



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

GESTIONE E CONSERVAZIONE DEL SUOLO IN AMBIENTE  
COLLINARE E MONTANO: I TERRAZZAMENTI  
SOIL MANAGEMENT AND CONSERVATION IN HILLY  
AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS: TERRACES

TIPO TESI: (compilativa)

Studente:  
RAFFAELLA FABILLI

Relatore:  
PROF. STEFANIA COCCO

Correlatore:  
DOTT. ANDREA SALVUCCI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

A chi ha creduto in me fin dall'inizio.  
E fino alla fine.

# SOMMARIO

SOMMARIO .....	3
ELENCO DELLE TABELLE.....	5
ELENCO DELLE FIGURE .....	6
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI .....	8
CAPITOLO 1 IL SUOLO: RISORSA DA PRESERVARE E VALORIZZARE .....	10
1.1 Definizione di pedologia.....	10
1.2 Pedogenesi e fattori di formazione del suolo.....	11
1.2.1 Fattori della pedogenesi.....	11
1.2.2 Il processo pedogenetico.....	11
1.3 Concetti base di pedologia e classificazione dei suoli .....	12
1.3.1 Gli orizzonti.....	12
1.3.2 Classificazione dei suoli .....	15
1.4 Funzioni e importanza del suolo .....	19
1.4.1 L'approccio pedologico .....	19
CAPITOLO 2 SISTEMAZIONI DEL SUOLO.....	21
2.1 Morfologia dei suoli agrari in Italia .....	21
2.1.1 Diversità climatiche .....	21
2.1.2 Caratteristiche e distribuzione dei suoli.....	22
2.2 Impatto della meccanizzazione agricola .....	25
2.3 L'erosione del suolo.....	26
2.4 Il dissesto idropedologico .....	28
2.5 Gli agroecosistemi e le loro difficoltà.....	30
2.6 Le sistemazioni idraulico agrarie in Italia.....	32
2.7 Azioni di mitigazione del dissesto idrogeologico in campo agricolo e forestale.....	35
CAPITOLO 3 EVOLUZIONE E MANUTENZIONE DEI TERRAZZAMENTI.....	38

3.1 Aspetti pedologici di un suolo terrazzato.....	38
3.2 Storia e Sviluppo.....	40
3.3 Generalità sulla realizzazione dei terrazzamenti.....	42
3.3.1 Campionamento pedologico del substrato d'origine .....	43
3.3.2 Costruzione .....	43
3.4 Tipologie di terrazzamenti .....	44
3.4.1 Caratteristiche del suolo per coltivazione della vite .....	44
3.4.2 Classificazione dei terrazzamenti vitati .....	45
3.4.3 Classificazione dei terrazzamenti in base alla costruzione .....	46
3.5 Ubicazione dei terrazzamenti.....	47
3.6 Uso dei terrazzamenti in Italia come mezzo di riduzione del fenomeno erosivo.....	47
3.7 Capanne e Muretti in pietra a secco nel Parco Nazionale della Majella .....	50
CAPITOLO 4 I TERRAZZAMENTI TRA BENEFICI E CRITICITA' .....	52
4.1 Ecologia e biodiversità dei paesaggi terrazzati .....	57
4.1.1 Il valore ambientale .....	57
4.1.2 Le funzioni ecologiche.....	57
4.2 Impatto dei terrazzamenti nel settore economico e sociale.....	60
4.2.1 Terrazzamenti tra disuso e valorizzazione: prospettive economiche e istituzionali .....	60
4.2.2 Sostegno alle comunità rurali .....	66
4.3 Impatto dei terrazzamenti sul paesaggio e la qualità del suolo .....	68
4.4 Manutenzione dei terrazzamenti .....	69
4.4.1 Ruolo della riparazione dei muri di contenimento.....	69
4.4.2 Ruolo della vegetazione nel controllo dell'erosione e la stabilità dei versanti ...	70
4.5 Abbandono dei terrazzamenti e declino agricolo.....	70
4.6 Sfide dei terrazzamenti e strategie applicate in diversi casi.....	72
CONCLUSIONI .....	74
BIBLIOGRAFIA .....	76
SITOGRAFIA .....	79

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1-1 Principali sottotipi di orizzonte O seconda la USDA Soil Taxonomy.....	12
Tabella 1-2 Principali sottotipi di orizzonte A secondo la USDA Soil Taxonomy .....	13
Tabella 1-3 Principali sottotipi di orizzonte B secondo la USDA Soil Taxonomy.....	13
Tabella 1-4 Ordini di suolo (USDA Soil Taxonomy).....	16
Tabella 1-5 Chiave semplificata ai Gruppi WRB .....	18
Tabella 3-1 Orizzonti rappresentativi degli Anthrosols .....	39

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2-1 Morfologia del territorio italiano.....	21
Figura 2-2 “mappa dei suoli d’italia”.....	23
Figura 2-3 Rill e Inter Rill Erosion in Italia.....	26
Figura 2-4 Tipologie di movimento franoso più comuni nel territorio italiano.....	27
Figura 2-5 Seminativi in Italia.....	30
Figura 3-1 Funzioni dei terrazzamenti.....	40
Figura 3-2 Aree terrazzate in Italia Ubicazione delle aree terrazzate in Italia.....	42
Figura 3-3 Realizzazione del muro.....	44
Figura 3-4 Principali terrazzamenti vitati in Europa.....	46
Figura 3-5 Uso suolo area del Bacino del Fiume Biferno.....	48
Figura 3-6 Uso suolo area del Bacino dei Fiumi Uniti.....	49
Figura 3-7 Uso suolo area della Costiera Amalfitana.....	49
Figura 3-8 Uso suolo area delle Cinque Terre.....	50
Figura 4-1 Percentuale di scheletro, pH, P disponibile, C e N totale del suolo del vigneto Arnad I.....	52
Figura 4-2 Profilo di suolo di un vigneto a pergola di 12 anni, Arnad I.....	53
Figura 4-3 Percentuale di scheletro, pH, P disponibile, C e N totale del suolo di un vigneto abbandonato da 30-35 anni, Arnad II.....	53
Figura 4-4 Profilo di suolo di un vigneto abbandonato da 30-35 anni, Arnad II.....	54
Figura 4-5 L'abbandono dell'uso agricolo dei versanti terrazzati e delle pratiche di manutenzione possono determinare in breve tempo il degrado delle strutture. Interruzione di una serie di piccole e incessanti operazioni quali ad esempio la pulizia delle canalette di drenaggio, l’esecuzione di piccoli interventi di manutenzione dei muretti a secco.....	56
<b>Figura 4-6 Il dissesto dei terrazzi può innescare movimenti franosi con un meccanismo “a domino”.....</b>	<b>56</b>
Figura 4-7 Terrazzamenti del Parco della Majella.....	58
Figura 4-8 Terrazzamenti nel Parco dell’Isola di Pantelleria.....	59

Figura 4-9 Foto di campionamento di suolo con trivella condotto su suoli terrazzati del Parco della Majella.....	60
Figura 4-10 Comparazione dinamica dei fabbisogni di lavoro per muretti a secco e grano (dato riferito al 1970) .....	62
Figura 4-11 Manarola, lavori di recupero terrazzamenti .....	65
Figura 4-12 Manarola, anfiteatro terrazzato .....	65
Figura 4-13 Valorizzazione dell'architettura e del paesaggio rurale (PNRR, 2020) .....	67

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Il suolo è una risorsa limitata. Il suo degrado è recuperabile in tempi molto lunghi, se consideriamo che occorrono fino a 1000 anni per formare circa 3 cm di suolo fertile, mentre oggi con una frequenza di 5 secondi l'equivalente di un campo da calcio di suolo viene perso a causa dell'erosione. Se consideriamo che il 95% del cibo globale viene prodotto direttamente o indirettamente dal suolo, e con il tasso corrente di erosione si stima che circa il 90% dei suoli sarà a rischio entro il 2050, dobbiamo assolutamente prendere coscienza della necessità di trovare delle soluzioni che ci permettano di operare in favore della sicurezza alimentare globale.

Secondo dati forniti dalla FAO, potremmo perdere la totalità della terra fertile e coltivabile entro i prossimi 60 anni. In Italia, il 28% dei suoli coltivabili è andato perso negli ultimi 25 anni, mentre un terzo dei suoli mondiali è già soggetto a degradazione.

Le minacce sono molteplici: urbanizzazione, erosione, acidificazione, inquinamento chimico e impoverimento dei nutrienti sono considerati tra i problemi più importanti a livello globale per la produzione agricola, e quindi per la sicurezza e la sostenibilità alimentare.

La degradazione del suolo rappresenta una grave minaccia per il pianeta, poiché dai suoli dipendono una serie di servizi ecosistemici fondamentali per il benessere umano. Il suolo infatti è essenziale per l'esistenza delle specie presenti sul nostro pianeta: svolge la funzione di buffer, filtro e reagente consentendo la trasformazione dei soluti che vi passano e regolando i cicli nutrizionali indispensabili per la vegetazione; è coinvolto nel ciclo dell'acqua; funge da piattaforma e da supporto per i processi e gli elementi naturali e artificiali; contribuisce alla resilienza dei sistemi socio ecologici; fornisce importanti materie prime e ha, inoltre, una funzione culturale e storica (AA.VV., 2023, Il suolo italiano al tempo della crisi climatica - Rapporto 2023. Re Soil Foundation).

Quali sarebbero le conseguenze se in futuro non fosse più disponibile suolo coltivabile? Negli ultimi decenni, alla luce dei cambiamenti climatici e degli eventi meteorologici straordinari sempre più frequenti, è di fondamentale importanza studiare e implementare metodi di



conservazione del suolo mediante adeguate sistemazioni agrarie che troppo spesso sono state abbandonate.

Le sistemazioni idrauliche del suolo sono l'insieme delle opere e degli interventi tecnici di difesa mirati ad assicurare la regimazione delle acque presenti in eccesso nei suoli agrari e forestali, con l'obiettivo di ottimizzare la produzione, prevenire l'erosione del suolo e garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali. La perdita di suolo si manifesta come una riduzione dello spessore degli orizzonti superficiali che costituiscono il Top-soil (A e B) che sono interessati dalle pratiche colturali, con una conseguente perdita di sostanza organica per l'innescamento dei processi erosivi (Cocco *et al.*, 2020; Lo Papa *et al.*, 2020).

Nel presente elaborato, vengono condotte delle considerazioni sull'impatto delle sistemazioni idrauliche sulla salute del suolo e la qualità del paesaggio, vengono valutati in particolare i benefici e le criticità dei terrazzamenti, e sono descritte tecniche di conservazione del suolo. Tali riflessioni sono il risultato di una revisione bibliografica e un'analisi critica di documenti vari: pubblicazioni scientifiche e report di progetti che hanno affrontato la tematica con un approccio pedologico.

# Capitolo 1

## IL SUOLO: RISORSA DA PRESERVARE E VALORIZZARE

Alla luce delle molteplici problematiche che affliggono i suoli, come è stato ribadito anche in sede europea nella Mission “Caring for Soil is caring for Life”, occorre migliorare in modo significativo l’alfabetizzazione pedologica in tutti gli Stati membri, perché è evidente la necessità di una più diffusa conoscenza delle caratteristiche pedologiche e delle fragilità del nostro territorio. In particolare, l’approccio conoscitivo potrebbe agevolare l’adozione di una corretta gestione dei suoli, l’introduzione di pratiche conservative, l’individuazione di indicatori della sua salute per condurre un costante monitoraggio, la realizzazione di sistemazioni idraulico-agrarie utili alla mitigazione dei danni al territorio e alle produzioni agrarie. Per raggiungere questi obiettivi e, soprattutto, per diffondere una corretta conoscenza del suolo, è auspicabile la creazione di una sinergia fra ricerca, formazione, politica e comunicazione. Altrettanto necessario è richiamare l’attenzione dei cittadini nei confronti dell’importanza della risorsa suolo e della sua vulnerabilità. È opportuno che tutti abbiano delle nozioni di base utili a compiere delle scelte che poi hanno delle ricadute sull’ambiente. La Pedologia è la disciplina in grado di offrire questi elementi di conoscenza (Corti *et al.*, 2023).

### 1.1 Definizione di pedologia

La pedologia è la disciplina che studia la natura dei suoli attraverso osservazioni morfologiche in campo e, successivamente, dopo un campionamento eseguito per orizzonti pedogenetici, procede nella loro caratterizzazione fisica, chimica, mineralogica e biologica, a seconda dello scopo del lavoro (Brady *et al.*, 2008).

La pedologia studia i fattori e i processi di genesi grazie ai quali esso si forma ed evolve anche per fare previsioni sulle conseguenze delle azioni umane sul suolo e a spiegare la presenza di suoli diversi sulla superficie terrestre, in varie zone di un Paese o di una regione, lungo un versante boscato o all’interno di un’azienda agricola.

L’approccio pedologico considera il suolo non solo nella sua variabilità “orizzontale” ma anche nella sua variabilità verticale, espressa lungo il suo profilo aperto dalla superficie alla

sua roccia madre. Lo studio della genesi del suolo fornisce uno schema concettuale grazie al quale la variabilità verticale è comprensibile, incluse le conseguenze di un uso del suolo piuttosto che un altro (Corti et al., 2023).

Il rilievo pedologico che permette di conoscere la variabilità orizzontale e verticale consta di osservazioni condotte in campo, effettuando trivellate manuali, piccoli scavi o trincee. Ed è proprio delle trincee o scavi profondi che è possibile osservare il cosiddetto profilo pedologico vale a dire il suolo costituito da tutti i suoi strati, detti orizzonti. L'osservazione morfologica del profilo del suolo permette di individuare gli orizzonti genetici grazie al loro diverso colore, struttura, consistenza, densità di radici e altro e di eseguire un campionamento per ciascuno di essi (Schoeneberger et al., 1998) così da sottoporre ad analisi fisiche, chimiche e biologiche campioni pedologici che abbiano un senso genetico e naturale.

## **1.2 Pedogenesi e fattori di formazione del suolo**

La pedogenesi è il processo attraverso cui si forma il suolo, influenzato da fattori di natura chimica, fisica e biologica. Questi contribuiscono all'alterazione e disgregazione delle rocce sottostanti (substrato pedogenetico) e alla decomposizione della materia organica derivante dagli organismi viventi.

### *1.2.1 Fattori della pedogenesi*

Tra i fattori fisici vi sono eventi meteorologici come pioggia, vento e variazioni di temperatura. I fattori chimici includono il livello di acidità, la composizione delle rocce e le reazioni chimiche in cui sono coinvolte. Tra i fattori biologici, troviamo la decomposizione e degradazione della materia organica e la presenza di microrganismi.

La pedogenesi è frutto di un processo lungo millenni (Bonifacio et al., 2017).

Pertanto, è possibile affermare che le caratteristiche di un suolo sono strettamente legate alla pedogenesi ed in particolare ai fattori come: clima, presenza di microrganismi, pendenza del versante ed esposizione, la roccia madre ed il tempo di formazione.

### *1.2.2 Il processo pedogenetico*

La formazione di un suolo inizia quando un determinato materiale viene sottoposto all'azione degli agenti ambientali, come l'alternarsi di gelo e disgelo, il vento e la pioggia. La roccia viene frammentata in pezzi che possono rimanere sul posto o essere trasportati altrove dall'acqua, dal vento, dal ghiaccio o dalla gravità (Bonifacio et al., 2017). Questi frammenti

vengono ulteriormente trasformati dall'azione di organismi. Al materiale originario si aggiungono resti di organismi vegetali e animali. Gradualmente si forma un terreno che gli organismi e gli agenti climatici modificano ulteriormente (Bonifacio et al., 2017).

