

**VALUTAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE  
DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO  
DEI MONTI PISANI  
E RAZIONALE GESTIONE DEI COTICI ERBOSI PER IL  
CONTROLLO DELLA STABILITA' DEI VERSANTI DESTINATI  
ALL'OLIVICOLTURA**

***RELAZIONE FINALE***

Pisa, 29/05/2009

Il Responsabile del Progetto

Prof. Alessandro Pistoia

Lavoro eseguito nell'ambito di una convenzione stipulata tra il **Comune di San Giuliano Terme** e **l'Università di Pisa** per lo svolgimento di una ricerca sulla "**Valutazione della situazione attuale dell'assetto idrogeologico dei Monte Pisano e razionale gestione dei cotici erbosi per il controllo della stabilità dei versanti destinati all'olivicoltura del Territorio montuoso del Comune di San Giuliano Terme.**

Responsabile Scientifico del Progetto: Prof. **Alessandro Pistoia**, Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema (DAGA) Sezione di Scienze Zootecniche – Facoltà di Agraria – Università di Pisa.

Collaboratore: Dott. Geol. **Daniele Innamorati**, vincitore del contratto di collaborazione coordinata e continuativa ad attività di ricerca svolta presso il DAGA. (concorso bandito con Decreto del Direttore prot. n. 2466/D-1 del 27/10/2008).

# INDICE

PREMESSA.....	5
1 CAUSE E PROCESSI DEI FENOMENI EROSIVI.....	5
1.1 Cause .....	5
1.2 Processi .....	6
1.3 Degradazione dei versanti .....	6
1.3.1 Degradazione meteorica.....	7
1.3.2 Dilavamento .....	8
1.3.3 Fenomeni franosi.....	8
2 EROSIONE DEL SUOLO .....	9
2.1 I processi e le forme di erosione.....	9
2.3 Fattori dell'erosione .....	11
2.3.1 Fattori di energia .....	11
2.3.2 Fattori di resistenza .....	12
2.3.3 Fattori di protezione .....	12
2.4 Metodi per la misura dell'erosione .....	13
2.5 Perdita di suolo e produzione di sedimenti .....	15
2.6 Cause naturali e antropiche dell'erosione.....	16
2.6.1 Fattori naturali di erosione .....	17
2.6.2. Fattori antropici di erosione .....	19
2.7 Pratiche di conservazione .....	19
2.7.1 Controllo dell'erosione.....	19
2.7.2 Controllo dell'erosione.....	26
3 VALUTAZIONE DELL'EROSIONE DEL SUOLO .....	26
3.1 Metodologie di analisi del processo erosivo .....	26
3.2 Il modello quantitativo di U.S.L.E. ....	27
4 I COTICI ERBOSI NEL CONTROLLO DELL'EROSIONE .....	28
4.1 Efficienza protettiva dei cotici erbosi: meccanismi d'azione .....	29
4.2 Fattori che condizionano l'efficacia antierosiva della cotica erbosa .....	32
4.3 Effetti del tipo di gestione sui cotici erbosi .....	34
4.4 La gestione dei cotici erbosi negli oliveti del Monte Pisano .....	34
4.5 Le modalità di gestione dei cotici erbosi negli oliveti del Monte Pisano.....	35
OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	40
5 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO MONTANO DEL COMUNE DI SAN GIULIANO TERME.....	40
5.1 Inquadramento geografico .....	41
5.2 Inquadramento geologico, evoluzione strutturale .....	41
METODOLOGIA.....	47
6 METODOLOGIA DI REALIZZAZIONE DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI .....	47
6.1 Descrizione degli elaborati cartografici .....	49
6.1.1 Carta della distribuzione degli oliveti .....	49
6.1.2 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'altimetria.....	52
6.1.3 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla pendenza.....	55
6.1.4 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'esposizione .....	59

6.1.5 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla carta litotecnica del Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme .....	63
6.1.6 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla carta geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme .....	67
6.1.7 Carta della propensione all'erosione all'erosione del territorio montano del Comune di san Giuliano Terme elaborata secondo metodologia USLE .....	71
6.2 <i>Considerazioni conclusive</i> .....	73
<b>7 INDAGINE CONOSCITIVA SUL TERRITORIO OLIVATO DEL TERRITORIO MONTANO DEL COMUNE DI SAN GIULIANO TERME .....</b>	<b>75</b>
7.1 <i>Obiettivi</i> .....	75
7.2 <i>Metodologia adottata</i> .....	75
7.3 <i>Risultati dell'indagine conoscitiva sugli oliveti</i> .....	86
7.4 <i>Conclusioni</i> .....	93
<b>8 EFFETTO DELLA MODALITÀ DI GESTIONE DEI COTICI ERBOSI SULL'EROSIONE DEL TERRITORIO MONTUOSO DEL MONTE PISANO .....</b>	<b>95</b>
8.1 <i>Obiettivo della sperimentazione</i> .....	95
8.2 <i>Metodologia adottata</i> .....	95
8.3 <i>Risultati</i> .....	97
8.4 <i>Conclusioni</i> .....	98
<b>9 CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>100</b>

## **PREMESSA**

Il territorio del Monte Pisano per le sue caratteristiche geomorfologiche presenta un basso-medio rischio idrogeologico, ma un'alta vulnerabilità ai fenomeni erosivi. Per questo, la gestione agro-ambientale del territorio, rappresenta un aspetto importante per la salvaguardia dei versanti per evitare fenomeni di dissesto idrogeologico. Gran parte di questo territorio, nelle quote più basse viene coltivato ad oliveto la cui superficie, che presenta diversi tipi di sistemazioni agrarie (ciglioni, terrazzamenti, rittochino), non è in genere coltivata, ma ricoperta da inerbimenti. La gestione dei cotici erbosi, ossia, il taglio dell'erba necessaria per le operazioni colturali sugli olivi, rappresenta un aspetto importante per i riflessi che questa può avere sui fenomeni di erosione del suolo. La copertura erbacea rappresenta, infatti, il più importante fattore di protezione contro i fenomeni erosivi e di dissesto idrogeologico dei territori declivi.

## **1 CAUSE E PROCESSI DEI FENOMENI EROSIVI**

Con il termine erosione generalmente si intende un processo prevalentemente di origine naturale per cui, sia a livello superficiale che a volte anche a livello profondo, una porzione più o meno estesa di terreno è soggetta a distacco e successivo allontanamento. È un fenomeno che, data l'origine dei suoi fattori causali, è difficilmente evitabile ma controllabile.

### **1.1 Cause**

L'evoluzione e il modellamento di ogni forma della superficie terrestre dipendono da tre insiemi di cause:

- *fattori geologici*: quali la tettonica o la litologia delle rocce;
- *agenti del modellamento (o agenti morfogenetici)*: quali ad esempio la forza di gravità, l'acqua, il vento, l'azione dell'uomo;

- *condizioni climatiche*: radiazione solare, umidità dell'aria, pressione atmosferica, tipo e distribuzione delle precipitazioni, delle temperature, ecc.

## **1.2 Processi**

Un primo tipo di distinzione può essere fatto tra forze endogene e forze esogene, da cui risultano i relativi gruppi di *processi endogeni* e *processi esogeni*, e le forme corrispondenti. Al primo gruppo appartengono i fenomeni tettonici, sismici, vulcanici, ecc.; al secondo i fenomeni legati all'atmosfera, all'idrosfera, alla biosfera, siano essi di natura fisica, chimica o biologica.

Le forme della superficie terrestre, sia che siano prevalentemente di origine endogena o legate essenzialmente a cause esogene, tutte risultano modellate dai processi esogeni.

I processi esogeni del modellamento geomorfologico si suddividono in tre tipi:

- *erosione*;
- *trasporto*;
- *sedimentazione*.

I processi esogeni possono essere inoltre di tipo *fisico* o di tipo *chimico*. Nei primi, a differenza dei secondi, non interviene alcuna modificazione nella composizione chimica della roccia.

## **1.3 Degradazione dei versanti**

Con essa si possono intendere tutti i processi geomorfologici che determinano fenomeni progressivi di demolizione e di abbassamento del rilievo terrestre. Questo progressivo abbassamento dei rilievi inizia con la disgregazione, l'alterazione e la frantumazione della roccia e prosegue con lo spostamento, la caduta o il trasporto, ad opera della forza di gravità o delle acque meteoriche o del vento ecc., di questi detriti o di porzioni stesse di roccia, sia come elementi isolati, che come materiale in massa.

### **1.3.1 Degradazione meteorica**

Questi processi consistono nelle modificazioni fisiche e chimiche di una roccia in contatto con l'atmosfera, l'idrosfera e la biosfera.

Si può distinguere tra processi di degradazione fisica e chimica.

#### *1.3.1.1 Processi di degradazione fisica*

*Crioclastismo*: determinato dalle pressioni esercitate dall'acqua sulle pareti rocciose, quando aumenta di volume nel momento del congelamento.

*Termoclastismo*: determinato dalle variazioni di temperatura, prodotte dall'insolazione, che producono dilatazioni e contrazioni delle rocce. Queste azioni ripetute per lunghi periodi di tempo possono portare alla frantumazione dei materiali rocciosi.

*Idroclastismo*: dovuto all'assorbimento di acqua da parte delle rocce e a ripetute alternanze di umidificazioni ed essiccazioni, che possono causare particolari fenomeni di degradazione.

*Aloclastismo*: le azioni meccaniche conseguenti alla cristallizzazione o al rigonfiamento di sali entro fenditure possono produrre deformazioni e disgregazioni della roccia.

*Bioclastismo*: comprende quei processi di frammentazione fisica conseguenti ad azioni di esseri viventi.

#### *1.3.1.2 Processi di degradazione chimica*

*Soluzione*: dovuta al fatto che alcuni minerali (quali salgemma o gesso) sono solubili in acqua. Le rocce da essi costituite possono pertanto essere sede di processi di soluzione.

*Idrolisi*: determinata dalla reazione chimica tra acqua e alcuni minerali.

*Idratazione*: consiste nell'assunzione di acqua di cristallizzazione da parte di un minerale (ad es. la trasformazione dell'anidrite in gesso).

*Ossidazione*: è la reazione chimica che alcuni minerali hanno con l'ossigeno presente nell'atmosfera o nell'acqua.

*Azioni biochimiche*: gli organismi animali e vegetali presenti nel terreno possono determinare anche fenomeni di tipo chimico.

### **1.3.2 Dilavamento**

Le acque piovane producono importanti effetti geomorfologici legati sia all'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno, sia a quella dello scorrimento dell'acqua in superficie. I processi che ne derivano sono detti di *dilavamento* o di *erosione pluviale*. Si possono distinguere vari tipi di processi di dilavamento (*erosione da impatto, erosione laminare, erosione per rigagnoli, erosione per fossi*).

### **1.3.3 Fenomeni franosi**

Essi rientrano nella categoria più generale dei movimenti di massa, o movimenti in massa, ovvero dei processi morfogenetici caratterizzati da movimenti di masse di materiale sulla superficie della terra che avvengono in seguito all'azione della gravità.

La gravità non è il solo agente che entra in gioco per quanto riguarda i movimenti di massa in generale ed i fenomeni franosi in particolare. Infatti anche l'acqua, sia superficiale che di sottosuolo, ha un ruolo rilevante. Si possono distinguere vari tipi di fenomeni franosi (*crolli, ribaltamenti, scivolamenti, espansioni laterali, colate, complessi*).



## **2 EROSIONE DEL SUOLO**

In questo capitolo si concentrerà l'attenzione sulle forme di erosione del suolo dovute all'acqua meteorica (dilavamento), anche se da un punto di vista generale l'erosione del suolo può essere attribuita anche ad altri tipi di processi, quali erosione fluviale, erosione eolica ecc.

Il *suolo* costituisce uno strato superficiale di materiale che ha origine dalla trasformazione cui le rocce sono sottoposte dal momento in cui vengono a trovarsi alla superficie, in un ambiente anche notevolmente differente da quello in cui sono state originate. Queste complesse trasformazioni e reazioni fisico-chimiche conferiscono al suolo una serie di caratteri propri e specifici, quali la *struttura o tessitura*, il *colore*, la *sostanza organica*, gli *orizzonti pedologici*, che permettono di differenziarlo dalla roccia del substrato.

### **2.1 I processi e le forme di erosione**

Il processo erosivo può assumere vari aspetti, che possono permanere isolati ma anche essere collegati fra loro in una successione sia temporale che spaziale (da quote più elevate a quote inferiori), ciascuno dei quali produce forme proprie, chiaramente individuabili e distinguibili dalle altre

1) *Erosione da impatto (splash erosion)*. L'innesco del processo avviene per azione delle acque di precipitazione:

le gocce di pioggia, nel loro impatto con la superficie non protetta del suolo, provocano il distacco delle particelle che lo costituiscono; lanciate in aria, queste ricadono a qualche centimetro di distanza dal punto di impatto.

2) *Erosione laminare (sheet erosion)*. Le acque meteoriche che non si infiltrano nel terreno tendono, soprattutto se questo possiede un minimo di pendenza, a scorrere sui versanti soggette alla forza di gravità. Questo *ruscellamento superficiale (overland flow)* consiste in una sottile lama d'acqua che provoca una erosione areale sul versante.

3) *Erosione per rigagnoli (o per rivoli) (rill erosion)*. L'aumento della quantità o dell'intensità della pioggia, oppure il progressivo arricchimento delle acque di ruscellamento dalla sommità verso la base dei versanti, determinano un incremento via via crescente della portata e della velocità, quindi del potere erosivo delle acque. Queste via via si concentrano entro linee sub-parallele di scorrimento preferenziale (*ruscellamento concentrato*), formando dei rigagnoli o rivoli che tendono sempre più ad approfondirsi.

4) *Erosione per fossi (gully erosion)*. Il progressivo approfondimento dei rivoli produce una incisione a solchi che, una volta innescata, si evolve rapidamente, approfondendosi, allungandosi e ramificandosi, con un progressivo arretramento delle testate delle incisioni.

L'erosione da impatto e l'erosione laminare vengono comunemente accomunate con il termine più generale di *erosione areale*, mentre per *erosione lineare* si intende l'erosione per rigagnoli e quella per fossi.

La quantità di suolo asportata per erosione laminare o per rigagnoli o fossi dipende da vari fattori, quali ad esempio l'intensità della precipitazione, il tipo di suolo, la copertura vegetale, la pendenza del versante, ecc. A parità di condizioni si è osservato sperimentalmente che la perdita di suolo dovuta alla *rill erosion* può essere maggiore di circa un fattore 102 rispetto a quella causata dalla *sheet erosion*.

I materiali rimossi dall'erosione laminare, una volta raggiunta la base del versante, dove il gradiente si riduce quasi a zero in prossimità del fondovalle, si fermano e si depositano in strati successivi formando i cosiddetti *depositi colluviali (colluvium)*. Quei materiali che invece raggiungono il reticolo idrografico sono destinati a diventare *alluvioni (alluvium)*, termine con il quale si indicano tutti i sedimenti trasportati e depositi dai corsi d'acqua (*depositi alluvionali*).

Esistono altre forme di erosione del suolo meno evidenti ed in genere meno importanti, quali quelle prodotte dall'azione delle acque sottosuperficiali, cioè di quella aliquota delle acque di precipitazione che si infiltra nel terreno.

Un'altra forma di erosione molto caratteristica è rappresentata dai *calanchi*. Essi si formano prevalentemente su rocce argillose in quanto queste sono scarsamente permeabili e facilmente erodibili a causa delle piccolissime dimensioni dei clasti di cui sono costituite. Poichè in questi terreni l'infiltrazione è quasi nulla, il ruscellamento superficiale è molto intenso ed aggressivo, producendo la tipica morfologia costituita da una rete di innumerevoli rigagnoli e vallecole (solchi con profilo trasversale a V profondo) generalmente nude o scarsamente vegetate.

### **2.3 Fattori dell'erosione**

I possibili fattori di erosione possono essere raggruppati in tre categorie, ciascuna delle quali esprime una funzione particolare; una loro ulteriore caratterizzazione può basarsi sul fatto che essi siano permanenti e non modificabili (ad esempio: erosività della pioggia) o temporanei e modificabili soprattutto per intervento dell'uomo (ad esempio: terrazzamenti per ridurre la lunghezza e la pendenza dei versanti).

#### **2.3.1 Fattori di energia**

Sono quelli che innescano e mantengono più o meno attivo il processo erosivo.

1) *Erosività della pioggia o "aggressività"*. Può essere definita come la capacità di un evento piovoso di causare erosione. Essa dipende direttamente, in termini di energia cinetica globale, dalla quantità delle precipitazioni relative ad un dato evento, dalla durata e dall'intensità dello stesso, e da massa, diametro e velocità terminale delle gocce di pioggia.

2) *Entità del ruscellamento*. E' la quantità di acqua che defluisce su di un certo tratto di versante in conseguenza di un evento piovoso.

3) *Energia del rilievo*. E' espressa sostanzialmente, all'interno di una determinata area, dalle differenze di quota fra le parti più elevate e quelle più depresse.

4) *Pendenza e lunghezza del versante*. Sono diretta conseguenza del fattore precedente: l'erosione aumenta al loro aumentare.

### **2.3.2 Fattori di resistenza**

Sono relativi alle caratteristiche fisiche del suolo e alle forme della sua utilizzazione.

1) *Erodibilità del suolo*. E' la vulnerabilità del suolo nei confronti degli agenti erosivi. Dipende a sua volta dalle seguenti caratteristiche del suolo: tessitura, struttura, contenuto di sostanza organica e permeabilità.

2) *Gestione del suolo*. E' soprattutto riferita all'attività agricola e silvo-pastorale, in quanto i suoi molteplici aspetti influenzano direttamente le caratteristiche precedenti.

### **2.3.3 Fattori di protezione**

Il loro effetto e la loro efficacia nel mitigare l'intensità del processo erosivo dipendono strettamente dalle relazioni uomo-ambiente in ciascun tipo di clima. Si possono ricondurre ai due seguenti principali fattori.

1) *Copertura vegetale*. Molto importanti sono il tipo, il ciclo e la densità di copertura vegetale, naturale o imposta dall'uomo. E' necessario mettere ben in evidenza come l'erosione non dipenda solo dalle precipitazioni ma anche dalla copertura vegetale.

2) *Gestione del territorio*. Dall'elenco precedente risulta chiaro su quali fattori si può intervenire per limitare l'azione erosiva e contenerla in livelli "ammissibili".

## **2.4 Metodi per la misura dell'erosione**

La misura delle perdite di suolo può essere fatta in campo, sia in condizioni di pioggia naturale che simulata, od in laboratorio utilizzando anche in questo caso appositi simulatori di pioggia.

Le misure in campo, in condizioni di pioggia naturale, sono certamente le più attendibili, ma devono protrarsi per un certo numero di anni in modo che possano essere riferite sia ad una serie di eventi piovosi molto ampia, includente anche gli eventi eccezionali, sia a variabili condizioni pedologiche, idrologiche ed agronomiche che possono essere notevolmente differenti anche da un evento al successivo. Altri difetti di questo tipo di misure sono rappresentati dall'elevato costo di allestimento e di gestione delle aree in esame e dalla necessità di dover disporre di una efficiente organizzazione per la raccolta tempestiva dei dati. Uno dei metodi più semplici consiste nel misurare lo scalzamento, relativo ad un certo periodo di tempo, di *picchetti graduati* sistemati a intervalli regolari lungo il versante. Questo tipo di misurazione è poco costoso, ma richiede una notevole accuratezza nella messa in opera dei picchetti in quanto è necessario che le loro sommità siano poste secondo una linea di livello determinata da punti fissi di riferimento stabili nel tempo, per evitare eventuali errori di lettura provocati da innalzamenti dovuti al gelo od abbassamenti a seguito di calpestamento. Misure di questo tipo forniscono una valutazione dell'erosione approssimativa in quanto imprecisioni di lettura di un solo millimetro, peraltro difficilmente evitabili, determinano un errore di circa 11-15 t/ha.

La misura più attendibile delle perdite di suolo viene effettuata sia su *parcelle* di dimensioni variabili, a seconda degli scopi, in differenti situazioni di suolo, di pendenza e di coltivazione, sia su interi bacini di varia ampiezza. La superficie delle parcelle può oscillare da meno di 1 m<sup>2</sup> fino a qualche ettaro. Negli USA

viene considerata standard una parcella lunga 22.1 m e larga 1.8 m e quindi di superficie pari ad 1/100 di acro. La quantificazione delle perdite di suolo richiede generalmente la misura del volume delle acque defluite relativa a ciascun evento ed il prelievo di un campione medio o preferibilmente di più campioni di torbida necessari per la successiva determinazione, in laboratorio, della concentrazione del materiale solido trasportato dalle acque di ruscellamento. Il prodotto del volume di acqua defluito e della concentrazione del materiale trasportato (espresso in g/l) fornisce il valore delle perdite di quel dato evento. Le parcelle vengono isolate dall'area circostante in modo da raccogliere soltanto il deflusso originatosi all'interno di esse. A questo scopo la parcella viene delimitata lateralmente e nel lato a monte da separatori costituiti da strisce di lamiera (o di altro materiale), che vengono infissi nel terreno e sono sporgenti sopra la superficie del suolo. Nel lato a valle della parcella viene posizionata invece una apposita canaletta sagomata in modo da assicurare la completa raccolta dell'acqua di scorrimento superficiale.

L'acqua e i sedimenti raccolti dalla canaletta vengono convogliati mediante canali o tubazioni alla apposita strumentazione per la misura dei deflussi e per il prelievo dei campioni di torbida. Alla fine di ogni evento piovoso, vengono prelevati i campioni di torbida per la determinazione, in laboratorio, della concentrazione del materiale solido.

L'intero sistema può venire impiegato non solo per valutare in tempi brevi l'erodibilità dei suoli, la velocità di infiltrazione e le perdite di suolo in funzione delle colture e delle tecniche colturali, ma anche per altri scopi di ricerca quali lo studio sia della dinamica nel suolo degli elementi nutritivi, dei diserbanti, ecc.,

## **2.5 Perdita di suolo e produzione di sedimenti**

*Perdita di suolo*: rappresenta la quantità di materiale asportato dal suolo in seguito ai processi erosivi che si verificano sui versanti. La *perdita di suolo specifica* si misura generalmente in mc/ha o tonn/ha (o tonn/km<sup>2</sup>) rimosso nell'unità di tempo (di solito un anno); oppure si fa riferimento all'abbassamento medio (in mm) della superficie topografica, sempre nell'unità di tempo.

*Produzione di sedimenti (sediment yield)*: rappresenta la quantità di sedimenti, prodotti dai fenomeni erosivi, misurata presso una sezione di un corso d'acqua che sottende un bacino idrografico. E' espressa anche in questo caso generalmente in mc/ha o tonn/ha (o tonn/km<sup>2</sup>) riferita all'unità di tempo (indicata anche come *degradazione specifica*).

*Rapporto di sedimentazione (sediment delivery ratio)*: percentuale dell'erosione totale che fuoriesce da un dato bacino; espressa quindi come rapporto percentuale tra produzione di sedimenti e perdita di suolo specifica. Indicata anche come *coefficiente di risedimentazione*.

*Erosione ammissibile*: può essere definita come quel livello nel quale, nonostante l'erosione sia attiva, la produttività del suolo in termini di biomassa rimane costante per lunghi periodi di tempo.

La stima della produzione di sedimenti in un bacino idrografico è un dato di fondamentale importanza nel caso di progettazione di invasi, progettazione di schemi irrigui, navigabilità di canali naturali e artificiali, sistemazioni idraulico forestali, sfruttamento industriale dei materiali d'alveo, studio dell'erosione dei litorali.

Determinazioni sperimentali della produzione di sedimenti o degradazione specifica annua possono essere ottenute misurando l'entità del progressivo interrimento di laghi o serbatoi artificiali, oppure dai valori del trasporto solido in sospensione dei corsi d'acqua.

La produzione di sedimenti varia ampiamente da bacino a bacino, ed è controllata essenzialmente da quattro ordini principali di fattori:

- 1) *caratteristiche delle precipitazioni e del ruscellamento superficiale;*
- 2) *resistenza all'erosione del suolo;*
- 3) *topografia del bacino;*
- 4) *tipo di copertura vegetale.*

Per i bacini italiani si hanno valori che cambiano molto secondo i fattori dell'erosione: per alcuni piccoli bacini fortemente dissestati la degradazione specifica annua può superare i 13 mm/anno, mentre per ampi bacini, nonostante punte localizzate di elevata erosione, si hanno valori dell'ordine di 0.1-0.2 mm/anno.

Variazioni temporali della produzione di sedimenti possono essere dovute ad una serie di fattori, quali principalmente:

- 1) *variazioni di uso del suolo e di copertura vegetale;*
- 2) *urbanizzazione;*
- 3) *stabilizzazione dei versanti e sistemazioni idraulico-forestali.*

Un esempio di variazione di uso del suolo è rappresentato dall'intensa urbanizzazione a cui può essere stata soggetta una determinata area . Tale urbanizzazione può indurre notevoli alterazioni nella produzione di sedimenti così come nel regime idrologico.

## **2.6 Cause naturali e antropiche dell'erosione**

Si può distinguere tra una *erosione naturale*, dovuta sostanzialmente a fattori naturali, da una *erosione antropica*, connessa più o meno direttamente con gli interventi dell'uomo sull'ambiente. Nel primo caso in genere l'erosione si mantiene entro limiti accettabili (*erosione normale*); nel secondo caso il processo di degradazione subisce un rapido incremento, per cui si parla di *erosione accelerata*.



### **2.6.1 Fattori naturali di erosione**

Nel complesso i fenomeni erosivi naturali sono il risultato di una serie di fattori:

#### *1) Fattori del suolo*

- Tessitura;
- Struttura;
- Profondità;
- Contenuto in sostanza organica;
- Pietrosità

#### *2) Clima*

- erosività della pioggia;
- distribuzione stagionale della pioggia

#### *3) Fattori morfologici*

- Pendenza;
- Lunghezza del versante;
- Esposizione

#### *4) Copertura vegetale.*

Per quanto riguarda le caratteristiche intrinseche del suolo, la tessitura assume un ruolo fondamentale. Le classi a tessitura fine (argillosa, argilloso-sabbiosa, argilloso-limosa) sono considerate scarsamente erodibili a causa del loro carattere fortemente coesivo. Le classi franco-limosa e limosa sono giudicate particolarmente erodibili per la loro mancanza di coesione e la loro bassa stabilità strutturale. Infine, le classi franco-sabbioso-argillosa, franco-limoso-argillosa, franca, franco-sabbiosa e sabbiosa sono caratterizzate da una moderata resistenza all'erosione poiché presentano una certa stabilità strutturale e/o una buona permeabilità. Anche la struttura, influenzata dal

contenuto in sostanza organica, dai colloidali minerali, dai cationi flocculanti, nonché da fattori agronomici, influisce positivamente (suolo ben strutturato) o negativamente (cattiva struttura) sui fenomeni erosivi.

Le caratteristiche idrologiche del suolo, in particolare la capacità di infiltrazione e la riserva idrica, influenzando l'intensità del ruscellamento, risultano determinanti nel limitare od incrementare i processi erosivi. La pietrosità, in linea di massima, svolge un ruolo di protezione attenuando l'energia cinetica delle piogge. L'erosività della pioggia è legata all'intensità ed alla durata dell'evento, al diametro ed alla velocità di impatto delle gocce di pioggia. Inoltre la distribuzione stagionale degli eventi piovosi può agire come causa predisponente ai fenomeni erosivi determinando, attraverso periodi di prolungata siccità, una riduzione della copertura vegetale. La suscettività del rilievo all'erosione cresce all'aumentare della pendenza e della lunghezza del versante inteso come superficie di scorrimento ininterrotta. Questi due fattori agiscono rispettivamente sulla velocità e sulla portata del flusso.

