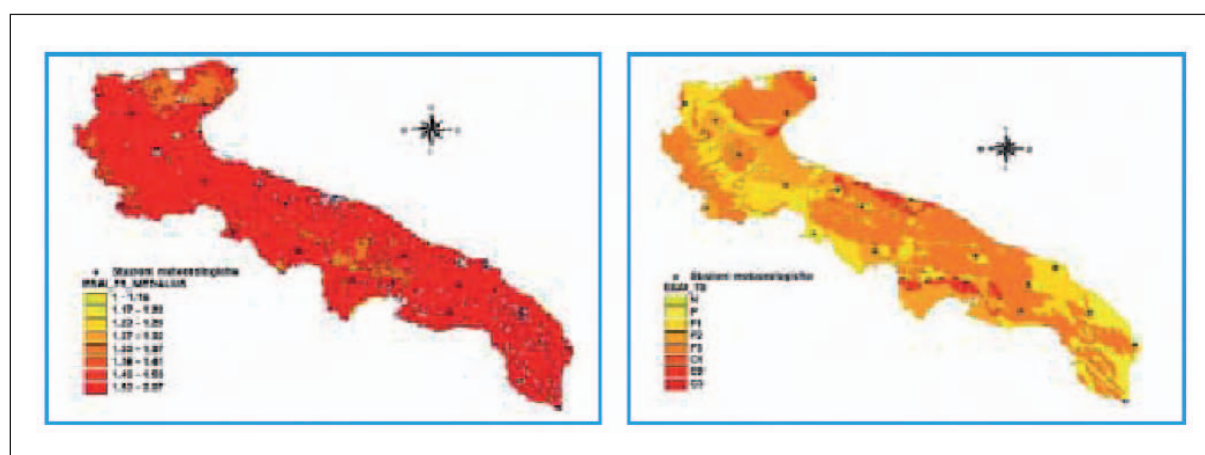


Fig. 4 – Aree sensibili nella Regione Puglia ottenute con l'applicazione integrale della metodologia ESA (a sinistra) e della metodologia ESA modificata con l'inserimento di un indice di qualità sull'erosione e con VQI e MQI (a destra) [13]

¹ <http://desertnet.org>

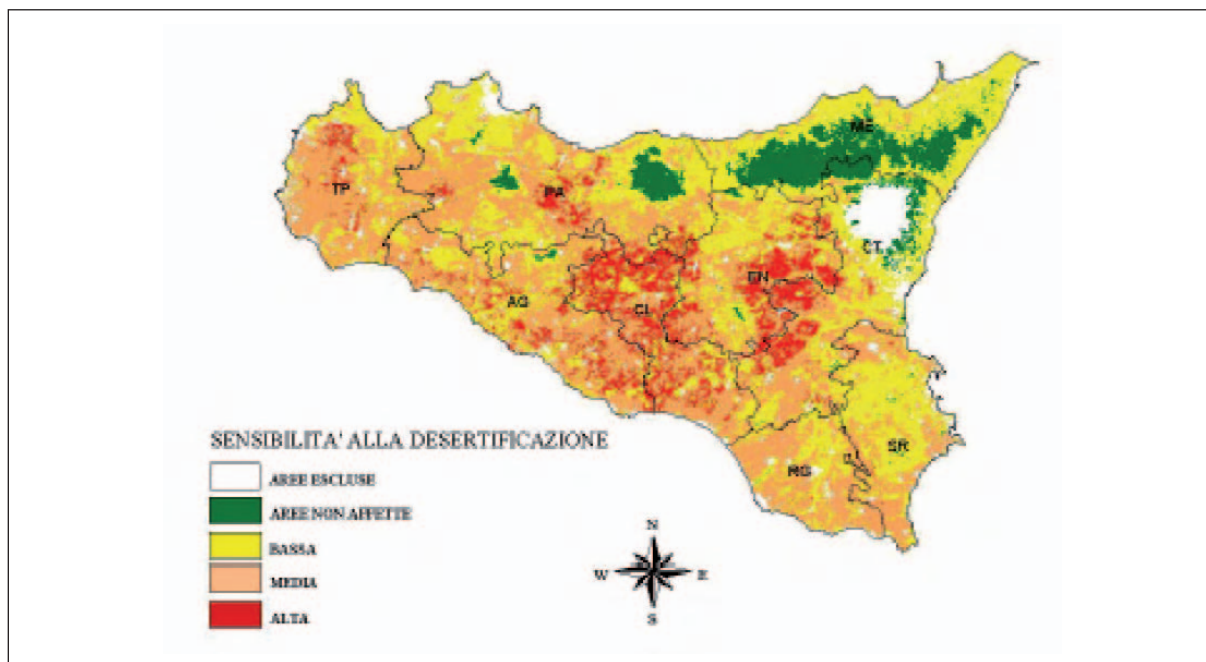


Fig. 5 – Aree sensibili alla desertificazione in Sicilia [14]

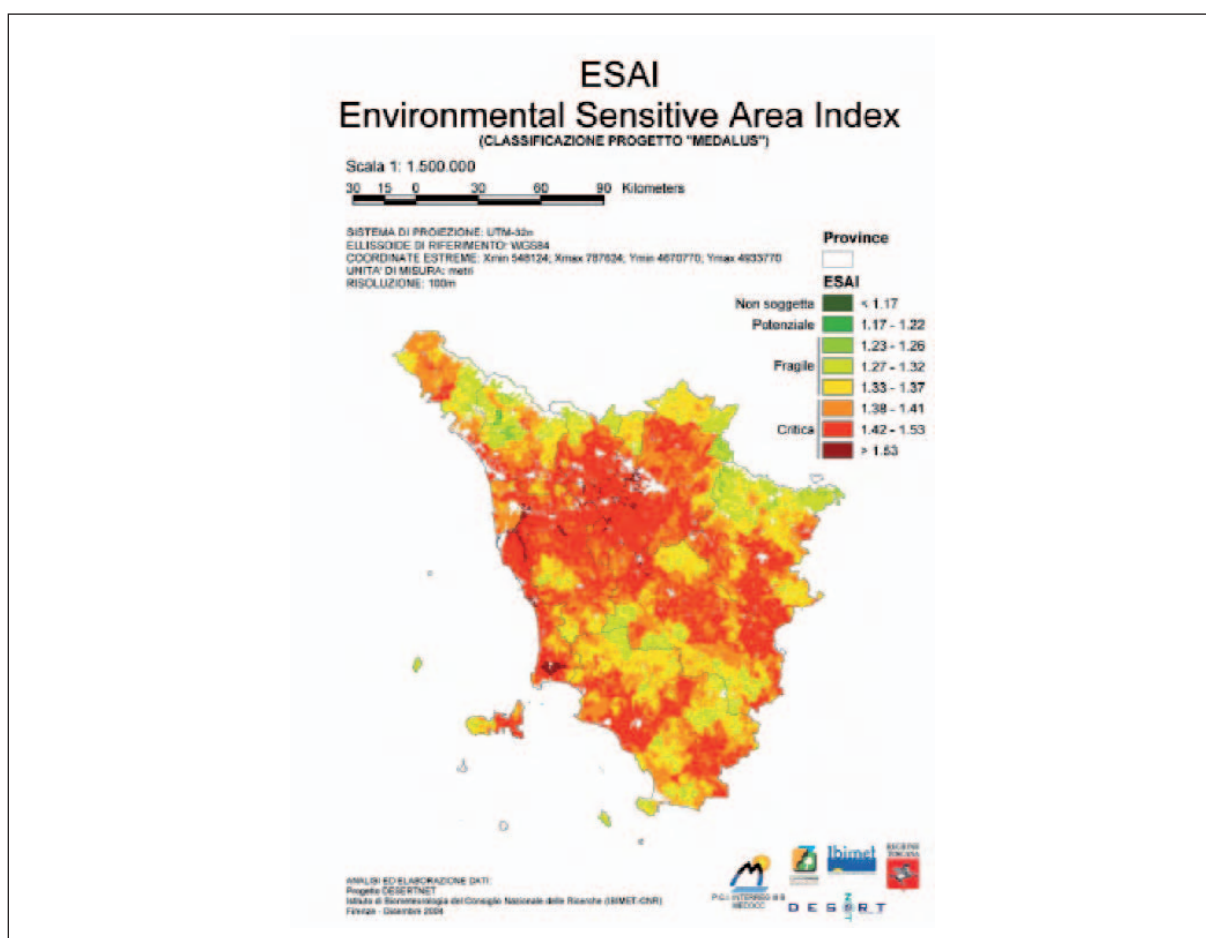


Fig. 6 – Aree sensibili alla desertificazione in Toscana [15]

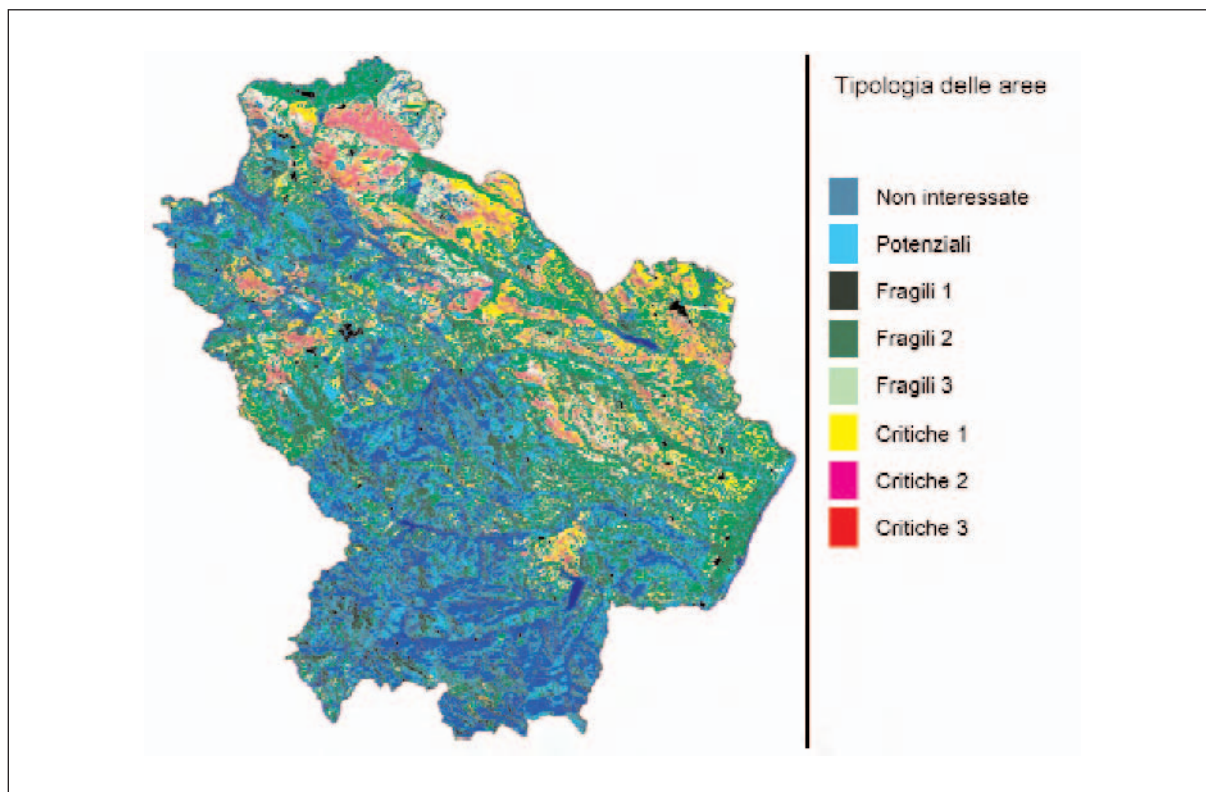


Fig. 7 – Aree sensibili alla desertificazione in Basilicata [16]

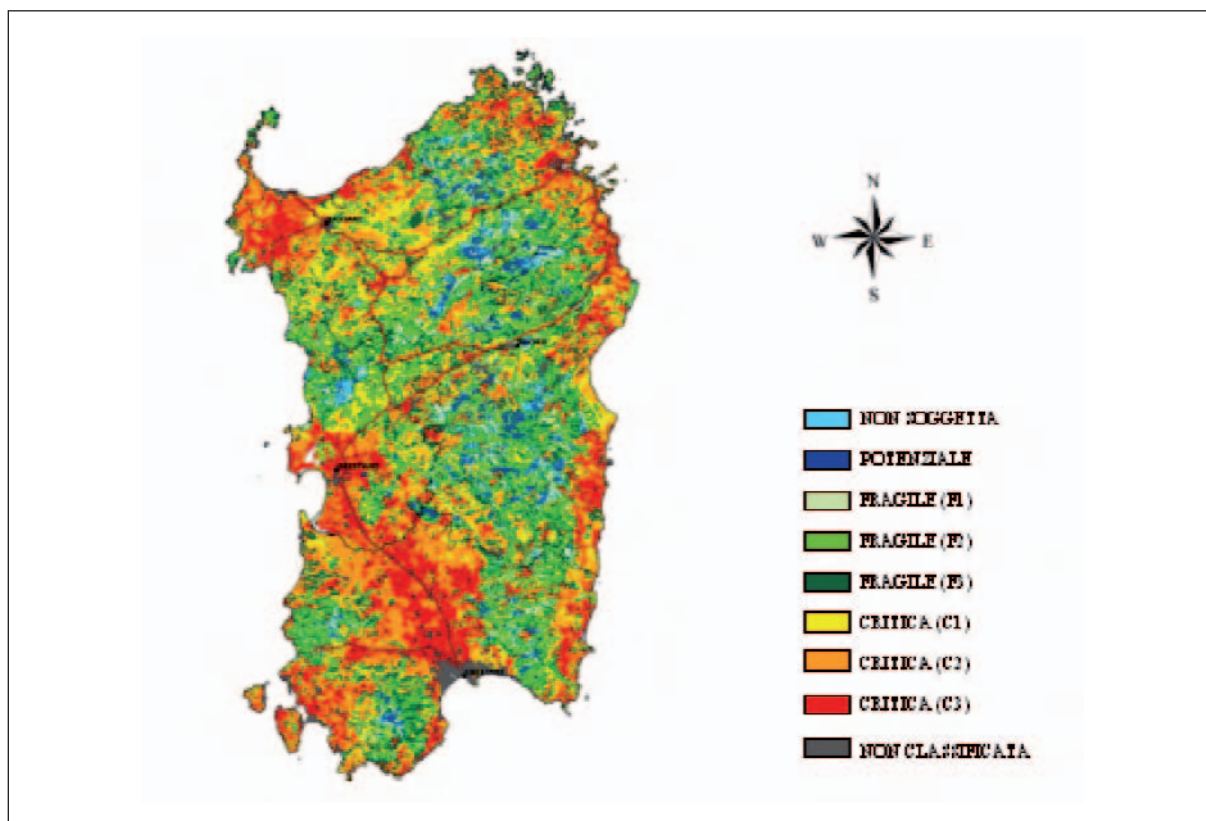


Fig. 8 – Aree sensibili alla desertificazione in Sardegna [17]

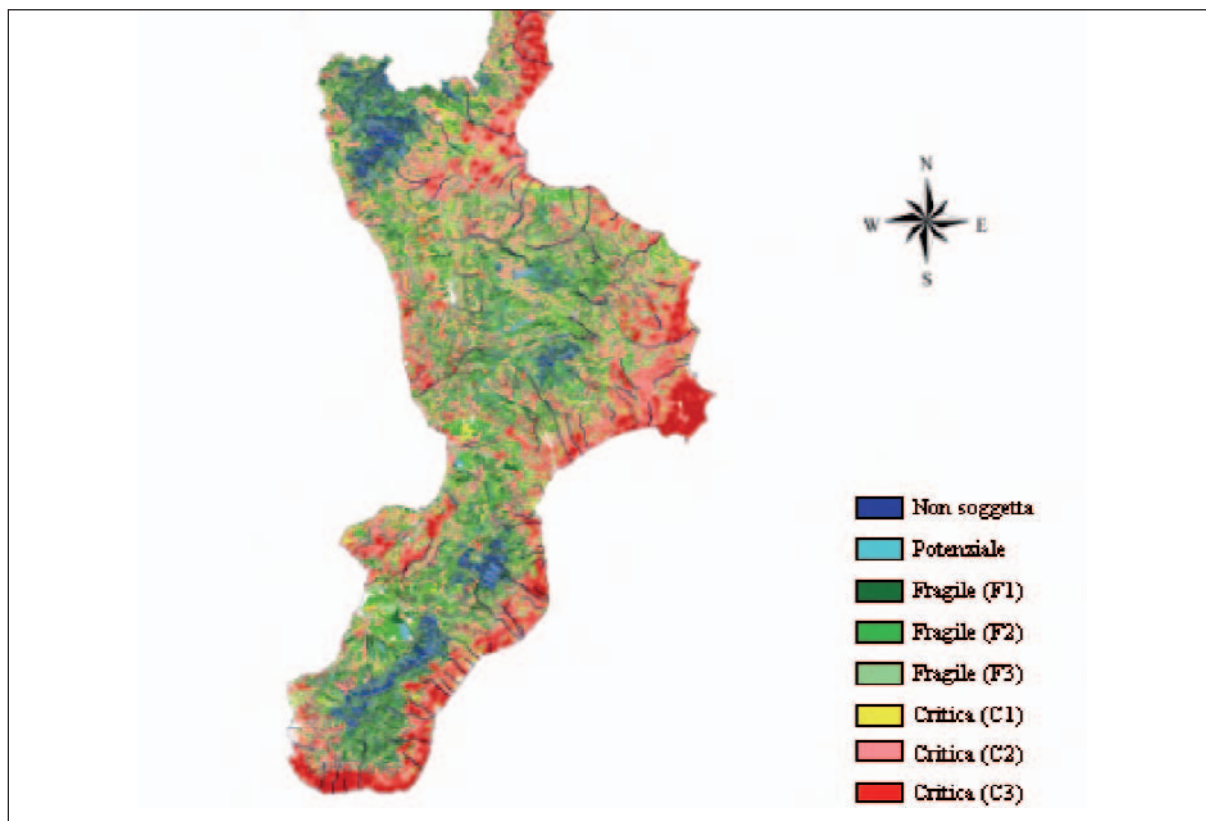


Fig. 9 – Aree sensibili alla desertificazione in Calabria [18]

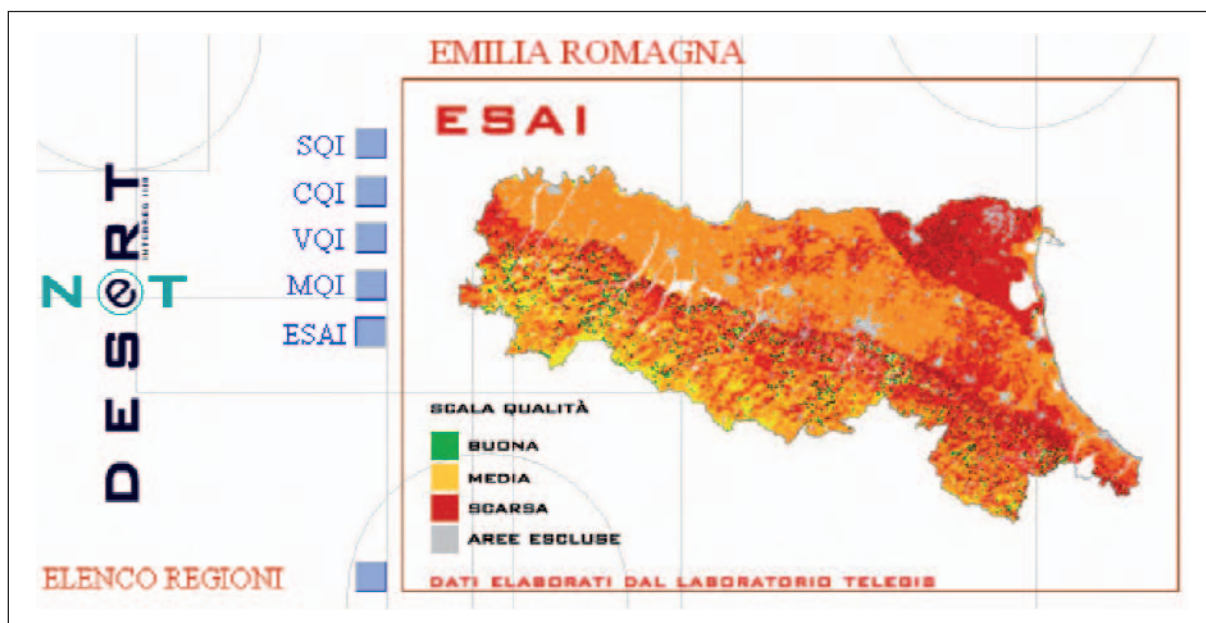


Fig. 10 – Aree sensibili alla desertificazione in Emilia Romagna [19]

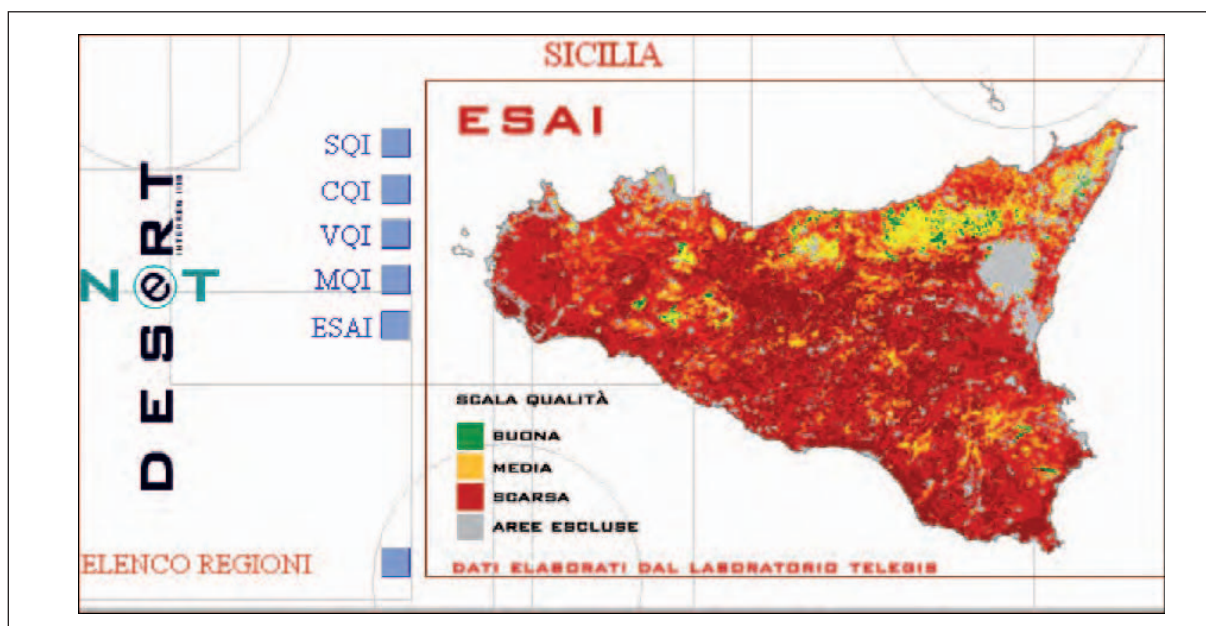


Fig. 11 – Aree sensibili alla desertificazione in Sicilia [19]

Nello stesso periodo, tuttavia, altri approcci sono stati sviluppati e testati, quali, ad esempio, la metodologia “Pimenta” messa a punto in Portogallo ed applicata in alcune regioni italiane con risultati altrettanto interessanti [20,21].

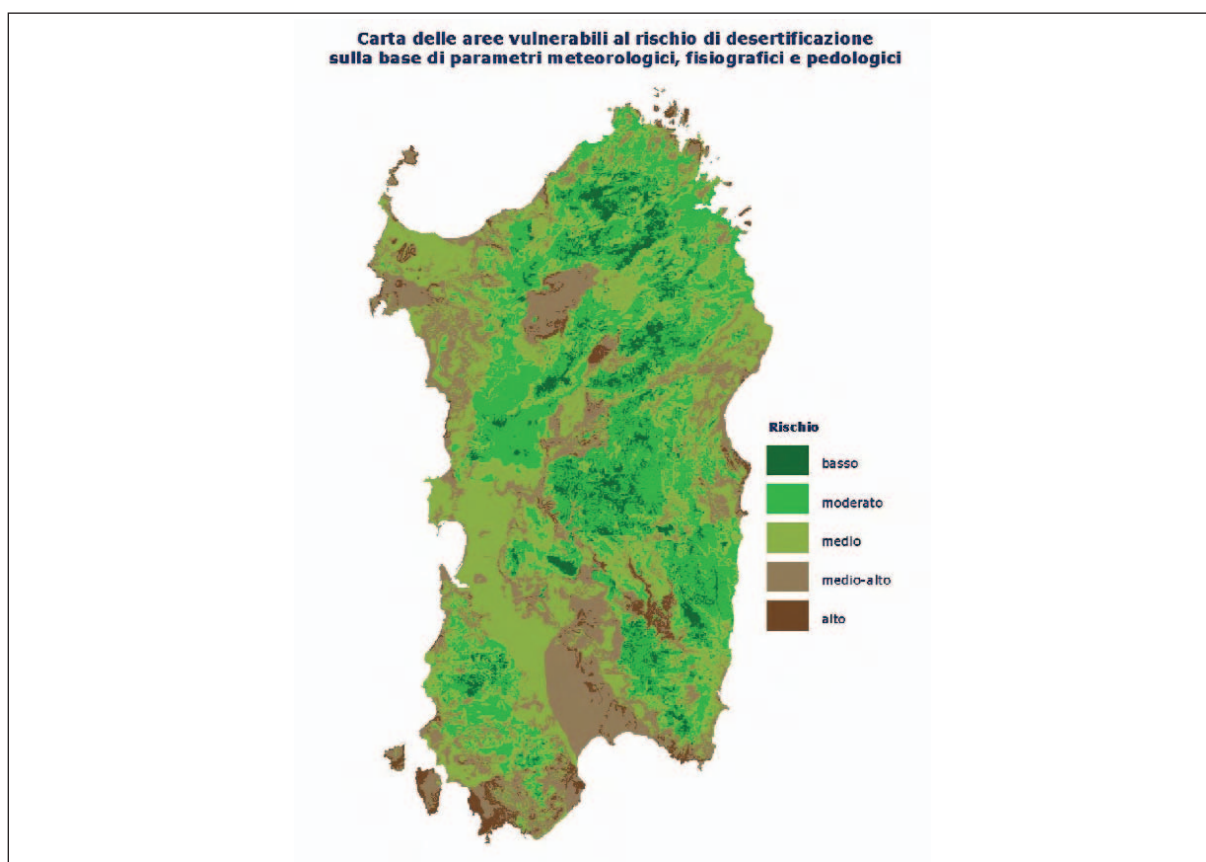


Fig. 12 – Aree vulnerabili alla desertificazione in Sardegna [20]

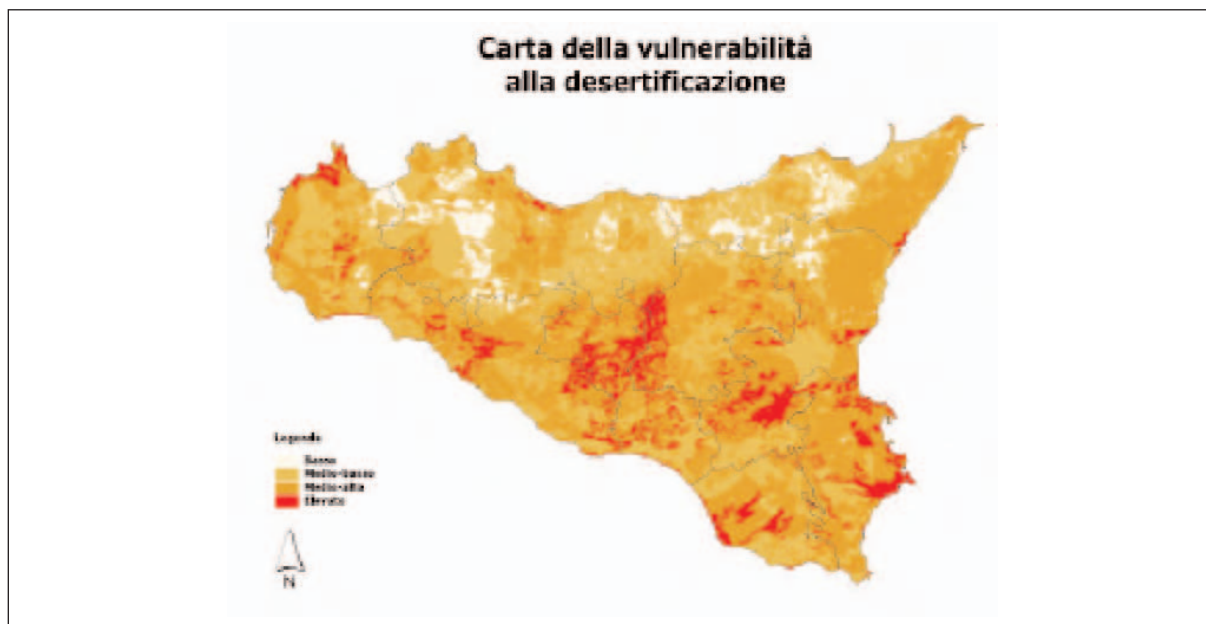


Fig. 13 - Aree vulnerabili alla desertificazione in Sicilia [21]

A livello del bacino del Mediterraneo il primo tentativo di applicazione di una metodologia comune è stato compiuto nell'ambito del progetto *Desertification Information System for the MEDiterranean*² (DISMED) coordinato dall'UNCCD, in collaborazione con l'Agenzia Europea per l'Ambiente e la Fondazione di Meteorologia Applicata (Fig. 14): la valutazione della sensibilità ambientale, alla scala di 1:1.250.000, è stata ottenuta attraverso un approccio di tipo ESA relativo ai soli aspetti ambientali (pedologici, vegetazionali e climatici) [22].

² <http://dismed.eionet.eu.int/>



Fig. 14 – Aree sensibili alla desertificazione in Italia [22]

Nello stesso periodo JRC (Joint Research Centre) e INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria) hanno realizzato la carta delle aree sensibili alla desertificazione (Fig. 15) nelle aree dei Paesi dell'Annesso IV della UNCCD (Portogallo, Spagna, Italia, Grecia, Turchia) [23].

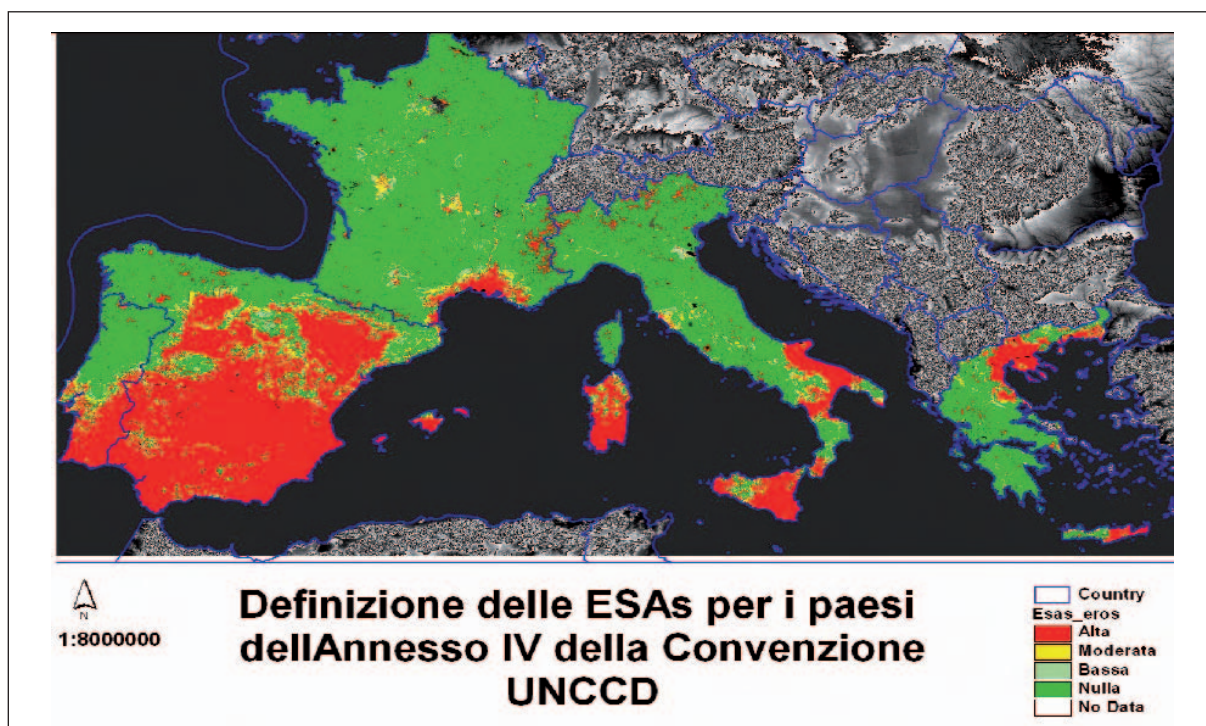


Fig. 15 – Aree sensibili alla desertificazione nei Paesi dell’Annesso IV [23]

Anche in questo caso, per l’individuazione delle aree sensibili è stata impiegata la metodologia ESA, con alcuni adattamenti già apportati nel caso dello studio condotto in Puglia [13].

Durante il periodo 2003-2004, l’ISSDS (Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo) e l’Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA) hanno realizzato l’*“Atlante del rischio di desertificazione”* [10] in Italia, costituito da una serie di banche dati a livello nazionale relative ad alcuni indicatori utili a stimare i rischi di desertificazione. Esso rappresenta, cioè, una fotografia dello stato dell’ambiente in relazione al fenomeno della desertificazione, più che un’analisi dei processi o l’elaborazione di un indicatore di sintesi.

Infine, nell’ambito del Progetto Finalizzato ‘CLIMAGRI – Cambiamenti Climatici e Agricoltura’, l’Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA)³ ha effettuato una valutazione della sensibilità alla desertificazione su tutto il territorio nazionale, mettendo a confronto diverse metodologie. In questo studio, condotto soprattutto dal punto di vista dell’impatto sui sistemi agricoli e nell’ottica del cambiamento climatico, viene fornita un’interpretazione dei processi indicati in termini dinamici riferita al cinquantennio 1951 – 2000. Questa interpretazione si riferisce fondamentalmente all’applicazione, a partire dagli stessi dataset, delle metodologie CNLD ed ESA, a cui è stata affiancata una procedura originale che si basa sull’integrazione delle informazioni GIS e di analisi multidimensionali e multitemporali. Gli indicatori utilizzati ricalcano solo in parte le precedenti acquisizioni di altri lavori sulla desertificazione a livello nazionale, aggiornando la valutazione operativa al periodo più recente (2000-2001), anche attraverso l’introduzione di variabili climatiche provenienti dalla Banca Dati Agrometeorologica Nazionale.

³ UCEA è entrato a far parte del Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA)

2.2 Predisposizione della Banca Dati

Per semplificare l'archiviazione e la costruzione della Banca Dati è stata concepita una struttura standard dei dati da reperire. I diversi lavori censiti sono stati schematizzati e sintetizzati mediante schede digitali in formato Word ed Excel, di cui viene riportata la griglia a titolo di esempio (Fig. 16). In Allegato 2 vengono riportate tutte le schede complete relative alle metodologie analizzate nel presente lavoro.

Codice
Scala
Grado di criticità area
Ambito geografico
Località
Metodologia
Sistema di coordinate
Procedure operative
Macro-indici
Algoritmo di calcolo dei macro-indici
Variabili elementari clima
Variabili elementari suolo
Variabili derivate clima
Variabili derivate vegetazione
Variabili derivate antropico
Algoritmo di calcolo degli indici
Spazializzazione
Algoritmo calcolo indice finale
File di riferimento

Fig. 16 - Scheda tipo delle variabili e delle informazioni considerate

Nella predisposizione della Banca Dati sono stati seguiti i criteri generalmente utilizzati per la progettazione di un *database* finalizzato all'archiviazione e alla consultazione dei dati e della documentazione relativa (metadati), secondo le seguenti fasi:

- **analisi dei requisiti:** si stabilisce cosa si vuole rappresentare;
- **progettazione del sistema:** si progetta un sistema basandosi sulle informazioni ricavate dall'analisi dei requisiti;
- **realizzazione del sistema:** si crea la banca dati definitiva su software dedicato.

Le prime due fasi hanno lo scopo di fornire un modello della base di dati, che nel nostro caso è di tipo relazionale. Queste fasi della progettazione sono indipendenti dal software utilizzato in fase di realizzazione. Segue la fase di realizzazione dell'archivio vero e proprio che dipende dal programma utilizzato.

In Allegato 1 viene riportata la descrizione delle fasi di analisi dei requisiti e della procedura utilizzata per la progettazione del sistema.

3. ANALISI DELLE METODOLOGIE DI MAPPATURA E DEGLI INDICATORI

Alcuni dei lavori censiti, raccolti ed archiviati nella Banca Dati, sono stati analizzati e messi a confronto attraverso l'elaborazione di statistiche elementari che hanno permesso di effettuare considerazioni interessanti in merito alle metodologie di mappatura messe a punto fino ad oggi ed all'utilizzo degli indicatori di desertificazione per la rappresentazione cartografica del fenomeno.

3.1 Le metodologie di mappatura

Dal grafico in figura 17 si può notare come dei 21 documenti censiti, 8 siano riferiti allo studio ed all'individuazione di "aree sensibili", 7 di "aree a rischio" e 6 di "aree vulnerabili" ma, come già accennato, non esiste in bibliografia una così netta distinzione tra categorie di metodologie di mappatura finalizzate all'uno od all'altro obiettivo. A partire dalla stessa metodologia (ad esempio ESA), in alcuni contesti l'obiettivo dichiarato è stato quello dell'individuazione delle aree sensibili, in altri di aree vulnerabili ed in altri ancora di aree a rischio, ad indicare un utilizzo improprio di alcuni termini, peraltro non ancora adeguatamente definiti (Vedi paragrafo 1.3).

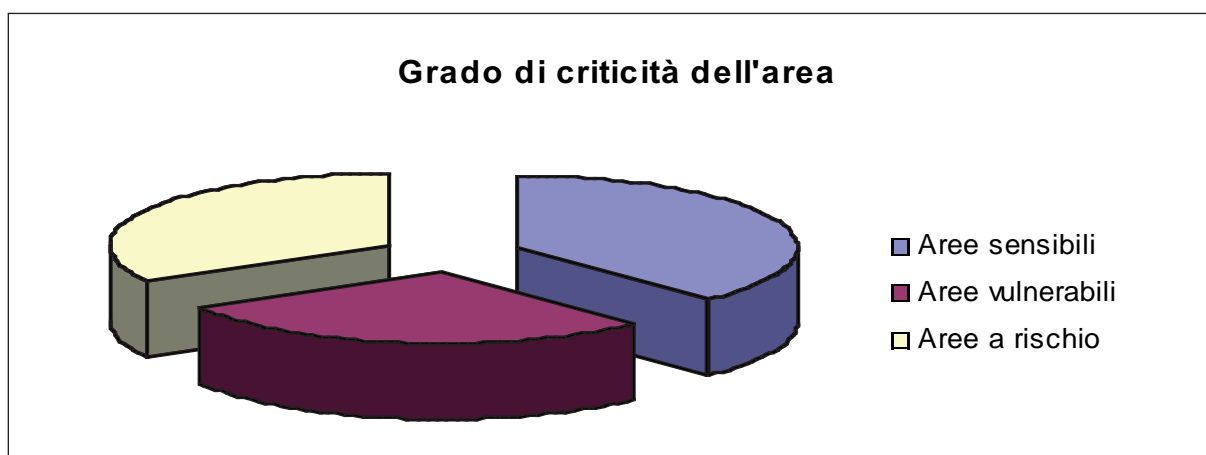


Fig. 17 – Grafico relativo alla terminologia utilizzata

Per quanto riguarda la **scala**, come si vede in figura 18, per la maggioranza dei lavori analizzati (7 su 21) la scala dichiarata è 1:250.000. Dall'analisi emerge inoltre che 3 documenti non riportano un'indicazione precisa riguardante la scala alla quale è stata realizzata la cartografia.