Col tempo, il suolo aumenta in profondità, permettendo lo sviluppo di piante di maggiori dimensioni e la vita di animali terricoli, come lombrichi e talpe, che contribuiscono con la loro attività a mantenere gli strati superiori del suolo ben aerati. Contemporaneamente, l'acqua, filtrando attraverso il terreno, trasporta in profondità diverse sostanze (Bonifacio et al., 2017). Le proprietà chimiche, fisiche e biologiche variano da suolo a suolo e anche tra i diversi strati (orizzonti) all'interno dello stesso suolo.

### 1.3 Concetti base di pedologia e classificazione dei suoli

#### 1.3.1 *Gli orizzonti*

Per definire la tipologia del suolo è necessaria la descrizione del suo profilo, ovvero l'identificazione degli orizzonti che si differenziano lungo la sua profondità. Gli orizzonti sono strati di suolo di spessore variabile, disposti parallelamente alla superficie che si originano in seguito a differenti processi pedogenetici. Ciascun orizzonte presenta caratteristiche omogenee per colore, tessitura, struttura, pH, contenuto di carbonati, e altre proprietà (Pedologia: Principi e Metodi, 2011).

Il sistema di classificazione dei suoli più diffuso è basato sull'identificazione dei differenti orizzonti diagnostici e non, è quello che segue il metodo USDA. Gli orizzonti che sono più rilevanti per la pedologia agraria sono i seguenti:

L'Orizzonte O, che sta per definire gli orizzonti organici.

Il termine deriva da "organic", si riferisce agli orizzonti organici di superficie, che poggiano generalmente su orizzonti minerali.

***Tabella 1-1 Principali sottotipi di orizzonte O seconda la USDA Soil Taxonomy***

<b>Sottotipo</b>	<b>Caratteristiche</b>
i	Inalterato, materiale organico riconoscibile
e	Emialterato, almeno il 40% del materiale è riconoscibile
a	Molto alterato, meno del 17% del materiale è riconoscibile

L'Orizzonte A

Orizzonte con prevalente composizione minerale con caratteristiche influenzate dalla presenza di sostanza organica, più o meno decomposta. Tipicamente di colore scuro con struttura granulare.

**Tabella 1-2 Principali sottotipi di orizzonte A secondo la USDA Soil Taxonomy**

<b>Sottotipo</b>	<b>Caratteristiche</b>
jj	Segni evidenti di crio-turbazione
p	Segni evidenti di antro-turbazione
u	Presenza di manufatti umani
z	Accumulo di sali più solubili del gesso

Orizzonte E

Orizzonte eluviale, impoverito di alcune componenti colloidali che si sono accumulate nell'orizzonte B sottostante. Non vi sono sottotipi.

Orizzonte B

Presenta un ampio numero di sottotipi e permette l'osservazione di numerosi processi pedogenetici. Se è sovrastato dall'orizzonte E, verrà definito come illuviale con il sottotipo che sta ad indicare il tipo di colloide di cui è stato arricchito. Si identifica mediante un cambiamento di colore, più giallo o rosso, o un cambiamento di struttura.

**Tabella 1-3 Principali sottotipi di orizzonte B secondo la USDA Soil Taxonomy**

<b>Sottotipo</b>	<b>Caratteristiche</b>
w	Sviluppo di colore e struttura
t	Accumulo di argilla per <i>lessivage</i>
s	Accumulo illuviale di complessi organo-metallici (Fe e Al)
h	Accumulo illuviale di sostanze umiche
k	Accumulo di carbonati secondari
y	Accumulo di gesso
g	Caratteristiche <i>gley</i>
o	Accumulo residuale di ossidi, soprattutto Fe e Al
f	Presenza di ghiaccio permanente
x	Proprietà dell'orizzonte fragipan

Orizzonte C

Orizzonte minerale privo di aggregati o con aggregati molto deboli, senza resistenza, appartenente a una stratificazione riconoscibile di sedimenti di materiale così alterato da essere esplorato senza difficoltà dall'apparato radicale delle piante. Gli orizzonti C sono generalmente di colore grigio.

## Orizzonte R

Rappresenta il substrato pedogenetico, la roccia madre.

Questa classificazione dettagliata degli orizzonti permette di comprendere meglio la composizione e le caratteristiche dei suoli in diversi contesti ambientali.

Un orizzonte diagnostico è un orizzonte pedologico utilizzato per distinguere e classificare i vari tipi di suolo. Gli orizzonti diagnostici sono considerati come conseguenza diretta dei diversi fattori pedogenetici che hanno influenzato un suolo.

Nella Soil Taxonomy dell'USDA, si identificano orizzonti diagnostici superficiali (epipedon) ed orizzonti diagnostici di profondità (endopedon).

## Orizzonti Diagnostici di Superficie

Gli epipedon si formano in superficie o nelle sue immediate vicinanze. Sono generalmente scuriti dalla sostanza organica e sono soggetti a eluviazione.

Sono riconosciuti otto epipedon, di cui sei sono naturali, mentre il plaggen e l'anthropic sono il risultato dell'intervento umano.

Gli epipedon possono essere influenzati da interventi antropici di varia natura (pratiche agronomiche, sbancamenti, compattazioni), per tanto nel sistema di classificazione hanno minore importanza rispetto agli endopedon.

Non necessariamente sono di tipo A.

Secondo l'USDA (1999), gli orizzonti superficiali o epipedon sono otto (O; A):

- Epipedon histic e folistic (O)
- Epipedon mollic e umbric (A)
- Epipedon melanic (A)
- Epipedon ochric (A)
- Epipedon anthropic e plaggen (A)

## Orizzonti Diagnostici di Profondità

Secondo l'USDA (1999), gli orizzonti diagnostici di profondità, noti come orizzonti B o C sotto-superficiali, includono:

- Orizzonte argic: Illuviale, formatosi in suoli coltivati.
- Orizzonte argillic: Accumulo di argilla (illuviazione o alterazione).

- Orizzonte calcic: Illuviale, accumulo di carbonati secondari.
- Orizzonte petrocalcic: Illuviale, indurito per accumulo di carbonati.
- Orizzonte cambic: Alterazione fisica e chimica, rimozione.
- Duripan: Indurito per cementazione di silice illuviata.
- Fragipan: Indurito senza cementi.
- Orizzonte glossic: Degradazione per rimozione di argilla e ossidi da argillic, kandic o natric.
- Orizzonte gypsic: Illuviale, accumulo di gesso.
- Orizzonte petrogypsic: Illuviale, indurito per accumulo di gesso.
- Orizzonte kandic: Accumulo di kaolinite (illuviazione o alterazione).
- Orizzonte natric: Accumulo di sodio (illuviazione o alterazione).
- Ortstein: Cementato con ferro, manganese e sostanza organica.
- Orizzonte oxic: Tipico delle zone tropicali e subtropicali.
- Orizzonte placic: Cementato da ferro, manganese e sostanza organica.
- Orizzonte salic: Illuviale, accumulo di sali solubili.
- Orizzonte sombric: Illuviale, accumulo di humus in suoli ben drenati.
- Orizzonte spodic: Illuviale, accumulo di sostanza organica, alluminio, ferro e manganese.

### 1.3.2 *Classificazione dei suoli*

Le classificazioni del suolo mirano ad organizzare le conoscenze, facilitare la comprensione delle relazioni tra gli oggetti, favorire la memorizzazione delle caratteristiche principali e semplificare la comunicazione tra coloro che si occupano della materia.

I continui processi pedogenetici causano delle difficoltà in termini di classificazione, pertanto, sono state fissate delle soglie di espressione delle caratteristiche: al di sotto della soglia il suolo mantiene certe caratteristiche e gli viene attribuito un nome, al di sopra avrà un nome diverso a causa delle diverse caratteristiche.

Nella maggior parte dei casi una caratteristica non è sufficiente ed i requisiti della soglia sono in funzione dei caratteri diagnostici, che possono essere orizzonti e non solo.

Un orizzonte diagnostico soddisfa tutti i requisiti fissati assumendo un nome specifico.

La presenza di caratteristiche diagnostiche è comune ai due principali sistemi tassonomici attualmente in uso: la USDA Soil Taxonomy (sistema americano) e il World Reference Base for Soil Resources (WRB, sistema legato nell'ambito della IUSS).

La differenza principale dei due sta nella struttura.

La Soil Taxonomy al più alto livello gerarchico è composta da 12 ordini, il WBR da 32 gruppi.

## Soil Taxonomy

Il sistema tassonomico americano si basa sull'identificazione, effettuata principalmente in situ, degli orizzonti e delle proprietà del suolo considerate "diagnostiche". La presenza, l'assenza o la combinazione di queste caratteristiche consente di classificare il suolo in uno specifico ordine (Soil Taxonomy, 1999).

Questo sistema di classificazione prevede sei livelli gerarchici: ordini, sottordini, grandi gruppi, sottogruppi, famiglie e serie di suoli. Le prime quattro categorie evidenziano i processi pedogenetici dominanti e subordinati (livello genetico); le ultime raggruppano i suoli sotto l'aspetto pratico in funzione della risposta all'uso.

Unendo al nome dell'ordine i livelli gerarchici inferiori, si aggiungono informazioni tali da permettere di capire le principali caratteristiche del suolo, la sequenza e il tipo di orizzonti che lo compongono, nonché di ipotizzare la sua evoluzione e il suo destino.

La classificazione dei suoli (soil taxonomy) è basata su diversi parametri: clima, proprietà intrinseche ed orizzonti diagnostici.

Gli sono 12 e sono distinti dalla presenza o assenza dei principali orizzonti diagnostici o proprietà diagnostiche:

**Tabella 1-4 Ordini di suolo (USDA Soil Taxonomy)**

<b>Ordine di suoli</b>	<b>Principali caratteristiche diagnostiche</b>
Alfisols	suoli caratterizzati da <i>lessivage</i> di argilla in un orizzonte illuviazione <i>argillic Bt</i>
Andisols	suoli sviluppatasi su materiali parentali di origine vulcanica; si osserva abbondanza di minerali amorfi come allofane, imogolite e ferridrite
Aridisols	i suoli delle regioni a clima secco, caldo o freddo, caratterizzati da regime di umidità aridic
Entisols	poco sviluppati, con profilo poco differenziato, per diverse cause sia naturali che antropiche che condizionano lo sviluppo del suolo oltre un certo segno
Gelisols	i suoli delle zone fredde interessate dal permafrost. Presentano spesso delle pedoturbazioni originate dall'alternanza di cicli di gelo e disgelo dell'acqua nel profilo
Histosols	i suoli organici, costituiti per la maggior parte da residui vegetali a vario grado di decomposizione
Inceptisols	sono suoli poco evoluti, in cui si osservano orizzonti Cambic Bw che manifesta segni di alterazione dei minerali primari, perdita per dilavamento di basi, ferro o alluminio e differenziazione in orizzonti
Mollisols	suoli caratterizzati dalla presenza di un orizzonte superficiale (Mollic) ricco in sostanza organica, scuro, piuttosto profondo e ricco in basi



Oxisols	suoli minerali molto alterati, caratterizzati da intensissimo dilavamento di silice e cationi, argille di neoformazione (quando presenti) di tipo 1:1 (caolinite). La sostanza organica si ritrova solo nei primissimi centimetri
Spodosols	sono i suoli tradizionalmente conosciuti come podzol, contraddistinti dall'accumulo di sostanza organica e alluminio (con o senza ferro) in un orizzonte spodico di illuviazione. È solitamente presente anche un orizzonte eluviale albico, decolorato
Ultisols	sono suoli in cui si manifesta illuviazione di argilla in un orizzonte argillico, ma in cui, a differenza degli Alfisuoli, si ha una bassa saturazione in basi
Vertisols	(dal latino <i>vertere</i> , cioè, mescolare) questi suoli hanno la caratteristica di rimescolarsi continuamente. Sono suoli ricchi in argille espandibili: nei periodi umidi assorbono acqua e si espandono (gonfiano) quando secchi, al contrario, perdono acqua e diminuiscono di volume, producendo crepacciature

(Soil Survey Staff, 1999).

### World Reference Base for Soil Resources (WRB)

Il World Reference Base for Soil Resources (WRB) è il successore dell'International Reference Base for Soil Classification (IRB), un'iniziativa della FAO, sostenuta dall'United Nations Environment Programme (UNEP) e dalla International Society of Soil Science (oggi International Union of Soil Science Societies), attiva dal 1980 (Curtaz F. *et al.*, 2013).

Scopo del metodo è quello di correlare e armonizzare le classificazioni dei suoli ottenendo così un accordo internazionale sui maggiori gruppi di suoli a scala globale e sui criteri e metodologie per descriverli e caratterizzarli.

Il WRB non sostituisce le classificazioni nazionali, ma le correla come una sorta di comune denominatore basato su un linguaggio internazionale legato al suolo. (Curtaz F. *et al.*, 2013).

La classificazione dei suoli è basata sulle proprietà del suolo definite in termini di orizzonti e caratteri che devono essere osservabili in campo, la scelta degli orizzonti e caratteri diagnostici deve tener conto dei processi pedogenetici che contribuiscono alla caratterizzazione del suolo, ma non devono essere considerati caratteri differenziali.

La base del WRB è la "Soil Map of the World" in modo che la classificazione mantenga la sua caratteristica di internazionalità, è quindi fondamentale anche la sua traduzione partendo dalle classificazioni nazionali. La nomenclatura deve essere chiara e far riferimento il più possibile a suoli tradizionalmente conosciuti.

Ogni "gruppo" di riferimento del WRB è determinato da una serie di "qualificatori" in sequenza prioritaria attraverso i quali il tassonomo è guidato alla costruzione dei diversi livelli.

Usando il WRB il suolo viene classificato all'interno di un Gruppo (tabella 5) tramite una chiave dicotomica, e i livelli gerarchici inferiori forniscono informazioni sulla presenza di

ulteriori orizzonti e caratteri diagnostici (prefissi) o su caratteristiche importanti per l'uso e la gestione (suffissi).

**Tabella 1-5 Chiave semplificata ai Gruppi WRB**

<b>Suoli con orizzonti organici spessi</b>	Histosols
<b>Suoli profondamente modificati dall'attività umana</b>	
Per uso agricolo intenso e prolungato	Anthrosols
Per significativa presenza di artefatti	Technosols
<b>Suoli con limitazioni all'approfondimento radicale</b>	
Per presenza di permafrost	Cryosols
Per scarso spessore ed eccessiva presenza di scheletro	Leptosols
Per eccesso di Na scambiabile	Solonetz
Per fenomeno di contrazione/espansione delle argille a seguito di alternanze secco/umido	Vertisols
Per elevata concentrazione in sali solubili	Solonchacks
<b>Suoli particolarmente influenzati dalla dinamica di Fe e Al</b>	
Per riduzione dovuta a condizioni idromorfe	
Per presenza di allofane e complessi Al-humus	Gleysols
Per illuviazione di Fe, Al e sostanza organica	Andosols
Per accumulo e ridistribuzione del Fe	Podzols
Per presenza di argille a bassa CSC, abbondanza di ossidi e buona struttura	Nitisols
Per abbondanza di caolinite e ossidi	Ferralsols
Per presenza di stagnazione idrica legata a forte contrasto tessiturale	Planosols
Per presenza di stagnazione idrica con moderato contrasto tessiturale	Stagnosols
<b>Suoli con accumulo di sostanza organica nell'orizzonte minerale superficiale</b>	
Orizzonte superficiale nerastro, presenza di carbonati secondari	Chernozems
Orizzonte superficiale scuro, presenza di carbonati secondari	Kastanozems
Orizzonte superficiale scuro, assenza di carbonati secondari, alta saturazione basica	Phaeozems
Orizzonte superficiale scuro, bassa saturazione basica	Umbrisols
<b>Suoli con accumulo di Sali moderatamente solubili e di sostanze non saline</b>	
Accumulo di silice secondaria e cementazione	Durisols
Accumulo di gesso secondario	Gypsisols
Accumulo di carbonati secondari	Calcisols
<b>Suoli con orizzonte arricchito di argilla</b>	
Presenza di reticolato dato da zone albiche e zone arricchite in argilla	Retisols
Abbondanza di argilla a bassa CSC, bassa saturazione basica	Acrisols
Abbondanza di argilla a bassa CSC, alta saturazione basica	Lixisols
Abbondanza di argilla ad alta CSC, bassa saturazione basica	Alisols
Abbondanza di argilla ad alta CSC, alta saturazione basica	Luvisols
<b>Suoli con scarsa differenziazione del profilo</b>	
Suoli moderatamente sviluppati	Cambisols
Suoli sabbiosi	Arenosols
Suoli con stratificazioni di sedimenti fluviali, marini e lacustri	Fluvisols
Suoli senza significativo sviluppo del profilo	Regosols

Nel WRB le classi categoricamente più alte sono differenziate dai diversi processi pedogenetici di base che hanno portato alle varie possibili figure e caratteristiche pedogenetiche, salvo casi particolari dovuti a tipo di roccia madre “speciali”; mentre le classi inferiori sono differenziate da quei processi secondari di formazione del suolo che possono significativamente far variare le condizioni primarie (Curtaz F. *et al.*, 2013).

