

LUIGI MASTRONARDI - PAOLO DI MARTINO - PIERA DI MARZIO -
DANIELA DE GREGORIO

TRASFORMAZIONI TERRITORIALI E DISSESTO IDROGEOLOGICO: UN'ANALISI DELLE DETERMINANTI IL CASO DEL BASSO MOLISE

Introduzione⁽¹⁾. – L'idea guida della ricerca è quella di individuare i fattori che influenzano l'assetto del territorio, in relazione ai fenomeni di dissesto idrogeologico, con particolare riferimento alle dinamiche degli usi del suolo.

L'area di studio è quella del Basso Molise, che comprende i comuni di Guglionesi, Montecilfone, Montenero di Bisaccia, Petacciato, San Giacomo degli Schiavoni e Termoli (fig. 1).

L'area è stata interessata da forti cambiamenti nella struttura demografica e produttiva (Mastronardi, 2008; Di Marzio e altri, 2009), ma continua a custodire situazioni ambientali meritevoli di conservazione (Cialdea, 2006), come testimonia la presenza dei SIC (Di Marzio e altri, 2008). La zona evidenzia un buon livello di sviluppo (Cannata e Argiolas, 1988; Marino, 1993; Fanelli, 1998; Mariani, 2004) e d'integrazione socioeconomica e territoriale (Marino, 1993), che ha coinvolto l'intero panorama regionale, a esclusione delle zone più interne (Cialdea, 1995; Bagarani, 2008). Il territorio mostra, inoltre, un sensibile livello di sviluppo turistico (Mastronardi e De Gregorio, in corso di stampa). Il comprensorio è, altresì, interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico alquanto rilevanti (Aucelli e Vitello, 2007; Regione Molise, 2008).

Ai fini dell'analisi, l'elemento più significativo è che il suolo, negli aspetti fisico-morfologici, è componente fondamentale del paesaggio (European Commission, 2006a). L'erosione implica, invece, la perdita delle funzioni del suolo (Van-Camp e altri, 2004; European Commission, 2006b) e, dunque, il degrado o la modificazione del paesaggio.

Il suolo assicura una serie di servizi essenziali dal punto di vista ambientale, economico, sociale e culturale (Imont, 2002; European Commission, 2002), con riferimento ai seguenti profili: produzione di beni alimentari e non (biomasse); magazzinaggio, filtraggio e trasformazione; habitat e *pool* genetico; ambiente fisico e culturale dell'umanità; fonte di materie prime.

(1) Ricerca realizzata nell'ambito del Programma di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2005) «Le trasformazioni dei paesaggi nel territorio rurale: le ragioni del cambiamento e possibili scenari futuri. Approfondimenti interdisciplinari per la salvaguardia, la gestione e la pianificazione», con il contributo finanziario del MIUR. Il lavoro è stato redatto congiuntamente dagli autori. Piera Di Marzio ha coordinato l'Unità di Ricerca del PRIN 2005.

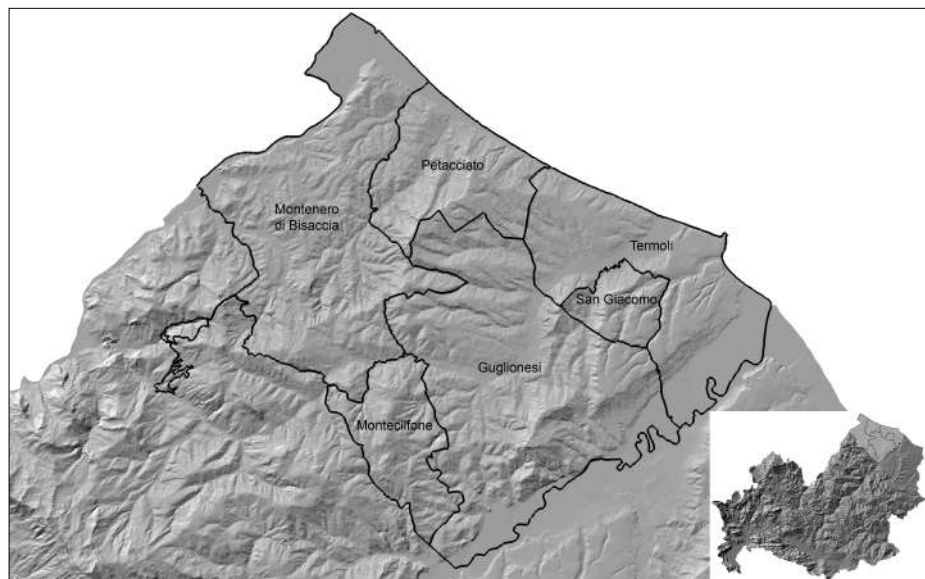


Fig. 1 – Il Basso Molise: area di studio

Fonte: Di Marzio e altri (2008)

Il suolo è sottoposto, tuttavia, ad alcuni fenomeni di degrado che ne possono compromettere la disponibilità e l'uso a lungo termine. I rischi riguardano (Van-Camp e altri, 2004): l'erosione; la diminuzione di materia organica; la contaminazione; l'impermeabilizzazione (*sealing*); la compattazione; la perdita di habitat e biodiversità; la salinizzazione; le alluvioni e gli smottamenti.

L'erosione è considerato un fenomeno geologico naturale, ma alcune attività produttive (quali ad esempio l'agricoltura, i trasporti e l'urbanizzazione) possono incrementarne considerevolmente l'intensità (Esteve e altri, 2004).

L'agricoltura è ritenuta la principale forma d'uso del territorio e pertanto condiziona lo stato (qualità) dello stesso e il mosaico paesistico (Piccinini e altri, 2000; Marangon, 2006; Tempesta, 1997; Tempesta e Thiene, 2006; Brunori e altri, 2007; Idda e Pulina, 2006; Tassinari, 2008).

Il degrado del suolo è da ascriversi soprattutto a pratiche agricole intensive (European Commission, 1998), quali un'eccessiva estrazione di risorse idriche, l'uso di antiparassitari, il ricorso a macchinari pesanti oppure il pascolamento. L'alterazione del suolo può essere, inoltre, determinata dai processi di specializzazione dell'agricoltura, ai quali spesso si associa la rinuncia ai sistemi tradizionali di coltivazione (es. sovescio), che in passato hanno contribuito a ripristinare il contenuto di materia organica del suolo. Anche l'abbandono dell'attività agricola nelle aree più marginali può dar luogo a fenomeni di degrado del territorio con rischi a livello idrogeologico; i rischi sono da leggere in relazione all'incremento di erosione superficiale e a movimenti gravitativi, più o meno profondi, dovuti all'interruzione delle pratiche di sistemazione agraria (Preti e altri, 2001). È utile ricordare, altresì, che il degrado della qualità dei suoli riduce la produttività degli stessi (Hudson, 1981; Crosson, 2007).