La questione della scala dei prodotti cartografici ottenuti rimane tuttavia aperta. Infatti anche nei casi in cui viene fornita un'indicazione esplicita della scala, questa non viene motivata da una valutazione sull'accuratezza geografica e tematica della cartografia ottenuta. Spesso non viene fornita alcuna indicazione sulla scala di acquisizione dei datasets di input. In molti casi la scala indicata è semplicemente quella di uno tra i datasets utilizzati (e.g. carta dei suoli) e non vi è alcuna riflessione sull'utilizzo integrato di dati acquisiti a grande scala (e.g. climatici) con dati di maggior dettaglio (e.g. land use / cover). Ovviamente, l'integrazione di strati cartografici a risoluzione differente per diversi indici sintetici deve essere opportunamente valutata, soprattutto nei contesti in cui la disparità di risoluzione spaziale possa introdurre *bias* consistenti nella valutazione territoriale condotta in ambiti troppo dettagliati.

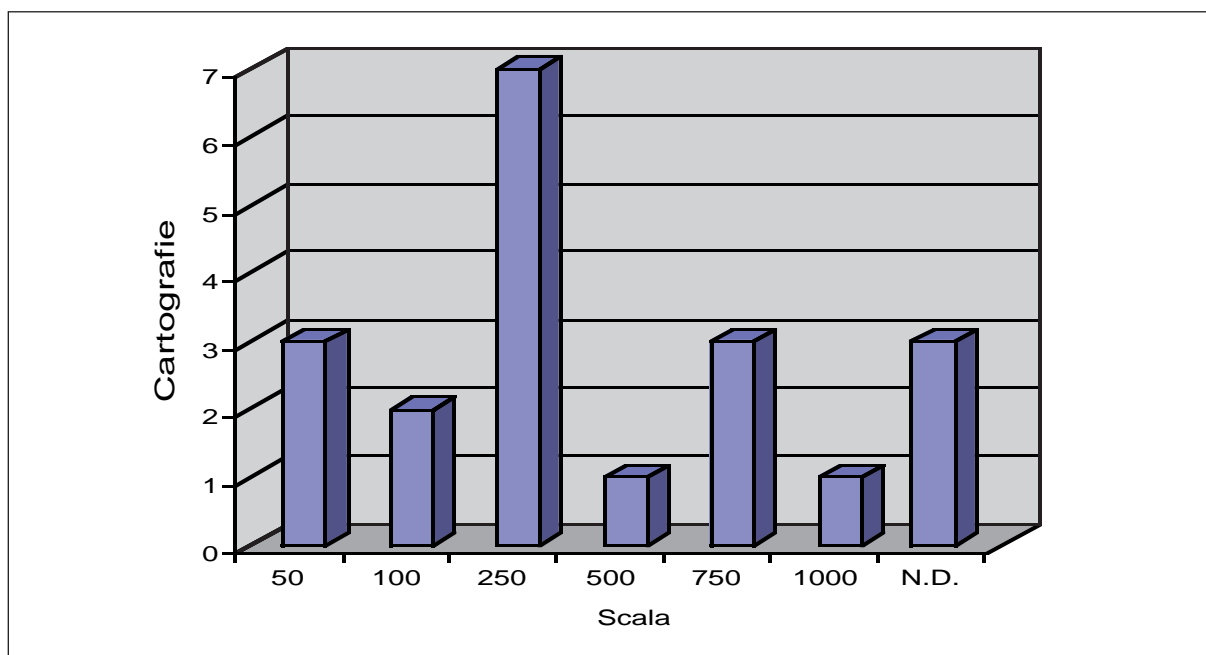


Fig. 18 – Grafico delle scale delle cartografie

Il risultato della statistica precedente è correlato all'analisi relativa ai differenti **contesti geografici** studiati fino ad ora: internazionale, nazionale, regionale e locale. Come si evince dal grafico in figura 19 la maggior parte delle cartografie è stata realizzata su scala regionale ciò che, fatte salve le osservazioni fatte sopra, giustificherebbe una preferenza per la scala 1:250.000, che restituisce in maniera adeguata le informazioni a livello regionale.

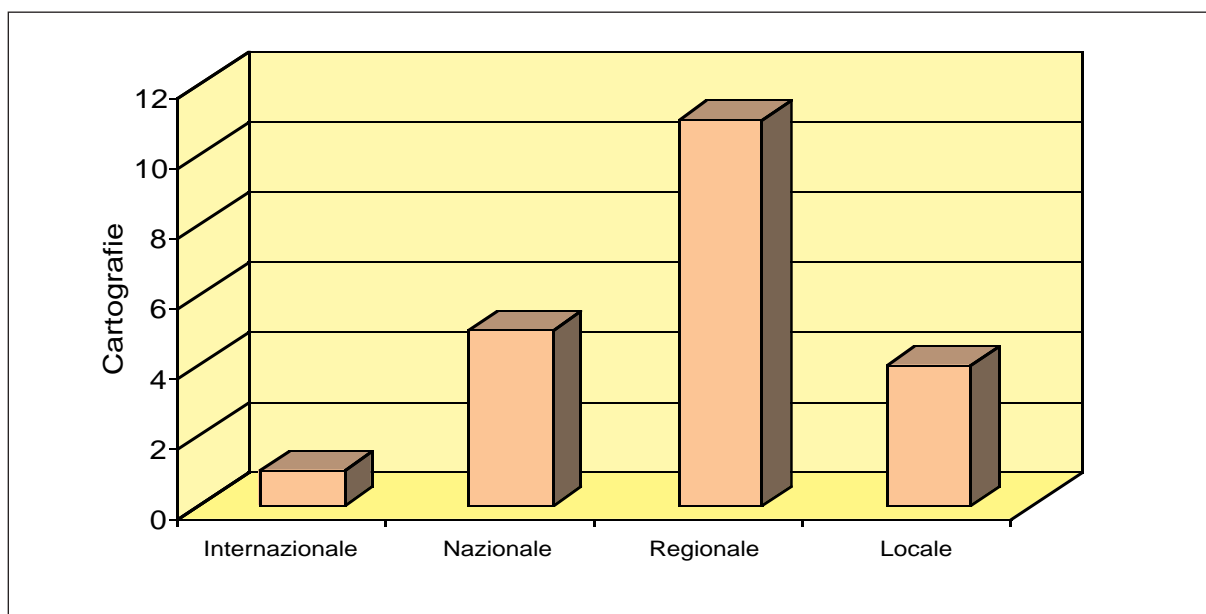


Fig. 19 – Grafico dei livelli geografici

Per quanto riguarda le **aree di studio** fino ad oggi indagate, 6 cartografie su 21 ricoprono l'intero territorio nazionale. I lavori a livello regionale sono piuttosto numerosi nelle regioni del Sud Italia che, d'altra parte, risultano essere le aree più vulnerabili ai processi di desertificazione. Alcune regioni quali Sardegna, Sicilia, Puglia e Basilicata dispongono attualmente di 2 cartografie regionali delle aree sensibili alla desertificazione, generalmente realizzate attraverso l'utilizzo di metodologie differenti e poco confrontabili fra loro (Fig. 20).

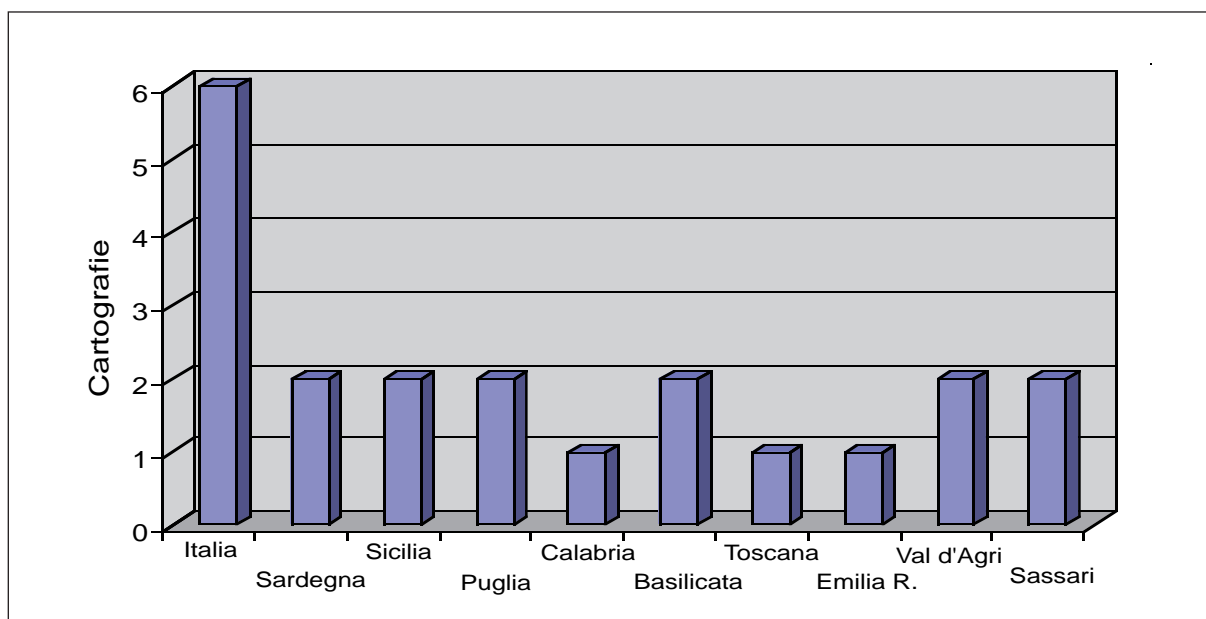


Fig. 20 – Grafico delle aree di studio indagate

In merito al **tipo di metodologia**, in figura 21 si può osservare che la metodologia più ampiamente utilizzata è quella prodotta nell'ambito del Progetto di ricerca MEDALUS, denominata ESA: ben 13 lavori su 21 sono stati realizzati attraverso tale approccio che risulta quello maggiormente condiviso attualmente sia a livello nazionale sia internazionale, date le sue caratteristiche di adattabilità alla realtà locale, di facilità di applicazione e considerata l'esigenza sempre crescente di utilizzare metodologie simili per favorire la confrontabilità dei risultati. In merito a quest'ultimo aspetto è importante sottolineare che non tutte le applicazioni ESA possono essere considerate perfettamente confrontabili fra loro poiché modifiche ed adattamenti parziali sono stati apportati in numerosi contesti e per molteplici motivi (ad es. limitata disponibilità dei dati).

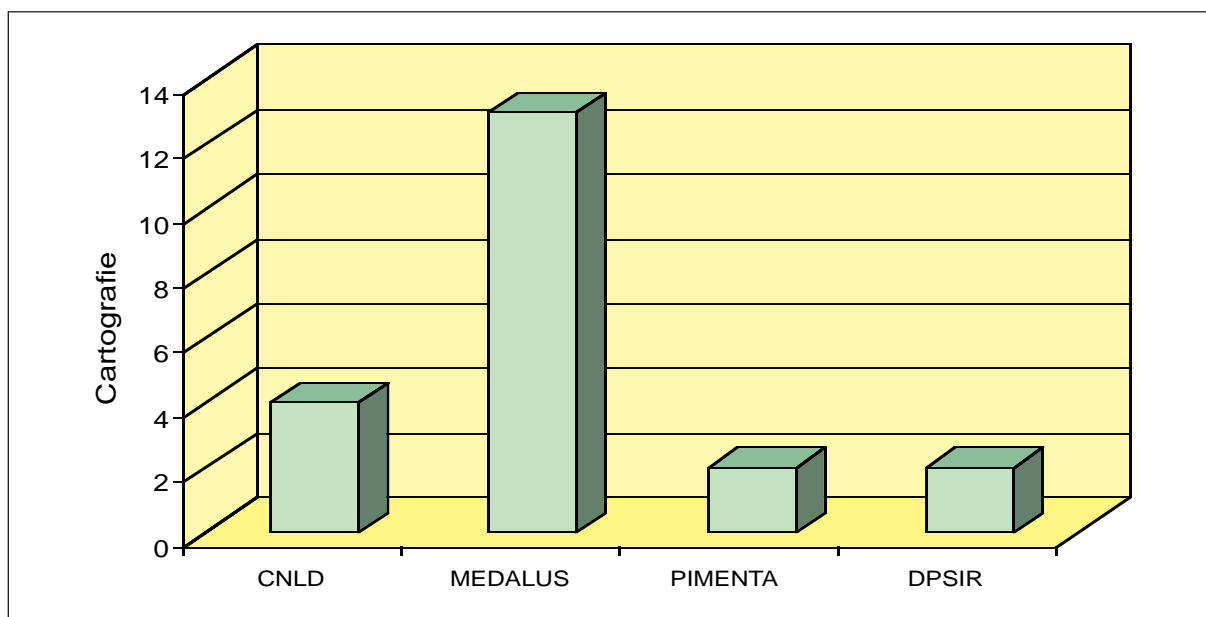


Fig. 21 – Grafico delle metodologie di mappatura

3.2 Gli indicatori

Il presente paragrafo riporta l'analisi degli indicatori tematici utilizzati nelle cartografie considerate, a partire da quelli climatici.

Per quanto riguarda le **variabili elementari** utilizzate per elaborare indicatori ed indici climatici, esiste un'ampia varietà di variabili fra le quali le più utilizzate risultano le "Precipitazioni annue", l'"Evapotraspirazione potenziale" e l'"Esposizione dei versanti" (Fig. 22).

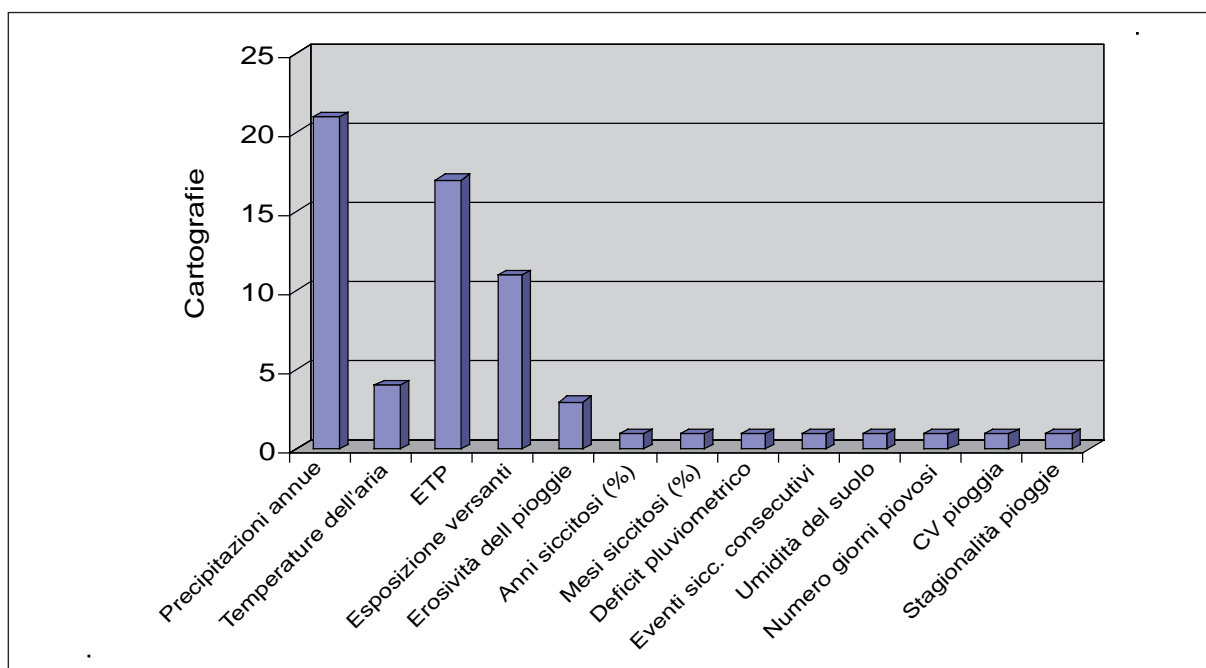


Fig. 22 – Grafico delle variabili elementari per il clima

Dal grafico in figura 23 emerge uno degli aspetti di maggior rilievo per quanto riguarda le variabili climatiche, che è quello relativo agli **algoritmi di calcolo dell'evapotraspirazione**. Si può osservare infatti che l'algoritmo fino ad ora più utilizzato è quello di Penman-Monteith, ma un'ampia gamma di altri algoritmi è stata impiegata in modo importante, producendo un'elevata disomogeneità nell'elaborazione di alcuni indicatori legati all'evapotraspirazione. Anche in questo caso in alcuni lavori non è stata trovata indicazione alcuna circa l'algoritmo utilizzato.

Riguardo agli **indici climatici derivati** (Fig. 24) quello più utilizzato è l'indice di aridità, mentre l'indice di siccità è stato elaborato solo in 4 casi.

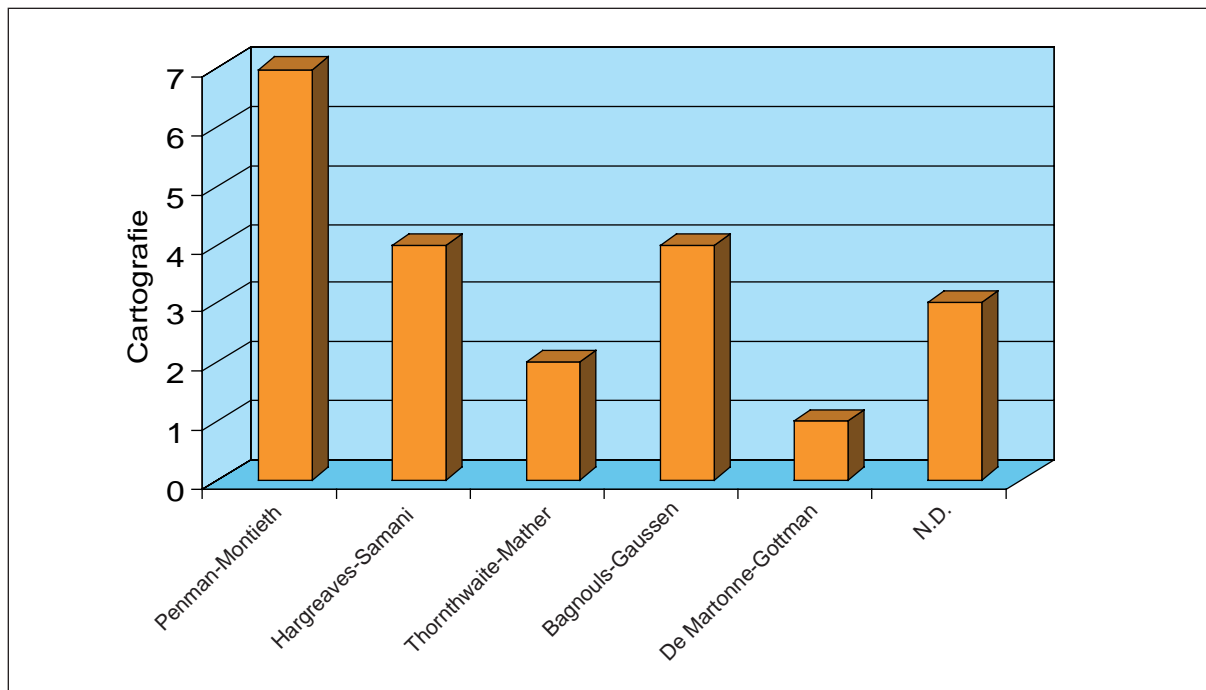


Fig. 23 – Grafico degli algoritmi di calcolo dell'evapotraspirazione

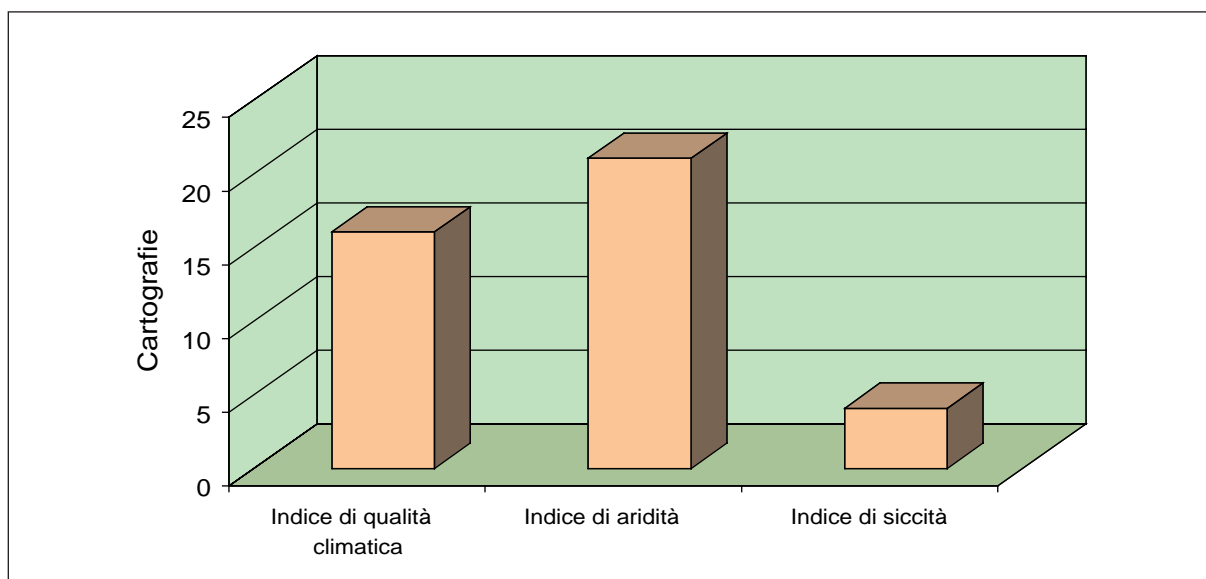


Fig. 24 – Grafico degli indici climatici derivati

In figura 25 vengono rappresentate le analisi statistiche relative alle **tecniche di spazializzazione dei dati**: la tecnica più utilizzata in assoluto è quella del Kriging/Cokriging, ma si rileva anche un elevato numero di documenti nei quali non viene fornita alcuna indicazione al riguardo.

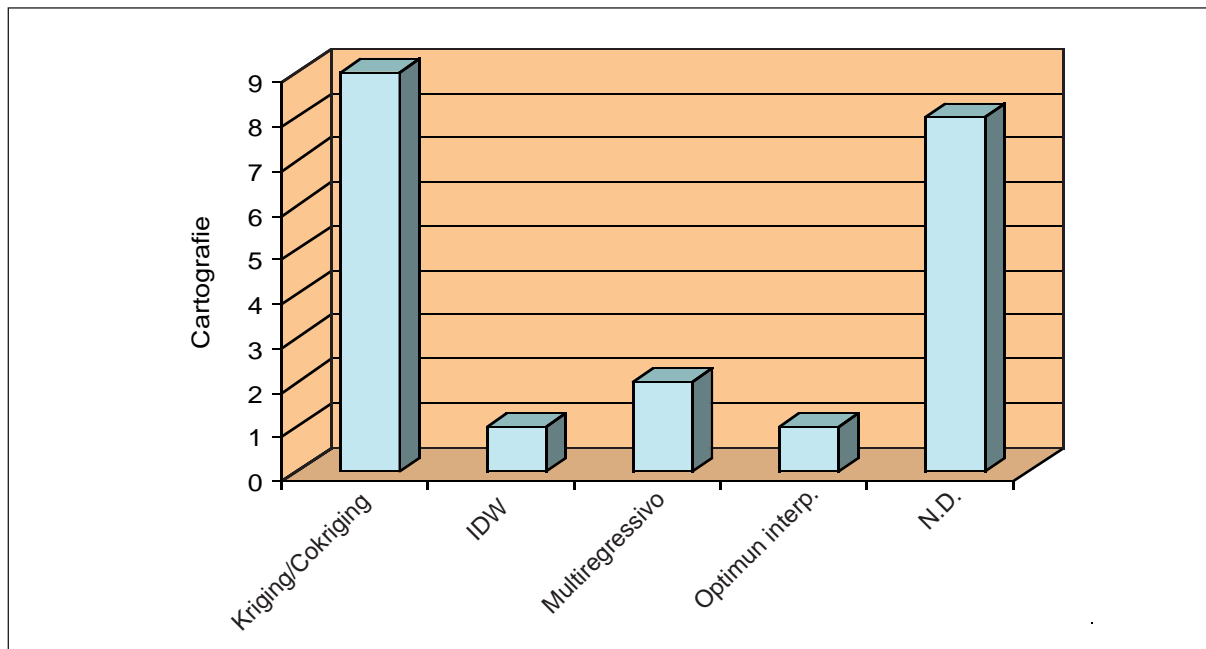


Fig. 25 – Grafico delle tecniche di spazializzazione

La figura 26 riporta la distribuzione degli **intervalli temporali** relativi ai dati utilizzati per la realizzazione delle varie cartografie: per la maggior parte dei lavori vengono impiegate serie temporali del trentennio 1961 – 1990, che è il trentennio di riferimento per i dati climatici suggerito in ambito internazionale (WMO). Un numero elevato di documenti non riporta l'indicazione dell'intervallo temporale considerato.

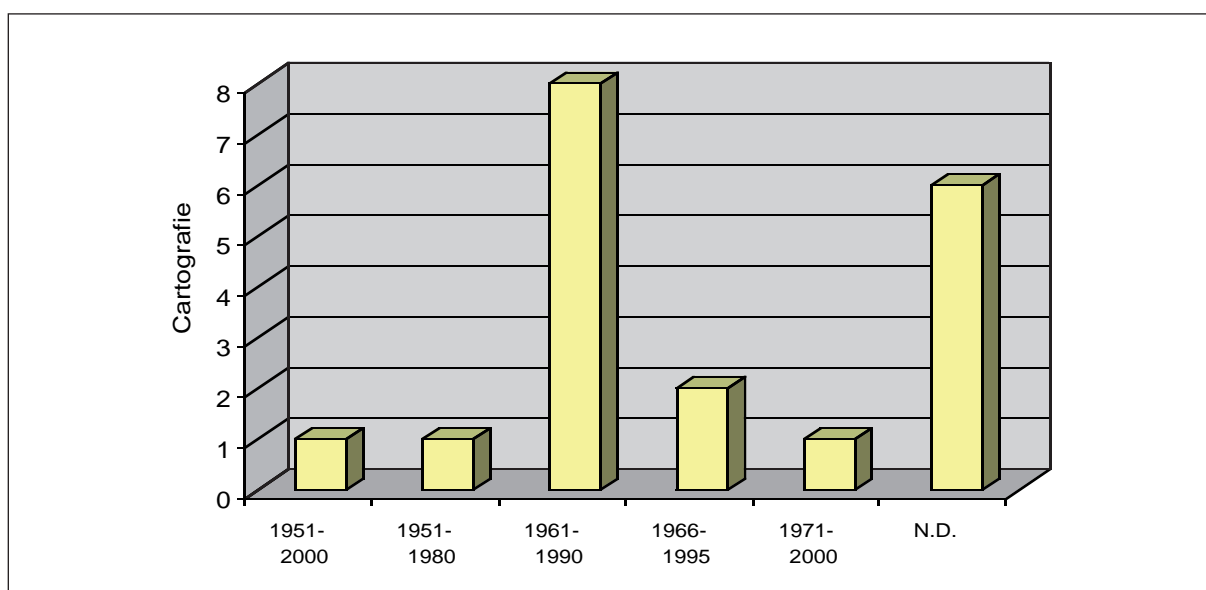


Fig. 26 – Grafico degli intervalli temporali utilizzati

La **variabili elementari riferite al suolo** (Fig. 27) sono numerose, ma le più utilizzate sono senza dubbio la “Pendenza”, la “Profondità del suolo”, la “Tessitura”, la “Roccia madre”, la “Pietrosità” ed il “Drenaggio” che sono, peraltro, le variabili previste dalla metodologia ESA. La fonte principale delle variabili pedologiche è rappresentata dalle carte regionali, ma anche in questo caso viene rilevato un elevato numero di documenti nei quali non è stata riportata l’indicazione delle fonti (Fig. 28).

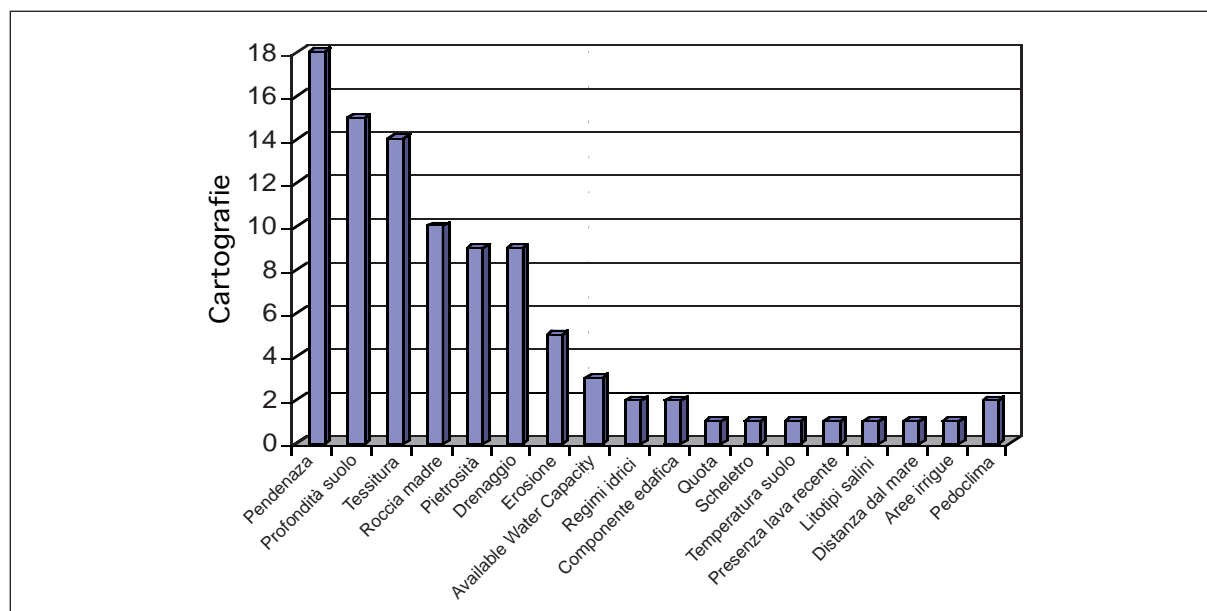


Fig. 27 – Grafico delle variabili elementari riferite al suolo

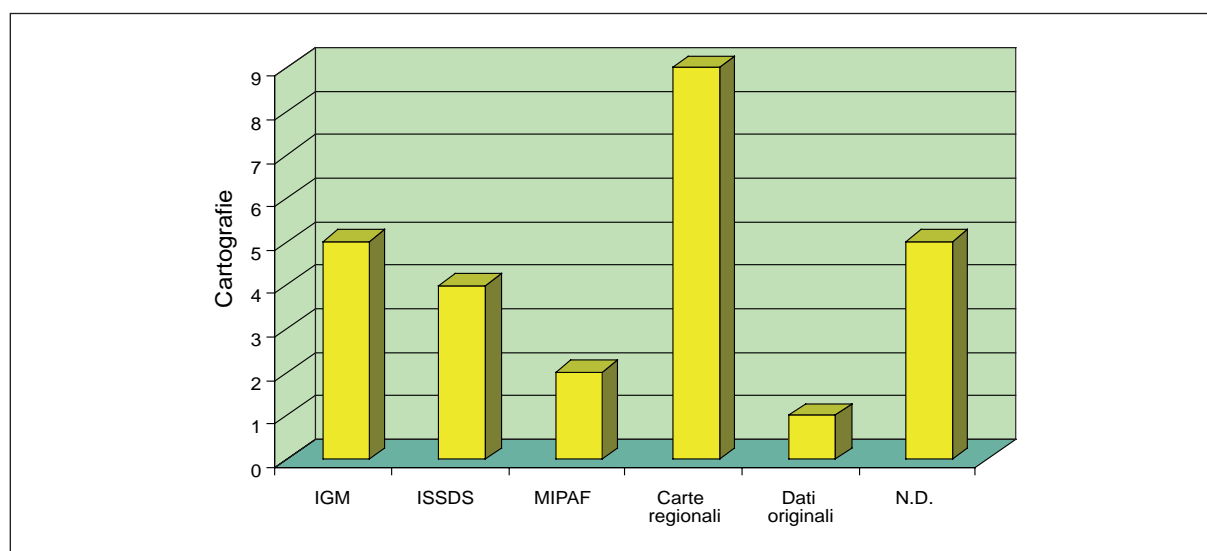


Fig. 28 – Grafico delle fonti per i dati pedologici

Tra le **variabili elementari riferite alla vegetazione**, la copertura vegetale è l’indicatore più frequentemente elaborato (Fig. 29). Essa fa parte, infatti, del set di indicatori vegetazionali previsti dalla metodologia ESA ma rappresenta altresì l’indicatore vegetazionale più comunemente utilizzato anche nell’ambito delle altre metodologie, sia a partire dalla carta CORINE Land Cover sia tramite dati telerilevati (Fig. 30).

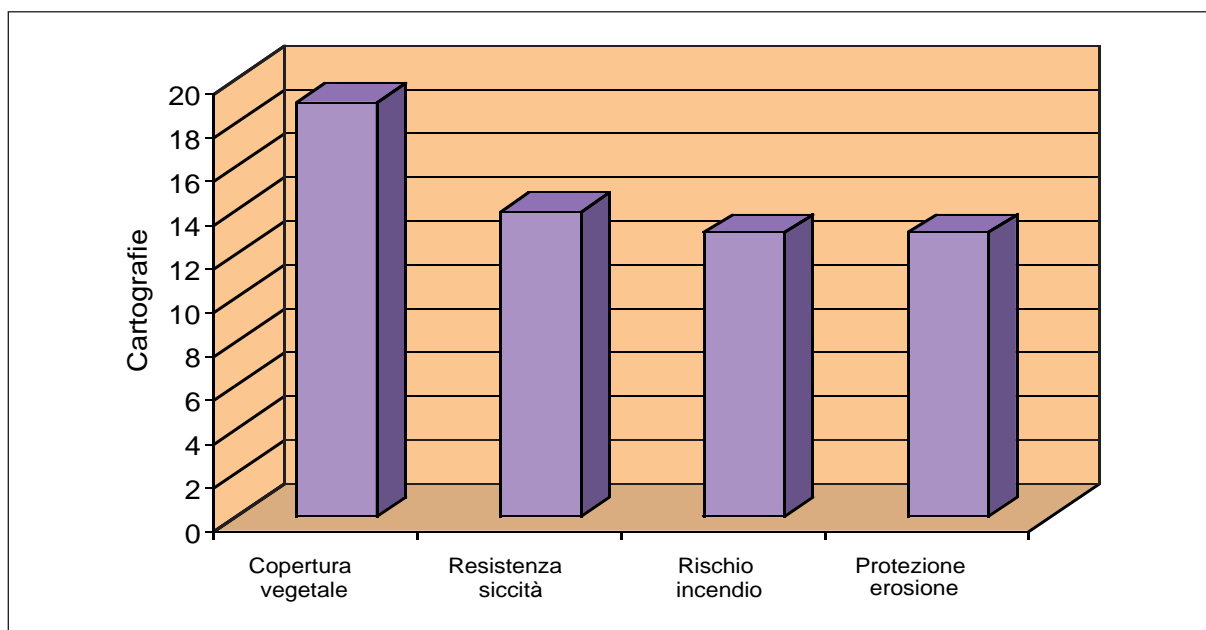


Fig. 29 - Grafico delle variabili elementari per la vegetazione

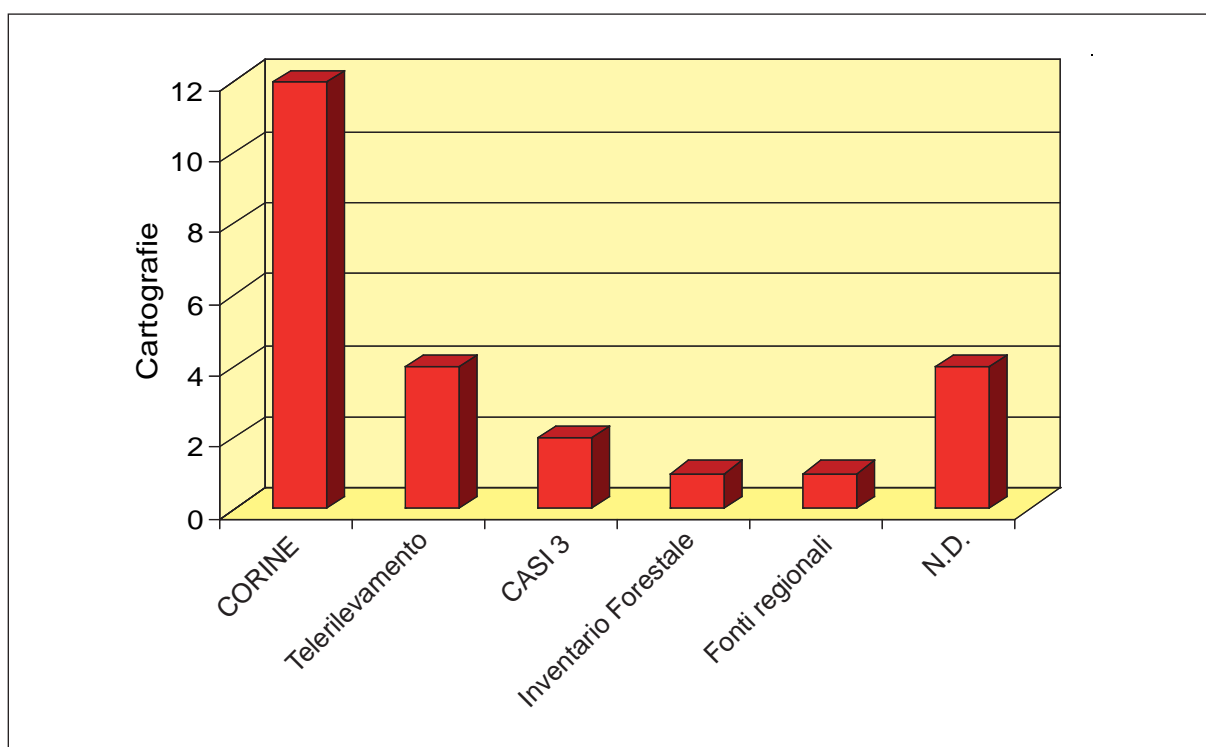


Fig. 30 – Grafico delle fonti di dati per la vegetazione

In figura 31 vengono indicati tutti gli indicatori d’impatto delle attività antropiche che sono stati censiti nei differenti documenti. Come si può osservare tali indicatori sono numerosissimi e fra questi spiccano l’”Intensità d’uso del suolo” e le “Politiche di gestione” le cui fonti più diffusamente utilizzate sono la cartografia digitale CORINE Land Cover ed i database dei Censimenti Generali dell’ISTAT (Fig. 32).

