



**Servizio Educazione e Formazione Ambientale**

**STUDIO DELL'EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DI UN BACINO IDROGRAFICO (AFFERENTE AL FIUME OMBRONE) MEDIANTE L'AUSILIO DI CARTOGRAFIE ED ICONOGRAFIE E GERARCHIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO.**

**Dr.ssa Roberta Bevilacqua**

**Tutor: Dr. Guido Motteran**

**Co tutor: Dr.ssa Giulia Ventura**

<b>Data</b>	<b>Firma Stagista</b>	<b>Firma Tutor</b>	<b>Firma Responsabile Servizio</b>

## **ABSTRACT**

Il bacino idrografico oggetto di studio è quello del Torrente Tuoma. Esso si trova in Toscana, in provincia di Siena e si sviluppa sulla destra idrografica del più esteso Torrente Asso.

Questo studio è stato condotto realizzando, inizialmente, un inquadramento geografico e geologico dell'area in esame nonché analizzando le principali caratteristiche geomorfologiche presenti. L'evoluzione geomorfologica del reticolo idrografico del Torrente Tuoma è stata valutata sia qualitativamente che quantitativamente mediante il confronto tra Cartografie IGM al 50.000 attuali e storiche e attraverso il calcolo di alcuni indici morfometrici.

Infine, anche l'analisi di alcuni dipinti ha permesso di osservare come il paesaggio che contraddistingue l'area in esame sia mutato nel tempo.

## PREFAZIONE

La necessità di intraprendere uno studio sulla evoluzione geomorfologica di una bacino idrografico è scaturita da precedenti esperienze di lavoro effettuate in bacini afferenti alla zona indagata, bacini che, soprattutto nel decennio 1930-40, in seguito alla progressiva antropizzazione, hanno subito cambiamenti talora anche incisivi del reticolo fluviale. E' nata così l'esigenza di verificare l'evoluzione geomorfologica del paesaggio anche attraverso la documentazione cartografica sia antica che recente ed iconografica (dipinti, incisioni, foto, ecc.)

La scelta del bacino del torrente Tuoma, che fa parte del più esteso bacino del fiume Ombrone, è stata dettata sia dalla relativa abbondanza di documenti cartografici ed iconografici reperiti, sia dalle caratteristiche geologiche e geografiche dell'area stessa.

La zona, è caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente argillosi di età pliocenico-pleistocenica, ed è abbondantemente solcata da torrenti e ruscelli stagionali che ne modificano l'assetto. Siamo nel "regno dei calanchi", dove il paesaggio collinare a forme dolci, è soggetto a continui processi d'erosione sia gravitativi che di ruscellamento, legati all'azione delle acque dilavanti. Si tratta quindi di un bacino che tende a modificarsi nel tempo per cause naturali; ma gli interventi antropici effettuati in quest'ultimo secolo, come la creazione di reti viarie e lo sfruttamento di molti spazi dedicati all'agricoltura, hanno contribuito ad accelerare i processi di erosione già in atto.

Per poter confrontare l'evoluzione geomorfologica che ha subito un territorio ricadente in un bacino fluviale e quindi esaminare la variazione del reticolo idrografico nel tempo, è necessario valutare la sua evoluzione sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo.

Mediante la geomorfologia quantitativa è stato possibile definire le principali caratteristiche del bacino di drenaggio e valutarne l'entità di erosione.

Gli aspetti qualitativi sono stati studiati invece attraverso l'analisi di cartografie ed iconografie. A questo proposito va ricordato che l'area del senese già dal medioevo è stata oggetto di interesse da parte di alcuni artisti soprattutto pittori che l'hanno raffigurata nei loro dipinti attratti forse dalla dolcezza del territorio che evoca paesaggi bucolici. Trattandosi di un'area ricca di documentazione cartografica (geologica e geografica) ed iconografica, il confronto con l'attuale è stato possibile e soddisfacente per la presenza del buon numero di documenti reperiti.

## **INDICE**

**1 – Introduzione**

**2 - Metodologia**

**3 – Caratteristiche geologiche dell'area in esame**

**3 – 1 Stratigrafia**

**3 – 2 Assetto strutturale**

**4 – Caratteristiche geomorfologiche e processi erosivi**

**4 – 1 Modifiche antropiche**

**5 – Geomorfologia quantitativa ed evoluzione del reticolo idrografico**

**5 – 1 Gerarchizzazione del reticolo e parametri geomorfici**

**6 – Riferimenti storici: cartografie ed iconografie storiche**

**6 – 1 Carte topografiche**

**6 – 2 Carte geologiche**

**6 -3 Iconografie**

**7 – Conclusioni**

**8 - Bibliografia**

## 1 – INTRODUZIONE

L'obiettivo del presente lavoro è quello di analizzare l'evoluzione geomorfologica di un bacino attraverso un confronto tra Cartografie attuali e Cartografie storiche nonché mediante l'ausilio di iconografie relative al paesaggio considerato.

Si è scelto di esaminare il Torrente Tuoma che si trova nel Preappennino toscano, in provincia di Siena, e fa parte del più esteso bacino del Fiume Ombrone. Esso si estende a quote comprese tra i 479 m s.l.m., a monte, e i 263 m s.l.m., a valle, nel punto in cui confluisce nel Torrente Asso.

L'analisi di tale bacino idrografico si è realizzata utilizzando le Sezioni IGM al 50.000 e Cartografie storiche IGM al 50.000, in particolare:

- Foglio n° 308 della Carta d'Italia – Montalcino –
- Foglio n° 309 della Carta d'Italia – Montepulciano –
- Foglio n° 121 della Carta d'Italia – Montalcino – III Quadrante
- Foglio n° 121 della Carta d'Italia – Montepulciano – II Quadrante

Il lavoro è stato svolto partendo da un inquadramento geografico e fisico dell'area in esame facendo, poi, riferimento alle caratteristiche geologiche, sia da un punto di vista stratigrafico che strutturale.

Si è, inoltre, dedicato un capitolo alla geomorfologia quantitativa, disciplina che affianca alla descrizione delle forme e degli elementi del rilievo, una valutazione, di tipo quantitativo, delle loro caratteristiche; sono stati, quindi, calcolati alcuni parametri morfometrici utilizzando metodologie risalenti alla prima metà del '900 di origine americana (Horton, Strahler) successivamente applicate ed ampliate da Autori italiani (Avena et al., 1967). Questi parametri geomorfici permettono di analizzare la struttura geometrica e l'organizzazione dei reticoli fluviali, la cui analisi può contribuire ad individuare le tendenze evolutive e la velocità dei processi che in essi hanno luogo (Ciccacci et al., 1981).

Infine per studiare l'evoluzione del paesaggio si sono messe a confronto alcune Cartografie attuali con altre Storiche (sia di tipo topografico che geologico) nonché è stato realizzato un accurato esame di dipinti relativi alla zona di interesse..

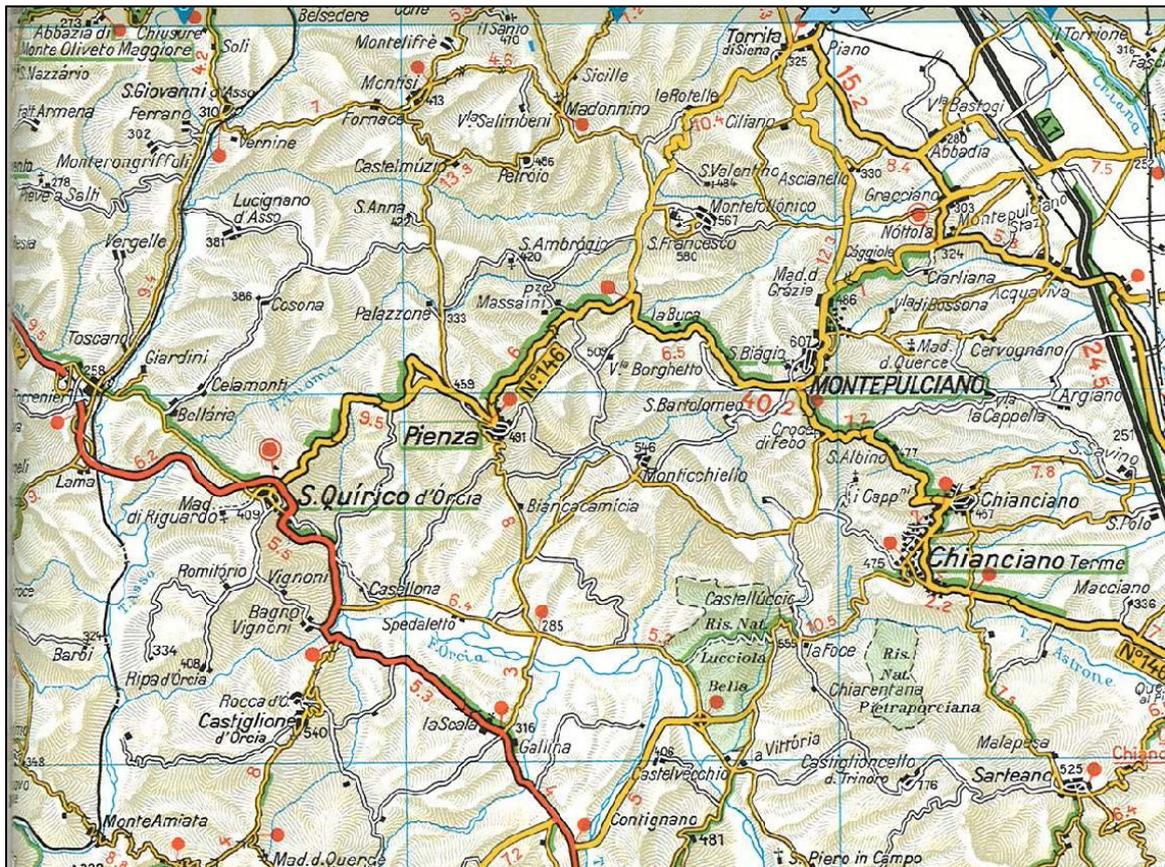


Fig. 1.1: Ubicazione geografica del Torrente Tuoma

## 2 – METODOLOGIA

Il lavoro è stato svolto utilizzando Cartografie IGM al 50.000 attuali (anni ' 50) e storiche (' 800), nell' ambito delle quali ricade il bacino idrografico del Torrente Tuoma oggetto di studio; in particolare:

- Foglio n° 308 della Carta d'Italia – Montalcino –
- Foglio n° 309 della Carta d'Italia – Montepulciano –
- Foglio n° 121 della Carta d'Italia – Montalcino – III Quadrante
- Foglio n° 121 della Carta d'Italia – Montepulciano – II Quadrante

È stato, quindi realizzato un confronto tra le suddette allo scopo di analizzare l'evoluzione geomorfologica del Torrente Tuoma.