Tab. 1 – Variabili di base e anno di riferimento

Macro-fenomeno	Variabile	Anno di riferimento
Sistema demografico	Popolazione residente per comune	1929, 2006
	Popolazione residente per località abitata	1961, 2001
Sistema economico	Unità Locali (settore industriale, settore dei servizi)	1961, 2001
	Occupati totali	1961, 2001
	Occupati Industria	1961, 2001
	Occupati Terziario	1961, 2001
	Occupati Agricoltura	1961, 2001
Sistema agricolo e territoriale	Aziende agrarie	1929, 2000
	Superficie Aziendale Totale (SAT)	1929, 2000
	Superficie Agraria Utilizzata (SAU)	1929, 2000
	Superficie irrigata e irrigabile	1990, 2000
	Principali aggregati produttivi	1929, 2000
	Principali colture	1929, 2000

Nota metodologica e fonti informative. – La ricerca si basa su due dimensioni analitiche, quella socioeconomica e quella territoriale (uso del suolo e fenomeni di dissesto).

L'analisi dello scenario sociale ed economico è focalizzata su alcuni elementi, che costituiscono le chiavi di lettura delle trasformazioni in atto nelle aree rurali. Le variabili di base e l'anno di riferimento sono riportati in tabella 1. Le informazioni fanno riferimento ai censimenti ISTAT della popolazione, dell'industria e dell'agricoltura.

Le elaborazioni dei dati attengono agli aspetti demografici, economici e territoriali e sono dirette alla costruzione di modelli analitici, ritenuti in grado di cogliere i principali cambiamenti intercorsi tra il primo anno di riferimento (in genere il 1929) e l'ultimo anno del periodo investigato per il quale sono disponibili le informazioni.

Per quanto riguarda l'analisi cartografica, è stato realizzato e opportunamente trattato un geo-*database* costituito da aerofoto, cartografia vettoriale tematica e basi topografiche. Il lavoro ha previsto, tra l'altro, la fotointerpretazione della copertura del suolo dell'intera area di studio, basata sulle aerofoto del 1954-56, acquisite ad alta risoluzione georeferenziate e ortorettificate in ambiente GIS, e sulle ortofoto AGEA 2004 (figg. 2 e 3).

L'analisi delle principali dinamiche del paesaggio tra il 1954 e il 2004 è effettuata mediante la sovrapposizione delle due carte precedentemente prodotte. Sono state individuate sei tipologie di dinamica e tre di persistenza, elencate in ordine alfabetico: *degrado* (un cambiamento in senso negativo dovuto a interventi di tipo antropico o per effetto di situazioni geomorfologiche sfavorevoli); *erosione costiera*; *estensivizzazione* (cambiamento che porta a una diminuzione della rendita per unità di superficie, ad esempio una trasformazione che porta da aree agricole a praterie naturali o da colture permanenti a seminativi); *intensivizzazione* (processi che portano all'investimento di capitali e di lavoro, come nel caso di colture specializzate, dove si può stimare un'alta redditività per superficie; vi sono incluse soprattutto le transizioni dalle «aree occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti» ai seminativi); *naturalizzazione* (transizioni che portano da formazioni arbustive o erbacee verso formazioni forestali o, più in generale, tutte le transizioni che portano verso categorie appartenenti ai territori boscati e ambienti seminaturali); *persistenza agricola*; *persistenza naturale*; *persistenza urbana*; *urbanizzazione*. Dopo

aver riclassificato i poligoni in base al tipo di trasformazione, è stata redatta la carta delle dinamiche del paesaggio seguita dal calcolo delle superfici totali interessate da ciascun tipo di cambiamento attraverso tecniche GIS di *change detection*. I dati sulle frane sono stati raccolti nell'ambito del progetto IFFI (2005) e forniti dalla Regione Molise.

Con riferimento al dissesto idrogeologico, l'impianto analitico ha preso in considerazione la concentrazione del fenomeno erosivo, l'individuazione del grado di specializzazione territoriale e la verifica delle relazioni che intercorrono tra gli usi del territorio, le caratteristiche dei suoli (pendenza, litologia) e i fenomeni di erosione.

In particolare, l'analisi è stata articolata in quattro fasi: *a)* zonizzazione del territorio; *b)* selezione delle variabili; *c)* costruzione della matrice di dati; *d)* scelta degli strumenti analitici.

Per quanto riguarda la fase *a)*, gli ambiti territoriali dei 6 comuni oggetto di studio sono stati suddivisi utilizzando come discriminante la pendenza media dei terreni. Al riguardo, si sono rese disponibili ben 17.200 osservazioni, aggregate in diciotto livelli di pendenza, che oscillano tra il valore minimo dello 0% e quello massimo del 35%.

Con riferimento alla fase *b)*, i dati di copertura del suolo sono stati utilizzati come indicatori in relazione ai quattro macro-fenomeni indagati, quali: gli aspetti ambientali; agricoli; extra-agricoli e urbani.

Per ciò che attiene alla fase *c)*, le variabili esplicative sono state sistemate nell'apposita matrice di riferimento. Si tratta sostanzialmente di una matrice generica $m \times n$ di dati, in cui m sono le unità (ovvero i comuni) e n sono le variabili (cioè i dati di copertura del suolo).

Relativamente alla fase *d)*, l'approccio metodologico ⁽²⁾, qui sperimentato, ha richiesto l'ausilio di tre strumenti analitici: l'indice di Herfindahl; l'indice di specializzazione territoriale; l'analisi di regressione.

L'indice di Herfindahl (He) è un indice di concentrazione assoluta ed è stato utilizzato per verificare la concentrazione del fenomeno erosivo. L'indice He è del tipo:

$$He = \sum (e_i)^2$$

dove e_i è la quota percentuale del fenomeno erosivo rispetto al totale, definito come la sommatoria dei quadrati delle percentuali del carattere. L'uso del quadrato determina, nel valore dell'indice, un contributo meno che proporzionale delle unità minori. Il valore dell'indice varia in un intervallo compreso tra 0 e 1 (massima concentrazione). L'indice He è stato applicato per stimare la consistenza della superficie in erosione. I risultati ottenuti sono espressi in termini normalizzati.

L'indice di specializzazione territoriale ⁽³⁾ (T) misura il grado di specializzazione del territorio, in funzione delle variabili selezionate (ovvero gli usi del suolo). L'indice di specializzazione è della forma che segue:

(2) I metodi utilizzati per la valutazione del rischio di erosione del suolo vengono raggruppati in due tipologie: Expert-Based Methods e Model-Based Methods (Van der Knijff e altri, 1999; 2002). Il primo approccio (Expert-Based Methods) è basato sulla metodologia CORINE Land Cover, che consente di identificare correttamente le aree con il rischio di erosione. Il secondo approccio è fondato sui modelli di regressione, ampiamente utilizzati per stimare nel lungo periodo le conseguenze dei tassi di erosione sulla produttività dei terreni agricoli. Per una rassegna completa delle metodologie di valutazione dell'erosione si rimanda a Jones e altri (2004).