Il metodo di classificazione descritto non tiene conto delle caratteristiche climatiche in modo che la classificazione non sia legata alla disponibilità di dati climatici

Gli schemi della classificazione per i suoli antropogenici/tecnici utili per lo studio condotto sono descritti nel capitolo 3.

#### 1.4 Funzioni e importanza del suolo

Il suolo è di fondamentale importanza per l'agricoltura e l'ambiente.

Offre supporto fisico per le piante permettendo l'ancoraggio delle radici e offrendo gli elementi nutritivi necessari per la loro crescita (Curtaz F. *et al.*, 2013)

Svolge la funzione di riserva idrica ed aiuta a regolare l'infiltrazione e la ritenzione idrica, rilascia acqua in funzione della necessità delle piante.

È coinvolto nei cicli biogeochimici, decompone la materia organica e contribuisce alla mineralizzazione (ISPRA ambiente, *Le funzioni del suolo*)

Un suolo sano contribuisce alla sostenibilità ambientale inoltre previene l'inquinamento, degradando sostanze tossiche, e contribuisce alla depurazione dell'acqua.

Il suolo agrario è una risorsa vitale per l'agricoltura e l'ambiente. La sua gestione sostenibile è essenziale per garantire la produzione alimentare, la conservazione della biodiversità e la mitigazione dei cambiamenti climatici. Investire nella salute del suolo significa investire nel futuro dell'agricoltura e dell'ambiente globale (ISPRA ambiente, *Le funzioni del suolo*).

##### 1.4.1 L'approccio pedologico

Il suolo rappresenta il fulcro centrale di ogni ecosistema e riflette gli effetti del clima. Il processo di alfabetizzazione pedologica, ossia della diffusione della conoscenza del suolo con approccio pedologico, è piuttosto lento, nonostante in tempi recenti si stiano creando delle opportunità interessanti di applicazione. Al momento, nel nostro Paese non abbiamo ancora

creato una rete di professionisti e di amministratori in grado di gestire correttamente questa risorsa, come testimoniano i diffusi disastri. Inoltre, non esiste ancora una normativa nazionale adeguata a proteggere il suolo dalle minacce che lo affliggono; pertanto, il nostro territorio risulta spesso indifeso ed esposto a tragici e ripetuti epiloghi alluvionali. In pochi sanno che il suolo non è un corpo statico, ma che nasce, evolve e muore e che le sue caratteristiche cambiano con il procedere della sua evoluzione. Certamente i tempi di sviluppo sono molto più lunghi rispetto alla durata della vita umana, ma proprio per questo è importante considerare la sua dinamica evolutiva, poiché una gestione poco corretta e la riduzione del suo spessore provocano danni irreparabili che si ripercuotono sulle generazioni future. Di fondamentale importanza è ricordare che sono molto lenti i processi di formazione e quindi di recupero, mentre possono essere molto veloci quelli di riduzione delle sue funzioni. Il suolo è un sistema complesso, fatto di componenti solide (organiche e minerali), liquide e gassose che interagiscono creando l'ambiente di crescita delle piante spontanee e coltivate, ma anche l'habitat per molti organismi vegetali e animali di tutte le taglie (microrganismi, microfauna, mesofauna). Queste differenti forme di vita si adattano alle condizioni climatiche dei suoli e alla diversa copertura vegetale. Nei suoli dei boschi, la lettiera brulica di organismi che lavorano incessantemente per consumare i cascami e tutte le creature morte, restituendo elementi nutritivi all'assorbimento delle piante e incorporando sostanza organica nel suolo. I pascoli ospitano un'abbondante mesofauna (gli animali con dimensioni fino a 3-4 centimetri) e un'attiva comunità microbica. Si tratta di batteri e funghi che sono oggetto di studi da parte di quella branca della scienza del suolo che lavora per migliorare le rese delle colture e la loro resistenza alle avversità ambientali.

## Capitolo 2

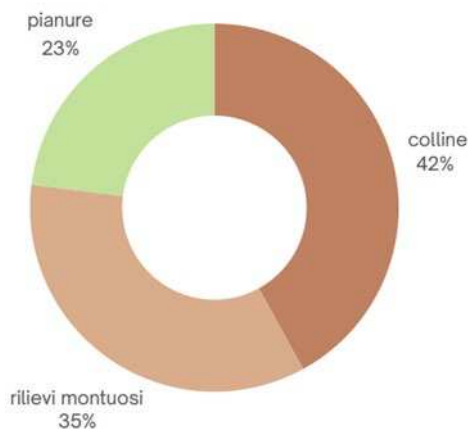
### SISTEMAZIONI DEL SUOLO

#### 2.1 Morfologia dei suoli agrari in Italia

##### 2.1.1 Diversità climatiche

L'Italia è conosciuta per il clima eterogeneo ed il frequente cambiamento dei fattori ambientali. Questi aspetti sono il risultato diretto della sua morfologia (figura 2-1), costituita per il 35% da rilievi montuosi, 42% da pendii collinari e per il 23% da pianure (Istat, 2013).

#### MORFOLOGIA ITALIA



**Figura 2-1** *Morfologia del territorio italiano*

La ricca varietà climatica influenza i regimi di umidità e temperatura del suolo.

L'Italia presenta cinque regimi pluviometrici: Continentale, Pre-Alpino, Appenninico, Subcostiero e Mediterraneo.

La temperatura media annuale è di 13,3°C tuttavia vi è notevole differenza tra la regione più calda, la Sicilia, con una temperatura media di 18,1°C e la più fredda, la Valle d'Aosta, con 3,6°C (ISPRA, 2015).

Le precipitazioni medie annue variano da 400 mm, registrati ad Agrigento, a 3.800 mm, misurati nelle Alpi Musi. Il numero di giorni di pioggia varia tra 40 e 60 rilevati nel sud Italia e raggiunge fino a 150 nelle Alpi orientali. Inoltre, le precipitazioni orografiche e quelle ampliate dall'orografia devono essere considerate in alcune aree, poiché potrebbero avere un effetto considerevole sull'erosione o sulla disponibilità idrica (Brunetti et al., 2002)

L'indice di aridità del suolo (SAI), definito come il numero di giorni durante i quali la sezione di controllo dell'umidità del suolo (generalmente lo strato di spessore compreso tra 0 e 50 cm) rimane asciutta nell'arco dell'anno, varia da zero a circa 150 giorni. Questo indice determina un regime di umidità del suolo che va da udico a xerico; quest'ultimo si avvicina ad un regime arido nella fascia meridionale della Sicilia.

In base ai dati precedentemente esposti, il territorio italiano presenta due principali caratteristiche: aree di surplus idrico durante l'autunno e l'inverno e zone con deficit idrico durante l'estate. Nelle aree con surplus idrico, è comune la formazione di falde superficiali nelle pianure, mentre sui pendii si verificano problemi di deflusso eccessivo, che possono portare a fenomeni di erosione, frane ed altre problematiche simili unitamente ad una limitazione significativa della produzione vegetale causata dal deficit idrico (Todorovic et al., 2007).

#### *2.1.2 Caratteristiche e distribuzione dei suoli*

La ricchezza climatica del nostro territorio si riflette sui suoli che lo caratterizzano influenzando la loro tipologia che risulta varia e che comprende quelli più evoluti e meno evoluti.

Facendo riferimento alla “carta dei suoli d'Italia” è possibile rendersi conto del vero e proprio mosaico pedologico che si andrà a descrivere più nel dettaglio qui di seguito.

La “soil map of Italy” (figura 2-2) è realizzata dal CREA tramite una classificazione di immagini ottenute con il supporto satellitare del “programma Copernicus” e l'aggiunta di dati ottenuti dal costante monitoraggio del suolo.

Nella fascia compresa di Alpi e Prealpi è possibile individuare un'elevata presenza di orizzonti “Albic”, “Umbric”, “Cambic”, “Histic”, “Calcic”, “Mollic” e “Gleyic” ciascuno dei quali è riconducibile ad un determinato tipo di suolo.

Nelle vette più alte delle Alpi, in presenza di permafrost, è possibile trovare dei suoli di tipo “Gelisols”. Su substrati carbonatici dove è favorito l'accumulo di materia organica, per via della stasi microbica, si trovano gli orizzonti di tipo “Mollic” tipici dei “Mollisols”. I Mollisols in zone Alpine e Prealpine sono concentrati nella porzione nord-orientale. Nei Mollisols è



**Figura 2-2 Mappa dei suoli d'Italia**  
(European Soil Data Centre, 2012, Soil Map of Italy)

possibile anche incontrare l'orizzonte "Calcic" che influenza la disponibilità dei nutrienti e il Ph del suolo rendendo la coltivazione difficile, in presenza di questo orizzonte i suoli sono ricchi di carbonato di calcio.

Gli "Histosols" sono identificati dagli orizzonti "Histic" e "Folistic", la differenza principale tra i due è nella saturazione idrica: il primo è in condizioni di saturazione per periodi prolungati dell'anno. Sono tipici di aree alpine e preappenniniche perché le caratteristiche ambientali consentono la deposizione prolungata del tempo di materia organica.

Nei boschi di conifere presenti nel nord-est Italia sopra i 2000m sono ubicati gli "Spodosols" contraddistinti da un orizzonte superficiale di tipo "Albic" il

cui nome deriva dal colore chiaro che ne permette la distinzione. Tale orizzonte è di tipo eluviale, cioè vi è la lisciviazione dei composti organici e metalli, e pertanto gli Spodosols sono poco fertili e generalmente acidi. Negli Spodosols è anche possibile trovare l'orizzonte "Umbric" sopra l'orizzonte spodico, si differenzia dal "Mollic" in quanto ha una saturazione in basi inferiore al 50%.

Nelle zone montuose si può incontrare il fenomeno della "Gleyzzazione", gli orizzonti "Gley" sono caratterizzati da colorazioni grigie e dalla presenza di ferro ridotto, la colorazione non è sempre omogenea, in alcune zone dove l'acqua si drena il ferro è ossidato.

La Gleyzzazione si verifica in suoli saturi d'acqua, si creano condizioni anaerobiche con conseguente ambiente ridotto.

L'orizzonte "Cambic" è spesso presente in "Inceptisols" ed "Entisols" suoli tipici dei fenomeni erosivi che coprono la metà della penisola sia nella fascia Alpina - Prealpina appena trattata che in quelle dei suoli Appenninici a clima temperato, delle colline del nord Italia sui sedimenti calcarei e marini ma in generale in tutte le fasce collinari del centro Italia.

Gli “Entisols” sono suoli identificati come giovani dato che non presentano orizzonti diagnostici, l’orizzonte A poggia direttamente sul C. Si formano lungo i pendii a seguito di erosione e mancata gestione dei suoli, ma anche in tutti quegli ambienti dove i processi di alterazione e accumulo sono frequenti. La genesi degli Entisols è favorita anche dalle attività umane, in quelle aree dove vi sono errori nelle pratiche agricole, sfruttamento intensivo o stato di abbandono. Con l’ “Entisolizzazione” si perde la superficie di suolo coltivabile, mancano gli orizzonti di tipo B; pertanto, il fenomeno va arginato ove possibile.

Prendendo in esame gli “Inceptisols” è possibile attribuirgli caratteristiche simili a quelle degli Entisols ma con la differenza che in questi è presente l’orizzonte di profondità Cambic.

I suoli degli Appennini a clima temperato, delle colline del nord Italia su sedimenti calcarei e marini, della Pianura Padana e le relative colline, delle colline del centro e del sud Italia su sedimenti marini e calcarei, sono segnati da orizzonti principalmente “Cambic”, “Calcic”, “Mollic” e dal fenomeno della “Vertisolizzazione” con la conseguente presenza dei “Vertisols”.

I Vertisols sono caratterizzati dalla presenza di almeno il 30% di Vermiculiti e Smectiti, capaci di espandersi e contrarsi con le variazioni di umidità. Durante le stagioni umide questi suoli si gonfiano e si restringono durante quelle secche creando delle profonde fessurazioni nel suolo. I Vertisols non sono caratterizzati da orizzonti specifici ma bensì da proprietà fisiche come la loro struttura che si presenta a ciottoli oppure la presenza di “slickensides” in superficie, striature lucide risultanti dallo scivolamento del suolo. Questa tipologia di suoli è inospitale per le colture arboree per via dei danni dovuti al continuo fenomeno di espansione e restringimento, pertanto, le pratiche agricole devono essere adattate per la gestione di queste caratteristiche mediante l’uso di colture spesso a ciclo breve o erbacee.

I suoli degli appennini centrali e meridionali sono riconosciuti per la presenza di orizzonti “Cambic”, “Calcic”, “Vertic”, “Gleyic” e “Umbric”.

Nelle montagne della Sardegna e Sicilia è frequente l’orizzonte “Cambic”.

Gli “Andisols” sono suoli di origine vulcanica che caratterizzano le aree vulcaniche dell’Italia centro-meridionale. La loro origine li rende particolarmente fertili, hanno una bassa densità apparente che li rende soffici e facilmente lavorabili, un’alta capacità di ritenzione idrica, elevata capacità di scambio cationico e pH acido.

Nelle pianure carbonatiche pugliesi e siciliane sono particolarmente diffusi gli “Alfisols”, presentano orizzonte “Argillic” che si riflette sulla loro buona fertilità e sulla struttura che favorisce la crescita delle piante.

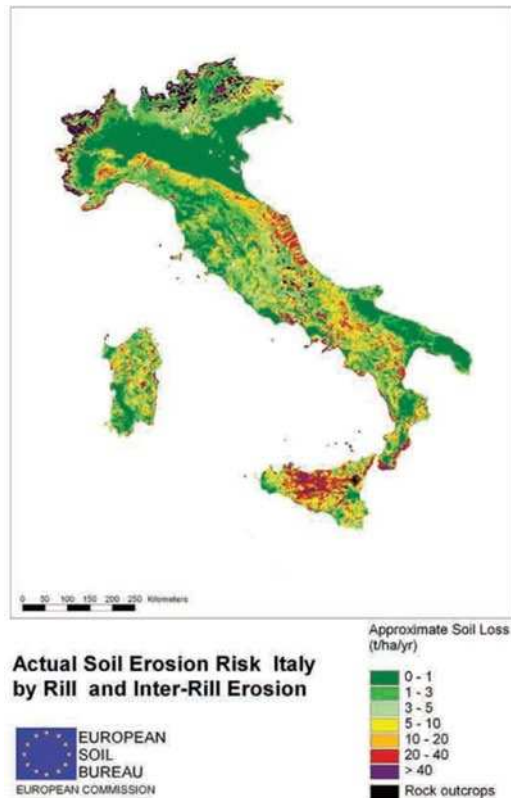


Infine, vi sono tre categorie di suolo ristrette a poche aree sul territorio nazionale: gli “Oxisols”, gli “Ultisols e gli “Aridisols”. I primi sono individuabili per la loro elevata alterazione chimica e fisica, i secondi sono suoli altamente alterati e di "neoformazione" con una stratificazione degli orizzonti ben definita e riconoscibile mentre gli “Aridisols” in Italia sono limitati a zone aride con una bassa attività biologica e scarsa quantità di materia organica e accumulo di minerali, sono suoli che si formano in ambienti dove le precipitazioni annuali sono inferiori a 250 mm.