Per avere maggiori informazioni, anche da un punto di vista litologico, sono state considerate alcune Carte Geologiche: sia i Fogli al 100.000 n° 120 e 121 (rispettivamente Siena e Montepulciano) della Carta Geologica d'Italia sia Carte Geologiche più antiche, quali:

- L'abbozzo della Carta Geologica della provincia di Siena di Campani G., 1865;
- L'abbozzo della Carta Geologica della Toscana di Savi P. & Meneghini G., 1868;
- La Carta Geologica dell'Italia centrale di Omboni G., 1868;
- La Carta Geologica d'Italia Prima Edizione, Foglio n° 121 – Montepulciano – di Lotti B., seconda metà ' 800;
- La Carta Geologica della Toscana di Lotti B., 1909.

Il reticolo idrografico del Torrente Tuoma è stato poi studiato anche da un punto di vista quantitativo; è stata eseguita la gerarchizzazione (suddivisione in singole aste fluviali a ciascuna delle quali viene attribuito un certo ordine u) del reticolo sia su cartografia storica che recente, per poi calcolare alcuni indici morfometrici (rapporto di biforcazione, rapporto di biforcazione diretta, indice di biforcazione, numero di anomalia gerarchica e indice di anomalia gerarchica) in modo tale da capire come l'organizzazione e la geometria del reticolo stesso sia cambiata nel tempo.

Infine, sono stati considerati alcuni dipinti di Ambrogio Lorenzetti (prima metà del '300) e di Dario Neri (prima metà del '900) raffiguranti il paesaggio toscano ed in particolare quello delle crete senesi; anche in questo caso, comparando tali opere con fotografie

recenti relative alle medesime aree è stato possibile individuare alcuni cambiamenti del territorio.

### **3 – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME**

Il territorio della Toscana meridionale è caratterizzato dalla presenza di importanti depressioni strutturali definite, nel 1959, dal Giannini & Tongiorgi come strutture di tipo graben delimitate da faglie dirette a geometria listrica.

Il bacino neogenico di Siena, al cui interno si estende la Valle del Torrente Tuoma, costituisce un segmento di una lunga depressione tettonica che, dalla Valle del Serchio si estende verso SSE, lungo la Valle dell'Elsa, la Valle dell'Arbia, l'alta Val d'Orcia e l'alta Val di Paglia fino a congiungersi, all'altezza del Lago di Bolsena, con il Graben della Val di Chiana – Val di Tevere. Questa fossa ha una lunghezza di oltre 200 km ed è suddivisa in segmenti da strutture sollevate trasversali; ciascun segmento costituisce un bacino a se stante collegato ai bacini adiacenti spesso in modo precario. Tali soglie si trovano, normalmente, in corrispondenza di linee tettoniche che tagliano trasversalmente la struttura e che creano delle vere e proprie discontinuità fra un segmento e l'altro.

Il Bacino di Siena è compreso tra la Soglia di Monteriggioni e quella di Pienza e appare tagliato in due parti dalla "Linea dell'Arbia": di tale bacino solo il tratto meridionale possiede i caratteri tipici di fossa tettonica oltre che presentare la maggiore potenza di sedimenti pliocenici (Costantini et al., 1982).

In questi bacini la sedimentazione è avvenuta, infatti, durante il Pliocene, quando si sono andati accumulando depositi di origine marina a carattere pelitico con alcune intercalazioni lenticolari di corpi conglomeratici ed arenacei (Chiocchini et al., 2005); a questa fase di subsidenza è seguita, nel Pleistocene inferiore, una fase di sollevamento attraverso la quale le argille sono venute a giorno permettendo lo sviluppo di un reticolo idrografico.

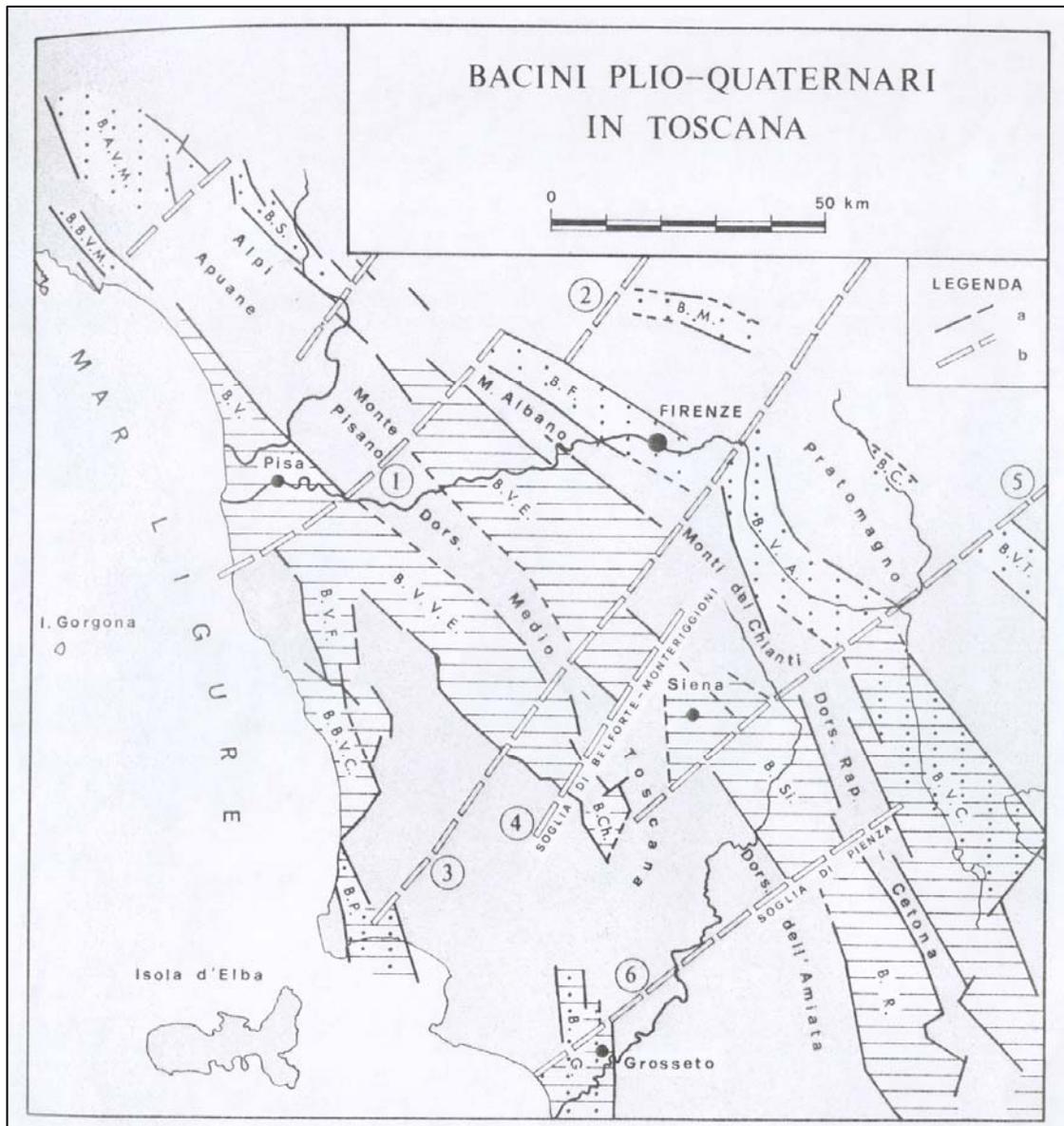


Fig. 3.1: Distribuzione dei principali bacini di sedimentazione in Toscana nel Pliocene e nel Quaternario

### 3 – 1 Stratigrafia

Il Bacino neogenico di Siena è compreso in due Fogli al 100.000 della Carta Geologica d'Italia:

- Il Foglio n° 120 – Siena –
- Il Foglio n° 121 – Montepulciano –

In particolare, per quanto concerne il bacino idrografico del Torrente Tuoma, esso ricade completamente nell'ambito del Foglio n° 121.

Osservando, quindi, la Carta Geologica è possibile notare che l'area in esame è caratterizzata da quattro differenti litologie:

- ❖ Sulla destra idrografica del Torrente Tuoma, ad ovest di San Quirico d'Orcia, affiorano Facies di Flysh costituite da argille e marne siltose con intercalazioni calcaree, calcareo – marnose e calcarenitiche.
- ❖ Tra San Quirico d'Orcia e Pienza sono presenti litologie che risalgono al Pliocene medio – inferiore formate da arenarie, calcari organogeni ad alghe e pettinidi.
- ❖ La sinistra idrografica e, verso monte, la destra idrografica sono dominate da argille e argille sabbiose del Pliocene Medio Inferiore.
- ❖ Lungo il corso d'acqua principale si trovano materiali alluvionali e di colmata costituiti da ciottoli, sabbie e sabbie argillose di origine olocenica.