La copertura vegetale, influenzata dalle precipitazioni, dall'esposizione, dall'attività antropica, etc, assume un ruolo fondamentale ai fini protettivi. A questo proposito, i maggiori livelli di erosione si verificano con valori medi di piovosità (700-1000 mm/anno). Quindi, se da una parte le precipitazioni innescano fenomeni erosivi dall'altra, favorendo lo sviluppo di una buona copertura vegetale, li attenuano. Infine i processi erosivi possono risultare incrementati da alcune pratiche antropiche quali ad esempio taglio indiscriminato della vegetazione, incendi di boschi, diffusione della monocoltura.

Per soddisfare tali esigenze si può, a seconda dei casi, agire sulle colture, sulle tecniche colturali, sulle tecniche di lavorazione, ecc. o, dove il rischio erosivo è maggiore, si può intervenire sulla morfologia dei versanti.

### **2.6.2. Fattori antropici di erosione**

Nel complesso i fenomeni erosivi antropici sono il risultato di una serie di fattori:

#### *1) Gestione agro-forestale*

- coltivazioni,
- opere forestali (taglio, rimboschimento etc.)
- gestione degli inerbimenti
- allevamenti animali e pascolamento

#### *2) gestione faunistica venatoria*

- controllo della popolazione delle specie selvatiche
- protezione contro danni da selvaggina

#### *3) strutture ed infrastrutture*

- opere edili e viabilità
- manutenzione delle sistemazioni idrauliche agrarie e rete idrica,
- opere di consolidamento dei versanti.

## **2.7 Pratiche di conservazione**

### **2.7.1 Controllo dell'erosione**

Ai fini di limitare gli effetti dell'erosività delle piogge e dell'erodibilità dei terreni, esistono una serie di pratiche atte a:

- proteggere il suolo dall'impatto delle gocce;
- aumentare la capacità di infiltrazione;
- aumentare la "rugosità superficiale";
- aumentare la fertilità dei suoli;
- diminuire la lunghezza dei versanti e/o modificarne la pendenza.

Per soddisfare tali esigenze si può, a seconda dei casi, agire sulle colture, sulle tecniche colturali, sulle tecniche di lavorazione, ecc. o, dove il rischio erosivo è maggiore, si può intervenire sulla morfologia dei versanti.

Si descrivono di seguito alcune delle pratiche di conservazione più conosciute per il controllo dell'erosione.

*a) Rotazioni.*

Si alternano, a distanza di tempo variabile in funzione dell'entità dell'erosione, colture "poco protettive" (colture che necessitano di lavorazioni profonde) con altre più "protettive", in modo che la forte erosione che può verificarsi nell'anno di coltivazione delle prime sarà compensata dall'erosione ridotta che avrà luogo nell'anno o negli anni di coltivazione delle seconde, ottenendo così un livello medio di erosione accettabile.

*b) Gestione degli inerbimenti.*

I cotici erbosi, per la loro elevata capacità di coprire la superficie del suolo, rappresentano uno dei mezzi più efficaci di difesa dall'erosione. E' pertanto evidente che l'efficacia antierosiva di un cotico erboso dipende dal suo stato vegetativo e dal tipo di gestione; taglio, diserbo etc.

*c) Piante di copertura.*

Sono definite di copertura tutte le piante che vengono seminate allo scopo di proteggere il suolo dall'erosione. La loro utilizzazione è consigliata in particolare durante i periodi stagionali in cui il suolo rimarrebbe nudo per l'assenza delle colture.

*d) Colture a strisce (strip cropping).*

Questa tecnica consiste nel coltivare in strisce alternate tra loro piante che proteggono il suolo dall'erosione con colture da reddito meno protettive. Tali strisce, per svolgere una funzione antierosiva, devono essere orientate trasversalmente alla massima pendenza. Con questo sistema l'erosione viene fortemente ridotta poiché il terreno eroso nelle strisce con colture poco

protettive viene intrappolato nelle fasce adiacenti sottostanti costituite generalmente da graminacee e/o leguminose seminate dense. Questo tipo di intervento non è necessario quando la pendenza è inferiore al 5%, mentre mostra un'ottima efficacia su pendenze comprese tra il 10 e il 20%.

*e) Pacciamatura (mulching).*

Si intende con questo termine la copertura del terreno con materiali vari (paglie, foglie, ecc.) allo scopo di proteggerlo dall'azione degli agenti erosivi. Il *mulch* in pratica ha lo stesso effetto delle piante di copertura, o in determinate circostanze può essere anche più vantaggioso di queste.

*f) Gestione dei pascoli e degli allevamenti.*

Le essenze foraggere dei pascoli, per la loro elevata capacità di coprire la superficie del suolo, rappresentano uno dei mezzi più efficaci di difesa dall'erosione. E' pertanto evidente che l'efficacia antierosiva di un pascolo dipende dal suo stato vegetativo e da come viene utilizzato, stabilendo il tasso di utilizzazione effettivo e le modalità di utilizzazione, al fine di evitare fenomeni di sovrapascolamento che portano inevitabilmente alla degradazione della copertura erbosa.

La gestione degli allevamenti ed in particolare le modalità di utilizzazione dei pascoli rappresentano uno dei fattori antropici più importanti in relazione ai fenomeni erosivi e di dissesto idrogeologico. In caso di sovrapascolamento dovuto ad un eccessivo carico di bestiame o in seguito a pascolamento in condizioni inadeguate, come dopo una forte pioggia, il cotico erboso viene degradato fino alla completa distruzione. La mancanza di inerbimento, soprattutto in suoli molto declivi, rende il suolo particolarmente vulnerabile agli agenti erosivi. Altri aspetti legati a tali problematiche ambientali riguardano i sistemi di allevamento ed in particolare la specie animale allevata. Le specie di grossa mole (equini ,bovini) risultano dannose nelle zone terrazzate perché provocano danni ai muri a secco e frane di ciglioni e di terreni instabili. Le

specie di piccola mole danno meno problemi ai muri a secco, ma risultano spesso molto dannose per la vegetazione arborea ed arbustiva, la capra in particolare e molto vorace anche verso la vegetazione arbustiva, riesce a scortecciare anche alberi di alto fusto provocandone la morte.

I problemi erosivi e di dissesto idrogeologico possono essere causati anche da animali selvatici di grossa mole (ungulati) Sui Monti Pisani è presente una popolazione di cinghiali introdotti negli anni '70 per scopi venatori. Questi animali non fanno parte di razze autoctone, ma appartengono al gruppo etnico originario dei Carpazi e pertanto presentano caratteristiche morfo-funzionali e comportamentali non in sintonia con l'ambiente.

Infatti, rispetto alla razze locali questi cinghiali presentano una mole notevolmente più grande, e pertanto la loro presenza su un territorio particolare, come quello dei Monti Pisani, determina, nel caso di eccessiva pressione zoogena grossi problemi ambientali dovuti all'elevata voracità, all'azione di compattamento del suolo e ad alcune abitudini particolari, quali grufolare e grattarsi sui tronchi degli alberi, che creano notevoli danni alla fitocenosi. Inoltre, questi animali sono molto prolifici e rustici, non hanno predatori nel territorio e con la caccia non si riesce (o non si vuole) controllarne la numerosità, tutto ciò ha portato ad un sovrappopolamento che rappresenta il principale fattore di impatto ambientale da animali selvatici.

Il cinghiale benchè non sia un erbivoro si nutre anche di erba e, in caso di forte densità di animali, l'eccessivo consumo provoca un rapido degrado del cotico poiché non lascia tempo alle piante di ricacciare. Ma i danni più gravi ai cotici erbosi sono dovuti all'eccessivo calpestio, soprattutto con il terreno bagnato e all'attività di "rooting" esercitata dagli animali per la ricerca di radici, tuberi, rizomi e bulbi utilizzando il grifo a mo' di aratro. Il degrado dei cotici erbosi rappresenta una problematica ambientale di primaria importanza per la prevenzione dei dissesti idrogeologici.

L'azione di "rooting" esercitata dagli animali oltre a danneggiare le piante determina, soprattutto se di forte intensità, grossi problemi riguardo la stabilità dei suoli. Infatti, i numerosi solchi che si formano sulla superficie del terreno, rendono il suolo vulnerabile all'azione degli agenti idrometeorici, con aumento dei fenomeni erosivi che possono portare, specie nei casi più gravi, a smottamenti e frane.

Inoltre, questi animali, come già accennato, essendo di grossa mole, determinano problemi di compattamento del terreno a causa dell'eccessivo calpestio, con perdita della porosità e peggioramento della struttura. Il suolo perde, pertanto, la naturale capacità di assorbire l'acqua e quindi, nei terreni molto declivi, questa defluisce velocemente verso valle, provocando il fenomeno del ruscellamento.

Il passaggio continuo di questi animali in alcuni punti del sottobosco (sentieramento), assieme all'azione di "rooting", porta alla rimozione della lettiera costituita prevalentemente dallo strato fogliare, che ha una certa importanza per il contenimento dei fenomeni erosivi.

L'azione di "rooting" viene esercitata dai cinghiali anche sui ciglioni e terrazzamenti alla ricerca di bulbi, insetti e rettili che si trovano spesso tra le pietre dei muri a secco. Questi animali hanno un olfatto ben sviluppato, che permette loro di percepire l'odore del cibo anche in profondità, essendo molto voraci e possenti riescono a rimuovere le pietre provocando la frana di queste strutture.

I suddetti danni hanno riflessi negativi di tipo ambientale molto gravi, poichè i terrazzamenti, hanno anche la funzione di mantenimento della stabilità dei suoli contro i dissesti idrogeologici.

#### *g) Rivestimenti tramite geosintetici e stuoie biodegradabili.*

Si tratta di materiali e tecniche che stanno acquistando una diffusione sempre maggiore, in genere in combinazione con semine e rivestimenti vegetativi (si

veda anche tra gli interventi di stabilizzazione dei movimenti di massa). Vengono usati in maniera specifica per il controllo dei processi di erosione superficiale: *georeti tridimensionali*, in filamenti sintetici (nylon, poliammide) aggrovigliati casualmente; *geocompositi*, cioè georeti accoppiate a griglie di rinforzo in poliestere; *geocelle*, consistenti in georeti tridimensionali a nido d'ape; *tappeti erbosi* sovrapposti ai tipi precedenti di georeti e geocompositi. Lo scopo è quello di preservare semi e germogli dal dilavamento superficiale ed agire come rivestimento di protezione permanente. I rinforzi sono talora usati per impedire ad i rivestimenti di scivolare sulla superficie di contatto membrana-terreno.

Le stuoie biodegradabili (biostuoie, biofeltri, bioreti) hanno la funzione di proteggere provvisoriamente la semina dall'erosione e di creare un microclima ideale durante la prima fase di crescita della vegetazione. Altri interventi di Ingegneria Naturalistica (fascinate, viminate, graticciate, ecc.), seppure trattati in dettaglio nell'ambito degli interventi di stabilizzazione dei movimenti franosi, hanno in realtà una azione prevalente di protezione dai processi di dilavamento.

#### *h) Matrici di fibre legate.*

Si tratta di una miscela di fibre vegetali, collante, attivatori organici e minerali utili per migliorare la germinazione. Una volta applicata mediante idrosemina, agisce come una stuoia, formando una copertura di fibre legate che aderendo perfettamente al terreno, a differenza delle stuoie tradizionali, evita così rigonfiamenti e ruscellamenti sub-superficiali. E' un sistema adatto per quelle applicazioni che richiedono un controllo temporaneo dell'erosione fino allo stabilizzarsi della vegetazione precedente accoppiata con griglia di rinforzo in poliestere.

#### *i) Conservazione e miglioramento della fertilità.*



E' una condizione essenziale per la lotta all'erosione, in quanto su suoli fertili le piante crescono velocemente e assicurano una rapida copertura che attenua l'intensità dei fenomeni erosivi. Gli apporti di sostanza organica, di basi minerali e di fertilizzanti, i criteri di lavorazione, i drenaggi, sono tutte pratiche che contribuiscono in modo più o meno incisivo al mantenimento e al miglioramento della fertilità dei suoli.

*l) Condizionatori di struttura.*

Si tratta di sostanze che aggiunte al terreno favoriscono la strutturazione per periodi più o meno lunghi. Attualmente in questo campo ci si sta orientando verso una serie di polimeri organici di sintesi che agiscono sul terreno formando con questo legami di vario tipo a seconda della natura del polimero e del minerale argilloso.

*m) Sistemazioni idraulico-agrarie.*

Lo scopo delle sistemazioni idraulico-agrarie è essenzialmente quello di regolare lo smaltimento delle acque sia di scorrimento superficiale, in modo che non possano raggiungere velocità erosive, che sottosuperficiali, per evitare il ristagno dell'acqua in eccesso rispetto alla capacità di trattenuta del terreno.

Schematicamente la sistemazione di un versante collinare può comprendere le seguenti opere:

- *Fossi di guardia.* Hanno la funzione di intercettare le acque provenienti dalle zone sovrastanti non agricole e sono di fondamentale importanza in quanto proteggono le strutture sistematorie poste più in basso.
- *Terrazzamento (bench terraces)* La direzione di tali opere è ortogonale alle linee di massima pendenza ed hanno la funzione di dividere la pendice collinare (riducendone la lunghezza e la pendenza) in modo che l'acqua di scorrimento non possa raggiungere velocità erosive.
- *Acquidocci.* Hanno la funzione di raccogliere le acque drenate dai fossi di guardia e dagli altri organi emungenti (canali-terrazza, fossi livellari ecc.) e

convogliarle, anche attraverso canali di ordine superiore, nei corsi d'acqua. Possono essere utilizzate a questo scopo depressioni naturali (acquadocci naturali) o, dove non è possibile, devono essere utilizzati artificialmente.

### **2.7.2 Controllo dell'erosione**

Per il controllo dell'erosione e della sedimentazione si possono seguire una serie di principi e raccomandazioni generali quali:

- adeguare i progetti costruttivi al terreno;
- graduare gli interventi costruttivi in modo da minimizzare l'esposizione del suolo;
- conservare la vegetazione esistente ove possibile;
- rivegetare le aree denudate;
- allontanare le acque di ruscellamento dalle aree denudate;
- minimizzare la lunghezza e la pendenza dei versanti; mantenere basse le velocità del ruscellamento;
- allestire scoline e scarichi per raccogliere il ruscellamento concentrato;
- intrappolare i sedimenti in loco;
- ispezione periodica e manutenzione delle misure di controllo.

## **3 VALUTAZIONE DELL'EROSIONE DEL SUOLO**

### **3.1 Metodologie di analisi del processo erosivo**

Per determinare l'effettivo quantitativo di materiale eroso per effetto delle precipitazioni in un intervallo di tempo di un anno, esistono in letteratura approcci di diversa natura a carattere quantitativo, semiquantitativo e qualitativo.

Le metodiche utilizzate prendono in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici, la caratterizzazione climatica del territorio, l'uso del suolo, la rete di drenaggio e tutti i fattori naturali ed antropici che influenzano i fenomeni erosivi.

L'approccio quantitativo ritenuto maggiormente diffuso e più utilizzato è denominato Metodo USLE, che sarà utilizzato per il presente studio.

### **3.2 Il modello quantitativo di U.S.L.E.**

L'approccio quantitativo riconduce la valutazione dell'erosione all'applicazione di una sola equazione ricavata empiricamente per sovrapposizione degli effetti. A questa categoria appartengono quelle metodologie basate sulla parametrizzazione di vari fattori, che risultano tanto più articolate quanto più ne è elevato il numero e complessa la natura di ogni singolo fattore. Fra dette procedure, una delle più utilizzate è l'Equazione Universale per il Calcolo della Perdita di Suolo (USLE - Universal Soil Loss Equation), ricavata empiricamente sulla base di migliaia di dati sperimentali raccolti dal Soil Conservation Service e dall'Agricultural Research Service degli U.S.A.

La relazione di base è quella formulata da Wischmeier & Smith (1965, 1978)

$$A = R K L S C P$$

in cui:

A: perdita specifica di suolo media annua [t/ha/anno]

R: indice di aggressività della pioggia [MJ mm/ha ora anno], che si valuta considerando le altezze di precipitazione non inferiori a 13 mm (in particolare, si indicano come eventi piovosi distinti quelli intervallati da almeno 6 ore di tempo asciutto e tra questi come eventi erosivi quelli aventi un'altezza di pioggia totale non inferiore a 13 mm);

K: fattore pedologico che esprime l'erodibilità del suolo [t h/MJ mm], ricavabile tramite abachi sulla base delle percentuali di materiale fino (<0,1 mm), di

materiale grossolano (0,1 - 2 mm), di materia organica, e della permeabilità del suolo;

L: fattore topografico [adimensionale], ricavabile con una formula sperimentale funzione del valore della lunghezza libera del pendio;

S: fattore topografico [adimensionale], ricavabile con una formula sperimentale funzione del valore della pendenza;

C: fattore colturale [adimensionale] legato al tipo di coltivazione e di copertura vegetale, di non facile valutazione. Per il calcolo di C occorre far riferimento al manuale applicativo dell'USLE che raccoglie i rapporti adimensionali fra la perdita di suolo nelle diverse fasi del ciclo vegetativo delle più differenti colture e quella relativa al maggese di riferimento. L'uso recente di dati telerilevati e la relativa produzione di carte tematiche di copertura vegetale possono rendere più agevole la determinazione del parametro C;

P: fattore di pratica antierosiva, tabellato in funzione del valore della pendenza (s) e del tipo di pratica adottata (in assenza di pratiche antierosive  $P=1$ ).

#### **4 I COTICI ERBOSI NEL CONTROLLO DELL'EROSIONE**

Le piante erbacee che costituiscono i cotici erbosi danno luogo ad un tappeto vegetale molto denso ed infeltrito, formato da diverse migliaia d'individui per mq, di numerose specie erbacee appartenenti a diverse famiglie con netta prevalenza di graminacee.

I cotici erbosi rappresentano, proprio in considerazione della struttura, densità e durata della copertura vegetale che li caratterizza, la protezione più efficace contro l'aggressione degli agenti erosivi. Seguono poi le foraggere avvicendate, le colture erbacee a file strette (cereali autunno vernini ed erbai), quelle a file larghe (le così dette sarchiate), gli arboreti non inerbiti e infine i maggesi nudi che mostrano la minor "efficienza antierosiva".

Il cotico erboso presenta una efficace funzione antierosiva, in quanto contrasta efficacemente la forza battente della pioggia, diminuisce il trasporto solido e la

velocità di deflusso delle acque, riducendone notevolmente la pericolosità in virtù, anche, delle maggiori caratteristiche fisiche conferite al suolo. Nel nostro paese, è stato stimato che, i cotici erbosi ad azione protettiva diretta (pascoli, incolti, prati permanenti e poliennali su aree in pendenza) assommano ad oltre 9 milioni di ettari, pari al 30% del territorio nazionale e al 39% di quello declive.

I cotici erbosi naturali svolgono un'azione protettiva difficilmente sostituibile, essendo formati da piante appartenenti a diverse famiglie, caratterizzate da diverso portamento e conformazione, assommano le caratteristiche positive di ciascuna di esse nel trattenere l'acqua ed il terreno. È stato, infatti, dimostrato a seguito di esperienze condotte da ricercatori americani ed italiani (Istituto Sperimentale per lo studio e la difesa del suolo di Firenze, Istituto Sperimentale agronomico di Bari), Istituti d'Agronomia di varie sedi universitarie, che a parità di pendenze e di altre condizioni, la velocità dell'acqua attraverso i cotici erbosi, viene ridotta di circa un terzo rispetto a quella riscontrabile in un prato monofita. Inoltre è stata vista la miglior tendenza dei cotici spontanei a proteggere il suolo rispetto a quelli seminati sia, per quanto concerne l'erosione fisica, che quella chimica di cationi ed anioni.

#### **4.1 Efficienza protettiva dei cotici erbosi: meccanismi d'azione**

La capacità protettiva delle colture erbacee verso il terreno, contro i processi erosivi idrometeorici di superficie è attribuita, da diversi Autori, principalmente alla dissipazione dell'energia della pioggia ad opera sia della parte aerea della vegetazione, che di quella a stretto contatto con la superficie del terreno.

È ormai accertato da osservazioni e dati sperimentali, che il grado di protezione contro l'erosione idrometeorica di diversi complessi vegetazione/terreno delle fitocenosi naturali, dipenda principalmente dalle condizioni di copertura a livello della superficie del terreno, quali ad esempio

lettiera e vegetazione erbacea, dalla quantità di radici nei primi centimetri del terreno stesso e dalle caratteristiche evolutive della fitocenosi. I meccanismi fisici mediante cui la copertura delle piante esercita una funzione protettiva nei confronti della generazione del deflusso e dei processi d'erosione superficiale del terreno, sono molto più complessi di quanto non sia desumibile dal solo effetto di dissipazione dell'energia cinetica della pioggia. In generale, come già ricordato, la funzione protettiva contro l'erosione del terreno da parte delle piante è svolta sia dalla copertura epigea, sia dalla posizione ipogea delle piante stesse, come un "interfaccia" che, interponendosi dinamicamente fra la pioggia e il terreno, regola l'entità delle perdite di terreno per erosione. I principali processi che vengono regolati da questa interfaccia concernono la generazione del deflusso, le caratteristiche stesse del deflusso (massa, distribuzione, velocità, distacco delle particelle del terreno), il trasporto solido e la rideposizione. Le modalità con cui tale regolazione si esplica, risultano molto diverse in funzione delle innumerevoli tipologie e forme fisiche che caratterizzano l'interfaccia stessa, sia per quanto riguarda la fitomassa epigea e ipogea, sia per quanto riguarda le condizioni del terreno più o meno disturbate dall'intervento antropico.

I meccanismi con cui le cotiche erbose esplicano la loro azione di difesa del suolo possono essere così sintetizzati:

➤ Riduzione dell'azione battente e, quindi, dell'indice d'erosività delle piogge e dissipazione della loro energia cinetica, con conseguente riduzione delle particelle di terreno distaccate e della massa di materiale trasportabile a valle dalle acque di scorrimento superficiale. Sembra accertato che 22,5q di s.s./ha di graminacee in cotico chiuso siano in grado di dissipare il 95% dell'energia (FAO, 1967). La completa o parziale dissipazione dell'energia d'impatto delle gocce di pioggia determina, inoltre, un minor intasamento della micro e macro porosità dell'orizzonte superficiale del terreno ad opera delle particelle

distaccate, riducendo il rischio di formazione della crosta e di conseguenza favorendo l'infiltrazione della pioggia; per il ridotto impatto delle gocce viene, inoltre, diminuita la turbolenza delle acque di scorrimento.

- Trattenuta per adesione di parte dell'acqua in eccesso; sembrano particolarmente efficaci alcune leguminose (il *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Medicago sativa*) e graminacee (*Festuca arundinacea*).
- Diminuzione della velocità di ruscellamento per la maggior scabrezza della superficie e per il percorso più tortuoso con cui l'acqua è costretta a circolare nel fitto intreccio vegetativo, con conseguente riduzione anche del trasporto solido e delle particelle d'elementi nutritivi. È stato dimostrato che il cotico erboso potrebbe sopportare, senza pericolo d'erosione, velocità di scorrimento fino a 2,4 m/s mentre nel terreno nudo tale limite oscilla fra 0,3 e 0,9 m/s.

Questo per quanto riguarda l'azione svolta dalla parte aerea del cotico, mentre la parte ipogea determina:

- Imbrigliamento e trattenuta del suolo da parte del fitto apparato radicale, soprattutto quello fascicolato delle graminacee; Miglioramento diretto della struttura dovuto all'azione delle radici viventi.
- Miglioramento diretto della struttura dovuto al cospicuo apporto di sostanza organica umificata. Nell'ecosistema cotico di prato la ricchezza di humus è notevole e il rapporto fra humus stabile, responsabile della struttura e humus nutritivo è ideale.

In relazione all'efficienza protettiva dei pascoli e dei prati va ricordata, la positiva influenza sul fattore «C» dell'equazione universale delle perdite di suolo, USLE (Universal Soil Loss Equation), esercitata dalle cotiche erbose, le quali sono capaci di contenere le asportazioni di terreno molto al di sotto dei limiti ammissibili per le diverse situazioni podologiche. L'USLE è, come noto, un'equazione di tipo parametrico, messa a punto da studiosi americani

,Wischmeier e Smith, per valutare l'efficacia protettiva di un sistema pianta terreno, dove tra i diversi parametri presi in considerazione compare il fattore «C», dove copertura e tecnica colturale vengono espresse come il rapporto tra le condizioni specifiche di coltura e tecniche colturali e una condizione "standard" rappresentata da maggese lavorato nudo; tale fattore permette di valutare il diverso ordine di grandezza del grado di protezione e/o di vulnerabilità dei diversi sistemi colturali. I valori del fattore «C» delle colture sodive (pascoli, incolti produttivi, prati), oscilla tra 0,003-2% a seconda che si tratti del cotico chiuso di un pascolo o di un prato permanente (con copertura del terreno superiore al 95%), o si tratti di una coltura monofita avvicendata di leguminose. L'efficienza protettiva delle colture sodive è, quindi, paragonabile a quella offerta da una foresta indisturbata dove il fattore «C» oscilla tra 0,001- 0,001 (nel caso in cui la % d'area coperta dalla chioma degli alberi e dal sottobosco è compresa tra 100 e 75, mentre la % d'area coperta dalla lettiera è 100-90) e tra 0,003-0,009 (dove la % d'area coperta rispettivamente dalla chioma degli alberi e dalla lettiera è 40-20 e 70-40).

#### **4.2 Fattori che condizionano l'efficacia antierosiva della cotica erbosa**

I fattori che influenzano la funzione protettiva dei cotici erbosi sono essenzialmente distinti in naturali ed antropici. Fra i fattori naturali, di notevole importanza sono i fattori climatici, dove la pioggia è fattore di maggior rilievo. Il suo indice d'erosività è estremamente dipendente dall'intensità massima. È particolarmente pericolosa quando è contemporaneamente intensa, abbondante e persistente e quando i massimi stagionali coincidono con periodi di scarsa copertura vegetale (la quantità di pioggia annua critica nei riguardi del trasporto solido non è la massima, bensì, quella situata intorno a 250-350 mm, con piovosità minori diminuisce il deflusso e con precipitazioni maggiori la copertura vegetale è più sviluppata ed efficiente).



L'azione antierosiva dei cotici è fortemente influenzata anche dai fattori topografici (su cui l'uomo può intervenire con sistemazioni agrarie) e dai fattori podologici; le caratteristiche naturali o indotte del terreno, quali profondità, tessitura, stabilità strutturale, permeabilità, contenuto in sostanza organica influenzano direttamente l'erodibilità e indirettamente la fittezza della stessa copertura erbacea. In particolare, situazioni d'erosione o d'accumulo, dovute a complessi fenomeni naturali, ma anche provocate dall'uomo, possono verificarsi drastiche riduzioni della copertura vegetale innescando fenomeni di dissesto idrogeologico.