(Lo Papa G. *et al.*, 2020)

## **2.2 Impatto della meccanizzazione agricola**

Dopo la conclusione della Seconda Guerra Mondiale, l'Italia ha attraversato un'importante fase di meccanizzazione dell'agricoltura, che ha portato a profonde trasformazioni nel paesaggio e ad una semplificazione degli agroecosistemi. Questa evoluzione è stata favorita dall'aumento dei costi della manodopera e dalla crescente diffusione di prodotti agrochimici. Con la meccanizzazione e l'espansione dell'agricoltura intensiva, non si è prestata sufficiente attenzione alla vocazionalità del suolo, alle diverse condizioni pedoclimatiche e alla struttura fisica del terreno. L'agricoltura intensiva, infatti, è focalizzata sull'ottenimento del massimo rendimento possibile da un determinato appezzamento di terreno, mediante l'impiego di risorse come fertilizzanti chimici, pesticidi e macchinari. Lo sviluppo di questa pratica ha fatto passare in secondo piano l'attenzione alla qualità del suolo e alla sua idoneità. Per rispettare adeguatamente la vocazionalità di un suolo, è essenziale la conoscenza dei suoi limiti e potenzialità al fine di selezionare le colture più appropriate per un determinato pedoclima. I processi di conversione del suolo e di intensificazione agricola hanno come conseguenza diretta un degrado della qualità del suolo. Ultimamente sono registrati un aumento della compattazione, causata dal traffico delle macchine agricole, insieme ad una crescente perdita di superficie coltivabile, all'emissione di biossido di carbonio, all'entisolizzazione e a frequenti processi erosivi spesso associati a catastrofi ambientali (Lo Papa G. *et al.*, 2020)



**Figura 2-3 Rill e Inter Rill Erosion in Italia**  
*(European Soil Data Centre, Actual Soil Erosion Risk Italy by Rill and Inter-Rill Erosion)*

### 2.3 L'erosione del suolo

L'erosione idrica del suolo è un processo naturale influenzato da condizioni climatiche, nonché dalle caratteristiche geologiche, pedologiche, idrologiche e morfologiche di un determinato territorio (figura 2-3). Questi fattori sono considerati nell'equazione della perdita di suolo, che fornisce una valutazione quantitativa del rischio di erosione, espressa in tonnellate per ettaro all'anno.

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

dove:

A: quantità di suolo asportato dall'erosione idrica

R: erosività delle precipitazioni

K: erodibilità del suolo

L: lunghezza del versante

S: pendenza del versante

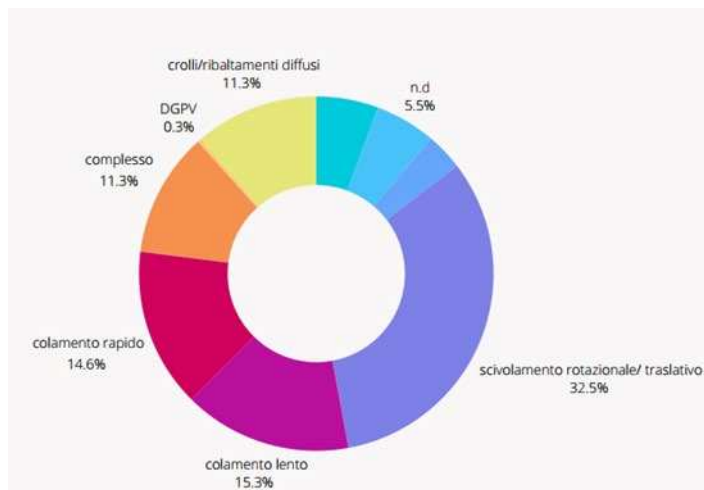
C: fattore di copertura del suolo

P: pratiche di controllo dell'erosione

(Erosione del suolo, Suoli regione Marche, 2010)

Quando l'acqua impatta il suolo, si verifica l'effetto "splash", in cui gli aggregati del terreno si rompono e il materiale viene trasportato via dalle gocce d'acqua. Si forma quindi una lamina superficiale che porta via le sostanze, con un'energia cinetica delle gocce proporzionale alla loro dimensione. Tuttavia, l'adozione di colture di copertura (cover crop) e adeguate sistemazioni agrarie può ridurre significativamente l'impatto dell'erosione del suolo.

Esistono tre principali forme di erosione: l'erosione laminare "sheet erosion" in cui si crea una lamina d'acqua che asporta le particelle in sospensione; l'erosione per solchi "rill erosion" che provoca incisioni visibili sulla superficie del suolo; l'erosione a calanchi "gully erosion" la quale forma "badlands" o "calanchi" che rappresentano la forma più grave di erosione (geomorfologia-applicata: Erosione, UniFe).



**Figura 2-4** Tipologie di movimento franoso più comuni nel territorio italiano

Gli effetti dell'erosione includono: la riduzione dello spessore del suolo coltivabile, con il rischio di desertificazione del terreno fertile in breve tempo; distruzione della copertura vegetale dei versanti, in seguito a frane dovute ad un'erosione superficiale; aumento del rischio di esondazione dei corsi d'acqua in cui si riversa il materiale eroso e viene trasportato a valle; deposito di materiali erosi ricchi di residui di fertilizzanti o insetticidi con conseguente impatto negativo sull'ambiente.

Secondo l'inventario dei "Fenomeni Franosi" in Italia redatto dall'ISPRA, sono state censite circa 486000 frane sul territorio nazionale, interessando il 6,9% della superficie del Paese. Nel diagramma sono riportate le tipologie di movimento franoso più comuni (figura 2-4).

L'impatto del fenomeno franoso è influenzato dal tipo di movimento, dalla velocità e dal volume della frana. L'instabilità di un versante può essere determinata da cause naturali, come

eventi atmosferici, o da fattori antropici. Le precipitazioni brevi generalmente causano danni superficiali, mentre quelle intense o eccezionali possono provocare fenomeni di scivolamento più gravi. Un impatto significativo è dovuto all'azione dell'uomo, che si manifesta in varie forme, come tagli stradali, scavi, sovraccarichi, o indirettamente, attraverso l'abbandono delle pratiche selvicolturali e di un'agricoltura che non segue buone pratiche, spesso sfociando nell'abbandono del terreno (Bazzoffi P. *et al.*, 2013).

I suoli forestali hanno risentito della mancata manutenzione di fossati, terrazze e bordi delle strade forestali, strutture che in passato garantivano la presenza dell'uomo nelle foreste e una rapida capacità di intervento in caso di incendi o attività forestali. Questi manufatti e lavori di terra hanno assicurato per secoli un certo controllo dell'erosione e il loro abbandono ha favorito l'attivazione di fenomeni erosivi nelle aree forestali trascurate. Gravi danni derivano anche dalla lavorazione del suolo in condizioni non ottimali, che possono causare alterazioni nella struttura del terreno, incidendo negativamente sulla produzione agricola e provocando effetti persistenti nel tempo. La lavorazione del suolo, inoltre, può incidere su proprietà e processi fondamentali del terreno, influenzando resa e sostenibilità dei sistemi culturali.

#### **2.4 Il dissesto idrogeologico**

Il paesaggio italiano cambia continuamente per via di molteplici fattori naturali e antropici che interagiscono tra loro. Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, climatiche e pedologiche, e la pressione antropica rendono il territorio italiano variabile, vulnerabile e instabile (Corti G. *et al.*, 2023).

Il termine dissesto idrogeologico viene impropriamente utilizzato per descrivere i danni provocati da intensi e devastanti fenomeni piovosi, senza considerare che i danni delle alluvioni non interessano quasi mai gli strati più profondi, strati geologici, ma la parte più superficiale dei versanti ed i suoli che li ricoprono. Questi sono più soggetti ad un'erosione accelerata in quando fortemente modificati, spesso disboscati o coltivati, non hanno una protezione di una copertura vegetale.

L'erosione viene amplificata dalla cattiva gestione dei versanti che dagli anni '50 in poi ha reso i suoli sempre meno permeabili, ad oggi la maggior parte dei suoli coltivati non è più in grado di accogliere e trattenere acqua come un tempo. Il risultato è il ruscellamento dell'acqua sulla superficie con il successivo innesco del fenomeno erosivo.

L'erosione asporta la parte superficiale del suolo, quella maggiormente fertile e ricca di elementi nutritivi, questi si riversano nella rete idrica e successivamente nel mare causando eutrofizzazione e proliferazione di alghe (Corti G. *et al.*, 2023).

È il suolo a subire gli effetti negativi degli eventi piovosi intensi; pertanto, è più corretto parlare di dissesto idro-pedologico.

La sostanza organica presente nel suolo contribuisce alla fertilità fisica, chimica e biologica del terreno; inoltre essendo costituita dal 55-60% di carbonio organico svolge aiuta anche nella riduzione dei cambiamenti climatici.

Il livello di carbonio organico nei suoli dovrebbe essere almeno pari al 2%, attualmente a causa della cattiva gestione dei suoli agrari arriva a stento a superare lo 0,5%.

Incrementi dell'1% potrebbero richiedere anche 30-50 anni (Corti G. et al., 2023).

L'erosione è una delle dieci minacce che affliggono il suolo identificate nel rapporto "Status of World's Soil Resources Reprot". Il documento è stato redatto nell'Anno Internazionale dei suoli (2015) dall'Intergovernmental Technical Panel of Soils della FAO. Gli obiettivi sono quelli di sensibilizzazione sulle problematiche che affliggono i suoli del mondo, analizzare gli effetti del degrado sulla produzione e la sicurezza del cibo e sulla disponibilità e qualità idrica (Corti G. et al., 2023).

L'adozione di pratiche agronomiche degradative favorisce la riduzione del contenuto di sostanza organica nel suolo e di conseguenza abbassa la fertilità fisica, chimica e biologica, rendendo il suolo meno resiliente ai prolungati periodi di siccità e agli eventi temporaleschi particolarmente aggressivi.

I suoli sono fortemente minacciati da erosione idrica soprattutto nel sud Europa, e quindi anche in Italia, a causa sia della natura dei suoli sia dei regimi climatici tendenzialmente più aridi che a nord. In queste condizioni, l'erosione è favorita da sovra-pascolamento, eccesso di fertilizzazioni azotate, lavorazioni profonde, meccanizzazione eccessiva e pesante, abbandono delle attività agricole e mancato presidio del territorio da parte dell'uomo. Tutto ciò implica perdita di superfici coltivabili, riduzione dello spessore del suolo con impoverimento delle riserve idriche, diminuzione della fertilità e della biodiversità.

Particolarmente erodibili sono i suoli a tessiture limoso-argillose che caratterizzano il paesaggio dei calanchi e delle biancane, che troviamo in Toscana, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Basilicata, Calabria e Sicilia. Sono però fortemente a rischio anche i suoli vulcanici evoluti su materiale piroclastico, noti come Andosols, che ritroviamo in diverse regioni italiane, ma soprattutto in Campania e in alcune isole adiacenti.

Nei suoli vulcanici la capacità di trattenere molta acqua è legata alla presenza di due minerali, allofane e imogolite, che si originano nel processo pedogenetico in seguito all'alterazione del vetro vulcanico. Questi minerali hanno forti proprietà tixotropiche, vale a dire la capacità di trattenere acqua nel loro reticolo cristallino. Questi minerali così idratati, in seguito a minime

sollecitazioni, possono liquefare, dando così luogo a colate rapide come quelle avvenute nel 1998 a Sarno e Quindici (Campania).

La conoscenza dettagliata delle proprietà di questi suoli, che ha importanti ripercussioni sia sulla loro fertilità sia su aspetti geotecnici, sarebbe un validissimo aiuto per pianificare il più corretto uso del suolo e quindi la destinazione anche di opere edilizie e di infrastrutture di protezione. (Corti G. et al., 2023)

## 2.5 Gli agroecosistemi e le loro difficoltà

Nel territorio montano-collinare vi sono quattro differenti agroecosistemi ciascuno con le proprie peculiarità relative ai fenomeni di dissesto presenti, all'uso del suolo e alle tecniche colturali. È possibile distinguere: le aree adibite a pascoli o seminativi, quelle caratterizzate dalla sistemazione a terrazzamento, le regioni con colture permanenti non terrazzate ed infine i boschi. I pascoli occupano le porzioni non arate mentre i seminativi (figura 2-5) le superfici agricole arabili, possono essere presenti con frequenza annuale o poliennale ed intercalati da periodi di riposo.



**Figura 2-5 Seminativi in Italia**

***Distribuzione dei seminativi in Italia e seminativi interessati da fenomeni franosi a cinematica lenta (elaborazioni da Corine Land Cover 2006; Modello orografico ISPRA 2008; Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI)***

Negli ultimi decenni un progressivo spopolamento degli appezzamenti sugli Appennini ha causato il deterioramento delle coltivazioni e dei pascoli con una forte espansione delle aree boschive.

Tale fenomeno si è consolidato con una serie di mutamenti nella composizione specifica della vegetazione arborea, della sua struttura e densità.

Le politiche PAC del tempo hanno privilegiato le superfici dichiarate ma non coltivate e questo ha portato alla sostituzione dei seminativi con i pascoli (Bazzoffi P. *et al.*, 2013).

Tra i vari effetti dello spopolamento è stato evidenziato quello dei movimenti franosi, infatti circa l'8.9% dei seminativi in territorio montano-collinare è interessato da frane concomitanti ad eventi piovosi.

Per ridurre l'erosione e favorire l'infiltrazione di acqua è importante la scelta dell'adeguata sistemazione idraulico-agraria, queste sono utilizzate anche per migliorare l'eterogeneità paesaggistica.

Quando si parla di questo tipo di interventi non deve passare in secondo piano il fatto che, se non vengono adeguatamente progettati possono causare danni ambientali di elevata entità.

Il livellamento dei versanti è indicato per l'ottimizzazione economica tenuto conto che i tempi di esecuzione delle operazioni agricole vengono ridotti di molto in presenza di ampie superfici a pendenza uniforme. È ampiamente diffuso nei vigneti.

I terrazzamenti sono diffusi nei terreni collinari e montani, adibiti all'orticoltura intensiva, ai vigneti e alla frutticoltura, ma ad oggi gran parte di queste terre sono state oggetto di abbandono con conseguente incremento di rischi idrogeologici.

In un terrazzamento senza recente manutenzione possono avvenire crolli degli elementi sommitali del muro, deformazione e traslazione del muro a causa della spinta del terreno, collasso del muro. Tali eventi sono maggiormente probabili a seguito di ingenti piogge, per via della spinta idrostatica, e in assenza di un efficiente sistema di drenaggio (Tarolli *et al.*, 2014)

In ambiente collinare sono presenti anche colture permanenti in aree non terrazzate; anche queste possono essere interessate da fenomeni franosi e di erosione idrica la cui riduzione è possibile grazie ad una corretta gestione agronomica.

Una considerevole quantità del territorio del Sud e del Centro Italia ospita suoli sviluppati da piroclastiti.

Se questi suoli vulcanici sono ben sviluppati, data la loro scarsa coesione e densità apparente, possono raggiungere il limite idrico e collassare.