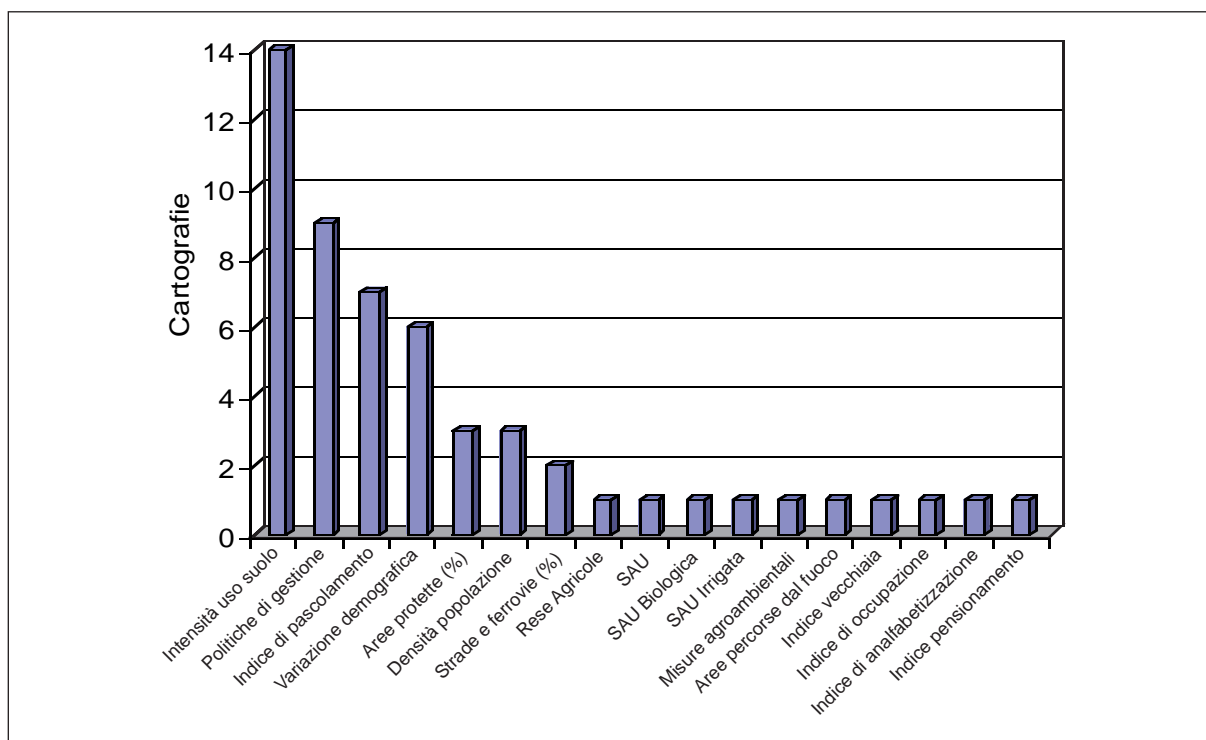


Fig. 31 – Grafico degli indicatori per le attività antropiche

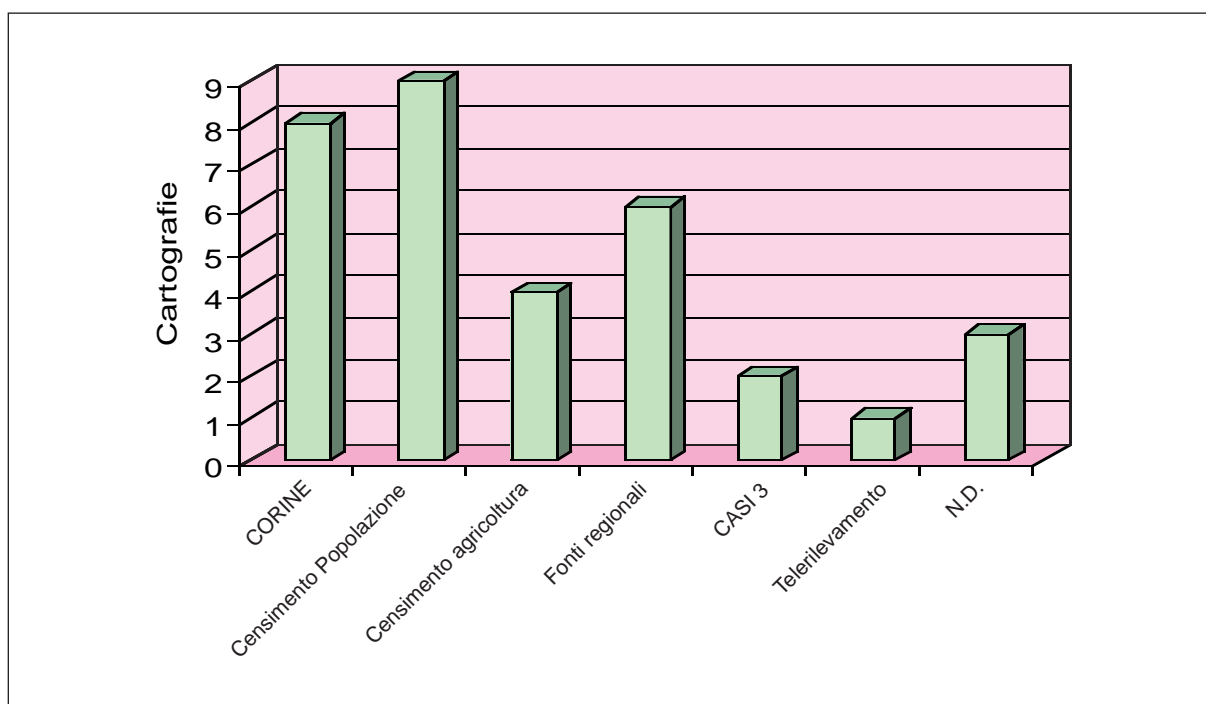


Fig. 32 – Grafico delle fonti di dati per gli indicatori per le attività antropiche

4. CONFRONTO METODOLOGICO FRA CARTOGRAFIE

4.1 Cartografie ed indici sintetici: un confronto a livello nazionale

“Sensibilità”, “vulnerabilità” e “rischio” alla desertificazione vengono valutati con riferimento a modelli interpretativi e metodologie relativamente consolidati, che hanno generato un certo numero di applicazioni in contesti geografici e per scale di analisi diverse. Nel capitolo 1 abbiamo preliminarmente affrontato il concetto di desertificazione, mentre nei capitoli 2 e 3 abbiamo catalogato, attraverso una sintesi delle procedure, le principali metodologie di analisi riscontrate.

Una delle attività svolte nell’ambito di questo progetto è stata quella di mettere a confronto metodologie di valutazione diverse con esempi relativi sia al livello nazionale che a quello regionale.

Per quanto riguarda il confronto a livello nazionale sono stati valutati tre metodi: il primo, definito secondo i criteri indicati a suo tempo dal CNLD [1999],⁴ un secondo avente come riferimento ESA ed un terzo messo a punto più recentemente da UCEA. Le valutazioni si riferiscono a due periodi di riferimento: 1961-1990 e 1971-2000.

Oltre alla presentazione dei metodi confrontati e dei rispettivi indici per ognuno dei periodi disponibili, vengono proposti due tipi di confronto:

- confronto dello stesso indice per i due periodi di riferimento disponibili, al fine di consentire la valutazione dell’evoluzione del fenomeno utilizzando lo stesso modello di valutazione. Il confronto viene proposto sia visivamente, attraverso le mappe degli indici sintetici riferiti separatamente ad ogni periodo, che attraverso una “mappa delle differenze”, che mette in risalto in modo diretto le aree senza variazioni intercorse o con variazioni di segno positivo o negativo.
- confronto tra i diversi modelli proposti, per mettere in luce le aree in cui le valutazioni concordano o divergono maggiormente; un’indicazione utile per delineare le ragioni metodologiche o legate alle informazioni usate, alla base di eventuali discrepanze.

4.1.1 Gli indici sintetici messi a confronto

La metodologia CNLD

Già nel 1999 il Comitato Nazionale Lotta alla Desertificazione (CNLD) ha realizzato una cartografia delle “aree vulnerabili al degrado del territorio” e “sensibili al fenomeno della desertificazione”. Più precisamente è stata prodotta una “carta preliminare delle aree sensibili alla desertificazione” in scala 1:250.000, che copre l’intero paese [11].⁵ Per maggiori dettagli si veda la scheda in Allegato 2 in questo testo.

Allo scopo di identificare le “aree sensibili alla desertificazione” sono stati considerati i seguenti fattori ed i relativi tematismi di riferimento, che vengono indicati tra parentesi:

- Clima (indice di aridità): fattore “a”
- Caratteristiche del suolo (indice pedoclimatico): fattore “b”
- Uso del suolo (Corine Land Cover): fattore “c”
- Pressione antropica (variazione demografica negli anni 1981-1991): fattore “d”

⁴ Ci si riferisce alla “Carta preliminare delle aree sensibili alla desertificazione”, crf Cap. 2 in questo testo.

⁵ La carta è stata realizzata da un gruppo di lavoro costituito nell’ambito del CNLSD. Il gruppo era coordinato dall’allora Servizio Idrografico e Maregrafico Nazionale (SIMN) del Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali (DSTN) della Presidenza del Consiglio dei Ministri. La redazione della carta in formato digitale è stata supportata dall’Ufficio per il Sistema Informativo Unico dello stesso DSTN.

Sulla base dell'analisi effettuata il territorio nazionale è stato suddiviso in aree “poco”, “mediamente” e “molto sensibili” al fenomeno della desertificazione. Per le finalità di confronto di questo studio si è inteso ricostruire il sistema di valutazione applicato a suo tempo dal CNLD.⁶ Mentre nelle elaborazioni originali il calcolo dell'indice di aridità (abbreviato come fattore “a”) si riferiva al solo periodo 1961-1990, in questa analisi è stato aggiunto il periodo 1971-2000. Per quanto concerne le caratteristiche del suolo (Fattore “b”) sono state selezionate “classi di regime idrico” con grado crescente di predisposizione alla desertificazione:⁷

b₁ alta predisposizione: regime xerico-torrico;

b₂ media predisposizione: regime serico;

b₃ bassa predisposizione: regime udico;

Per l'uso del suolo (Fattore “c”) sono state utilizzate le coperture del Corine Land Cover relative al 1990 e al 2000. Queste sono state riclassificate in tre classi che riflettono una diversa predisposizione al fenomeno della desertificazione⁸:

c₁ bassa predisposizione: comprende vegetazione rada ed aree percorse da incendi (codifica Corine 333 e 334);

c₂ media predisposizione: tutte le altre classi del Corine;

c₃ bassa predisposizione: corpi idrici, centri abitati, zone industriali (codifiche Corine: 111,112,121,122,123,124 e 511,512,521,522,523).

Per la pressione antropica infine (Fattore “d”), il dato si riferisce alla variazione demografica calcolata in base ai censimenti ISTAT (variazioni 1981-1991 e 1991-2001)⁹. Questo dato è stato riclassificato in modo da ottenere tre livelli di predisposizione:

d₁ alta predisposizione: > 40%;

d₂ media predisposizione: 20-40%;

d₃ bassa predisposizione: < 20%;

Si è proceduto quindi all'identificazione delle “aree sensibili alla desertificazione”. Nel metodo CNLD venivano considerate come “aree sensibili” quelle con indice di aridità compreso tra 0,5 e 0,65 (sub-umide secche) e con indice compreso tra 0,20 e < 0,50 (semi-aride), e che presentassero inoltre valori della classe a predisposizione “alta” o “media” per almeno uno dei tre fattori aggiuntivi (b, c oppure d). Come illustrato in figura 33 un'area è considerata come “sensibile” se: $IA \leq 0,65$ e $(b = b_1, \text{ oppure } c = c_1, \text{ oppure } d = d_1)$;

⁶ Per ulteriori dettagli si veda il GEO-DATABASE SUL RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE IN ITALIA, UCEA [2005].

⁷ Per questa elaborazione si è cercato di ricostruire la procedura adottata dal CNLD partendo dai dati forniti dall'ISSDS di Firenze. Per definire i regimi idrici alla base dell'indice pedoclimatico e non essendo disponibile la Carta dei Pedoclimi d'Italia ci si è basati su dati associati alle “Soil regions italiane”.

⁸ Nell'elaborazione realizzata da CNLD è stato usato il solo Corine 1990.

⁹ Nell'elaborazione del CNLD si fa riferimento alla variazione nel solo periodo 1981-1991.

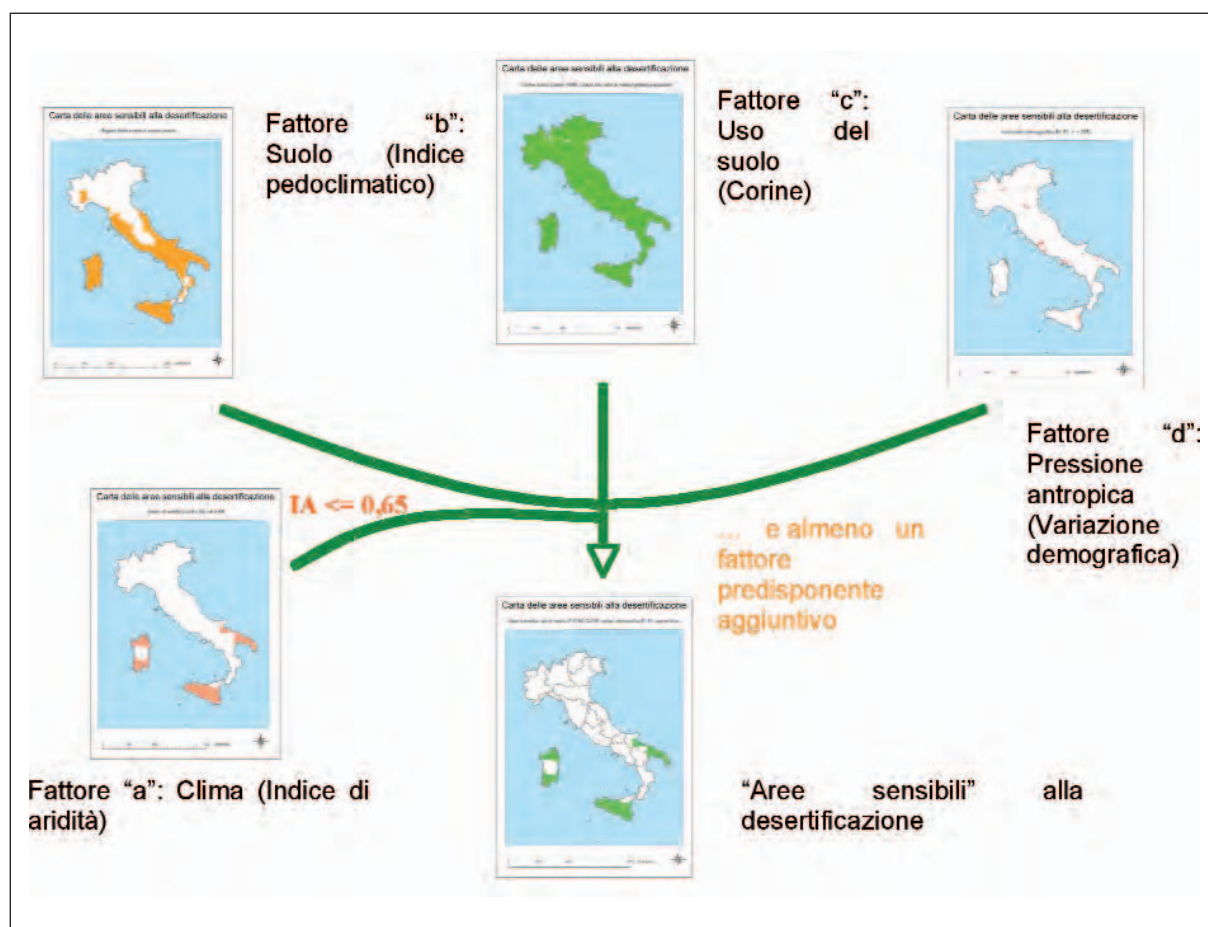


Fig. 33 – Procedura per l’identificazione delle aree sensibili ¹⁰

Le “aree sensibili” vengono quindi riclassificate in “molto”, “mediamente” e “poco” sensibili ai fenomeni di desertificazione in base al numero e al livello dei fattori predisponenti¹¹.

La metodologia ESA

Come già documentato nel capitolo 2 di questo testo, la metodologia ESA viene frequentemente utilizzata nell’analisi della sensibilità alla desertificazione e rappresenta ormai uno standard di riferimento. Alla base della metodologia ESA vi è una definizione di sensibilità alla desertificazione che è a sua volta il risultato di un giudizio di qualità legato a quattro fattori principali: suolo, clima, vegetazione e gestione del territorio. Per ogni fattore sono identificate le variabili ritenute più significative per rappresentare detta sensibilità.¹² Ad esempio, per quanto riguarda la qualità climatica le variabili generalmente considerate comprendono piogge medie, aridità, esposizione dei versanti.

Ogni variabile deve essere suddivisa in classi di crescente predisposizione alla desertificazione e ad ogni classe viene assegnato un peso o punteggio espresso in una scala omogenea, generalmente compresa fra 1 (predisposizione più bassa) e 2 (predisposizione più alta). La suddivisione in classi e l’assegnazione dei pesi vengono generalmente compiute da un panel di esperti negli ambiti discipli-

¹⁰ L’esempio si riferisce al periodo 1961-1990.

¹¹ Non è stato possibile effettuare quest’ultima classificazione, poiché i criteri adottati nel metodo CNLD non sono sufficientemente documentati.

¹² La metodologia ESA peraltro, non stabilisce in maniera esplicita il numero o la tipologia delle variabili da considerare demandandone la selezione (in funzione dei processi coinvolti, delle aree in esame, dei dati a disposizione) a chi effettua la valutazione.

nari interessati. Viene quindi calcolata la media geometrica tra le variabili preventivamente classificate e pesate. Così facendo si ottiene un indice specifico per ogni fattore considerato: nell'esempio fatto, l'"Indice di qualità climatica" (CQI). L'insieme degli indici viene a sua volta sintetizzato per ottenere un indice complessivo detto ESAI (Environmentally Sensitive Area Index).

L'indice (ESAI) si ottiene, analogamente a quanto visto per i singoli indici di qualità ambientale, calcolando la media geometrica degli stessi. Questi hanno lo stesso peso nella determinazione dell'indice sintetico. La relazione è la seguente:

$$ESAI = (SQI * CQI * VQI * MQI)^{1/4}$$

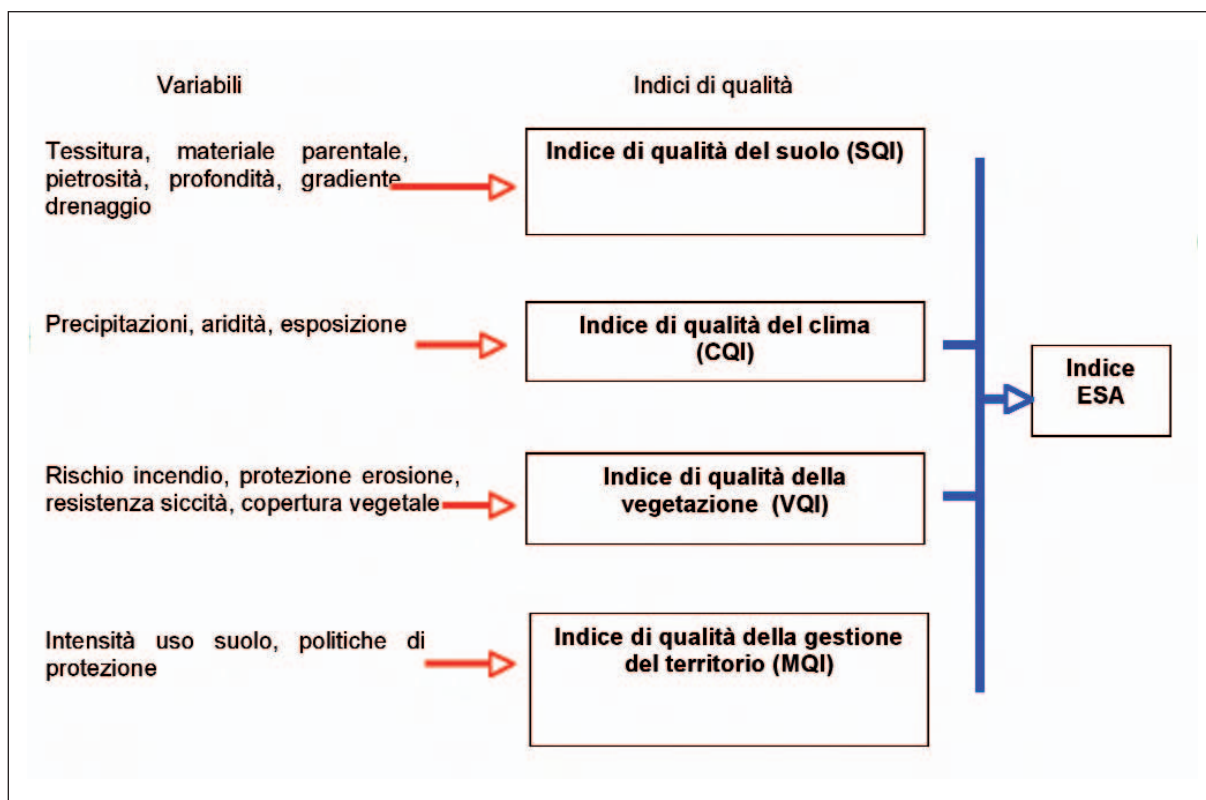


Fig. 34 - Schema di applicazione del modello ESA

Nella figura 34 è rappresentato uno schema generico di applicazione del modello ESA, con l'indicazione delle variabili più frequentemente usate, i diversi indici di qualità e l'ESAI.

Per rendere tra loro confrontabili metodologie diverse il metodo ESA è stato applicato a livello nazionale a partire dal *data-set* e dalle procedure sviluppate per il Progetto Climagri, Ricerca 3.1.¹³

In quest'applicazione del metodo ESA l'Indice di qualità dei suoli (SQI) è stato costruito a partire da quattro variabili, di cui si calcola la media geometrica:

$$SQI = (\text{tessitura} \times \text{profondità del suolo} \times \text{AWC}^{14} \times \text{pendenza})^{1/4}$$

¹³ Una descrizione dettagliata del data set e della procedura utilizzata è contenuta nel GEO-DATABASE SUL RISCHIO DI DESERTIFICAZIONE IN ITALIA [24].

¹⁴ Available Water Capacity.

Per quanto riguarda l'Indice di qualità climatica (CQI) si sono tenuti in conto i seguenti tre fattori:

$$\text{CQI} = (\text{precipitazioni} \times \text{indice d'aridità} \times \text{esposizione})^{1/3}$$

Infine l'Indice di qualità della gestione del territorio (MQI) è calcolato come media geometrica dei seguenti tre indicatori:

$$\text{MQI} = (\text{densità demografica} \times \text{variazione demografica} \times \text{intensità uso suolo})^{1/3}$$

L'indice (ESAI) si ottiene, analogamente a quanto visto per i singoli indicatori di qualità ambientale, calcolando la media geometrica dei diversi indici tematici. I diversi indicatori hanno lo stesso peso nella determinazione dell'indice sintetico. La procedura di calcolo è la seguente:

$$\text{ESAI} = (\text{SQI} \times \text{CQI} \times \text{VQI} \times \text{MQI})^{1/4}$$

La procedura viene quindi implementata con operazioni GIS. Lo schema è rappresentato graficamente in figura 35.

In quest'esempio l'ESAI si riferisce al periodo 1961-1990, essendo i dati climatici, dell'uso del suolo e demografici, riferibili a quest'orizzonte temporale.

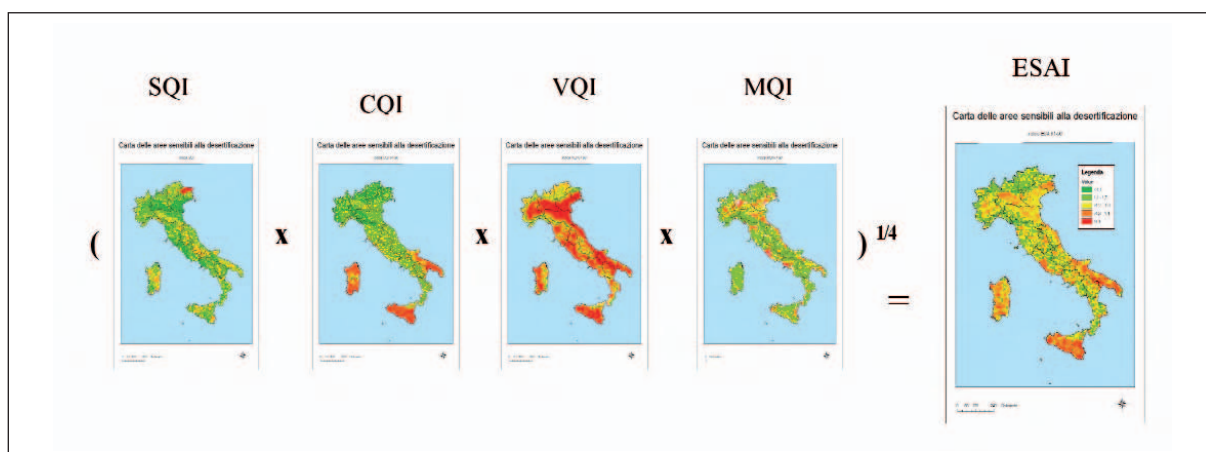


Fig. 35 - Calcolo dell'ESAI

La procedura UCEA

Il Progetto Finalizzato Climagri – Linea di Ricerca 3.1 ha fra le sue finalità quello della valutazione della sensibilità alla desertificazione con particolare riferimento ai sistemi agricoli ed alla riduzione del loro potenziale produttivo.

Uno degli aspetti più interessanti della ricerca è un'interpretazione dei processi indicati in termini dinamici (con il confronto tra periodo 1961-1990, evoluzione al 2000, e scenari futuri). Per perseguire i suoi obiettivi la ricerca è stata sviluppata in due direzioni:

- rielaborare indici e cartografie prodotte secondo la metodologia sviluppata dal CNLD prima descritta, alla luce delle finalità specifiche della ricerca e di nuove informazioni disponibili.
- adottare il *framework* DPSIR¹⁵ e la metodologia ESA nella valutazione dei processi di desertificazione identificando i vari elementi interessati ed elaborando un indice sintetico di “sensibilità” alla desertificazione, che sia soprattutto espressione della riduzione del potenziale produttivo agricolo.

¹⁵ “Drivers, Pressures, State, Impact e Responses”.

UCEA ha sviluppato una procedura propria che prevede le seguenti elaborazioni [24]:

- Una valutazione dell'importanza relativa delle variabili

La valutazione, effettuata attraverso tecniche di analisi statistica multi-variata (analisi delle componenti principali - PCA), esclude le variabili ridondanti e determina l'importanza relativa (i pesi) delle variabili ritenute responsabili dei processi di desertificazione.

- L'applicazione dei pesi (derivati come sopra descritto) nel calcolo di un indice sintetico di sensibilità alla desertificazione

Nell'approccio sviluppato da UCEA viene inizialmente considerato un numero relativamente ampio di variabili riconducibili ai processi di desertificazione. Nella scelta delle variabili è stato usato come riferimento il modello DPSIR, oltre a quanto definito dal CNLD e dalle esperienze d'applicazione dell'ESA di cui esiste documentazione. Le quindici variabili selezionate sono sintetizzate nella Tabella 1, insieme alla serie storiche disponibili, all'intervallo dei valori riscontrati ed ai valori di normalizzazione proposti.

Tabella 1 - La procedura UCEA: variabili disponibili, serie storiche, intervallo dei valori

Variabile/strato tematico	Unità di misura	Serie storiche [24]		Intervallo dei valori e loro normalizzazione
Clima				
1.Piogge medie	Mm	1961- 1990	1971- 2000	410 (1) – 1650 (0)
2.Variabilità pioggia	CV (%)			11 (0) – 38 (1)
3.Concentrazione piogge	mm/mm			0.3 (1) – 1 (0) oppure 1(0) - 2.2 (1)
4.Giorni piovosi	Numero giorni			67 (1) – 139 (0)
5.Aridità (IA)	mm/mm			0,4 (1) – 3,9 (0)
6.Umidità suolo (US)	numero giorni/anno con <20 mm			0 (0) – 245 (1)
Suolo				
7.AWC	Mm	1990		10 (1) - 294 (0)
8.Tessitura	Classi tessiturali	1990		Vedi descrizione singole classi (Tabella 3)
9.Profondità	Mm	1990		200 (1) – 1100 (0)
10.Carbonio organico	%	1990		0.18 (1) – 6.9 (0)
Erosione				
11.Erosione effettiva (actual soil loss)	tonn/ha/anno	1990		0 (0) – 100 (1)
Copertura del suolo e vegetazione				
12.Resistenza a siccità e incendi	Classi Corine e Lacoast	1990	2000	[24]
Popolazione e impatto antropico				
13.Densità demografica	Ab./km ²	1991	2001	10 (0) – 8100 (1)
14.Variazione demografica	%	1981-1991	1991-2001	-50% (1) - 0% (0) oppure 0% (0) - 144% (1)
15.Intensità uso suolo	Classi Corine e Lacoast	1990	2000	[24]

I *data-set* per le due serie storiche considerate sono valutati tramite l'analisi delle componenti principali (PCA). La PCA è una tecnica statistica multivariata che permette di valutare le relazioni fra diverse variabili quantitative mettendo in evidenza variabili tra loro fortemente correlate. Nel nostro caso due variabili (profondità e umidità del suolo) sono emerse come ridondanti (correlate rispettivamente con AWC e Indice d'Aridità) e vengono quindi escluse preliminarmente dall'analisi.

La PCA determina, inoltre, il contributo relativo delle altre variabili. I principali contributi vengono forniti dalle variabili climatiche (che da sole spiegano il 38% della variabilità complessiva¹⁶) e da quelle legate al suolo (33%). Il contributo delle variabili demografiche invece è più limitato (2%). Fra le singole variabili considerate, quelle che danno il contributo maggiore in assoluto sono l'Indice d'aridità e l'AWC. Il contributo riferito a ciascuna variabile è usato come peso per il successivo calcolo dell'indice somma.

Le variabili sono rappresentate in forma cartografica. Sono quindi trasformate in una scala 0-1¹⁷ in modo da poter essere confrontate e pesate secondo la loro importanza relativa, sulla base di quanto emerso con l'analisi statistica ed infine sommate tramite operazioni GIS.

In ogni punto del territorio oggetto di studio è così derivato un indice sintetico.

Lo schema della procedura utilizzata viene riportato nella figura 36.

¹⁶ Percentuale calcolata come media delle tre serie storiche.

¹⁷ La normalizzazione è lineare. In caso di relazione inversa tra valori della variabile e livello di sensibilità alla desertificazione (come ad esempio per le precipitazioni) si ottiene applicando la formula: $DN' = 1 - (([DN] - \min) / (\max - \min))$. Vi sono variabili in cui la relazione è diretta (per es. variabilità delle precipitazioni). Infine vi sono variabili in cui la relazione cambia a seconda di valori soglia. Ad esempio per la variazione demografica mentre per i valori compresi tra zero e quelli con segno negativo più alto si può ipotizzare una relazione negativa (ad un forte decremento demografico corrisponde una maggiore predisposizione), per valori da zero a quelli positivi più elevati si ipotizza una relazione positiva (quanto maggiore è l'incremento demografico tanto maggiore è la predisposizione ai fenomeni in esame). La formula generale di normalizzazione viene adattata a seconda dei casi.

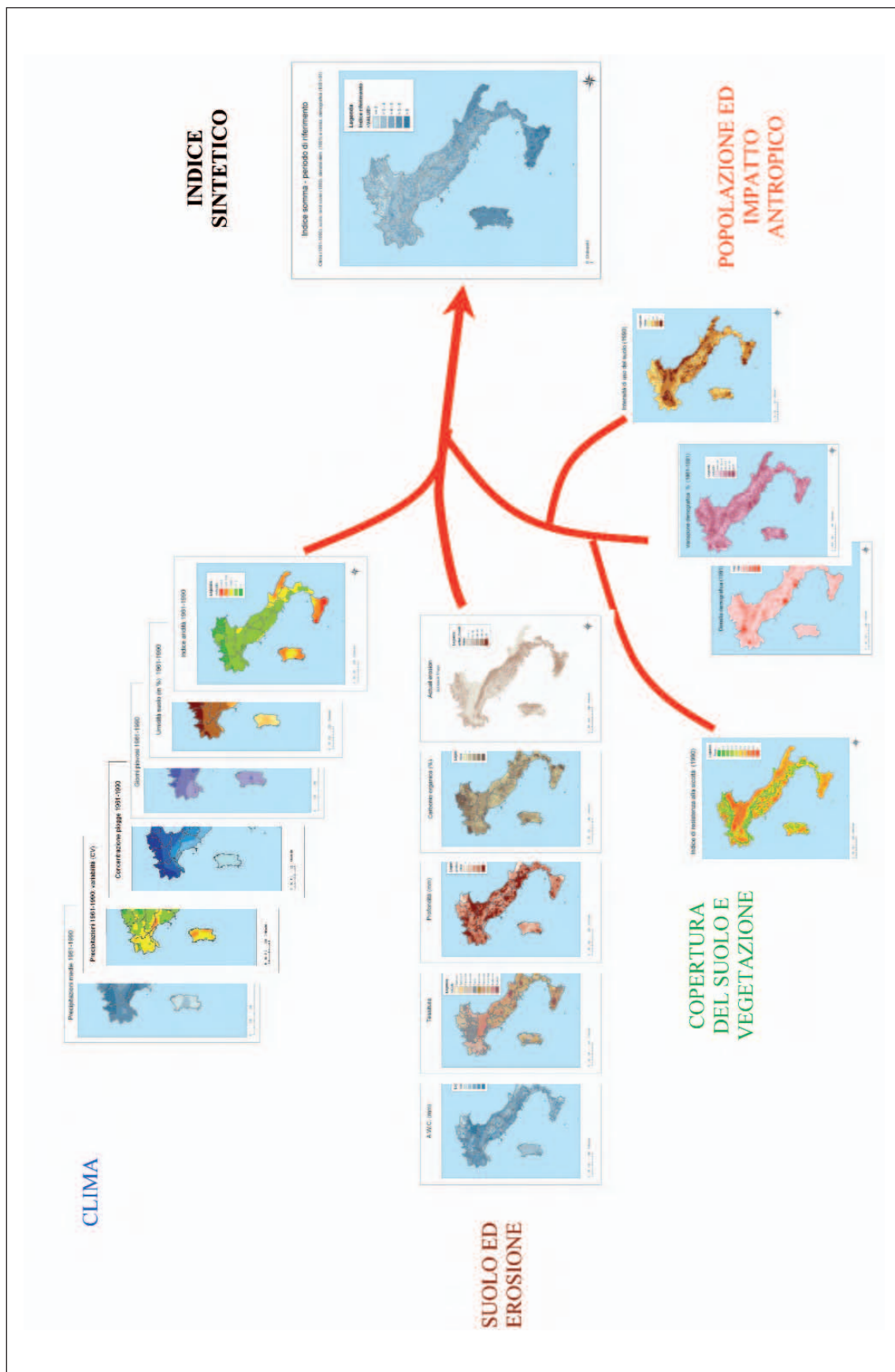


Fig. 36 - Calcolo dell'indice sintetico secondo la procedura UCEA

4.1.2 Mappe degli indici sintetici

Come ricordato in precedenza, uno dei confronti possibili è quello tra indici elaborati secondo la stessa metodologia ma per diversi periodi di riferimento.

Di seguito sono riportate le mappe degli indici sintetici per ognuna delle due serie storiche, in modo da consentirne un confronto visivo.

Per quanto riguarda l'elaborazione secondo i criteri del CNLD sono state considerate tutte le "aree sensibili alla desertificazione" indipendentemente dal loro grado di sensibilità.

La figura 37¹⁸ indica la situazione al 1990 e quella al 2000, evidenziando un deterioramento concentrato soprattutto nella parte centrale della Sardegna e, in misura minore, in Sicilia ed in Puglia. Questa circostanza è legata soprattutto al peggioramento nei valori dell'indice d'aridità ed in misura meno rilevante, ai fattori legati a variazione demografica ed uso del suolo.

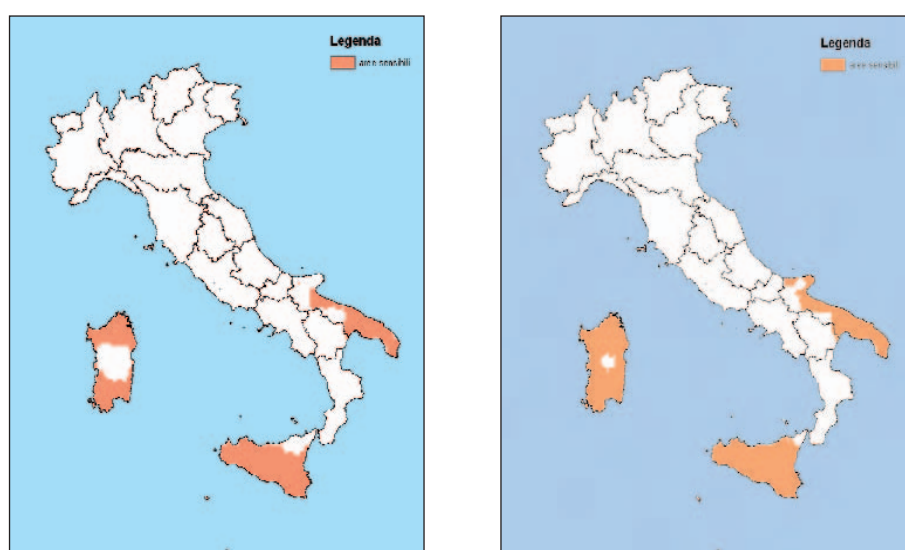


Fig. 37 – Confronto fra mappe degli indici sintetici CNLD 1990 e 2000

¹⁸ Le scale indicate in questa mappa e in tutte quelle incluse in questa sezione si riferiscono alle mappe d'origine e non alle figure inserite nel testo.

Le mappe che seguono mostrano gli indici elaborati secondo la metodologia ESA.
Nella figura 38 è rappresentata la mappa relativa al periodo 1990 e nella successiva figura 39 quella per il periodo 2000.