L'azione protettiva del cotico è strettamente legata, ovviamente, anche alla sua composizione floristica e, più precisamente, al numero di specie presenti; al rapporto fra le diverse famiglie e fra le diverse forme biologiche che caratterizzano i singoli componenti delle associazioni, in quanto certe specie risultano più antierosive di altre. L'efficienza dello schermo protettivo, qual'è la copertura vegetale, verso gli agenti erosivi dipende, oltre che dall'habitus vegetativo delle specie vegetali e dalla distribuzione spaziale delle piante sul terreno, anche da altri fattori quali la durata e la stagionalità dello sviluppo vegetativo in relazione alle caratteristiche del clima e la presenza di varietà caratterizzate da alta persistenza, buon potere portante nei riguardi del calpestamento, rapido insediamento e facile propagazione. Per quanto riguarda i fattori antropici, quelli che maggiormente condizionano la funzione protettiva della copertura vegetale, riguardano tutti gli interventi tecnico-agronomici su prati e pascoli ed in particolare il tipo di gestione degli inerbimenti. L'efficienza antierosiva delle cotiche erbose è destinata a venir meno quando si effettuano sfalci squilibrati o intenso ed irrazionale pascolamento, che degradando la copertura vegetale, rendono il terreno soggetto a fenomeni di erosione, in particolare nelle zone di maggiore pendenza.

### **4.3 Effetti del tipo di gestione sui cotici erbosi**

Il cotico erboso è un'entità biologica molto complessa, dipendente dal clima, dal terreno e dagli interventi colturali. Per queste ragioni, le modalità d'utilizzazione dei cotici erbosi sono al centro delle attenzioni di molti studiosi, poiché, incidendo direttamente sulle piante, condizionano il ciclo produttivo, la qualità delle stesse, la durata della risorsa stessa e quindi le capacità protettive. Le modalità d'utilizzazione stimolano risposte diverse dall'erba che si comporta come un'entità dinamica, essendo in grado di rimpiazzare anche in breve tempo, le foglie e i culmi asportati. A questo proposito, assumono particolare importanza il ritmo d'emissione delle foglie e dei culmi, la velocità di crescita e la senescenza dei tessuti.

L'utilizzazione può determinare modificazioni sensibili sui culmi: l'asportazione dell'apice florale determina un'attenuazione della dominanza dei culmi riproduttivi a vantaggio di quelli vegetativi, di norma più numerosi (accestimento) migliorando la copertura vegetale.

Per tutte le specie, un aumento della frequenza delle utilizzazioni, comporta una riduzione della taglia, dovuta alla minor lunghezza degli internodi e delle foglie, in modo da offrire un portamento più prostrato e una maggiore fittezza del cotico (Davies, 1988).

Questi aspetti assumono un'importanza rilevante in tutte quelle situazioni dove l'inerbimento controllato rappresenta una tecnica agronomica per una gestione ecocompatibile dei frutteti, vigneti ed oliveti.

### **4.4 La gestione dei cotici erbosi negli oliveti del Monte Pisano**

La gestione degli inerbimenti dei cotici erbosi negli oliveti riguarda essenzialmente il taglio dell'erba al fine di mantenere le piante ad un'altezza tale da non essere di disturbo alle operazioni colturali. La potatura, la

concimazione minerale, ma soprattutto la raccolta delle olive devono essere eseguite con l'erba molto bassa.

Inoltre, il taglio periodico del cotico erboso nei frutteti in generale, ha la funzione di evitare competizione idrica e dei nutrienti tra l'erba e le piante arboree.

Infine, il taglio dell'erba risulta importante per evitare la diffusione degli incendi poiché l'erba non tagliata, in estate può diventare "paglia in piedi" e rappresentare un veicolo per la diffusione di incendi.

Nel Monte Pisano, come in generale in tutte le superfici con elevata declività, il controllo degli inerbimenti risulta spesso complesso, per la difficoltà di meccanizzazione delle operazioni di sfalcio e di lavorazione del terreno.

Oltre alla pendenza vi sono altri ostacoli alla meccanizzazione come la sistemazione dei terreni a terrazzamenti o gradoni, la presenza degli olivi disposti non a file e soprattutto la mancanza di viabilità.

#### **4.5 Le modalità di gestione dei cotici erbosi negli oliveti del Monte Pisano**

Le principali modalità di gestione dei cotici erbosi negli oliveti del Monte Pisano sono i seguenti:

##### *1-Taglio a prato (inerbimento controllato)*

Rappresenta la soluzione migliore perchè lascia la superficie del terreno costantemente coperta dall'inerbimento consentendo di avere sempre una efficace azione antierosiva. Crea qualche difficoltà per la concimazione in quanto il concime non si deposita direttamente sul suolo e vi sono quindi problemi per il suo interrimento. Inoltre, restando a contatto con gli agenti meteorici (acqua, luce) perde la sua efficacia e può essere trasportato a valle dal dilavamento delle acque meteoriche.

Questa tecnica richiede, specie nella stagione primaverile, interventi di sfalcio molto frequenti che nei grossi appezzamenti olivati risultano molto gravosi e spesso improponibili perché economicamente non sostenibili nel caso di ricorso a manodopera esterna. Per questi motivi, dalla nostra indagine risulta che oliveti molto ben curati mostrano invece inerbimenti spesso trascurati.

### *2-Lavorazione superficiale (fresatura)*

Pratica utilizzata negli oliveti dei territori pianeggianti del sud Italia (Puglia) coltivati con tecniche di aridocoltura per ridurre a zero la competizione erba-olivo e favorire la penetrazione dell'acqua e dei nutrienti in profondità. Durante la raccolta delle olive può creare alcuni problemi per il recupero dei frutti caduti sul terreno.

Deve essere possibile, ovviamente, utilizzare tecniche di meccanizzazione e deve essere effettuata con continuità per evitare che le radici degli olivi si propaghino in superficie e siano distrutte durante la lavorazione del terreno. E' una tecnica che deve essere utilizzata su suoli medio-profondi, senza roccia affiorante e con poco scheletro

Nei terreni declivi è da evitare perché il terreno risulta vulnerabile ai fenomeni erosivi sia per la mancanza di copertura vegetale che di apparati radicali.

### *3- Diserbo.*

Pratica diffusa soprattutto dopo l'entrata in commercio dei diserbanti sistemici che vengono assorbiti dalle piante e migrando alle radici ne provocano la morte, impedendo per molto tempo la ricrescita dell'erba. Rispetto ai disseccanti tradizionali, quelli sistemici ritardano notevolmente la ripresa vegetativa delle piante erbacee lasciando il terreno per molto tempo privo di vegetazione. Pertanto, l'azione antierosiva dei cotici viene progressivamente a mancare per la morte dell'erba, che tende a scomparire lasciando il terreno a

nudo. Inoltre, la morte delle radici provoca la mancanza dell'azione antierosiva del suolo anche negli strati profondi, per mancanza di trattenimento operata dagli apparati radicali. Il terreno col tempo riduce la propria porosità e permeabilità favorendo il deflusso superficiale e quindi i fenomeni erosivi con perdita anche di sostanza organica.

Pertanto è il sistema più criticato dagli ambientalisti perché oltre ai problemi legati all'erosione del terreno questa tecnica determina rischi di inquinamento ambientale perché in caso di dilavamento i prodotti chimici possono inquinare le acque. Inoltre, in caso di contatto con le olive può determinare riflessi negativi sulla salubrità dell'olio.

#### *4- Taglio raso (superficie nuda)*

Rappresenta l'alternativa al taglio a prato da cui si differenzia per la maggiore pressione di taglio esercitata con decespugliatori a filo rotante. Mantenendo il raggio di azione di taglio in posizione inclinata rispetto alla superficie del terreno si ha la distruzione oltre che delle foglie dei "colletti", determinando la totale scomparsa dell'erba. Questo sistema viene adottato sempre più frequentemente, perché aumentando i tempi di ricrescita dell'erba riduce notevolmente gli oneri dovuti all'operazione di sfalcio dell'erba. Il terreno a nudo, pur mantenendo l'apparato radicale, risulta particolarmente vulnerabile ai fenomeni erosivi, in quanto il terreno è assolutamente privo di vegetazione ed inoltre presenta una compattazione maggiore dovuta anche all'azione meccanica esercitata dall'azione del filo rotante. Lo stesso, inoltre, colpendo la superficie del terreno provoca il distacco delle particelle solide favorendo in questo modo i fenomeni erosivi ai quali si oppone solo l'azione della porzione ipogea del cotico.

#### *5-Pascolamento*

Rappresenta la tecnica più remota in quanto anticamente sul Monte Pisano pascolavano molti greggi di pecore, che fornivano all'agricoltore-allevatore un reddito aggiuntivo a quello dell'olio.

Nel dopoguerra, l'abbandono dei territori marginali ha di fatto estinto l'ovinicoltura dal Monte Pisano. Attualmente il controllo degli inerbimento con il pascolo viene effettuato con i cavalli, animali d'affezione che presentano un maggior fascino rispetto alla pecora.

Il cavallo per la sua grossa mole risulta però poco idoneo per il territorio olivato del Monte Pisano, perchè oltre alla distruzione dei cotici determina il compattamento del suolo per eccessivo calpestamento, impedendo all'acqua idrometeorica di penetrare nel terreno e favorendo fenomeni erosivi.

Inoltre, con il suo comportamento vivace può determinare il crollo dei muri a secco con gravi ripercussioni sull'assetto idrogeologico del territorio.

Il sovraccarico, caratterizzato da eccessivo calpestamento del suolo ed esasperato brucamento delle piante, tende a deprimere la produzione, provoca infeltrimento e inaridimento del cotico e fa comparire, in classica successione, dapprima specie annuali ed effimere, quindi piante di difesa (spinose e velenose) e in ultimo ferite (o addirittura "sentieramenti") al tappeto erboso, che diviene particolarmente soggetto all'erosione. Prima di produrre effetti così vistosi, il calpestamento esercitato dagli animali, che provoca compattazione del suolo, alterazione del profilo, diminuzione della porosità e quindi della capacità d'infiltrazione del terreno, rallenta l'attività microbica, abbassa il contenuto in sostanza organica e riduce la massa e la distribuzione delle radici, che tendono a concentrarsi sempre più in superficie. In tali situazioni l'erosione ed il ruscellamento aumentano, come dimostrato sperimentalmente. «I danni possono variare a seconda delle condizioni d'elevata umidità del terreno e per suoli a comportamento plastico. In presenza di terreno eccessivamente umido,

specie se argilloso possono formarsi, in corrispondenza delle orme degli zoccoli, delle piccole pozze dove l'acqua ristagna e l'erba intristisce e tende a scomparire».

## **OBIETTIVI DEL PROGETTO**

Verificare la situazione attuale del territorio montano olivato del Comune di San Giuliano Terme con particolare riguardo alle problematiche relative al dissesto idrogeologico e alla stabilità dei versanti. Il presente lavoro si è articolato in tre fasi distinte:

- 1) Inquadramento dal punto di vista geologico, geomorfologico del territorio montano mediante l'uso di sistemi GIS (Geographic Information System)
- 2) Sopralluoghi su tutta la superficie olivata del territorio al fine di evidenziare le situazioni di degrado delle suddette superfici.
- 3) Prova sperimentale per valutare il grado di erosione di superfici inerbite sottoposte a differenti modalità di gestione.

I risultati ottenuti ci consentiranno di fornire indicazioni idonee per una corretta gestione agro-ambientale del territorio olivato montuoso del Comune di San Giuliano Terme.

## **5 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO MONTANO DEL COMUNE DI SAN GIULIANO TERME**

Lo studio sull'erosione del suolo nelle aree destinate ad oliveto nel territorio montano del Comune di San Giuliano Terme ha previsto dapprima un inquadramento della situazione attuale del territorio dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrologico mediante l'uso di strumenti GIS (Geographic Information System), e dall'analisi delle ultime cartografie disponibili, di foto aeree e da satellite sono state ricostruite carte tematiche di dettaglio relative alla distribuzione degli oliveti nel territorio in questione, una carta altimetrica, una relativa alle pendenze, una relativa alle esposizioni dei versanti e altre due relative ai rapporti fra la distribuzione degli oliveti e la litologia e geomorfologia del territorio. È stato inoltre realizzato un modello digitale tridimensionale del suolo dell'intero territorio in questione che ha



consentito sovrapposto ed analizzato insieme alle precedenti carte menzionate di realizzare una carta della suscettibilità dei versanti all'erosione.

## **5.1 Inquadramento geografico**

Il Monte Pisano e' il massiccio montuoso che si eleva a nord-est di Pisa e a sud di Lucca, ad una distanza dalla costa tirrenica variabile tra i 12 ed i 20 km ed è un rilievo isolato di forma grossolanamente ellissoidale orientato con asse maggiore NE – SW (della lunghezza di circa 19 Km) e asse minore orientato NW-SE (della lunghezza di circa 9 km) e con un'estensione approssimativa di circa 180 kmq.

E' costituito da una serie di cime di cui la più elevata e nota e' il Monte Serra (917 m. slm.) seguita dal Monte Faeta, la Verruca ed altre minori affacciate sul Mar Mediterraneo che dista, in linea d'aria, pochi chilometri.

Il rilievo è delimitato a Nord dal corso del Fiume Serchio, a Est-Sudest dalla Pianura di Lucca e dal Padule di Bientina, a Sud dal Fiume Arno e a SudOvest – Ovest dalla Pianura di Pisa.

Dal punto di vista amministrativo il Monte Pisano ricade in parte nella Provincia di Lucca (comuni di Lucca e Capannori) ed in parte nella provincia di Pisa (comuni di San Giuliano Terme, Calci, Vicopisano e Buti).

## **5.2 Inquadramento geologico, evoluzione strutturale**

Il Monte Pisano rappresenta l'estremità sud-orientale della dorsale Alpi Apuane - Monte Pisano, margine Est di un ampio bacino di sprofondamento tettonico denominato graben pisano-versiliense; il lato Ovest del graben è rappresentato dalla dorsale (sepolta dal mare) detta della Meloria e di Maestra. La maggior parte della Pianura di Pisa è compresa nel suddetto graben.

Sul suo lato occidentale, verso la Pianura di Pisa, il Monte Pisano è quindi delimitato da un sistema di faglie dirette con andamento Nordovest-Sudest; questa struttura è dislocata, in alcuni punti, da linee tettoniche con andamento antiappenninico Nordest-Sudovest.

Il Monte Pisano è quindi un Alto Strutturale che determina "l'emersione" del basamento litoide antico rispetto ai terreni tettonicamente depressi circostanti, caratterizzati dalla presenza di ingenti spessori di terreni alluvionali (circa 1000 m in corrispondenza di Pisa Nord).

Questo assetto è determinato dalla evoluzione tettonica dell'area toscana che vede l'instaurarsi di una tettonica distensiva in epoca post - tortoniana, che determina il formarsi di una serie di horst e graben, con bacini di sedimentazione impostati nel graben (come la Pianura di Pisa) e di alti strutturali (horst) in contemporanea erosione e sollevamento (come la dorsale Alpi Apuane - Monte Pisano).

Riportiamo di seguito la carta geologica e la successione stratigrafica del Monte Pisano, come ricostruita da vari autori (il nome formazionale è preceduto dalla sigla con cui la formazione è, di regola, indicata nella cartografia geologica corrente ed è seguito dall'indicazione dell'età della formazione medesima):



## Successione stratigrafica del Monte Pisano

### FALDA TOSCANA

<i>mg</i>	<i>Macigno</i>	(Eocene)	
<i>sc</i>	<i>Scaglia Rossa</i>	(Cretaceo-Eocene)	
<i>m</i>	<i>Maiolica</i>	(Eocene)	
<i>rv</i>	<i>Radiolariti varicolori</i>	(Dogger sup./Titoniano. inf)	
<i>cv</i>	<i>Calcare cavernoso</i>	(Trias)	

### UNITÀ TOSCANA METAMORFICA

<i>pmg</i>	<i>Pseudomacigno</i> e scisti marnosi	(Eocene)	Metarenarie micacee e marne
<i>sc</i>	<i>Scaglia</i> Scaglia Toscana	(Cretaceo-Eocene)	Scisti sericitici e calcescisti della
<i>d</i>	<i>Diaspri</i>	(Dogger sup.-Malm)	Radiolariti varicolori
<i>css</i>	<i>Calcare selcifero sup.</i>	(Dogger)	Metacalcari picchiettati
<i>mp</i>	<i>Marne a Posidonomya</i> Posidonomya	(Dogger)	Metacalcari marnosi con
<i>csi</i>	<i>Calcare selcifero inf.</i>	(Lias medio-Dogger)	Metacalcari con selce
<i>cc</i>	<i>Calcare ceroide</i> ceroidi	(Lias inf.)	Metacalcari massicci bianchi,
<i>gr</i>	<i>Grezzoni</i> Dolomitici	(Norico)	Metadolomie e metacalcari

### FORMAZIONE DELLE QUARZITI DEL MONTE SERRA

<i>S<sub>4</sub></i>	<i>Quarziti viola zonate</i>	(Carnico sup.)	
<i>S<sub>3</sub></i>	<i>Quarziti bianco-rosa</i>	(Carnico)	Sequenza finale
<i>S<sub>2</sub></i>	<i>Quarziti verdi</i>	(Carnico)	
<i>S<sub>1</sub></i>	<i>Scisti verdi</i>	(Carnico inf.)	Seconda sequenza

### FORMAZIONE DELLA VERRUCA

<i>V<sub>3</sub></i>	<i>Anageniti minute</i>	(Ladinico)	
<i>V<sub>2</sub></i>	<i>Scisti violetti</i>	(Ladinico)	
<i>V<sub>1</sub></i>	<i>Anageniti grossolane</i>	(Anisico-Ladinico)	Sequenza basale

### FORMAZIONI PALEOZOICHE

<i>brA</i>	<i>Brecce d'Asciano</i>	(Permiano)	
<i>sSL</i>	<i>Scisti di S.Lorenzo</i>	(Carbonifero)	
	<i>Filladi e quarziti listate di Buti</i>	(Ordoviciano – Siluriano)	

Da un punto di vista strutturale, recenti studi hanno evidenziato come, precedentemente alla fase tettonica distensiva responsabile della creazione del graben pisano-versiliense, l'area del Monte Pisano sia stata soggetta ad almeno tre fasi tettoniche distinte e sovrapposte:

**Prima fase** – deformazione tangenziale che genera pieghe isoclinali con assi sub-orizzontali e con associata una marcata scistosità penetrativa.

**Seconda fase** – verticalizza le strutture della prima fase e le piega blandamente, non provocando variazioni apprezzabili nelle direzioni assiali della prima fase.

**Terza fase** – ripiega decisamente le strutture secondo assi sub-ortogonali a quelli di prima e seconda fase.

Più in particolare i calcari selciferi che affiorano a monte del complesso termale mostrano almeno tre sistemi di fratture che, intersecandosi, danno luogo alla suddivisione in blocchi visibile in affioramento (es. Cava di NE) :

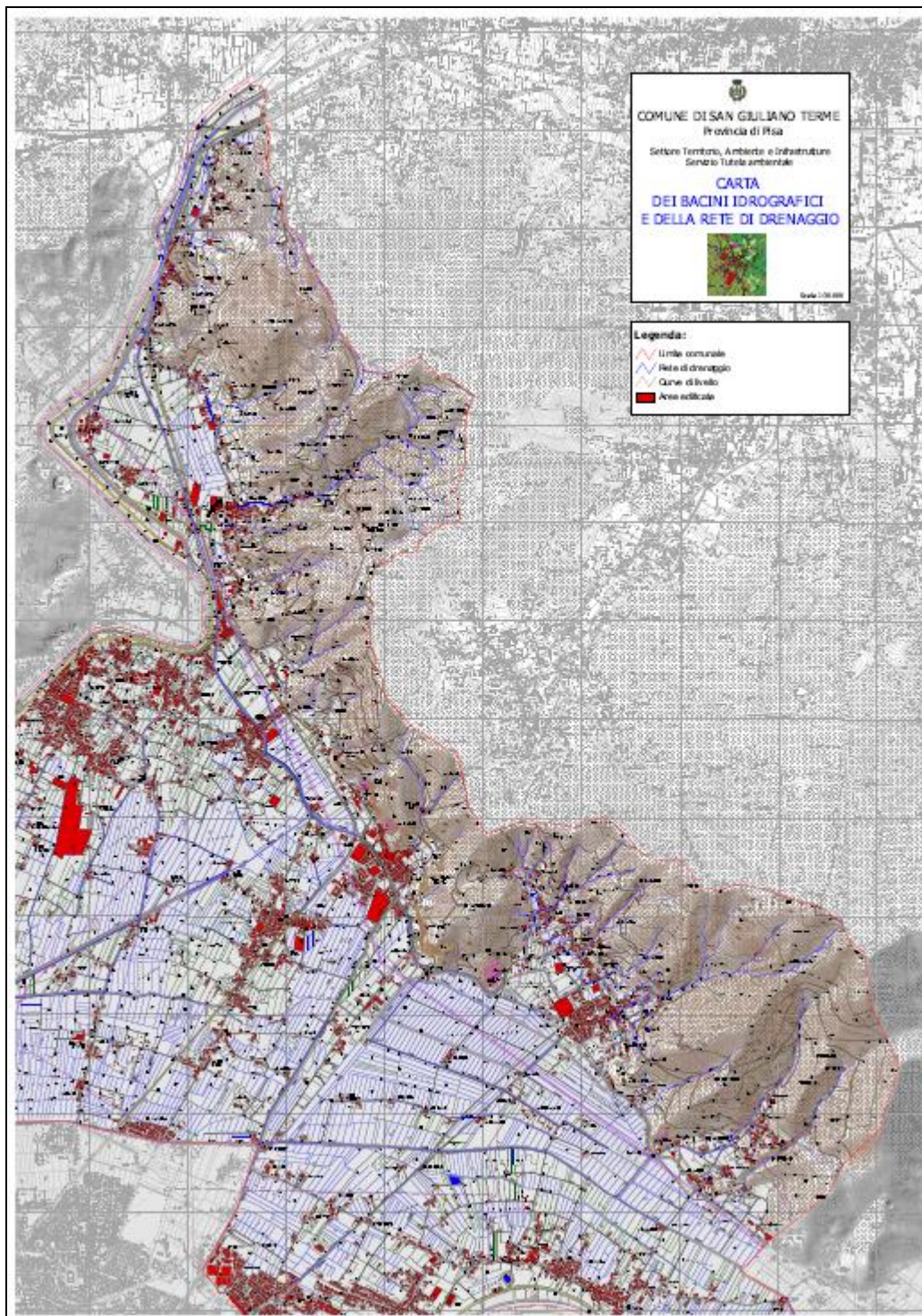
1° sistema direzione N 160, inclinazione 55°-65° NE

2° sistema direzione N 60, inclinazione 30° - 35° SE

3° sistema direzione N 150-160, inclinazione 40°-50° SW

Dal punto di vista idrografico il reticolo del Monte Pisano ha un andamento radiale centrifugo, costituito da brevi corsi d'acqua a regime marcatamente torrentizio, spesso completamente privi di portata in estate; i due corsi d'acqua principali, che sottendono i due bacini di dimensioni maggiori, sono il Torrente Guappero, nella parte settentrionale del massiccio, che sfocia a Nordest nel Canale Ozzeri, ed il Torrente Zambra di Calci che sfocia nel fiume Arno su lato Sud-Ovest del massiccio.





*Fig.5.2 – Carta del reticolo idrografico del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme.*

## **METODOLOGIA**

In questa prima fase, sulla base di informazioni disponibili integrate a nuovi dati acquisiti, sono state realizzate carte tematiche di dettaglio al fine di individuare le zone coltivate ad olivo che, nella fase successiva del progetto, verranno appositamente catalogate secondo schede di rilevamento, così da poter individuare le zone più rappresentative nelle quali verranno messe in opera le cinque diverse tipologie di coltivazione del cotico erboso.

In particolare sono state realizzate le seguenti cartografie:

- Carta della distribuzione degli oliveti;
- Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'altimetria;
- Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla pendenza;
- Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'esposizione;
- Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla litologia individuata dalle carte del P.S. del Comune di San Giuliano Terme;
- Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla geomorfologia individuate dalle carte di P.S. del Comune di San Giuliano Terme.

Nei paragrafi successivi si illustra la metodologia utilizzata nella realizzazione delle suddette carte.

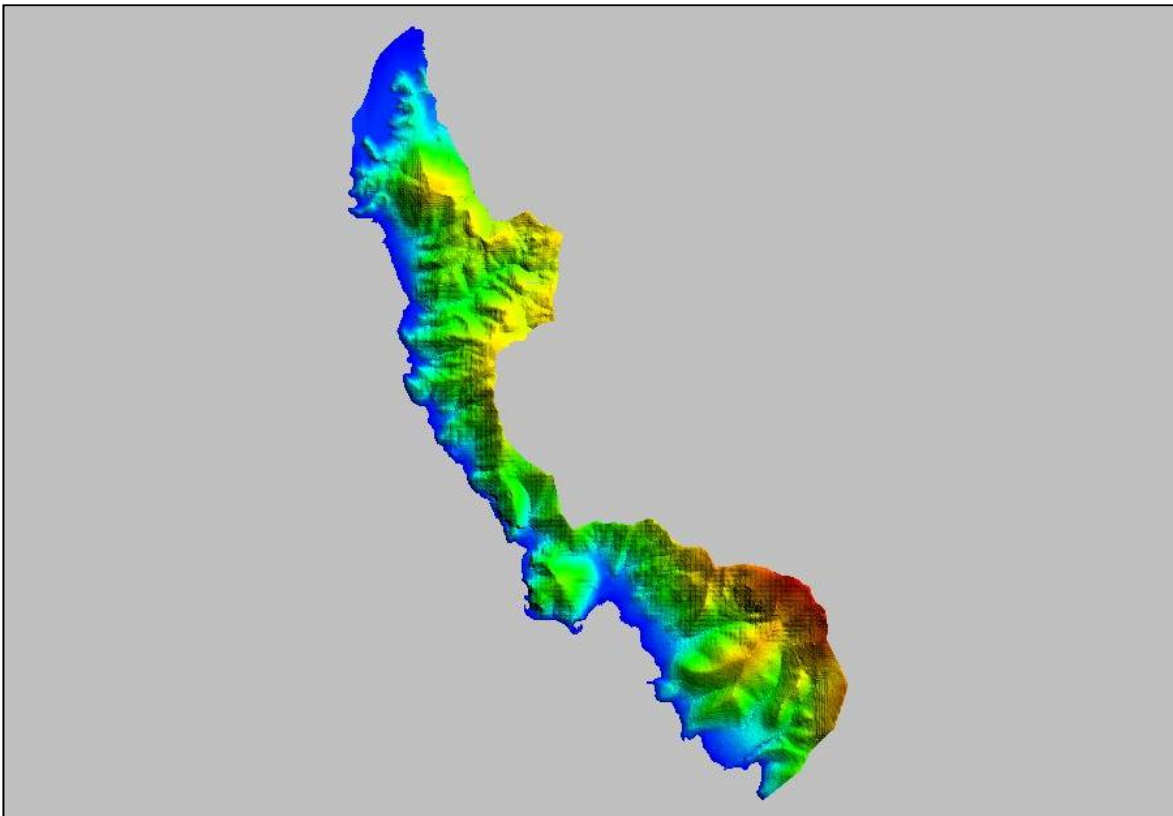
## **6 METODOLOGIA DI REALIZZAZIONE DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI**

Le cartografie realizzate, per il presente progetto, sono state prodotte tramite i Sistemi d'Informazione Geografica (GIS). Si tratta di sistemi informatici costituiti generalmente da un insieme di programmi per l'acquisizione, archiviazione, elaborazione e rappresentazione di dati georeferenziati, vale a

dire di informazioni di cui sia definita l'esatta posizione sulla superficie terrestre mediante un sistema qualsiasi di coordinate geografiche.