Quindi gli Andisols lungo i pendii se non modificati con le opportune sistemazioni idrauliche sono inclini a franare con conseguenze spesso catastrofiche.

Lungo le regioni adriatiche i suoli mostrano tessiture argilloso-limosa; nonostante siano particolarmente soggetti all'erosione la sistemazione più diffusa è il ritocchino (Cocco S. *et al.*,2020)

Questo ha causato una forte riduzione dello spessore di suolo, favorendo l'erosione e il processo di Entisolizzazione, con una considerevole riduzione di fertilità.

Frequente è anche la formazione di “badlands” nei suoli delle regioni adriatiche che presentano una plasticità medio-alta e proprietà sodiche che rendono l'argilla facilmente disperdibile se bagnata (Cocco *et al.*,2015). Le badlands si formano in condizioni ambientali favorevoli e sono una conseguenza della distribuzione stagionale delle piogge e di pratiche di gestione del suolo adeguate. È anche possibile la formazione di una crosta superficiale, dopo eventi di pioggia durante il periodo più secco. Lo sviluppo della crosta aumenta l'instabilità della struttura del suolo che influenza anche la percentuale di sodio scambiabile e il contenuto di materia organica.

Le aree pianeggianti sono soggette a ristagni idrici, il ristagno d'acqua nel suolo si alterna con l'aerazione e i minerali presenti possono essere sia nella loro forma ossidata che ridotta; si formano delle colorazioni contrastanti caratterizzate da alcune zone grigie con screziature rossastre.

I fenomeni di ristagno provocano asfissia radicale e aumento delle malattie crittogamiche, perdita di nitrati e produzione di ioni tossici.

Vi sono diverse sistemazioni agricole per rispondere a tali problematiche.

Solitamente per ridurre la quantità di acqua nel suolo sono adottate due soluzioni: la creazione di un sistema di drenaggio profondo composto da drenaggi sotterranei o una rete superficiale di trincee di scarico dell'acqua.

## **2.6 Le sistemazioni idraulico agrarie in Italia**

Le sistemazioni idraulico agrarie hanno lo scopo di ridurre il ristagno idrico sulla superficie coltivata e favorire la percolazione dell'acqua.

Esse sono finalizzate inoltre alla salvaguardia del paesaggio ed alla prevenzione di fenomeni erosivi e franosi.

Possono essere “unite” o “continue” in base alla facilità d'accesso all'appezzamento, “intensive” o “estensive” in base all'intensità della coltivazione , “temporanee” o “permanenti” in base alla stabilità delle opere (Landi R., 2004).



Va ricordato che per ottenere la massima efficienza da tali sistemazioni è necessaria la frequente manutenzione altrimenti vi è il rischio di implementare smottamenti e usura del suolo.

Attualmente con l'avvento della meccanizzazione e l'agricoltura intensiva molte delle vecchie sistemazioni idraulico-agrarie sono state modificate e sono spesso cadute in disuso.

Nelle aree pianeggianti hanno funzione di allontanare acqua in eccesso per rendere i terreni sani e favorire approfondimento radicale a vantaggio di una maggiore produzione.

Le sistemazioni intensive delle terre pianeggianti di tipo tradizionale sono rappresentate: dal "cavino" particolarmente diffuso nel nord est italia su suoli a grana fine e costituito da campi lunghi 100-110 m con baulatura trasversale di 1,0-1,5 m , divisi nel senso della lunghezza da strisce di terra distanti 30-35 m e larghe 4-5 m destinate al filare; dalla "piantata" tipica Emiliana e dei suoli con tessitura limosa e spessa con campi di 30-35 m x 60-80 m baulati a padiglione e divisi nel senso della lunghezza da una striscia di terra baulata di 4-5 m che ospita il filare; dal "cavalletto" diffuso nel Nord-Est Italia su suoli a grana fine simile alla piantata ma con campi più baulati, usato per proteggere le colture da venti forti; dalla "proda" tipica del centro Italia in particolare molto usata in Toscana con campi larghi 16-30 m e lunghi 60-80 m affiancati da filari di viti sostenute da pali di legno o dagli aceri posti ad 1m dal fossato che crea una striscia chiamata proda.

La sistemazione "a larghe" era tipica delle zone ben drenate del Nord e Centro Italia e delle aree di bonifica, i campi erano baulati a padiglione, larghi 40 m e lunghi 200 m con affossatura posta longitudinalmente. Lungo il lato lungo dei campi, l'acqua veniva raccolta tramite fossati e convogliata verso fossati più grandi che correvano lungo la testa dei campi. Questo sistema era facilmente adattabile ai requisiti della meccanizzazione senza particolari modifiche e ad oggi, con le adeguate modifiche, ha sostituito in molti casi le sistemazioni precedenti (Landi R., 2004).

Nelle zone declivi le sistemazioni hanno lo scopo di ridurre la quantità delle acque che scorrono in superficie, favorire la percolazione in profondità ed aumentare la durata del deflusso.

La sistemazione estensiva diffusa soprattutto in collina è il "girapoggio" (scendere attorno alla pendenza della collina) con trincee che sono profonde 20-30 cm e larghe 30-50 cm e corrono lungo una linea con pendenza al 3%; lo scopo è il contenimento e il rallentamento del flusso di acqua superficiale con aumento dell'infiltrazione nel suolo e riduzione del rischio erosivo.

Le sistemazioni intensive tradizionali sono quelle del “ritocchino”, del “cavalcapoggio”, della “spina”, del "ciglionamento" e del “terrazzamento”.

Il “ritocchino” è diffuso nei paesaggi collinari del Centro e del Sud Italia, caratterizzati da Entisols, Inceptisols e Vertisols. I campi sono disposti nel senso della massima pendenza e ciò consente un deflusso di acqua lungo il pendio.

Sulle pendici ricche di rocciosità e con pendenza al 35% è possibile trovare superfici sistemate a “cavalcapoggio” (passare sopra la collina) in cui le file di alberi e lavorazioni seguono le linee di contorno sulla cima e le linee di massima pendenza sui lati. Questo tipo di sistemazione consente una migliore gestione del deflusso idrico e favorisce l’infiltrazione.

La “spina” rappresenta l’evoluzione del girapoggio e permette l’intensificazione delle coltivazioni in aree collinari con Inceptisol argillosi. La distanza tra i filari seguiva la pendenza ed era di circa 10m , ad oggi è inadatta alla meccanizzazione.

Tra le sistemazioni divise sono ancora diffusi il "ciglionamento" ed il “terrazzamento”.

Il primo detto anche “sbancamento” è comune nel Nord Italia su Inceptisol limosi e argillosi sviluppati su arenaria con pendenza che non supera il 40% e con piovosità che assicuri il mantenimento del cotico della scarpata.

Il “terrazzamento” è diffuso in tutta Italia ed in particolare nelle aree con ripidi pendii. La sua progettazione, molto accurata, è caratterizzata dalla presenza di mura a secco che sostengono i campi la cui larghezza è funzione della pendenza.

La coltivazione sui terrazzamenti esclude l’impiego di grandi mezzi meccanici e richiede frequenti opere di manutenzione con la conseguenza che spesso queste difficoltà hanno determinato l’abbandono della coltura o l’abbattimento del terrazzo.

Nella zona del Centro e del Sud degli Appennini, destinata a colture erbacee estensive, s’incontra spesso il sistema estensivo dei “gradoni” costruiti con materiali provenienti da spietramento che si adattano ai rilievi del suolo e servono a creare piccole superfici pianeggianti adatte al pascolo o alla coltivazione dei cereali.

La “lunetta” è una singola terrazza a forma di semicerchio, da qui il nome lunetta, supportata da un muro a secco e che sostiene un singolo albero. È diffusa in zone collinari del Sud Italia dove vi sono in prevalenza Entisols calcarei o gessosi. Questa sistemazione è sempre meno utilizzata e sta andando verso l’abbandono.

Negli ultimi vent’anni, alcuni sistemi di sistemazione del suolo e operazioni agricole sono emersi e si sono diffusi, in particolare nelle aree del sud Italia, come la Puglia e la Sicilia, dove il cambiamento dell’uso del suolo da colture tradizionali (grano duro, olive, mandorle) a uva da tavola è stato motivato dalla consapevolezza che l’aumento del contenuto di CaCO<sub>3</sub> attivo

e totale si adatta bene alle esigenze di calcio della vite. Questo ha portato a un sostanziale aumento del reddito derivante dalla coltivazione dell'uva da tavola (Dazzi et al., 2019; Costantini e Barbetti, 2008).

La “frantumazione” è molto diffusa in Puglia dove copre circa 20000 e consiste nella frantumazione e macinazione dei substrati calcarei e delle rocce, mescolandoli con il terreno residuo e livellando la superficie (Zdruli et al., 2014). Vi è quindi la formazione di un suolo antropico con un basso contenuto di sostanza organica e una riduzione del C e N totale.

Tra gli effetti positivi della frantumazione vi è l'aumento della profondità delle radici e del contenuto di Ca disponibile e dello scheletro, il che favorisce il drenaggio.

La “copertura con HTM e plasmatura” invece è diffusa nelle aree centrali della Sicilia dove prevalgono Mollisols, Alfisols, Vertisols e Inceptisols. Gli agricoltori creano suoli antropogenici coprendo quelli originali con materiale di origine umana (HTM) composto da calcare marino (70% calcare, 30% argilla). I suoli coperti con HTM vengono arati fino a una profondità di 100 cm con aratro a barra singola, ottenendo suoli con una doppia sequenza di orizzonti inclinati rispetto alla superficie del suolo. Questi suoli presentano un colore superficiale molto chiaro, con un contenuto elevato di carbonati totali e attivi ed un basso contenuto di carbonio organico (Cocco et al., 2020).

## **2.7 Azioni di mitigazione del dissesto idrogeologico in campo agricolo e forestale**

La manutenzione è un'azione preventiva nella difesa del suolo necessaria per contrastare lo stato di abbandono la cui efficacia viene rafforzata da una sua ripetizione periodica nel tempo. I provvedimenti presi in analisi sono orientati al ripristino della rete di drenaggio superficiale delle aree agricole, alla stabilizzazione superficiale, alla protezione da erosione ed incendi boschivi, riqualifica dei boschi... etc.

Ad oggi gli interventi necessari per far fronte alle criticità evidenziate sul territorio sono di due categorie : quelli rivolti alle superfici condotte ad aziende agricole e quelli aventi ad oggetto le zone marginali in stato di abbandono.

Il primo tipo di intervento prevede l'applicazione di adeguate pratiche agricole, alcune delle quali anche innovative mentre con il secondo tipo, in ambito boschivo e delle zone marginali, viene programmato il recupero di attività agro-silvo-pastorale.

I seminativi e pascoli degradati causano fenomeni di erosione del suolo con annessi soliflusso e franosità diffuse; pertanto, in questo ambito territoriale sono da realizzare solchi e fossi trasversali e longitudinali. Applicando tali sistemazioni i benefici sono immediati con una

riduzione delle problematiche sopra descritte ed un miglioramento della capacità della produttività agricola ed una maggiore disponibilità di acqua.

Le limitazioni per la realizzazione di questi interventi sono dovute al tipo di suolo e alla pendenza del versante, con annesse difficoltà per il passaggio del parco macchine.

Anche con la diversificazione colturale i risultati ottenuti sono promettenti, ciò permette l'aumento della biodiversità con benefici alla fauna selvatica, limita l'erosione e aumenta l'infiltrazione idrica; come risultato indiretto vi è il controllo naturale delle infestanti con conseguente diminuzione dei costi necessari per il diserbo.

La protezione generata dagli impianti di filari arbustivo-arborei è utile per il ripristino e la salvaguardia delle superfici agro-pastorali. I benefici sono una riduzione del trasporto solido, maggiore infiltrazione idrica ed incremento della biodiversità.

Per ridurre il run off sulla rete fluviale viene applicato un sistema di fasce tampone tra aree agricole e corsi d'acqua.

Diverse sono le pratiche attuate nelle aree terrazzate agricole per le quali infatti è di fondamentale importanza la manutenzione dei muretti e dei ciglionamenti per evitare la perdita di suolo con conseguenti fenomeni di dissesto.

Per la prevenzione di tali fenomeni si effettuano azioni di ripulitura dei muretti dalla vegetazione infestante, di ripristino delle reti di drenaggio e del coronamento dei muretti a secco, di inerbimenti interfilari e dei ciglioni del terrazzamento con impianto di specie arbustive.

I vantaggi sono riassunti nel ripristino delle attività storiche agricole con valore aggiunto elevato, riduzione erosione del suolo e dei fenomeni franosi, miglioramento dell'efficienza idrogeologica e salvaguardia del paesaggio.

Le colture permanenti non terrazzate sono sottoposte ad inerbimento interfilare delle coltivazioni e nei casi peggiori è necessario il rifacimento totale degli impianti.

Nelle zone boschive per preservare la stabilità del territorio vengono effettuate azioni di riforestazione e gestione del bosco, di manutenzione della rete idrografica, di creazione di sistemi di drenaggio sostenibili oltre che piani di gestione del bosco ed un costante monitoraggio delle zone a rischio.

Tutte le misure di protezione, difesa e salvaguardia realizzate potranno essere verificate attraverso ispezioni in loco o mediante dati telerilevati satellitari o aerei, ad eccezione di quelle eseguite in aree boschive, sotto la copertura arborea. Annualmente, AGEA acquisisce dati multispettrali ad altissima risoluzione, con precisione di 0,5 e 0,2 m, su circa 130.000 km<sup>2</sup> (circa il 40% della superficie nazionale) tramite rilevamenti aerei e satellitari. L'utilizzo di tali

dati consentirebbe, previa acquisizione mirata di ulteriori dati integrativi, la verifica quantitativa delle azioni e degli interventi eseguiti.

Tutti i casi incerti, gli interventi sotto copertura arborea (in boschi e alcune tipologie di terrazzamenti), nonché la verifica dell'efficacia delle azioni, potranno essere affidati al Corpo Forestale dello Stato (CFS) o direttamente agli ispettori del MiPAAF o di AGEA, coinvolti nei rilievi statistici o nell'ambito della PAC, per le aree prossimali. Per garantire la corretta manutenzione delle misure e degli interventi nel tempo e assicurare l'efficacia duratura, è necessario prevedere un robusto sistema di monitoraggio continuo (Bazzoffi P. et al., 2013).

## Capitolo 3

### EVOLUZIONE E MANUTENZIONE DEI TERRAZZAMENTI

#### 3.1 Aspetti pedologici di un suolo terrazzato

I terrazzamenti sono delle sistemazioni idraulico-agrarie e forestali progettate e realizzate con lo scopo di creare delle superfici piane coltivabili sui ripidi pendii di versanti collinari o montani che modificano notevolmente le caratteristiche dei suoli di partenza. I terrazzamenti rappresentano una successione di muri a secco che modellano i versanti scoscesi trasformandoli in gradonate di terrapieni, livellandone la pendenza tanto da poter essere percorribili anche da mezzi meccanici (Stanchia S. *et al.*, 2011).

Fare un rilievo pedologico su suoli di terrazzamenti aiuta a conoscere meglio la natura dei suoli per ottimizzarne la gestione, la manutenzione e la conservazione.

Il materiale parentale sul quale si evolvono i suoli dei terrazzamenti, spesso è di origine alloctona perché può derivare da materiale eroso dai versanti e successivamente accumulato in depositi alluvionali. Nella messa in opera dei terrazzi, talvolta questo materiale viene trasportato e aggiunto manualmente. In passato sono state condotte delle opere definite “eroiche” proprio per la fatica di uomini e donne che hanno trasportato nelle gerle pesanti carichi di sedimenti raccolti lungo il fiume, con i quali hanno riempito le aree delimitate dai muretti a secco sui versanti. I diversi materiali che vengono aggiunti nel tempo subiscono un lento processo di pedogenesi che comporta una differenziazione di orizzonti con caratterizzati da differenti proprietà fisiche, chimiche e biologiche che influenza anche la capacità del suolo di trattenere acqua e nutrienti (Stanchi S. *et al.*, 2011).

