

APPROCCIO INTEGRATO GEOLOGICO – VEGETAZIONALE PER LO STUDIO DELLA DESERTIFICAZIONE

Silvano Marchiori⁽¹⁾, Stefano Margiotta⁽²⁾, Silvia Scandura⁽¹⁾, Giorgio Leo⁽²⁾

⁽¹⁾ DISTEBA, Università del Salento

⁽²⁾ Dipartimento di Scienza dei Materiali, OFCGA, Università del Salento (stefano.margiotta@unile.it)

RIASSUNTO

Si riportano i risultati di uno studio (in scala 1:10.000) integrato, geologico – vegetazionale, mirato alla valutazione della sensibilità alla desertificazione di un'area del Salento, grossomodo delimitata ad ovest dall'abitato di Lecce e ad est dal mare Adriatico. La metodologia utilizzata (MEDALUS), sviluppata all'interno del progetto dell'Unione Europea "DESERTNET", prevede la definizione d'indici di qualità ambientale (suolo, clima, vegetazione) e di un indice di qualità della gestione del territorio. Nel caso di studio il metodo è stato integrato, per la prima volta in questo lavoro, dal calcolo di un indice di qualità del sottosuolo (SSQI). Dal confronto tra la Carta delle Aree Sensibili alla Desertificazione ottenuta con la metodologia MEDALUS "classica" e quella ottenuta con la metodologia MEDALUS "integrata" si evince che, considerando l'Indice di Qualità del Sottosuolo (SSQI) si ottiene un generale incremento del grado di sensibilità alla desertificazione a causa dello stato di degrado della falda idrica profonda.

1. INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE E GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO

Il Salento, un tempo ricoperto dalla foresta sempreverde mediterranea, è stato oggetto, da moltissimi anni, di intensa antropizzazione che ha profondamente modificato la vegetazione originaria, distruggendola quasi del tutto (Fig. 1a), relegandola nei luoghi ritenuti inutilizzabili per qualsiasi attività economicamente remunerativa. Specie dominante era *Quercus ilex*, accompagnato da poche altre specie arboree come *Quercus virgiliana*, ed altre di minor altezza quali *Laurus nobilis*, *Rhamnus alaternus*, *Arbutus unedo* e *Viburnum tinus*. Attualmente la maggior parte del territorio è rappresentato da un paesaggio agrario in cui predominano le tipiche colture salentine dell'olivo e della vite. Nel leccese le formazioni boschive sono ormai limitate a poche centinaia di ettari, localizzate qua e là nel territorio, su piccole superfici, spesso recintate (boschi chiusi), e sviluppatasi su resti di antiche colture o in ex parchi: si tratta di vegetazioni che poco ricordano le formazioni originarie, spesso contenenti essenze non autoctone quali eucalipti, cipressi, acacie e pini d'Aleppo. Nelle leccete prossime agli ambienti umidi, come a Rauccio, si può trovare *Periploca graeca* una rara essenza lianosa dal lattice velenoso, un tempo utilizzato come topicida. Nelle chiarie ed ai margini del bosco, a formare il cosiddetto "mantello", si rinvenivano molte altre specie arbustive, quali *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Viburnum tinus* e *Phillyrea latifolia*. Nella maggior parte dei casi il sottobosco dei rimboschimenti è

completamente privo di vegetazione, ricoperto da una lettiera di aghi di pino difficilmente degradabile, e, molto spesso, presenta inequivocabili tracce delle attività antropiche. L'utilizzazione per ceduzione, gli incendi e il pascolamento sono gli interventi che, attuati per secoli, hanno lentamente ma inesorabilmente trasformato i boschi di leccio e di quercia spinosa in macchia mediterranea. La flora infestante e sinantropica si ritrova abbondante nei coltivi abbandonati di recente, che ospitano splendide fioriture delle varie specie: in settembre e ottobre *Diplotaxis tenuifolia*, da novembre a marzo *Diplotaxis erucoides* e *Calendula arvensis*, da marzo ad aprile *Papaver rhoeas*, *Papaver hybridum*, *Papaver apulum*, *Anthemis arvensis*, *Anacyclus tomentosus*, *Chrysanthemum segetum*, *Gladiolus italicus*, *Ajuga chamaepytis*). Le coste sono caratterizzate da vegetazioni sia pioniere che evolute, erbacee, arbustive od arboree, condizionate da particolari situazioni ambientali edafiche e microclimatiche. La costa leccese, prevalentemente sabbiosa ospita vegetazioni costituite, almeno negli stadi pionieri, esclusivamente da psammofite; nelle forme più evolute si ritrovano vegetazioni ben strutturate (garighe e macchie) che, pur presentando nell'insieme una composizione simile a quella delle analoghe vegetazioni dell'interno, mantengono delle significative diversità. Nelle aree retrodunali e costiere in generale vengono a trovarsi numerose sorgenti che danno luogo ad aree umide più o meno estese. Nelle zone più prossime al mare, gli ambienti umidi risultano moderatamente salati ed ospitano vegetazioni di tipo