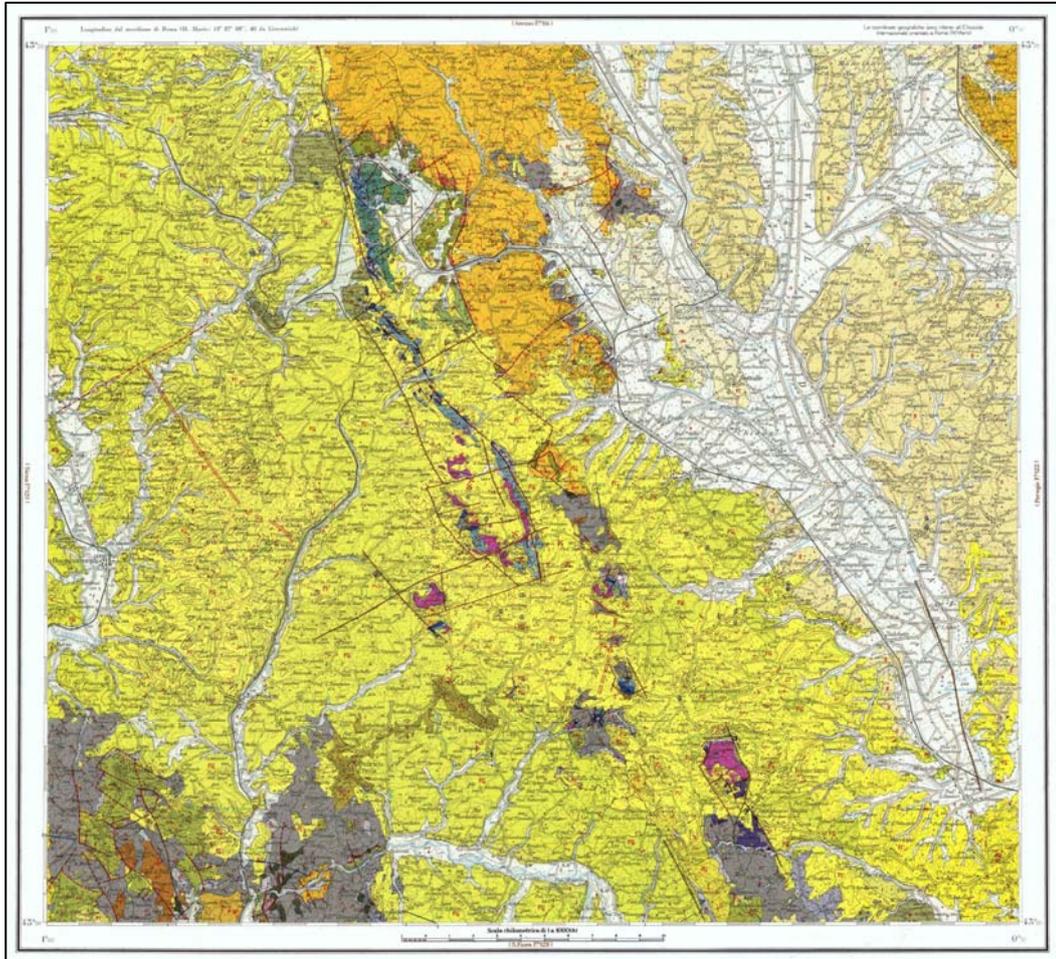


Fig.3.2: Carta Geologica d'Italia, Foglio n°121 – Montepulciano -

### **3 – 2 Assetto strutturale**

L'assetto strutturale che caratterizza la Toscana meridionale deriva da un insieme di eventi tettonici che possono essere riassunti in tre fasi principali.

La prima, compressiva, tortoniana (o fase toscana), determina l'architettura a falde dell'Appennino centro – settentrionale (Ambrosetti et al., 1978).

Segue , con la fine del Tortoniano, una fase tettonica a carattere rigido e distensivo durante la quale si verifica la formazione di strutture ad Horst e Graben . Questo momento tettonico si manifesta attraverso due fenomeni concomitanti: da una parte avviene la frammentazione della crosta in blocchi rigidi, soggetti a dislocazioni differenziali lungo faglie dirette, dall'altra si instaura una successione di movimenti alterni di sprofondamento e sollevamento di ampiezza regionale.

Infine, l'ultima fase si manifesta tra il Pliocene medio e parte del Pleistocene inferiore ed è caratterizzata dal sollevamento differenziale dei sedimenti pliocenici depositatisi nel Graben di Siena.

#### 4 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E PROCESSI EROSIIVI

Il territorio della Val di Tuoma è costituito, principalmente, da un paesaggio di tipo collinare con forme dolci ed incisioni vallive poco accentuate in cui l'elemento dominante è rappresentato dai fenomeni erosivi.

Infatti, il litotipo maggiormente diffuso nella zona è costituito da argille marine le quali, a seguito del sollevamento tettonico verificatosi nel Pleistocene inferiore, sono oggetto di intensi processi di denudazione classificabili in:

- Fenomeni legati all'azione delle acque dilavanti, da cui risultano le forme calanchive e mammellonari.
- Fenomeni legati all'azione della gravità, responsabili di movimenti in massa.
- Fenomeni legati all'azione delle acque incanalate cui sono legate incisioni di tipo lineare.

In natura questi fenomeni si verificano, sovente, contemporaneamente, interagendo tra di loro; risulta ovvio, quindi, che le forme osservabili sul terreno sono il risultato del prevalere di uno dei suddetti processi sugli altri.

Le principali forme di erosione derivanti dall'azione delle acque dilavanti sono rappresentate dai calanchi e dalle biancane.

I calanchi possono essere definiti come delle unità idrografiche in miniatura, a forma di ventaglio o di pinna, suddivise in un sistema di vallecole secondarie molto incise e separate da sottili creste a forma di lama.

Le biancane, invece, sono dei piccoli domi in argilla, con un'altezza variabile da pochi centimetri fino a circa venti metri e, di solito, caratterizzate da un profilo tipicamente asimmetrico: il versante esposto a sud presenta una pendenza elevata, anche fino ai 50° mentre, quello a nord, meno soggetto a fenomeni erosivi, mostra una pendenza massima di 25° - 30°.

Fig. 4.1 (sopra): Calanchi e Fig. 4.2 (sotto):Biancane



La zona in esame è anche soggetta a movimenti in massa; laddove l'acclività è moderata prevalgono movimenti lenti del regolite, quali il soliflusso ed il creeping; nei tratti in cui, invece, domina una pendenza maggiore si verificano, talvolta, fenomeni franosi.

Il soliflusso, da un punto di vista meccanico, può essere assimilato ad un colamento lento di una massa fluida molto viscosa (Castiglioni, 1998); esso si manifesta su pendii in cui affiora una litologia argilloso-limosa, dove l'imbibizione dei primi metri di suolo, attraverso fratture superficiali, provoca la mobilitazione della porzione superficiale del terreno, determinando un paesaggio dominato da terrazzette ed increspature dei versanti.

Il creeping si verifica, invece, su terreni poco coerenti ed è caratterizzato da una velocità di spostamento impercettibile e tale spostamento è dovuto a piccoli movimenti di ciascun frammento detritico rispetto agli altri. Nelle zone sede di tali processi è possibile spesso osservare pali della luce inclinati nonché depressioni e rigonfiamenti della superficie topografica.

All'interno del bacino del Tuoma, gli eventi franosi si manifestano, principalmente, sotto forma di colamenti. L'origine dei colamenti è legata anche alle proprietà fisico-chimiche delle argille: una prolungata imbibizione del terreno, a seguito di eventi piovosi molto intensi, determina, infatti, la perdita di coesione del materiale che, assumendo l'aspetto di un liquido molto viscoso, inizierà a scivolare verso valle con velocità variabile.

E' comunque raro riuscire ad individuare sul terreno i prodotti di accumulo essendo tali materiali velocemente rielaborati dalle acque di dilavamento nonché, talvolta, totalmente smantellati dall'azione dell'uomo.

A seguito del sollevamento tettonico verificatosi in Toscana tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore la regione e, quindi, anche la Val di Tuoma, è oggetto di un'intensa erosione lineare da parte delle acque incanalate. Attualmente l'approfondimento operato dai corsi d'acqua insieme all'azione da parte della gravità e delle acque di ruscellamento, costituisce un processo morfogenetico di primaria importanza per il modellamento delle "Crete Senesi".

#### 4 – 1 Modifiche antropiche

Infine il paesaggio della Toscana meridionale è anche profondamente influenzato dall'azione antropica; l'uomo e le attività da questi svolte nel corso degli ultimi anni hanno contribuito a conferire alla Val di Tuoma il suo aspetto tipicamente collinare.

Infatti, a partire dalla seconda metà degli anni '70, l'uso di efficienti mezzi meccanici ha permesso all'uomo di livellare gran parte dei siti a biancane e numerose zone a calanchi, il tutto per ottenere terreni da utilizzare a scopi agricoli o per il pascolo di animali: da ciò è seguito un incremento delle superfici soggette a denudazione e, quindi, a processi di erosione accelerata.

In particolare quattro fenomeni aggravano l'instabilità dei versanti:

- L'overgrazing, la presenza, cioè, di un numero eccessivo di animali per unità di superficie (Guasparri, 1993)
- Gli sheep tracks, termine che letteralmente significa "camminamenti di pecore": il continuo calpestio operato dagli animali lungo percorsi preferenziali induce deformazioni plastiche del terreno (Guasparri, 1978)
- L'aratura secondo le direzioni di massima pendenza dei versanti
- La costruzione di laghetti artificiali per permettere agli animali di abbeverarsi.