I suoli che si sono evoluti nei terrazzamenti coltivati sono quindi fortemente influenzati dall'attività antropica (rimozione degli orizzonti superficiali, scavi, asportazioni e apporti di materiale) e pertanto sono classificati frequentemente come Anthrosols secondo la classificazione WRB.

Secondo quanto riportato nella classificazione, si possono osservare suoli antropogenici con caratteristiche variabili come:

**Aric Anthrosols** che presentano resti di orizzonti diagnostici rimescolati da lavorazioni profonde;

**Fimic Anthrosols** caratterizzati da uno strato superficiale antropogenico prodotto da apporti di letame misto a terra;

**Cumulic Anthrosols** i quali sono seppelliti sotto 50 cm di materiale fine sedimentato da acque irrigue o appositamente depositato dall'uomo;

**Urbic Anthrosols** contraddistinti dalla presenza di almeno 50 cm di profondità di cumuli di rifiuti.

Tipici dei terrazzamenti sono gli “**Escalic Anthrosols**” (Curtaz *et al.*, 2013).

Gli orizzonti rappresentativi degli Anthrosols, e le loro diverse proprietà, sono riportati nella tabella sottostante.

**Tabella 3-1 Orizzonti rappresentativi degli Anthrosols**

<b>tipo orizzonte</b>	<b>caratteristiche</b>
Anthraquic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alternanza ossidazione e riduzione</li> <li>- periodi di allagamento in superficie</li> <li>- compatto con umidità elevata</li> <li>- piccoli aggregati dispersi da asciutto</li> </ul>
Hydragric	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tipico della coltivazione per sommersione</li> <li>- poco permeabile</li> <li>- ricco di limo e argilla</li> </ul>
Irragric	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pedogenesi modificata dall'irrigazione</li> <li>- apporto di sedimenti: fertilizzanti sali solubili e sostanza organica</li> </ul>
Anthric	<ul style="list-style-type: none"> <li>- originato dal rimescolamento dovuto all'aratura</li> </ul>
Terric	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apporto di minerali e sabbia</li> <li>- può contenere macerie e rifiuti</li> </ul>
Plaggic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- colore scuro</li> <li>- apporti di zolle erbose, letame e sabbia</li> <li>- strato di almeno 20 cm</li> </ul>
Hortic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pedogenesi legata alle lavorazioni profonde</li> </ul>

(Curtaz *et al.*, 2013)

Nei terrazzamenti, la profondità del suolo varia in funzione dell'altezza dei muretti e della loro tipologia, risultando generalmente più limitata in prossimità dei muri di contenimento. Il drenaggio, in tali contesti, viene notevolmente migliorato, con effetti positivi sulla riduzione del rischio di erosione superficiale. La composizione del suolo è influenzata e può variare in

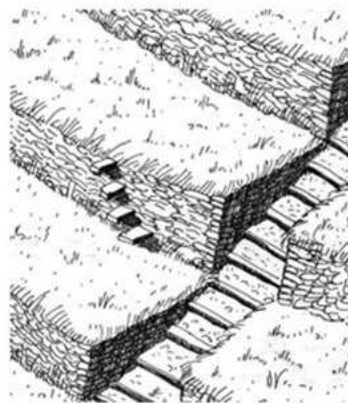
base alla geologia locale e ai materiali terrigeni utilizzati per il riempimento. Solitamente, i suoli terrazzati coltivati presentano una maggiore ricchezza di sostanza organica ed elementi nutritivi rispetto a quelli non coltivati, grazie all'aggiunta di fertilizzanti organici reiterata nel tempo e spesso grazie anche all'inerbimento frequentemente praticato.

Tuttavia, la fertilità può essere compromessa se il suolo non viene gestito correttamente, ad esempio, a causa di compattazione o erosione. La costruzione e la manutenzione dei muri di contenimento svolgono un ruolo cruciale nella prevenzione di smottamenti e nella conservazione del suolo a lungo termine.

I terrazzamenti possono inoltre favorire la creazione di microclimi e pedoclimi particolarmente adatti alla crescita delle piante, grazie all'adeguata esposizione al sole e alla protezione dai venti. Il suolo nei terrazzamenti tende a mantenere un livello di umidità più stabile rispetto ai pendii non terrazzati, poiché l'acqua piovana viene trattenuta e distribuita in maniera più uniforme.

▪ **Funzioni:**

- a) Regimazione delle acque superficiali
- b) Limitazione dell'erosione idrica
- c) Creazione di suoli coltivabili



**Suoli antropogenici**

*Figura 3-1 Funzioni dei terrazzamenti*

### 3.2 Storia e Sviluppo

Ad oggi i terrazzamenti non sono solamente degli elementi caratteristici del paesaggio agricolo in Europa ma gli viene attribuito il titolo di “testimoni” dell'agricoltura eroica del passato, inoltre per il loro aspetto particolarmente suggestivo sono una risorsa fondamentale del settore turistico (Carallo S., Gallia A., 2020).

La nascita di questa opera di ingegneria agricola risale ad epoca preistorica e ad oggi sono diffusi in tutto il mondo, dal Sud-est Asiatico all'America Latina.



Questa caratteristica è attribuibile alla loro versatilità, infatti possono essere realizzati sia in ambiente collinare che alpino o montano.

L'altitudine non ha mai rappresentato un grosso ostacolo, sui Pirenei vi sono pendii terrazzati a più di 1600 mt sul livello del mare, usati per i pascoli, e ad altitudini simili sulle Alpi Orientali italiane dove ospitano i castagneti o colture abbandonate come segale foraggio e cereali (Stanchi S. et al., 2011).

Anche la pendenza è un fattore importante per la realizzazione dei terrazzamenti, per esempio i versanti terrazzati in Valle D'Aosta hanno una pendenza che può essere superiore al 100% mentre nelle zone Mediterranee assume valori compresi tra il 40% e il 25%.

Sono state identificate varie categorie di paesaggi terrazzati basate sul rapporto tra la lunghezza dei terrazzamenti e la superficie complessiva terrazzata: bassa intensità (5-200 m ha<sup>-1</sup>); media intensità (200-800 m ha<sup>-1</sup>); alta intensità (> 800 m ha<sup>-1</sup>) (Stanchi S. et al., 2011). Si tratta di un'opera che racchiude saperi tramandati di generazione in generazione, riguardanti la costruzione dei muri, la disposizione dei massi, la gestione del deflusso delle acque e la scelta delle colture da impiantare, il tutto basato su un'attenta valutazione dell'esposizione al sole e ai venti del versante.

Sebbene questi interventi siano stati oggetto di critiche a causa del disboscamento necessario per la loro realizzazione, va sottolineato che, in assenza di tali strutture, i terreni di queste aree sarebbero probabilmente divenuti incoltivabili a causa delle conseguenze del dilavamento, dell'erosione e delle frane. Inoltre, molte comunità non avrebbero potuto soddisfare le proprie esigenze alimentari senza l'ausilio di queste tecniche.

I terrazzamenti rivestono un'importanza fondamentale per la stabilizzazione dei versanti e la prevenzione del dissesto idrogeologico, risultando essenziali nel contrastare l'erosione causata da frane e piogge intense. La presenza di elementi costruttivi verticali, come muri in pietra di altezza variabile da pochi decimetri a diversi metri, insieme al brusco cambiamento della morfologia del pendio, genera significativi cambiamenti nel pedo ambiente del terrazzamento, migliorando il suolo e la sua struttura fisica (Stanchi S. et al., 2011).

I suoli terrazzati sono noti per le loro eccellenti caratteristiche di fertilità, contenuto di materia organica, struttura e porosità. Tuttavia, le caratteristiche chimiche e fisiche di questi suoli variano in base al materiale di riempimento, al clima, alla vegetazione e alla gestione storica del terreno. I processi geomorfologici e l'influenza antropica hanno portato a cambiamenti nelle proprietà di questi suoli, che non possono essere attribuiti esclusivamente ai processi pedogenetici naturali.



**Figura 3-2 Aree terrazzate in Italia Ubicazione delle aree terrazzate in Italia**

(elaborazione da LPIS refresh di AGEA-SIN)

(Bazzoffi P. et al., Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure interventi in campo agricolo e forestale. ISPRA Manuali e linee guida 85/2013)

### 3.3 Generalità sulla realizzazione dei terrazzamenti

I protagonisti nella costruzione dei terrazzamenti sono i muri a secco, i quali non solo sono necessari per livellare la superficie del pendio ma sono anche considerati un'opera di architettura contadina. La loro importanza è legata alla loro capacità di strappare superficie fertile alla roccia nuda, per cui si trovano sia nelle vallate che nelle zone più aspre.

Muri a secco posti in successione formano un terrazzamento.

Le tecniche di costruzione variano notevolmente in base alla geomorfologia del territorio, al materiale parentale impiegato per i muri e dall'origine del substrato antropico di riempimento (García-Ruiz and Lasanta, 1990). Quest'ultimo, in particolare, mira a rispettare il materiale organico tipico dell'ambiente in cui viene realizzato.

La qualità del substrato parentale ha un ruolo importante circa l'entità dell'opera da realizzare, la sua struttura è coesa e ciò determina un miglioramento della capacità produttiva (Bonardi, 2008). Generalmente la litologia è eterogenea dato che i terrazzamenti sono ubicati in zone alluvionali.

Con questo tipo di sistemazione ci sono diversi livelli di modificazione del suolo, alcuni pendii sono simili alla loro forma originale al contrario di altri completamente alterati. Ad oggi si cerca di limitare il più possibile le alterazioni antropiche nelle pratiche agricole altrimenti si ha una scarsa differenziazione morfologica nei profili di suolo. (Stanchi S. *et al.*, 2011).

Un altro problema legato all'errata costruzione dei terrazzamenti è la rottura dell'armonia del pendio che porta al cosiddetto "effetto cava", pertanto spaziatatura e pendenza devono rispettare un criterio sia per evitare il rischio di erosione ma anche per ragioni paesaggistiche (Stanchi S. *et al.*, 2011).

### 3.3.1 Campionamento pedologico del substrato d'origine

Al fine di scegliere un'adeguata tecnica costruttiva è necessario uno studio approfondito del sito di realizzazione, si effettua quindi un campionamento pedologico che permette di analizzare la variabilità del suolo.

Il campionamento prevede delle fasi preliminari incentrate sulla raccolta di dati riguardanti il clima e la litologia dell'area in analisi, il calcolo della superficie e l'individuazione dei punti dove effettuare i prelievi.

A questo punto si procede con l'apertura del profilo (scavo) che permette di riconoscere le caratteristiche del suolo e l'individuazione degli orizzonti che lo compongono.

Per la descrizione del profilo ci si aiuta mediante l'utilizzo di una guida "Field Book for Describing and Sampling Soil" che permette di ottenere un report univoco nella descrizione dei suoli. Si procede con la compilazione della scheda tecnica i cui elementi essenziali sono: data, località, punto GPS, esposizione, elevazione, topografia, vegetazione.

La descrizione morfologica del profilo di suolo procede per ciascun tipo di orizzonte e pertanto vengono indicati: nome dell'orizzonte, profondità, confine degli orizzonti, colore, struttura, radici.

A questo punto è possibile classificare il tipo di suolo, campionare e analizzare il suolo per determinare le sue specifiche caratteristiche chimico-fisiche e progettare la costruzione del terrazzamento scegliendo la tipologia adeguata.

### 3.3.2 Costruzione

Il cantiere di lavoro è costituito da due zone: quella adibita alla vera e propria attività costruttiva e quella di prelievo del materiale per la costruzione (Bonanini F. *et al.*, 2021).

Quest'ultimo viene suddiviso in diverse categorie in base alla dimensione delle pietre, la suddivisione comprende: pezzatura piccola, media e grande.

Le fondamenta sono il primo elemento da realizzare in quanto su di esse poggia il muro, generalmente si possono trovare substrati semplici come quelli costituiti solamente da roccia madre alterata ma anche substrati più complessi dove sono presenti diversi orizzonti sia eluviali che illuviali.

Apprendere le caratteristiche del substrato è necessario per identificare quali operazioni preliminari vanno effettuate, ad esempio su un substrato prevalentemente roccioso bisogna asportare sia lo strato terroso che ricopre la roccia che la porzione di roccia alterata al fine di garantire un migliore ancoraggio del muro.

È fondamentale tenere in considerazione che l'altezza e la larghezza dei muri dipendono dalla pendenza del versante. In linea generale, la larghezza delle fondazioni è indicativamente di 50 cm per muri con altezza massima di 1,50 m, 70 cm per muri con altezza fino a 3 m, e circa 100 cm per muri con altezza superiore a 3 m (Bonanini F. *et al.*, 2021).

In seguito, si iniziano a disporre gli elementi litici prestando attenzione alla loro corretta disposizione al fine di preservare i canali di drenaggio.

Si procede utilizzando le pietre di maggiore pezzatura come base, disposte con la faccia di maggior sviluppo verso l'interno del muro, se necessario è possibile lavorare le rocce per ridurre le asperità che potrebbero compromettere la stabilità del muro: gli elementi devono incastrarsi perfettamente tra loro (Bonanini F. *et al.*, 2021).

Tra un muro e l'altro si formano gradini, successivamente riempiti con suolo proveniente dalle aree circostanti, arricchito con sostanza organica e nutrienti. Gli elementi di piccola pezzatura vengono utilizzati per costruire la parte sommitale del muro, che funge sia da punto di passaggio dell'acqua di ruscellamento tra i terrazzamenti, sia da area di transito per agricoltori e macchinari. Questa sezione rappresenta, di conseguenza, uno degli elementi strutturalmente più vulnerabili.

La realizzazione dei terrazzamenti ormai è fortemente meccanizzata, si parla di “terrazzamenti industriali” dove si utilizzano macchine scavatrici che possono avere effetti negativi sia sul paesaggio che sul suolo come la riduzione della fertilità fisica e della capacità di ritenzione idrica (Stanchi S. *et al.*, 2011).

▪Pendii costituiti da depositi sciolti di tipo gravitativo



Blocchi utilizzabili per erigere i muri di contenimento

*Figura 3-3 Realizzazione del muro*



### 3.4 Tipologie di terrazzamenti

Seppur con un processo costruttivo di base comune, ciascun terrazzamento subisce degli adattamenti per accogliere nel migliore dei modi la coltura interessata.

Su gran parte del territorio italiano sorgono terrazzamenti adibiti agli impianti di vite, detti “terrazzamenti vitati” (Bonardi L., 2014).

#### 3.4.1 Caratteristiche del suolo per coltivazione della vite

Ciascuna varietà di vite richiede delle determinate caratteristiche al terreno, pertanto, non tutti i substrati sono adatti per la sua coltivazione.

I minerali e gli elementi nutritivi presenti nel suolo si riflettono sulle caratteristiche del vino in quanto vengono assorbiti dalle radici; quindi, ciascun vino presenta delle peculiarità dovute alla conformazione geologica della zona.

I suoli ottimali per la viticoltura sono prevalentemente costituiti da calcare, marne, scisti e argille (M. Leder, La vite e il terreno) . Il calcare (carbonato di calcio) è un componente fondamentale nella maggior parte dei suoli. Esso deriva dalla decomposizione di organismi con gusci o scheletri calcarei, la cui mineralizzazione genera sedimenti che possono coprire vaste aree.

Le marne sono rocce sedimentarie composte da una parte argillosa e una parte carbonatica, generalmente costituita da carbonato di calcio (calcite) o da carbonato doppio di calcio e magnesio (dolomite). I sedimenti marnosi si trovano in tutto il mondo, soprattutto nei domini marini e lacustri del passato geologico.