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

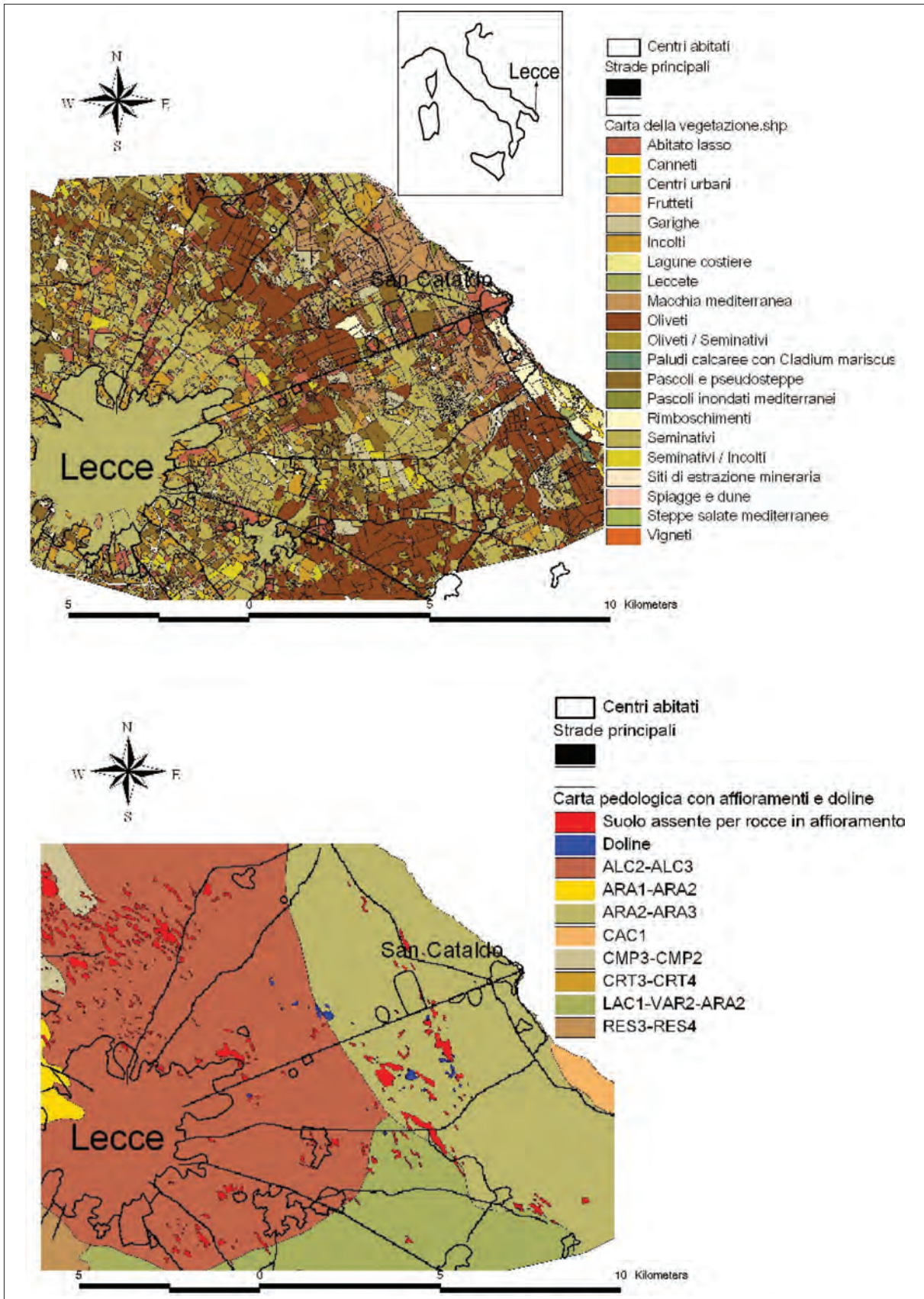


Figura 1a - Carta della Vegetazione e Carta Pedologica con affioramenti e doline



subalofilo (ad esempio *Juncus acutus*, *Juncus maritimus*, *Juncus subulatus* o *Juncus litoralis* accompagnato da *Triglochin bulbosum* e da specie tipiche sia delle vegetazioni alofile che di quelle igrofile). Ampie superfici al margine dei luoghi umidi d'acqua dolce o leggermente salata sono ricoperti da canneti e salicornieti, vegetazioni queste ultime sommerse dal mare per periodi più o meno lunghi dell'anno. Le vegetazioni su esposte s'impostano su suoli di varia natura (prevalgono quelli "ARA" moderatamente evoluti, da poco profondi a sottili, calcarei o scarsamente calcarei, i suoli evoluti "VARRANO", da profondi a sottili, non calcarei in tutto il profilo, e i suoli ad elevato grado di evoluzione, poco profondi, non o scarsamente calcarei, "terra rossa, ALC" su calcarenite). Gli affioramenti di roccia sono scarsi e prevalentemente discontinui (Fig. 1a), limitati a poco estese aree orientate in direzione nord ovest – sud est in concomitanza delle quali questi segnano modesti gradini con salti di quota anche dell'ordine della metrata. Ciò nonostante, i dettagliati rilievi geologici eseguiti in superficie e l'analisi di numerose (circa 70) stratigrafie di carote di perforazioni (sia condotte direttamente che reinterpretate alla luce delle nuove suddivisioni lito-

stratigrafiche, Bossio, *et al.*, 2006), hanno consentito di valutare gli spessori delle varie unità geologiche nel sottosuolo (Fig. 1 b), elemento questo imprescindibile per una corretta valutazione, in particolare, della vulnerabilità della falda profonda. Nell'area distinguiamo i Calcari di Melissano (strati di calcari, calcari dolomitici e micritici, di colore biancastro, grigio chiaro o nocciola, Cretaceo), la Formazione di Galatone (calcari compatti grigio-biancastri, calcari sottilmente stratificati di colore variabile dall'avana al bianco e marne laminitiche giallastre, Oligocene sup.), la Formazione di Lecce (calcareniti massive o stratificate in banchi, Oligocene sup. – Miocene inf.), la Pietra leccese (biomicrite massiva di colore giallo-paglierino e verdastro nella varietà glauconitica, Miocene inf. – sup.), le Calcareniti di Andrano (calcari, calcareniti e marne stratificate, Miocene sup.), la Formazione di Lèuca (breccie e conglomerati e, in netto subordinate, da biomicriti glauconitiche, Pliocene inf.), la Formazione di Uggiano la Chiesa (sedimenti calcareo-detritici giallo-chiari, a grana da fine a grossolana, con ricorrenti fossili, Pliocene inf. – sup.), e le Calcareniti del Salento (biocalcareniti a grana medio – grossa, Pleistocene inf.). Le successioni litologiche appena