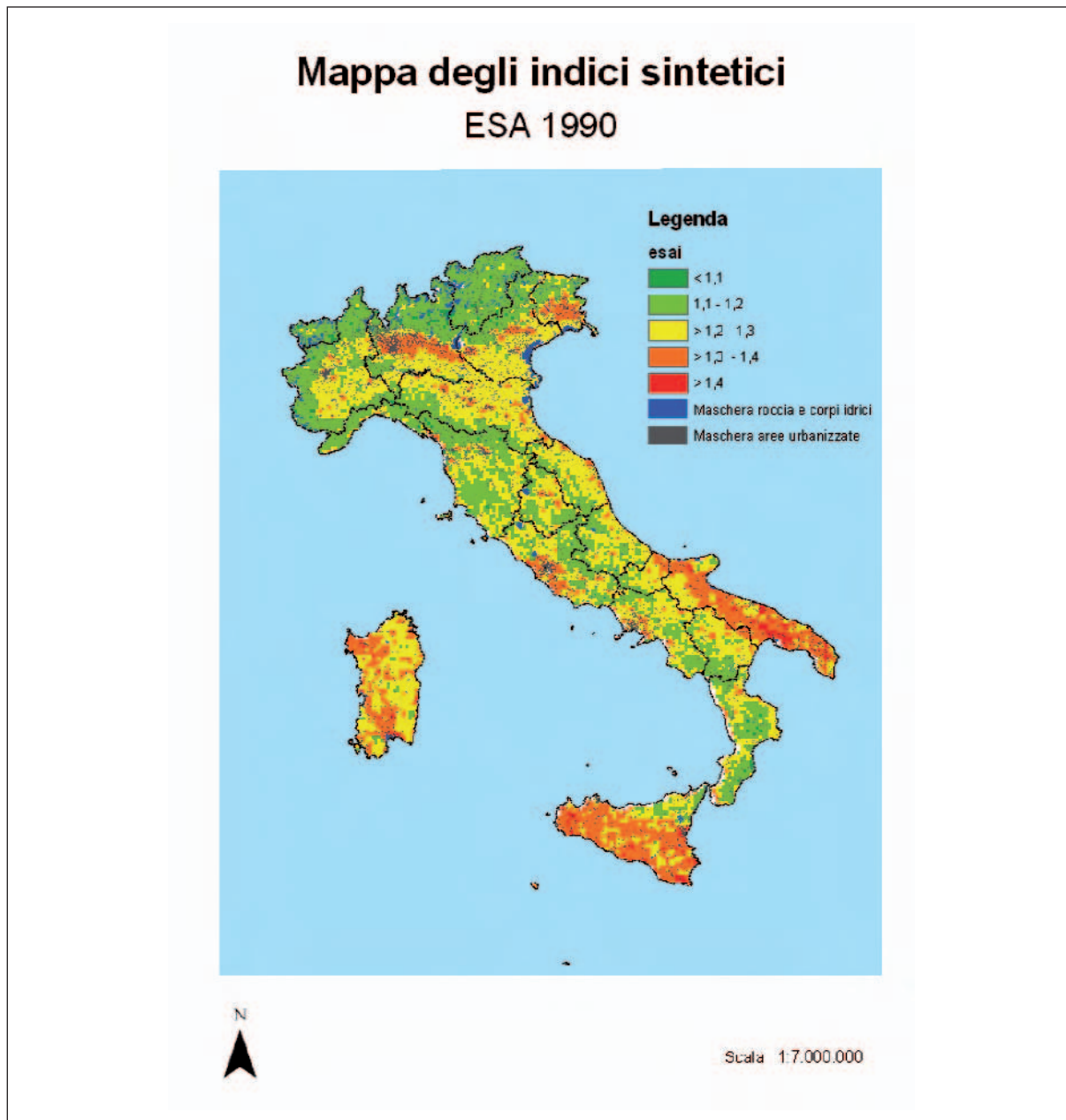


Fig. 38 – Mappa degli indici sintetici (ESA 1990)

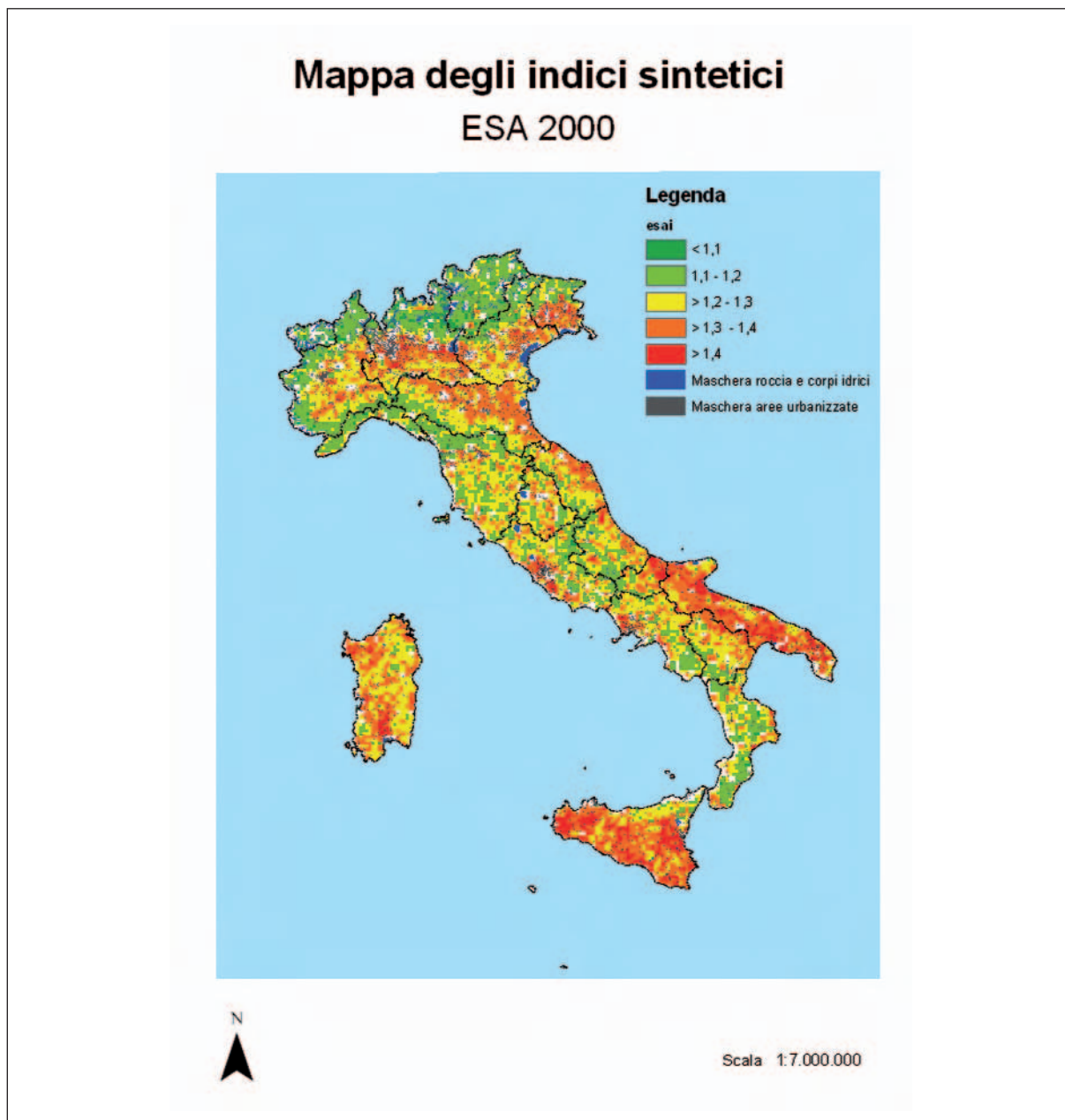


Fig. 39 – Mappa degli indici sintetici (ESA 2000)

La colorazione in rosso ed arancione mostra le aree che presentano valori di ESAI maggiore, mentre in verde sono rappresentate le aree con ESAI più bassi. Da un semplice confronto visivo tra queste mappe emerge una tendenza all'aumento dell'indice ESAI tra il 1990 e il 2000. E' confermato un aumento dei valori dell'ESAI nelle aree già evidenziate per la metodologia CNLD (in Sardegna, Sicilia, Puglia; Calabria e Basilicata in misura inferiore), alle quali però si aggiungono aree nel Centro Italia (e.g. costiera adriatica e laziale) e in pianura padana.

L'applicazione della procedura sviluppata da UCEA dà come risultato la mappa dell'indice sintetico riportata in figura 40 per quanto riguarda il periodo 1990 e in figura 41 per il successivo periodo 2000. I valori d'indice maggiore sono colorati in rosso e marrone scuro.

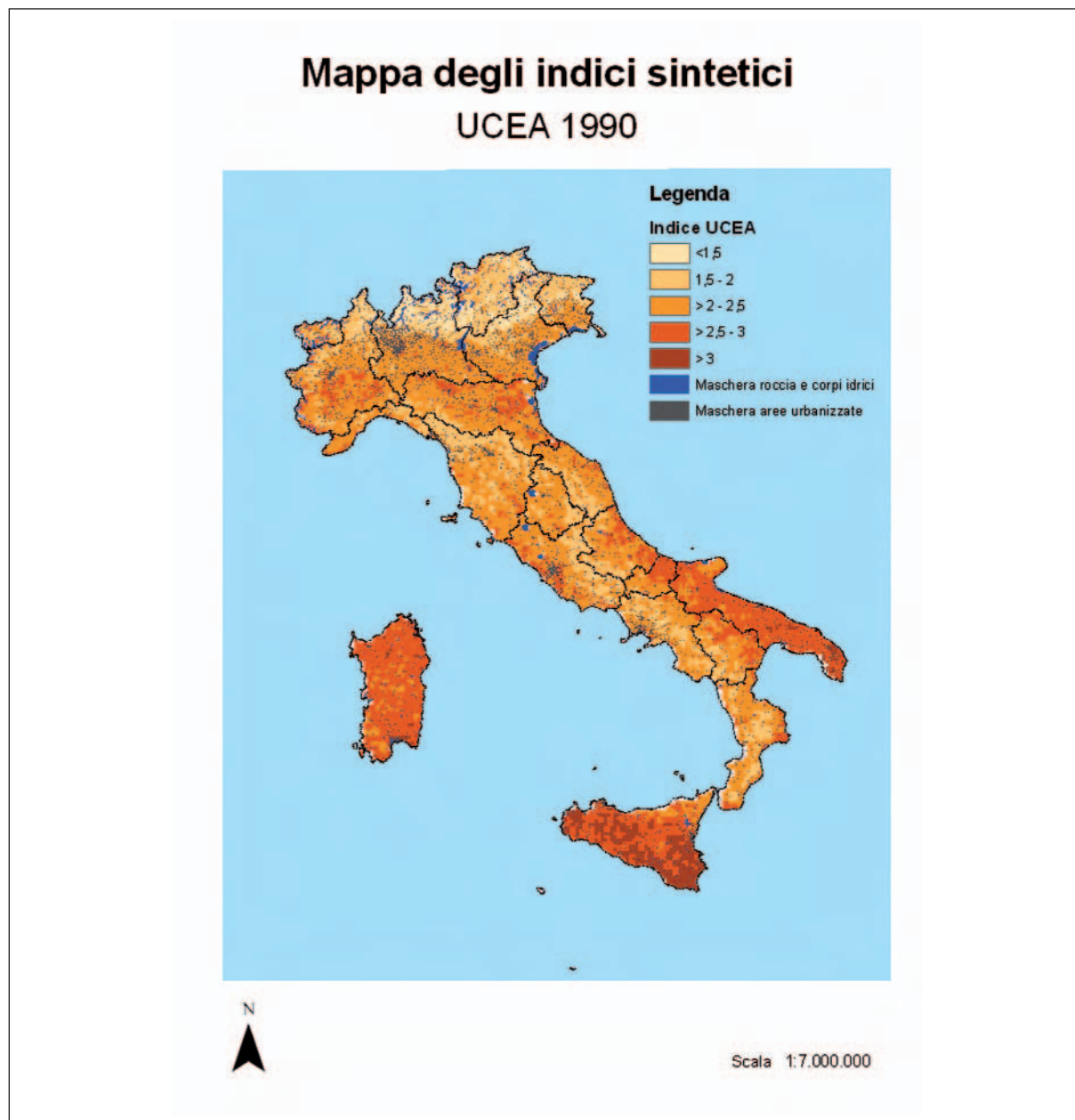


Fig. 40 – Mappa degli indici sintetici (UCEA 1990)

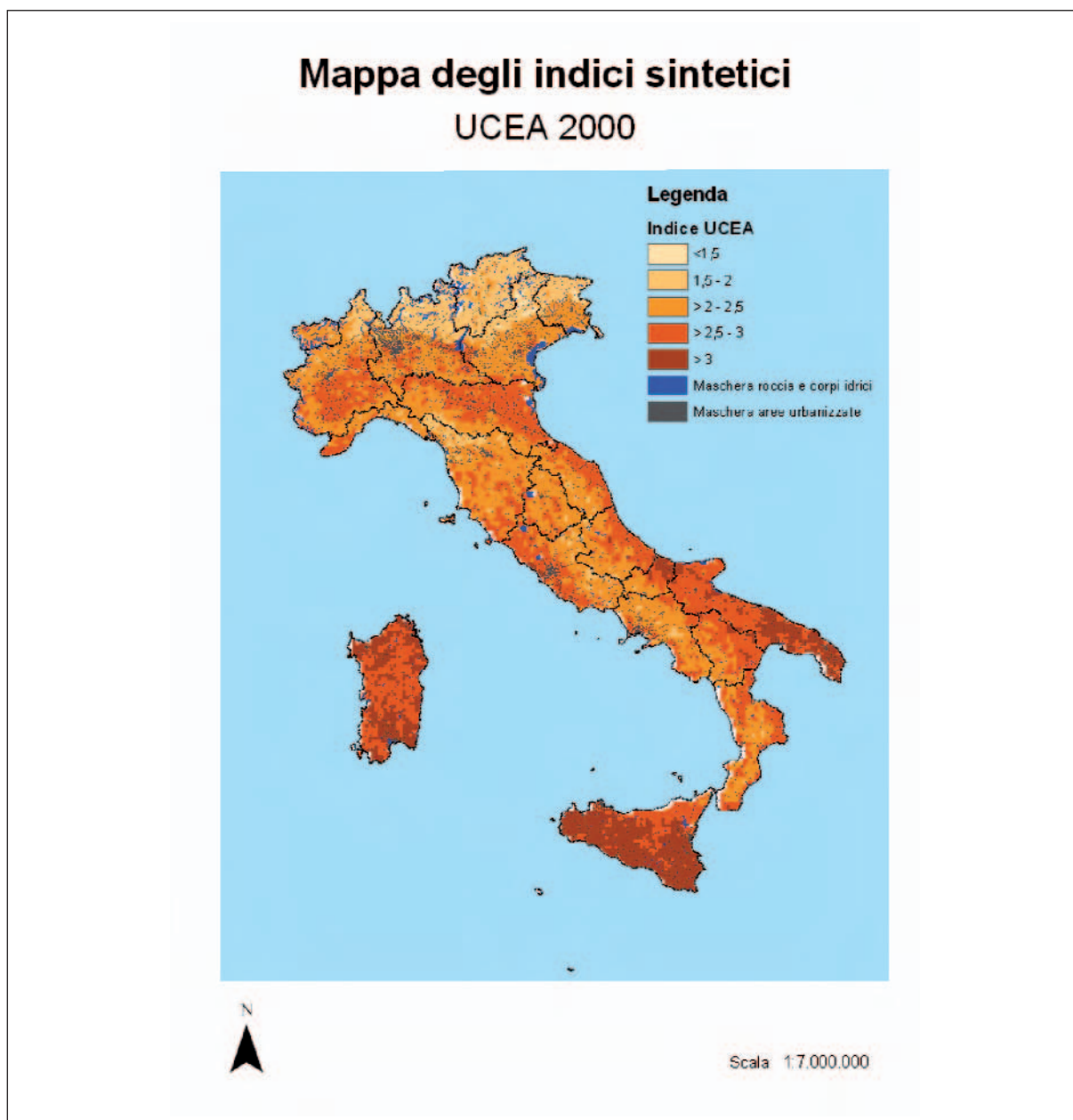


Fig. 41 – Mappa degli indici sintetici (UCEA 2000)

Il semplice confronto visivo consente di apprezzare un peggioramento nei valori degli indici elaborati secondo la procedura UCEA, nelle stesse zone già evidenziate applicando il metodo ESA. Ad esse si aggiungono altre aree nella costa tirrenica centrale e nel nord ovest del paese (Pianura Padana).

4.1.3 Mappe delle differenze temporali

Le mappe delle differenze temporali permettono un'ulteriore valutazione della variazione temporale degli indici sintetici. In esse sono messe a confronto in un'unica mappa le due serie storiche elaborate con la medesima metodologia.

L'operazione è effettuata con un'operazione GIS (*overlay raster*) di sottrazione dei valori della mappa della serie più recente (2000) da quelli della mappa della serie progressa (1990). La figura 42 mostra le elaborazioni relative al metodo CNLD e permette di delimitare con maggior precisione le variazioni intercorse che non nella illustrazione dei semplici indici. In rosso sono indicate le aree in cui nel confronto temporale si verifica un aumento degli indici sintetici a cui corrisponde un incremento della sensibilità alla desertificazione. In arancione le aree in cui non si verificano variazioni ed in verde infine le aree in cui si registra un miglioramento delle condizioni.

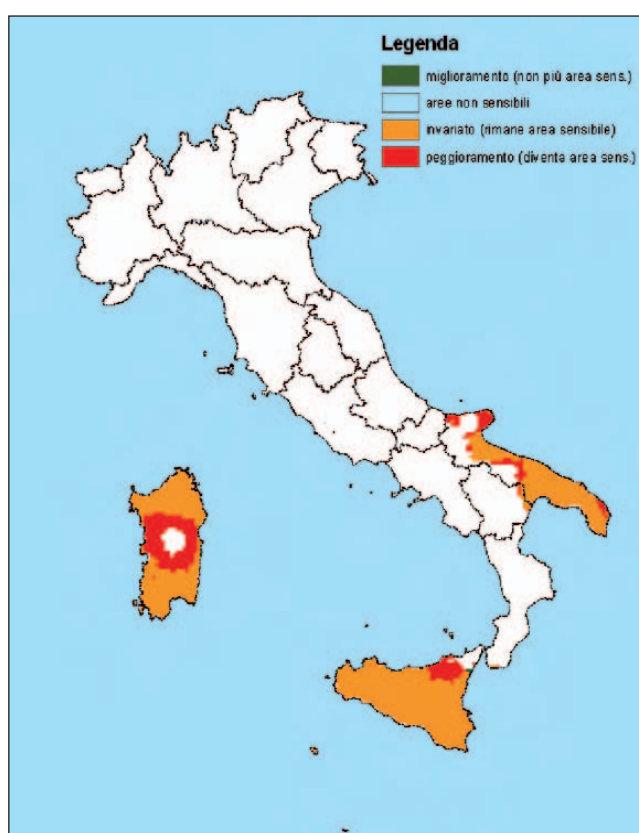


Fig. 42 – Mappa delle differenze temporali (CNLD 1990 – 2000)

Nella figura 43 è riportata una mappa delle differenze intercorse tra il periodo 1990 ed il periodo 2000, utilizzando la metodologia ESA. La colorazione rossa mette in risalto le aree in cui l'ESAI aumenta di valore.

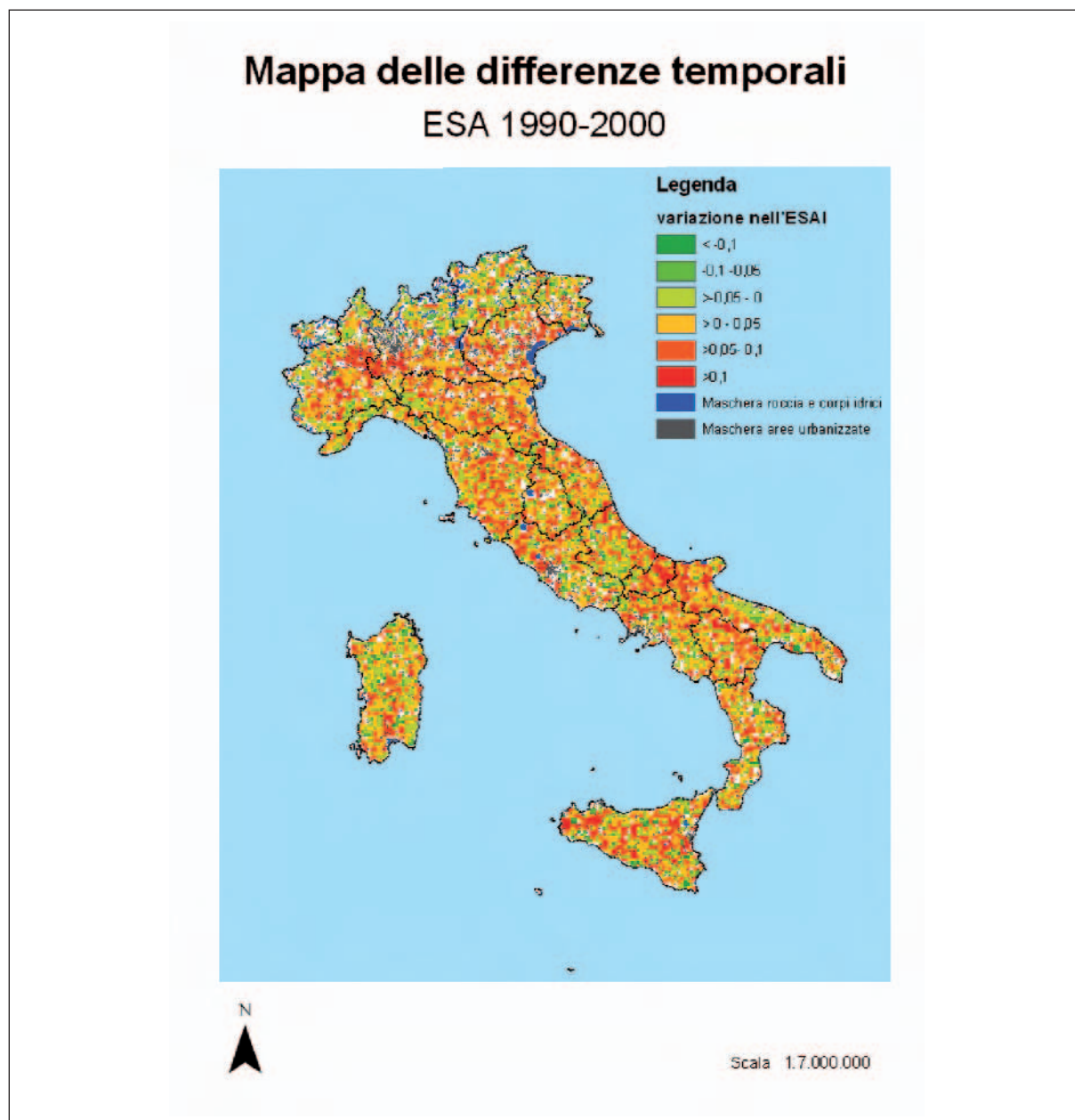


Fig. 43 – Mappa delle differenze temporali (ESA 1990 – 2000)

Analogamente la figura 44 illustra le differenze in caso di applicazione della procedura UCEA.

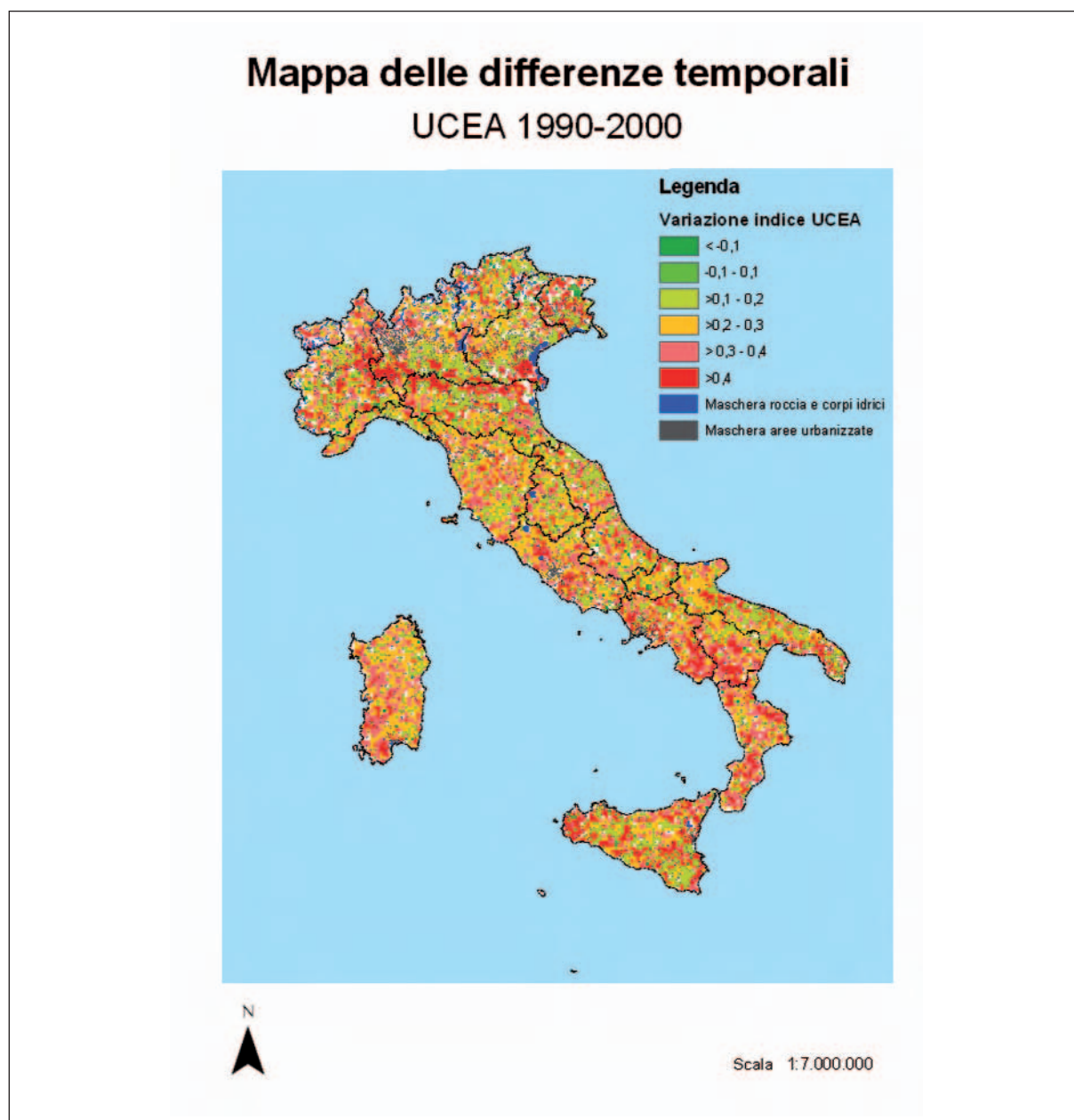


Fig. 44 – Mappa delle differenze temporali (UCEA 1990 – 2000)

4.1.4 Mappe delle differenze tra metodologie

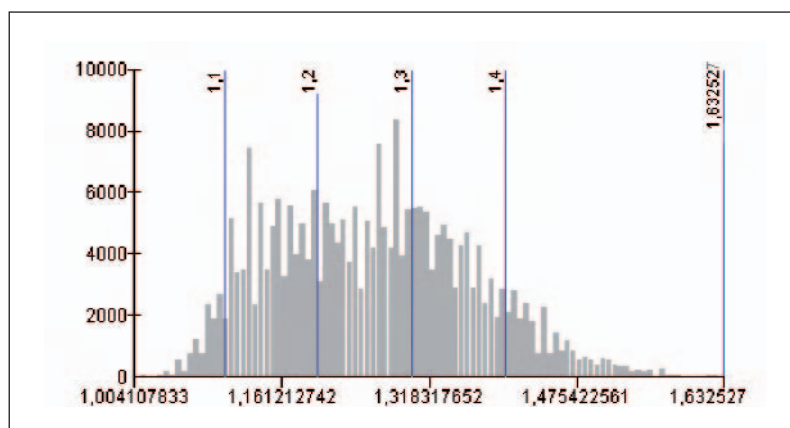
Un confronto diretto tra metodologie è possibile solo per ESA ed UCEA. Infatti, il giudizio di sensibilità ottenuto seguendo il metodo sviluppato dal CNLD è misurato a livello ordinale e non è quindi direttamente raffrontabile con gli altri indici sintetici.

Inoltre, il confronto tra la metodologia ESA e la procedura sviluppata da UCEA presenta il vantaggio di utilizzare, indipendentemente dalla selezione delle singole variabili, *data-set* omogenei (in termini di data, scala e modalità di acquisizione in genere).

Per poter eseguire il confronto si è proceduto ad una trasformazione (lineare) dei due metodi per ottenere una scala comune da 0 (rischio minore) ad 1 (rischio maggiore).

La trasformazione lineare appare adeguata alle finalità previste. La figura 45 mostra gli istogrammi con le frequenze riferite al periodo 2000:

Metodo ESA



Metodo UCEA

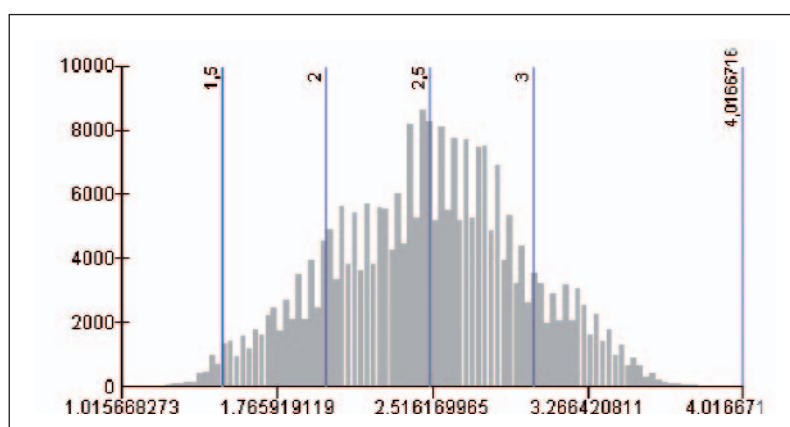


Fig. 45 – Istogramma delle frequenze dei valori degli indici sintetici per il 2000

Le figure che seguono rappresentano le differenze riscontrate in termini assoluti tra ESA ed UCEA, per i due periodi disponibili (Fig. 46 e Fig. 47):



Fig. 46 – Mappa di confronto tra i modelli (UCEA meno ESA 1990)

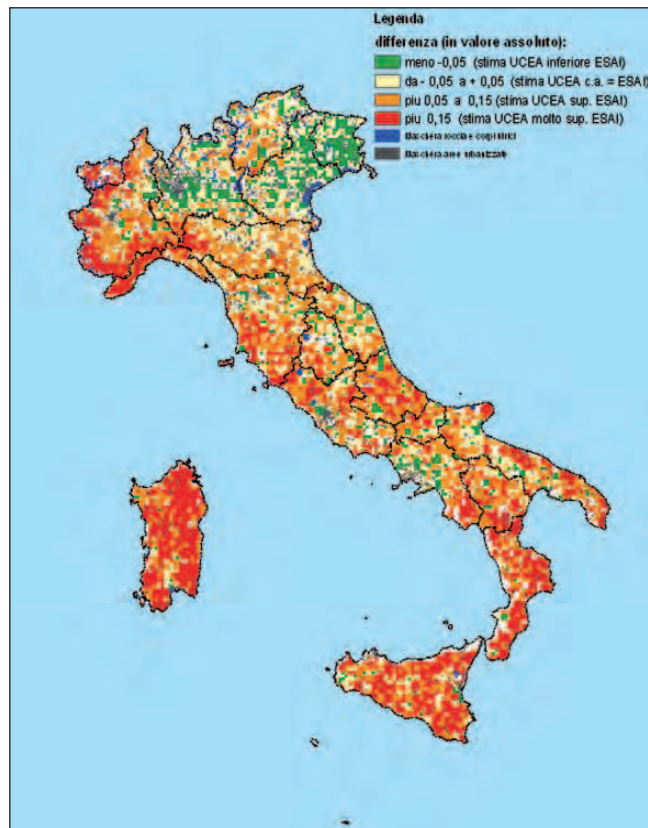


Fig. 47 – Mappa di confronto tra i modelli (UCEA meno ESA 2000)

I risultati sono stati così classificati:

- meno -0,05 (stima UCEA inferiore ESAI): colorato in verde;
- da - 0,05 a + 0,05 (stima UCEA c.a. = ESAI): in giallo;
- più 0,05 a 0,15 (stima UCEA sup. ESAI): in arancione;
- più 0,15 (stima UCEA molto sup. ESAI): in rosso.

La aree in cui il valore dell'indice UCEA è superiore a quello ESA corrispondono a quelle in cui le variabili climatiche (indice di aridità in particolare) presentano valori che corrispondono ad una più elevata predisposizione alla desertificazione.

Come descritto in precedenza, infatti, la procedura UCEA attribuisce una maggiore importanza al fattore climatico, in subordine alle variabili pedologiche e in maniera minore alle variabili demografiche, sulla base dei risultati dell'analisi statistica multivariata.

Quanto detto appare più evidente quando si valutano le differenze tra i metodi messi a confronto sulla base della loro distribuzione spaziale.

A titolo di esemplificazione si veda il caso della Sicilia. Nella figura 48 viene riportata una mappa di dettaglio delle differenze tra ESA ed UCEA per il periodo 2000 (i valori sono trasformati):

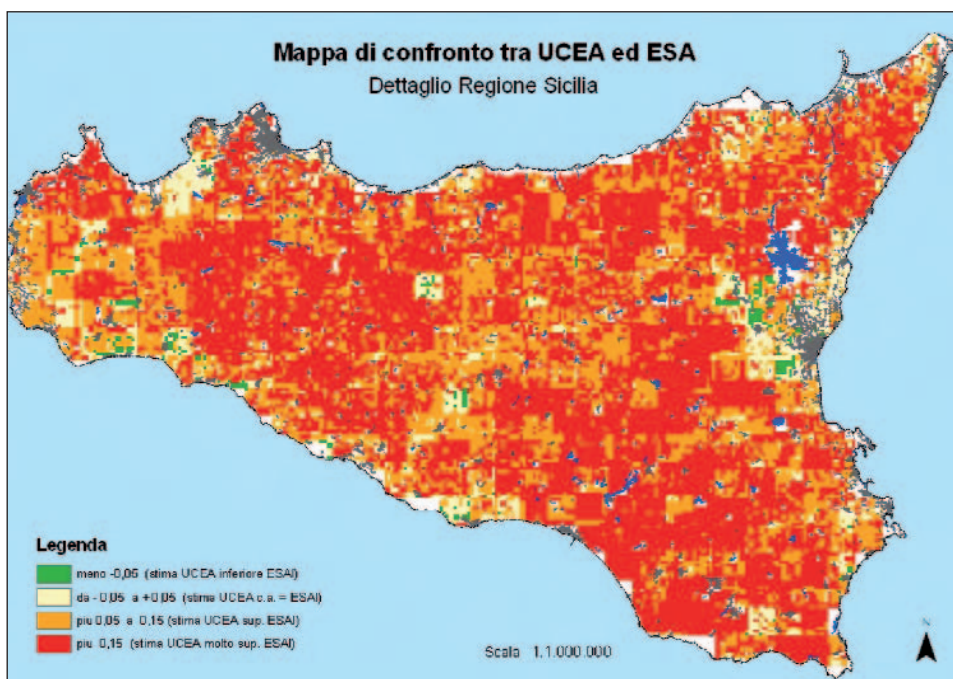


Fig. 48 – Mappa di confronto tra UCEA ed ESA per la Regione Sicilia

Nella successiva figura 49 vengono rappresentate con lo stesso dettaglio le mappe dell'ESA e dell'indice somma UCEA. Si può osservare come i valori (normalizzati) siano generalmente più alti per la stima UCEA.

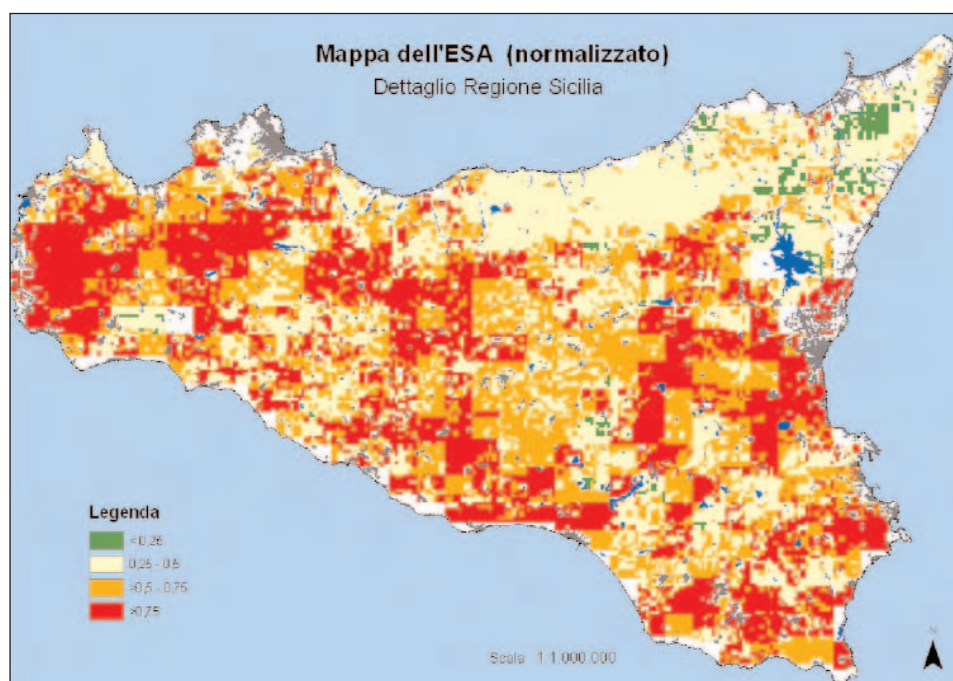


Fig. 49 A – Mappa dell'ESA e dell'indice somma UCEA per la Regione Sicilia

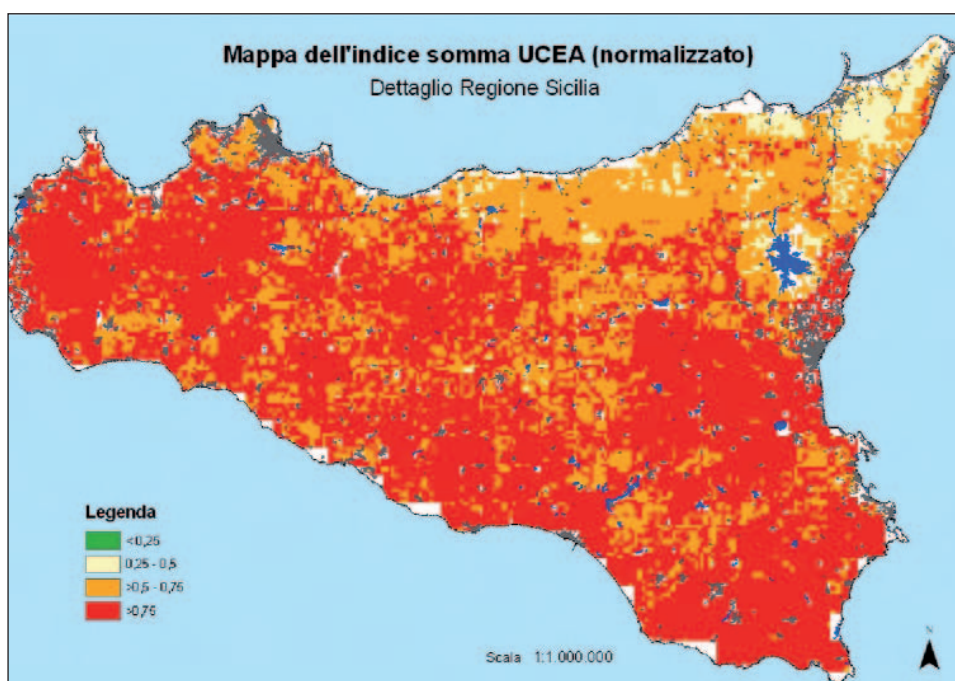


Fig. 49 B – Mappa dell’ESA e dell’indice somma UCEA per la Regione Sicilia

Come già anticipato questo è dovuto alla componente clima a cui la procedura UCEA attribuisce un peso maggiore e che viene, viceversa, in qualche modo “compensata” dalle altre componenti (suoli, vegetazione, demografia) nel modello ESA.

Il dettaglio dell’indice di aridità per la Sicilia, riportato in figura 50, aiuta a comprendere meglio questo punto, richiamando in buona parte il *pattern* spaziale visto per l’indice somma.