Inoltre è stata poi realizzata una carta vettoriale del territorio Comunale di San Giuliano Terme nella quale sono stati riportate le aree urbanizzate (edificato), la rete viaria (strade, ferrovie, sentieri), l'idrografia (corsi d'acqua, laghi, acquedotti), le curve di livello ed i punti quotati.

Dall'analisi delle curve di livello (con equidistanza 10 metri) e dai punti quotati derivanti dalla CTR (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10.000 è stato elaborato il *Modello Digitale Tridimensionale del Terreno (DTM)* di tutta l'area montana avente una griglia di celle quadrate con lato di poco inferiore ai 5 metri.



*Fig.6.1 - Modello Digitale Tridimensionale del Terreno (DTM) della zona montana del Comune di San Giuliano Terme.*



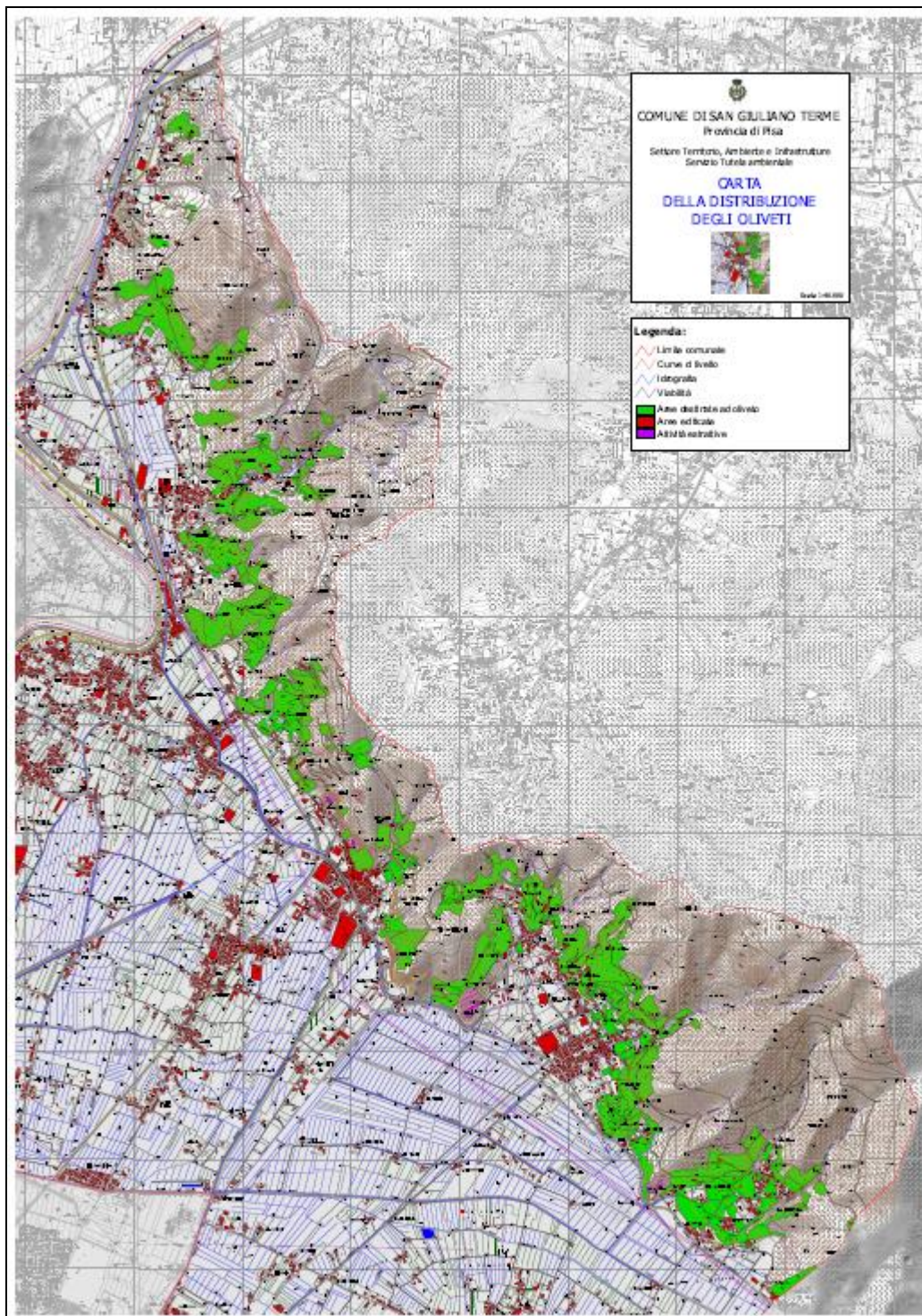
In seguito sono state individuate le zone coltivate ad olivo, secondo il metodo illustrato nel paragrafo 5.1, e di ogni appezzamento rilevato sono stati individuati e digitalizzati i limiti e calcolata l'area mediante l'uso del GIS. Per ciascuna area sono poi state individuate, l'altimetria media, la quota più bassa e quella più alta, la pendenza media e l'esposizione dominante riferita ai principali punti cardinali e sono state realizzate le rispettive cartografie tematiche come descritto nei paragrafi seguenti.

Infine dalla carta sovrapposizione degli oliveti sul DTM sono state di ottenute informazioni più precise sulla distribuzione areale degli oliveti in relazione all'altimetria, alla pendenza e all'esposizione dei versanti del territorio Sangiulianese che sono state trasferite nelle cartografie descritte nel paragrafo seguente.

## **6.1 Descrizione degli elaborati cartografici**

### ***6.1.1 Carta della distribuzione degli oliveti***

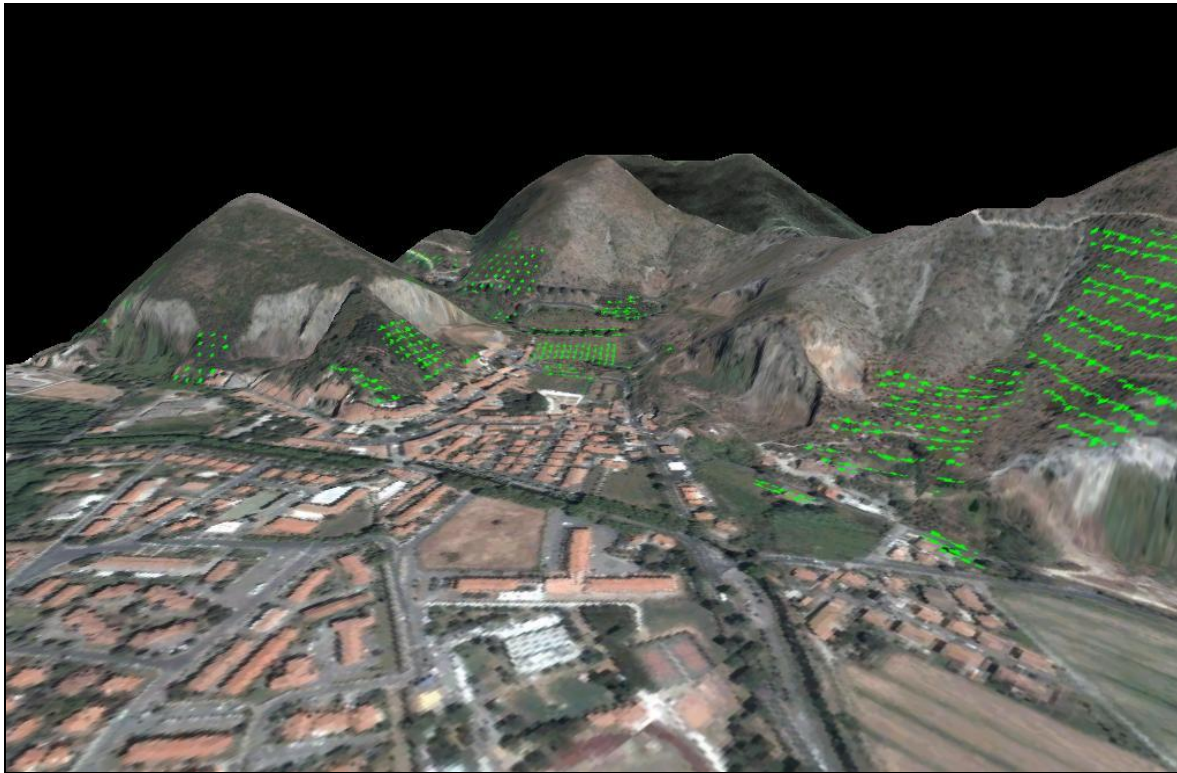
La carta della distribuzione degli oliveti è stata realizzata dall'esame delle fotografie aeree, fotografie da satellite e dalla cartografia vettoriale in scala 1:2000 del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme che hanno reso note indicazioni sulla diffusione e sulla distribuzione dell'olivo. Sono stati definiti 207 appezzamenti di varia forma e dimensione, coltivati ad olivo esclusivamente presente nella forma specializzata.



*Fig.6.2 – Carta della distribuzione degli oliveti nel territorio montano del Comune di San Giuliano Terme.*



Inoltre sul modello digitale tridimensionale del terreno sono state poi sovrapposte le foto aeree, da satellite, gli elementi lineari ed areali più significativi come ad esempio le aree destinate ad oliveto, ottenendo così immagini tridimensionali realistiche sull'effettiva distribuzione degli oliveti nel territorio Sangiulianese e i loro rapporti con la morfologia e le altre strutture.



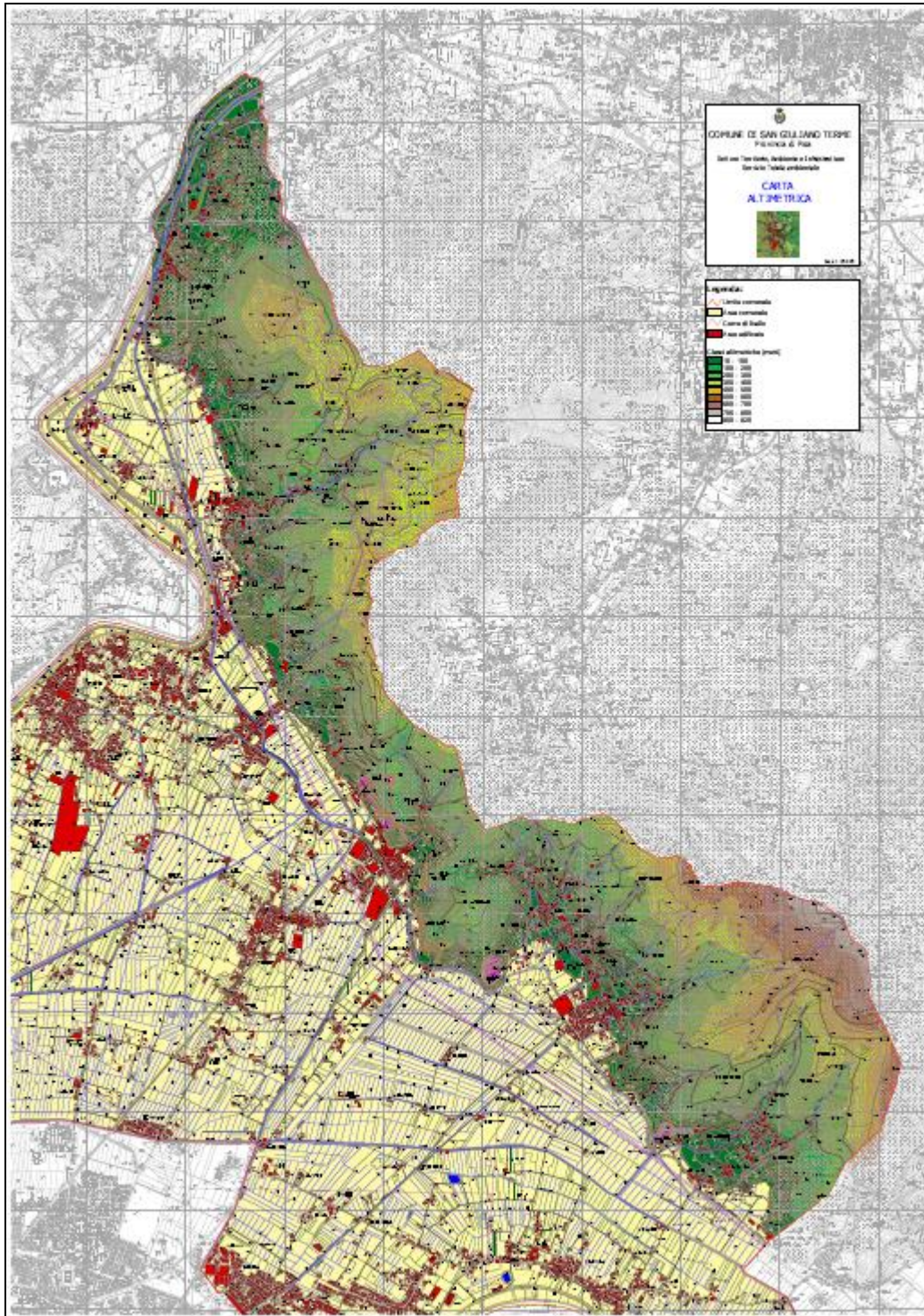
*Fig.6.3 – Esempio di sovrapposizione della carta degli oliveti sulle foto aeree e da satellite nell'abitato di San Giuliano Terme.*

La superficie destinata ad oliveto specializzato, calcolata su carta è di 3.853.645 mq, la superficie reale destinata ad oliveto calcolata tenendo conto della pendenza dei versanti è di 4.262.086 mq.

Dall'osservazione della carta si nota che gli oliveti sono particolarmente sviluppati attorno ai centri abitati in particolare in corrispondenza di Agnano, Asciano, Rigoli e Molina di Quosa.

### 6.1.2 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'altimetria

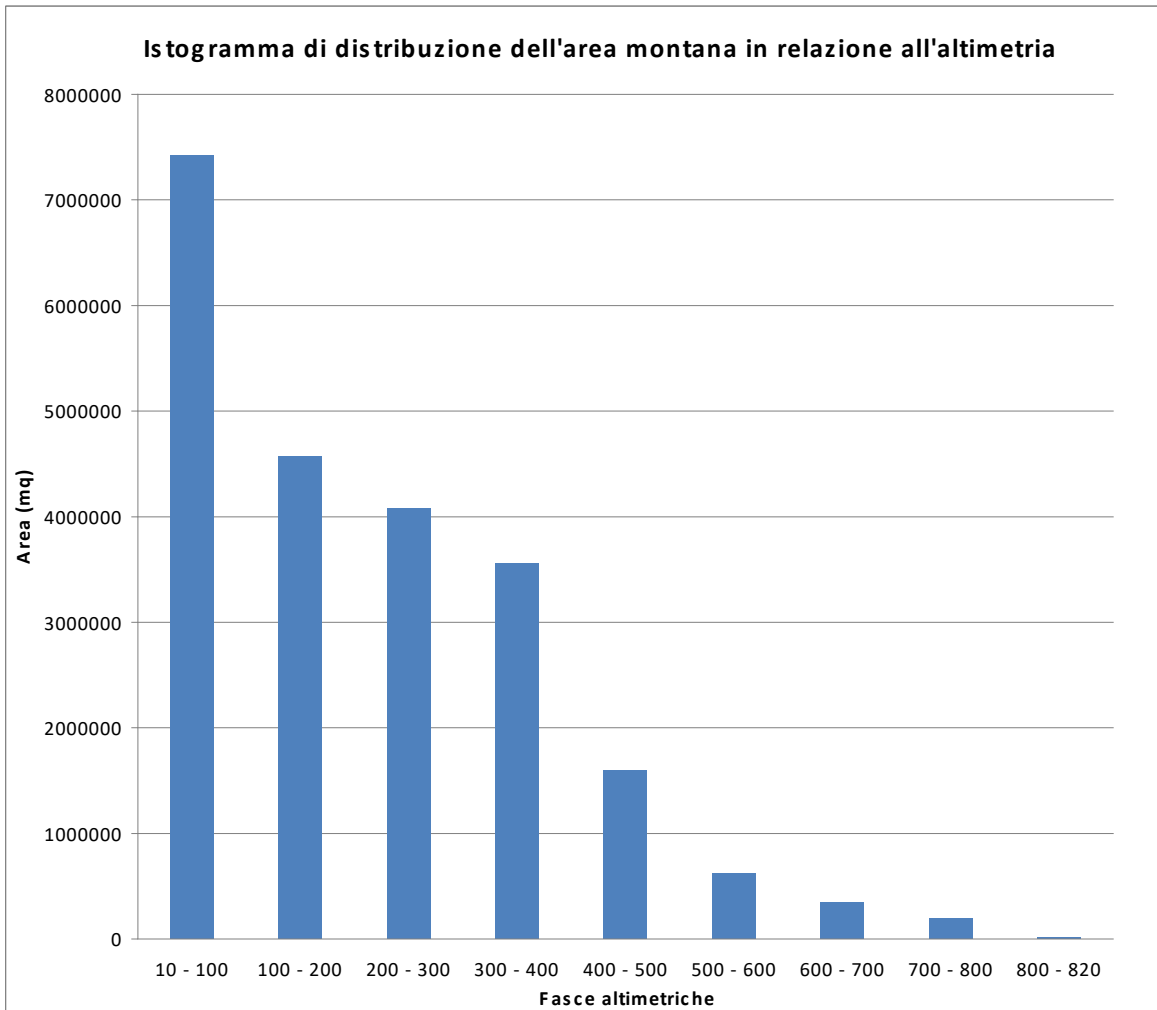
La carta altimetrica è stata realizzata individuando 9 fasce altimetriche con intervallo di 100 metri di quota.





*Fig.6.4 – Carta delle fasce altimetriche del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme.*

L'istogramma sottostante (Fig.6.5) riporta la distribuzione areale montana in relazione all'altimetria; dal grafico si deduce che l'area montana si sviluppa principalmente al di sotto dei 400m.



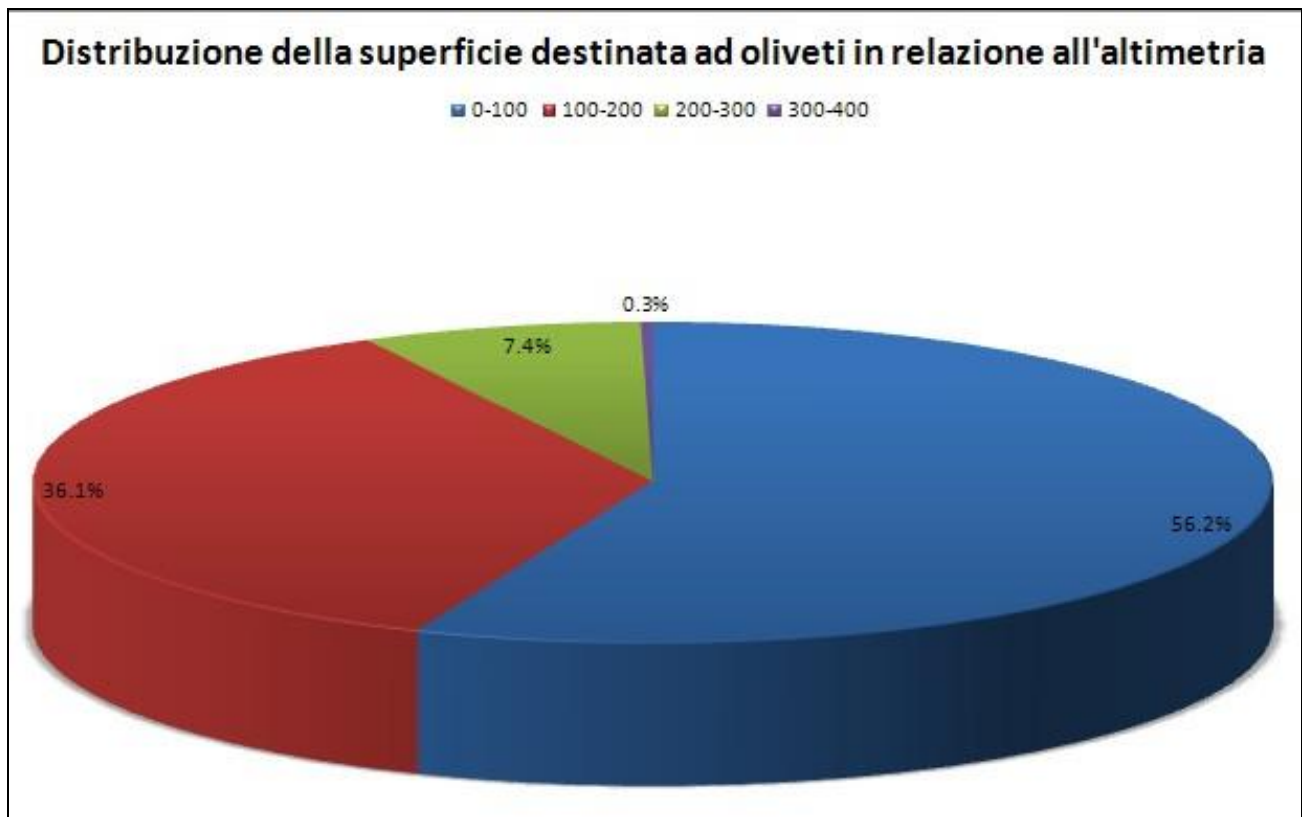
*Fig.6.5 - Distribuzione dell'area montana in relazione a diverse fasce altimetriche.*

Dalla sovrapposizione della distribuzione degli oliveti sulla carta altimetrica si deduce che la superficie destinata ad oliveto nell'area montana Sangiulianese

risulta distribuita tra le quote di 10 e 348 metri (quota massima) con una quota media di 93 metri. Le aree destinate ad oliveto nella zona risultano distribuite in funzione dell'altimetria come riportato nella tabella (Tab.6.1) e nel grafico a torta (Fig.6.6), che illustrano come la quasi totalità della superficie effettiva destinata ad oliveti (92.3%) sia compresa entro i primi 200 metri di quota

CLASSI ALTIMETRICHE OLIVETI			
0-100m	100-200m	200-300m	300-400m
56.2%	36.1%	7.4%	0.3%

*Tab.6.1 – Distribuzione percentuale degli oliveti in relazione all'altimetria*



*Fig.6.6 - Distribuzione della superficie destinata ad oliveti in relazione all'altimetria*

### **6.1.3 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla pendenza**

La carta delle pendenze è stata realizzata suddividendo il territorio montano al di sopra dei 10m di quota in 8 classi di pendenza con intervalli del 10% fino ad un massimo dell'80%.

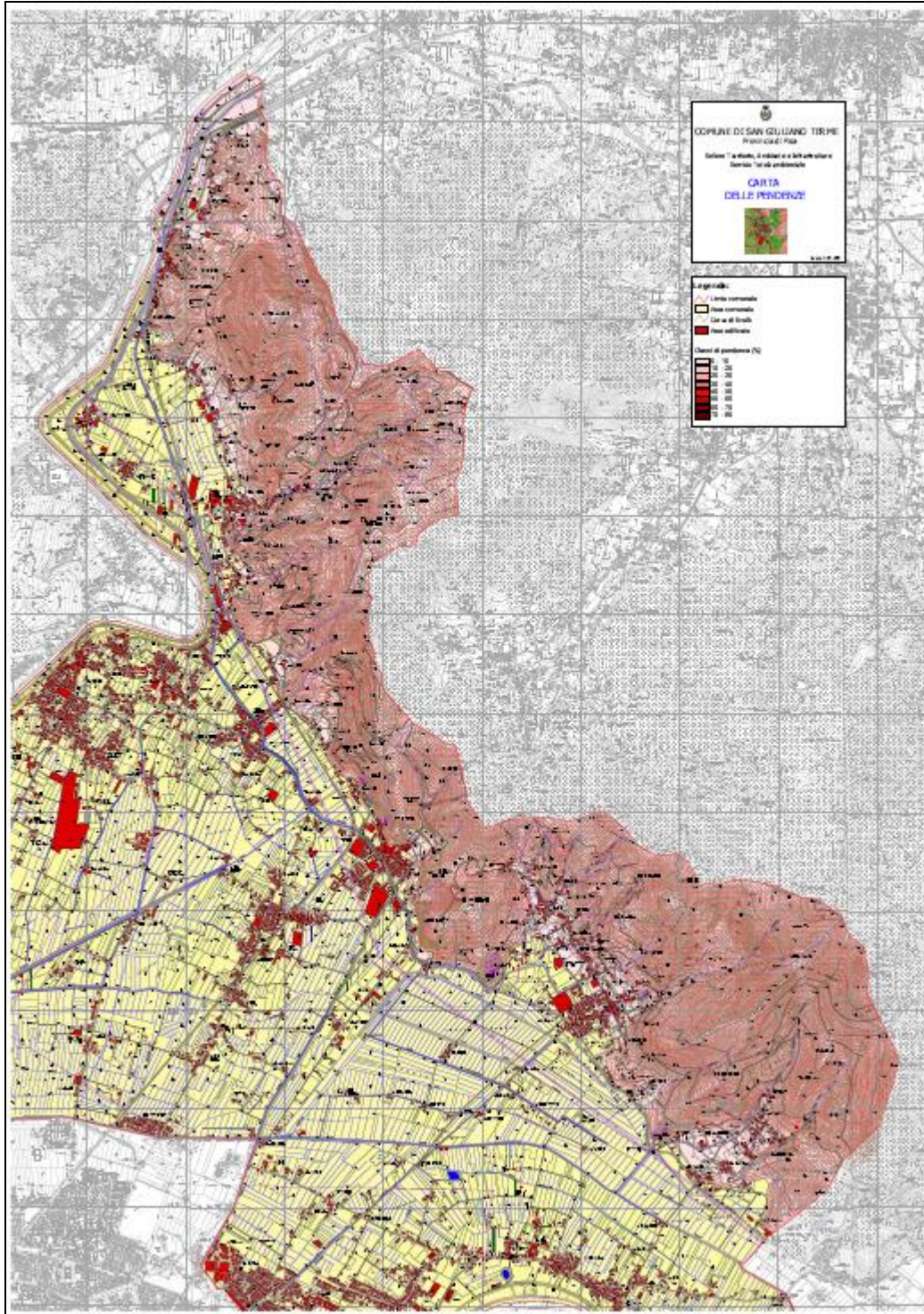
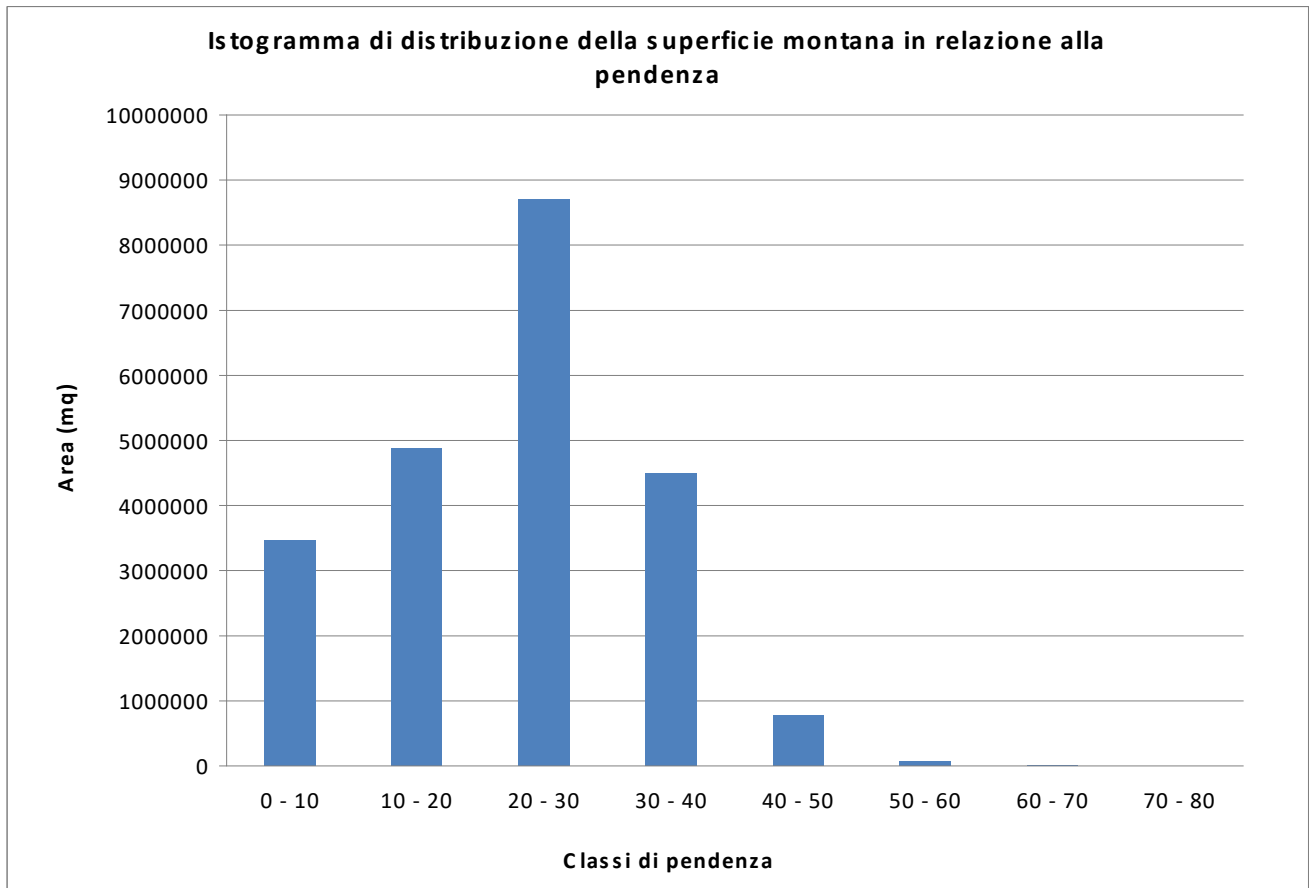


Fig.6.7 – Carta delle pendenze del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme.