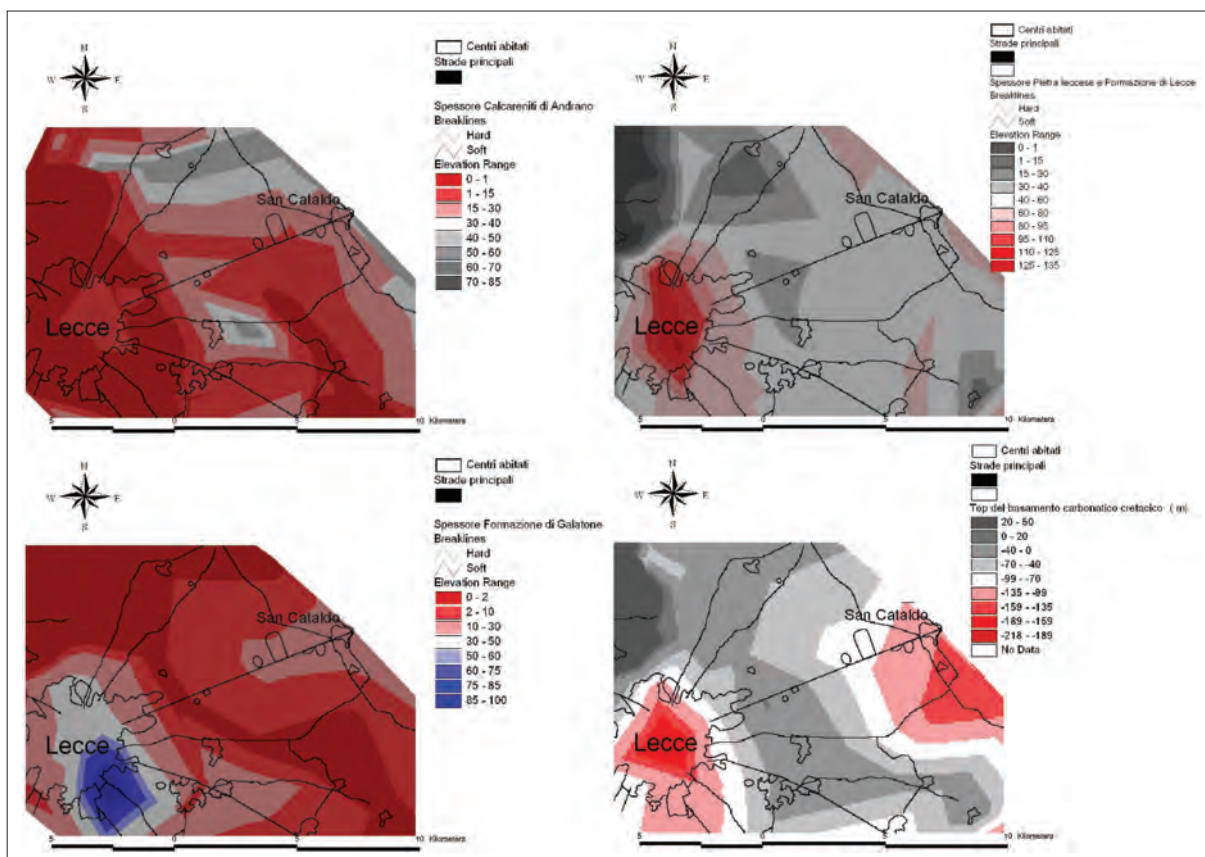


Figura 1b - Carta degli spessori delle unità litostratigrafiche



descritte sono sedi di più falde idriche: distinguiamo due acquiferi fondamentali rappresentati il primo dai terreni mio-plio-pleistocenici i quali, per porosità e fessurazione, ospitano una o più falde idriche, circolanti in generale in condizioni freatiche e sostenute alla base da terreni calcarenitico-marnosi praticamente impermeabili; il secondo, presente con continuità in tutto il territorio pugliese, è quello costituito dalla formazione carbonatica cretacea, permeabile per fessurazione e carsismo, che ospita la nota “falda di fondo” sostenuta al letto dalle acque marine di invasione continentale. Poiché le coperture parzialmente impermeabili neogeniche si spingono quasi ovunque a quote superiori rispetto al livello medio marino, localmente la circolazione idrica della falda “di fondo” si esplica in pressione nella formazione carbonatica mesozoica e, in qualche punto, anche in limitate porzioni basali dei sovrastanti depositi più recenti, là dove gli stessi risultino sufficientemente permeabili da rappresentare una estensione dell’acquifero cretaceo.

2. LA METODOLOGIA MEDALUS

La metodologia MEDALUS (MEDiterranean Desertification And Land Use) si prefigge di valutare la sensibilità alla desertificazione mediante l’elaborazione del cosiddetto Indice di Sensibilità Ambientale ESAs (Environmentally Sensitive Areas, Basso, *et al.*, 2000). La sensibilità ambientale può essere definita, in questo contesto, come il grado di reattività dell’ecosistema, in particolare del suolo, alle sollecitazioni prodotte dagli agenti perturbatori esterni (Sequi, *et al.*, 1998) sia di origine antropica che naturale (agenti biologici, geodinamici o climatici). Il metodo utilizzato in questo lavoro, sviluppato all’interno del progetto dell’Unione Europea MEDALUS, è stato elaborato da Kosmas ed altri studiosi (Kosmas, *et al.