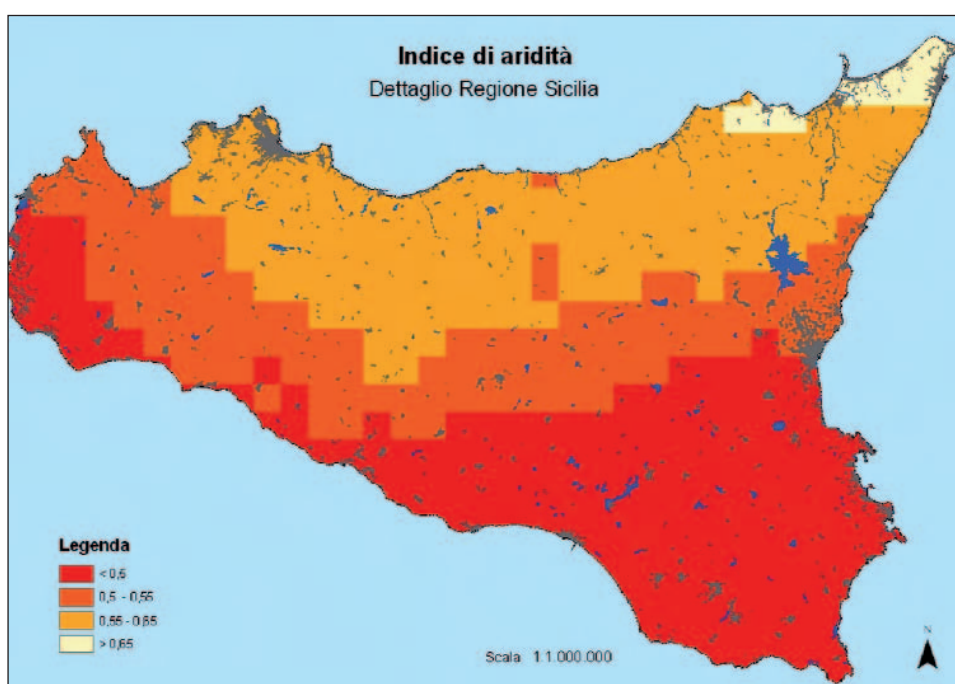


Fig. 50 – Indice di aridità per la Regione Sicilia

Viceversa, i casi (meno frequenti) in cui la stima ESA è superiore a quella UCEA sono generalmente dovuti al prevalere di variabili quali AWC, profondità dei suoli, tessitura. Nella metodologia ESA queste variabili si sommano tra loro indipendentemente dalla loro effettiva rilevanza e senza che sia stata valutata una loro eventuale ridondanza. Nella procedura UCEA il peso delle variabili legate al suolo nell'indice di sintesi è quello dato dalla loro importanza relativa e quelle ridondanti sono escluse dal calcolo. Un esempio è quello del Friuli-Venezia Giulia ed in particolare della zona carsica, dove ESA presenta valori superiori rispetto ad UCEA. La figura 51 mostra questa situazione con le aree in verde che rappresentano le zone di sovrastima di ESA rispetto ad UCEA.

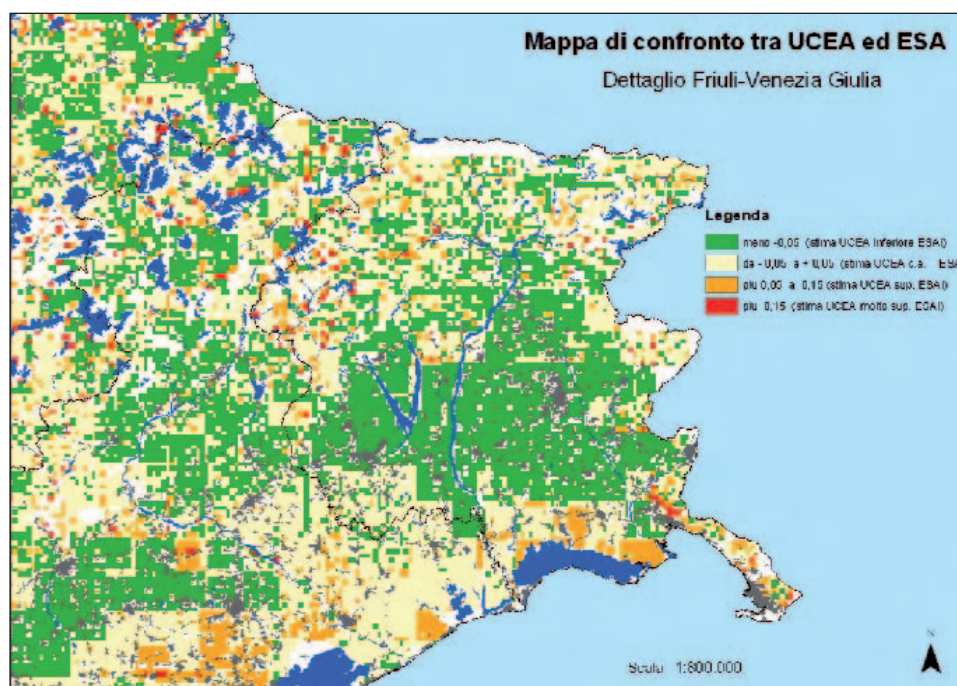


Fig. 51 – Mappa di confronto tra UCEA ed ESA per il Friuli Venezia Giulia

La figura 52 indica una delle variabili che determinano la sovrastima (assieme a profondità e tessitura), cioè l'Available Water Capacity (AWC):

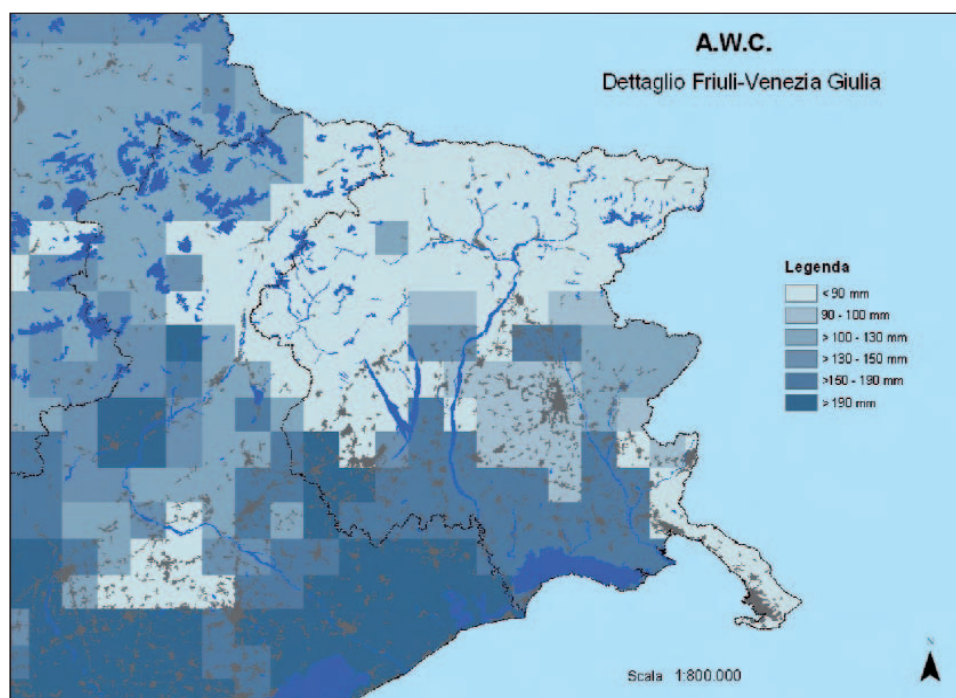


Fig. 52 – Mappa dell'AWC (Available Water Capacity) per il Friuli Venezia Giulia

4.2 Cartografie ed indici sintetici: un confronto a livello regionale

A livello regionale è stato realizzato il confronto fra due metodologie utilizzate sul territorio della Regione Sardegna: la metodologia ESA e la Pimenta¹⁹. Per effettuare tale confronto è stato necessario innanzitutto procedere ad una ranghizzazione lineare dei due metodi in modo da ottenere una scala comune di valori compresi tra 0 (rischio minore) ed 1 (rischio maggiore). A tal fine è stato utilizzato il seguente algoritmo di trasformazione:

$$DN' = (([DN] - \min) / (\max - \min))$$

dove *min* e *max* rappresentano rispettivamente i valori minimo e massimo del range di valori della scala di partenza, e cioè 3 e 9 nel caso della metodologia Pimenta e 0 e 8 nel caso ESA.

Ottenuti i valori nella nuova scala da 0 a 1 si è proceduto al calcolo della differenza dei valori fra le due metodologie, ottenendo un range di valori compreso tra -1 e 1 che è stato classificato sulla base dei "Natural breaks" in 4 classi. In figura 53 è mostrata la mappa delle differenze fra i metodi così ottenuta che mette in evidenza che la percentuale di territorio sul quale le valutazioni delle due metodologie possono considerarsi in accordo è pari a circa il 26%. Inoltre un'elevata porzione di territorio, pari a circa il 19%, viene valutata dai due metodi in maniera fortemente discordante, con una stima da parte del metodo Pimenta decisamente inferiore rispetto all'ESA.

¹⁹ Fonte dei dati Regione Sardegna

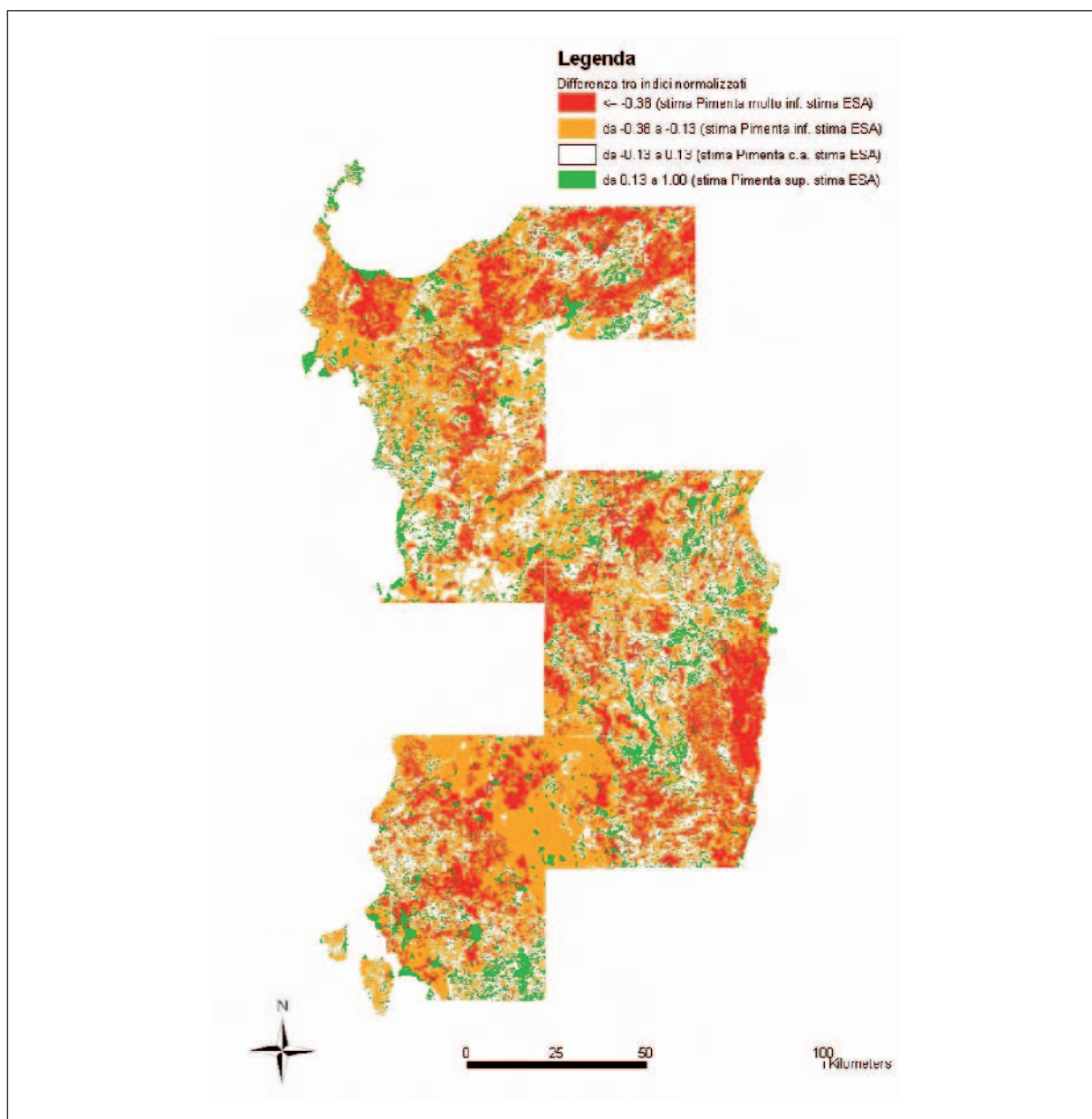


Fig. 53 – Carta delle differenze tra la metodologia ESA e la Pimenta in Sardegna

5. VERIFICA DELLA CORRISPONDENZA FRA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ E FENOMENI MISURATI A SCALA LOCALE: INCHIESTA ESPLORATIVA CON TESTIMONI PRIVILEGIATI

I risultati del lavoro di confronto realizzato per il caso di studio regionale in Sardegna sono stati trasmessi a due esperti in materia nonché autori, insieme ad altri esperti, delle cartografie in esame: Dott. A. Motroni del Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna – SAR e Dott. G. Loj della Regione Sardegna. Dalla consultazione effettuata, in merito al confronto realizzato, sono emerse alcune considerazioni interessanti che di seguito vengono esposte.

Da un punto di vista meramente qualitativo il confronto fra le due metodologie mette in evidenza alcuni aspetti vantaggiosi del metodo Pimenta rispetto all'approccio ESA. È importante sottolineare, infatti, che il metodo Pimenta prevede l'utilizzo di una contenuta mole di dati in input, garantendo così una maggiore applicabilità della metodologia, anche in aree dove la disponibilità di dati sia limitata. D'altra parte si riscontrano alcuni aspetti limitativi rispetto alla metodologia ESA, a partire dal minore livello di approfondimento e da un forte sbilanciamento verso i fattori climatici nel calcolo dell'indice finale di sensibilità alla desertificazione. Il metodo Pimenta infatti è basato su tre fattori di cui due strettamente legati agli aspetti climatici: l'**indice di siccità** e l'**indice di aridità**. L'unico indicatore che possa essere considerato più propriamente ambientale è l'**indice di perdita del suolo**, che racchiude in sé le caratteristiche del territorio (*erosività della pioggia * copertura del suolo * pendenza * tipo di suolo*), peraltro maggiormente esplicitate e "pesate" nella metodologia ESA.

Da un punto di vista quantitativo, premesso che le due metodologie si basano su algoritmi di calcolo degli indici sintetici differenti (l'una prevede la somma degli indici e l'altra la media geometrica) e precisato che al momento della realizzazione di tale confronto non è stato possibile comparare cartografie alla stessa scala (l'una realizzata al 250.000 l'altra al 100.000 per alcune porzioni di territorio), poiché non ancora disponibili, si può comunque affermare che l'operazione di comparazione mostra risultati coerenti con le premesse fatte.

Il metodo Pimenta, in effetti, sottostima le aree sensibili alla desertificazione di una misura pari all'incirca alla percentuale indicata (vedi par. precedente). Secondo una stima preliminare, che varrebbe la pena di poter approfondire in dettaglio in un'operazione di confronto fra cartografie alla medesima scala, le aree dove le differenze emergono in maniera piuttosto forte sembrano essere quelle dove la vegetazione gioca un ruolo fondamentale: proprio in queste aree, infatti, è rilevante la differenza con la quale gli aspetti vegetazionali vengono studiati e considerati nei due diversi approcci. Il metodo Pimenta analizza gli aspetti vegetazionali in maniera piuttosto superficiale attraverso l'indicatore "copertura del suolo", mentre la metodologia ESA ne dettaglia le caratteristiche attraverso gli indicatori "copertura vegetale", "rischio d'incendio", "protezione dall'erosione" e "resistenza alla siccità", puntualizzandone pertanto le più importanti proprietà legate ai processi di desertificazione.

6. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Lo studio che abbiamo condotto sulla cartografia nazionale relativa al fenomeno della desertificazione, sinteticamente illustrato in questa pubblicazione, consente di delineare una serie di suggerimenti che possano favorire la definizione di una metodologia comune di analisi degli indicatori e di trattamento dei dati spaziali congrui con l'obiettivo da raggiungere.

Si tratta di un insieme di “*buone pratiche*”, che hanno lo scopo di razionalizzare i sistemi di valutazione della vulnerabilità alla desertificazione, a partire dallo standard ESA, che mantiene comunque un ruolo metodologico di primo piano. La razionalizzazione delle procedure appare, a nostro avviso, indispensabile per poter effettuare valutazioni comparative nello spazio (ad es.: fra regioni, province ed ambiti di bacino) e nel tempo (valutazione storica, monitoraggio congiunturale, previsioni e/o scenari futuri).

Abbiamo quindi ipotizzato la formulazione di “*linee-guida*”, a carattere generale e idonee anche per un pubblico di non addetti ai lavori in senso stretto (ad es.: amministratori pubblici). La valenza di queste linee guida può essere riferita sia al livello nazionale che al livello regionale ed è indirizzata a coloro che intendano effettuare una valutazione di vulnerabilità ambientale relativa ai processi di desertificazione.

Quelli che seguono sono i punti principali che dovrebbero costituire queste “*linee guida*”. Essi possono essere considerati anche come una “*check-list*” da seguire e documentare da parte di chi esegue la valutazione, da intendere come una sorta di metadato metodologico che confluisce nella documentazione finale di ogni cartografia.

Si possono individuare diversi livelli:

1. Livello “concettuale” e terminologico

E' necessario giungere, almeno a livello nazionale, ad una definizione univoca e condivisa dei concetti, e quindi dei termini, riferiti a:

- sensibilità;
- vulnerabilità;
- rischio;

e quindi alla relativa modellizzazione in termini di aree sensibili, vulnerabili, a rischio. Nell'utilizzo di tali definizioni sarebbe opportuno chiarire contestualmente se a ciascun termine venga associato un gradiente di importanza (ad es.: la catena sensibilità – vulnerabilità – rischio potrebbe rappresentare un gradiente crescente di gravità rispetto al fenomeno), oppure definire un riferimento a stati del fenomeno attuali, potenziali o futuri (ad es.: sensibilità = stato attuale; vulnerabilità = stato potenziale; rischio = scenario più probabile). Nell'effettuare la valutazione cartografica potrebbe essere pertanto importante attenersi al significato di questa terminologia.

2. Livello di elaborazione degli indicatori tematici e modello di indice sintetico

Vanno chiaramente differenziate le elaborazioni di indici (e relative mappature) riferibili ai tre concetti descritti al punto precedente; infatti, sensibilità, vulnerabilità e rischio sottintendono misure diverse utilizzando *datasets* e modelli specifici; in particolare è opportuno specificare:

- la definizione del modello di valutazione adottato (tipologia di rischio considerato, determinanti, relazioni fra le stesse, calcolo dell'indice sintetico di rischio, ecc.) quale, ad esempio, il modello ESA.
- definizione operativa delle procedure di determinazione dell'indice sintetico, fra cui i principali

aspetti possono essere riassunti come segue:

- quali sono le variabili considerate (in termini spaziali e temporali);
- come vengono classificate ed eventualmente pesate (pesi derivati da panel di esperti oppure con altre modalità, ad esempio analisi statistica multivariata);
- come vengono aggregate in indicatori tematici (ad esempio, gli indici di qualità tipici del modello ESA);
- come viene derivato l'indice sintetico (ad esempio, media geometrica in ESA);
- risoluzione spaziale e temporale dell'unità geografica a cui fa riferimento l'indice (vedi anche punto 3).

Nell'effettuare una valutazione tramite GIS è pertanto auspicabile che venga descritto in dettaglio il metodo che si intende adottare ed esplicitate le componenti e la procedura di elaborazione.

3. Livello relativo a strati informativi/datasets

Con riferimento al modello e alle variabili utilizzate è necessario documentare i criteri di scelta degli strati informativi utilizzati e le loro caratteristiche, fra cui particolare importanza rivestono:

- gli algoritmi utilizzati per il calcolo delle variabili e per derivare gli strati informativi,
- la coerenza spaziale e temporale nonché il grado di accuratezza,
- la scala spaziale dichiarata oppure altre indicazioni tecniche (ad esempio, sull'errore associato alle procedure di spazializzazione geostatistica per alcune variabili puntuali),
- il periodo di riferimento dei datasets.

In definitiva, una check-list sviluppata nell'ambito di queste linee guida potrebbe contenere le seguenti informazioni:

- riferimenti per la ricerca, l'acquisizione ed il (ri)utilizzo di strati informativi esistenti in termini di:
 - riferimento a banche dati e fonti esistenti, inclusa anche la possibilità di collegamenti fra banche dati a livello informatico,
 - esistenza e documentazione di *files* di metadati,
 - aspetti legati all'accesso ed utilizzo dei dati (dati proprietari, modo e tempi di acquisizione, costi, formato, copyright, etc.)
- realizzazione ex-novo di *datasets*
 - riferimenti tecnici per una acquisizione ex-novo (criteri di campionamento, analisi di laboratorio, modalità d'indagine primaria di vario tipo, trattamento dati ancillari, schemi di elaborazione anche complessi, ad esempio in merito ad indagini sul suolo, la vegetazione e la pressione antropica, oppure tramite tecniche di telerilevamento),
 - riferimenti tecnici per elaborazioni su dati primari e secondari (ad esempio, criteri per il calcolo di indici derivati attraverso formulazioni confrontabili, condivise e accettate anche in ambito internazionale).
 - indicazioni su come valutare problemi di integrazione fra *datasets* (diverse scale spaziali e temporali), nonché tecniche di valutazione degli errori associati agli strati informativi, etc.
 - indicazioni per la creazione di metadati.

Abbiamo considerato come la redazione di "linee guida" possa rappresentare il primo passo necessario per giungere ad una standardizzazione delle cartografie tematiche. Tale standardizzazione appare inoltre necessaria ai fini del confronto cartografico degli indici nello spazio e nel tempo. Si propone, pertanto,

- a livello nazionale:
 - l'adozione di un unico sistema condiviso di valutazione della vulnerabilità alla desertificazione, con

datasets e procedure omogenee (ad esempio, ESA “standard” e/o “ESA modificato” con valutazione *ex-ante* sulle variabili da selezionare, determinazione statistica dei pesi, procedure di aggregazione, definizione delle classi finali di vulnerabilità [24].

- a livello regionale (dove i problemi di confrontabilità sono meno stringenti):
 - libertà nella scelta del sistema di valutazione (variabili, procedure) ma adozione delle linee guida formalizzata tramite la “check-list” descritta in precedenza, soprattutto in accordo con l’accreciuta disponibilità di dati elementari manifestata negli ultimi anni da parte degli enti locali.

Last but not least, è necessario procedere ad una definizione “legale” e operativa di “chi fa cosa”, verificando a chi va il compito di coordinamento rispetto a tutte le questioni poste in essere (ad esempio, standard dei dataset, degli indicatori, delle procedure, delle scale). E’ evidente che gli enti nazionali, fra cui APAT per quanto concerne gli indicatori ambientali, possano svolgere in tale campo un ruolo leader, anche grazie alla connessione con le esperienze regionali della rete agenziale ARPA-APPA. Gli enti pubblici di ricerca, specializzati nelle singole tematiche (ad esempio CRA-UCEA per quanto concerne le tematiche climatiche ed ambientali), potrebbero contribuire con moduli di intervento specifici, fornendo dati, indicando procedure, suggerendo indicatori, realizzando piattaforme informatiche condivise, secondo le rispettive competenze, in modo da garantire per tutte le regioni un livello di standard quantitativo congruo con le esigenze di analisi e di confrontabilità a tutti i livelli geografici di interesse.

Nell’appendice che segue intendiamo entrare nel merito della verifica dei criteri di congruità di alcune ‘buone pratiche’. Tale appendice, di natura tecnica, prevede due esempi di tematiche ricorrenti negli studi di vulnerabilità alla desertificazione. La standardizzazione che proponiamo, a partire dalle raccomandazioni tecniche qui formulate, può essere estesa ad altri campi di ricerca qui non trattati ma che rivestono comunque un ruolo primario nelle applicazioni ambientali.

APPENDICE

“Buone pratiche” nella valutazione cartografica della vulnerabilità alla desertificazione: alcune ipotesi di lavoro ed esempi di problemi pratici

In questa appendice intendiamo proporre due tematiche di attualità nella valutazione della vulnerabilità alla desertificazione. La prima riguarda i problemi connessi con i datasets climatici, fra cui citiamo l'integrazione di dati da fonti differenti, la spazializzazione delle grandezze fisiche misurate a terra nonché la stima di alcune variabili derivate, cruciali nella determinazione del livello di vulnerabilità, quali l'indice di aridità. La seconda riguarda l'uso dei dati socio-economici nella valutazione, generalmente disponibili a risoluzioni diverse da quelle relative alle variabili geo-fisiche (quali clima, suolo e vegetazione nel modello ESA).

L'area tematica relativa alle condizioni climatiche rappresenta il principale insieme di variabili universalmente riconosciuto come determinante dei processi di degrado dei suoli. Tuttavia, nell'analisi delle cartografie che abbiamo condotto in questo lavoro (V. Cap. 3) appare evidente come si verifichi una sostanziale eterogeneità nelle fonti dati utilizzate, nonché nei metodi di calcolo delle grandezze di interesse ed, infine, nelle procedure di stima spaziale.

Per quanto riguarda il primo punto, è opportuno distinguere studi a carattere nazionale da quelli di interesse regionale. Per i primi, appare opportuno l'utilizzo di dati provenienti dalle reti di misura nazionali, in particolare APAT (ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale), UCEA e Aeronautica Militare. Tali fonti dati assicurano standard di misura internazionali e detengono serie storiche di lunghezza pari o superiore a 50 anni, caratterizzate da un significativo grado di omogeneità e completezza. Dal punto di vista spaziale, la densità di tali stazioni di misura (considerando solo quelle effettivamente funzionanti negli ultimi 50 anni), consente un'interpolazione sufficientemente corretta su ambiti geografici estesi (si pensi che la spazializzazione attualmente in uso presso l'UCEA prevede una griglia regolare con una risoluzione di 30 km, Fig. 54) [25].

A livello nazionale, ed ancor più regionale, tuttavia, è spesso necessario raggiungere una scala geografica più fine anche nelle analisi climatiche. Per questo è opportuna l'integrazione di più fonti dati, a partire dai servizi nazionali, ma includendo anche le reti degli enti di sviluppo agricoli regionali delle ARPA, degli assessorati ai Lavori Pubblici o di altre istituzioni (Università, Istituti Agrari, associazioni, ecc.), purché mantengano standard qualitativi di misura confrontabili con quelli in uso presso i servizi nazionali.

In un esperimento di integrazione di fonti-dati climatiche di diversa origine, riguardante principalmente la Regione Lazio, sono state raccolte, catalogate ed omogeneizzate quasi 300 stazioni pluviometriche, provenienti da tutti i servizi nazionali e regionali, ottenendo una considerevole densità di stazioni di misura, che ha generato una spazializzazione a scala geografica sufficientemente dettagliata (Fig. 55).

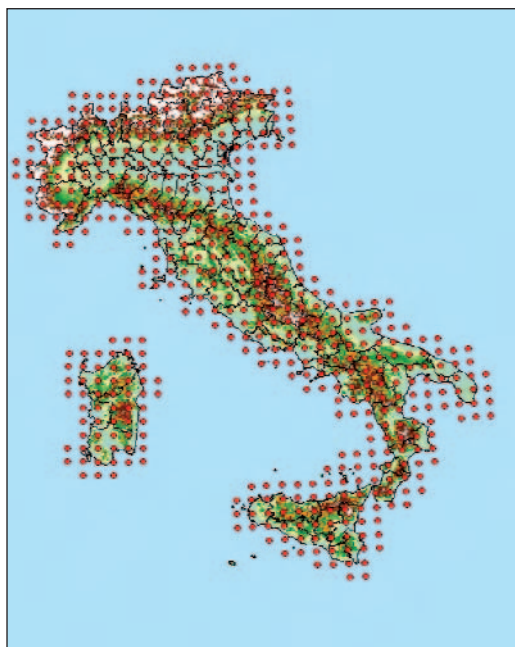


Fig. 54 - La griglia in uso presso l'UCEA per la spazializzazione stocastica delle grandezze meteorologiche [25]

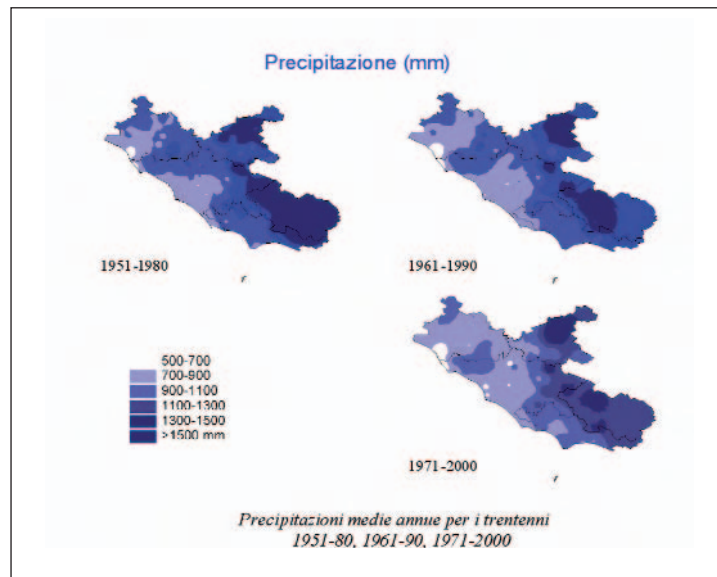


Fig. 55 - Spazializzazione preliminare della precipitazione nel periodo 1951-2000 nella Regione Lazio [26]

Altre grandezze climatiche, quali la temperatura o l'evapotraspirazione potenziale, possono essere spazializzate anche grazie a variabili ancillari, quali la quota, la latitudine, l'esposizione dei versanti. In un esperimento riguardante una regione agraria della Sardegna, è stato usato un modello lineare per la stima spaziale mediante procedure GIS (Fig. 56) delle temperature dell'aria e dell'evapotraspirazione potenziale a partire da 11 stazioni di misura e da tre variabili ancillari (quota, latitudine, distanza dal mare).

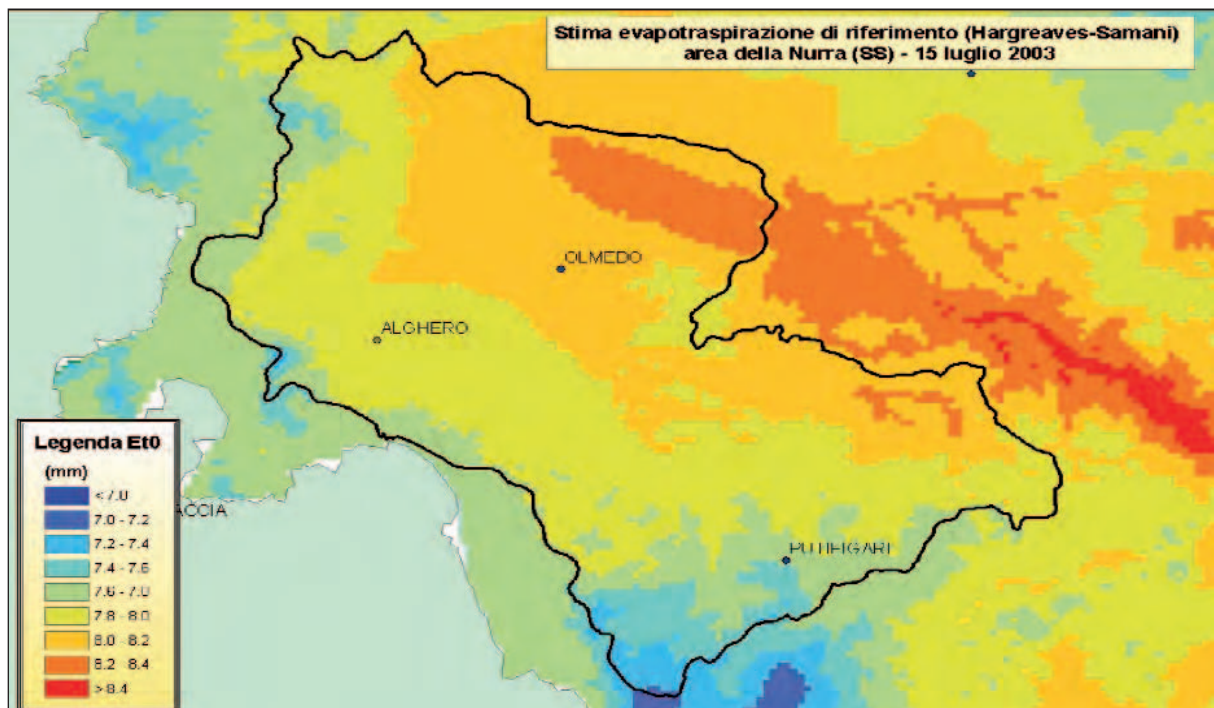


Fig. 56 – Spazializzazione a scala geografica di dettaglio della evapotraspirazione di riferimento in una regione agraria della Sardegna [27]

Per quanto riguarda le metodologie di spazializzazione, riteniamo che debba essere condotta una valutazione preliminare in termini di costi-benefici circa l'uso di procedure stocastiche o deterministiche, anche in relazione agli obiettivi cartografici da raggiungere e all'errore di stima tollerato. Si ricorda, infatti, che una procedura di spazializzazione raggiunge il suo obiettivo solo quando la stima puntuale delle grandezze è associata ad un errore contenuto. In generale, vista l'ampia disponibilità di software statistici e cartografici a costi contenuti, si suggerisce la produzione di carte tematiche relative sia alla stima puntuale che agli errori di stima. Inoltre, quando la qualità e disponibilità dei dati, nonché le caratteristiche intrinseche delle variabili trattate, lo consentano, è largamente consigliabile l'uso di procedure stocastiche, quali il kriging ed il co-kriging con variabili ancillari.

Infine, abbiamo riscontrato una notevole eterogeneità anche sul calcolo degli indici climatici derivati quali l'evapotraspirazione; nelle cartografie analizzate dalla nostra elaborazione sono state applicate quattro diverse formule di calcolo, che conducono a risultati non sempre confrontabili. Si auspica che questa eterogeneità venga superata; in tal senso, ove le informazioni di base lo consentano, si suggerisce l'uso della formula di Penman-Monteith, oppure, qualora i dati elementari fossero rappresentati dalle sole precipitazioni e temperature giornaliere, la formula di Hargreaves-Samani [25]. Oltre alle variabili climatiche, un'altra tematica di rilevante interesse empirico negli studi sulla desertificazione è rappresentata dalla componente socio-economica [32]. Tale componente appare, in taluni studi, sottostimata rispetto alla componente geo-fisica (e.g. Salvati & Zitti, submitted). L'analisi che proponiamo in questa pubblicazione conferma largamente la predominanza delle variabili fisiche rispetto a quelle antropiche nelle esperienze cartografiche nazionali. E' evidente la necessità di riequilibrare tale situazione, anche a fronte dei forti legami del fenomeno in questione con i processi sociali (ad es.: migrazioni), demografici (ad es.: pressione umana), economici (ad es.: impatto dell'agricoltura e del turismo, inquinamento delle acque, rischio industriale). Molti indicatori socio-demografici sono stati inoltre proposti nel progetto DesertLinks [7], la maggior parte dei quali appare idonea ad una rappresentazione cartografica a scala comunale o sub-comunale.

I principali vincoli all'uso di indicatori cartografici di natura socio-economica appaiono legati alla disponibilità di informazioni aggiornate a scala geografica compatibile con quella raggiunta per la mappatura dei dati geo-fisici. A questo proposito, le fonti statistiche più interessanti per costruire indicatori di desertificazione sono rappresentate dai Censimenti Generali organizzati dall'ISTAT con cadenza decennale. Ad esempio, la maggior parte degli indicatori proposti nell'ambito Desertlinks possono essere calcolati a partire dai Censimenti della Popolazione, dell'Agricoltura e dell'Industria. L'aggiornamento decennale delle informazioni appare sufficientemente accurato in studi di questo tipo e l'aggregazione spaziale minima disponibile può raggiungere un dettaglio soddisfacente dal punto di vista cartografico. Si pensi infatti alla possibilità di utilizzare dati aggregati per sezioni di censimento, che rappresentano domini spaziali consistentemente più dettagliati degli ambiti comunali e che ben si adattano ad un confronto di scala con le informazioni geofisiche.

Un ulteriore problema è rappresentato dal trattamento dei dati socio-economici. Rispetto ai dati geo-fisici, questi indicatori potrebbero contenere un grado più elevato di ridondanza (soprattutto se vengono utilizzati in numero consistente, come pure suggerito in varie esperienze progettuali a cominciare da DesertLinks). Un primo passo potrebbe essere quello di isolare gli indicatori socio-economici da quelli geo-fisici consentendo pertanto un trattamento differenziato. L'indice sintetico di rischio potrebbe essere costruito a partire dai soli indicatori geo-fisici, mentre quelli socio-economici potrebbero contribuire tramite un indicatore "sintetico" di contesto, che va cioè a diminuire oppure ad aggravare, attraverso un apposito *scaling*, la valutazione di rischio derivante dalle sole condizioni geo-fisiche.

Un aspetto derivante dal precedente è l'attribuzione di opportuni pesi ai singoli indicatori socio-demografici, operazione che potrebbe essere estremamente complessa viste le relazioni, sicuramente esistenti, ma difficilmente quantificabili, con il fenomeno in studio. A tal riguardo si propongono metodologie di costruzione di indicatori sintetici (anche a livello spaziale) tipiche della statistica sociale, attraverso analisi statistica multivariata [28]. Tali approcci, inizialmente impiegati per la riduzione dimensionale di complesse matrici di dati, forniscono valutazioni implicite sull'importanza delle singole variabili nell'ambito di datasets quantitativi [29].

Infine, l'individuazione dei singoli indicatori potrebbe attuarsi tramite la considerazione di un numero limitato di aree tematiche quali, ad esempio: pressione antropica (demografia, turismo), impatto dell'agricoltura (irrigazione, assetto dello spazio rurale, imprenditorialità, etc.), rischio industriale. In queste aree tematiche è possibile inserire un certo numero di indicatori che potrebbero essere sottoposti sia ad un'elaborazione al fine di un inserimento in un modello ESA "socio-economico" (da affiancare ai ben noti e collaudati schemi ESA "fisici"), sia ad analisi statistiche multivariate, al fine di individuare, magari per ogni area tematica, un 'fattore latente' coinvolto nei processi di desertificazione ed esplicativo delle diverse componenti di pressione manifestate dai differenti indicatori.

Nel Box 1 proponiamo un'esperienza legata all'area tematica *agricoltura* utile alla predisposizione di un modello di valutazione ESA a carattere socio-economico. Il carattere preliminare di valutazioni di questo tipo non impedisce comunque di sottolineare l'opportunità di applicare, anche alle aree tematiche socio-economiche, *standards* di misura e di analisi condivisi con l'ambito geo-fisico.

Box 1

L'impatto dell'agricoltura e la vulnerabilità ai fenomeni di *land degradation*: un'analisi comunale secondo lo schema ESA

Nella procedura ESA, le dimensioni sociale, economica e demografica non hanno ricevuto una sistematizzazione paragonabile a quella raggiunta per la dimensione bio-geo-fisica. Sebbene tutti gli studi cartografici disponibili considerino come rilevanti l'impatto delle pratiche agricole, dell'assetto dello spazio rurale e della pressione antropica sulla sensibilità dell'agro-ecosistema ai processi di *land degradation*, ad oggi nessun contributo ha suggerito un indicatore strutturato in grado di descrivere compiutamente i fattori di pressione agricola che possono incidere sulla sensibilità di un territorio alla desertificazione. L'obiettivo perseguito in questo lavoro è pertanto multiplo: *in primis*, intende suggerire un sistema di indicatori agro-ambientali utili a definire, tramite la metodologia ESA, il contributo del settore agricolo ai fenomeni di degrado dei suoli; il secondo obiettivo è classificare il territorio in ambiti omogenei per la sensibilità ai fenomeni di *land degradation*, individuando anche le variabili agro-ambientali che maggiormente concorrono a determinare tale predisposizione; il terzo obiettivo è verificare, attraverso un apposito confronto statistico, se la classificazione ottenuta è coerente con l'indice sintetico di sensibilità ai fenomeni di *land degradation* dipendenti dal settore agricolo.