La classe più rappresentata è quella compresa tra la pendenza del 20-30% che ricopre una superficie prossima ai 9.000.000 mq.

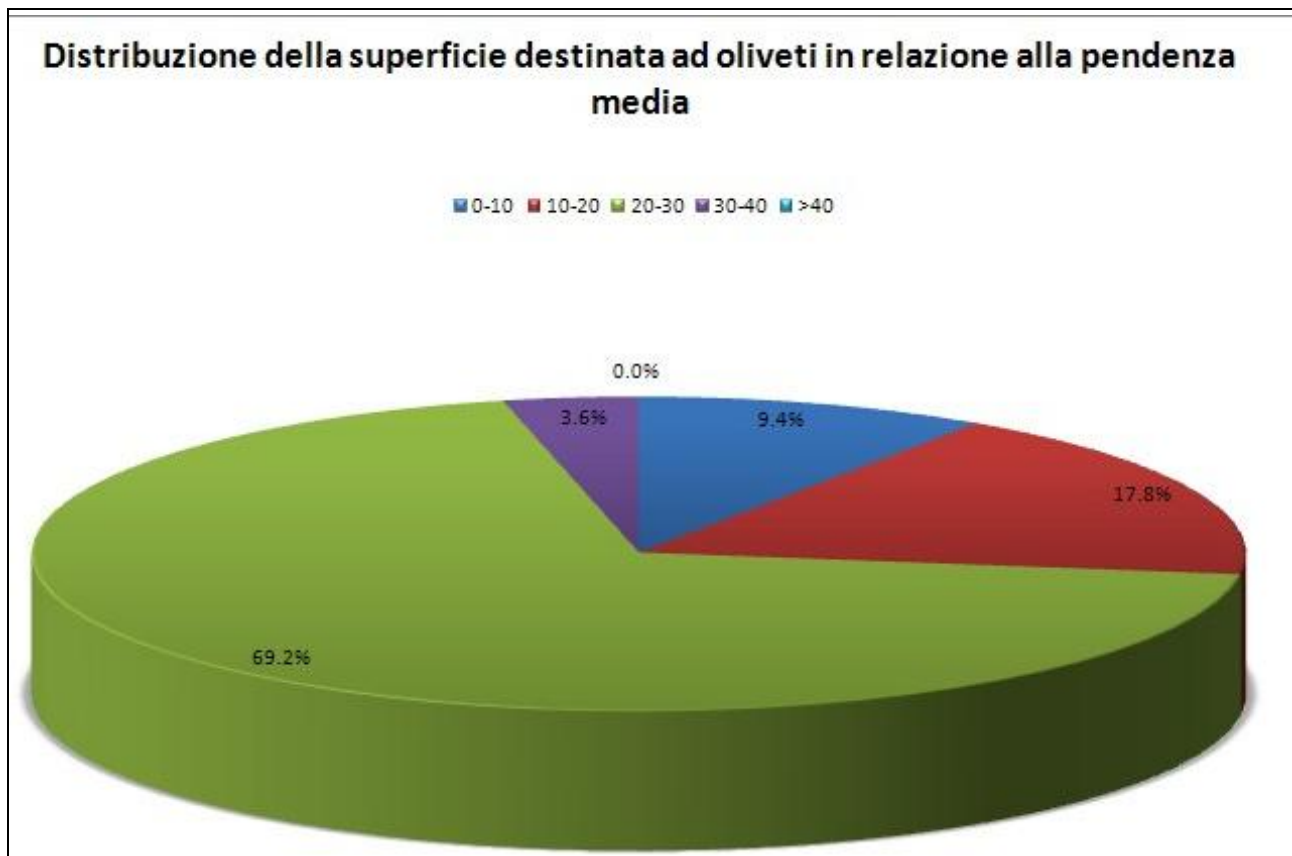


*Fig.6.8 - Distribuzione dell'area montana in relazione alla pendenza.*

Per ciascun corpo di oliveto è stata poi calcolata la quota minima, massima e la pendenza media; i risultati sono riportati nella tabella e nel grafico sottostante.

CLASSI DI PENDENZA OLIVETI				
0-10	10-20	20-30	30-40	>40
9.4%	17.8%	69.2%	3.6%	0.0%

*Tab.6.2 -Distribuzione percentuale degli oliveti in relazione alla pendenza*



*Fig.6.9 - Distribuzione della superficie destinata ad oliveti in relazione alla pendenza media*

Dal grafico si evince come la classe di pendenza più rappresentativa per i terreni olivati è quella compresa fra il 20 e il 30% alla quale corrisponde il 69,2% dell'intera superficie destinata ad oliveto. Subordinatamente alla classe compresa fra il 10 e il 20% corrisponde una superficie percentuale di 17,8%, mentre al di sopra del 40% non sono presenti oliveti.

#### **6.1.4 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione all'esposizione**

La carta dell'esposizione dei versanti è stata realizzata suddividendo il territorio in 9 classi di esposizione con intervallo di 45° riferito al Nord geografico.

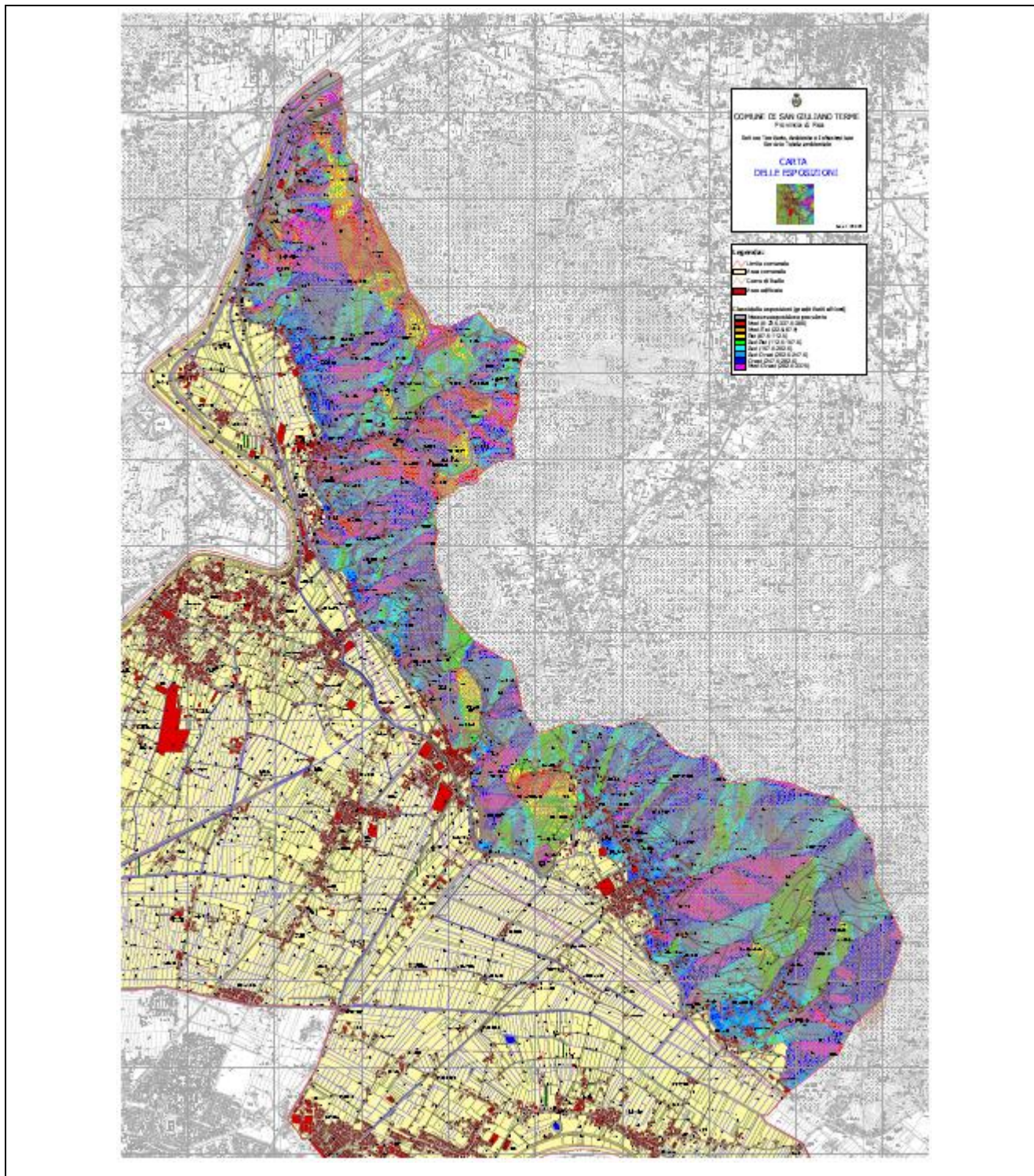


Fig.6.10 – Carta delle esposizioni dei versanti del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme

Dall'analisi della carta la classe più rappresentata è quella avente esposizione Ovest compresa fra 247,5° e 229,5°.

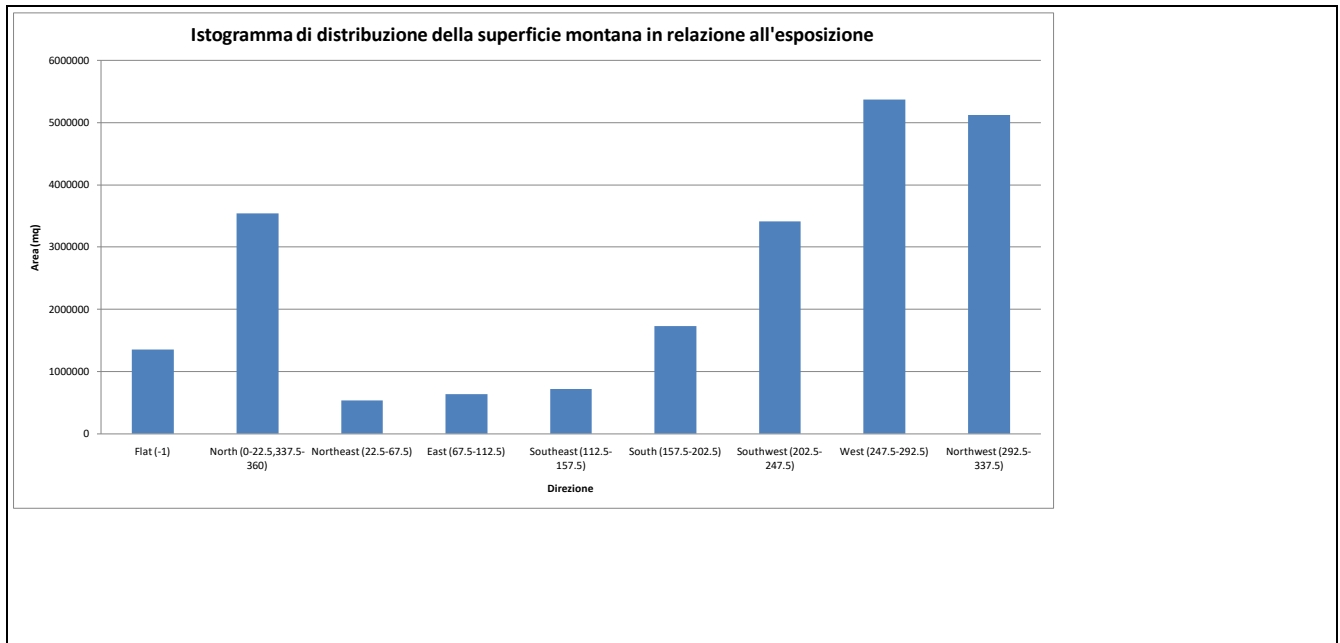


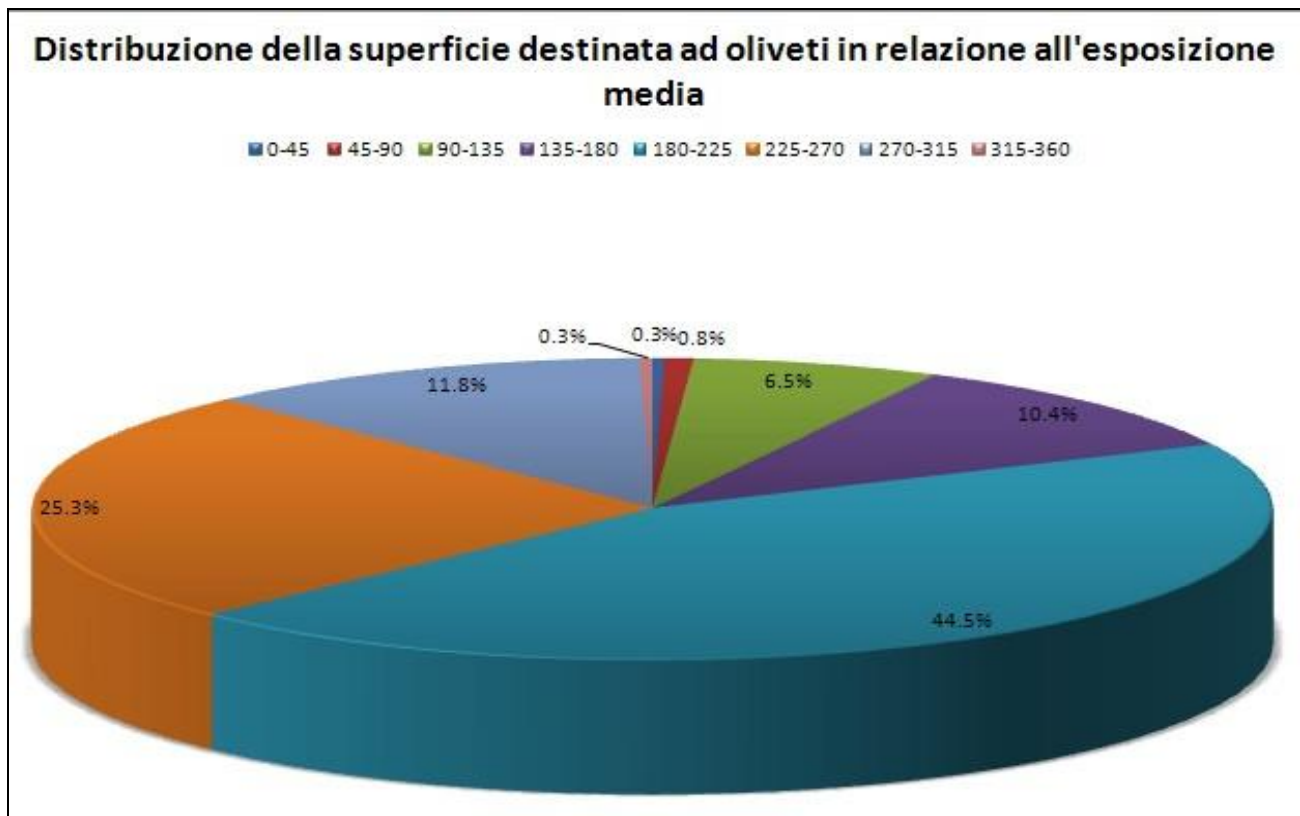
Fig.6.11 - Distribuzione dell'area montana in relazione all'esposizione

Per ciascun appezzamento di oliveto individuato è stata calcolata l'esposizione media e i risultati sono riportati nella tabella e nel grafico sottostante.

CLASSI DI ESPOSIZIONE OLIVETI							
0°-45°N	45°-90°N	90°-135°N	135°-180°N	180°-225°N	225°-270°N	270°-315°N	315°-360°N
N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
0.3%	0.8%	6.5%	10.4%	44.5%	25.3%	11.8%	0.3%

Tab 6.3 - Distribuzione percentuale degli oliveti in relazione all'esposizione

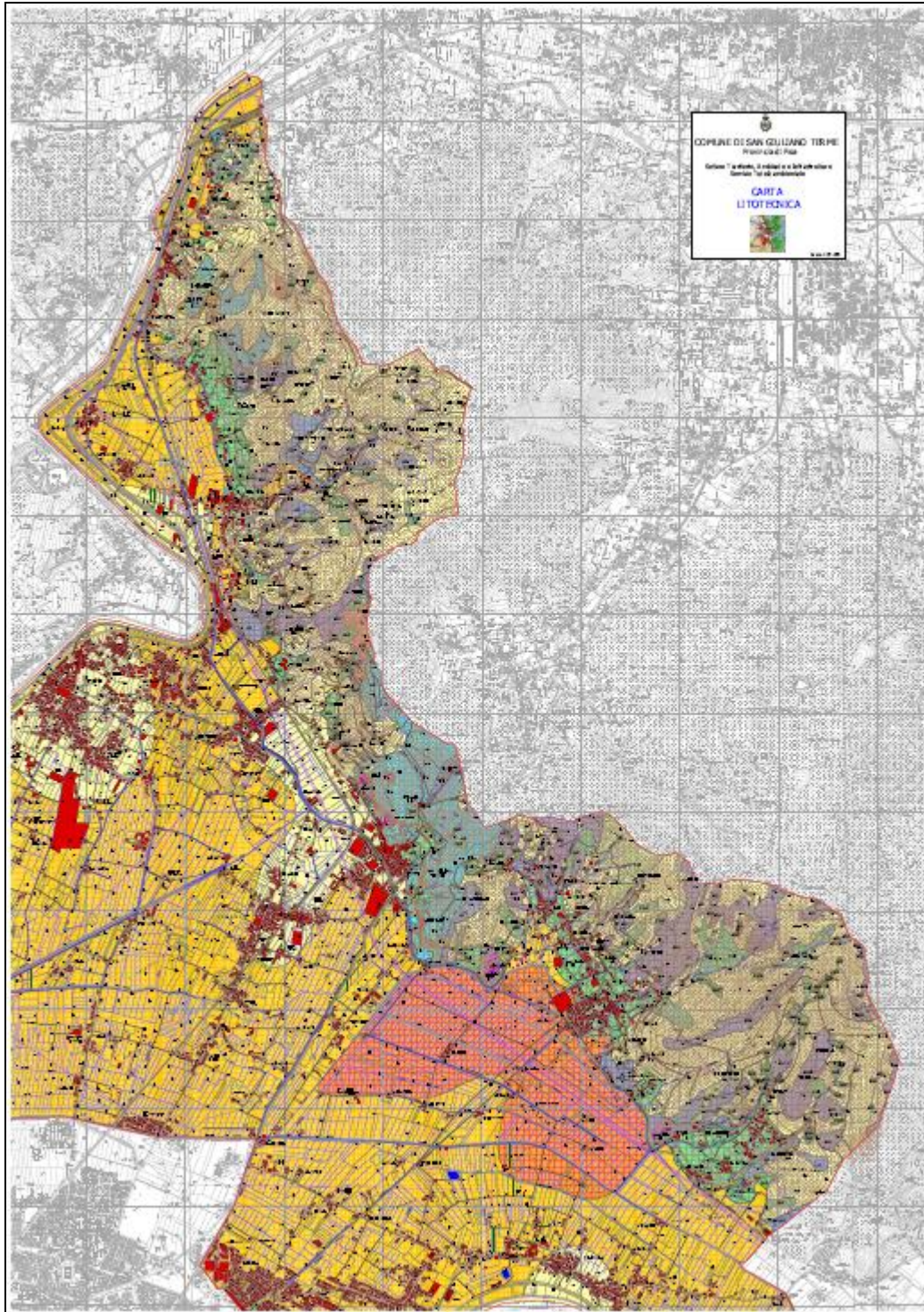




*Fig.6.12 - Distribuzione della superficie destinata ad oliveti in relazione all'esposizione media*

Dal grafico si evince come le classi di esposizione più rappresentative per i terreni olivati sono quelle comprese fra i 180° e i 225°N (S-SW) con circa il 44.5% e quella compresa tra i 225° e i 270°N (SW-W) con circa il 25.3% dell'intera superficie olivata. Le aree esposte a N-NE-NW, meno favorevoli alla crescita e allo sviluppo dell'olivo, costituiscono solo l'1,4% dell'intera superficie di oliveti.

**6.1.5 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla carta litotecnica del Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme**



*Fig.6.13 – Carta litotecnica del Comune di San Giuliano Terme*



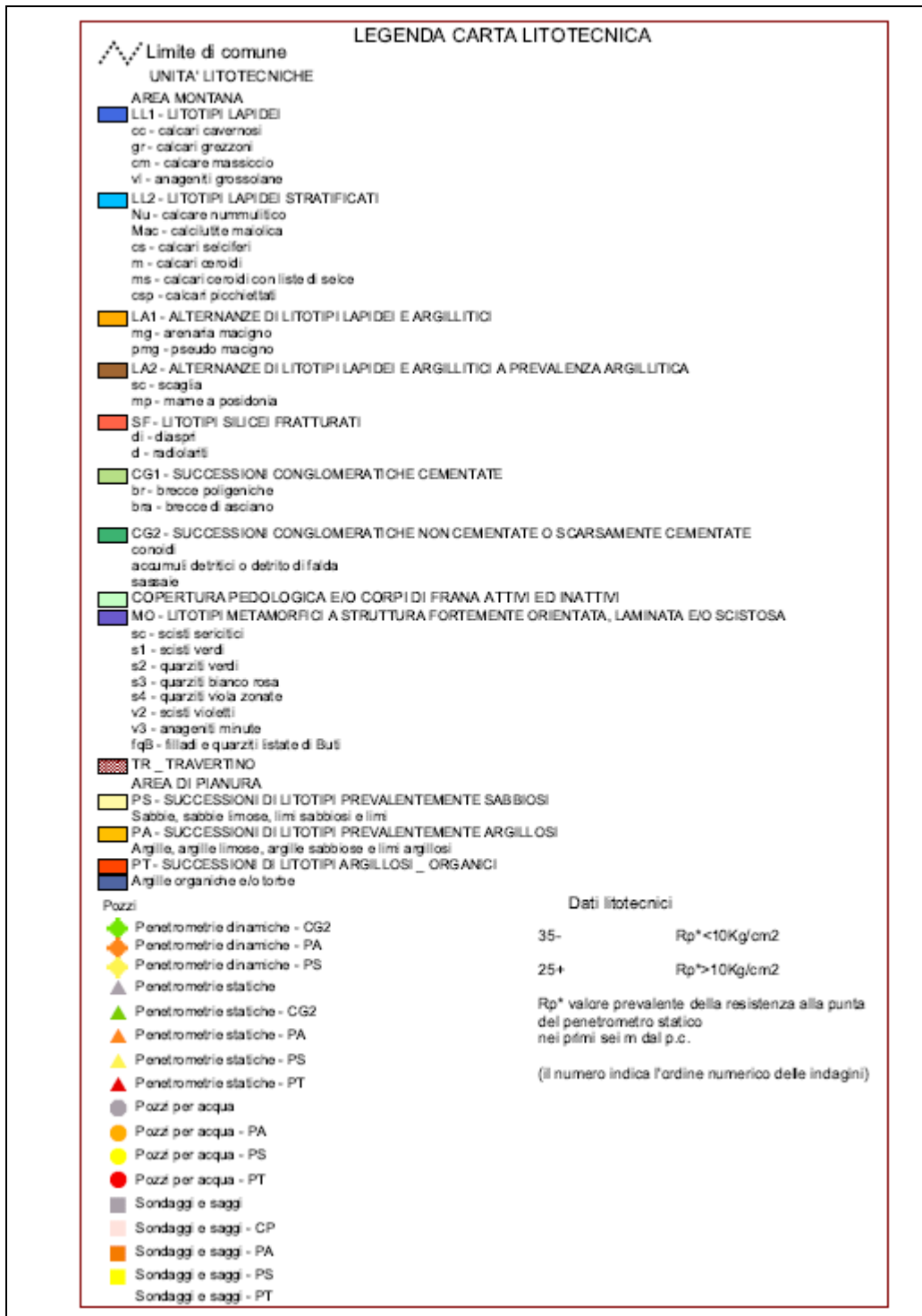
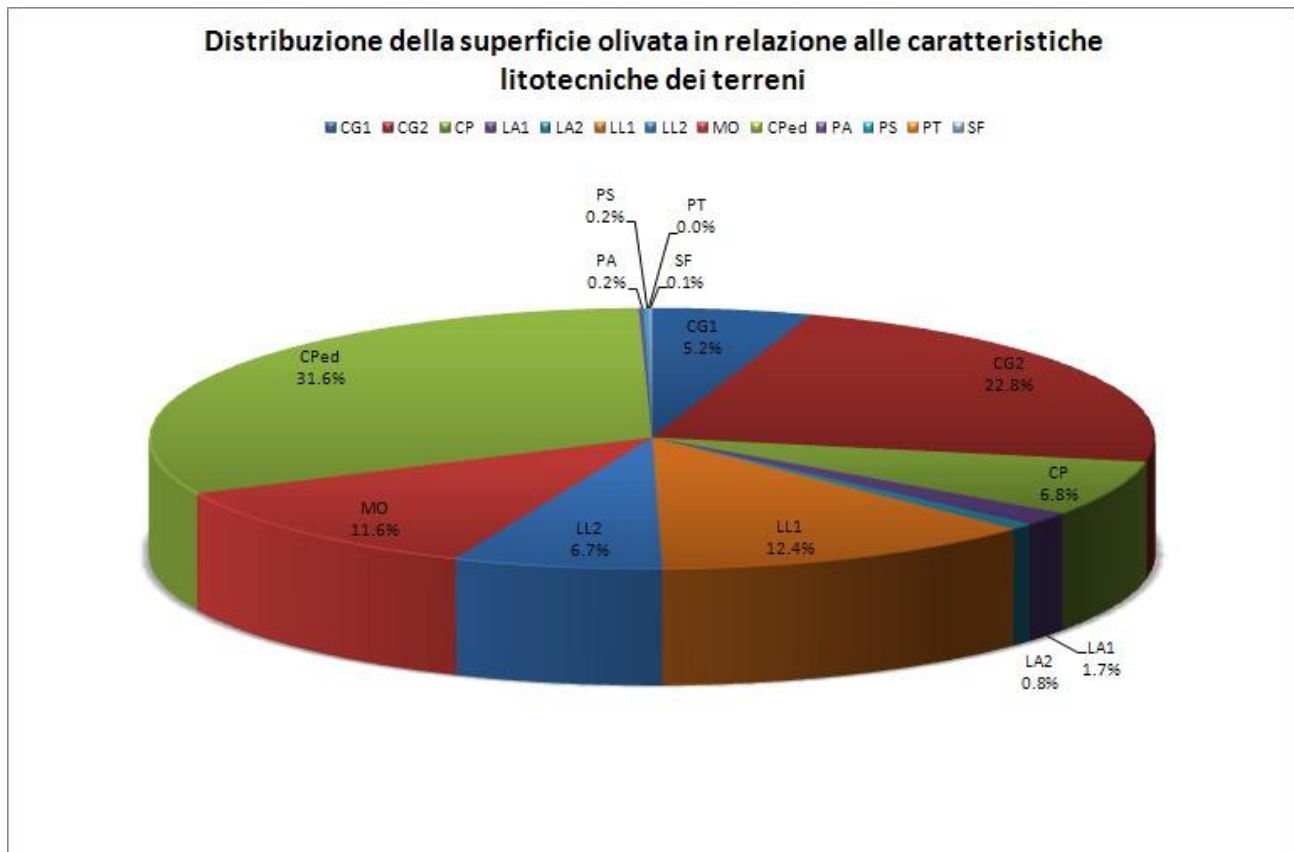


Fig.6.14 – Legenda della carta litotecnica del Comune di San Giuliano Terme

Sovrapponendo la carta della distribuzione degli oliveti sulla carta litotecnica del Piano Strutturale si evince come questi siano prevalentemente presenti in corrispondenza della copertura pedologica e/o corpi di frana attivi ed inattivi (31,6%) e subordinatamente in presenza di Successioni conglomeratiche non cementate o scarsamente cementate rappresentate da conoidi, accumuli detritici, detriti di falda e sassaie (22,8%).