Solo negli ultimi anni l'uomo ha cominciato a capire i problemi e, quindi, i pericoli legati all'erosione accelerata del suolo; recentemente molti interventi sono stati fatti per limitare l'azione degli agenti esogeni come la costruzione di gabbionate nel tentativo di proteggere le strade da eventuali frane e/o smottamenti. Purtroppo, però, tali opere si sono rivelate poco utili in quanto, la maggior parte, ha subito deformazioni e spostamenti verso valle a seguito di fenomeni di dissesto molto intensi.

Fig. 4.3: Gabbionate



## 5 – GEOMORFOLOGIA QUANTITATIVA ED EVOLUZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

La geomorfologia quantitativa è quel ramo della scienza che permette tra l'altro di definire, nel modo più oggettivo possibile, le principali caratteristiche dei bacini di drenaggio, allo scopo di effettuare una idonea valutazione dell'entità dell'erosione.

Questa disciplina nasce in America alla fine degli anni '40 ad opera di Horton il quale, nel tentativo di superare l'analisi qualitativa, in quei tempi ampiamente diffusa, dei processi e dei morfotipi che caratterizzano il rilievo, introduce una serie di parametri fisiografici relativi ai reticoli idrografici ed ai bacini di drenaggio, taluni misurabili con l'ausilio di Carte Topografiche altri direttamente in campagna; tra questi, sono da ricordare l'ordine gerarchico, la densità di drenaggio, la frequenza delle aste fluviali, la lunghezza totale delle aste appartenenti ad un dato ordine.

In seguito, nella seconda metà del '900, i concetti introdotti da Horton sono stati ripresi ed ampliati da Strahler, altro studioso americano, il quale, data la tendenza, ancora diffusa, a descrivere qualitativamente le forme del paesaggio ed i processi di erosione, trasporto e deposizione che le determinano, sottolinea la necessità di fare un'analisi dimensionale del territorio applicando una dimensione ai principali attributi geometrici presenti sulla superficie terrestre. Strahler, per la descrizione morfometrica di un bacino, prende in considerazione tre categorie di parametri:

- Quelli a cui corrisponde una dimensione di lunghezza  $L$  come la lunghezza di un versante o di un'asta fluviale appartenente ad un dato ordine.
- Quelli aventi come dimensione la lunghezza  $L^2$ , essendo l'area definita come il prodotto tra una lunghezza ed una larghezza.
- Quelli detti dimensionali, a cui, convenzionalmente si applica il simbolo  $\theta$ . Tra essi i più diffusi sono quelli relativi alla misura di angoli come l'angolo di un versante.

A seconda dei parametri considerati è possibile, poi, studiare quantitativamente, un bacino idrografico analizzandone le proprietà lineari, areali e quelle relative all'aspetto del rilievo (differenze di quota).

L'obiettivo di questo studio è quello di applicare la geomorfologia quantitativa al bacino idrografico del Torrente Tuoma utilizzando le Carte Topografiche IGM al 50.000 attuali e storiche in modo tale da comprendere le modalità e la velocità dei processi di erosione,

trasporto e deposizione che in esso hanno luogo nonché analizzare l'evoluzione del reticolo idrografico.

### **5 – 1 Gerarchizzazione del reticolo e parametri geomorfici**

La gerarchizzazione di un reticolo idrografico consiste nella sua suddivisione in singole aste (o segmenti) fluviali a ciascuna delle quali viene attribuito un certo ordine  $u$ .

I segmenti di primo ordine sono privi di affluenti ovvero sono quelli la cui origine è legata al verificarsi di ruscellamento diffuso o alla presenza di sorgenti. Dalla confluenza di due rami, appartenenti ad uno stesso ordine  $u$ , nasce un'asta fluviale di ordine successivo ( $u + 1$ ); quindi dall'incontro di due aste di primo ordine se ne ottiene una di secondo ordine; dalla confluenza di due aste di secondo ordine si ha un'asta di terzo ordine, e così via. Nel caso in cui (condizione molto rara, quasi teorica) un reticolo fluviale sia caratterizzato solo da segmenti fluviali che confluiscono nell'ordine immediatamente successivo (cioè, come verrà meglio spiegato in seguito) si verifica la condizione di massima conservatività del reticolo stesso.

L'organizzazione geometrica di un reticolo è stata affrontata per la prima volta da Horton il quale ha dato vita a due leggi che costituiscono le basi della geomorfologia quantitativa.

La prima afferma che il numero di segmenti fluviali appartenenti a ciascun ordine ( $N_u$ ), rappresentato in funzione dei singoli ordini fluviali ( $u$ ), produce una retta di regressione lineare di forma esponenziale negativa; mentre la seconda legge dice che la lunghezza media dei corsi d'acqua di ciascun ordine  $L_u$  (cumulativa), rappresentata in funzione dell'ordine  $u$ , dà luogo ad una regressione lineare di forma esponenziale positiva.

Lo stato di organizzazione e, quindi, di evoluzione dei reticoli idrografici dipende dalle condizioni litologiche, tettoniche, climatiche e vegetazionali dei vari bacini; esso può essere valutato quantitativamente mediante parametri che ne esprimono il grado di gerarchizzazione (Lupia Palmieri et. al., 1995).

Il primo parametro che si è preso in considerazione è il rapporto di biforcazione  $R_b$  definito come il rapporto tra il numero di segmenti fluviali di un dato ordine ( $N_u$ ) ed il numero di segmenti fluviali dell'ordine immediatamente successivi ( $N_{u+1}$ ); quindi  $R_b = (N_{u+1} / N_u)$  e, di solito, presenta valori compresi tra 3 e 5.

Il rapporto di biforcazione diretta  $R_{bd}$  è, invece, ottenuto dividendo il numero di segmenti fluviali di un certo ordine che confluiscono nell'ordine immediatamente successivo ( $N_{du}$ ) per il numero di questi ultimi ( $N_u + 1$ ).

Per avere informazioni circa la presenza di anomalie gerarchiche, ovvero di segmenti fluviali di un dato ordine  $u$  che non confluiscono in collettori di ordine immediatamente superiore ( $u + 1$ ), è possibile fare la differenza tra i due precedenti parametri ottenendo l'indice di biforcazione  $R$ . Il minimo teorico di  $R$  è 0, situazione che si verifica nel caso in cui  $R_b = R_{bd}$ ; in particolare se  $R_b = R_{bd} = 2$  il reticolo fluviale si trova nella condizione di massima gerarchizzazione e conservatività. E' chiaro, però, che diversi valori di  $R$ , relativi ad altrettanti differenti bacini, possono essere comparati solo nel caso in cui questi ultimi presentino dimensioni areali simili: infatti all'aumentare delle dimensioni di un bacino aumenta anche la probabilità che il suddetto sia caratterizzato da un maggior numero di anomalie gerarchiche.

I rapporti di biforcazione e di biforcazione diretta relativi ad un intero bacino si ottengono facendo la media dei loro valori calcolati per il singoli ordini fluviali; di conseguenza l'indice di biforcazione del bacino deriva dalla differenza dei due precedenti risultati.

La gerarchizzazione del reticolo idrografico del Torrente Tuoma, così come il calcolo degli indici geomorfici, è stata realizzata analizzando il suddetto reticolo sia su Cartografie storiche (seconda metà dell'800 – Allegato I -) che su Cartografie storiche (anni '50– Allegato II -) allo scopo di individuare eventuali variazioni nel tempo e di ipotizzarne le cause.

La gerarchizzazione del Torrente Tuoma ha dimostrato che esso è costituito da 4 ordini gerarchici sia nel caso di Cartografie storiche che recenti.

Analizzando, invece, i valori ottenuti per i diversi indici geomorfici è possibile certamente concludere che il reticolo idrografico del Torrente Tuoma ha subito, nel corso di circa un secolo, una profonda variazione.

Nel XVIII secolo il Torrente Tuoma era caratterizzato da un numero di aste fluviali di primo, secondo e terzo ordine rispettivamente pari a 203, 63 e 15; nel '900, invece, si contano 103 segmenti di primo ordine, 27 di secondo e 6 di terzo.

Questi profondi cambiamenti, avvenuti in un intervallo di tempo piuttosto breve, possono essere giustificati solo esclusivamente dall'attività antropica. Nel corso del tempo, infatti, l'uomo ha smantellato e livellato numerose aree a calanchi e a biancane per ottenere nuovi

e più estesi spazi da utilizzare a scopo agricolo e pastorale; ciò comportato la scomparsa di numerosi piccoli solchi fluviali di primo ordine e, quindi, una riduzione nel numero di aste fluviali di ordine gerarchico superiore.

Dalle tabelle riportate di seguito si può, perciò, osservare che nel 1800 il reticolo idrografico del Torrente Tuoma è caratterizzato da un rapporto di biforcazione, da un rapporto di biforcazione diretta e da un indice di biforcazione molto superiori a quelli calcolati utilizzando la cartografia attuale; ciò dimostra che nel passato la rete idrografica del suddetto Torrente era maggiormente disorganizzata e soggetta ad uno stato di scarso equilibrio.

Per avere maggiori informazioni riguardo alla distribuzione delle anomalie gerarchiche tra i diversi ordini, in modo da poter mettere a confronto bacini idrografici differenti, si è scelto di calcolare altri due parametri morfometrici.

Il numero di anomalia gerarchica  $G_a$  è definito come il numero minimo di aste fluviali di primo ordine necessario a rendere il reticolo fluviale perfettamente gerarchizzato. Il  $G_a$  riferito all'intero bacino si calcola moltiplicando le frequenze delle influenze anomale per il corrispondente fattore di moltiplicazione, e quindi, sommando i prodotti parziali ottenuti. L'indice di anomalia gerarchica  $a$  è dato, invece, dal rapporto tra il numero di anomalia gerarchica  $G_a$  ed il numero di aste fluviali di primo ordine, cioè  $\Delta a = G_a / N_1$ .