L'agricoltura rappresenta il settore produttivo maggiormente coinvolto nelle problematiche ambientali e assume nel bacino Mediterraneo un duplice ruolo nei fenomeni di desertificazione, laddove mitighi i fenomeni di *land degradation* e, più spesso, determinandone la vulnerabilità, attraverso un uso non sostenibile delle risorse stesse. La progressiva concentrazione e specializzazione dei sistemi produttivi agricoli, la contestuale marginalizzazione delle aree poco idonee all'uso agricolo, il paesaggio rurale compromesso, con alternanza di zone ad elevatissima intensità produttiva con vasti ambiti agricoli al limite dell'abbandono sono le problematiche agro-ambientali maggiormente coinvolte nel determinare la predisposizione alla desertificazione.

Il modello di valutazione

I fattori di pressione riconducibili all'azione dell'agricoltura sono stati classificati in 3 aree tematiche attraverso un modello logico-concettuale che individua le connessioni fra sistemi agricoli e spazio rurale: assetto dello spazio agricolo (*Land Quality*), strategie aziendali (*Farm Quality*) ed impatto delle pratiche agricole (*Agricultural Practices Quality*). Per ciascuna dimensione è stato identificato un insieme di obiettivi prioritari a livello internazionale (OECD) e nazionale [30], con riferimento ai quali sono stati successivamente selezionati gli indicatori elementari sulla base delle statistiche attualmente disponibili (vedi 'appendice metodologica'). Il processo di scelta si è avvalso di differenti fonti, in base alla letteratura disponibile sull'argomento [30-35]. Grande attenzione è stata posta alle indicazioni espresse in [35] che hanno già stimolato la produzione di molti indicatori di rischio desertificazione a scala nazionale e locale. L'unità geografica adottata è quella costituita dai confini amministrativi a livello comunale. La scelta di imporre agli indicatori dei limiti territoriali, sebbene introduca limitate distorsioni nella valutazione spaziale dei fenomeni, rende i risultati ottenuti applicabili a scopi di pianificazione e gestione del territorio e facilmente interpretabili anche da parte degli amministratori locali.

Sono state selezionate 29 variabili relative a ciascuna area (Tab. 1), con la seguente suddivisione: Land Quality: 8 variabili, Farm Quality: 12 variabili e Agricultural practices Quality: 9 variabili. Le variabili selezionate rappresentano indicatori *proxy* di fenomeni spesso complessi, considerati strutturalmente predisponenti i processi di *land degradation*. Per ogni variabile, all'interno di ciascuna area tematica, è stata individuata la tipologia della relazione ed il verso associato al concetto di 'sensibilità alla desertificazione'. Tutti gli indicatori sono stati tratti da fonti censuarie, in particolare il Censimenti Generale dell'Agricoltura (2000) e quello della Popolazione e delle Abitazioni (2001).

Tab. 1. Indicatori, unità di misura e relazione con il concetto, attraverso le tre aree tematiche dell'agricoltura.

Acronimo	Variabile	Unità di misura	Relazione
<i>Qualità dello spazio rurale</i>			
SAU	SAU media aziendale	ha	+
SAT	SAU / SAT	%	+
SST	SAU / Superficie comunale	%	+
SAV	Variazione della SAU (1990-2000)	%	-
INT	Indice di intensità agricola	%	+
DIC	Diversità colturale	Indice di Shannon	-
BOS	Indice di boscosità	%	-
PAR	SAU in aree protette / SAU totale	%	-

segue

segue - Tab. 1. Indicatori, unità di misura e relazione con il concetto, attraverso le tre aree tematiche dell'agricoltura.

Acronimo	Variabile	Unità di misura	Relazione
<i>Qualità dell'assetto aziendale</i>			
LAV	Lavoratori agricoli / Popolazione residente	%	-
INV	Lavoratori agricoli > 65 anni / Lavoratori agricoli totali	%	+
FAM	Ampiezza famiglia del conduttore	Nr. unità	-
DIR	Numero dirigenti / Lavoratori agricoli	%	+
DIS	Diversità assetto agricolo	Indice di Shannon	-
PUB	SAU enti pubblici / SAU totale	%	-
AFF	Sup. aziende in affitto / SAU totale	%	+
AGR	Aziende agrituristiche / Aziende agricole	%	-
BIV	SAU biologica / SAU totale	%	-
BIZ	SAU aziende zootecniche biologiche / SAU totale	%	-
WEB	Numero aziende con sito web / Aziende totali	%	-
DIZ	Diversità zootecnica	Indice di Shannon	-
<i>Impatti delle pratiche agricole</i>			
COM	Rischio di compattazione dei terreni	Somma pesi	+
TRA	Densità delle trattrici	Nr. Trattrici/azienda	+
MEC	Diffusione macchine agricole (aziende con mezzi meccanici/aziende)	%	+
IRR	Superficie aziendale irrigata / SAU	%	+
IRP	Superficie aziendale irrigabile / SAU	%	+
SOT	Prelievo da acque sotterranee (aziende con prelievo/aziende irrigue)	%	+
FON	Diversificazione nell'uso delle fonti irrigue	Indice di Shannon	-
UBA	Unità di Bovino Adulto / SAU	UBA/ha	+
PAS	Indice di pascolamento	%	-

La traduzione da un modello logico-concettuale ad un modello fisico si è avvalsa di step conoscitivi che hanno portato alla formulazione di uno schema ESA sintetico, formato da 3 indici di qualità: Land Quality Index, Farm Quality Index, and Agricultural Practices Quality Index. Per ogni variabile è stato indicato un insieme di pesi che ha consentito una riclassificazione, con una implicita standardizzazione (nel range 0 – 1), in base a 5 categorie di predisposizione alla sensibilità alla desertificazione. Il sistema di pesi è stato individuato per ogni variabile sulla base della relazione concettuale con il processo in studio, tenendo in considerazione anche la relativa distribuzione di frequenza (Tab. 2).

Tab. 2. Classi di predisposizione crescenti alla land degradation, relativo sistema di pesi e variabili considerate, secondo le tre aree tematiche previste.

Classe	1	2	3	4	5
Peso	0,2	0,4	0,6	0,8	1
<i>Qualità dello spazio rurale</i>					
SAU	> 20	10 – 20	5 – 10	2 – 10	< 2
SAT	< 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	> 0,9
SST	< 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	> 0,9
SAV	> 0%	-0,25	2	1,5	< -75%
DIS	> 0,7	0,6 – 0,7	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5	< 0,4
PAR	> 60%	40% - 60%	20% - 40%	0,1% - 20%	0
BOS	> 75%	50% - 75%	25% - 50%	10% - 25%	< 10%
CON	0	< 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,15	> 0,15
PUB	> 70%	50% - 70%	30% - 50%	10% - 30%	0% – 10%
RIC	> 50%	30% – 50%	10% - 30%	0,1% – 10%	0
AGR	> 10%	5% - 10%	2% - 5%	0% - 2%	0
<i>Qualità dell'assetto aziendale</i>					
LAV	> 0,4	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	< 0,1
INV	< 0,05	0,05 – 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,5	> 0,5
FAM	> 3	2,5 – 3	2 – 2,5	1,5 – 2	< 1,5
SAL	>80%	60 – 80	40 – 60	20 – 40	<20
DIR	0	0 – 0,25	0,25 – 0,4	0,4 – 0,8	> 0,8
GDL	< 80	80 – 60	40 – 60	20 – 40	> 20
BIV	> 20%	10% - 20%	5% - 10%	0% - 5%	0
BIZ	> 20%	10% - 20%	5% - 10%	0% - 5%	0
WEB	> 5	2 - 5	1 - 2	0 - 1	0%
<i>Impatto delle pratiche agricole</i>					
COM	< 30	30 – 50	50 – 80	80 – 100	> 100
TRA	< 1,04	1,05 – 1,2	1,2 – 1,3	1,3 – 1,5	> 1,5
MEC	<50%	50% - 70%	70% - 80%	80% - 90%	> 90%
IRR	< 5%	5% - 10%	10% - 20%	20% - 30%	> 30%
IRP	< 10%	10% - 20%	20% - 30%	30% - 40%	> 40%
SOT	<20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	>80%
FON	n.c. vel >0,8	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6	0,2-0,4	<0,2
UBA	<0,3	0,3-0,5	0,5-0,8	0,8-1	>1
PAS	n.c vel >5	2-5	1-2	0,3-1	< 0,3
AFF	< 1%	1% - 5%	5% - 10%	10% - 20%	> 20%
DIC	> 0,7 vel n.c.	0,6 – 0,7	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5	< 0,4
DIZ	> 0,7 vel n.c.	0,6 – 0,7	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5	< 0,4
INT	< 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	> 0,9

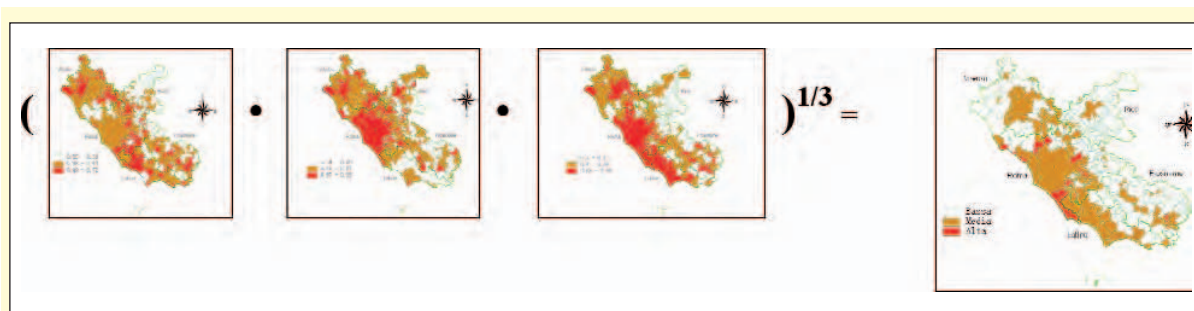


Fig. 57 – Schema sintetico di composizione dell'indice AQI (Fonte: Riadattamento da Salvati et al. 2005)

Infine, per ogni area tematica è stato costruito un indicatore sintetico di predisposizione (LQI, FQI, PQI) come media geometrica degli indicatori riclassificati. L'indicatore di sensibilità finale (Agriculture Quality Index, AQI) è stato ottenuto a sua volta come media geometrica dei tre indicatori tematici.

Vulnerabilità dello spazio rurale ai processi di land degradation: un indice sintetico

L'indice AQI descrive il livello di pressione sugli agro-ecosistemi delle tre dimensioni considerate in questo studio. AQI individua, al pari dei singoli indici tematici, un netto gradiente altimetrico nella regione (Tab. 14), passando da un valore medio di 0,41 nei comuni montani a 0,56 nei comuni di pianura. A livello provinciale, la sensibilità alla desertificazione è più alta a Viterbo e Roma, mentre Rieti si conferma la provincia a minore sensibilità.

Tab. 3. Livello di sensibilità alla desertificazione secondo l'indice AQI: valori medi comunali aggregati per altimetria e provincia.

	Zona altimetrica		Provincia
Montagna interna	0,41	Frosinone	0,44
Collina interna	0,47	Latina	0,46
Collina litoranea	0,50	Rieti	0,41
Pianura	0,56	Roma	0,48
Lazio	0,46	Viterbo	0,48

La distribuzione di AQI a livello comunale (Fig. 3) mostra una sensibilità media nei comuni dell'area metropolitana di Roma e del litorale a sud, nell'area ad elevata vocazione agricola della piana di Viterbo e di Rieti, nonché lungo la direttrice Roma - Cassino. I comuni classificati ad elevata sensibilità ricadono tutti nell'area litoranea dell' hinterland di Roma. In questi comuni agiscono pressione demografica, una significativa perdita di suoli agricoli per cause urbanistiche, marginalizzazione delle aziende, massiccio ricorso alle pratiche agronomiche meno sostenibili, un paesaggio rurale compromesso e, localmente, a forte intensificazione agricola.

Considerando la distribuzione dei comuni secondo le classi di sensibilità media e alta (Tab. 15), solo il 5% dei comuni montani è classificato a predisposizione media, percentuale che cresce inversamente con la quota, raggiungendo il 53% nella fascia altimetrica di pianura. Un alto livello di predisposizione colpisce i comuni litoranei e, più raramente, gli ambiti collinari interni. A livello provinciale, Latina, Viterbo e Roma si pongono ai primi posti nella graduatoria per numero di comuni a media predisposizione (circa il 30% dei comuni) mentre i comuni ad alta predisposizione appartengono tutti alla provincia di Roma.

Tab. 4. Comuni ricadenti nelle classi di sensibilità media e alta ai fenomeni di desertificazione secondo l'indice AQI: aggregazione per altimetria e provincia.

	Nr. comuni	Predisposizione		%	
		Media	Alta	Media	Alta
<i>Per zona altimetrica</i>					
Montagna interna	119	6	-	5,0	-
Collina interna	207	56	4	27,1	1,9
Collina litoranea	34	16	3	47,1	8,8
Pianura	17	9	4	52,9	23,5
<i>Per provincia</i>					
Frosinone	91	18	-	19,8	-
Latina	33	11	-	33,3	-
Rieti	73	5	-	6,8	-
Roma	120	34	11	28,3	9,2
Viterbo	60	19	-	31,7	-
Lazio	377	87	11	23,1	2,9

Per quanto concerne la superficie classificata secondo la sensibilità media e alta (Tab. 16), il 71% dei comuni di pianura è classificato a sensibilità media, percentuale che decresce nettamente con la quota, raggiungendo il 5% nella fascia montana. Un'elevata sensibilità si osserva nei comuni di pianura e della collina litoranea, coinvolgendo l'11% della provincia di Roma ed il 3,5% del Lazio.

Tab. 5. Superficie (km²) ricadente nelle classi di sensibilità media e alta secondo l'indice AQI: aggregazione per altimetria e provincia.

	Nr. comuni	Predisposizione		%	
		Media	Alta	Media	Alta
<i>Per zona altimetrica</i>					
Montagna interna	4368	257	-	5,9	-
Collina interna	7943	2649	229	33,4	2,9
Collina litoranea	1432	600	101	41,9	7,1
Pianura	3425	2428	273	70,9	8,0
<i>Per provincia</i>					
Frosinone	3225	583	-	18,1	-
Latina	2250	1146	-	50,9	-
Rieti	2749	349	-	12,7	-
Roma	5331	2514	603	47,2	11,3
Viterbo	3612	1343	-	37,2	-
Lazio	17168,3	5934,8	603	34,6	3,5

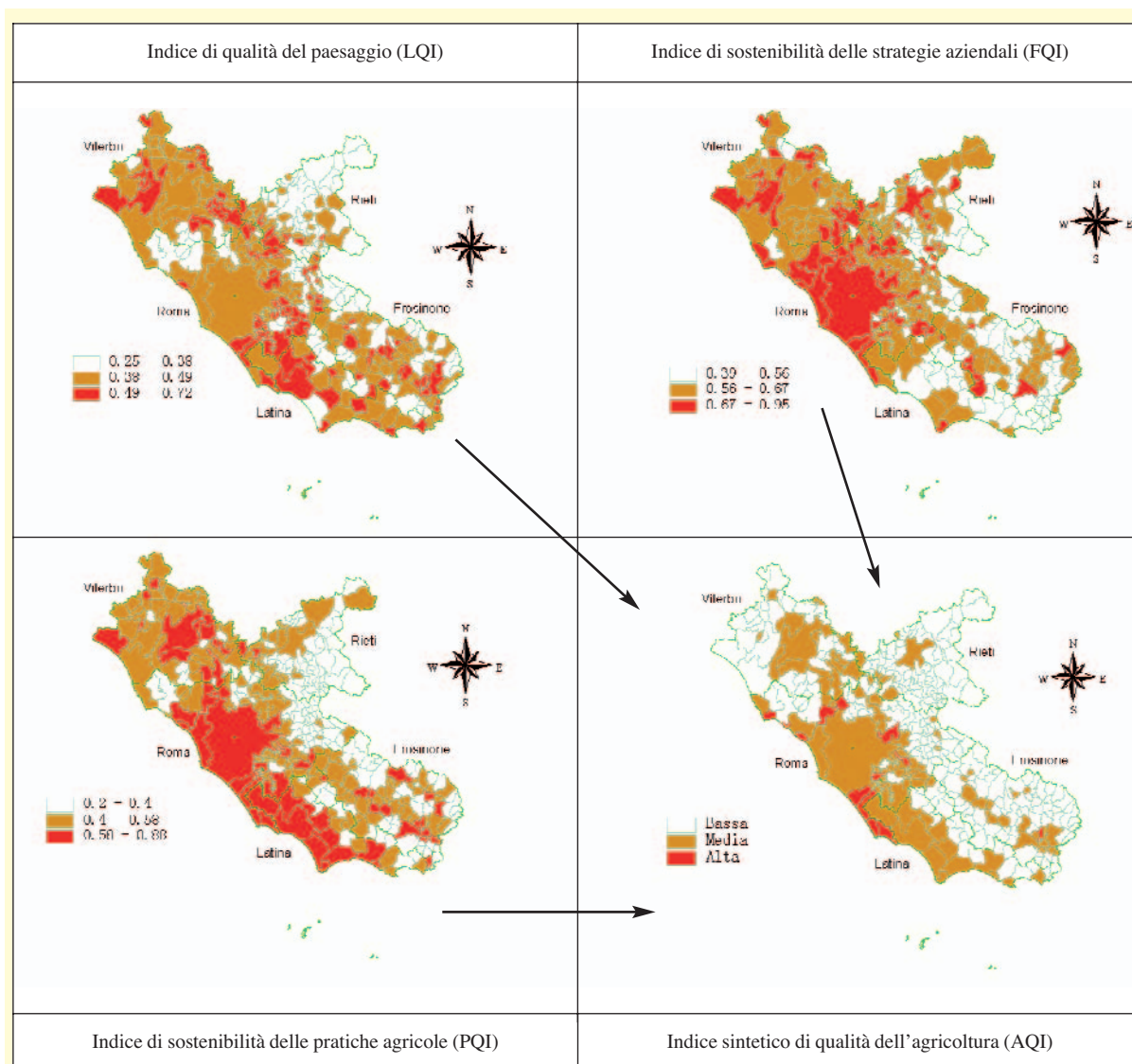


Fig. 3. Diagramma di costruzione di un indice sintetico di qualità dell'agricoltura a partire dai quattro indicatori tematici (cfr. testo per dettagli, riadattamento da [24])

In questo box abbiamo proposto un sistema di indicatori tematici in grado di rappresentare, a scala geografica sufficientemente dettagliata, i principali fattori di pressione dell'agricoltura sull'ambiente, considerati come predisponenti i processi di *land degradation* e, in termini più generici, di desertificazione. La sensibilità del territorio è stata valutata attraverso lo schema ESA, mediante indicatori di immediata formulazione empirica e ricavati da statistiche ufficiali facilmente accessibili; essi si adattano a contesti ed esigenze di ricerca differenti, sia per analisi storiche (1970 – 2000) che per valutazioni a scala geografica di maggiore dettaglio (fino alla sezione di censimento).

La metodologia ha consentito di individuare, per le aree oggetto di studio, la sensibilità alla desertificazione secondo una scala crescente. Lo studio del territorio e delle aree a rischio per processi di degrado del suolo e di progressiva instabilità degli ecosistemi è avvenuto attraverso la calibrazione di indicatori di pressione antropica sull'ambiente. Un ulteriore pregio della metodologia risiede nel fatto che, anche grazie alla scala adottata e per l'immediatezza dell'approccio sviluppa-

to, consente una rapida lettura della cartografia prodotta. La sua ampia applicazione a scala europea ne fa uno strumento di studio consolidato ed il risultato può integrarsi con studi simili realizzati in altre aree del bacino del Mediterraneo.

Un punto debole dello schema ESA è l'attribuzione di indici e di pesi che potrebbero essere di volta in volta criticati e discussi. Per tale motivo abbiamo verificato, attraverso un approccio multivariato, che l'indice sintetico AQI producesse una valutazione della predisposizione ai fenomeni di desertificazione congrua con la tipizzazione dei comuni effettuata basandosi sugli stessi indicatori originali. La classificazione ottenuta mediante analisi dei cluster (secondo la tecnica delle *k-means*) evidenzia tre ambiti a differente livello di predisposizione, e l'analisi discriminante individua come indicatori più rappresentativi di questa differenziazione i processi di intensificazione culturale e di meccanizzazione agricola, nonché l'irrigazione.

Il criterio adottato nella costruzione del modello, come altri, è lungi dal fornire risposte univoche e, pertanto, può essere soggettivamente ritenuto più o meno rispondente alle questioni poste inizialmente. Tuttavia, l'individuazione di un modello di stima dell'impatto dell'agricoltura, nelle sue varie dimensioni, sugli ecosistemi mediterranei rimane cruciale nella corretta valutazione della predisposizione di un dato territorio agli eventi di siccità, ai processi di land degradation e, in definitiva, alla desertificazione.

GLOSSARIO

Aridità: caratteristica climatica determinata dalla contemporanea scarsità delle piogge (aree con precipitazioni annue inferiori a 600 mm) e dalla forte evapotraspirazione, che sottrae umidità ai terreni e alla vegetazione. Si ritengono aride, semi-aride e sub-umide secche le zone in cui l'apporto delle piogge è inferiore al 65% di quanto potenzialmente si perderebbe con l'evapotraspirazione se il suolo fosse sempre saturo di acqua.

Biodiversità: (sinonimo di diversità biologica): insieme di organismi che vivono sul pianeta, e il modo in cui questi si diversificano e si organizzano a livello genetico, di specie, e di ecosistemi; aspetto particolare della biodiversità è quella che si riferisce all'uomo (in quanto parte degli organismi viventi) e ai suoi aspetti culturali.

Cambiamento climatico: modificazione globale del clima osservabile su lunghi intervalli temporali attribuibile all'alterazione della composizione chimica dell'atmosfera dovuta direttamente o indirettamente all'attività umana.

Censimento: indagine totale che enumera caratteristiche associate all'intero collettivo di riferimento.

Climax: fase finale dell'evoluzione degli stadi di successione della vegetazione caratteristica per un certo territorio, di determinate condizioni pedoclimatiche.

Concetto: rappresentazione mentale che può avere un referente osservabile direttamente oppure indirettamente; se è formato da sottoconcetti, viene definito multidimensionale. Quando le modalità assunte dal concetto sono quantitative si parla di variabile, mentre se sono qualitative si parla di mutabile.

Dato elementare: livello di una misura associato ad una qualsivoglia unità statistica, misurato mediante un'opportuna scala, che forma una variabile (oppure una mutabile) elementare.

Degrado delle terre: diminuzione o scomparsa della produttività biologica o economica e della complessità delle terre coltivate non irrigate, delle terre coltivate irrigate, dei percorsi, dei pascoli, delle foreste o delle superfici boschive in seguito all'utilizzazione delle terre o di uno o più fenomeni, segnatamente di fenomeni dovuti all'attività dell'uomo e ai suoi modi di insediamento, fra i quali:

(i) l'erosione del suolo provocata dal vento e dall'acqua;

(ii) il deterioramento delle proprietà fisiche, chimiche, biologiche o economiche dei suoli;

(iii) la scomparsa a lungo termine della vegetazione naturale.

Desertificazione: degrado delle terre nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche provocato da diversi fattori, tra i quali le variazioni climatiche e le attività umane [UNCCD].

GIS (Geographical Information System): insieme di hardware, software, componenti umane ed intellettive che permettono l'archiviazione, la gestione, l'elaborazione di una grande quantità di dati spaziali.

Indicatore: numero indice che assume valenza informativa quando vi si attribuisce uno stretto legame con un modello concettuale che fa parte di un modello di ricerca (a priori) o di uno schema interpretativo (a posteriori).

Indice sintetico: Variabile complessa, derivante da operazioni algebriche di sintesi su un insieme più o meno ampio di indicatori, operativizzata per descrivere concetti caratterizzati da più dimensioni conoscitive e logiche e non direttamente misurabili a partire da singole proprietà.

Lotta contro la desertificazione: attività connesse alla valorizzazione integrata delle terre nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche, in vista di uno sviluppo sostenibile e intese a migliorare le condizioni di vita delle popolazioni locali.

Modalità: valori assumibili da un concetto: quantitativi (esprimibili mediante numeri reali) oppure qualitativi (esprimibili in termini verbali).

Numero indice: entità numerica depurata dal condizionamento dell'unità di misura o dell'ordine di grandezza, o di entrambi, costruita mettendo in rapporto un fenomeno con un altro che ne è il presupposto logico.

Ricerca desk: attività di studio e di raccolta di informazioni bibliografiche, economiche e/o statistiche 'a tavolino' che si distingue dalla rilevazione sul campo e che è generalmente legata alle prime fasi di ricerca.

Rilevazione da fonte amministrativa: raccolta di dati derivanti da archivi che rilevano, con cadenza definita, fenomeni di interesse demografico, economico e sociale a partire dall'attività istituzionale degli enti preposti al loro mantenimento.

Rischio: perdite attese (di vite, persone ferite, proprietà ed attività economica danneggiate) dovute ad un particolare pericolo in una certa area ed in un periodo di riferimento. Sulla base di calcoli matematici, il rischio è il prodotto tra pericolo e vulnerabilità (EEA).

Sensibilità: grado al quale un sistema è affetto da processi legati alla desertificazione, causati sia da eventi naturali che antropici inclusi i cambiamenti climatici, erosione del suolo, deforestazione, salinizzazione, ecc.

Siccità: è invece un fenomeno naturale che colpisce anche aree non aride quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli normalmente registrati. La siccità può influire sul degrado del territorio principalmente apportando danni alle attività produttive agricole e zootecniche. Gli ecosistemi naturali hanno infatti, generalmente, la necessaria resilienza per superare periodi di siccità mentre i settori produttivi che dipendono da un costante apporto di acqua possono essere danneggiati.

Statistica ufficiale: l'insieme delle fonti (procedure, rilevazioni e dati elementari) legate all'attività di enti statali e/o pubblici appartenenti al Sistema Statistico Nazionale (SISTAN).

Unità elementare: Entità sulla quale si opera la rilevazione e/o l'analisi, producendo il livello (valore o categoria) di uno o più attributi posseduto/i dalla unità stessa.

Variazione climatica: fluttuazione dei parametri climatici su scale annuali, interannuali e decadali che rientrano nella variabilità naturale del clima.

Vulnerabilità: definisce l'entità dei possibili danni ad un sistema provocati da un cambiamento. Essa dipende non solo dalla sensibilità del sistema, ma anche dalla sua capacità di adattamento alle nuove condizioni attraverso una modifica delle pratiche, dei processi e delle strutture.

Zone aride, semi-aride e sub-umide secche: zone, escluse le artiche ed antartiche, nelle quali il rapporto tra le precipitazioni annuali e l'evapotraspirazione potenziale si situa nell'intervallo tra 0.05 e 0.65.

ALLEGATO 1

Analisi dei requisiti e progettazione del sistema

Al fine di avere una panoramica completa e dinamica della documentazione raccolta si è deciso di organizzare una prima Banca Dati mediante l'ausilio del software Microsoft Access 2000.

La Banca Dati è stata calibrata sulla base delle necessità emerse durante l'archiviazione e la raccolta delle informazioni. I problemi maggiori sono stati riscontrati nell'identificazione esatta dei parametri da considerare, del loro significato e delle loro caratteristiche (tipo dato, fonte del dato, metodo di elaborazione, etc.), al fine di poter inserire tali informazioni nella struttura schematica e "rigida" della Banca Dati. Per affrontare tale problematica, è stato necessario sviluppare un sistema concettuale di "spoglio/compilazione" delle schede sintetiche dei lavori esaminati che ha seguito lo stesso iter evolutivo di crescita della Banca Dati (scelta di quali informazioni, tipologia e formato dovessero comporre la BD). Tale approccio ha portato ad un primo prototipo di Banca Dati in cui ogni entità di informazione è stata archiviata in una tabella a sé stante con peculiarità proprie relative al formato dei record che vi venivano archiviati.

Il sistema "spoglio/compilazione" è stato concepito analizzando i lavori considerati e ricavandone le procedure operative utilizzate per la produzione dei supporti cartografici. La lettura degli schemi in direzione "cartografia a dati di ingresso" ha permesso di gerarchizzare le informazioni da inserire all'interno della Banca Dati. Di seguito viene riportato, a titolo di esempio, lo schema concepito dall'analisi del lavoro per la Regione Sardegna (Fig. 1).

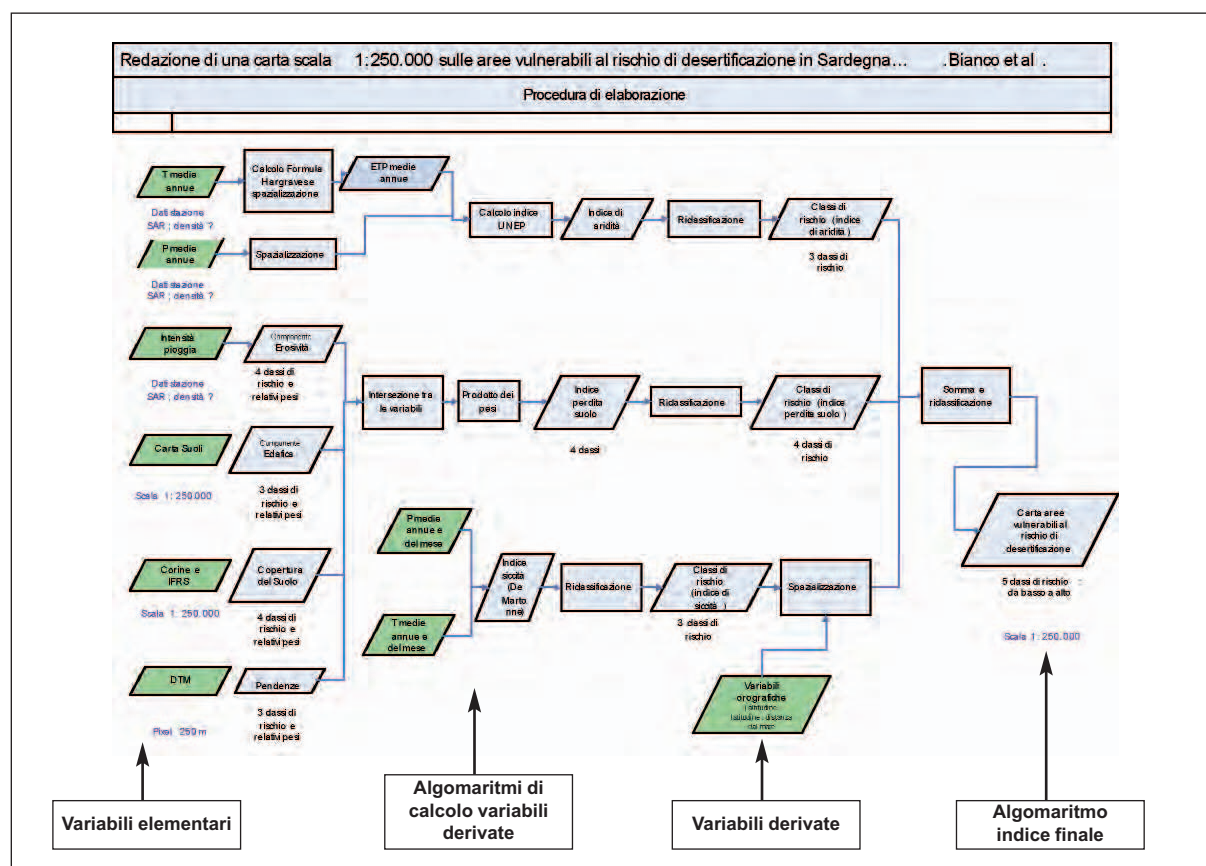


Fig. 1 – Procedura di elaborazione per il caso della Regione Sardegna

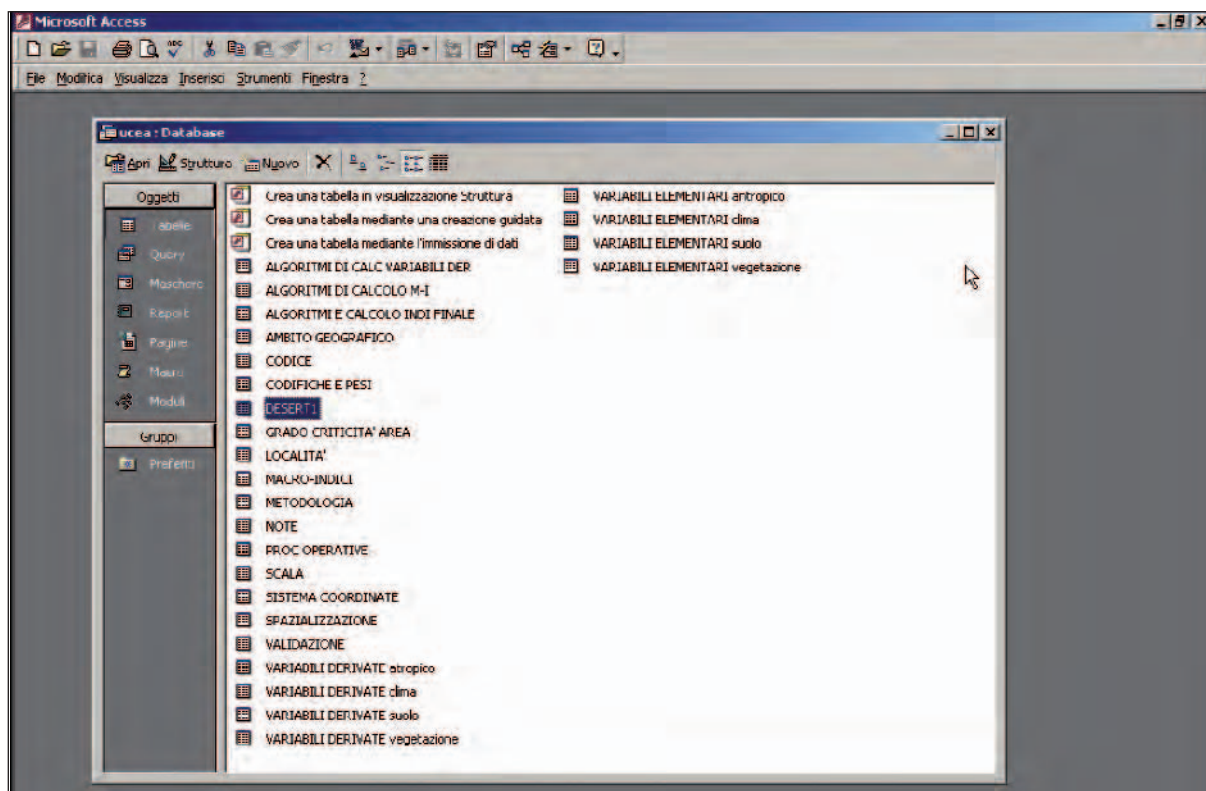


Fig. 2 – Finestra centrale del database

Le tabelle rappresentative dei campi sono state gestite mediante una tabella centrale chiamata DESERT1. Il tipo di relazione impiegata è *Uno a molti – Molti a uno*.

Questi due termini rappresentano la stessa relazione secondo due punti di vista diversi. Consideriamo ad esempio le tabelle AMBITO GEOGRAFICO e DESERT1. Le due tabelle vengono chiamate rispettivamente “*lato uno*” e “*lato molti*”. Il significato è che un valore della tabella del “lato uno” può corrispondere a più valori del “lato molti” (può corrispondere anche ad un solo o a nessun valore). Ciascuna tabella viene relazionata alla tabella centrale del database contenente tutti i campi. In questa maniera è stato possibile sviluppare un sistema di controllo di uniformità delle informazioni da archiviare ed una maggiore velocità nel processo di crescita del database stesso.

Successivamente a questa prima archiviazione, si è proceduto ad un’analisi dei dati al fine di controllare la coerenza del dato con la classe di appartenenza, l’integrità referenziale dei dati stessi e le possibili ridondanze dei record. Inoltre si è provveduto ad integrare le informazioni mancanti. Questo tipo di attività di “TEST” ha permesso di progettare una seconda Banca Dati costituita da tre sole tabelle e di valutare esattamente quale tipo di informazioni dovessero essere fornite.

I dati filtrati dall’attività di progettazione sono stati nuovamente archiviati in una struttura relazionale. La struttura è formata da sole quattro tabelle che rendono pertanto la Banca Dati fruibile e dinamica. È stata realizzata una tabella centrale nella quale sono stati fatti confluire tutti i dati precedentemente testati ed analizzati (ARCHIVIO DESERTIFICAZIONE) ed una seconda tabella (ANAGRAFICA) nella quale sono state riportate tutte le fonti dei dati di ingresso. I dati in questo caso risultano essere congruenti tra loro e il data base realizzato è in grado di fornire le informazioni previste dal progetto.

La struttura relazionale della Banca Dati creata mediante la duplicazione della tabella ANAGRAFICA e della tabella ARCHIVIO DI DESERTIFICAZIONE permette la consultazione/analisi in modalità biunivoca. Infatti da un determinato record della tabella ANAGRAFICA è possibile ricevere informazioni sui record associati della tabella ARCHIVIO DI DESERTIFICAZIONE e viceversa. Di seguito viene riportato il diagramma relazionale del database e la struttura delle tabelle ANAGRAFICA e ARCHIVIO DI DESERTIFICAZIONE.

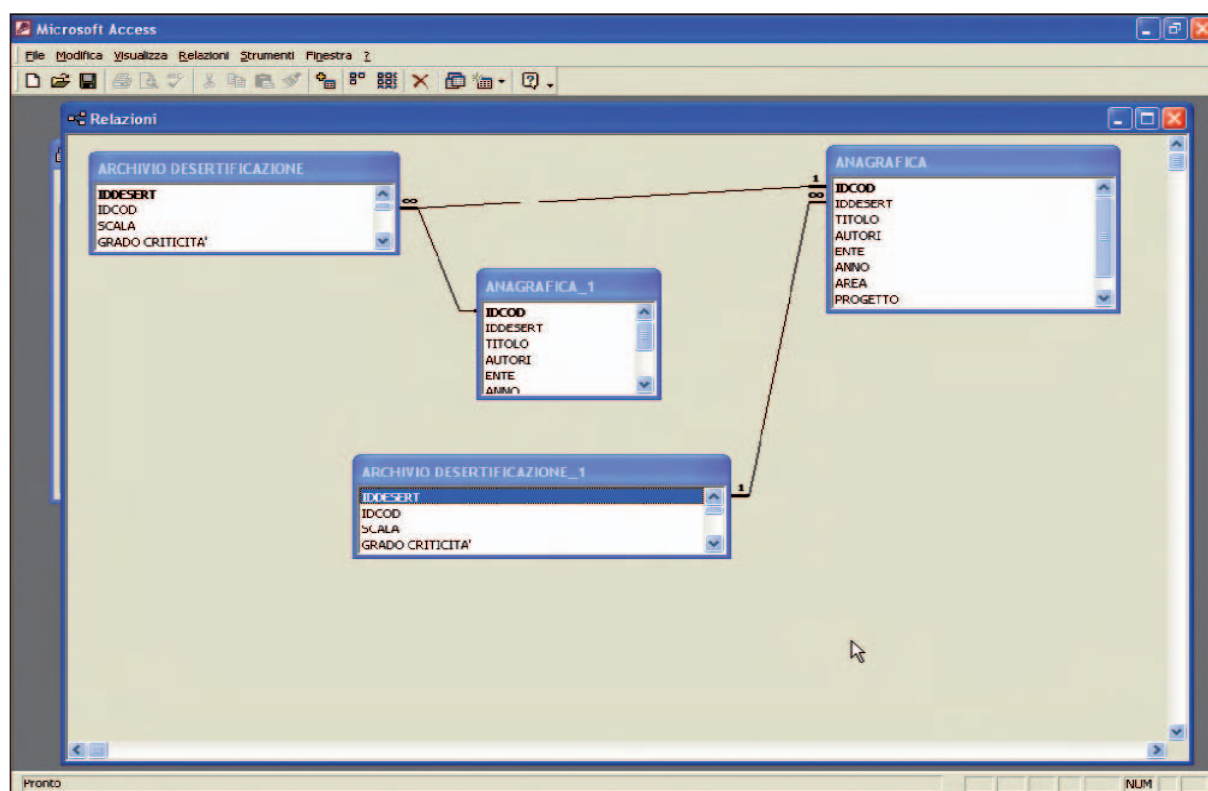


Fig. 4 – Schema relazionale DB2

Tab. 1 - Struttura della tabella anagrafica che riporta le informazioni bibliografiche dei progetti

IDCOD	CONTATORE
IDDESERT	NUMERICO
TITOLO	TESTO
AUTORI	TESTO
ENTE	TESTO
ANNO	TESTO
AREA	TESTO
PROGETTO	TESTO
REFERENTE	TESTO

Tab. 2 - Struttura della tabella archivio desertificazione che riporta in sintesi le informazioni strutturali dei progetti\p

IDDESERT	CONTATORE
IDCOD	NUMERICO
SCALA	TESTO
GRADO DI CRITICITÀ AREA	TESTO
AMBITO GEOGRAFICO	TESTO
LOCALITÀ	TESTO
METODOLOGIA	TESTO
SISTEMA DI COORDINATE	TESTO
PROCEDURE OPERATIVE	TESTO
MACRO-INDICI	TESTO
ALGORITMO DI CALCOLO DEI MACRO-INDICI	TESTO
VARIABILI ELEMENTARI CLIMA	TESTO
VARIABILI ELEMENTARI SUOLO	TESTO
VARIABILI ELEMENTARI VEGETAZIONE	TESTO
VARIABILI ELEMENTARI ANTROPICO	TESTO
VARIABILI DERIVATE CLIMA	TESTO
VARIABILI DERIVATE SUOLO	TESTO
VARIABILI DERIVATE VEGETAZIONE	TESTO
VARIABILI DERIVATE ANTROPICO	TESTO
ALGORITMO DI CALCOLO DEGLI INDICI	TESTO
SPAZIALIZZAZIONE	TESTO
ALGORITMO CALCOLO INDICE FINALE	TESTO
VALIDAZIONE	TESTO
FILE DI RIFERIMENTO	OGGETTO OLE
NOTE	TESTO

Il campo “File di riferimento” viene riempito con un “collegamento” al file in formato digitale relativo al lavoro considerato, permettendo così l’accesso all’utente alla fonte diretta dei dati censiti/archiviati. Al fine di rendere più fruibile l’interfaccia di consultazione è stata creata una maschera sulla quale è possibile impostare le ricerche.