*, 1999) per lo studio delle aree vulnerabili alla desertificazione nell’isola di Lesvos (Grecia) e ha trovato applicazione in tre aree test di altrettanti Paesi del Mediterraneo (Italia, Portogallo e Spagna). La metodologia permette l’individuazione delle aree sensibili alla desertificazione attraverso l’applicazione di indicatori sia bio-fisici che socio-economici che consentono di classificare le aree in critiche, fragili e potenziali. La sensibilità ambientale alla desertificazione può essere analizzata in relazione a vari parametri, relativi a quattro categorie di indici (Indice di qualità del suolo “SQI”; Indice di Qualità del Clima “CQI”; Indice di Qualità della Vegetazione “VQI”; Indice di Qualità di Gestione del Territorio “MQI”). Per l’individuazione

degli indici ESAs è necessario il calcolo dei singoli indicatori che costituiscono ciascuna categoria. A ciascun indicatore si associa un valore indice. La media geometrica dei valori indice per ciascuna categoria fornisce i valori di SQI, CQI, VQI e MQI. L’indice finale di sensibilità alla desertificazione ESAI (Environmentally Sensitive Area Index) si ottiene calcolando la media geometrica dei diversi indicatori, attraverso la seguente relazione:

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

Per poter calcolare ed elaborare i vari indicatori allo scopo di ottenere la Carta finale delle Aree Sensibili alla Desertificazione, è stato necessario ricorrere all’uso delle tecniche GIS. Si è pertanto implementato un Sistema Informativo Geografico (GIS) che contiene tutte le informazioni cartografiche e alfanumeriche indispensabili per l’individuazione degli indicatori suddetti. In questo lavoro, pur avendo come riferimento la metodologia indicata, in ragione delle caratteristiche intrinseche del territorio in esame e per l’elevato dettaglio dei rilevamenti effettuati (in scala 1:10.000), è stato necessario applicare delle scelte metodologiche differenti rispetto al modello originale.

3. INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO

Il suolo riveste un ruolo fondamentale nei processi di desertificazione, soprattutto nei casi in cui la sua profondità, necessaria per il minimo sostentamento fisico degli apparati radicali delle piante e per il contenimento dell’acqua e degli elementi nutritivi, è troppo ridotta; tuttavia, ci sono casi in cui la desertificazione procede in modo irreversibile anche nei terreni sufficientemente profondi, quando il loro bilancio idrico non è in grado di soddisfare i fabbisogni idrici delle piante. La scelta degli indicatori di qualità del suolo deve quindi tenere in considerazione: la disponibilità d’acqua e la resistenza all’erosione. La procedura per il calcolo del SQI prevede l’analisi di sei differenti caratteristiche del terreno: tessitura, rocciosità, profondità, drenaggio, rocciamadre e pendenza. L’Indice di Qualità del Suolo (Fig. 2) è stato ottenuto dalla media geometrica dei sei indicatori sopra descritti:

$$SQI = (rocciamadre \cdot tessitura \cdot pietrosità \cdot profondità \cdot drenaggio \cdot pendenza)^{1/6}$$

4. INDICATORI DI QUALITÀ DEL CLIMA

La distribuzione irregolare delle precipitazioni durante l’anno, la frequenza degli eventi estremi e la durata irregolare della stagione vegetativa nell’am-

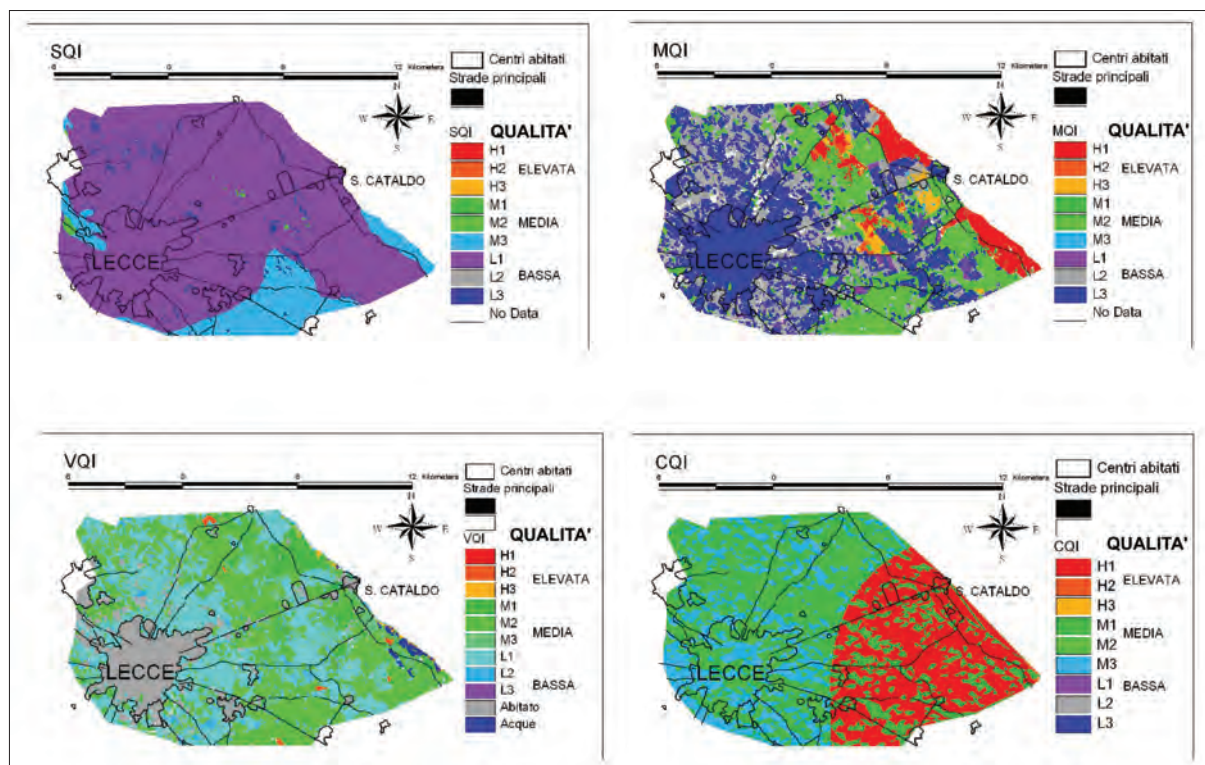


Figura 2 - Carta degli Indici di Qualità del Suolo, del Management, della Vegetazione e del Clima