TAB 5.1 TORRENTE TUOMA – CARTOGRAFIA STORICA –

<i>u</i>	<i>N</i>	<i>R<sub>b</sub></i>	<i>N<sub>d</sub></i>	<i>R<sub>bd</sub></i>	<i>R</i>
1	203		164		
		3,22		2,6	0,62
2	63		47		
		4,2		3,13	1,07
3	15		15		
		15		15	0
4	1		1		

$$\bar{R}_b = N_u / (N_u + 1) = 7,47$$

$$\bar{R}_{bd} = N_{du} / (N_u + 1) = 6,91$$

$$\bar{R} = \bar{R}_b - \bar{R}_{bd} = 0,56$$

**R<sub>b</sub>**: rapporto di biforcazione

**R<sub>bd</sub>**: rapporto di biforcazione diretta

**R**: indice di biforcazione

**N<sub>u</sub>**: n° di segmenti fluviali di un dato ordine

**N<sub>du</sub>**: n° di segmenti fluviali di un dato ordine che confluiscono nell'ordine immediatamente successivo

TAB 5.2 TORRENTE TUOMA – CARTOGRAFIA ATTUALE -

<i>u</i>	<i>N</i>	<i>R<sub>b</sub></i>	<i>N<sub>d</sub></i>	<i>R<sub>bd</sub></i>	<i>R</i>
1	103		83		
		3,81		3,07	0,74
2	27		13		
		4,5		2,16	2,34
3	6		6		
		6		6	0
4	1		1		

$$\bar{R}_b = N_u / (N_u + 1) = 4,77$$

$$\bar{R}_{bd} = N_{du} / (N_u + 1) = 3,74$$

$$\bar{R} = \bar{R}_b - \bar{R}_{bd} = 1,03$$

**R<sub>b</sub>**: rapporto di biforcazione

**R<sub>bd</sub>**: rapporto di biforcazione diretta

**R**: indice di biforcazione

**N<sub>u</sub>**: n° di segmenti fluviali di un dato ordine

**N<sub>du</sub>**: n° di segmenti fluviali di un dato ordine che confluiscono nell'ordine immediatamente successivo

TAB 5.3

Ordine dei segmenti recipienti	Ordine dei segmenti influenti		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
<i>III</i>	1	/	/
<i>IV</i>	3	2	/
<i>V</i>	7	6	4

TAB. 5.4 TORRENTE TUOMA – CARTOGRAFIA STORICA -

Ordine dei segmenti recipienti	Frequenze delle influenze anomale		Prodotti parziali		Numeri di anomalia gerarchica	$G_a$
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	<i>II</i>		
<i>III</i>	29	/	29	/	29	91
<i>IV</i>	10	16	30	32	62	

$$G_a = 91$$

$$\Delta a = G_a / N_1 = 91 / 199 = 0,46$$

$G_a$ : numero di anomalia gerarchica

$\Delta a$ : indice di anomalia gerarchica

TAB 5.5

Ordine dei segmenti recipienti	Ordine dei segmenti influenti		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
<i>III</i>	1	/	/
<i>IV</i>	3	2	/
<i>V</i>	7	6	4

TAB 5.6 TORRENTE TUOMA – CARTOGRAFIA ATTUALE -

Ordine dei segmenti recipienti	Frequenze delle influenze anomale		Prodotti parziali		Numeri di anomalia gerarchica	$G_a$
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	<i>II</i>		
<i>III</i>	2	/	2	/	2	84
<i>IV</i>	18	14	54	28	82	

$$G_a = 84$$

$$\Delta a = G_a/N_1 = 84/103 = 0,82$$

$G_a$ : numero di anomalia gerarchica

$\Delta a$ : indice di anomalia gerarchica

## **6 – RIFERIMENTI STORICI: CARTOGRAFIE ED ICONOGRAFIE STORICHE**

L'analisi dell'evoluzione geomorfologica del reticolo idrografico del Torrente Tuoma è stata completata effettuando un confronto tra cartografie recenti e storiche sia di tipo topografico che geologico. Inoltre sono stati esaminati alcuni dipinti, appartenenti a diversi periodi storici, nei quali vengono rappresentati alcuni scorci dell'area oggetto di studio.

### **6-1 Carte topografiche**

Comparando le due edizioni di cartografie IGM al 50.000 (sulle quali è stato evidenziato il reticolo idrografico del Torrente Tuoma e tracciato lo spartiacque del bacino) è possibile rendersi conto del fatto che l'area occupata dal bacino è rimasta quasi invariata nel corso degli anni; solo in corrispondenza di brevi tratti lo spartiacque ha subito dei piccoli spostamenti. Nel 1800 (Allegato III) lo spartiacque si spingeva quasi fino al centro abitato di Pienza cosa che, invece, non si riscontra nella cartografia più recente. Situazione simile si osserva sulla sinistra idrografica del reticolo in prossimità di – S. Ambrogio – dove, al contrario rispetto al caso precedente, lo spartiacque del bacino ha subito, nel corso degli anni, uno spostamento verso nord. Nella cartografia più recente (Allegato IV) lo spartiacque appare, in alcuni tratti, maggiormente rettificato: ciò è la conseguenza del fatto che l'uomo ha costruito importanti infrastrutture e, spesso, la linea di displuvio che separa bacini idrografici adiacenti tende a coincidere con le suddette.

Inoltre, come precedentemente evidenziato, il reticolo idrografico del Torrente Tuoma con il passare del tempo risulta essere costituito da un numero di aste fluviali minore. Questa situazione implica il fatto che sulle cartografie recenti siano tracciate meno scarpate fluviali e, quindi, che attualmente queste aree siano oggetto soprattutto di erosione da parte delle acque dilavanti.

## 6 - 2 Carte geologiche

La Carta geologica più recente in cui è rappresentato il reticolo idrografico del Torrente Tuoma è costituita dal Foglio n° 121 – Montepulciano – appartenente alla Carta Geologica d'Italia con scala 1 a 100.000 edita nell'anno 1968.

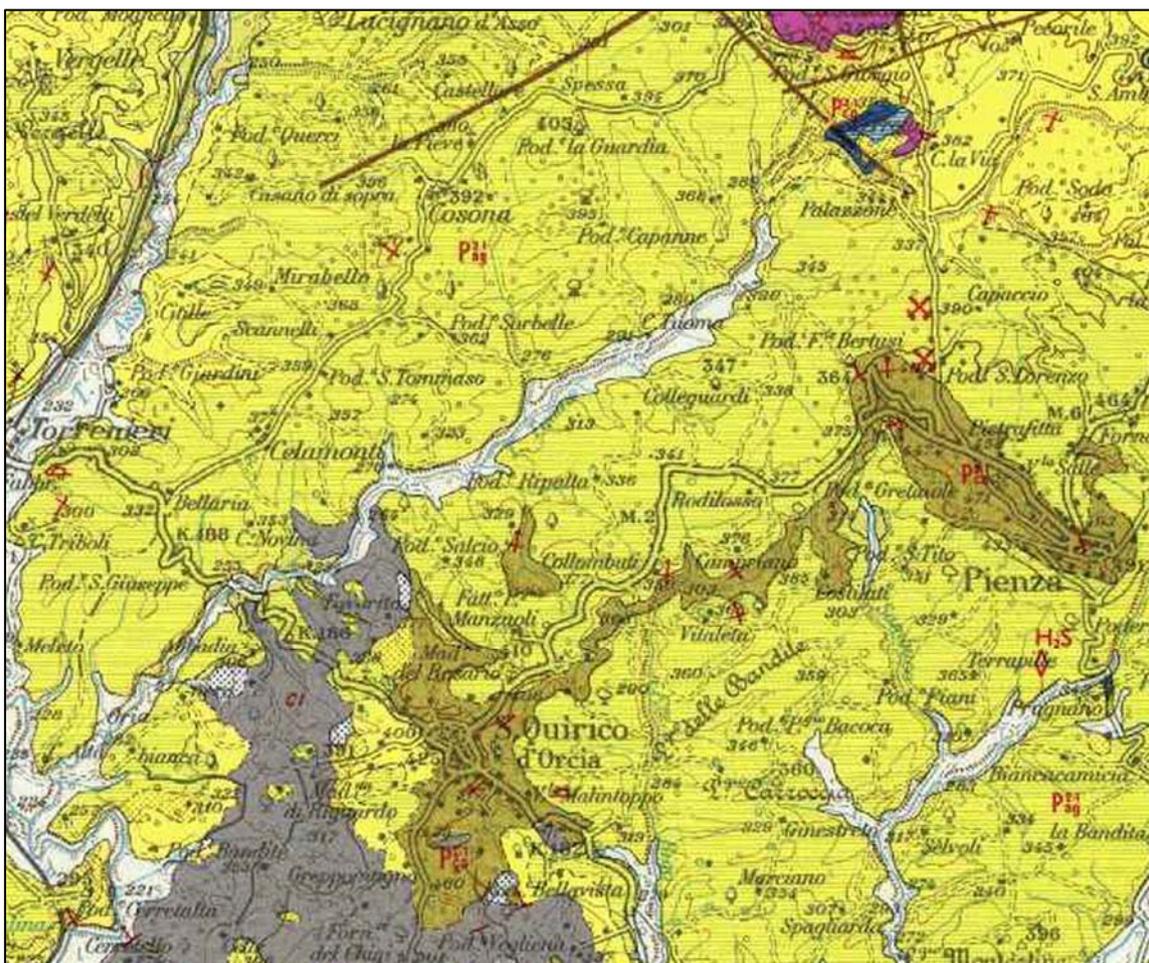


Fig. 6.1: Dettaglio relativo al reticolo idrografico del Torrente Tuoma (da Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 121 – Montepulciano -

Relativamente all'area oggetto di studio, meritano di essere citate le seguenti Carte Geologiche:

- L'abbozzo della Carta Geologica della provincia di Siena di Campani G., 1865;
- L'abbozzo della Carta Geologica della Toscana di Savi P. & Meneghini G., 1868;
- La Carta Geologica dell'Italia centrale di Omboni G., 1868;
- La Carta Geologica d'Italia Prima Edizione, Foglio n° 121 – Montepulciano – di Lotti B., seconda metà ' 800;
- La Carta Geologica della Toscana di Lotti B., 1909.