ALLEGATO 2

Elenco delle pubblicazioni soggette a spoglio

Tab. 1 - Schema di sintesi di tutti i progetti analizzati

COD	TITOLO	AUTORI	ENTE	ANNO	AREA	PROGETTO	REFERENTE
1	Sviluppo di una metodologia per l'individuazione di aree sensibili alla desertificazione in ambiente Mediterraneo (Sardegna centro - orientale), con acquisizione di informazioni mediante immagini telerilevate.	Tesi di Laurea di M. Motta	Università di Milano	1998	Sardegna centro-orientale		M. Motta
2	National preliminary map of Italian areas prone to desertification	M. Biafore, F. Guiducci, A. Lisi, N. Luger	Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali	1999	Italia		F. Guiducci
3	Indications des zones vulnérables dans la région de Puglia	L. Montanarella, R. Baracchini, E. Rusco	European Soil Bureau Commission	2000	Puglia		E. Rusco
4	Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). Catena 40, p. 19-35. (2000).	Basso F., Bove E., Dumontet S., Ferrara A., Pisante M., Quaranta G., Taberner M.		2000	Bacino dell'Agri	MEDALUS	A. Ferrara
5	Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sardegna, sulla base di parametri meteorologici, fisiografici e pedologici	G. Bianco, G. Bandinelli, G. Manca, S. Canu	SAR Sardegna	2001	Sardegna		A. Motroni
6	Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sicilia	S. Camemolla, A. Drago, M. Perciabosco, F. Spinnato	CTM - Regione Siciliana	2002	Sicilia		M. Perciabosco
7	Individuazione delle zone sensibili alla desertificazione nella regione siciliana in Valutazione e mitigazione della desertificazione nella Regione Siciliana. Un caso di studio	L. Giordano, F. Giordano, S. Grauso, M. Iannetta, L. Rossi, M. Sciortino, G. Bonati	ENEA, INEA	2002	Sicilia	ENEA, INEA, MATT	L. Giordano
8	Valutazione del rischio di desertificazione nell'area del Guspinese - Arburese compresa tra Rio Terramaistus e Flumini Mianu (Sardegna Sud-occidentale). Redazione della carta del rischio in scala 1:25.000.	Tesi di Laurea di P. Pusceddu	Università di Cagliari	2003	Area Guspinese Arburese		P. Pusceddu
9	Un sistema di supporto alle decisioni per la valutazione del rischio desertificazione nel territorio ionico - salentino	Tesi di Dottorato di R. Racioppi	Politecnico di Bari	2003	Territorio ionico salentino		R. Racioppi

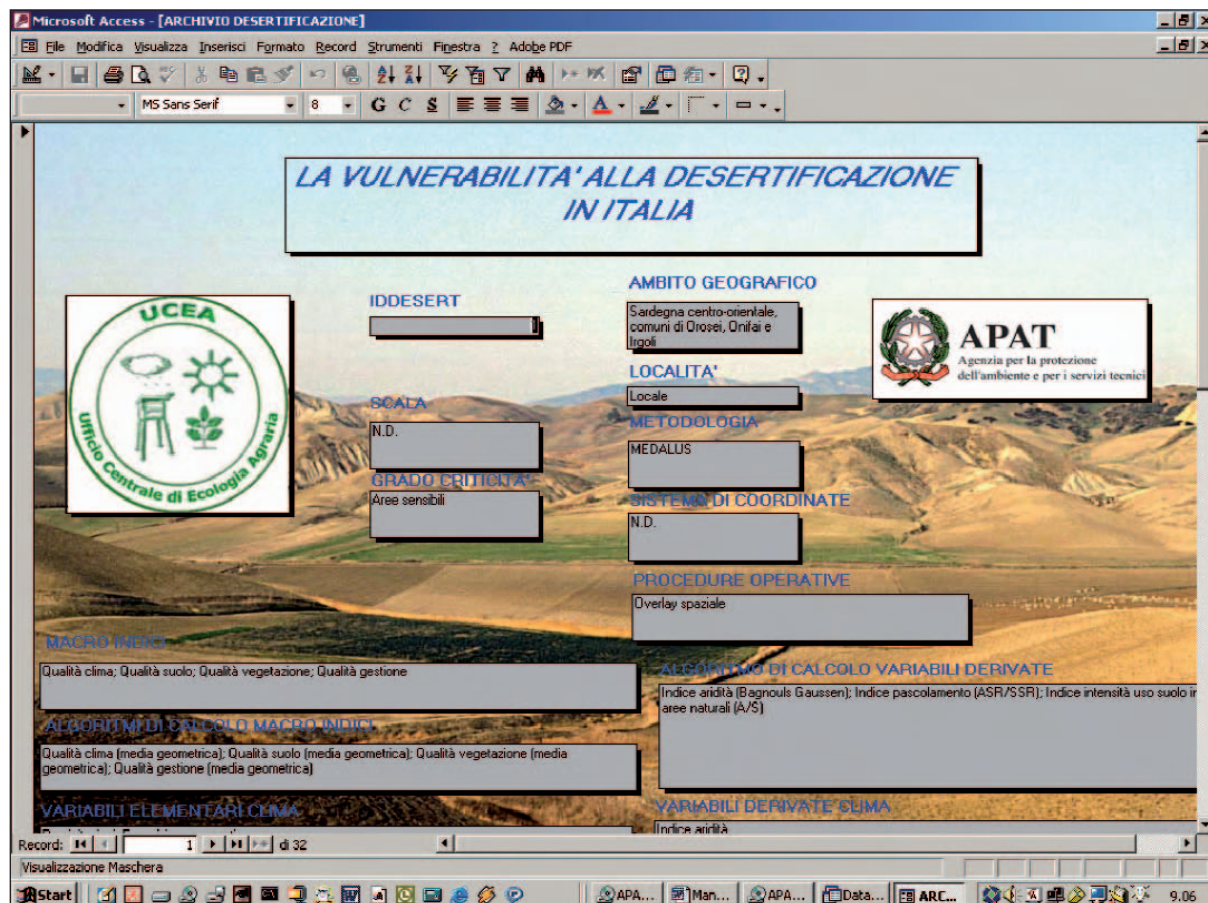
COD	TITOLO	AUTORI	ENTE	ANNO	AREA	PROGETTO	REFERENTE
10	Applicazione di una metodologia per l'individuazione di aree sensibili alla desertificazione nel territorio comunale di Sassari mediante elaborazione GIS.	Tesi di Laurea di D. Pittalis	Università di Sassari	2003	Comune di Sassari		D. Pittalis
11	Integrazione dei dati climatici, tele rilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione	L. Genesio, R. Magno, V. Capecci, A. Crisci, L. Botta, R. Ferrari, L. Angeli, L. Gardin	CNR - Ibmec	2004	Toscana	DesertNet	L. Genesio
12	La cartografia delle aree a rischio desertificazione	A. Marini, L. Naitza, D. Macciotta, S. Orrù	Università di Cagliari	2004	Emilia Romagna, Sicilia	DesertNet	L. Naitza
13	Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Basilicata	A. D'Ottavio, P. Baffari, V. Trivigno,	Regione Basilicata, Università della Basilicata	2004	Basilicata	DesertNet	A. Ferrara
14	Carta delle aree sensibili alla desertificazione (Environmentalmente sensitive areas to desertification, ESAs)	A. Motroni, S. Canu, G. Bianco, G. Loj	SAR Sardegna	2004	Sardegna	DesertNet	A. Motroni
15	Map of Sensitivity to Desertification of Italy		FMA, UNCCD	2004	Bacino del Mediterraneo	DISMED	L. Genesio
16	Atlante nazionale delle aree a rischio di desertificazione		ISSDS, INEA, Regione Sardegna, Regione Sicilia, Regione Calabria, Regione Puglia	2005	Sardegna, Sicilia, Puglia, Calabria, Basilicata, Molise, Campania, Lazio, Abruzzo, Toscana, Umbria, Marche		E. Costantini
17	Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Calabria		ARPACal	2005	Calabria	DesertNet	C. Barbalace
18	Il metodo ESAs per la modellizzazione del rischio di desertificazione. Applicazione in un'area della Sardegna nord-occidentale.	C. Zucca, S. Madrau, M. De-roma, D. Pittalis	NRD, Università di Sassari		Sardegna nord-occidentale		C. Zucca
19	Application of the proposed methodology for defining ESAs - The Agri Basin (Italy) in The Medalus project Mediterranean desertification and land use	F. Basso, A. Bellotti, S. Faretta, A. Ferrara, G. Mancino, M. Pisante, G. Quaranta, M. Taberner	European Commission			MEDALUS	A. Ferrara

COD	TITOLO	AUTORI	ENTE	ANNO	AREA	PROGETTO	REFERENTE
20	Geodatabase sul rischio di desertificazione in Italia	L. Salvati, T. Ceccarelli, A. Brunetti	UCEA	2005	Italia	CLIMAGRI	L. Salvati
21	Criteri d'individuazione degli indicatori per la quantificazione delle aree sensibili alla desertificazione. Un caso studio: la Puglia.	Tesi di Laurea di R. Magno	Università di Bari	2001	Puglia		R. Magno
22	Modelli e cartografia di vulnerabilità dei suoli ai processi di desertificazione. Il caso del comune di Sassari.	S. Madrau, C. Zucca, M. De Roma, D. Pittalis	NRD – Università Sassari		Comune Sassari		C. Zucca
23	Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione	E. Catalano, P. B. Celico, C. Buondonno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, G. Sammartino	Autorità Bacino Sin. Sele	2000	Autorità Bacino Sin. Sele	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
24	Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione	G. Pappalardo, P. B. Celico, C. Buondonno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, G. Lombardi, C. Minotta	Autorità Bacino Destra Sele	2000	Autorità Bacino Destra Sele	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
25	Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione	M. Postiglione, P. B. Celico, C. Buondonno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, M. Cavallaro	Autorità Bacino Sarno	2000	Autorità Bacino Sarno	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
26	Carta delle aree vulnerabili alla desertificazione per salinizzazione delle falde acquifere		Autorità Bacino Interregionale Fiume Magra	2000	Autorità Bacino Interregionale Fiume Magra	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
27	Carta della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione					Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
28	Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione	G. Cantone, P. B. Celico, C. Buondonno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, M. La Greca, P. Tolentino	Autorità di bacino regionale Nord-Occidentale Campania	2000	Autorità di bacino regionale Nord-Occidentale Campania	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	

COD	TITOLO	AUTORI	ENTE	ANNO	AREA	PROGETTO	REFERENTE
29	Carta della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione		Regione Puglia, IRSA CNR	2000	Puglia	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
30	Prima individuazione delle aree vulnerabili alla desertificazione e relative misure di tutela ed intervento		Regione Liguria – Ambiente e territorio	2000	Liguria	Programma regionale per la lotta alla siccità ed alla desertificazione	
31	Identification of Environmentally Sensitive Areas (ESAs) in the country of the Annex IV (Portugal, Spain, Italy, Greece, Turkey) UNCCD Convention – brief methodological note	P. Nino, E. Rusco	INEA, JRC - ISPRA	2003	Paesi Annesso IV		P. Nino, E. Rusco
32	Methods for the characterization of areas sensitive to desertification: an application to the Calabrian territory (Italy)	R. Coscarelli, I. Minervino, M. Sorriso-Valvo	CNR-IRPI Co-senza	2004	Calabria		R. Coscarelli

ALLEGATO 3

Il database 'La vulnerabilità alla desertificazione in Italia'



TITOLO Sviluppo di una metodologia per l'individuazione di aree sensibili alla desertificazione in ambiente Mediterraneo, con acquisizione di informazioni mediante immagini telerilevate

ANNO 1998

AUTORI Tesi di Laurea di M. Motta
SCALA N.D.

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

AREA Sardegna centro-orientale

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni; Esposizione versanti

V. ELEMENTARI SUOLO Tessitura (Carta dei suoli del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997), Roccia madre (Carta dei suoli del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997), Pietrosità (Carta dei suoli del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997), Profondità suolo (Carta dei suoli del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997), Pendenza, Drenaggio (Carta dei suoli del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997);

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità

SPAZIALIZZAZIONE Poligoni di Thiessen

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio; Protezione dall'erosione; Resistenza alla siccità; Copertura vegetale

V. DERIVATE ANTROPICO Politiche di difesa del suolo (Carta uso suolo del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997); Intensità d'uso in aree agricole; Intensità d'uso aree a pascolo (Carta uso suolo del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997); Intensità d'uso suolo in aree naturali (Carta uso suolo del territorio dei Comuni di Orosei, Onifai, Irgoli; 1997);

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Bagnouls Gausse); Indice pascolamento (ASR/SSR); Indice intensità uso suolo in aree naturali (A/S)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

TITOLO National preliminary map of italian areas prone to desertification

ANNO 1999

AUTORI M. Biafore, F. Guiducci, A. Lisi, N. Lugerì

SCALA 1:1.250.000

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Italia

METODOLOGIA CNLD

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (SIMN, 61-90); Evapotraspirazione potenziale secondo Penman Monteith (UCEA, 61-90)

V. ELEMENTARI SUOLO Pedoclima (Carta dei pedoclimi d'Italia ISSDS, 1992)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Copertura del suolo (CORINE 1990); Demografia (ISTAT-Censimento popolazione, 81-91)

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (SIMN, 61-90)

SPAZIALIZZAZIONE Indice aridità (kriging ordinario)

V. DERIVATE SUOLO Indice pedoclimatico (1992)

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO Indice uso del suolo (1990); Indice variazione demografica (1981-1991)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); Indice pedoclimatico (classi regime idrico); Indice uso suolo (classi d'uso del suolo); Indice variazione demografica (classi variazione demografica)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Intersezione

VALIDAZIONE N.D.

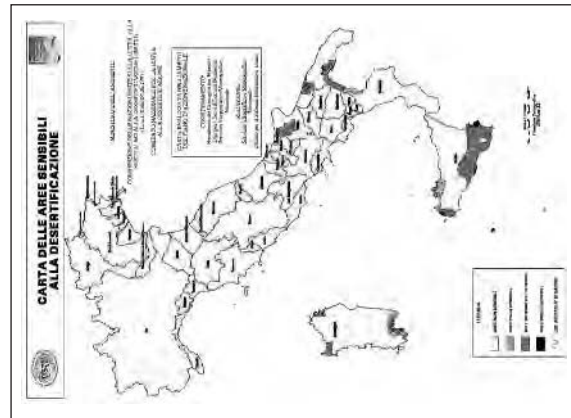


Fig. 1

TITOLO Indications des zones vulnérables dans la région de Puglia

ANNO 2000

AUTORI L. Montanarella, R. Baracchini, E. Rusco

SCALA N.D.

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Puglia

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione; Qualità erosione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica); Qualità erosione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (database stazioni termopluviometriche del progetto CORINE Erosion); Temperature mensili (database stazioni termopluviometriche del progetto CORINE Erosion); Esposizione versanti (DTM250m)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (C. unità paesaggio ACLA1, 1999); Tessitura (C. unità paesaggio ACLA1, 1999); Pietrosità (C. unità paesaggio ACLA1, 1999); Profondità suolo (C. unità paesaggio ACLA1, 1999); Drenaggio (C. unità paesaggio ACLA1, 1999); Pendenza (C. unità paesaggio ACLA1, 1999)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (JRC-ISPRRA)

SPAZIALIZZAZIONE Indice aridità, precipitazioni medie annue, temperatura mensile (kriging ordinario)

V. DERIVATE SUOLO Rischio erosione (JRC, European Commission EUR report 19022, 1999)

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (Corine Land Cover, 1990); Protezione dall'erosione (Corine Land Cover, 1990); Resistenza alla siccità (Corine Land Cover, 1990); Copertura vegetale (Corine Land Cover, 1990; ACLA1)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità uso suolo (C. Unità Paesaggio ACLA1, 1999); Raccolti (C. Unità Paesaggio ACLA1, 1999); Pascoli (C. Unità Paesaggio ACLA1, 1999); Aree naturali (Aree Natura 2000); Politiche (Regione Puglia-Natura 2000)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE

Indice aridità (Bagnouls-Gaussen); Pascoli (tasso di stoccaggio); Aree Naturali (Produzione forestale attuale/produzione forestale sostenibile); Rischio d'erosione (USLE)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N. D.

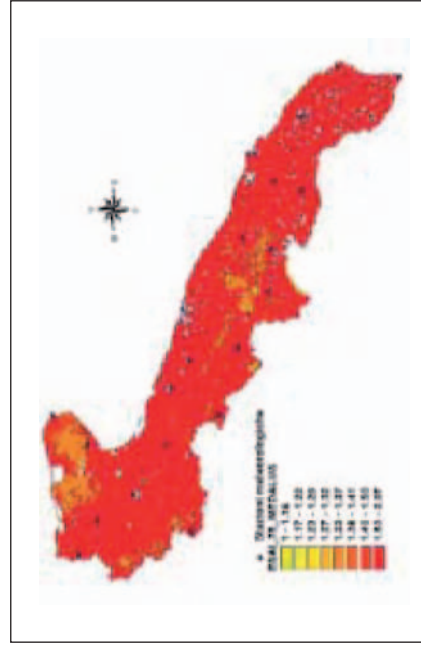


Fig. 2

TITOLO Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy)

ANNO 2000

AUTORI Basso F., Bove E., Dumontet S., Ferrara A., Pisante M., Quaranta G., Taberner M.

SCALA 1:50.000

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

AREA Bacino dell'Agri

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (Ministero LLPP); Esposizione versanti (DEM IGM 25m)

V. ELEMENTARI SUOLO Tessitura (Dati pubblicati e di campo); Pietrosità (Dati pubblicati e di campo); Profondità (Dati pubblicati e di campo); Drenaggio (Dati pubblicati e di campo); Pendenza (Dati pubblicati e di campo)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (Ministero LLPP)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (Landsat TM); Protezione dall'erosione (Landsat TM); Resistenza alla siccità (Landsat TM); Copertura vegetale (Landsat TM)

V. DERIVATE ANTROPICO Indice di vecchiaia (ISTAT, 1950); Indice di occupazione (ISTAT, 1950); Indice di analfabetizzazione (ISTAT, 1950); Indice di pensionamento (ISTAT, 1950)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Bagnouls-Gaussen)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE Validazione attraverso l'analisi delle relazioni esistenti fra differenti indicatori di campo (biomassa C, biomassa N, sostanza organica, ecc.) e la sensibilità stimata dal modello.

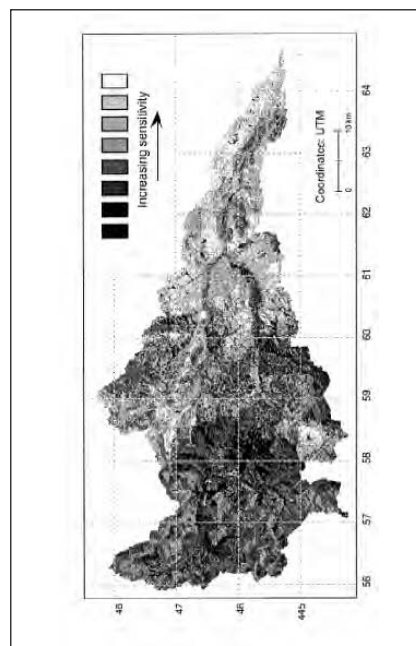


Fig.3

TITOLO Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sardegna sulla base di parametri meteorologici, fisiografici e pedologici

ANNO 2001

AUTORI G. Bianco, G. Bandinelli, G. Manca, S. Canu

SCALA 1:250.000

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Sardegna

METODOLOGIA PIMENTA

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (SAR); Temperature medie mensili (SAR); Evapotraspirazione potenziale secondo Hargreaves (SAR); Erosività piogge (SAR)

V. ELEMENTARI SUOLO Componente edafica (Carta suoli Sardegna, Soil Taxonomy USDA); Pendenza (DEM 250m)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Copertura del suolo (CORINE 1990 e inventario forestale IFRAS)

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità; Indice siccità

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO Indice perdita suolo

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); Indice siccità (DeMartonne-Gottmann); Indice perdita suolo (Prodotto)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Somma

VALIDAZIONE N.D.

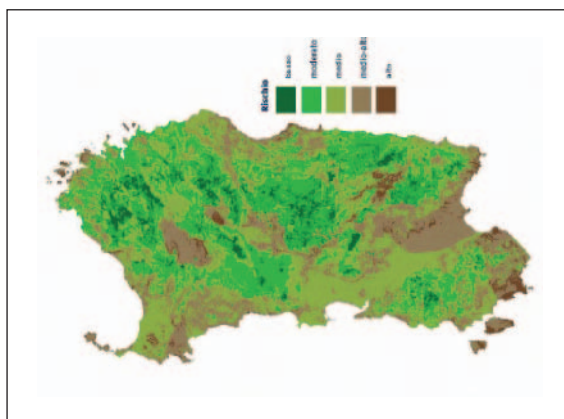


Fig. 4

TITOLO Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sicilia

ANNO 2002

AUTORI S. Camemolla, A. Drago, M. Perciabosco, F. Spinnato

SCALA 1:250.000

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Sicilia

METODOLOGIA PIMENTA

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (Atlante climatologico Sicilia - Regione Sicilia); Evapotraspirazione potenziale secondo Penman Monteith (Atlante climatologico Sicilia - Regione Sicilia); N° anni siccitosi (%); N° mesi siccitosi(%); Eventi siccitosi mensili consecutivi = 2 (n.); Deficit pluviometrico medio annuo standardizzato (%); Erosività plogge (Atlante climatologico Sicilia - Regione Sicilia)

V. ELEMENTARI SUOLO Componente edafica (Carta suoli Sicilia Soil Taxonomy USDA, Legenda FAO, CPCS francese), Pendenza (DEM 20m, Assessorato Regionale Beni Culturali e Ambientali)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Copertura del suolo (CORINE 1990)

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità; Indice siccità

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO Indice perdita suolo

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); Indice siccità (somma di 4 indici di base); Indice perdita suolo (Prodotto)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Somma
VALIDAZIONE N.D.

Fig. 7

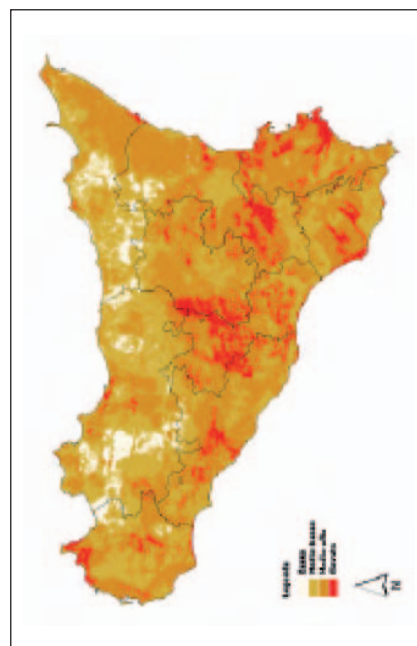


Fig. 5

TITOLO Individuazione delle zone sensibili alla desertificazione nella regione siciliana

ANNO 2002

AUTORI L. Giordano, F. Giordano, S. Graus, M. Iannetta, L. Rossi, M. Sciortino, G. Bonati

SCALA 1:250.000

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Sicilia

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (Regione Sicilia, 65-94); Temperatura mensile (Regione Sicilia, 65-94), ETP (Thornthwaite-Mather Regione Sicilia, 65-94)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (C. litologica, 1996); Tessitura (C. Pedologica, 1988); Profondità suolo (C. Pedologic, 1988); Pendenza (DEM 250m)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (Regione Sicilia, 65-94)

SPAZIALIZZAZIONE Indice aridità (kriging)

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (CORINE 1990 + CASI 3 1996); Protezione dall'erosione (CORINE 1990 + CASI 3 1996); Resistenza alla siccità (CORINE 1990 + CASI 3 1996); Copertura vegetale (CORINE 1990 + CASI 3 1996)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità uso suolo (CASI 3 1996); Politiche di protezione (Regione Sicilia)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Thornthwaite-Mather)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

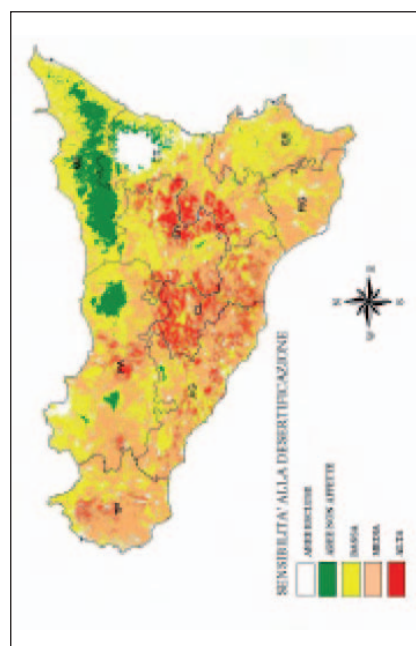


Fig. 6

TITOLO Valutazione del rischio di desertificazione nell'area del Guspinese – Arburese compresa tra Rio Terramaistus e Flumini Mannu (Sardegna Sud-occidentale). Redazione della carta del rischio in scala 1:25.000

ANNO 2003

AUTORI Tesi di Laurea di P. Pusceddu

SCALA 1:25.000

GRADO CRITICITA' Aree a rischio

AREA Area Guspinese - Arburese

METODOLOGIA PIMENTA

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Morfologia; Pressione antropica, Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (somma ponderata); Qualità suolo (somma ponderata); Morfologia (somma ponderata); Pressione antropica (somma ponderata), Qualità gestione (somma ponderata)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (SAR, 1971 - 2000); ETP (SAR, 1971 - 2000); Temperature (SAR, 1971 - 2000); Erosività

V. ELEMENTARI SUOLO Dati pedologici (PUC Guspini, 2000; PUC Arbus, 1998; PUC Gonnosfanadiga; PUC S. Nicolò d' Arcidano, 2002; Carta suoli Sardegna 1992), Pendenza; Pericolosità geomorfologica

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE Dati vegetazionali (PUC Guspini, 2000; PUC Arbus, 1998; PUC Gonnosfanadiga; PUC S. Nicolò d' Arcidano, 2002)

V. ELEMENTARI ANTROPICO Uso suolo (PUC Guspini, 2000; PUC Arbus, 1998; PUC Gonnosfanadiga; PUC S. Nicolò d' Arcidano, 2002); inquinamento (Università Cagliari)

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (SAR, 1971 - 2000); Indice siccità (SAR, 1971 - 2000)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO Indice perdita suolo

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); Indice siccità (De Martonne-Gottmann); Perdita suolo (somma ponderata); Erosività (Fournier)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE (2Ips) x (Is + Ia) con Ips=perdita suolo; Is=siccità; Ia=aridità
VALIDAZIONE N.D.

ANNO 2003

AUTORI Tesi di Dottorato di R. Racioppi

SCALA N.D.

GRADO CRITICITA' Aree a rischio

AREA Territorio ionico - salentino

METODOLOGIA N.D.

PROCEDURE OPERATIVE N.D.

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA N.D.

V. ELEMENTARI SUOLO N.D.

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA N.D.

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.

ANNO 2003
AUTORI Tesi di Laurea di D. Pittalis
SCALA N.D.
GRADO CRITICITA' Aree sensibili
AREA Comune di Sassari
METODOLOGIA MEDALUS
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA N.D.
V. ELEMENTARI SUOLO N.D.
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA N.D.
SPAZIALIZZAZIONE N.D.
V. DERIVATE SUOLO N.D.
V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.
V. DERIVATE ANTROPICO N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.

TITOLO Integrazione dei dati climatici, tele rilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione

ANNO 2004

AUTORI L. Genesio, R. Magno, V. Capecechi, A. Crisci, L. Bottai, R. Ferrari, L. Angeli, L. Gardin

SCALA 1:1.500.000

GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili

AREA Toscana

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione; Pressione antropica

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica); Pressione antropica (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (Idrografico Pisa, 61-90 e 91-00); Evapotraspirazione (Idrografico Pisa, 61-90 e 91-00); Esposizione dei versanti

V. ELEMENTARI SUOLO Quota; Pendenza; Profondità (Sondaggi + C. Ecopedologica, 2000); Tessitura (Sondaggi + C. Ecopedologica, 2000); Drenaggio (Sondaggi + C. Ecopedologica, 2000); Pietrosità (Sondaggi + C. Ecopedologica, 2000); Scheletro (Sondaggi + C. Ecopedologica, 2000)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Uso del suolo (CORINE, ?); Distanza strade (?); Densità popolazione (ISTAT, 2001); % Parchi naz. E reg. su sup. comunale (SIT Regione Toscana, ?); % Bioitaly su sup. comunale (SIT Regione Toscana, ?); SAU (ISTAT Censimenti Agricoltura, 1970-2001); SAUbio (ISTAT-Censimenti Agricoltura, 2001); SAUirrigata (ISTAT-Censimenti Agricoltura, 2001); Prati-pascoli (ISTAT-Censimenti Agricoltura, 2001); Pressione ovi-caprina (ISTAT-Censimenti Agricoltura, 2001); Var % densità popolazione (ISTAT, 1961-2001); Densità turistica (IRPET, 2001); Var % densità turistica (IRPET, 1993-2000)

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (Idrografico Pisa, 1961-1990 e 1991-2000); Var % indice aridità (Idrografico Pisa, 1961-1990 e 1991-2000); Frequenze siccitose (Idrografico Pisa, 1961-1990 e 1991-2000); Var % frequenze siccitose (Idrografico Pisa, 1961-1990 e 1991-2000)

SPAZIALIZZAZIONE Multiregressivo con kriging dei residui per le temperature e l'ETP, cokriging per le piogge e kriging per le frequenze siccitose

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Protezione dall'erosione (CORINE, ?); Resistenza alla siccità (CORINE, ?); Rischio d'incendio (CORINE + schede AIB + immagini telerilevate, ?); Vulnerabilità agli incendi (CORINE, ?)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità politiche protezione (SIT Regione Toscana, ?); Indice gestione agro-silvo-pastorale (ISTAT-Censimenti Agricoltura, 1970-2001)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità = P/ETP ; Var % indice aridità = $(AI61-90 - AI91-00)/AI91-00$ * 100; Frequenze siccitose (SPI); Var % freq. siccitose = $(freq91-00 - freq61-90) / freq61-90$ * 100; Rischio d'incendio = $(Quota * Pendenza * Esposizione * Uso-suolo * Distanza strade * Densità abitanti)$; Indice politiche protezione = $(Parchi nazionali e regionali * \% Bioitaly) / 2$; Indice di gestione agro-silvo-pastorale = $(Var \% SAU01-70 * SAUbio * SAUirrigata * Prati-pascoli * Pressione ovi-caprina) / 5$

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica VALIDAZIONE N.D.

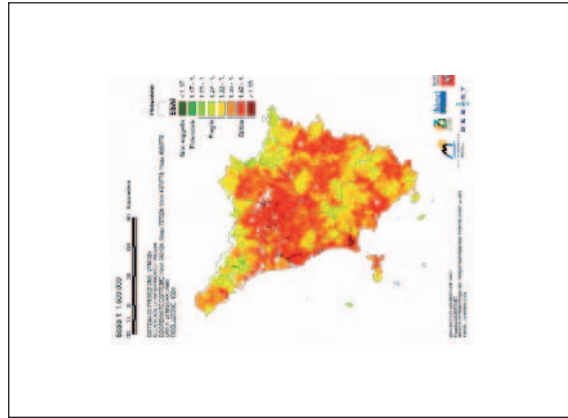


Fig. 8

TITOLO La cartografia delle aree a rischio desertificazione

ANNO 2004

AUTORI A. Marini, L. Naitza, D. Macciotta, S. Orrù

SCALA 1:250.000

GRADO CRITICITA' Aree a rischio

AREA Emilia Romagna, Sicilia

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (?); Temperatura mensile (?); Evapotraspirazione (?); Esposizione dei versanti

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (?); Tessitura (?); Profondità del suolo (?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (Regione Sicilia, ?)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (CORINE, 1990); Protezione dall'erosione (CORINE, 1990); Resistenza alla siccità (CORINE, 1990); Copertura vegetale (CORINE, 1990)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità d'uso del suolo (CORINE, 1990); Indice di politiche di protezione (CORINE, 1990)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice di aridità N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

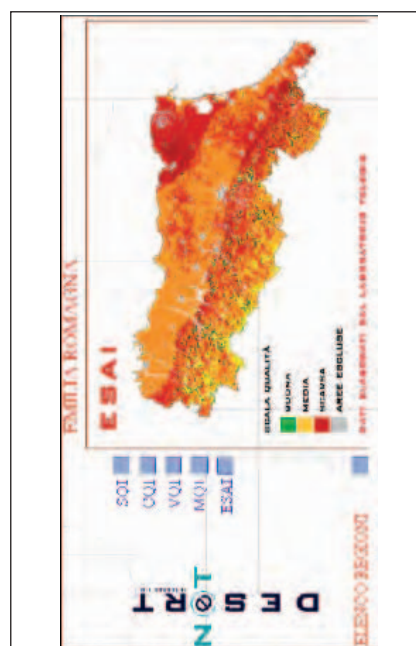


Fig. 9

TITOLO Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Basilicata

ANNO 2004

AUTORI A. D'Ottavio, P. Baffari, V. Trivigno

SCALA 1:250.000

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

AREA Basilicata

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità fattori socio-economici

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità fattori socio-economici (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (Ministero LLPP e archivi meteorologici, ?); Esposizione dei versanti (DEM)

V. ELEMENTARI SUOLO Litologia (Regione Basilicata, ?); Tessitura (Regione Basilicata, ?); Pietrosità (Regione Basilicata, ?); Profondità (Regione Basilicata, ?); Drenaggio (Regione Basilicata, ?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (Min. LLPP e archivi meteorologici)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Copertura vegetale (Immagini Landsat, rilievi a terra, ortofotocarte, ?); Protezione dall'erosione (Immagini Landsat, rilievi a terra, ortofotocarte, ?); Resistenza alla siccità (Immagini Landsat, rilievi a terra, ortofotocarte, ?); Rischio d'incendio (Immagini Landsat, rilievi a terra, ortofotocarte, ?)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità d'uso del suolo (ISTAT, ?); Indice di implementazione delle politiche (ISTAT, ?); Indice di intensità d'uso del suolo in aree ricreative (?)

ce d'intensità d'uso del suolo in aree naturali (?); Indice di intensità d'uso del suolo in aree minerarie (?); Indice di intensità d'uso del suolo in aree ricreative (?)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice di aridità (Bagnolus-Gaussen); Copertura vegetale (NDVI); Indice pascolamento (ASR/SSR); Indice d'intensità d'uso suolo in aree naturali (A/S); Indice d'intensità d'uso suolo in aree minerarie (grado protezione del suolo dall'erosione); Indice d'intensità d'uso suolo in aree ricreative (A/P)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

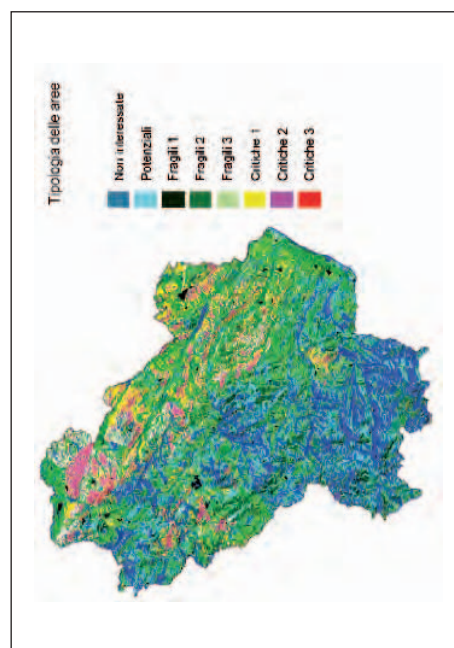


Fig. 10

TITOLO Carta delle aree sensibili alla desertificazione (Environmentally Sensitive Areas to desertification, ESAs)

ANNO 2004

AUTORI A. Motroni, S. Canu, G. Bianco, G. Loj

SCALA 1:100.000

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

AREA Sardegna

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (SAR, 1961-1990); Esposizione versanti (DEM 20m); Temperature mensili (SAR, 1961-1990)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (C. Ecopedologica, 2002); Tessitura (C. Ecopedologica, 2002); Pietrosità (C. Ecopedologica, 2002); Profondità suolo (C. Ecopedologica, 2002); Drenaggio (C. Ecopedologica, 2002); Pendenza (DEM 20m)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (SAR, 1961-1990)

SPAZIALIZZAZIONE Indice aridità e precipitazioni (Regressione trilineare); Temperature mensili (Optimum Interpolation 10 km2)

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (CORINE, 1990); Protezione dall'erosione (CORINE, 1990); Resistenza alla siccità (CORINE, 1990); Copertura vegetale (CORINE, 1990)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità d'uso del suolo in aree agricole (CORINE, 1990); Indice pascolamento (Cens-Agri, 2000); Intensità d'uso suolo in aree naturali (CORINE, 1990); Intensità d'uso suolo in aree minerarie e ricreative (CORINE, 1990); Indice di politiche di protezione (Regione Sardegna, ?)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Hargreaves-Samani); Indice pascolamento (Rapporto)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

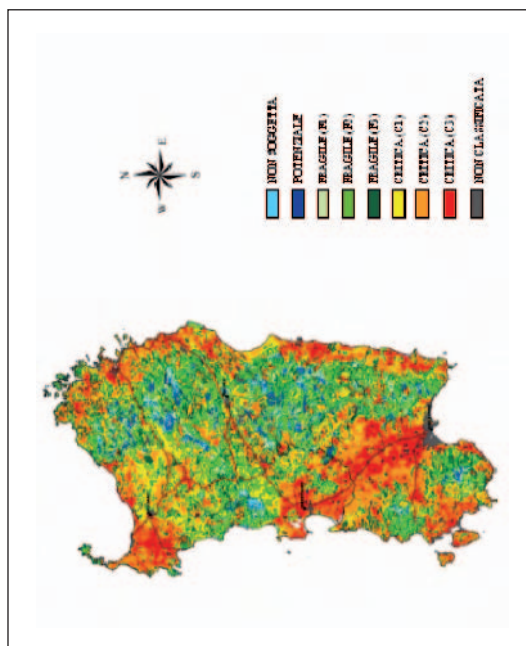


Fig. 11

TITOLO Map of Sensitivity to Desertification of Italy

ANNO 2004

AUTORI FMA, UNCCD

SCALA 1:1000.000

AREA Italia

GRADO CRITICITA' N.D.