(3) L'indice è stato elaborato da Bagarani e altri (1986) per individuare il livello di specializzazione produttiva dell'agricoltura italiana (Bagarani e altri, 1986).

$$T_{i,j} = \frac{a - b}{(1-a)b + (1-b)a}$$

$$a = \frac{X_{i,j}}{\sum_i X_{i,j}}$$

$$b = \frac{\sum_j X_{i,j}}{\sum_{i,j} X_{i,j}}$$

dove $X_{i,j}$ = valori delle superfici investite nell'uso i -esimo nella zona j -esima.

L'indice soddisfa le seguenti proprietà:

per $a = b$ $T_{i,j} = 0$;

per $a < b$ $T_{i,j} < 0$ e per a tendente a 0 $T_{i,j} = -1$;

per $a > b$ $T_{i,j} > 0$ e per b tendente a 0 $T_{i,j} = +1$.

Il campo di variazione dell'indice è +1 (massima specializzazione) e -1 (massima de-specializzazione). L'indice assume valori positivi quando $a > b$, cioè quando la consistenza relativa dell'uso i -esimo nella zona j -esima è maggiore rispetto alla consistenza relativa dell'uso i -esimo a livello di area nel suo complesso. Tutto ciò si verifica quando una zona è specializzata in un determinato uso. All'opposto, l'indice assume valori negativi quando $a < b$ e, pertanto, si è in presenza di una de-specializzazione nella zona j -esima in relazione dell'uso i -esimo.

Il modello di regressione è utilizzato per stimare la relazione che lega i fenomeni di dissesto agli usi del territorio e alle caratteristiche dei suoli (pendenza, litologia). Le variabili territoriali di partenza sono state raggruppate in sette ambiti d'indagine (tab. 2). Le informazioni attinenti alla litologia sono riportate in tabella 3.

L'equazione finale stimata è la seguente:

$$\text{Log}E_z = A + \text{log}G_z + \text{log}N_z + \text{log}T_z + \phi \text{log}F_z + \text{log}S_z + \text{log}U_z + \\ + \text{log}O_z + \sum_i \text{log}L_i + \sum_j \text{log}C_j$$

La variabile dipendente E_z è la superficie in erosione; G_z rappresenta le colture arboree; N_z sono le foreste; T_z sono i seminativi; F_z sono le aree seminaturali e naturali; S_z sono le aree urbane; U_z sono le infrastrutture; O_z rappresenta gli altri usi del suolo. L_i sono variabili dicotomiche che permettono di cogliere le caratteristiche dei suoli (litologia) che influenzano l'erosione; C_j sono variabili dicotomiche descriventi l'appartenenza territoriale (comune), ossia la collocazione geografica dell'erosione. L'erosione dipende, dunque, dagli usi del suolo, dalla pendenza e dalle caratteristiche dei terreni.

L'ipotesi di partenza è che alcuni usi delle superfici (es. foreste) sono in grado di arginare i fenomeni di dissesto, mentre altri usi (es. seminativi) possono contribuire in maniera rilevante al dissesto idrogeologico.

Tutte le variabili sono espresse in forma logaritmica e la stima dei parametri è ottenuta con il metodo dei minimi quadrati (OLS).

Le dinamiche sociali, economiche e territoriali. – I cambiamenti più importanti rinvenuti nella struttura demografica e occupazionale nel periodo 1961-2001 sono rappresentati dalla forte crescita della popolazione (+30%), soprattutto di quella residente nelle aree urbane (+38%), a fronte dello spopolamento delle campagne (-52%). Emerge, così, un quadro di forte «centralizzazione» della popolazione, che tende a disporsi sul territorio in contrapposizione con il tradizionale assetto abitativo, caratterizzato dalla dispersione degli in-

Tab. 2 – *Ambiti d'indagine dell'analisi di regressione*

Aree seminaturali	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione Aree con vegetazione rada Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali Prati stabili Sistemi colturali e particellari complessi
Foreste	Boschi di latifoglie Boschi di conifere
Colture arboree	Fruttiferi Oliveti Vigneti
Infrastrutture	Reti stradali Ferrovie Spazi e accessori
Seminativi	Seminativi in aree non irrigue Seminativi in aree irrigue
Tessuto urbano	Tessuto urbano continuo Tessuto urbano discontinuo Aree verdi urbane
Altro	Aree estrattive Aree industriali e commerciali Aree portuali Aree sportive e ricreative

Tab. 3 – *Tipologie litologiche*

Conglomerati, brecce, brecciole e puddinghe non calcaree
Sabbie fluviali o di elaborazione litorale sub-recenti
Gessi o calcari gessosi
Complesso marnoso-calcareo e calcareo-marnoso
Sabbie e arenarie poco cementate
Complesso arenaceo marnoso, marnoso-sabbioso talvolta argilloso
Sabbie fluviali o di elaborazione litorale attuali
Argille e argille marnose
Argille varicolori e in giacitura caotica
Depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4°ordine

sedimenti. Altro aspetto di rilievo è quello della netta perdita di forza-lavoro nel settore agricolo (-120%), a cui ha fatto seguito l'incremento degli occupati nell'industria (+43%) e nei servizi (+71%). È utile ricordare che la contrazione degli addetti in agricoltura ha contribuito ad aumentare il divario tra domanda e offerta di lavoro, e, pertanto, potrebbe aver dato vita ai fenomeni di cessazione delle attività aziendali o di «semplificazione» degli ordinamenti produttivi (Ievoli e Pistacchio, 2004).

L'agricoltura ha subito, nell'ultimo settantennio, un processo di ristrutturazione molto netto, con ripercussioni sulle strutture di produzione, sull'organizzazione del lavoro, sulle attività produttive, sui territori rurali, sui rapporti con i mercati. Le principali trasformazioni