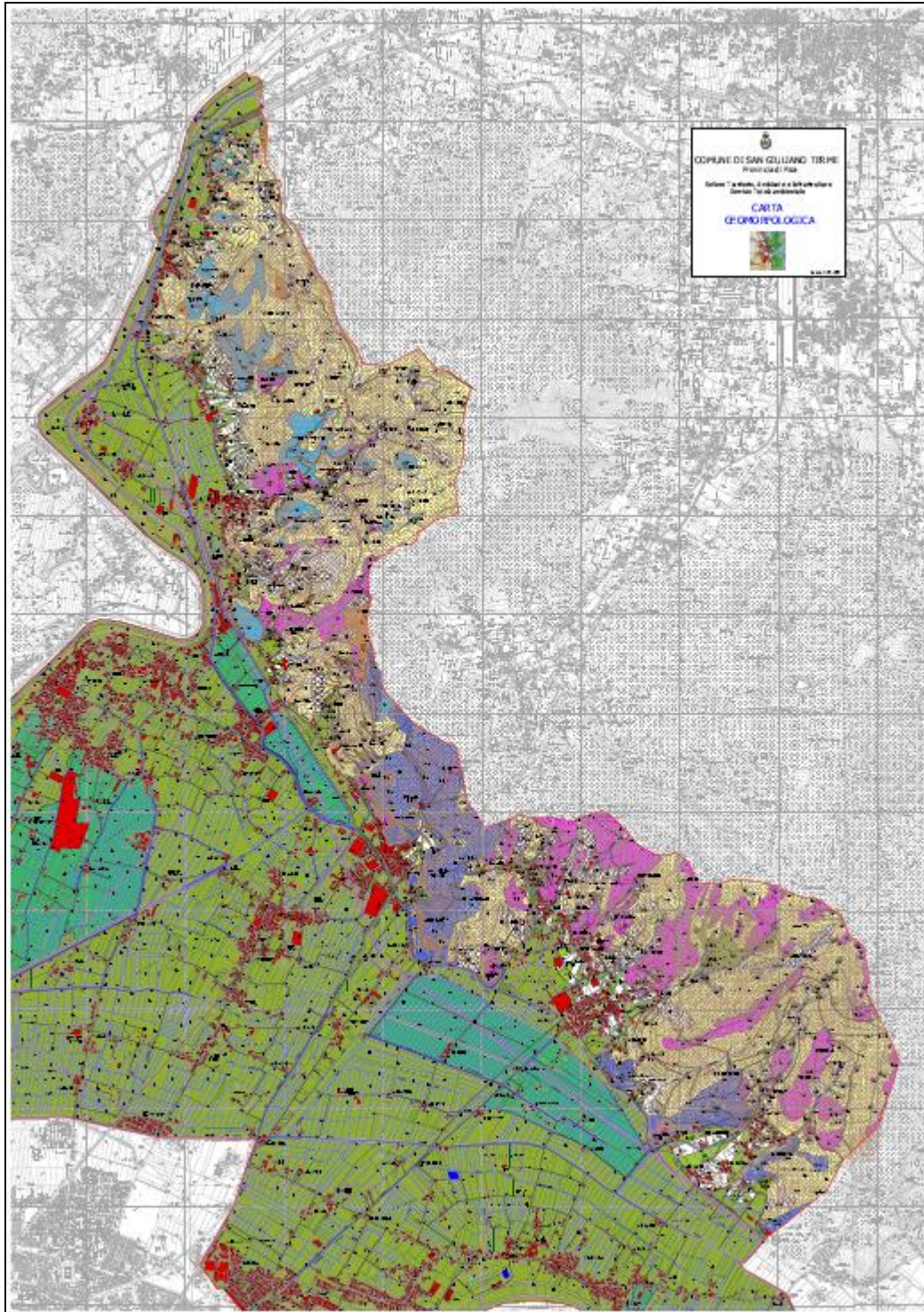
CLASSI LITOTECNICA OLIVETI													
CG1	CG2	CP	LA1	LA2	LL1	LL2	MO	CPed	PA	PS	PT	SF	
5.2%	22.8%	6.8%	1.7%	0.8%	12.4%	6.7%	11.6%	31.6%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	100.0%

*Tab 6.4 - Distribuzione percentuale degli oliveti in relazione alle litologie affioranti*

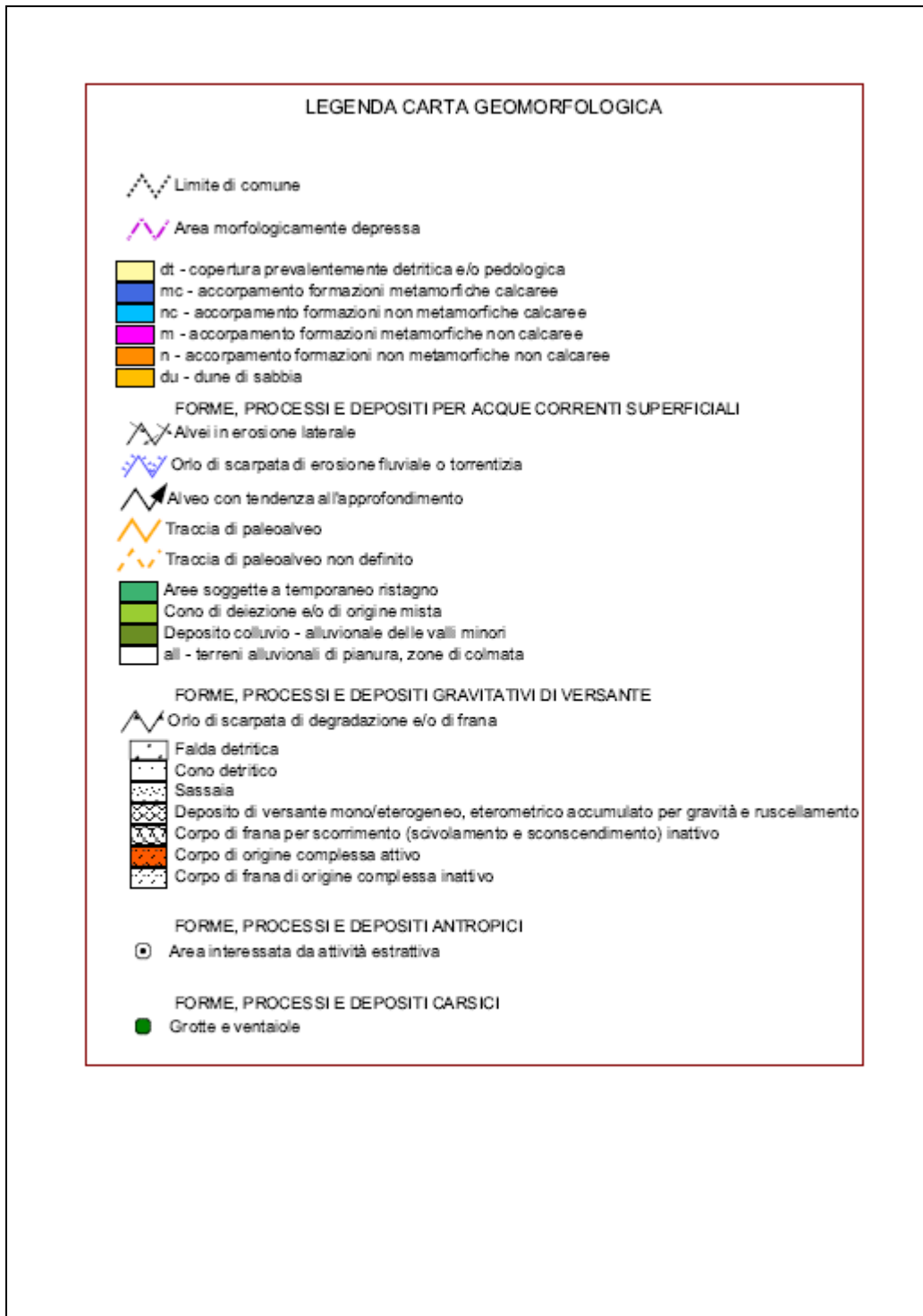


*Fig.6.15 - Distribuzione della superficie destinata ad oliveti in relazione alle caratteristiche litotecniche dei terreni*

**6.1.6 Carta della distribuzione degli oliveti in relazione alla carta geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme**



*Fig.6.16 – Carta geomorfologica del Comune di San Giuliano Terme*



*Fig.6.17 – Legenda della carta geomorfologica del Comune di San Giuliano Terme*



Sovrapponendo la carta della distribuzione degli oliveti sulla carta geomorfologica del Piano Strutturale si deduce come questi siano prevalentemente presenti in corrispondenza della detrito (32,5%) e subordinatamente in presenza di accorpamento di formazioni metamorfiche non calcaree rappresentate principalmente da filladi e quarziti (16,2%).

CLASSI GEOMORFOLOGIA OLIVETI														
all	bc	cd	cdet	cfca	cfci	cpi	dc	de	dt	m	mc	n	nc	
0.3%	7.0%	5.0%	2.0%	0.1%	0.8%	4.9%	0.2%	8.9%	32.5%	16.2%	13.1%	0.2%	8.7%	

Tab 6.5 - Distribuzione percentuale degli oliveti in relazione alla geomorfologia del territorio

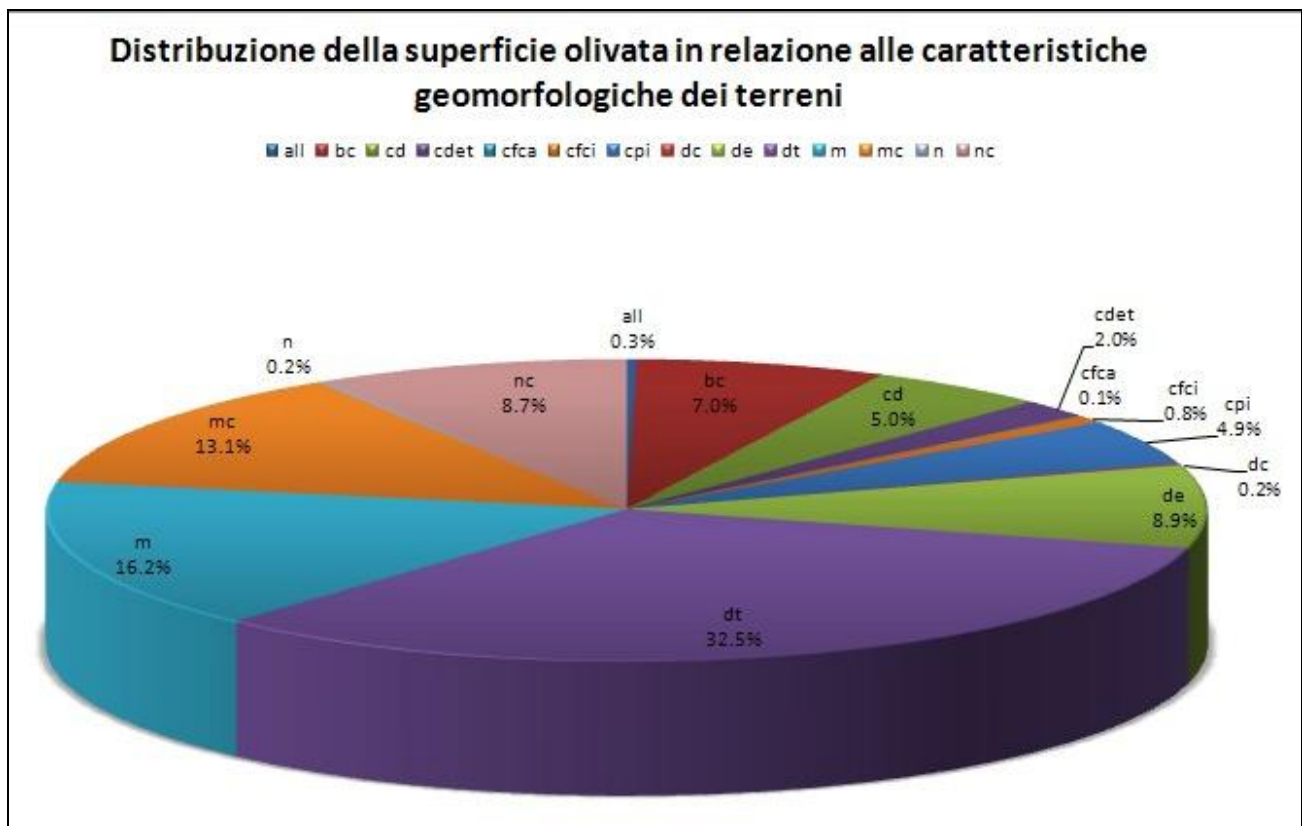
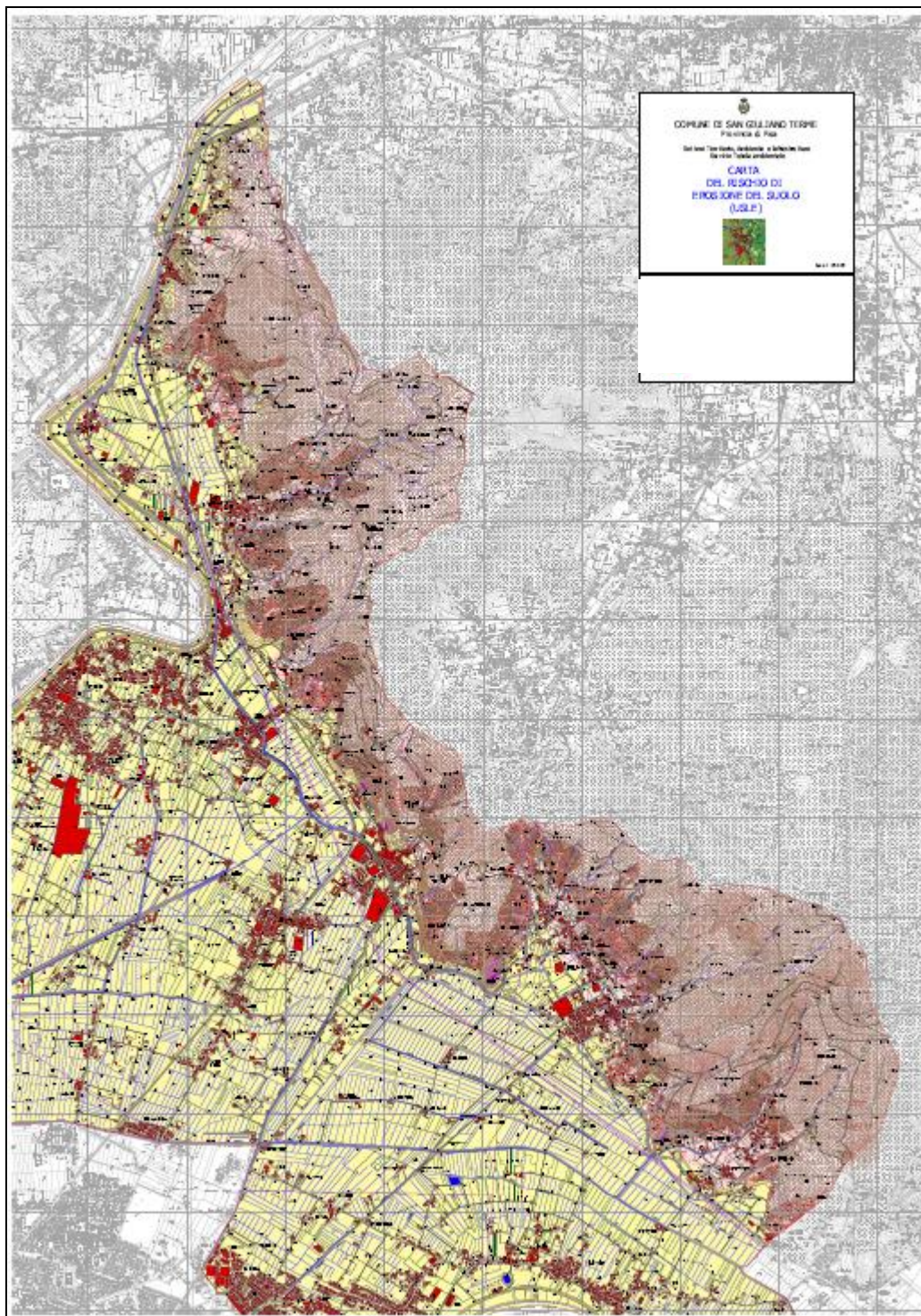


Fig. 6.18 - Distribuzione della superficie destinata ad oliveti in relazione alle caratteristiche geomorfologiche dei terreni

Sia la carta litotecnica sia la carta geomorfologica mostrano che gli olivi sono percentualmente più presenti nelle aree a detrito o in corrispondenza di terreni di copertura; Nel prosieguo del progetto verrà eseguita una campagna atta alla raccolta di dati relativi alla natura dei terreni e dei cotici erbosi presenti su di essi.

#### ***6.1.7 Carta della propensione all'erosione all'erosione del territorio montano del Comune di san Giuliano Terme elaborata secondo metodologia USLE***

Dall'analisi effettuata con strumenti GIS e con l'applicazione di opportuni algoritmi, secondo la tecnica USLE, sovrapponendo il modello tridimensionale del suolo con le carte dell'uso del suolo, la litologia delle formazioni affioranti, la geomorfologia e considerando il carattere climatico della zona è stata elaborata una carta della propensione del territorio all'erosione del suolo. Laddove questi fattori predisponenti l'erosione concorrono a favorirla si tenderà a svilupparsi un'erosione prevalentemente diffusa e secondariamente canalizzata lungo le linee di massima pendenza che trasporterà verso valle particelle solide di terreno ricche di sostanza organica ed elementi nutritivi utili alla fertilità del suolo stesso.



*Fig.6.19 – Carta della propensione all’erosione del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme elaborata secondo metodologia USLE.*



## 6.2 Considerazioni conclusive

Dall'esame delle carte tematiche realizzate è possibile individuare il contesto relativo alla altitudine, pendenza, esposizione, litologia e geomorfologia nel quale si ritrova la maggiore concentrazione percentuale di olivi e quindi le aree più rappresentative in cui si ritiene mettere in opera le cinque diverse tipologie di coltivazione del cotico erboso.

Dalle carte prodotte si desume come gli oliveti siano distribuiti principalmente in prossimità dei centri abitati, o laddove è presente nelle vicinanze una viabilità che consente il raggiungimento dell'appezzamento ai mezzi meccanici per la lavorazione del terreno e dell'olivo stesso.

La quota tipica alla quale si ritrova l'olivo è tipicamente bassa, con valori medi intorno ai 100 metri mentre la quasi totalità delle aree adibite ad olivo è comunque inferiore ai 200 metri di quota. Le basse quote alle quali è maggiormente presente l'olivo indica come la pianta privilegi un clima temperato e mite con temperature non troppo basse.

L'olivo risulta adattarsi bene anche a pendenze rilevanti, nel territorio montano preso in considerazione la pendenza media per la quale è maggiormente distribuito è compresa fra il 20 e il 30%, mentre solo una piccola percentuale (3,6%) presenta una pendenza superiore. La prevalente esposizione ad Ovest e Sud-Ovest degli oliveti indica come l'olivo prediliga i versanti per i quali è maggiore l'irraggiamento solare rispetto ai versanti esposti a Nord, NordEst e NordOvest, per i quali l'illuminazione risulta limitante allo sviluppo della pianta. L'esame della distribuzione degli oliveti in relazione alla litologia e alla geomorfologia indica come la litologia predominante sul quale insiste l'olivo sia caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente sciolti come detrito e corpi di frana attivi e inattivi, terreni per i quali è maggiore il drenaggio dell'acqua e la possibilità di

espansione dell'apparato radicale. Inoltre questa tipologia di terreni consentono anche una migliore e più facile lavorazione del terreno.

Quindi riassumendo tutti gli aspetti considerati in questo studio preliminare possiamo affermare che le aree destinate ad oliveto mostrano le seguenti caratteristiche:

- altimetria: valori compresi tra 0- 100m;
- pendenza:valori compresi tra 20-30%;
- esposizione: sud-sudovest corrispondente a 225°-270°;
- litologia: Copertura pedologica e/o corpi di frana attivi ed inattivi e subordinatamente in presenza di Successioni conglomeratiche non cementate o scarsamente cementate rappresentate da conoidi, accumuli detritici, detriti di falda e sassaie (22,8%);
- geomorfologia:in corrispondenza di detrito.

Sulla base di quanto esaminato nel presente studio è stata inoltre realizzata una carta riassuntiva denominata: *carta degli oliveti più rappresentativi* nella quale è riportata la distribuzione degli oliveti aventi tutte le caratteristiche sopra citate.

## **7 INDAGINE CONOSCITIVA SUL TERRITORIO OLIVATO DEL TERRITORIO MONTANO DEL COMUNE DI SAN GIULIANO TERME**

### **7.1 Obiettivi**

La conoscenza della situazione attuale dei terreni olivati rappresenta un aspetto importante per la salvaguardia del territorio dal punto di vista dell'erosione e del dissesto idrogeologico infatti, gran parte del territorio montano del Comune di San Giuliano Terme è coltivato ad oliveto. Queste zone si dimostrano particolarmente vulnerabili a questi fenomeni in quanto su di esse esercita la loro azione anche l'uomo, che in talune circostanze può aggravare tali problemi. Le aree destinate ad oliveto sono quindi il primo obiettivo per uno studio che preveda la conoscenza dello stato di salute di questo territorio dal punto di vista dell'erosione e del dissesto del suolo. Le sistemazioni e le lavorazioni idraulico-agrarie possono infatti, se eseguite non correttamente o non mantenute, favorire certi processi degenerativi del territorio, con danno per l'ambiente e per l'intera collettività e con costi sociali elevati.

### **7.2 Metodologia adottata**

Al fine di valutare le condizioni dei terreni olivati dal punto di vista dell'erosione e del dissesto idrogeologico è stata predisposta una scheda contenente i parametri più indicativi da valutare sullo stato fisiografico dell'oliveto (località, numero della carta tecnica regionale in scala 1:10.000 entro cui è localizzato l'oliveto in questione, le coordinate geografiche misurate con GPS – palmare pocket pc, che consente anche di immagazzinare dati ed informazioni acquisite in fase di sopralluogo (vedi fig.7.3), l'altimetria media dell'oliveto, la sua pendenza, la sua esposizione prevalente riferita rispetto al Nord geografico e la morfologia caratterizzante il sito. Ciascun sito è stato poi georeferenziato su

carta e foto aerea e sono state eseguite foto rappresentative della situazione attuale dell'oliveto.

E' stata inoltre rilevata la geologia e le formazioni geologiche affioranti nell'area, oltre che valutato il loro tipo e grado di permeabilità (permeabilità primaria o secondaria alta, bassa, media). Sono state inoltre verificate le condizioni idrologiche, l'uso e la copertura del suolo prevalente avendolo precedentemente distinto in classi standard più rappresentative nella zona oggetto di studio, quali: oliveto, oliveto specializzato rittochino, oliveto specializzato ciglionato, terrazzato, area agricola abbandonata con erbe, area agricola abbandonata con arbusti e pascolo. E' stata inoltre rilevata la presenza di eventuali fenomeni erosivi, la loro gravità e le loro cause naturali e/o antropiche. Tra le cause naturali i principali sono: la litologia, la giacitura l'acclività dei versanti, l'alterazione, la presenza di frane superficiali, fenomeni di erosione diffusa ed incanalata, la presenza di bestiame o di animali selvatici che possono incidere sul fenomeno erosivo. Tra le cause antropiche sono state prese in considerazione l'abbandono degli oliveti, il disboscamento, la cattiva gestione dei versanti inerbiti, la cattiva regimazione delle acque, il pascolo eccessivo, gli incendi e altri interventi di carattere antropico destabilizzanti.