Gli scisti sono rocce metamorfiche a grana medio-grossa, caratterizzate dalla facilità con cui si sfaldano in lastre sottili. Lo scisto si forma dalla trasformazione dell'argilla sottoposta a elevate pressioni e temperature, durante la quale i cristalli di silice si allineano in una direzione precisa, creando strati chiamati piani di scistosità.

Le argille sono sedimenti molto fini costituiti principalmente da alluminosilicati, noti come minerali argillosi. Le argille si formano dal dilavamento di rocce che contengono questi minerali, dopo un lungo trasporto in ambienti lacustri, marini o lagunari del passato geologico. (M. Leder, La vite e il terreno)

#### 3.4.2 *Classificazione dei terrazzamenti vitati*

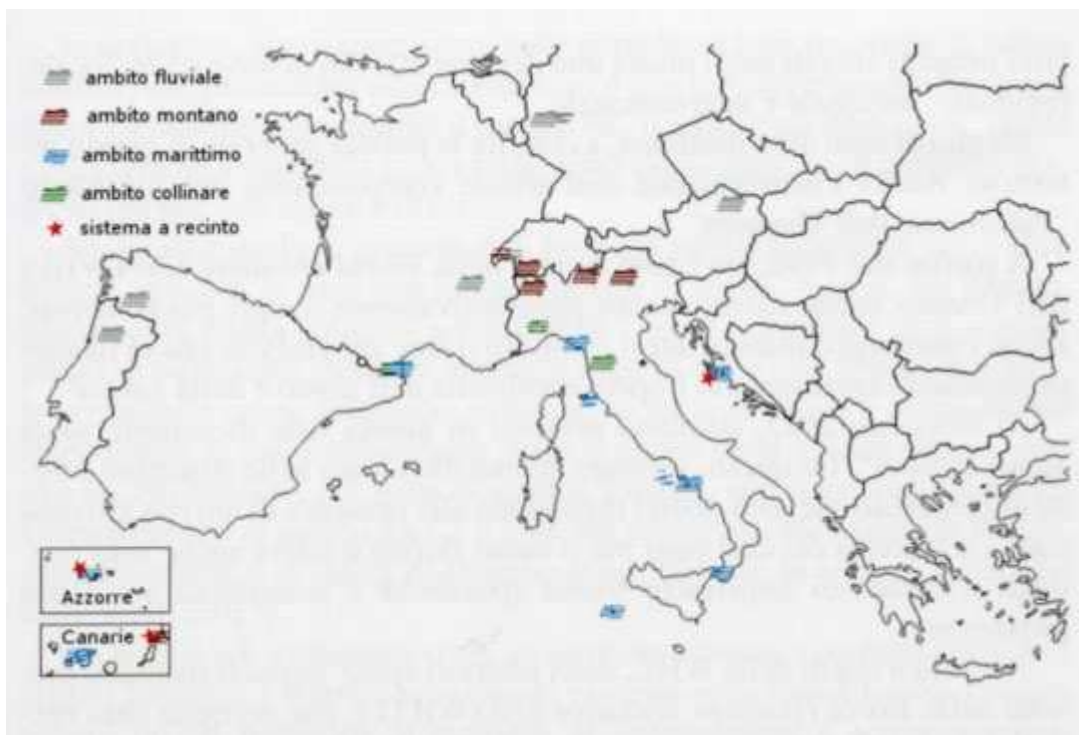
Il modo più semplice di classificare i terrazzamenti vitati è quello che tiene conto del loro aspetto.

Vi sono quattro tipologie di terrazzamenti adibiti alla coltivazione della vite:

- terrazzamenti viticoli in ambito fluviale o lacustre
- terrazzamenti viticoli in ambito marittimo
- terrazzamenti viticoli in ambito montano
- terrazzamenti viticoli in ambito collinare

Ciascuna categoria si differenzia per le interazioni tra spazi terrazzati ed elementi del contesto geografico (Bonardi L., 2014).

Principali terrazzamenti vitati in Europa e loro ambito paesaggistico (figura 3-4)



**Figura 3-4** *Principali terrazzamenti vitati in Europa*

### 3.4.3 *Classificazione dei terrazzamenti in base alla costruzione*

I terrazzamenti possono essere classificati in base alla loro funzione, oppure al differente tipo di costruzione. (Bonanini F. *et al.*, 2021)

Troviamo due tipi di terrazzamenti:

- terrazzamenti con muri di contenimento “in pietra a secco”

Con la dicitura “pietra a secco” si indica il modo in cui sono sistemati gli elementi che costituiscono il muro di sostegno, cioè la disposizione delle rocce le une di fianco alle altre senza l’uso di leganti.

Si costituiscono così dei veri e propri muri la cui altezza è funzione della pendenza del versante su cui sono posti mentre la lunghezza dipende dalla struttura del terreno.

Sono presenti due tipi di muri a secco che fanno riferimento alla stessa tecnica costruttiva ma hanno differenze relative alla geometria del muro di sostegno, questi sono: muri la cui testa si trova a filo del piano d’uso e muri in cui la testa è oltre il piano d’uso.

La sopraelevazione dei muri costituisce una protezione dai venti, utile per alcune colture, ed inoltre permette il passaggio di agricoltori e macchinari lungo la fascia.

Altre funzioni della sopraelevazione sono quelle legate all’aumento dell’infiltrazione idrica e all’interruzione del flusso di scorrimento delle acque superficiali.

Le principali differenze tra i terrazzamenti sono legate al diverso materiale litico impiegato per la costruzione dei muri oltre che al substrato antropico utilizzato; tali scelte sono influenzate dall’areale geografico di realizzazione oltre che al tipo di coltura interessata.

Esistono infatti terreni terrazzati adibiti al pascolo estensivo di bestiame come quelli utilizzati per la coltivazione di agrumi, olive, uva e piante officinali.

- terrazzamenti con muri di contenimento in pietra legata da malta di calce

Sono utilizzati spesso per gli impianti di agrumeti, sono realizzati come materiale litico di qualità, al contrario dei muri a secco, e sono tenuti insieme con della malta di calce.

I muri realizzati con questa tecnica sono più duraturi e necessitano di minore manutenzione, inoltre hanno altezze superiori rispetto all'altra tipologia.

### 3.5 Ubicazione dei terrazzamenti

I terrazzamenti sono presenti in tutti quegli ambienti in cui il territorio presenta delle asperità tali da non consentire l'agricoltura secondo i metodi tradizionali.

Le colture più diffuse nei terrazzamenti italiani sono ulivo, vite e seminativi.

La suddivisione dei terreni terrazzati può variare considerevolmente, anche in aree geograficamente vicine, e tale variabilità è influenzata da una molteplicità di fattori, sia di natura sociale, come di organizzazione economica, che di natura fisica, come l'esposizione dei suoli e le colture praticate.

In Italia, i terrazzamenti agricoli rappresentano un esempio straordinario di come l'uomo abbia saputo adattare la coltivazione ai paesaggi più impervi, modellando il territorio per renderlo produttivo. Nelle Cinque Terre, in Liguria, i terrazzamenti affacciati sul mare sono noti in tutto il mondo, ospitando principalmente vigneti e uliveti coltivati su ripidi pendii. Similmente, lungo la Costiera Amalfitana in Campania, i terrazzamenti vengono utilizzati per la coltivazione di agrumi, in particolare limoni, che rappresentano una delle produzioni più caratteristiche della zona.

Spostandosi verso nord, in Valtellina, in Lombardia, i terrazzamenti accolgono la coltivazione della vite, fondamentale per la produzione del rinomato vino Sforzato. Anche in Val di Cembra, nel Trentino-Alto Adige, i terrazzamenti, realizzati su terreni particolarmente scoscesi, sono dedicati alla viticoltura.

Nel Veneto, sui Colli Euganei, i terrazzamenti si estendono sulle colline per la coltivazione di viti e ulivi, mentre in Sicilia, soprattutto nelle zone montuose come l'Etna e i Nebrodi, vengono utilizzati per vigneti, uliveti e frutteti. In Sardegna, specialmente nella regione dell'Ogliastra e in altre aree montuose, i terrazzamenti trovano impiego nell'agricoltura, adattandosi al paesaggio aspro dell'isola. Infine, in Toscana, nelle colline del Chianti e in altre zone, i terrazzamenti sono destinati prevalentemente alla viticoltura e all'olivicoltura, contribuendo alla creazione di paesaggi rurali tra i più iconici e riconosciuti a livello internazionale.

### 3.6 Uso dei terrazzamenti in Italia come mezzo di riduzione del fenomeno erosivo

L'inventario dei Fenomeni Franosi in Italia realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, contiene informazioni sui fenomeni franosi verificatisi sul territorio nazionale.

Lo studio della banca dati copre l'intera superficie italiana e per essere il più completo possibile è accompagnato dalla cartografia delle frane (scala 1:10.000) ed il numero di parametri ad esse associati. Inoltre, l'adozione di un sistema standardizzato di lavoro ha fatto sì che fosse possibile ottenere dati omogenei e confrontabili su scala nazionale.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

L'uso e la copertura del suolo influenzano notevolmente il grado di erosione, in Europa è in atto il progetto CLC (Corine Land Cover) nato specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura ed uso del territorio a scala 1:100.000 con 44 classi di copertura del suolo suddivise in 3 livelli.

Negli anni sono stati effettuati diversi rilevamenti ad oggi confrontabili tra loro, da cui è possibile ricavare le statistiche dei cambiamenti.

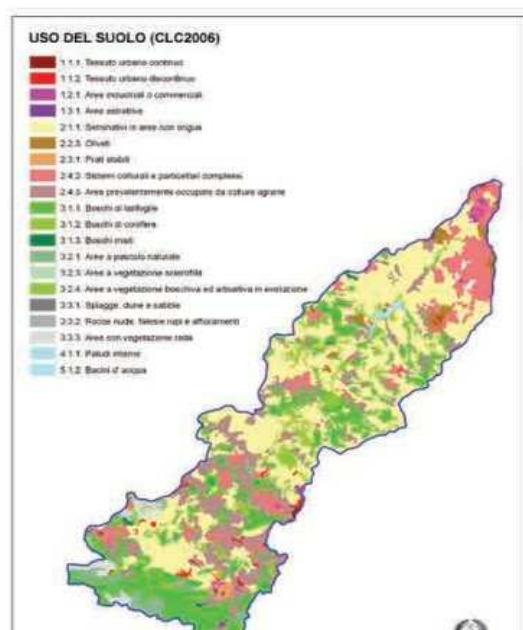
L'ISPRA si occupa anche del monitoraggio del consumo del suolo agricolo e naturale dovuto all'urbanizzazione e cementificazione sul territorio nazionale.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

### Aree di studio

Per impostare correttamente la metodologia da applicare su scala nazionale e definire gli interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico nei settori agricolo e forestale, valutandone benefici e possibili costi, sono state selezionate quattro aree di studio: Bacino del Biferno, Bacino dei Fiumi Uniti, Costiera Amalfitana, Cinque Terre. (Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

#### 1. Bacino del fiume Biferno



**Figura 3-5** Uso suolo area del Bacino del Fiume Biferno

Selezionato come area rappresentativa dei seminativi, il Biferno è il fiume principale del Molise, il bacino è collinare con presenza di litologie argillose, arenarie e marne.

Nella parte alta del bacino sono presenti rilievi montuosi carbonatici dei Monti del Matese, le cui frane sono prevalentemente a cinematica lenta ed interessano il 20% della superficie considerata. (figura 3-5)

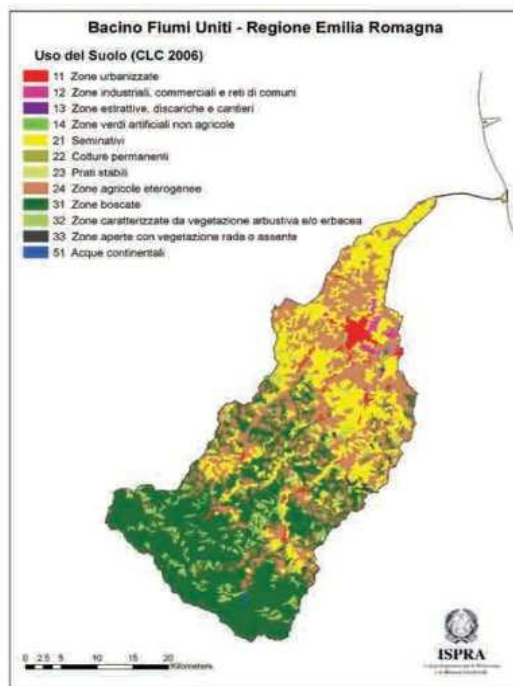
La carta dell'indice di franosità attesa che il 37% del bacino ricade nella classe a franosità bassa, il 38% a franosità media e il 25% in quella elevata.

In questa area sono stati finanziati 57 interventi di sistemazioni di fenomeni franosi per un importo totale di 26,5 milioni di euro.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)



## 2. Bacino dei Fiumi uniti



**Figura 3-6** Uso suolo area del Bacino dei Fiumi Uniti

È stato individuato il Bacino dei Fiumi uniti come area studio emblematica per il territorio boschivo, i boschi infatti interessano il 38% della sua superficie.

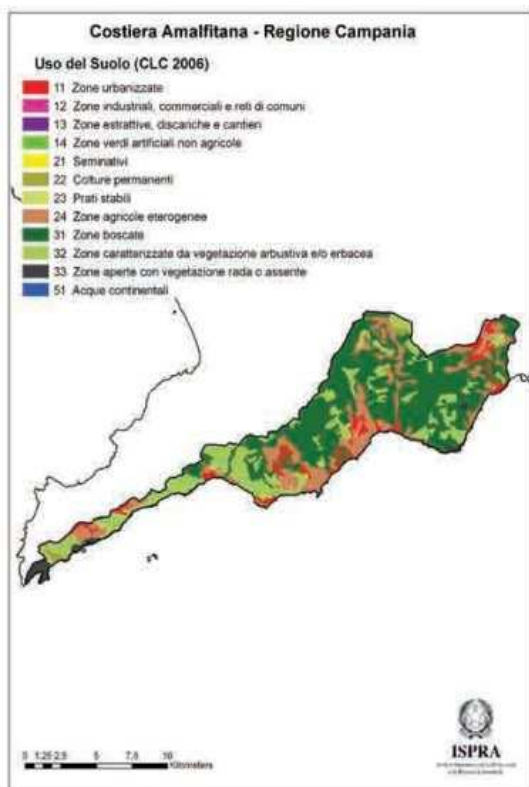
I fiumi Montone, Rabbi, Bidente-Ronco rappresentano il più importante sistema idrogeografico dell'Emilia-Romagna. Formazioni marnoso-arenacee caratterizzano la parte montana del bacino mentre in collina sono presenti formazioni argillose con leggere pendenze. Nella parte bassa del bacino sono presenti alluvioni terrazzate.

(figura 3-6)

Le frane che hanno interessato il bacino sono 4227, la metà di queste focalizzate nella superficie boscata.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

## 3. Costiera Amalfitana



**Figura 3-7** Uso suolo area della Costiera Amalfitana

Rappresenta il settore meridionale della Penisola Sorrentina e si estende da Punta Campanella a Vietri sul Mare.