biente mediterraneo sono i fattori principali che contribuiscono al degrado del territorio. Le condizioni atmosferiche che caratterizzano un clima desertico sono quelle che creano un severo deficit idrico, con valori di evapotraspirazione potenziale (Eto) maggiori rispetto agli apporti idrici sotto forma di precipitazioni. Tali condizioni sono calcolate attraverso diversi indici climatici tra cui occorre menzionare il pluviometro R di Lang, l'indice di aridità di De Martonne, il quoziente pluviometrico di Emberger, l'indice globale di umidità di Thorthwaite, l'indice di aridità di Bagnouls-Gaussen, etc.. La metodologia MEDALUS prende in considerazione tre parametri, legati alle variabili climatiche, che tendono a definire le aree maggiormente sensibili alla desertificazione: le precipitazioni, l'indice di aridità e l'esposizione dei versanti. L'elaborazione dei tre indicatori appena descritti ha consentito di ottenere l'Indice di Qualità del Clima (Fig. 2) attraverso la seguente relazione:

$$CQI = (\text{piovosità} \cdot \text{aridità} \cdot \text{esposizione})^{1/3}$$

5. INDICATORI DI QUALITÀ DELLA VEGETAZIONE

La copertura vegetale svolge un ruolo importante nei processi di desertificazione in quanto è in grado di stabilizzare il suolo, riducendo l'impatto delle precipitazioni e, in certe condizioni, controllare

l'erosione da ruscellamento superficiale. In questo lavoro è stata utilizzata la Carta di Uso del Suolo elaborata dal Laboratorio di Botanica Sistemática ed Ecologia Vegetale dell'Università del Salento nell'ambito di una convenzione con la Provincia di Lecce. Gli indicatori che definiscono l'Indice di Qualità della Vegetazione (Fig. 2) sono il rischio d'incendio e la capacità di recupero, la protezione dall'erosione, la resistenza alla siccità, la percentuale di terreno coperto dalla vegetazione:

$$VQI = (\text{rischio incendio} \cdot \text{protezione erosione} \cdot \text{resistenza siccità} \cdot \text{copertura vegetale})^{1/4}$$

6. INDICATORI DI QUALITÀ DELLA GESTIONE

L'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione secondo la metodologia MEDALUS prevede anche lo studio delle pressioni di origine antropica esercitate sull'ambiente. Il tipo di gestione dipende da un insieme di fattori di diversa natura: fattori ambientali, pedologici, climatici, ma anche sociali, economici, politici e tecnologici. Se per desertificazione si intende la perdita di produttività di un territorio, desertificazione deve intendersi il progressivo abbandono delle terre, dovuto a ragioni economiche e sociali (si veda ad esempio il degrado che caratterizza le numerose masserie presenti nell'area di studio), nonché alla maggiore produttività



dell'agricoltura e al conseguente passaggio da agricoltura estensiva ad intensiva. L'Indice di Qualità della Gestione (Fig. 2) è stato ottenuto dalla media geometrica di due indicatori che contribuiscono a definire le caratteristiche della gestione, attraverso la seguente relazione:

$$MQI = (intensità\ d'uso \cdot politiche\ di\ protezione)^{1/2}$$

7. INDICATORI DI QUALITÀ DEL SOTTOSUOLO

La natura prevalentemente carsica del territorio in esame, rende l'area di studio sì priva di risorse idriche superficiali ma dotata di risorse idriche sotterranee notevoli che hanno consentito, per vaste aree, lo sviluppo di attività produttive. Gli ultimi studi condotti (Margiotta e Negri, 2005) hanno evidenziato reali e diffuse situazioni di inquinamento e sovrasfruttamento delle acque sotterranee in una porzione di territorio che comprende quella esaminata in questo lavoro. In quest'ottica si è ritenuto doveroso elaborare un indice che prendesse in considerazione non solo la qualità del suolo ma anche quella del sottosuolo. Per il calcolo dell'Indice di Qualità del Sottosuolo (SSQI, Fig. 3) sono stati considerati la salinità della falda idrica profonda e la sua vulnerabilità. Il contenuto salino delle acque di falda (Fig. 3) infatti, influenza notevolmente lo sviluppo

di tutte le attività produttive ed, in particolare, di quelle agricole, dato che ogni coltura tollera acque con un determinato range di sali. In questo contesto, la valutazione della vulnerabilità (Fig. 3) della falda idrica (circa il 70% del territorio è risultato avere una elevata vulnerabilità) assume un ruolo significativo in quanto strettamente connessa all'utilizzo della risorsa idrica. La vulnerabilità della falda è stata calcolata sulla base della metodologia SINTACS (che prende in considerazione soggiacenza della falda, infiltrazione efficace, effetto di autodepurazione del non saturo, tipologia della copertura, caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, conducibilità idraulica dell'acquifero e l'acclività della superficie topografica; Civita & Di Maio, 1997), leggermente modificata per adattarla alle peculiarità dell'area di interesse. In particolare, si è proceduto all'integrazione dei suddetti parametri con altri (presenza di vore, pozzi, cave, canali e strutture antropiche in genere), aventi ognuno uno specifico peso, funzione dell'influenza esercitata dagli stessi sulla vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento in rapporto alle attività umane che hanno attinenza con l'utilizzo dell'acqua sotterranea. L'Indice di Qualità del Sottosuolo è stato ottenuto quindi dalla media geometrica dei due indicatori sopra descritti:

$$SSQI = (salinità \cdot vulnerabilità)^{1/2}$$

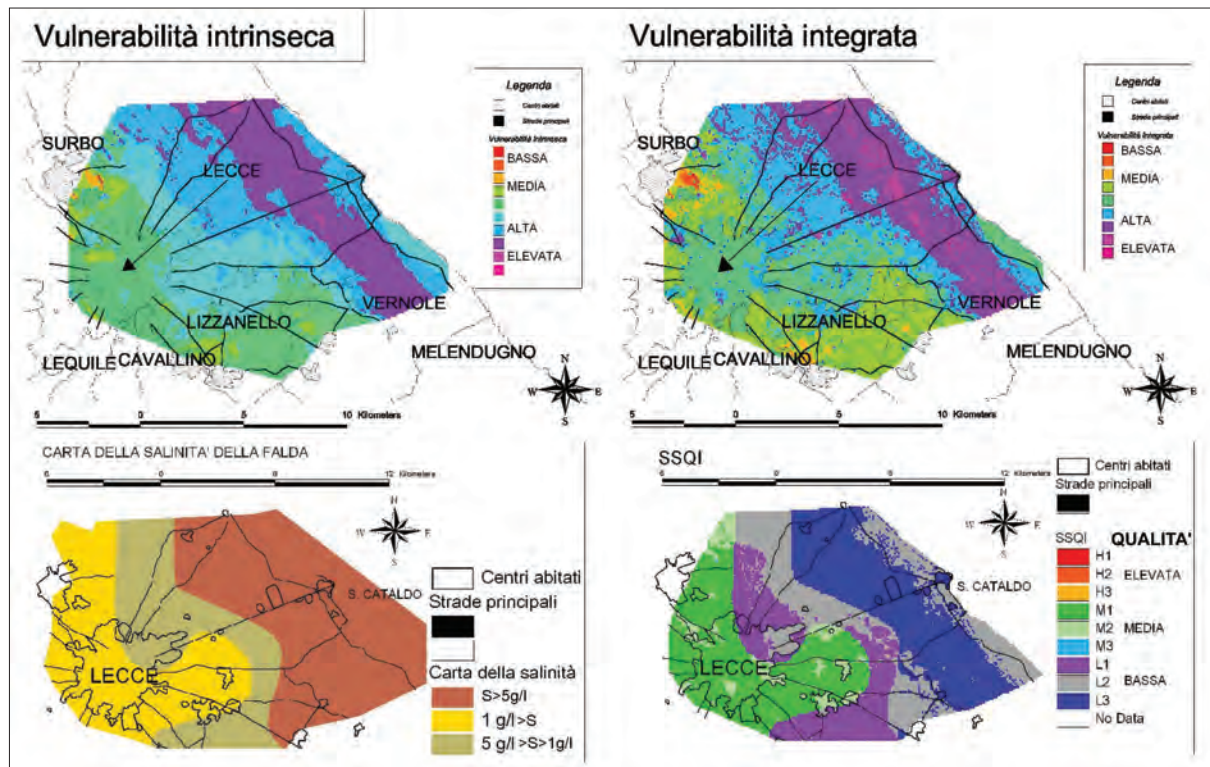


Figura 3 - Carta della Vulnerabilità intrinseca ed integrata, della salinità e dell'Indice di Qualità del Sottosuolo