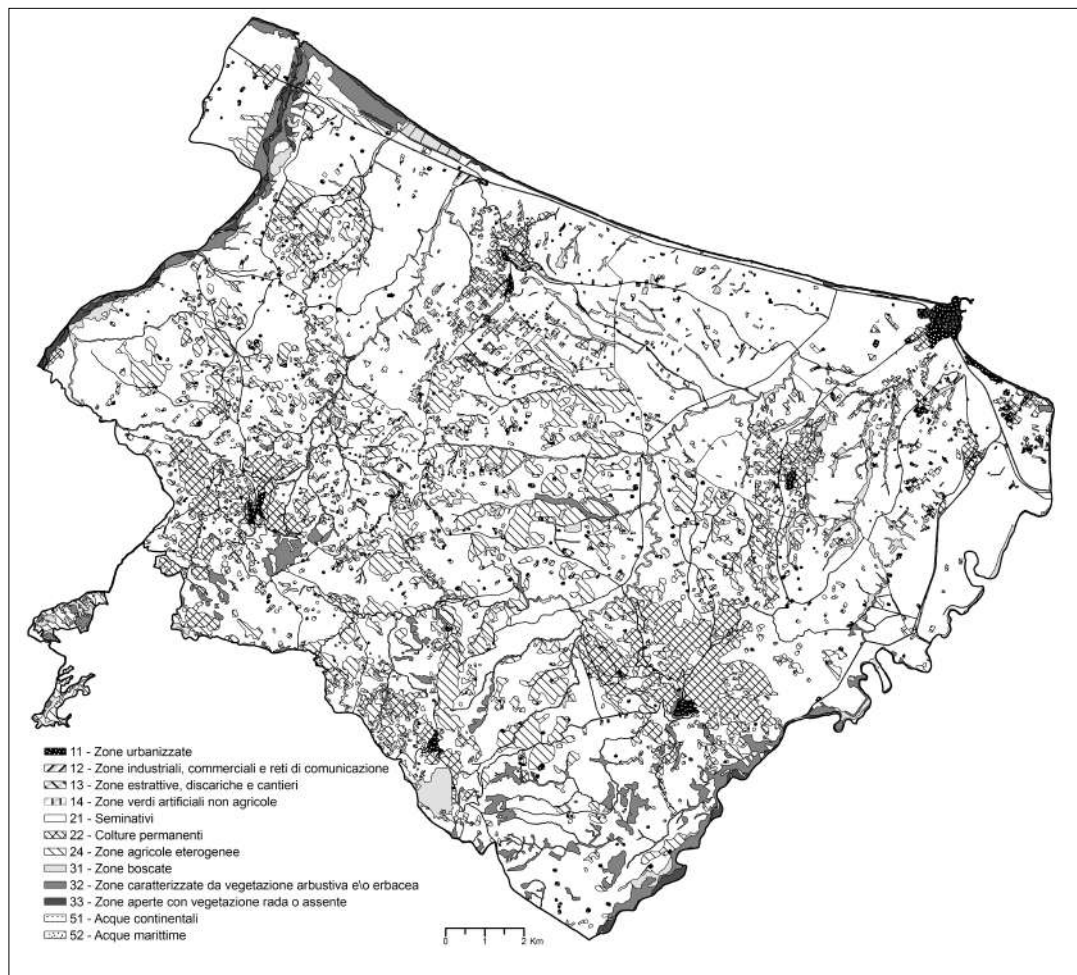


Fig. 2 – Copertura del suolo al II livello CORINE Land Cover, 1955

Fonte: Di Marzio e altri (2008)

agrarie hanno riguardato l'aumento del rapporto terra-lavoro a causa dell'esodo agricolo, la meccanizzazione delle operazioni culturali, l'integrazione delle aziende nei canali della commercializzazione, l'avvento dei nuovi orientamenti culturali per mezzo dell'irrigazione. In dettaglio, i cambiamenti più significativi attengono a: incremento delle aziende agrarie (+20%); riduzione della SAT (-30%), della SAU (-29%) e della dimensione media aziendale (-65%); leggera contrazione dei seminativi (-20%) e forte calo dei prati e pascoli permanenti (-110%) e dell'«altra superficie» (-120%); ascesa delle colture permanenti (+66%) e dei boschi (+59%). All'interno dei seminativi è di rilievo: la riduzione dei cereali (-48%), del frumento duro (-20%) e delle foraggere (-11%), l'espansione delle ortive (+56%) e delle colture industriali (girasole e barbabietola da zucchero). Nell'ambito delle colture permanenti, spicca l'incremento dei fruttiferi (+92%) e della vite (+53%). La crescita del numero delle aziende è da leggere in relazione agli interventi di riforma fondiaria che, pur dando vita ad aziende di

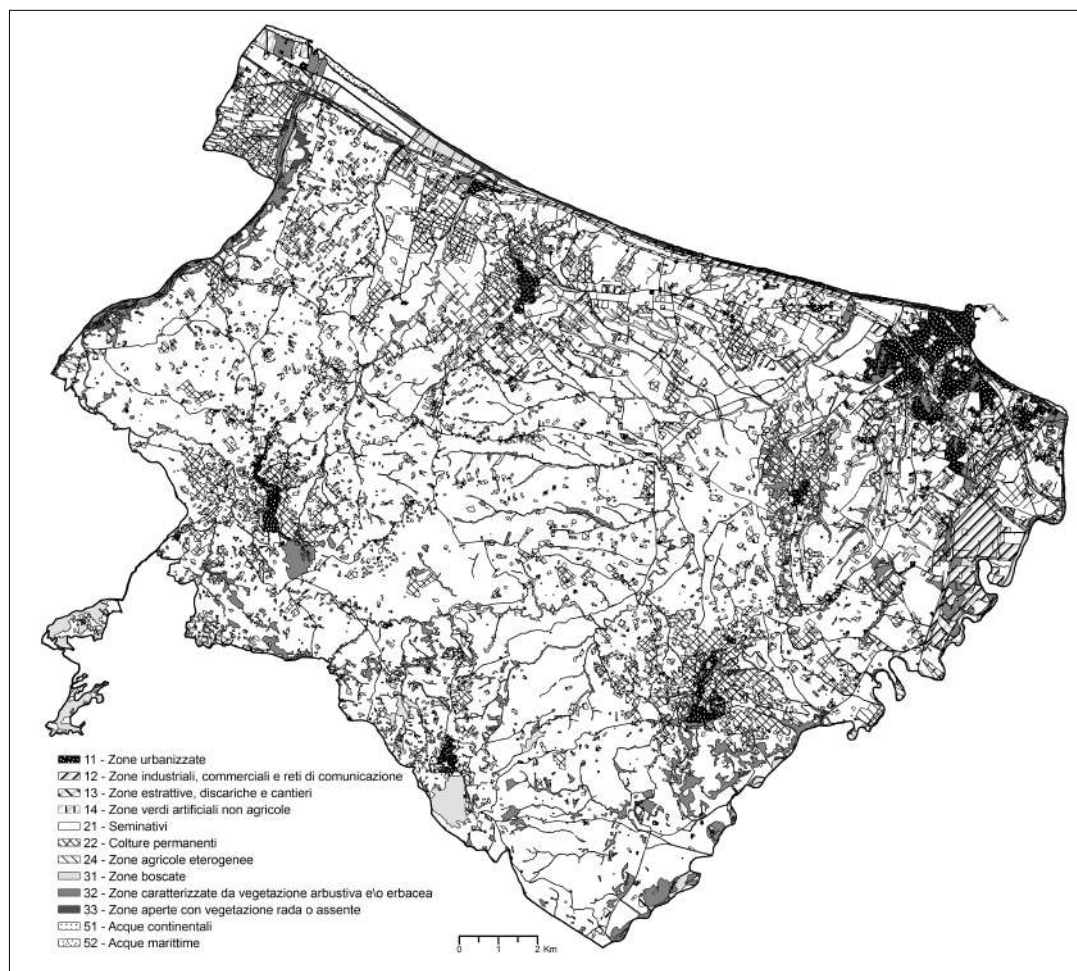


Fig. 3 – *Copertura del suolo al II livello CORINE Land Cover, 2004*

Fonte: Di Marzio e altri (2008)

piccole dimensioni, hanno rappresentato un necessario elemento di rottura in una situazione di pericoloso immobilismo fondiario. Lo scenario produttivo appare più variegato rispetto agli anni Trenta, ma è da sottolineare come il processo di specializzazione abbia determinato una forte intensivizzazione dell'agricoltura (Mariani, 2004; Fanelli, 2006).