Queste Carte pur rappresentando la medesima zona hanno utilizzato differenti scale di misura , legende più o meno dettagliate e diversi metodi di colorazione.

Si segnala, ad esempio, la Carta geologica di Campani G. del 1865 che è stata disegnata e colorata a mano. Su di essa viene riportata una scala di metri al 30.000 (equivalente ad una scala chilometrica al 200.000), non sono presenti le coordinate geografiche e la legenda include i minerali utili.

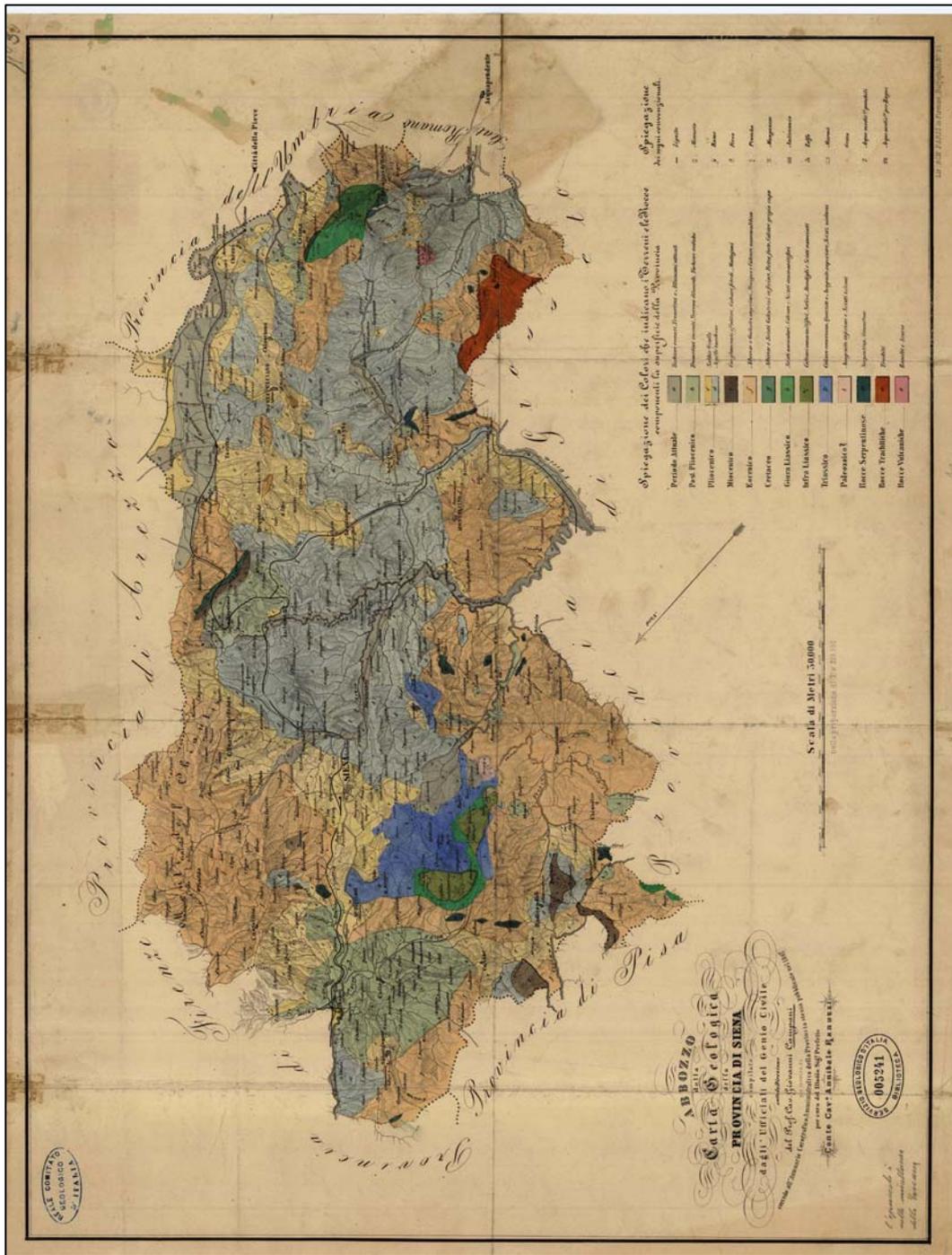


Fig.6.2: L'abbozzo della Carta Geologica della Provincia di Siena di Campani G., 1865.

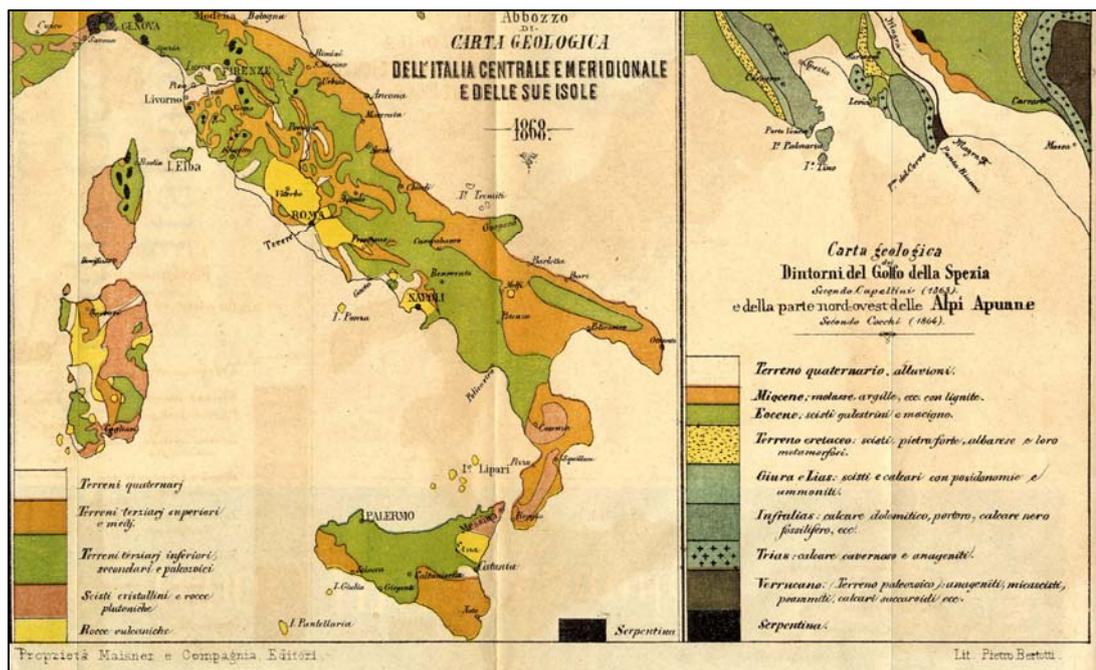
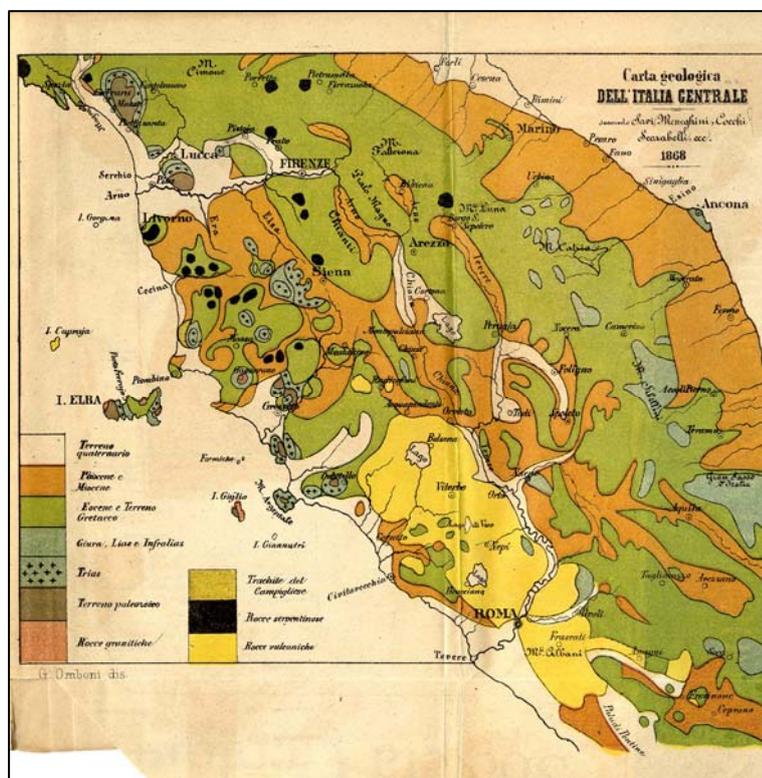


Fig. 6.3: La Carta Geologica di Omboni G., 1868.



## 6 – 3 Iconografie

Le città ed i suoi paesaggi della Toscana costituiscono un tema molto ricorrente nei dipinti di numerosi artisti.