Sono stati inoltre censiti eventuali danni all'oliveto causati dai fattori predisponenti l'erosione, con particolare riferimento ai danni arrecati al suolo, alla copertura vegetale, alle piante di olivo, ai muri a secco e alla viabilità. Relativamente alla caratterizzazione degli oliveti è stata presa in esame la loro gestione distinta in razionale (quando vengono eseguiti interventi come la potatura ed il controllo degli inerbimenti), irrazionale (in presenza di scarse opere colturali) e l'abbandono. Sono state prese in esame anche le caratteristiche dell'impianto dell'oliveto, la sua densità, la forma di allevamento e la disposizione degli alberi. Particolare attenzione è stata data al tipo e gestione degli inerbimenti suddivisi in tre categorie: totalmente inerbiti,

mediamente inerbiti e degradati, e sulla modalità degli interventi su di essi operati (con attrezzi, pascolamento o mista). Infine è stata presa in considerazione anche l'accessibilità o meno ai mezzi meccanici impiegati per la manutenzione dell'oliveto.

Sono stati individuati 108 siti coltivati ad oliveto rappresentativi dell'intero territorio montano del Comune di San Giuliano Terme (Figg. 7.2) caratterizzati dall'averne caratteristiche il più possibili uniformi dal punto di vista ambientale, geologico, geomorfologico, di assetto idrogeologico e di sistemazioni idraulico-agrarie.

I siti individuati sono stati oggetto di sopralluogo e per ciascuno di essi è stata compilata l'apposita scheda precedentemente predisposta e sono state eseguite foto rappresentative dell'intero oliveto in questione. Gran parte sopralluoghi sono stati svolti a piedi e in mountain bike (Fig. 7.3) che si è rivelato strumento utile per raggiungere in modo relativamente rapido siti anche distanti fra di loro e difficilmente raggiungibili con altri mezzi. Alla fine dell'indagine conoscitiva sugli oliveti tutti i dati acquisiti durante i sopralluoghi sono stati poi verificati e confrontati anche con l'ausilio di strumenti GIS, sono stati georeferenziati, elaborati mediante opportuno software di analisi di database ed i risultati ottenuti hanno permesso di ottenere grafici e tabelle riepilogative dell'intero assetto territoriale degli oliveti.

COMUNE DI SAN GIULIANO TERME  
SCHEDA RILEVAMENTO OLIVETI

N° SCHEDA: \_\_\_\_\_

**DATI GENERALI**

Data rilievo: \_\_\_\_\_

Rilevatore: \_\_\_\_\_

**UBICAZIONE**

CTR n.: \_\_\_\_\_

Località: \_\_\_\_\_

Longitudine: \_\_\_\_\_

Latitudine: \_\_\_\_\_

**DATI DESCRITTIVI**

**POSIZIONE FISIOGRAFICA PREVALENTE**

Altitudine media (m.): \_\_\_\_\_

Pendenza prevalente (%): \_\_\_\_\_

Esposizione prevalente: \_\_\_\_\_

Morfologia: \_\_\_\_\_

cartografia

foto 1

foto 2

I

Fig.7.1 – Scheda di rilevamento degli oliveti impiegata nel censimento

## **GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

### **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

Litologia: \_\_\_\_\_

Formazione geologica di appartenenza: \_\_\_\_\_

### **CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE**

Grado di permeabilità del terreno:  I  II  III  IV  V

Legenda:

I: Permeabilità primaria (per porosità) alta

II: Permeabilità primaria (per porosità) bassa

III: Permeabilità secondaria (per fratturazione e fessurazione) alta

IV: Permeabilità secondaria (per fratturazione e fessurazione) medio-bassa

V: Permeabilità secondaria (per fratturazione e fessurazione) scarsa/nessuna

### **CONDIZIONI IDROLOGICHE**

Tipo di deflusso superficiale:  diffuso  canalizzato

### **USO E COPERTURA DEL SUOLO PREVALENTE**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Oliveto                          | <input type="checkbox"/> Oliveto specializzato terrazzato | <input type="checkbox"/> Area agricola abbandonata, con erbe    |
| <input type="checkbox"/> Oliveto specializzato            | <input type="checkbox"/> Oliveto ciglionato               | <input type="checkbox"/> Area agricola abbandonata, con arbusti |
| <input type="checkbox"/> Oliveto specializzato ciglionato | <input type="checkbox"/> Oliveto terrazzato               | <input type="checkbox"/> Pascolo                                |

II



### FENOMENI EROSIVI

Presenza di fenomeni erosivi  sì  no

Gravità del fenomeno erosivo  bassa  media  alta

### CAUSE DELL' EVENTUALE FENOMENO EROSIVO

- |                 |  |                   |  |
|-----------------|--|-------------------|--|
| <b>Naturali</b> | <input type="checkbox"/> litologia                 | <b>Antropiche</b> | <input type="checkbox"/> abbandono                     |
|                 | <input type="checkbox"/> giacitura                 |                   | <input type="checkbox"/> disboscamento                 |
|                 | <input type="checkbox"/> acclività                 |                   | <input type="checkbox"/> slonamenti                    |
|                 | <input type="checkbox"/> alterazione               |                   | <input type="checkbox"/> cattiva regimazione acque     |
|                 | <input type="checkbox"/> frane superficiali        |                   | <input type="checkbox"/> cattiva gestione dei versanti |
|                 | <input type="checkbox"/> rotolamento massi         |                   | <input type="checkbox"/> carichi applicati             |
|                 | <input type="checkbox"/> erosione diffusa          |                   | <input type="checkbox"/> pascolo eccessivo             |
|                 | <input type="checkbox"/> erosione incanalata       |                   | <input type="checkbox"/> incendio                      |
|                 | <input type="checkbox"/> erosione spondale         |                   | <input type="checkbox"/> attività estrattive           |
|                 | <input type="checkbox"/> agenti meteorici          |                   | <input type="checkbox"/> attività turistico-ricreative |
|                 | <input type="checkbox"/> bestiame                  |                   | <input type="checkbox"/> altre cause                   |
|                 | <input type="checkbox"/> selvatici                 |                   |  |
|                 | <input type="checkbox"/> altri fattori di dissesto |                   |  |

### TIPOLOGIA E GRAVITA' DEI DANNI CAUSATI ALL'OLIVETO

- |                    |                                |                                |                               |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Suolo              | <input type="checkbox"/> bassa | <input type="checkbox"/> media | <input type="checkbox"/> alta |
| Copertura vegetale | <input type="checkbox"/> bassa | <input type="checkbox"/> media | <input type="checkbox"/> alta |
| Piante (Olive)     | <input type="checkbox"/> bassa | <input type="checkbox"/> media | <input type="checkbox"/> alta |
| Muri a secco       | <input type="checkbox"/> bassa | <input type="checkbox"/> media | <input type="checkbox"/> alta |
| Viabilità          | <input type="checkbox"/> bassa | <input type="checkbox"/> media | <input type="checkbox"/> alta |

### CARATTERIZZAZIONE DEGLI OLIVETI

#### GESTIONE OLIVETO

- Gestione razionale (potatura, controllo inerbimenti)
- Gestione irrazionale (scarse opere colturali)
- Abbandono (nessun intervento)

#### CARATTERISTICHE DELL'OLIVETO

- Oliveto di vecchio impianto
- Oliveto di recente impianto
- Densità di impianto  bassa  alta

III

**FORMA DI ALLEVAMENTO**

- A vaso
- A vaso a terra
- A palmetta

**DISPOSIZIONE DEGLI ALBERI**

- A filari
- Sparsi

**TIPO E GESTIONE DEGLI INERBIMENTI**

- Totalmente inerbiti
- Mediamente inerbiti
- Degradati

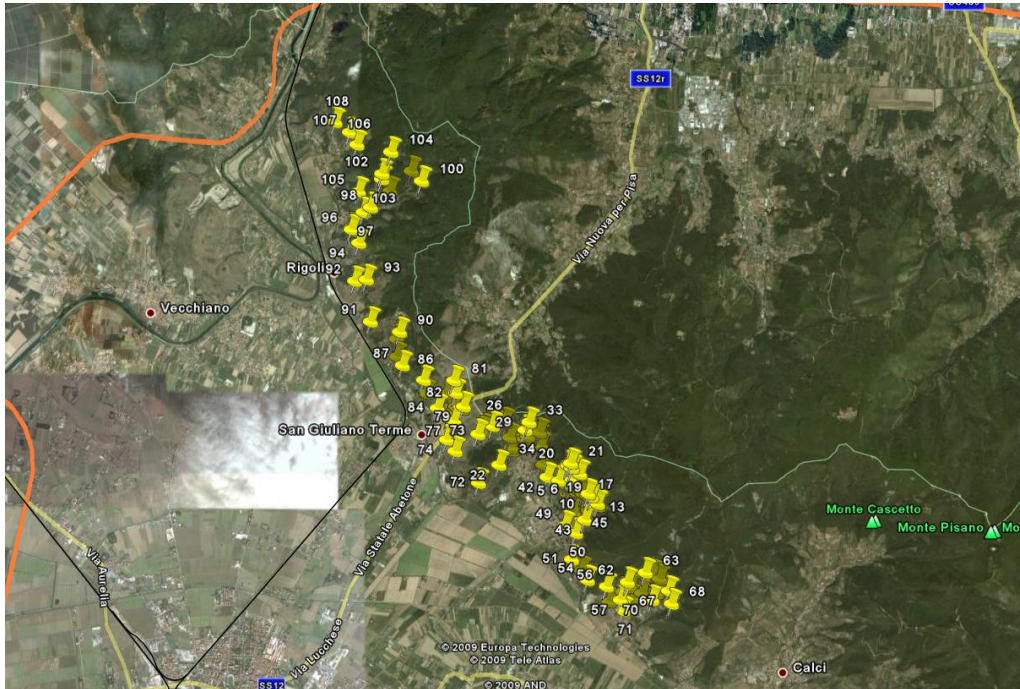
**GESTIONE DEGLI INERBIMENTI**

- con attrezzi       con pascolamento di \_\_\_\_\_       mista

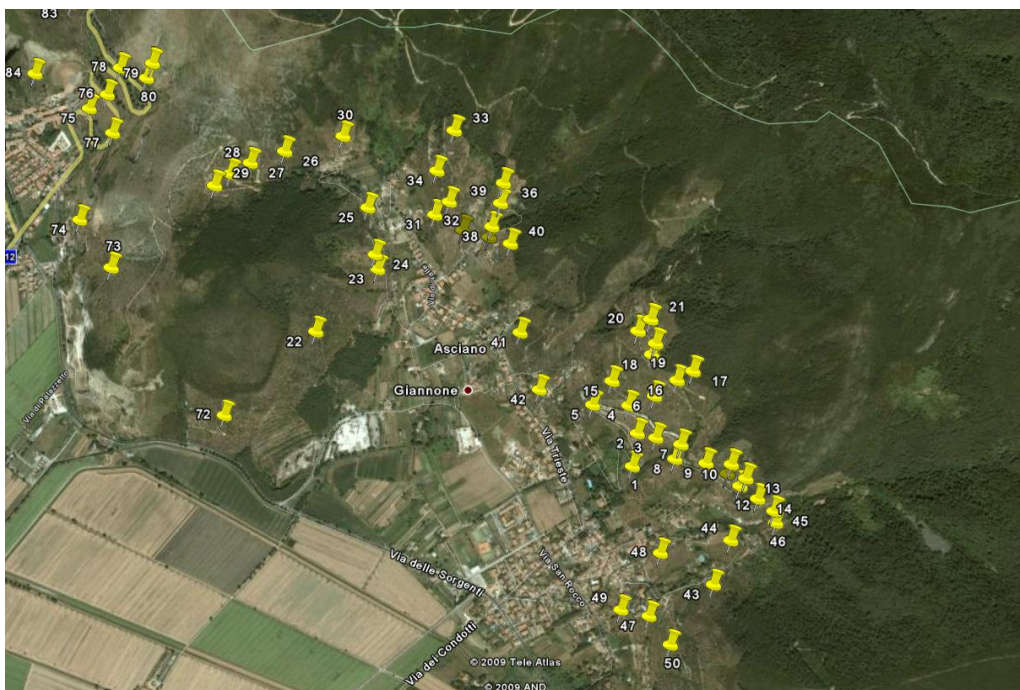
**ACCESSIBILITA' DELL'OLIVETO**

- Accessibilità con mezzi meccanici

**NOTE:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

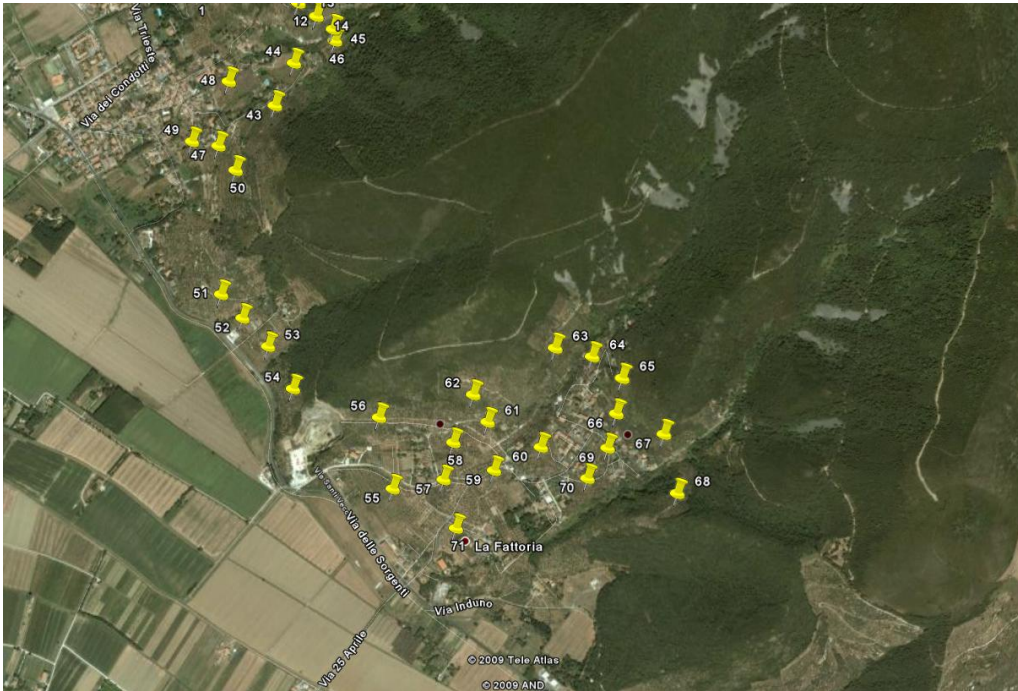


*Fig.7.2 – Distribuzione dei sopralluoghi effettuati nel territorio montano del Comune di San Giuliano Terme su foto da satellite*

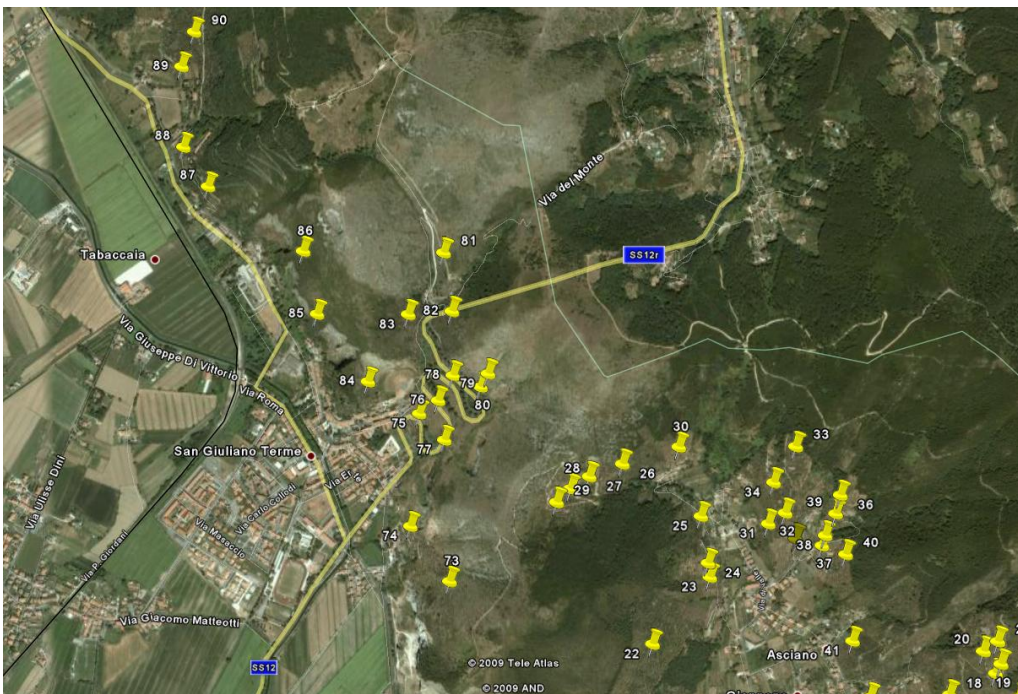


*Fig.7.3 – Particolare della distribuzione dei sopralluoghi effettuati nella zona di Asciano Pisano*



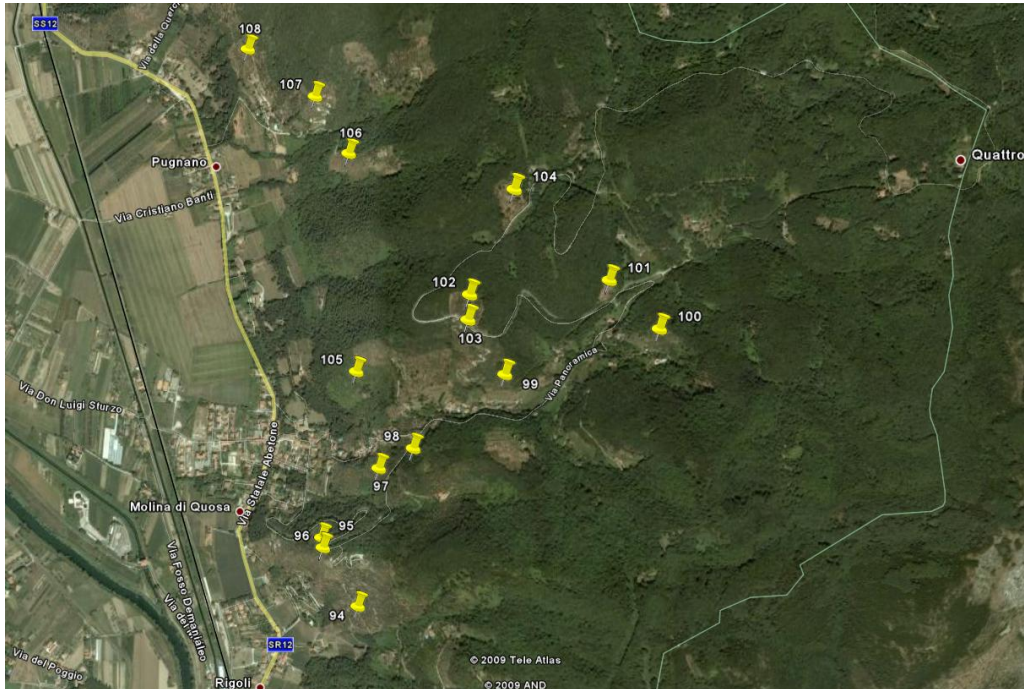


*Fig.7.4 – Particolare della distribuzione dei sopralluoghi effettuati nella zona di Agnano Pisano*



*Fig.7.5 – Particolare della distribuzione dei sopralluoghi effettuati nella zona di San Giuliano Terme*





*Fig.7.6 – Particolare della distribuzione dei sopralluoghi effettuati nella zona di Molina di Quosa-Pugnano*



*Fig.7.7 – Impiego della mountain bike e del pocket pc dotato di GPS incorporato per il censimento degli oliveti*

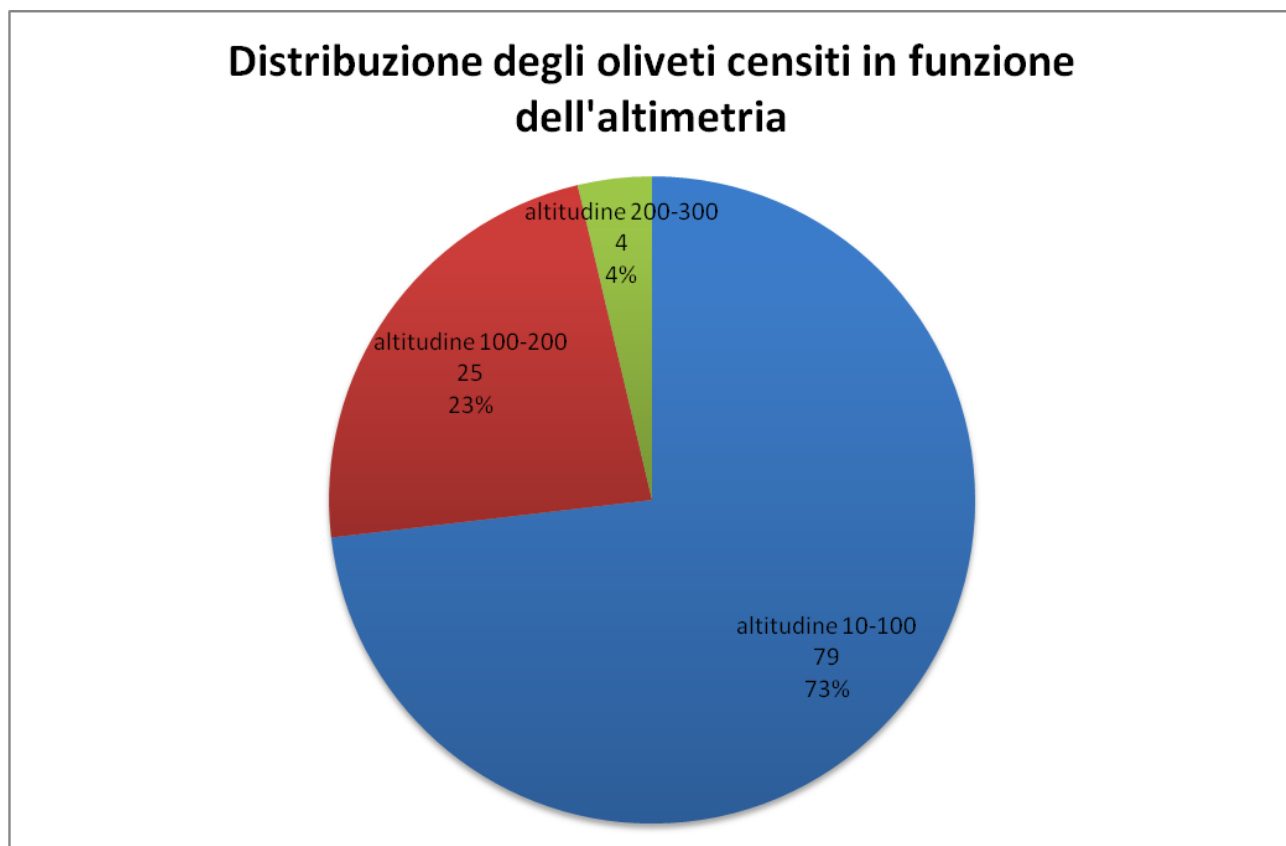




*Fig.7.8 – Impiego del pocket pc dotato di GPS incorporato per il censimento degli oliveti*

### 7.3 Risultati dell'indagine conoscitiva sugli oliveti

Di seguito sono riportati i grafici relativi alla distribuzione degli oliveti censiti in funzione di diversi parametri come l'altimetria, la pendenza e l'esposizione dei versanti, le caratteristiche litotecniche del substrato sul quale insistono e in funzione della loro tipologia, gestione e per ultimo un grafico riassuntivo nel quale viene riportata la distribuzione degli oliveti in relazione al fenomeno erosivo.

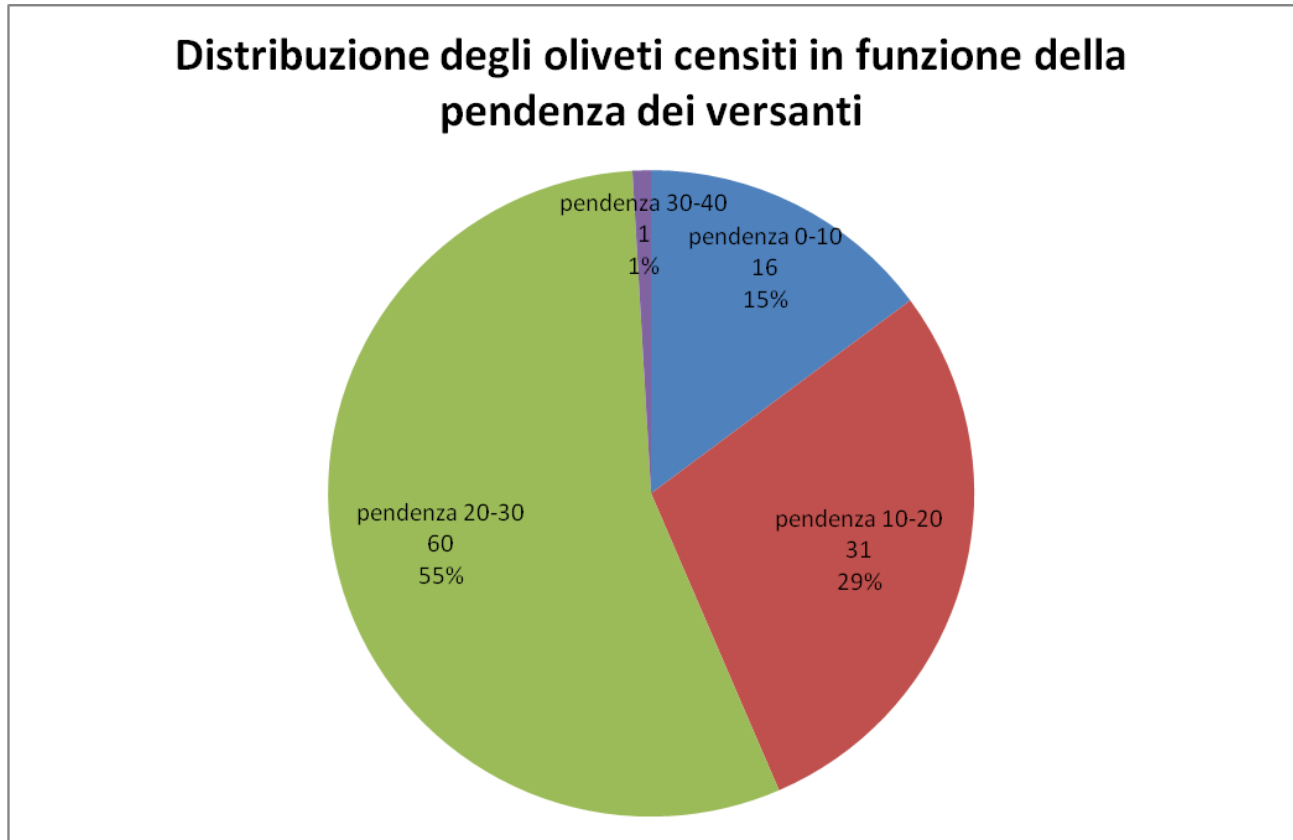


*Fig.7.9 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione dell'altimetria*

Dal grafico della distribuzione degli oliveti censiti nel territorio montano del Comune di San Giuliano Terme (Fig. 7.9) si deduce come la maggior parte dei terreni olivati sia localizzato entro quote basse comprese tra 10 e 100 metri; Il numero degli oliveti entro questa fascia altimetrica sono 79 e rappresenta il



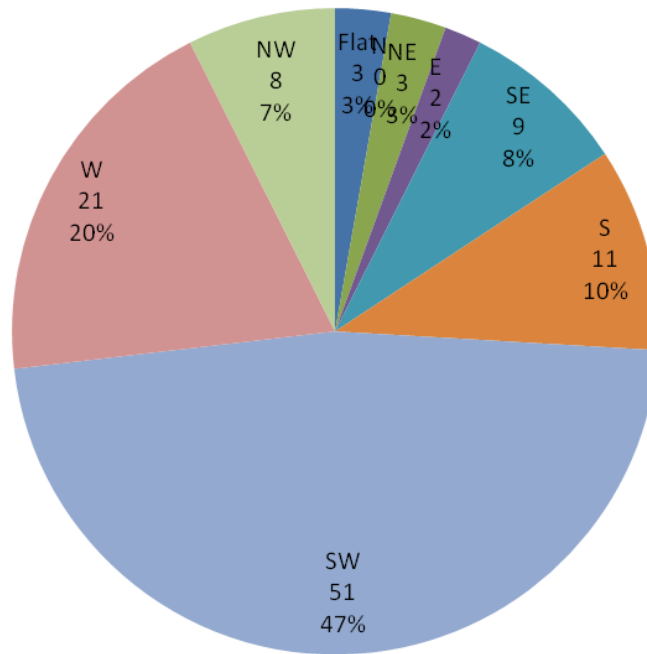
73% dell'intero campione preso in esame. Secondariamente il 23% di loro sono compresi fra i 100 e i 200 metri, e solo il 4% a quote più alte. Da cui si evince come la quasi totalità degli oliveti sia compresa entro i primi 200 metri di quota.