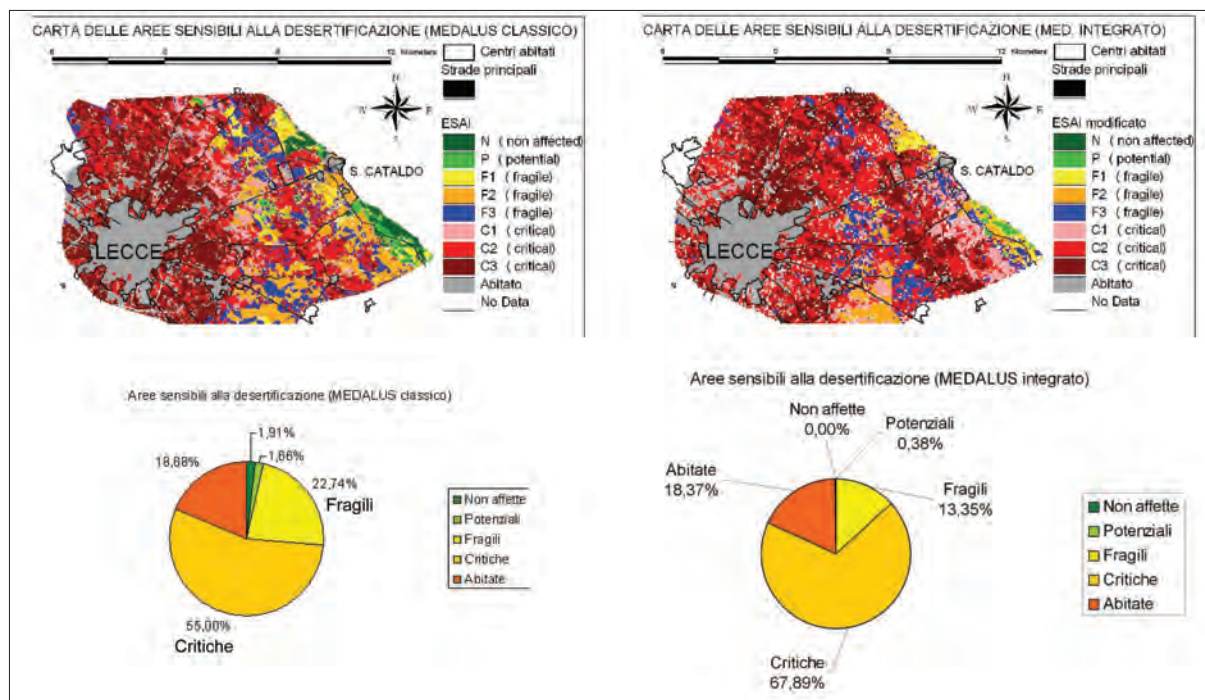


Figura 4 - Carta delle aree sensibili alla Desertificazione ottenuta con il metodo Medalus Classico e quello Integrato

8. RISULTATI E CONCLUSIONI

Gli studi condotti applicando la metodologia MEDALUS “classica” in un’area del Salento, grossomodo delimitata ad ovest dall’abitato di Lecce e ad est dal mare Adriatico, mirati alla valutazione della sensibilità alla desertificazione, mettono chiaramente in evidenza la criticità del territorio studiato (55% dell’area è in condizioni critiche, cioè di elevata sensibilità alla desertificazione, Fig. 4). In particolare, le situazioni critiche riguardano essenzialmente le aree poste immediatamente nei dintorni dell’abitato di Lecce che si estendono poi diffusamente verso Nord e rispecchiano a grandi linee le indicazioni di qualità del suolo (SQI) e della vegetazione (VQI). Dal confronto delle relative carte tematiche, questi due indici mostrano gli stessi andamenti evidenziando in tal modo la stretta relazione esistente tra l’unità abiologica e quella biologica. Le politiche di gestione (MQI), laddove si concretizzano in politiche di tutela e conservazione del territorio (aree protette quali Cesine, Torre Veneri, etc.) influenzano notevolmente la carta finale abbassando il valore della sensibilità proprio in corrispondenza di quelle aree sottoposte a vincoli. La qualità del clima (CQI), infine, “spalma” i valori nell’intera area. Dal confronto tra la Carta delle Aree Sensibili alla Desertificazione ottenuta con la metodologia MEDALUS “classica” e quella

ottenuta con la metodologia MEDALUS “integrata” si evince che, considerando l’Indice di Qualità del Sottosuolo (SSQI), le aree classificate come non-afette, come potenziali e come fragili sono diminuite mentre sono aumentate le aree classificate come critiche. Questo dato riflette le condizioni di elevata vulnerabilità della falda a riprova dell’importanza e della necessità di una oculata e lungimirante politica di gestione delle acque sotterranee, ormai imprescindibile strumento per una corretta pianificazione territoriale. Pur non potendo quantificare i tempi di realizzazione dei processi di degrado in atto, si ritiene che questo sia il risultato più importante giacché quello che non vediamo direttamente (il sottosuolo), proprio in virtù di tale condizione, solo di rado diviene motivo di considerazione nell’ambito della programmazione, anche se, in molti casi, determina tanto i fattori biotici quanto quelli abiotici sul suolo.

BIBLIOGRAFIA

BASSO F., BOVE E., DUMONTET S., FERRARA A., PISANTE M., QUARANTA G., TABERNER M. (2000) – *Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy)*. – Catena 40, p. 19-35



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

BOSSIO A., FORESI L. M., MARGIOTTA S., MAZZEI R., SALVATORINI G., DONIA F. (2006) – *Stratigrafia neogenico-quadernaria del settore nord-orientale della provincia di Lecce (con rilevamento geologico alla scala 1:25000)*. Geologica Romana, 39, pag. 16-29

CIVITA M., DI MAIO M. (1997) – *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico Sintacs R5*. – Pitagora Editore pp. 208

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

MARGIOTTA S., NEGRI S. (2005) – *Geophysical and Stratigraphical Research into Deep Groundwater and Intruding Seawater in the Mediterranean Area (The Salento Peninsula, Italy)*. Natural Hazards and Earth System Science 5, pag.127-136

SEQUI P., VIANELLO (eds.) (1998) – *Sensibilità e vulnerabilità del suolo*. F. Angeli Editore, Milano