I primi dati cartografici di uso e copertura del 1955 mostrano la netta prevalenza delle colture annuali nel paesaggio agrario e la limitata presenza di vegetazione semi-naturale che si localizza soprattutto lungo i corsi d'acqua (fig. 2).

Alcuni importanti cambiamenti nell'uso del suolo avvengono a partire dalla metà degli anni Settanta. Essi sono dovuti alla costruzione dell'invaso artificiale di Guardialfiera del fiume Biferno e alla successiva realizzazione di condotte irrigue che si vanno a diramare nei comuni più orientali. Tutto ciò ha avuto delle conseguenze sugli indirizzi colturali delle aziende agricole del comprensorio. Parte del territorio di Termoli viene, inoltre, trasforma-

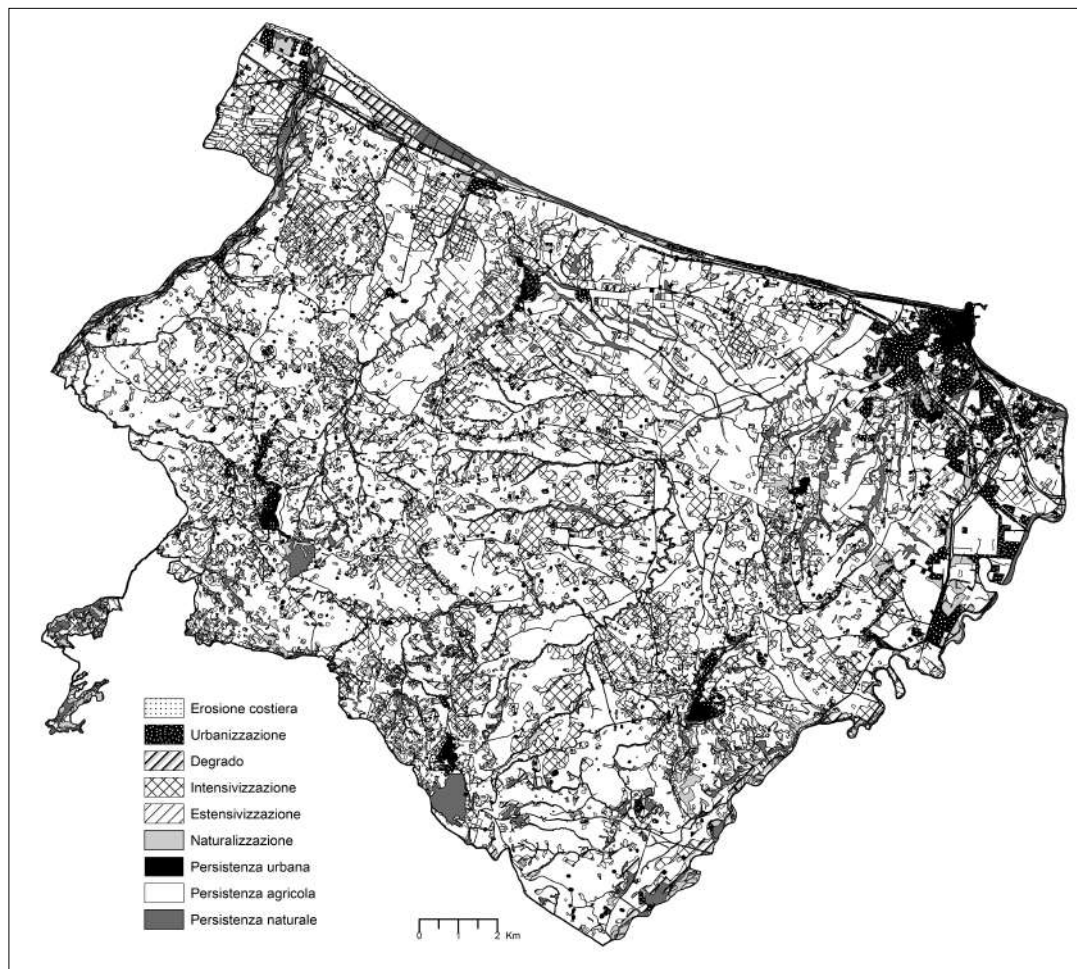


Fig. 4 – *Carta delle trasformazioni (1955-2004)*

Fonte: Di Marzio e altri (2008)

to in un importante polo industriale con ricadute anche nei comuni vicini (espansione del tessuto urbano continuo).

Nel 2004 lo scenario della copertura del suolo si presenta sostanzialmente simile al 1955 nella prevalenza della matrice agricola (fig. 3). L'analisi multitemporale per il periodo 1955-2004 (fig. 4) ha evidenziato, per l'intera area di studio, la sensibile dinamica dei territori modellati artificialmente (+5%), con il tessuto urbano continuo e le zone industriali, commerciali e reti di comunicazione che si espandono spesso a scapito dei seminativi. I territori agricoli, pur rappresentando con il 62% la maggior parte della «persistenza», hanno subito, al loro interno, trasformazioni importanti verso un aumento delle colture permanenti (+16%, *intensivizzazione*). Per le aree naturali e semi-naturali è da segnalare un incremento della superficie (+5%, *naturalizzazione*), dovuto presumibilmente a fenomeni frammentati di abbandono di aree agricole e al recupero di aree ripariali.

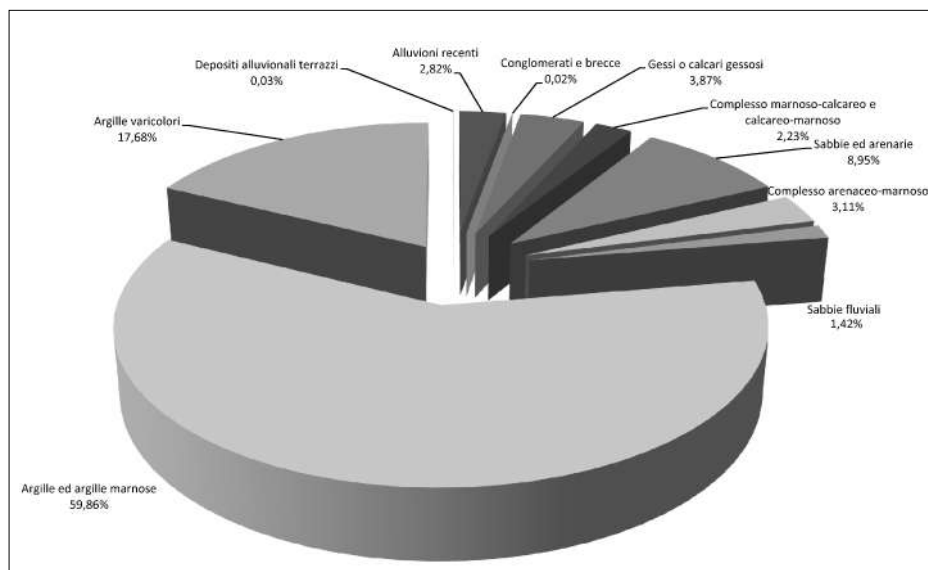


Fig. 5 – Valori dell'indice di He in relazione alla superficie interessata dal dissesto secondo la litologia dei suoli

Fonte: nostra elaborazione su dati IFFI (2005) e Di Marzio e altri (2008)

Uso del suolo e dissesto. – Il punto di partenza dell'analisi è quello della forte concentrazione dell'erosione in alcuni livelli di pendenza media delle superfici. Al riguardo, l'indice di Herfindahl (He) assume il valore di 0,55 in relazione agli ambiti territoriali con pendenza media dei terreni del 12%, nei quali ricade oltre il 70% della superficie complessiva.