*Fig.7.10 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della pendenza dei versanti*

I terreni censiti destinati ad oliveto mostrano per la maggior parte una pendenza compresa tra il 20 e il 30%. (Fig. 7.10) La percentuale di questi è del 55% mentre più basse sono le percentuali per i terreni con pendenza compresa tra il 10 ed il 20% (29%) e inferiori al 10% (15%). Solo l'1% dei terreni censiti hanno pendenze superiori al 30%. La quasi totalità dei terreni olivati si colloca quindi entro il 30% di pendenza.

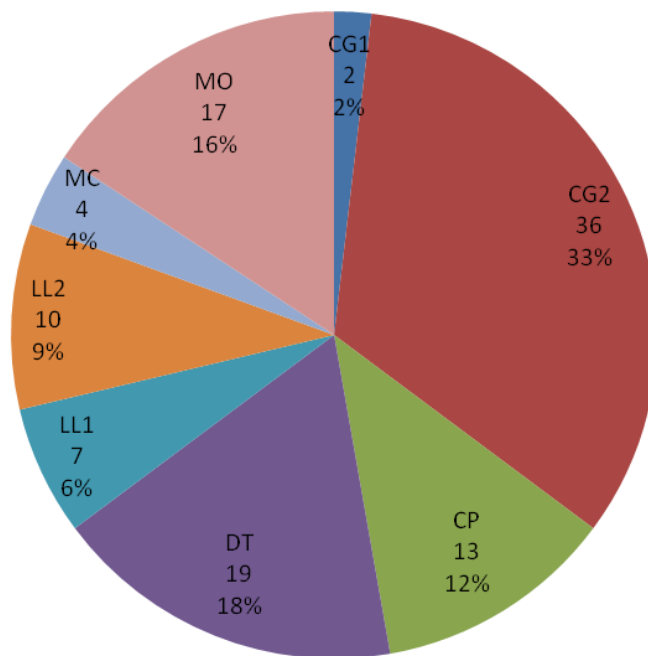
### Distribuzione degli oliveti censiti in funzione dell'esposizione dei versanti



*Fig.7.11 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione dell'esposizione dei versanti*

Quasi la metà degli oliveti censiti presentano un'esposizione verso SW dei versanti sul quale insistono (Fig. 7.11) , mentre il 20% sono esposti a W e il 10% presentano un'orientazione verso Sud. Minoritari sono gli oliveti esposti verso il quadrante nord che nella totalità non arrivano al 20% degli oliveti censiti.

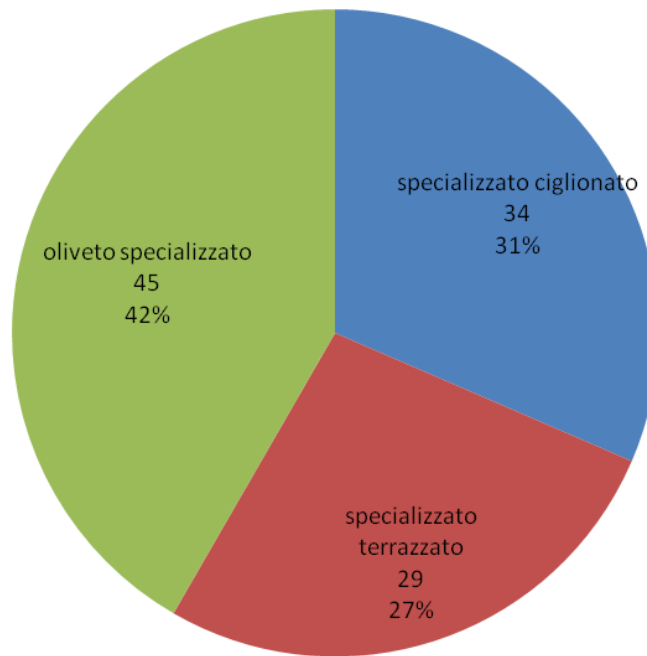
### Distribuzione degli oliveti censiti in funzione delle caratteristiche litotecniche



*Fig.7.12 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della litologia del substrato sul quale insistono*

Un terzo degli oliveti investigati insiste su terreni conglomeratici (CG1 e CG2), (Fig. 7.12) il 18% sui depositi detritici di versante (DT) e il 12% su terreni di copertura (CP). Sommando queste percentuali si arriva formulare come il 65% degli oliveti insiste su terreni sciolti, mentre il restante 35% insiste su terreni lapidei costituiti prevalentemente da litotipi metamorfici (MO, MC) (20%) e litotipi prevalentemente calcarei (LL1, LL2) (15%). Per le sigle fare riferimento alla legenda di fig.6.14.

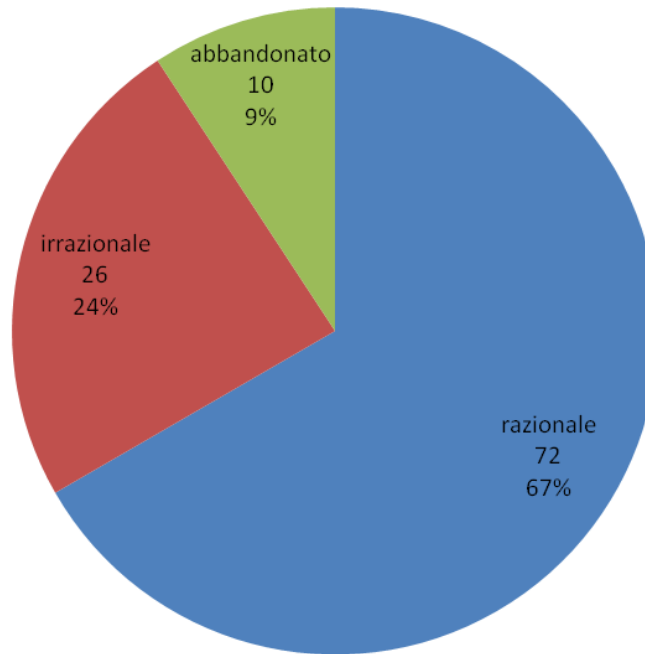
### Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della loro tipologia



*Fig.7.13 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della tipologia di coltivazione*

Riguardo le tipologie di oliveto riscontrate dai sopralluoghi (Fig. 7.13) si può affermare che le pratiche più diffuse sono quelle dell'oliveto ciglionato che rappresenta il 31% del totale, quello terrazzato (27%) mentre il 42% comprende tutti gli altri oliveti che non presentano queste forme di coltivazione tra le quali il rittochino.

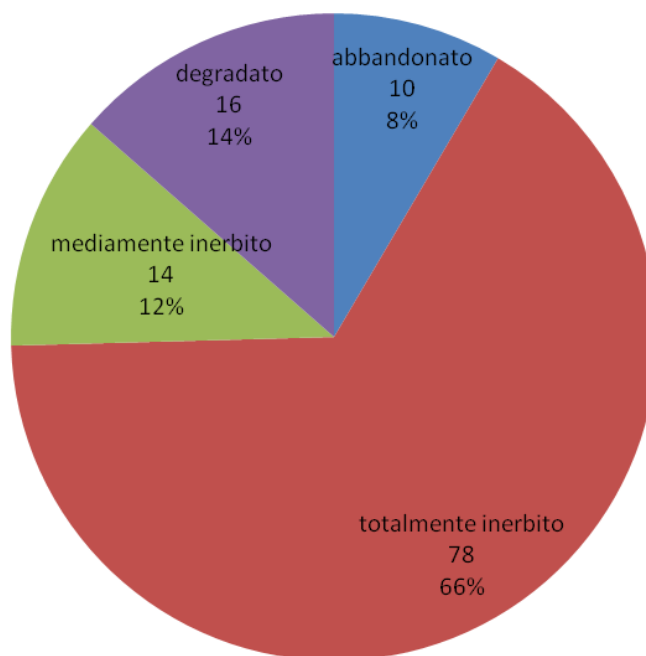
### Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della loro gestione



*Fig.7.14 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione della loro gestione*

La maggior parte degli oliveti (67%) ha mostrato di essere gestito in modo razionale con potature ed inerbimenti controllati (Fig. 7.14), il 24% in modo irrazionale con scarsi interventi di tipo colturale alle piante e/o al cotico erboso, mentre la restante parte (9%) è stato considerato abbandonato per l'assenza di lavorazioni e la folta presenza di erbe/arbusti.

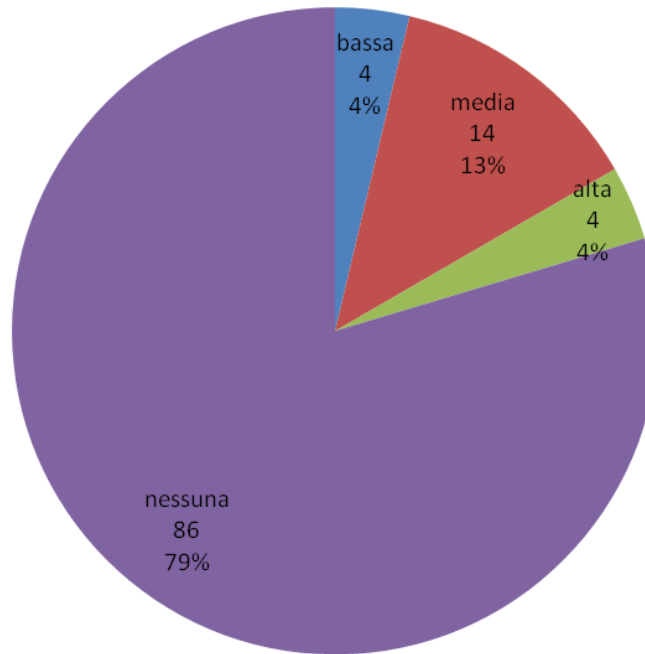
### Distribuzione degli oliveti censiti in funzione del loro inerbimento



*Fig.7.15 – Distribuzione degli oliveti censiti in funzione dello stato del loro inerbimento*

La massima parte degli oliveti (66%) ha mostrato di essere ben inerbito (Fig. 7.15), il 12% è caratterizzato da un inerbimento parziale, mentre la restante parte del 22% presenta un terreno degradato o abbandonato con possibili fenomeni di erosione dei versanti laddove la litologia e l'acclività siano favorevoli all'insorgere di questo fenomeno.

## Distribuzione degli oliveti censiti in funzione dell'erosione



*Fig.7.16 – Distribuzione degli oliveti censiti in relazione al fenomeno erosivo*

Di norma gli oliveti ben inerbiti e gestiti bene non presentano fenomeni di erosione (79%); laddove gli inerbimenti sono più carenti o la gestione degli oliveti e/o dei versanti e la regimazione delle acque è più carente si possono verificare fenomeni di erosione del suolo, soprattutto in presenza di situazioni favorevoli all'innescò del fenomeno erosivo come accentuata acclività, litologia sciolta facilmente asportabile (21%).

### **7.4 Conclusioni**

Considerando tutte le informazioni acquisite durante i sopralluoghi sui terreni destinati all'olivicoltura nel territorio di riferimento, si evince come al momento, per quanto riguarda l'erosione, la situazione apparentemente non desti



eccessiva preoccupazione. Tuttavia esistono aree in cui sono evidenti tali fenomeni che se non controllati possono evolvere in problematiche più gravi. A tale proposito occorre valutare l'aspetto geologico in quanto in presenza di terreni litoide la resistenza all'erosione è più elevata rispetto ai terreni sciolti. Infatti, laddove prevale la natura litoide dei terreni (rocce metamorfiche e calcaree) anche una cattiva gestione dei versanti e/o degli oliveti o un loro abbandono sembra non produrre fenomeni rilevanti di erosione. Fenomeni erosivi sono invece sorti laddove siamo in presenza di terreni incoerenti e particolarmente declivi in associazione alla cattiva gestione dei versanti inerbiti oppure all'abbandono degli oliveti ed infine dove sono presenti eccessivi pascolamenti che concorrono alla distruzione del cotico erboso con sentieramenti etc. e alla distruzione di muri a secco e frane dei ciglionamenti. Risulta pertanto evidente come il buon assetto idrogeologico, che dipende dall'attenzione degli agricoltori, nel mantenere bene gli oliveti, i loro inerbimenti e le sistemazioni idraulico-agrarie sia di fondamentale importanza per limitare i fenomeni erosivi dei versanti specie laddove le pendenze sono importanti.

## **8 EFFETTO DELLA MODALITÀ DI GESTIONE DEI COTICI ERBOSI SULL'EROSIONE DEL TERRITORIO MONTUOSO DEL MONTE PISANO**

### **8.1 Obiettivo della sperimentazione**

A complemento dei risultati ottenuti relativi allo stato attuale della superficie olivata del Monte Pisano ci è sembrato interessante effettuare una prova sperimentale che ha come obiettivo principale quello di valutare le perdite di suolo (erosione) di superfici inerbite del suddetto territorio sottoposte a differenti modalità di gestione dei cotici erbosi.

### **8.2 Metodologia adottata**

La prova è stata effettuata in località Pugnano nella parte a nord del territorio montuoso del Comune di S. Giuliano Terme. È stato scelto un appezzamento di terreno completamente inerbito di 1000 mq con una pendenza abbastanza uniforme di circa 20%.

Nella parte centrale dell'appezzamento sono state allestite 5 parcelle (4 sperimentali + 1 di controllo) di m 4x2, opportunamente delimitate da aste in legno e la cui superficie inerbita è stata sottoposta a differenti tipi di trattamento:

- 1- sfalcio a prato (taglio sopra il colletto, superficie costantemente inerbita)
- 2- lavorazione superficiale (parcella utilizzata come controllo)
- 3- trattamento con diserbante
- 4- taglio raso- terreno nudo
- 5- terreno inserito in un pascolo con cavalli

In ciascuna parcella sperimentale e in quella di controllo è stato realizzato un opportuno sistema di drenaggio al fine di raccogliere le acque e i sedimenti trasportati dal deflusso idrico superficiale. Mediante un'apposita canaletta in PVC inserita nel terreno nel lato a valle delle parcelle le acque di scorrimento superficiale assieme al terreno eroso vengono trasportate tramite un condotto

all'interno di un contenitore di raccolta. La canaletta è stata opportunamente coperta con una lastra di PVC per impedire alle acque meteoriche, non di scorrimento, di entrare direttamente nel recipiente di accumulo.

Dopo ciascun evento piovoso intenso, da ogni recipiente sarà prelevata l'acqua di cui sarà quantificato il volume. L'acqua relativa a ciascuna parcella sarà messa in stufa a 103°C a ventilazione forzata e fatta completamente evaporare per poter valutare la quantità di residuo terroso (sedimenti), derivato dall'erosione idrometeorica.

Pertanto, per ciascun evento piovoso di cui conosciamo la quantità di acqua avremo per ciascuna parcella sperimentale e per quella di controllo :

- La percentuale di acqua trattenuta dal cotico erboso e infiltrata nel terreno
- La percentuale di acqua non trattenuta (defluita a valle)
- La quantità di terreno eroso

Confrontando i dati delle 4 parcelle sperimentali con quella di controllo avremo delle informazioni utili relative al tipo di gestione degli inerbimento più idoneo ad evitare lo scorrimento di acqua superficiale e soprattutto l'erosione del suolo.

In particolare, dal rapporto tra le perdite di terreno nelle quattro parcelle sperimentali e quella della parcella di controllo si ricava il valore del fattore "C", che indica il grado di erosione in terreni inerbiti caratterizzati da diverse gestioni del cotico.

Verrà inoltre determinato il rapporto tra l'acqua defluita a valle di ciascuna parcella sperimentale (raccolta all'interno del recipiente), rispetto a quella di controllo che noi chiameremo "AS".

### 8.3 Risultati

Tabella Rapporto tra l'acqua di scorrimento superficiale (AS) e perdite di suolo (C) nelle parcelle sperimentali rispetto a quelle di controllo

<b>Numero parcella</b>	<b>Tipo di gestione del cotico</b>	<b>Fattore AS</b>	<b>Fattore C</b>
1 sperimentale	Taglio a prato	0.18	0.30
2 controllo	Lavorazione superficiale	-	-
3 sperimentale	Trattamento con diserbante	1.22	1.45
4 sperimentale	Taglio raso	12.18	2.10
5 sperimentale	Pascolamento	6.34	5.00

Legenda: AS = rapporto tra l'acqua di scorrimento superficiale nelle parcelle sperimentale rispetto al controllo; C = rapporto tra le perdite di suolo nelle parcelle sperimentali rispetto al controllo

Com'era logico attendersi, la parcella sottoposta a taglio a prato ha evidenziato la più bassa quantità di acqua di deflusso e il più basso tasso di erosione. Rispetto alla parcella di controllo l'acqua defluita a valle è stata del 18% e l'erosione è risultata pari a  $C=0,3$ . La parcella sottoposta a diserbo ha mostrato valori leggermente più alti del controllo e precisamente un rapporto di 1,22 del valore dell'acqua di deflusso e un  $C= 1,45$ . Il terreno nudo ha mostrato il valore più alto di acqua defluita a valle che è risultata di 12,18 volte superiore rispetto al valore di riferimento (controllo) ed anche il coefficiente di erosione è stato elevato con un valore di C pari a 2,10. La parcella a pascolo ha mostrato una quantità d'acqua non trattenuta di oltre 6 volte in più, rispetto a quella di controllo e seconda per quantità solo alla parcella a nudo. Riguardo la quantità di suolo asportato per erosione la parcella a pascolo ha mostrato il valore più alto in assoluto con un valore di C pari a 5. Se confrontiamo, inoltre gli effetti,

del tipo di taglio sui parametri considerati notiamo come un taglio a nudo rispetto a quello a prato determini un aumento di ben 65 volte dell'acqua non trattenuta e che quindi defluisce a valle con un aumento dell'erosione di ben 7 volte (2,1 vs 0,3). Ancora più negativi risultano gli effetti del pascolamento sull'inerbimento, infatti la parcella pascolata mostra, rispetto al cotico inerbito, una quantità di acqua non trattenuta 34 volte superiore e un'erosione "C" di oltre 16 volte maggiore. (5,0 vs 0,3). Il diserbo del cotico ha determinato un aumento dell'acqua defluita, infatti dal confronto tra il cotico inerbito e quello diserbato si ha un aumento di tale valore di oltre 6 volte e un'erosione C di quasi 5 volte più elevato (1,45 vs 0,30). Tuttavia, la parcella diserbata mostra valori di acqua defluita e terreno eroso più bassi, rispetto alla parcella con terreno nudo; evidentemente l'erba, benché essiccata, mostra ancora una azione antierosiva anche se nel tempo tende a ridursi per la progressiva scomparsa dell'inerbimento.

#### **8.4 Conclusioni**

In questa sperimentazione viene confermata l'elevata capacità antierosiva dei cotici erbosi, infatti la mancanza, anche parziale, degli inerbimenti causata dall'eccessivo taglio dell'erba, dal diserbo e dal sovrapascolamento ha determinato un significativo aumento dell'acqua di scorrimento superficiale, con conseguenti fenomeni di erosione. Le parcelle sperimentali, ad esclusione di quella a taglio a prato, hanno evidenziato valori dell'acqua di scorrimento e di erosione più elevati rispetto al terreno lavorato (controllo).

Evidentemente la lavorazione del terreno facilita la penetrazione dell'acqua meteorica nel suolo, riducendo lo scorrimento superficiale anche in assenza di inerbimento.

Nelle altre parcelle totalmente o parzialmente prive di erba il terreno risulta invece compatto e quindi l'acqua meteorica non riesce a penetrare nel suolo e

scorre a valle. Questo fenomeno risulta molto accentuato nel terreno nudo, sia per la mancanza totale di erba, ma soprattutto per l'elevata compattazione del suolo, provocato dall'azione battente del filo rotante del decespugliatore sul terreno.

Ma la massima erosione si è avuta nella parcella a pascolo; evidentemente il continuo calpestamento del suolo da parte degli animali determina, oltre a fenomeni di compattamento, anche una movimentazione dello strato superficiale del terreno, che risulta così facilmente distaccabile dall'acqua di scorrimento superficiale e trasportato a valle.

Pertanto, la gestione degli inerbimento negli oliveti, soprattutto nei terreni fortemente declivi, deve essere effettuata non solo secondo criteri agronomici, ma anche ambientali, evitando l'uso di diserbanti ed eseguendo il taglio dell'erba in modo che la superficie del terreno resti costantemente inerbita.

Qualora si voglia far ricorso al pascolo per il controllo dell'inerbimento occorre evitare un eccessivo carico animale, commisurando il numero dei capi e la loro permanenza sul pascolo alla superficie pascoliva ed alla produzione di erba.

Occorre inoltre non lasciare sempre gli animali sulla stessa area di pascolo, ma è buona norma spostarli frequentemente da una superficie all'altra (pascolo a rotazione), in modo che il cotico possa usufruire di turni di riposo ed abbia così modo di ricacciare. L'uso di recinzioni elettriche facilita notevolmente l'applicazione di questo razionale sistema di pascolamento che evita il degrado e la scomparsa dell'erba.

Questa sperimentazione non deve ritenersi ancora conclusa, ma proseguirà per altri mesi poiché i dati raccolti fino ad ora, benché, attendibili, necessitano di ulteriori conferme.

Questo tipo di sperimentazione, per poter fornire dati assolutamente certi, necessita di lunghi periodi di osservazione, ed inoltre le condizioni climatiche

(piovosità eccezionale) che si sono verificate durante la prova, potrebbero aver influito sui suoi risultati.

Ci riserviamo di presentare i risultati completi ed aggiornati di questa importante sperimentazione nella relazione finale della prossima convenzione in atto e che riguarda proprio lo studio dei fattori naturali ed antropici dell'erosione del territorio del Monte Pisano.

## **9 CONSIDERAZIONI FINALI**

Per un studio di carattere territoriale come questo che ha visto come obiettivo principale la valutazione della situazione attuale dell'assetto idrogeologico del Monte Pisano e quello di verificare come la razionale gestione dei cotici erbosi sia importante per il controllo dell'erosione e della stabilità dei versanti destinati all'olivicoltura si è rivelato di fondamentale importanza l'uso di strumenti GIS (Geographic Information System). Ciò ha consentito di avere una base cartografica di partenza sulla quale produrre cartografie di dettaglio tematiche come la carta della distribuzione degli oliveti, la carta dell'uso del suolo, la carta delle altimetrie, della pendenza ed esposizione dei versanti, la carta geologica, quella geomorfologica, la carta del reticolo drenante e della propensione ai fenomeni erosivi. Queste carte, associate ad un modello digitale tridimensionale del suolo (DTM) di dettaglio, e alle foto aeree e da satellite georeferenziate ci hanno permesso di avere un quadro d'insieme dell'intero territorio montano Sangiulianese di tutte le componenti ambientali che concorrono allo sviluppo dei fenomeni erosivi. Lo strumento GIS è l'unico strumento cartografico digitale che ci permette di sovrapporre carte tematiche associate a dati territoriali e ci consente, anche con l'applicazione di opportuni algoritmi, di verificare come e quanto le diverse componenti ambientali favoriscono o meno un determinato processo come quello erosivo; pertanto si è rivelato di significativa utilità nell'individuare anche le zone più vulnerabili dal punto di vista dei fenomeni erosivi e di dissesto idrogeologico. Tuttavia il GIS



non ci consente di avere una valutazione dettagliata dello stato di mantenimento delle superfici olivate, degli inerbimento e dell'instaurarsi di fenomeni erosivi e piccoli dissesti. Pertanto su queste aree sono poi stati effettuati sopralluoghi e rilevamenti di campagna allo scopo di verificare la situazione direttamente sul terreno.

I risultati scaturiti da questo studio hanno evidenziato come i fenomeni erosivi nel territorio montano del Comune di San Giuliano Terme sono particolarmente evidenti quando sussiste una cattiva gestione dei versanti inerbiti, delle sistemazioni idrauliche agrarie che determinano una cattiva regimazione delle acque di ruscellamento responsabili del deflusso superficiale di tipo areale e/o incanalato. Tutto ciò può causare la messa a nudo del suolo che in tal modo viene facilmente asportato e trasportato verso valle dalle piogge, soprattutto in occasione di eventi meteorici di una certa intensità.

Riguardo il controllo degli inerbimenti negli oliveti occorre considerare il tipo di morfologia del territorio. In superfici terrazzate dove la pendenza è ridotta ed il rischio di erosione è basso, pur essendo sempre consigliabile il taglio a prato, la gestione di cotici erbosi può essere effettuata anche con tecniche più "distruttive" come il taglio raso o il diserbo.

Al contrario nelle superfici ciglionate o a rittochino, dove il rischio erosione, è invece, molto alto, l'unica tecnica razionale per il controllo degli inerbimento risulta quella con taglio a prato poiché la sola che consente di assicurare una valida e costante azione antierosiva per la presenza in modo continuativo dell'erba sul terreno.

Per quanto riguarda il pascolamento, come controllo dell'inerbimenti, l'uso del cavallo è da evitare nei terrazzamenti poiché la sua eccessiva mole ed il suo comportamento determinano il crollo dei muri a secco creando danni ambientali e paesaggistici molto spesso irreparabili. Nei terreni non terrazzati il cavallo può essere utilizzato purchè si rispettino i criteri del pascolamento razionale che

prevede un equilibrato carico animale ed un avvicendamento su diverse superfici a pascolo.

Tuttavia l'uso di animali a mole ridotta come asini di razze nane o ovini risultano in ogni caso più idonei dal punto di vista ecocompatibile per il controllo degli inerbimento degli oliveti del Monte Pisano.

Recentemente sono stati introdotti nella zona montuosa di Calci alcuni alpaca proprio per il controllo degli inerbimenti .Questi cammellidi di piccola mole sono molto docili non arrecano danni ai muri a secco ed agli olivi e sembrerebbero per questo adatti per il territorio del Monte Pisano purtroppo vi è il grosso limite legato all'eccessivo costo di acquisto di questi animali.