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica);

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (?); Evapotraspirazione potenziale media annua(?);

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (?); Tessitura (?); Profondità del suolo (?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE Protezione dall'erosione; Resistenza alla siccità; Copertura; Resistenza al fuoco

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (FMA)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO Indice qualità suoli (OSS)

V. DERIVATE VEGETAZIONE Indice qualità vegetazione

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Ind.aridità (FMA); Ind.qualità suolo (OSS); Ind. Qualità vegetazione (CLC 90)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

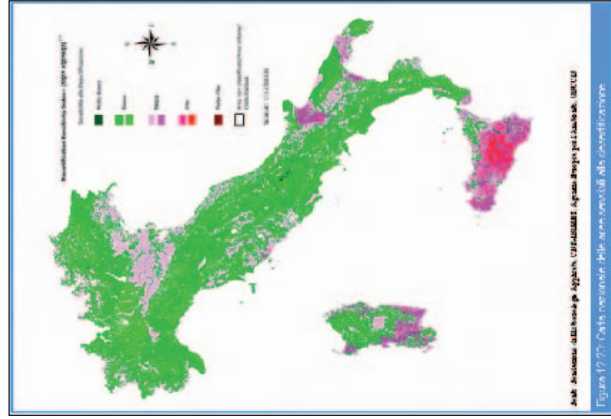


Fig. 12

TITOLO Atlante nazionale delle aree a rischio di desertificazione

ANNO 2005

AUTORI ISSDS, INEA, R. SARDEGNA, R. SICILIA, R. CALABRIA, R. PUGLIA

SCALA 1:100.000-1:250.000

AREA Sardegna,Sicilia, Calabria, Basilicata,Molise, Campania, Lazio, Abruzzo, Toscana, Umbria, Marche

GRADO CRITICITA' Aree a rischio

METODOLOGIA Modello DPSIR

PROCEDURE OPERATIVE Algebrica

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazione media annua Temperatura media annua(UCEA, Idrografico); Evapotraspirazione (Hargreaves-Samani integrato Penman Montieith; Erosività piogge (Arnoldus FFAO)

V. ELEMENTARI SUOLO AWC; Temperatura suolo; Aree irrigue (CORINE 90, CASI 3 98?); presenza di lava recente; Pendenza, Profondità del suolo(DB pedologico banca dati nazionale per i suoli); Forme erosive; Litotipi salini; Distanza dal mare

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE Copertura vegetale

V. ELEMENTARI ANTROPICO Aree protette; Aree a Pascolamento; UBA totale; Misure agroambientali; Aree Incendiate; Aree urbane; Strade Ferrovie

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità

SPAZIALIZZAZIONE Kriging

V. DERIVATE SUOLO Potenzialità salinizzazione;

V. DERIVATE VEGETAZIONE Copertura vegetale

V. DERIVATE ANTROPICO IRMA; Indice di urbanizzazione

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Copertura vegetale (NDVI landsat 97-98); Intersezione distanza dal mare/ Litotipi salini; Misure agroambientali/area a seminativo;

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.

VALIDAZIONE Giudizio esperti regionali; atlante fotografico georeferenziato

TITOLO Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Calabria

ANNO 2005

AUTORI ARPACal

SCALA 1:250.000

AREA Calabria

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione del territorio

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo(media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione del territorio (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (?); Esposizione versanti (DEM 50m)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (Carta dei suoli ARSSA, 2003); Tessitura (Carta dei suoli ARSSA, 2003); Pietrosità (Carta dei suoli ARSSA, 2003); Profondità (Carta dei suoli ARSSA, 2003); Drenaggio (Carta dei suoli ARSSA, 2003); Pendenza (DEM 50m)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (CORINE, 1990); Protezione dall'erosione (CORINE, 1990); Resistenza alla siccità (CORINE, 1990); Copertura vegetale (Immagine Landsat, ?)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità d'uso suolo (CORINE, ISTAT Censimento Agricoltura 2000); Indice implementazione politiche (Regione Calabria, ?); Indice pascolamento (ISTAT % 5° Censimento Agricoltura); Indice intensità uso aree naturali (CORINE, 1990)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Bagnolus Gausson); Copertura vegetale(NDVI); Indice pascolamento (Rapporto)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

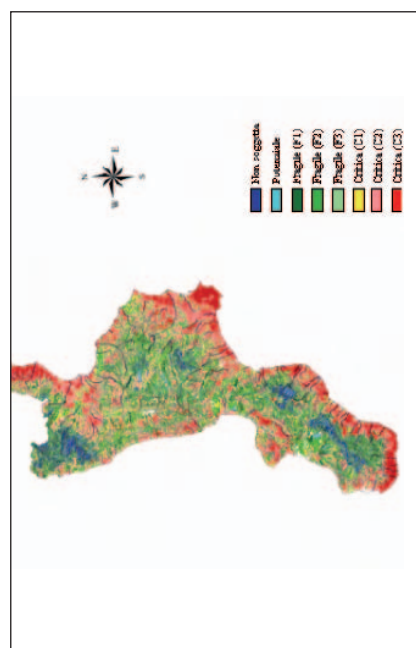


Fig. 13

TITOLO Il metodo ESAs per la modellizzazione del rischio di desertificazione. Applicazione in un'area della Sardegna nord-occidentale

ANNO N.D.

AUTORI C. Zucca, S. Madrau, M. Deroma, D. Pittalis

SCALA N.D.

AREA Sardegna nord-occidentale

GRADO CRITICITA' Aree a rischio

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione del territorio

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione del territorio (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (?); Esposizione dei versanti (?)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (?); Tessitura (?); Pietrosità (?); Profondità (?); Drenaggio(?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (?)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (?); Protezione dall'erosione (?); Resistenza alla siccità (?); Copertura vegetale (?)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità d'uso suolo (?); Indice implementazione delle politiche (?)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

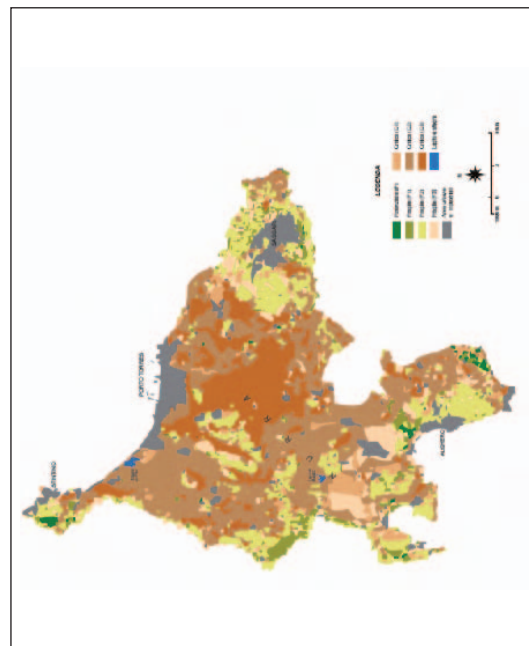


Fig. 14

TITOLO Application of the proposed methodology for defining ESAs - The Agri Basin (Italy)

ANNO

AUTORI F. Basso, A. Bellotti, S. Faretta, A. Ferrara, G. Mancino, M. Pisante, G. Quaranta, M. Taberner

SCALA 1:50,000

AREA Bacino dell'Agri

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima; Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione del territorio

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione del territorio (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (?); Esposizione versanti (?)

V. ELEMENTARI SUOLO Tessitura (?); Roccia madre (?); Drenaggio (?); Pietrosità (?); Profondità(?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice di aridità (?)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Rischio d'incendio (?); Protezione dall'erosione (?); Resistenza alla siccità (?); Copertura vegetale (?)

V. DERIVATE ANTROPICO Intensità uso suolo (?); Indice implementazione politiche (?); indice pascolamento (?); Indice intensità uso suolo in aree agricole (?); Indice intensità uso suolo in aree naturali (?); Indice intensità uso suolo in aree ricreative (?)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (Bagnouls Gaussens); Indice pascolamento (ASR/SSR); Indice intensità uso suolo in aree naturali (A/S); Indice intensità uso minerarie (?); Indice intensità d'uso suolo in aree ricreative (?) suolo in aree minerarie (grado protezione del suolo dall'erosione); Indice intensità uso suolo in aree ricreative (A/P)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE Validazione attraverso l'analisi delle relazioni esistenti fra differenti indicatori di campo (biomassa C, biomassa N, sostanza organica, ecc.) e la sensibilità stimata dal modello.

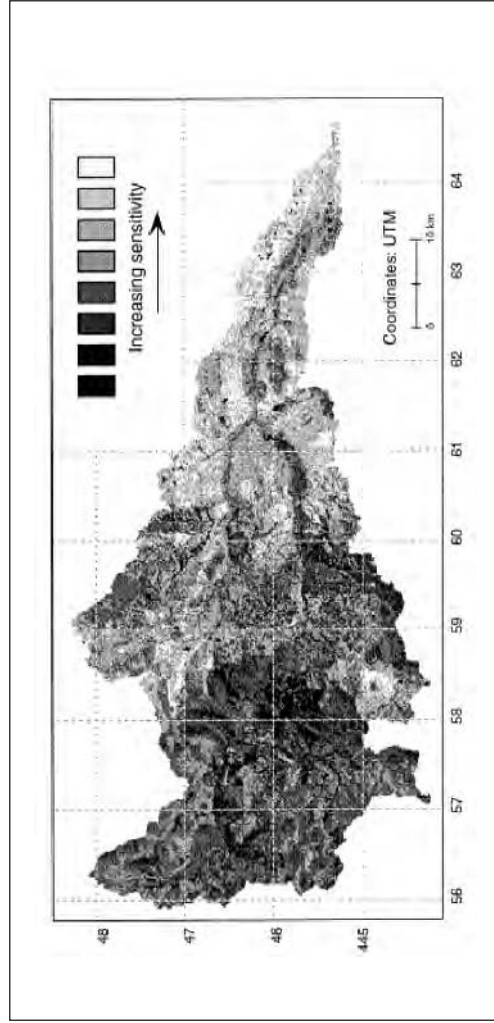


Fig. 15

TITOLO Geodatabase sul rischio di desertificazione

ANNO 2005

AUTORI L. Salvati, T. Ceccarelli, A. Brunetti

SCALA 1:50.000-1:100.000-1:250.000

AREA Italia

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA Modello DPSIR/ESA;

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità vegetazione; Qualità gestione del territorio

ALGORITMI DI CALCOLO MACROINDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione del territorio (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue;Giorni piovosi;(SIAN 51-80,61-90,71-00)

V. ELEMENTARI SUOLO AWC; Tessitura;Profondità; arbonto organico. (ISSDS 90)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Copertura suolo (Corine e Lacoast, 75,90,00) Variazione demografica (ISTAT 8,91,01)

V. DERIVATE CLIMA CV%;Concentrazione piogge;Umidità del suolo (n.giorni prec.<20mm/anno);Indice di aridità; Concentrazione piogge; (SIAN 51-80,61-90,71-00)

SPAZIALIZZAZIONE IDW; Normalizzazione $DN' = 1 - ((|DN| - \min) / (\max - \min))$

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Resistenza alla siccità e incendi (Corine e Loacost, 75,90,00)

V. DERIVATE ANTROPICO Densità demografica(Ab/Kmq, ISTAT 8,91,01)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP)

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Somma

VALIDAZIONE Questionari mirati

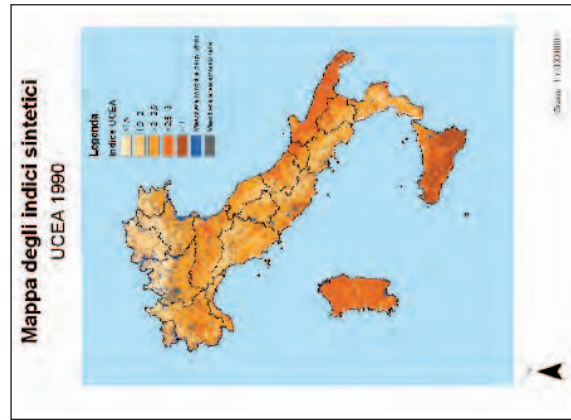


Fig. 16

TITOLO Criteri d'individuazione degli indicatori per la quantificazione delle aree sensibili alla desertificazione. Un caso studio: la Puglia.

ANNO 2001

AUTORI Tesi di Laurea di R. Magno

SCALA N.D.

AREA Puglia

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità clima; Qualità gestione; Pressione antropica; Erosione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità clima (media geometrica); Qualità gestione (media geometrica); Pressione antropica (media geometrica); Erosione (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazione cumulata annua; Esposizione dei versanti

V. ELEMENTARI SUOLO Pterosità; Materiale parentale; Tessitura; Drenaggio; Profondità

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice d'aridità bioclimatica (BGI); Indice di Fourier modificato; Erosività della pioggia (fattore R della USLE)

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

VARIABILI DERIVATE VEGETAZIONE Protezione dall'erosione; Resistenza alla siccità; % Copertura vegetale; Rischio d'incendio (Probabilità); Rischio d'incendio (Vulnerabilità)

VARIABILI DERIVATE ANTROPICO Intensità di coltivazione; Intensità d'irrigazione; Impiego di macchine agricole; Impiego di fertilizzanti azotati; Impiego di fitofarmaci; Intensità di pascolamento bovino e ovi-caprino; Prati permanenti e pascoli; Indice di boscosità; Indice di utilizzazione legnosa; Applicazione Reg. CEE 2078/92; Applicazione Reg. CEE 2080/92; Applicazione Reg. CEE 2092/91; Applicazione Direttiva CEE 43/92 (Biotitaly); Densità popolazione; Applicazione Direttiva CEE LUI-MQI = (LUI aree agricole * LUI aree pascolo * LUI aree boscate * MQI)1/4; Densità di popolazione = n° abitanti/kmq; Variazione % Popolazione residente a fine anno = [(Popol. fine anno 1990 - Popol. fine anno 1980)/Popol. fine anno 1980]*100; Occupati in agricoltura = (Addetti in agricoltura/popolazione Variazione % popolazione residente a fine anno; Occupati in agricoltura; Indice complesso di pressione turistica

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità bioclimatica BGI = Sommat(2Ti-Pi)K; Indice Fourier MFI = Somma pi/P oppure Erosività pioggia R = 0.21*q-0.096*P2.3*NGP-2; Rischio incendio (Probabilità) = cluster analysis a livello comunale di alcuni dati derivanti da schede ABI del Corpo Forestale dello Stato; Rischio incendio (Vulnerabilità) = (Probabilità*Vulnerabilità)1/2; Intensità coltivazione = (SAU/Supperf.Territoriale)*100; Intensità irrigazione = (Superf.irrigata/SAU)*100; Impiego macchine agricole = n° macchine*kW medi per macchina*(0.5 q/kW)*5 passaggi/ha SA trattabile; Impiego fertilizzanti azotati = q N distribuiti al consumo/ha SA trattabile; Impiego fitofarmaci = Kg prodotti fitosanitari venduti/ha SA trattabile; LUI (Land Use Intensity) aree agricole = (Intensità di coltivazione * Intensità d'irrigazione * Impiego macchine agricole * Impiego di fertilizzanti azotati * Impiego di fitofarmaci)1/5; Intensità pascolamento bovino e ovi-caprino = UBA/ha SAU; Prati permanenti e pascoli = (Sup. a prati-pascoli/SAU)%; LUI aree pascolo = (Intensità di pascolamento bovino e ovi-caprino * Prati permanenti e pascoli)1/2; Indice boscosità = (Superficie boscata / Sup. territoriale)*100; Indice utilizzazione legnosa = (mc annui utilizzazioni provincia/mc annui utilizzazioni regione)*100; LUI aree boscate = (Indice di boscosità * Indice di utilizzazione legnosa)1/2; Applicazione Reg. CEE 2078/92 = (Sup.2078/92/SAU)*100; Applicazione Reg. CEE 2080/92 = (Sup.2080/92/SAU)*100; Applicazione Reg. CEE 2092/91 = (Sup.2092/91/SAU)*100; 43/92 (Biotitaly) = (Sup.43/92/Sup.territoriale)*100; MQI = (Reg. CEE 2078/92 * Reg. CEE 2080/92 * Reg. CEE 2092/91 * Direttiva CEE 43/92)1/4;

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Modelli e cartografia di vulnerabilità dei suoli ai processi di desertificazione. Il caso del comune di Sassari

ANNO N.D.

AUTORI S. Madrau, C. Zucca, M. Deroma, D. Pittalis

SCALA 1:50.000

AREA Comune Sassari

GRADO CRITICITA' N.D.

METODOLOGIA MEDALUS

PROCEDURE OPERATIVE Overlay Spaziale

MACRO INDICI Qualità clima: Qualità suolo; Qualità vegetazione; Qualità gestione del territorio

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Qualità clima (media geometrica); Qualità suolo (media geometrica); Qualità vegetazione (media geometrica); Qualità gestione del territorio (media geometrica)

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (?); Aridità(?); Esposizione versanti (?)

V. ELEMENTARI SUOLO Roccia madre (?); Tessitura (?); Pietrosità (?); Profondità (?); Drenaggio(?); Pendenza (?)

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE Vulnerabilità al fuoco; Protezione dall'erosione; Resistenza alla siccità; Copertura vegetale

V. ELEMENTARI ANTROPICO Intensità uso; politiche di protezione

V. DERIVATE CLIMA Indice qualità clima (?)

SPAZIALIZZAZIONE N.D

V. DERIVATE SUOLO Ind. qualità suolo (?)

V. DERIVATE VEGETAZIONE Ind. qualità vegetazione (?)

V. DERIVATE ANTROPICO Ind. qualità politiche (?)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice di qualità suolo; Indice di qualità clima; Indice qualità vegetazione; Indice di qualità politiche

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE N.D.

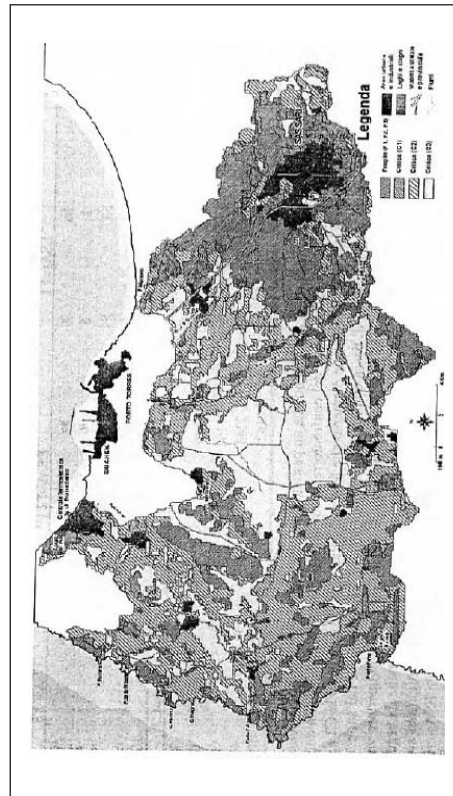


Fig. 17

TITOLO Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

ANNO Maggio 2000
AUTORI E, Catalano, P. B., Celico, C., Buondonno, M. R., Della Rocca, A., Coppola, G., Sammartino
SCALA 1:200000
AREA Autorità di Bacino Sinistra Sele
GRADO CRITICITA' Aree sensibili
METODOLOGIA N.D.
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA N.D.
V. ELEMENTARI SUOLO N.D.
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA N.D.
SPAZIALIZZAZIONE N.D.
V. DERIVATE SUOLO N.D.
V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.
V. DERIVATE ANTROPICO N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.
VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

ANNO Maggio 2000

AUTORI G. Pappalardo, P. B. Celico, C. Buondonno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, G. Lombardi, C. Minotta

SCALA 1:100000

AREA Autorità di Bacino Destra Sele

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA N.D.

PROCEDURE OPERATIVE N.D.

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA N.D.

V. ELEMENTARI SUOLO N.D.

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA N.D.

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.

VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

ANNO Maggio 2000

AUTORI M. Postiglione, P. B. Celico, C. Buondanno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, M. Cavallaro

SCALA 1:200.000

AREA Autorità di Bacino del Sarno

GRADO CRITICITÀ Aree sensibili

METODOLOGIA N.D.

PROCEDURE OPERATIVE N.D.

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA N.D.

V. ELEMENTARI SUOLO N.D.

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA N.D.

SPAZIALIZZAZIONE N.D.

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.

V. DERIVATE ANTROPICO N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.

VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta delle aree vulnerabili alla desertificazione per salinizzazione delle falde acquifere

ANNO Maggio 2000
AUTORI Autorità di Bacino Interregionale Fiume Magra
SCALA 1:25.000
AREA Bacino Interregionale Fiume Magra
GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili
METODOLOGIA N.D.
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA N.D.
V. ELEMENTARI SUOLO N.D.
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA N.D.
SPAZIALIZZAZIONE N.D.
V. DERIVATE SUOLO N.D.
V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.
V. DERIVATE ANTROPICO N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.
VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

- ANNO** N.D.
AUTORI N.D.
SCALA N.D.
AREA Basilicata
GRADO CRITICITA' Aree sensibili
METODOLOGIA CNLD+ altri indici
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (Dipartimento Ing. Fisica dell'Ambiente Università di Basilicata); Evapotraspirazione (Dipartimento Ing. Fisica dell'Ambiente Università di Basilicata); Esposizione versanti
V. ELEMENTARI SUOLO Pedoclima (Carta dei pedoclimi d'Italia ISSDS, 1992); Pendenza; Forma versanti
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA Indice aridità; Indice siccità
SPAZIALIZZAZIONE Precipitazioni (approccio geostatistico considerando la quota altimetrica del sito nell'interpolazione spaziale della precipitazione); ETP (interpolazione di tipo stocastico)
V. DERIVATE SUOLO Indice pedoclimatico; Indice erodibilità suolo; AWC
V. DERIVATE VEGETAZIONE Uso suolo (CORINE LAND COVER 1990); Copertura vegetale
V. DERIVATE ANTROPICO Variazione demografica 1981 - 1991; Fattori economico produttivi
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); ETP(Thornthwaite); Copertura vegetale (NDVI)
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Sistema parametrico multivariato
VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta preliminare della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

ANNO Maggio 2000
AUTORI G. Cantone, P. B. Celico, C. Buondanno, M. R. Della Rocca, A. Coppola, M. La Greca, P. Tolentino
SCALA N.D.
GRADO CRITICITA' Aree sensibili
METODOLOGIA N.D.
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
AREA Autorità di Bacino regionale Nord-Occidentale Campania
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA N.D.
V. ELEMENTARI SUOLO N.D.
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA N.D.
SPAZIALIZZAZIONE N.D.
V. DERIVATE SUOLO N.D.
V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.
V. DERIVATE ANTROPICO N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.
VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Carta della vulnerabilità alla siccità ed alla desertificazione

ANNO Maggio 2000

AUTORI Regione, IRSA CNR

SCALA 1:350.000

AREA Puglia

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA CNLD+ altri indici

PROCEDURE OPERATIVE N.D.

MACRO INDICI N.D.

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO-INDICI N.D.

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni medie annue (SIMN, 52-94); Evapotraspirazione potenziale secondo Penman Monteth; Evapotraspirazione della coltura (Etc) dedotta dal CORINE 1990

V. ELEMENTARI SUOLO Pedoclima (Progetti ACLA, ACLA 2, INTERREG II Italia-Albania); Pendenza; Esposizione dei versanti

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO Demografia (ISTAT-Censimento popolazione, 81-91)

V. DERIVATE CLIMA Indice aridità (SIMN, 52-94); Indice di siccità

SPAZIALIZZAZIONE Indice aridità (kriging)

V. DERIVATE SUOLO Indice pedoclimatico; Capacità di ritenzione idrica del suolo (AWC)

V. DERIVATE VEGETAZIONE Indice vegetazionale (NDVI)

V. DERIVATE ANTROPICO Indice variazione demografica (1981-1991)

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE Indice aridità (P/ETP); Indice pedoclimatico (????); Indice variazione demografica (????);

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Sistema parametrico multivariato

VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Prima individuazione delle aree vulnerabili alla desertificazione e relative misure di tutela

ANNO N.D.
AUTORI Regione Liguria – Ambiente e territorio
SCALA 1 :250.000
AREA Regione Liguria
GRADO CRITICITA' Aree vulnerabili
METODOLOGIA N.D.
PROCEDURE OPERATIVE N.D.
MACRO INDICI N.D.
ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI N.D.
V. ELEMENTARI CLIMA N.D.
V. ELEMENTARI SUOLO N.D.
V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.
V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.
V. DERIVATE CLIMA N.D.
SPAZIALIZZAZIONE N.D.
V. DERIVATE SUOLO N.D.
V. DERIVATE VEGETAZIONE N.D.
V. DERIVATE ANTROPICO N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE N.D.
ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE N.D.
VALIDAZIONE N.D.

TITOLO Methods for the characterization of areas sensitive to desertification: an application to the Calabrian territory

ANNO 2004

AUTORI R. Coscarelli, I. Minervino, M. Sorriso-Valvo (CNR-IRPI Cosenza)

SCALA 1:50.000

AREA Locale (Calabria)

GRADO CRITICITA' Aree sensibili

METODOLOGIA Medialus

PROCEDURE OPERATIVE Overlay spaziale

MACRO INDICI Qualità suolo; Qualità clima; Qualità vegetazione; Qualità Gestione

ALGORITMI DI CALCOLO MACRO INDICI Media geometrica

V. ELEMENTARI CLIMA Precipitazioni (Servizio Idrografico Italiano, 1920-2000); ETP; Esposizione del versante (DEM)

V. ELEMENTARI SUOLO Tessitura (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i servizi in Agricoltura - ARSSA, 2002); Drenaggio (ARSSA, 2002); Pietrosità (ARSSA, 2002); Profondità del suolo (ARSSA, 2002); Roccia madre (Carta Geologica della Calabria 1:25.000, 1971); Pendenza del versante (DEM);

V. ELEMENTARI VEGETAZIONE N.D.

V. ELEMENTARI ANTROPICO N.D.

V. DERIVATE CLIMA Indice d'aridità (Bagnouls-Gaussens, 1957);

SPAZIALIZZAZIONE Kriging

V. DERIVATE SUOLO N.D.

V. DERIVATE VEGETAZIONE Protezione dall'erosione (Kosmas et al., 1999); Resistenza alla siccità (Kosmas et al., 1999); Rischio d'incendio (Kosmas et al., 1999);

V. DERIVATE ANTROPICO

ALGORITMO DI CALCOLO VARIABILI DERIVATE

Indice aridità
$$BGI = \sum_{i=1}^n (2Ti - Pi) \cdot k ;$$

ALGORITMO DI CALCOLO INDICE FINALE Media geometrica

VALIDAZIONE Campagne di misura a terra; analisi di immagini da satellite

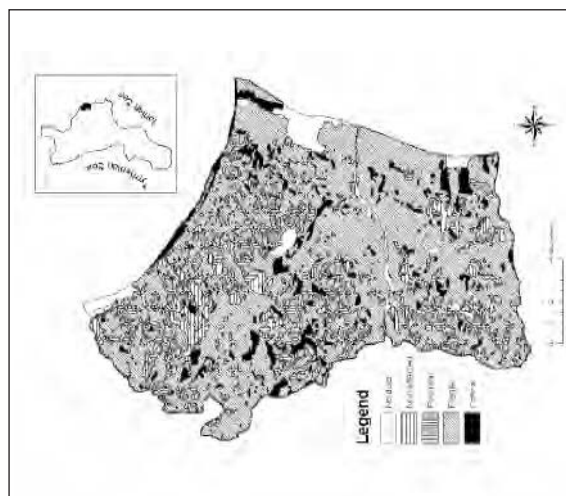


Fig. 18

BIBLIOGRAFIA

- [1] **A. Luise, S. Viti, F. Giordano** (2003). *Emergenze globali e fenomeni locali: l'analisi della desertificazione in Italia*, Atti della 7^a Conferenza Nazionale delle Agenzie ambientali, Milano 24-26 Novembre 2003.
- [2] **Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione** (1998). *Comunicazione nazionale alla Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta contro la desertificazione nei paesi gravemente colpiti dalla siccità e/o desertificazione, con particolare urgenza in Africa (UNCCD)*. www.desertification.it
- [3] **M. Sciortino** (2003) *Qualità e ambiente – La lotta alla desertificazione, l'attività dell'ENEA con riferimento particolare alla Sicilia*.
- [4] **L. Rossi – M. Iannetta** (2002) *Fatti e opinioni – Desertificazione: un fenomeno in espansione*.
- [5] **G. Quaranta, R. Salvia** (2005). *Riqualificazione e gestione del territorio, lotta alla desertificazione e sviluppo sostenibile – Buone pratiche per i territori rurali*.
- [6] **DISMED Project** (2002). *Technical workshop on thematic and sensitivity mapping on desertification and drought – Italian Country Report*.
- [7] **DISforME Project** - Sito web: <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/>
- [8] **A. Ferrara, A. Bellotti, S. Faretta, G. Mancino, P. Baffari, A. D'Ottavio, V. Trivigno** (1999). *Map of environmental sensitivity areas to desertification for the Basilicata region, Italy*.
- [9] **P. Sequi, G. Vianello** (a cura di, 1998). *Sensibilità e vulnerabilità del suolo: metodi e strumenti d'indagine*, P. F. RAISA-CNR e PANDA-MiPA, Collana Sistema Agricolo Italiano, FrancoAngeli Editore, Milano.
- [10] **ISSDS, INEA, Regione Sardegna, Regione Sicilia, Regione Calabria, Regione Puglia** (2005). *Atlante Nazionale delle aree a rischio di desertificazione*.
- [11] **Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione** (1999). *Carta delle Aree Vulnerabili al Degrado del Territorio e Sensibili al Fenomeno della Desertificazione*. Redazione a cura del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale - Dip. Servizi Tecnici Nazionali - Ministero dell'Ambiente.
- [12] **F. Basso, E. Bove, S. Dumontet, A. Ferrara, M. Pisante, G. Quaranta, M. Taberner** (2000). *Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin - Southern Italy*.
- [13] **Montanarella L.** (2001). *Indicazione delle aree vulnerabili alla desertificazione in Puglia*. In: Documenti del territorio n. Speciale Monografico 2001. Il Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia.
- [14] **L. Giordano, F. Giordano, S. Grauso, M. Iannetta, L. Rossi, M. Sciortino, G. Bonati** (2002). *Individuazione delle zone sensibili alla desertificazione nella regione Siciliana*. In: "Valutazione e mitigazione della desertificazione nella Regione Sicilia: un caso studio, pp. 27-47. A cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio". ENEA, Roma.
- [15] **L. Genesio, R. Magno, V. Capecchi, A. Crisci, L. Bottai, R. Ferrari, L. Angeli, L. Gardin** (2004). *Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione* (Progetto DesertNet).
- [16] **A. D'Ottavio, P. Baffari, V. Trivigno** (2004). *Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Basilicata* (Progetto DesertNet).
- [17] **A. Motroni, S. Canu, G. Bianco, G. Loj** (2004). *Carta delle aree sensibili alla desertificazione – ESAs* (Progetto DesertNet).

-
- [18] **ARPACal** (2005). *Carta delle aree sensibili alla desertificazione in Calabria* (Progetto DesertNet).
- [19] **A. Marini, L. Naitza, D. Macciotta, S. Orrù** (2004). *La cartografia delle aree a rischio desertificazione* (Progetto DesertNet)
- [20] **G. Bianco, G. Bandinelli, G. Manca, S. Canu** (2001). *Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sardegna, sulla base di parametri meteorologici, fisiografici e pedologici.*
- [21] **S. Carnemolla, A. Drago, M. Perciabosco, F. Spinnato** (2002) *Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250.000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sicilia.*
- [22] **DISMED** (2003). *Map of Sensitivity to Desertification and Drought in the Mediterranean Basin - Italy* (http://dismed.eionet.eu.int/Facilities/dismed_products)
- [23] **JRC – INEA** (2003). *Identification of Environmentally Sensitive Areas (ESAs) in the country of the Annex IV (Portugal, Spain, Italy, Greece, Turkey) UNCCD convention – brief methodological note.*
- [24] **Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A.** (2005). *Geodatabase sul rischio di desertificazione in Italia.* CRA-UCEA & Agrisian, Collana Climagri n. 30 (Atlante + CD), 72 pagine.
- [25] **Perini L. (a cura di)** (2004). *ATLANTE AGROCLIMATICO* agroclimatologia, pedologia, fenologia del territorio italiano (vers. 1.0). Ministero delle Politiche Agricole e Forestali - Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, Roma.
- [26] **De Salvo P., Salvati L., Pasquini A., Brunetti A., Beltrano M.C.** (2005). *Valutazione agroclimatica dell'area costiera tirrenica: primi risultati.* Italian Journal of Agrometeorology 9: 126-127.
- [27] **Ranuzzi M., Salvati L. & Perini L.** (2005). *Analisi statistica e geografica per la spazializzazione della temperatura a scala di bacino idrografico: risultati preliminari.* Italian Journal of Agrometeorology 9: 130-131.
- [28] **Aureli E.** (2002). *Lezioni di statistica sociale.* CISU, Roma.
- [29] **Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A.** (2005). *La vulnerabilità alla desertificazione del territorio italiano.* Bollettino Agro-meteorologico Nazionale, in press.
- [30] **Trisorio A.** (2005). *Misurare la sostenibilità, indicatori per l'agricoltura italiana.* Istituto Nazionale di Economia Agraria, Roma.
- [31] **Brouwer F. & Crabtree B.** (1998). *Environmental indicators and agricultural policy.* CABI Publishing, Oxon, UK.
- [32] **Enne G., D'Angelo M. & Zanolla C.** (1998). *Indicators for assessing desertification in the Mediterranean.* Nucleo Ricerca Desertificazione, Università di Sassari.
- [33] **Enne G. & Zucca C.** (2000). *Desertification indicators for the European Mediterranean region. State of the art and possible methodological approaches.* Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Rome, Italy.
- [34] **ANPA** (2001) *Atlante degli indicatori del suolo.* RTI CTN_SSC 3.
- [35] **Brandt J., Geeson N. & Imeson A.** (2003). *A desertification indicator system for Mediterranean Europe.* DESERTLINKS Project (www.kcl.ac.uk/desertlinks)
- [36] **R. Coscarelli, I. Minervino, M. Sorriso-Valvo,** CNR-IRPI di Cosenza (2004). *Methods for the characterization of areas sensitive to desertification: an application to the Calabrian territories (Italy).*

DOCUMENTI CONSULTATI

- APAT (2004). *Annuario dei dati ambientali*. Roma.
- Basso F., A. Bellotti, E. Bove, S. Faretta, A. Ferrara, G. Mancino, M. Pisante, G. Quaranta, M. Taberner** (1999). *Degradation processes in the Agri Basin: evaluating environmental sensitivity to desertification at basin scale*. In: *Indicators for assessing desertification in the mediterranean*. Proceedings of the International Seminar held in Porto Torres, Italy 18-20 September, 1998. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione – Ministero dell’Ambiente.
- Brouwer F.B., Thomas A.J. & Chadwick M.J. (Eds.)** (1991). *Land use changes in Europe. Processes of change, environmental transformations and future patterns*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- De Rose, C.** (1999). *L’analisi del territorio nella programmazione degli interventi di sviluppo agricolo – Guida all’uso degli indicatori*, Roma, INEA, Quaderni del Programma Operativo Multi-regionale.
- Ferrara A., A. Bellotti, S. Faretta, G. Mancino, M. Taberner** (1999). *Identification and assessment of Environmentally Sensitive Areas by Remote Sensing*. MEDALUS III 2.6.2. OU Final Report.
- Gentile A.R.** (1999). *From National Monitoring to European reporting: the EEA framework for policy relevant environmental indicators*. In: *Indicators for assessing desertification in the mediterranean*. Proceedings of the International Seminar held in Porto Torres, Italy 18-20 September, 1998. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione – Ministero dell’Ambiente.
- Grove A.T. & Rackham O.** (1996). *Physical, biological and human aspects of environmental change*. Medalus II. Final Report. Medalus Office, Berkshire, UK.
- Incerti G., Feoli E., Salvati L. & Brunetti A.** (2005). *Drought estimation through a neural network approach*. Int. J. Biometeorology, in press.
- ISTAT – Ufficio Regionale del Lazio**, 2004, 8° *Censimento dell’industria e dei servizi: i dati definitivi del Lazio*, Roma.
- ISTAT** (1984) *Caratteristiche strutturali delle aziende agricole. III Censimento Generale dell’Agricoltura*, Roma.
- ISTAT** (1992) *Caratteristiche strutturali delle aziende agricole - Italia. IV Censimento Generale dell’Agricoltura*, Roma.
- ISTAT** (1994) *13° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni*. 20 Ottobre 1991, Roma.
- ISTAT** (2004), *Caratteristiche strutturali delle aziende agricole – Fascicolo nazionale: dati regionali, provinciali e comunali*, Roma.
- Kosmas C.** (1999). *Qualitative Indicators of Desertification* In: *Indicators for assessing desertification in the mediterranean*. Proceedings of the International Seminar held in Porto Torres, Italy 18-20 September, 1998. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione – Ministero dell’Ambiente.
- Kosmas C., Kirkby M. & Geeson N.** (1999). *The MEDALUS project. Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of Desertification and mapping environmental sensitive areas to desertification*. EUR 18882, Bruxelles, Belgium.
- Kosmas C., Kirkby M., Geeson N.** (1999). *Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. In: the MEDALUS project – Mediterranean desertification and land use. European Commission, Brussels.

-
- Rubio J.L. & Bochet E.** (1998). *Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe*. *J. Arid Environm.* 39: 113-120.
- Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A.** (2005). *Agricoltura e fenomeni di desertificazione: indicatori tematici e stima della vulnerabilità del territorio*. CRA-UCEA Working Paper, Roma. 24 pagine.
- Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A.** (2005). *Desertificazione, cambiamenti climatici e agricoltura in Italia: Primi risultati di un modello di valutazione del rischio di desertificazione*. Atti del Convegno 'AgriStat – Statistiche Agricole' – Firenze, Maggio 2005.
- Salvati L., Ceccarelli T. & Brunetti A.** (2005). *Valutazione del rischio di desertificazione in Italia: primi risultati*. *Italian Journal of Agrometeorology* 9: 124-125.
- Salvati L., Incerti G., Giovacchini A., Feoli E. & Brunetti A.** (2005). *Monitoraggio della siccità in agricoltura tramite il telerilevamento*. CRA-UCEA, Collana Climagri n. 40, 64 pagine.
- Salvati L., Libertà A. & Brunetti A.** (2004). *Il 'siccitometro': valutazione degli episodi di siccità attraverso l'analisi dei periodi secchi*. *Italian Journal of Agrometeorology* 8: 68-69.
- Salvati L., Libertà A. & Brunetti A.** (2005). *Bio-climatic evaluation of drought severity: a computational approach using dry spells*. *Biota – Journal of Biology and Ecology*, in press.
- Thornes J.B. & Brandt J.** (1995). *Mediterranean desertification and land use*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- UNCCD** (1977). *Desertification: its causes and consequences*. Pergamon Press, Oxford, UK.
- UNEP** (1997). *World Atlas of Desertification (second Edition)*. London, Arnold Ed.