Tra i padri della pittura senese, è stato esaminato Ambrogio Lorenzetti (1317 – 1348) che raffigura la città di Siena e la campagna circostante del XIV secolo; in particolare nell' *Allegoria del Buono e Cattivo governo* viene rappresentato, con cura del dettaglio, il paesaggio rurale ed urbano, quasi assoluta novità nel panorama artistico dell'epoca. Tuttavia questa rappresentazione non era fine a se stessa ma faceva parte di un preciso messaggio politico: la sostanza della democrazia era, infatti, ben chiara ai senesi già a quei tempi; il Governo, che nei dipinti del Lorenzetti non si identificava con nessun volto, produceva effetti buoni quando è buono, ed effetti cattivi quando esso stesso è cattivo. Negli *Effetti del Buon Governo* è quindi possibile osservare la città di Siena del Trecento con i palazzi merlati, le torri, le piazze e le strade operose di traffici; da una porta della città si esce nella campagna, ben organizzata in campi, vigne, oliveti e boschi, popolata da cacciatori, viandanti e contadini intenti ai loro lavori. Gli affreschi del *Cattivo Governo*, attualmente in pessime condizioni, lasciano tuttavia intravedere, invece, città che rovinano e campagne deserte.

Al di là del significato politico di queste iconografie rivestono, ai fini dell' evoluzione geomorfologica del bacino idrografico del Torrente Tuoma e, più in generale, della Toscana meridionale, la pittura da parte del Lorenzetti di zone a biancane, adiacenti alla città di Siena, dimostra come questi morfotipi nel passato fossero più diffusi rispetto ai tempi attuali.

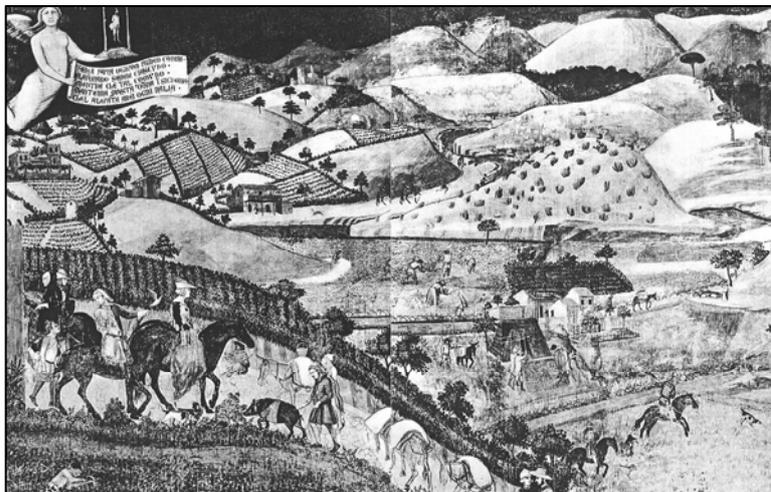


Fig. 6.4: Ambrogio Lorenzetti – Il Buon Governo – Siena, Palazzo Pubblico

Sono state, poi, prese in considerazione anche opere pittoriche realizzate da Dario Neri vissuto tra il 1895 e 1958.

L'artista nel corso della sua vita, ha realizzato tutta una serie di quadri, affreschi e schizzi eseguiti con varie tecniche di ottimo valore; avendo, inoltre, vissuto moltissimo tempo nelle crete senesi, ne costituisce, con le sue opere, l'interprete insuperabile. L'amore di questo artista per la città di Siena è anche dimostrato dalle sue numerose collaborazioni a ricerche storiche e araldiche sulla città (esemplare è la pubblicazione del volume "Il Palio di Siena", edizione 1958, realizzato con Giovanni Cecchini per conto del Monte dei Paschi di Siena).

Tra i dipinti del Neri quello intitolato "*Val di Toma*", realizzato nel 1945, raffigura la zona ed il bacino oggetto del presente studio. Il corso d'acqua non viene rappresentato in primo piano ma il suo andamento può essere dedotto dalla vegetazione che si sviluppa parallelamente ad esso; particolare attenzione viene, invece, data alle biancane, in argilla, tipiche della zona ma, attualmente, poco diffuse a causa della loro distruzione da parte dell'uomo. Queste forme mammellonari vengono rappresentate con estremo dettaglio: è possibile, infatti, osservare zone di colore tendente al giallo corrispondenti a litologie sabbiose che si intercalano, spesso, ai materiali argillosi; alla base delle biancane viene inoltre riportata quello che in geomorfologia viene definito "micro – pediment" ovvero una superficie di raccordo, debolmente inclinata (2 – 4 %) la cui esistenza testimonia l'arretramento parallelo di questi morfotipi nel tempo.

Infine merita attenzione un articolo del Guasparri (1993) dove viene riportato un dipinto del Neri intitolato "*Crete vicino a Monselvoli*" del 1950 ed una fotografia più recente in cui viene ripreso lo stesso scorcio di paesaggio rappresentato dal pittore; dal confronto tra la foto ed il quadro emerge che, nella seconda metà del '900, le biancane sono in numero nettamente inferiore.