Prendendo in considerazione il rapporto tra la superficie in erosione e quella totale, emerge un quadro alquanto interessante. La quota maggiore di superficie in erosione si registra nei livelli di pendenza del 5% (13%) e del 20% (11%). Nella classe di pendenza del 12%, il rapporto assume un valore minore, ma sempre preoccupante (quasi dell'8%): questo dato, in un certo senso anomalo, potrebbe essere dovuto al fatto che l'analisi ha considerato il fenomeno dell'erosione in relazione agli interi corpi di frana perimetrati dall'IFFI. Per le colate, infatti, le pendenze delle varie unità morfometriche si distribuiscono con picchi del 18-20% (10°-12°) nelle aree sorgenti e di canale e di circa 0-5% nelle zone di cumulo.

Riguardo alla litologia dei terreni (fig. 5), l'indice He mostra una notevole rilevanza del fenomeno erosivo nei terreni classificati come «Argille e argille marnose» e «Argille varicolori e in giacitura caotica».

Per quanto riguarda gli usi del suolo (fig. 6), l'indice He mette in luce una ragguardevole consistenza dell'erosione in riferimento ai seminativi, alle infrastrutture e alle aree urbane. All'opposto, i valori risultano minori per le colture arboree e per i boschi, oltre che per le aree naturali e seminaturali.

L'indice di specializzazione territoriale (T) applicato alla litologia e ai livelli di pendenza delle superfici offre ulteriori utili spunti di riflessione. In riferimento alle superfici con pendenza del 12%, l'indice T assume il valore della massima specializzazione (+1), relativamente ai terreni classificati come «Conglomerati, breccie, brecciole e puddinghe non calcaree». Per ciò che attiene alle superfici con pendenza del 5%, valori interessanti si notano

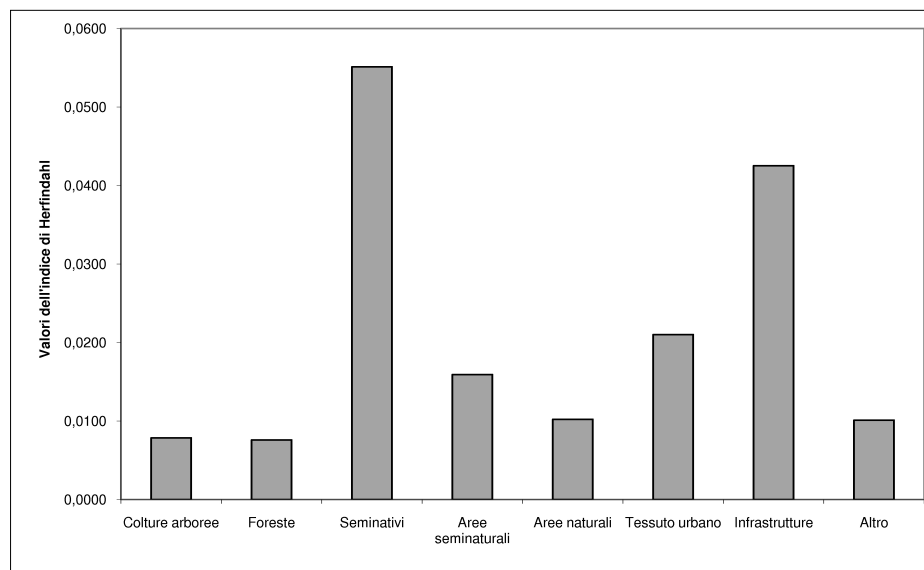


Fig. 6 – Valori dell'indice di He in relazione alla superficie interessata dal dissesto secondo l'uso del suolo

Fonte: nostra elaborazione su dati IFFI (2005) e Di Marzio e altri (2008)

in relazione alle classificazioni «Sabbie fluviali o di elaborazione litorale sub-recenti» (+0,88) e «Sabbie fluviali o di elaborazione litorale attuale» (+0,99). Nel livello di pendenza del 20%, l'indice registra valori significativi alle voci «Complesso marmoso-calcareo e calcareo marmoso» (+0,83) e «Complesso arenaceo-marmoso, marmoso-sabbioso, talvolta argilloso». Ne esce, dunque, un quadro che mette in risalto una chiara caratterizzazione dei terreni nei vari livelli di pendenza.

L'indice di specializzazione adattato agli usi del suolo e ai livelli di pendenza permette di trarre valide considerazioni, a corollario dello scenario precedente. I dati evidenziano la seguente situazione: le superfici con pendenza del 12% presentano una chiara specializzazione in seminativi; gli ambiti territoriali con pendenza del 5% risultano caratterizzati dalla rilevanza di elementi naturali; le aree con pendenza del 20% sono contraddistinte dalla consistenza degli usi semi-naturali.

In sintesi, l'analisi condotta mette in risalto una precisa localizzazione del dissesto in relazione alla classe di pendenza delle superfici del 12%, ai terreni classificati come «Conglomerati, brecce, brecciole e puddinghe non calcaree» e ai seminativi.

Vengono ora analizzate le stime ottenute dal modello di regressione di cui si è discusso nel secondo paragrafo, modello ritenuto in grado di specificare l'influenza delle diverse variabili (usi del territorio, pendenza e litologia) sul fenomeno erosivo.

Le stime dei parametri del modello effettuate con il metodo dei minimi quadrati sono riportate in tabella 4.

I dati mostrano una situazione abbastanza interessante. Il modello di regressione ha un R^2 alquanto elevato (0,96), il che significa che spiega quasi tutta la variabilità osservata.

I risultati conseguiti confermano sostanzialmente le ipotesi avanzate nel secondo paragrafo.

Tab. 4 – *Verifica della relazione tra erosione, usi del suolo, pendenza, litologia*

Variabile dipendente: Erosione	Coef.	(Std. Err.)
Pendenza media	0.01***	(0.00)
Colture arboree	0.96***	(0.01)
Foreste	-0.14***	(0.01)
Seminativi	0.98***	(0.00)
Aree seminaturali	1.01***	(0.01)
Tessuto urbano	0.94***	(0.04)
Infrastrutture	1.00***	(0.00)
Altro	0.99***	(0.02)
Conglomerati, brecce, brecciole e puddinghe non calcaree	-0.06***	(0.01)
Sabbie fluviali o di elaborazione litorale sub-recenti	0.02	(0.07)
Gessi o calcari gessosi	-0.01	(0.02)
Complesso marnoso-calcareo e calcareo-marnoso	-0.05***	(0.02)
Sabbie e arenarie poco cementate	-0.01	(0.02)
Complesso arenaceo-marnoso, marnoso-sabbioso talvolta argilloso	-0.07***	(0.02)
Sabbie fluviali o di elaborazione litorale attuali	1.22**	(0.43)
Argille e argille marnose	-0.03**	(0.01)
Argille varicolori e in giacitura caotica	0.03*	(0.02)
Depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4° ordine	-0.03**	(0.02)
Montecilfone	0.05**	(0.02)
Montenero	-0.01	(0.01)
Petacciato	0.03**	(0.01)
San Giacomo	0.00	(0.01)
Termoli	-0.01	(0.01)
Intercetta	0.08**	(0.02)
N. di osservazioni	3916	
F-Stat (P-value)	0.00	
R ²	0.96	

Una prima considerazione che può emergere dalle stime è quella del chiaro ridimensionamento delle variabili riferite alla pendenza delle superfici e alla litologia e, contestualmente, di una più significativa influenza degli usi del territorio.

Con riferimento agli usi del suolo, tutte le variabili sono statisticamente significative e i risultati sono sempre in linea con quanto atteso. I valori dei coefficienti risultano alquanto elevati (oscillano attorno all'unità). L'erosione è correlata in maniera positiva a tutti gli usi del suolo, ad eccezione dei boschi. Ne esce uno spaccato di forte perplessità, in cui la dinamica positiva di tali variabili comporta una forte pressione sui suoli.

Le correlazioni statisticamente significative rispetto alla litologia hanno segno negativo e positivo come atteso dalla teoria. L'erosione è correlata in maniera inversa a: «Conglomerati, brecce, brecciole e puddinghe non calcaree» (-0,06); «Complesso marnoso-calcareo e calcareo-marnoso» (-0,05); «Complesso arenaceo-marnoso, marnoso-sabbioso talvolta argilloso» (-0,07); «Depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4° ordine» (-0,03). Risultano significativi con segno positivo le correlazioni rispetto alle «Sabbie e arenarie poco cementate» (1,22) e alle «Argille e argille marnose» (0,03).

Per quanto riguarda i comuni, i coefficienti sono statisticamente robusti soltanto in riferimento a Montecilfone e Petacciato: la relazione assume segno positivo e pertanto indica una maggiore incidenza dell'erosione in questi due comuni.

Conclusioni. – Nell'area di studio, per via delle trasformazioni socioeconomiche e degli usi del suolo, si presentano nuove (e vecchie) minacce per il territorio a causa soprattutto dei processi di intensificazione delle attività produttive.

L'analisi ha messo in luce l'esistenza di una relazione molto stretta tra il fenomeno dell'erosione, l'uso del suolo e le dinamiche sociali ed economiche.

Nell'area di riferimento, il dissesto idrogeologico si associa a tutti gli usi del suolo, a eccezione delle superfici forestali. Ciò suscita una riflessione sui modi di gestione del territorio, con particolare riferimento al modello di agricoltura lì sperimentato, oltre che allo sviluppo delle strutture e infrastrutture legate all'urbanizzazione.

Al riguardo, è utile ricordare che l'agricoltura nella sua caratterizzazione multifunzionale può avere un ruolo molto importante nella prevenzione del dissesto (Pasca di Magliano e Scandizzo, 2001), laddove rappresenta la principale causa dell'erosione. Pertanto, in presenza di processi di intensificazione, può essere significativo integrare nelle pratiche di gestione delle aree agroforestali i principi delle politiche ambientali dell'Unione Europea. A tal fine, gli strumenti di politica agraria sono da ricercare nella condizionalità (*cross-compliance*) e nelle misure agroambientali.

Nelle zone in cui le cause del dissesto traggono origine dalla presenza di situazioni di abbandono dell'attività agricola (aree naturali e semi-naturali), può risultare importante attuare interventi di recupero e riqualificazione ambientale. In relazione a ciò, può essere significativa l'implementazione di nuovi modelli di governo del territorio, già sperimentati nei programmi LIFE dell'UE, basati sull'approccio integrato degli interventi dei soggetti privati e pubblici.

Negli ambiti in cui l'erosione è collegata all'espansione urbano-industriale e alle infrastrutture, è necessario intervenire con azioni di sistemazione dei versanti (consolidamento delle aree in frana, drenaggi, piantumazioni) e di regimazione delle acque lungo la rete idrica superficiale (vasche di laminazione, pennelli trasversali, canali scolmatori, briglie), ovvero mediante la realizzazione di muri di contenimento, canalizzazioni, argini.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARGIOLAS A. e G. CANNATA, *I sistemi agricoli del Molise*, in G. CANNATA (a cura di), *I sistemi agricoli territoriali italiani*, Milano, Franco Angeli, 1989, pp. 392-411.
- AUCELLI P.C. e M. VITIELLO, *Il Progetto IFFI: risultati ed esperienze delle strutture regionali. Analisi del dissesto in Molise, morfologia dei versanti e fattori predisponenti*, 2007 (consultabile in www.apat.gov.it).
- BAGARANI M. (a cura di), *Lecture dello sviluppo rurale*, Milano, Franco Angeli, 2008.
- BAGARANI M., C. MAGNI e M. MELLANO, *Specializzazione produttiva e differenziazione regionale nell'agricoltura italiana: un metodo di valutazione*, in «Rivista di Economia Agraria», 1986, 4, pp. 423-430.
- BRUNORI G., F. MARANGON e M. REHO, *La gestione del paesaggio rurale tra governo e governance territoriale*, Milano, Franco Angeli, 2007.
- CIALDEA D., *Il Molise, una realtà in crescita*, Milano, Franco Angeli, 1995.
- CIALDEA D., *Land Use Evaluation. Analysis in the Different Landscape Performance*, Interreg Reports n. 2, 2006.
- CROSSON P., *Soil Quality and Agricultural Development*, in R. EVERSON, e P. PINGALI (a