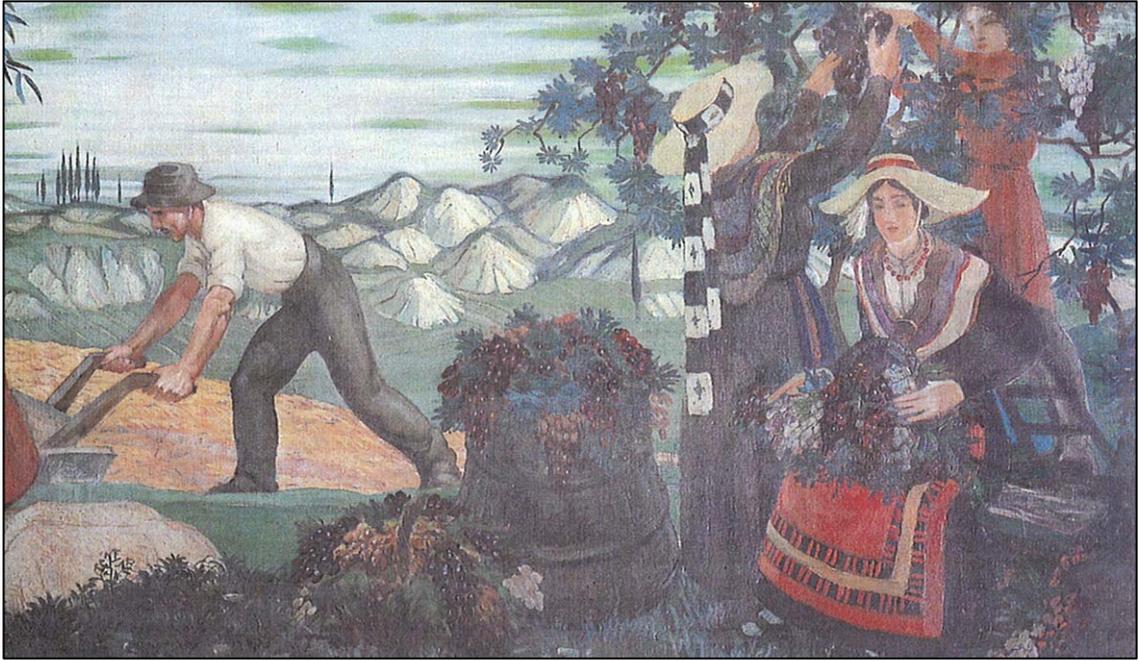


Fig. 6.5: Dario Neri – L'artigianato campestre del territorio senese - 1930

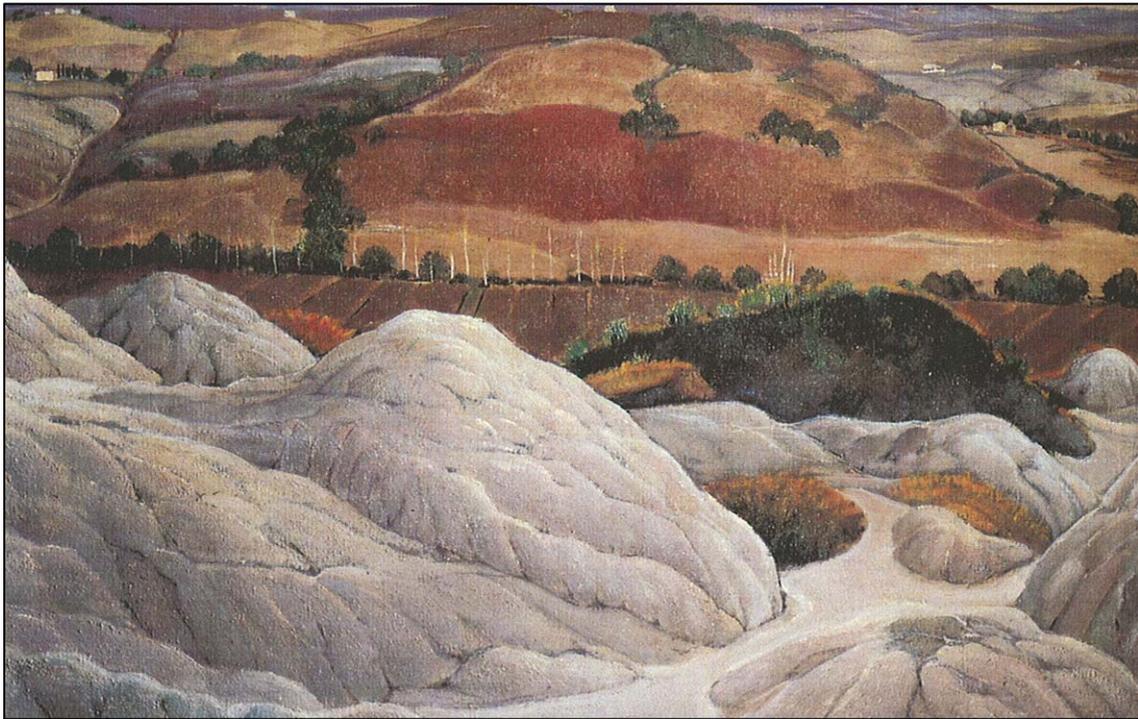


Fig. 6.6: Dario Neri – Val di Toma - 1945

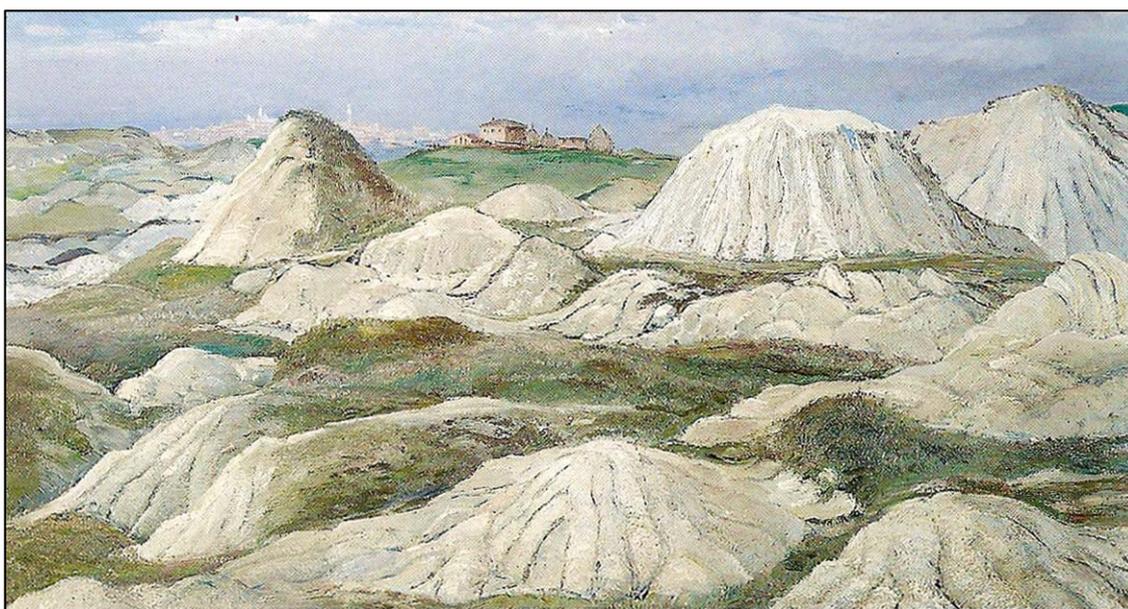


Fig. 6.7: “Crete vicino a Monselvoli” di Dario Neri, 1950 (da Guasparri, 1993)

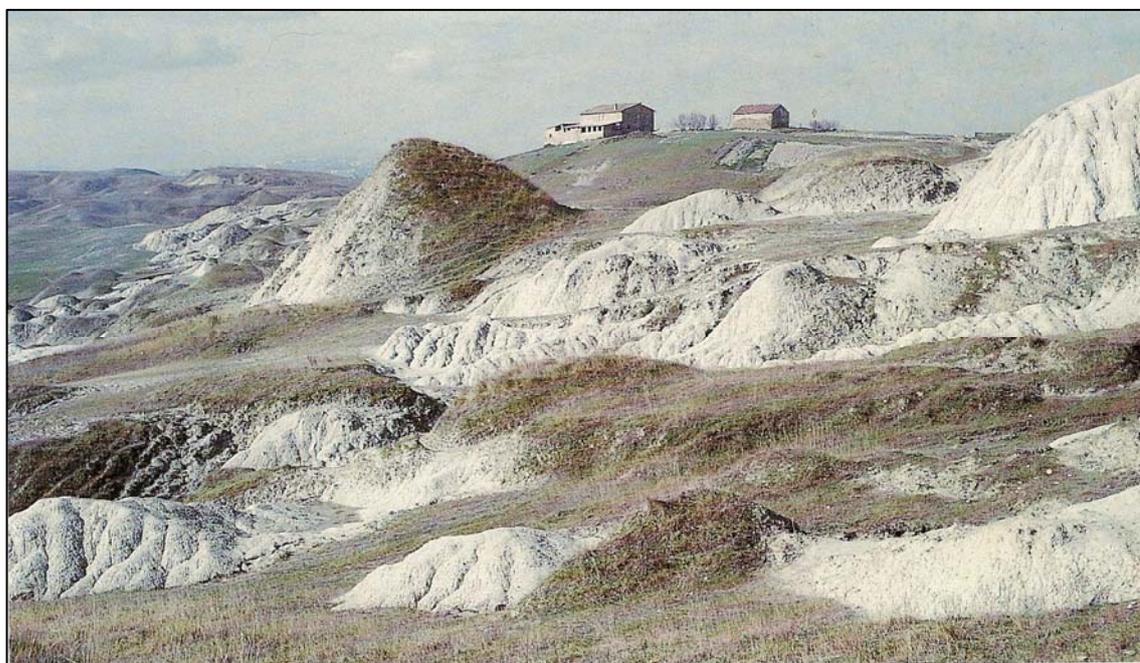


Fig. 6.8: Foto (seconda metà del '900) in cui viene rappresentata la stessa zona dipinta dal Neri nel quadro : “Crete vicino a Monselvoli” (da Guasparri, 1993)

## 7 – CONCLUSIONI

Lo studio condotto ai fini di analizzare l'evoluzione geomorfologica del reticolo idrografico del Torrente Tuoma ha dimostrato che il suddetto, in un intervallo di tempo di circa cento anni, ha subito una notevole riduzione nel numero di aste fluviali soprattutto per quanto riguarda quelle di primo e di secondo ordine. Questa situazione è da ricollegare alle attività antropiche: l'uomo, infatti, con l'avvento dei mezzi meccanici ha spianato numerose aree a biancane e a calanchi per ottenere sempre più spazi da utilizzare a scopi agricoli o per l'allevamento di bestiame. Questo fatto è dimostrato dalle diverse cartografie storiche, topografiche e geologiche, che sono state analizzate nonché da alcuni dipinti di pittori senesi (vissuti in differenti periodi storici) nei quali vengono rappresentati questi morfotipi con particolare dettaglio.

Naturalmente è questa una situazione preoccupante in quanto si deve tenere presente che l'argilla (la litologia maggiormente affiorante nell'area oggetto di studio) è un sedimento impermeabile e facilmente erodibile; è chiaro, quindi, che l'azione dell'uomo non può che innescare processi di erosione accelerata. Proprio con l'obiettivo di preservare il paesaggio, in Toscana meridionale sono state istituite alcune aree protette (come la Riserva Naturale di Lucciolabella) e il Parco Artistico, Naturale e Culturale della Val d'Orcia è divenuto, dal 02/07/2004, Patrimonio Mondiale dell'Umanità.

## 8 – BIBLIOGRAFIA

- Ambrosetti P. et al., 1978. Evoluzione paleogeografia e tettonica nei bacini tosco-umbro-laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19, 573 – 580.
- Avena G.C. & Giuliano G., 1967. Considerazioni teorico pratiche sull'applicazione dell'analisi geomorfica quantitativa ai reticoli fluviali. *L'Universo*, 2, 341 – 359.
- Bevilacqua R., 2003 – 2004. Elaborato finale in Geomorfologia dal titolo “Metodi di valutazione dell'entità dell'erosione in aree a calanchi”. La Sapienza Università di Roma, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, 27 – 30.
- Bevilacqua R., 2005 - 2006. Tesi di laurea sperimentale in Geomorfologia quantitativa dal titolo “Geomorfologia quantitativa di alcuni bacini fluviali della Val d'Orcia (Toscana)”. La Sapienza Università di Roma, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.
- Brondi A. et al., 1992. Joints in clays of the neogenetic basin of Siena. *Miner. Petrogr. Acta*, 25, 51 – 59.
- Calzolari C. & Ungaro F., 1998. Geomorphic features of a badland (biancane) area (Central Italy): characterisation, distribution and quantitative spatial analysis. *Catena*, 31, 237 – 256.
- Calzolari C. et al., 1993. Morphology development in a “biancana” badland: distribution, characteristics and genesis in Beccatello farm (Tuscany, Italy). *Quaderni di Scienza del Suolo*, V, 119 – 142.
- Calzolari C. et al., 1996. Evoluzione dei suoli e processi di erosione su biancane: il caso delle biancane del a Foce (Val d'Orcia, Siena). *Atti del Convegno della Società Italiana della Scienza del Suolo. Contributi della Scienza del Suolo allo studio e alla difesa dei territori montani e collinari*, 185 – 203.
- Campani G., 1865. L'abbozzo della Carta Geologica della provincia di Siena.
- Castiglioni G.B., 1998. *Geomorfologia*, UTET, 103 – 105.
- Ciccacci S. et al., 1980. Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali. *Boll. Soc. Geol. It.*, 99, 455 – 516.

- Costantini A. et al., 1982. Il Graben di Siena. Rel. finale “Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo”, C.N.R., 11 – 33.
- Guasparri G., 1978. Calanchi e biancane nel territorio senese: studio geomorfologico. L’Universo, LVIII, 1, 97 – 140.
- Guasparri G., 1993. I lineamenti geomorfologici dei terreni argillosi pliocenici. In: La storia naturale della Toscana meridionale, Pizzi, Milano, 89 – 106.
- Lotta D., 1996. Analisi del settore centro – meridionale del bacino pliocenico di Radicofani (Toscana meridionale). Boll. Soc. Geol. It., 115, 115 – 143.
- Lorenzetti A., 1337 – 1339. Allegoria del Buono e Cattivo Governo.
- Lotti B., fine ‘800. La Carta Geologica d’Italia. Prima Edizione, Foglio n° 121 – Montepulciano -.
- Lotti B., 1909. La Carta geologica della Toscana.
- Neri D., 1930. L’artigianato campestre del territorio senese.
- Neri D., 1945. La Val di Toma.
- Omboni G., 1868. La Carta Geologica dell’Italia centrale.
- Savi P. & Meneghini G., 1868. L’abbozzo della Carta Geologica della Toscana.