- cura di), *Handbook of Agricultural Economics*, Amsterdam, Elsevier, 2007, III, pp. 2911-2932.
- DI MARZIO P. e altri, *Le aree studio. Il basso Molise*, in P. TASSINARI (a cura di), *Le trasformazioni dei paesaggi nel territorio rurale: le ragioni del cambiamento e possibili scenari futuri*, Roma, Gangemi, 2008, pp. 39-42.
- DI MARZIO P. e altri, *Analisi integrata socio-economica e di copertura del suolo in un paesaggio a prevalente matrice agricola*, in «Italian Journal of Agronomy/Rivista di Agronomia», 2009, supplemento al n. 3, pp. 47-52.
- ECKELMANN W. e altri, *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*, European Soil Bureau Research Report n. 20, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2006.
- ESTEVE J.F. e altri, *Pressures and Drivers Causing Soil Erosion*, in L. VAN-CAMP e altri, *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2004, pp. 133-148.
- EUROPEAN COMMISSION, *Environment and Agriculture*, COM (88) 338, Bruxelles, 1988.
- EUROPEAN COMMISSION, *Contribution of the European Community on the Multifunctional Character of Agriculture*, AIE/40, Bruxelles, 1998.
- EUROPEAN COMMISSION, *Directions towards Sustainable Agriculture*, Bruxelles, 1999.
- EUROPEAN COMMISSION, *Verso una strategia tematica per la protezione del suolo*, COM (2002) 179, Bruxelles, 2002.
- EUROPEAN COMMISSION, *Soil Protection: The Story behind the Strategy*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2006 (a).
- EUROPEAN COMMISSION, *Strategia tematica per la protezione del suolo*, COM (2006) 231, Bruxelles, 2006 (b).
- FANELLI R.M., *Molise*, in G. CANNATA e M.B. FORLEO (a cura di), *I sistemi agricoli territoriali delle regioni italiane. Anni novanta*, Campobasso, Arti Grafiche La Regione, 1998, pp. 412-446.
- FROST L.C. e altri, *An Assessment of Landscape Heterogeneity in the European Union using Corine Land Cover 2000 and Lucas Survey Data*, 2002 (consultabile in <http://europa.eu.int>).
- GUARINI R. e F. TASSINARI, *Statistica economica: problemi e metodi di analisi*, Bologna, Il Mulino, 1990.
- HUNDSON N., *Soil Conservation*, Londra, Batsford, 1981.
- IDDA L. e P. PULINA, *Paesaggio e sviluppo rurale in Sardegna*, Milano, Franco Angeli, 2006.
- IMONT, *Uso del suolo come difesa*, Roma, 2002.
- JONES R.J.A. e altri, *Nature and Extent of Soil Erosion in Europe*, in L. VAN-CAMP e altri, *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2004, pp. 149-190.
- MARANGON F., *Imprese agricole e produzione di beni pubblici. Il caso del paesaggio*, Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Scienze Economiche, Working Paper n. 01-06-eco, 2006 (consultabile in http://diec.uniud.it/fileadmin/immagini/diec/wp_econ/2006/wp01_06eco.pdf).

- MARIANI A., *Le aziende agrarie e le produzioni vegetali e zootecniche*, in A. MARIANI (a cura di), *L'agricoltura in Molise alla luce del Censimento del 2000*, Soveria Mannelli, Rubbettino, 2004, pp. 63-108.
- MARINO D., *Il sistema produttivo molisano: un'analisi dell'evoluzione alla luce dei dati dell'ultimo Censimento*, in G. CANNATA (a cura di), *L'agricoltura nel Molise alla luce dei dati del Censimento 1990*, Quaderni di ricerca del Dipartimento di Scienze Economiche Giuridiche e Sociali, Università degli Studi del Molise, Campobasso, 1993, pp. 19-60.
- MASTRONARDI L., *Le analisi delle trasformazioni del paesaggio rurale: discussione dei risultati. Il sistema socioeconomico e demografico: Il basso Molise*, in TASSINARI (2008), pp. 65-80.
- MASTRONARDI L. e D. DE GREGORIO, *Turismo, ambiente e territorio nelle aree costiere del Basso Molise*, in corso di stampa.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, *Classificazione dei comuni italiani in base al livello di attenzione per il rischio idro-geologico*, Roma, TIPAR Poligrafica Editrice, 2000.
- PASCA DI MAGLIANO R. e P.L. SCANDIZZO, *Il ruolo dell'agricoltura nella prevenzione del dissesto idro-geologico*, Salerno, Sichelgaita, 2001.
- PICCININI L.C, M. TAVERNA e M. CHANG TING FA, *Ruolo dell'attività agricola nell'evoluzione del paesaggio*, in «Agribusiness, Paesaggio & Ambiente», 3, 1999, pp. 119-136.
- PRETI F. e E. BRESCI, *Variazione dell'uso del suolo e risposta idrologica*, in AIIA, *Atti del VII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria «Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi mediterranei» (Vieste, 11-14 settembre 2001)*, 2001, pp. 12-18.
- REGIONE MOLISE, *Relazione sullo stato dell'ambiente della Regione Molise*, Campobasso, 2008.
- ROSCHWITZ I., C. THIES e T. TSCHARNTKE, *Are Landscape Complexity and Farm Specialisation Related to Land-use Intensity of Annual Crop Fields?*, in «Agriculture, Ecosystems & Environment», 2005, 105, pp. 87-99.
- TASSINARI P. (a cura di), *Le trasformazioni dei paesaggi nel territorio rurale: le ragioni del cambiamento e possibili scenari futuri*, Roma, Gangemi, 2008.
- TEMPESTA T., *Paesaggio rurale e agro-tecnologie innovative*, Milano, Franco Angeli, 1997.
- TEMPESTA T. e M. THIENE, *Percezione e valore del paesaggio*, Milano, Franco Angeli, 2006.
- TILMAN D. e altri, *Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices*, in «Nature», 2002, 418, pp. 671-677.
- VAN-CAMP L. e altri, *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2004.
- VAN DER KNIJFF J.M., R.J.A JONES e L. MONTANARELLA, *Soil Erosion Risk Assessment in Italy*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 1999.
- VAN DER KNIJFF J.M., R.J.A. JONES e L. MONTANARELLA, *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*, Lussemburgo, Office for Official Publications of the European Communities, 2000.
- VAN DER KNIJFF J.M., R.J.A. JONES e L. MONTANARELLA, *Soil Erosion Risk Assessment in Italy*, in J.L. RUBIO e altri (a cura di), *Proceedings of the Third International Congress Man*

and Soil at the Third Millennium, Logrono, Geoforma Ediciones, 2002, pp. 1903-1913.

WOOLDRIDGE J., *Econometric Analysis of Cross-section and panel data*, Boston, MIT Press, 2002.

LAND COVER CHANGE AND EROSION: AN ANALYSIS OF THE DRIVING FACTORS. A CASE STUDY IN MOLISE (ITALY). – The aim of this study is to identify factors influencing the territorial dimension in relation to geological instability and land cover changes. The study area is located in Molise (Italy) lowland. The area has been interested by considerable demographic and socioeconomic changes. However, despite these alterations the area is still characterized by interesting natural and cultural features as for example Sites of Community Importance. The study area shows many evidences for major geological risks. The research presented is based on socio-economical and land cover features and their relation with erosion analysis. The results of this study highlighted the link between soil erosion, land cover and socioeconomic dynamics. The erosion risk is associated with all types of land cover with the exception of forest areas. The data obtained point out to a more consideration towards the land management, with particular reference to agricultural practises as well as urbanization.

*Luigi Mastronardi – Università degli Studi del Molise, Dipartimento SEGeS
nardi@unimol.it*

*Paolo Di Martino – Università degli Studi del Molise, Dipartimento STAT
dimartin@unimol.it*

*Piera Di Marzio – Università degli Studi del Molise, Dipartimento STAT
piera.dimarzio@unimol.it*

*Daniela De Gregorio – Università degli Studi del Molise, Dipartimento STAT
daniela.degregorio@unimol.it*