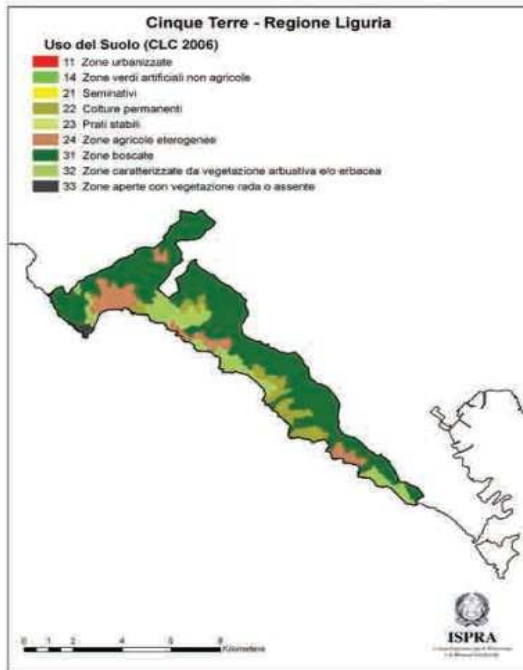
Comprende l'intero settore meridionale dei Monti Lattari, costituiti da rocce calcaree e dolomitiche ricoperte da depositi vulcanici provenienti dall'area vesuviana e flegrea.

(figura 3-7)

Tipica dell'area è la sistemazione agraria dei terrazzamenti per la coltivazione dei vigneti e dei frutteti, in particolare i limoni.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

#### 4. Cinque Terre



Il Parco Nazionale delle Cinque Terre è il più piccolo d'Italia, ma anche il più densamente popolato, con circa 5.000 abitanti distribuiti tra i cinque borghi di Riomaggiore, Manarola, Corniglia, Vernazza e Monterosso al Mare.

(figura 3-8)

Nonostante i rilievi montuosi del Parco raggiungano altitudini modeste, la vicinanza al mare provoca una forte pendenza su tutto il territorio. Nel corso di oltre mille anni, l'uomo ha costruito circa seimila chilometri di muretti a secco per coltivare i ripidi pendii delle colline con vigneti e uliveti.

(Bazzoffi P. *et al.*, 2013)

**Figura 3-8** Uso suolo area delle Cinque Terre

Fonte immagini 3-5, 3-6, 3-7, 3-8 : Bazzoffi P. *et al.*, Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure interventi in campo agricolo e forestale. ISPRA Manuali e linee guida 85/2013).

#### 3.7 Capanne e Muretti in pietra a secco nel Parco Nazionale della Majella

Il paesaggio agro-pastorale nel Parco racconta la storia di pastori e contadini che hanno lasciato in eredità centinaia di capanne, muretti e complessi in pietra a secco.

La maggior parte di queste strutture si trova in uno stato di completo abbandono, sono state condotte diverse iniziative volte al recupero e restauro di manufatti presenti su tutto il territorio del Parco (Parco Nazionale della Majella, (2019), *Capanne e muretti in pietra a secco nel Parco Nazionale della Majella*).

Un altro obiettivo è quello di valorizzare tali complessi agro-pastorali ed ottenendo anche il recupero di cultivar locali spesso abbandonate.

Il primo Corso per la costruzione ed il recupero di capanne e muretti in pietra a secco, organizzato nel Parco Nazionale della Majella in collaborazione con la Sezione italiana dell'Alleanza mondiale per il paesaggio terrazzato (ITLA ITALIA), intende promuovere il recupero, la tutela e la valorizzazione del paesaggio terrazzato *majellense* incoraggiando l'utilizzo di tecniche tradizionali integrate ed ecosostenibili, e risvegliando l'interesse collettivo nei confronti delle tecniche costruttive legate alla tradizione rurale locale, oggi raramente impiegate e sempre più frequentemente sostituite da pratiche edilizie moderne di scarsa sostenibilità ambientale.

Il corso si è tenuto dal 06 all'11 Maggio del 2019 nella Sede Scientifica del Parco Nazionale della Majella, situata a Caramanico Terme (PE).

Sono stati coinvolti mastri locali e nazionali della pietra a secco, alcuni dei quali provenienti dalla Scuola italiana della pietra a secco istituita dall'Alleanza mondiale per il paesaggio terrazzato.

Durante il periodo di durata del corso i partecipanti hanno avuto modo di assistere a diversi seminari riguardanti: il paesaggio agro-pastorale del Parco Nazionale della Majella, diversi approfondimenti sui terrazzamenti e le migliori strategie di restauro. Non sono mancati i laboratori pratici in particolare negli ultimi giorni del corso i partecipanti hanno lavorato in un cantiere per la realizzazione di un muro a secco, affiancati dagli Artigiani di ITLA Italia.

Durante il lavoro in cantiere è stato possibile immergersi nelle diverse fasi che prevedono: l'osservazione preliminare dell'area dove sorgerà il sito, la preparazione della zona di lavoro, la scelta degli attrezzi, il calcolo dell'angolo di inclinazione e del dimensionamento del muro in pietra a secco, la lavorazione delle pietre, costruzione del muro (Parco Nazionale della Majella, (2019), *Capanne e muretti in pietra a secco nel Parco Nazionale della Majella*).

Questa iniziativa del Parco è di fondamentale importanza in quanto è necessario sensibilizzare il più possibile in primis artigiani, pastori e contadini sull'importanza della manutenzione dei complessi agro-pastorali del territorio italiano, non solo per il loro valore agronomico ma soprattutto per quello culturale, storico e turistico.

Molto spesso la mancata manutenzione e il successivo abbandono delle sistemazioni agrarie derivano anche dalle mancate conoscenze su come procede con i lavori.

## Capitolo 4

### I TERRAZZAMENTI TRA BENEFICI E CRITICITA'

#### CAPITOLO 4

#### “I TERRAZZAMENTI TRA BENEFICI E CRITICITA' ”

La sistemazione in terrazzamento può migliorare la fertilità dal momento che il suolo è protetto dall'erosione, è frequentemente arricchito da sostanza organica derivante dalle concimazioni organiche e da inerbimento.

Dal punto di vista pedologico, l'osservazione del profilo e le analisi dei campioni di ciascun orizzonte aiutano ad identificare le differenze del suolo terrazzato e quindi detto anche “suolo antropogenico” rispetto a quello naturale dello stesso versante, in ambiente montano. Si osservano frequentemente l'incremento di spessore dell'orizzonte A, la presenza di orizzonti sepolti e a plaggen, processi di illuviazione dell'argilla e sali tessiturali. Le analisi chimiche segnalano spesso un incremento del contenuto di C, N e P (Stanchi *et.al*, 2012) come si evince dalle figure XXX nelle quali sono riportati gli orizzonti, gli spessori, il contenuto in scheletro e i principali elementi nutritivi corrispondenti agli orizzonti descritti.

Percentage of skeleton, pH, available P, total C and total N of the vineyard soil							
Site	Horizons	Depth	Skeleton	pH	Available P	C tot	N tot
ARNAD I		cm	% by weight		mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
	Ap	0-2	21.4	7.1	25	20.1	1.5
	Bw1	2-17	23.6	7.2	26	9.4	0.7
	Bw2	17-33	23.6	7.4	23	10.5	0.9
	Bw3	33-51	15.3	7.8	15	8.0	0.8
	Bw4	51-81	6.3	8.3	14	6.6	0.6
	Bw5	81-100	8.3	8.4	13	4.8	1.1
	BC	100-110+	20.3	8.1	7	5.0	2.1

Figura 4-1 Percentuale di scheletro, pH, P disponibile, C e N totale del suolo del vigneto Arnad I



**ARNAD I**  
**Vigneto a pergola**  
**12 anni**

**Technic Cambisol (Escalic)**



*Figura 4-2 Profilo di suolo di un vigneto a pergola di 12 anni, Arnad I*

Percentage of skeleton, pH, available P, total C and total N of the vineyard soil							
Site	Horizons	Depth	Skeleton	pH	Available P	C tot	N tot
ARNAD II		cm	% by weight		mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
	A	0-2	13.6	7.3	40	42.8	4.1
	AB	2-9	14.9	7.2	37	15.4	3.2
	Bw1	9-17	34.9	6.4	7	14.5	2.2
	Bw2	17-28	30.9	6.6	0	9.0	1.1
	Bw3	28-42	22.4	7.2	7	19.0	0.8
	Bw4	42-57	18.7	7.5	2	20.4	1.3
	BC	57-68+	47.4	7.8	3	19.9	0.6

*Figura 4-3 Percentuale di scheletro, pH, P disponibile, C e N totale del suolo di un vigneto abbandonato da 30-35 anni, Arnad II*



## ARNAD II

Vigneto a pergola  
abbandonato da 30-35  
anni

### Cambisol (Escalic)



*Figura 4-4 Profilo di suolo di un vigneto abbandonato da 30-35 anni, Arnad II*

Una corretta sistemazione può aumentare la capacità dei suoli di avere una buona riserva idrica nel tempo. In particolare, l'acqua che penetra nel suolo viene rilasciata lentamente, quando in eccesso, attraverso le fessure del muro a secco, prolungando la disponibilità dell'acqua per le colture senza però incorrere nel rischio di ristagno idrico.

Da non sottovalutare è anche il loro impatto economico e sociale, in termini di sostegno alle comunità rurali e incremento della produttività.

Nel Rapporto relativo al rischio idrogeologico in Italia redatto dal ministero dell'Ambiente in Italia pubblicato del 2008, le aree ad alta criticità idrogeologica da frana e alluvione ammontano complessivamente a 29.517 km<sup>2</sup>. In un Paese come il nostro nel quale le calamità naturali che colpiscono con maggior frequenza il territorio sono le frane e le alluvioni, tanto da essere seconde solo ai terremoti per il numero di vittime e danni, risulta molto importante il ruolo di contrasto a tali fenomeni svolto dalle attività agricole e forestali e da una capillare rete di regimazione delle acque e stabilizzazione dei versanti (Bazzoffi P. *et al.*, 2013).

L'abbandono delle aree interne ha determinato una riduzione del presidio e della manutenzione delle opere di protezione specie nelle aree di collina e di montagna. Come evidenziato anche dal dossier Ispra (Bazzoffi P. *et al.*, 2013), un ambito territoriale particolarmente importante per la sua funzione di prevenzione dal dissesto idrogeologico è rappresentato dai "terrazzamenti" e cioè da quelle opere caratterizzate da successioni di muretti a secco che

modellano i versanti collinari e montani trasformandoli in una successione di terrapieni coltivabili.

Le aree terrazzate più estese in Italia si trovano in Liguria, in Valtellina e Val Chiavenna (SO), nella Penisola Sorrentina, in Cilento, nel Gargano, oltre ad essere diffuse in Calabria e nella Sicilia nordorientale e sud-orientale. Sono però presenti anche in Val d'Aosta, Toscana, nelle isole d'Elba, Ischia, Eolie, Pantelleria. Il motivo stesso della creazione dei terrazzamenti risiede storicamente sia nella necessità di estendere i suoli adatti alla coltivazione, sia proprio per contrastare i processi erosivi e franosi lungo i versanti più ripidi. Il progressivo abbandono di queste opere ha portato ad una generale carenza o assenza di manutenzione, ad esclusione di pochi esempi di gestione ad uso agricolo ancora attiva, limitatamente ad alcune tipologie di colture specializzate (Bazzoffi P. *et al.*, 2013). Essendo, di fatto venuto a mancare progressivamente il contributo delle aree terrazzate alla difesa del suolo e al controllo del deflusso delle acque, il recupero della loro manutenzione è divenuto un obiettivo prioritario della lotta al dissesto idrogeologico. La creazione di queste opere, determina, in termini di regimazione delle acque e sistemazione dei versanti, una sorta di equilibrio artificiale che va a sostituire le dinamiche evolutive naturali ragione per cui queste opere risultano preziosissime per contrastare i fenomeni erosivi e le frane e devono continuare ad essere gestite e sottoposte a manutenzione attraverso un ininterrotto apporto di materiali ed energia contrastando fortemente il fenomeno dell'abbandono pena la rottura di delicati equilibri e l'accelerazione dell'insacco proprio di quei fenomeni che con la loro realizzazione si intendeva contrastare.

Va segnalato, tra l'altro, che, in termini di prevenzione del rischio idrogeologico, a livello quantitativo e sulla base degli studi sperimentali effettuati dal Cra (Rapporto di applicazione della Condizionalità in Italia, Ministero – Rete Rurale Nazionale 2010), gli interventi di difesa del suolo che consentono il ripristino di un corretto funzionamento dei terrazzamenti riducono l'erosione in un range di circa 10-40 ton/ha/anno, che corrisponde a una riduzione percentuale del fenomeno che va dal 200 al 500 per cento. Il recupero dei terrazzamenti, inoltre, può anche essere associato ad altri vantaggi, specie se in concomitanza di azioni di ripristino/continuazione delle coltivazioni di pregio (Dop e Igp) sulle aree acclivi.

In sintesi, il recupero della manutenzione dei terrazzamenti ad uso agricolo è necessario ed utile, visto che questa azione concorre al raggiungimento di numerosi obiettivi, tra cui il ripristino di attività agricole tradizionali ad alto valore aggiunto; una riduzione dell'erosione del suolo, dei fenomeni franosi e dell'instabilità dei versanti; il miglioramento dell'efficienza idrogeologica, ecologica e strutturale e la salvaguardia paesaggistica, anche al fine di incrementare le opportunità economiche del territorio attraverso la fruizione turistica.



*Figura 4-5 L'abbandono dell'uso agricolo dei versanti terrazzati e delle pratiche di manutenzione possono determinare in breve tempo il degrado delle strutture. Interruzione di una serie di piccole e incessanti operazioni quali ad esempio la pulizia delle canalette di drenaggio, l'esecuzione di piccoli interventi di manutenzione dei muretti a secco.*



*Figura 4-6 Il dissesto dei terrazzi può innescare movimenti franosi con un meccanismo "a domino"*



## 4.1 Ecologia e biodiversità dei paesaggi terrazzati

### 4.1.1 *Il valore ambientale*

A partire dagli anni 80 sono stati condotti degli studi scientifici che hanno permesso il riconoscimento dei benefici tecnologici e ambientali derivanti dai paesaggi terrazzati.

Il recupero e la conservazione di questi spazi sono pertanto necessari per permettere di preservare il loro valore legato alla produttività, alla conservazione del paesaggio ed al miglioramento della qualità del suolo.

Il significato ambientale dei paesaggi terrazzati è emerso durante le numerose dinamiche di abbandono, cioè quando il suo apporto benefico all'ecosistema è venuto a mancare lasciando spazio a numerose criticità legate al dissesto idrogeologico.

Infatti, i terrazzamenti permettono la corretta infiltrazione dell'acqua nel suolo evitando gli ingenti deflussi superficiali che potrebbero venire a crearsi durante le piogge intense, i quali causano processi franosi ed erosivi (Bonardi L., 2016).

Il cambiamento climatico comporta una maggiore incidenza dei fenomeni atmosferici straordinari aumentano l'instabilità delle sistemazioni agrarie.

Prendendo in esame il caso delle precipitazioni di carattere piovoso è possibile osservare come queste producano un aumento della spinta sui muri con possibili crolli a catena, in seguito all'accumulo di acqua nel suolo.

Tuttavia, è altrettanto utile rilevare come, laddove non colpiti da generalizzati fenomeni di crollo delle strutture di sostegno, gli impianti terrazzati possono continuare a svolgere, anche dopo un prolungato abbandono, le funzioni di conservazione dei suoli per cui sono stati edificati e il parziale controllo dei deflussi idrici e, dunque, degli eventi di piena dei corsi d'acqua. Tali aspetti, risultano particolarmente importanti in specifici contesti geologici e di forte acclività (Bonardi L., 2016).

### 4.1.2 *Le funzioni ecologiche*

Sul piano delle funzioni ecologiche i paesaggi terrazzati sono fornitori di numerosi servizi ecosistemici, assumono il valore di habitat in quanto caratterizzati da significativa biodiversità vegetale e animale (Bonardi L., 2016).

Tale aspetto è testimoniato dalle centinaia di specie vegetali che colonizzano i muri a secco dei terrazzamenti, ma più in generale delle costruzioni in materiale lapideo, e animali (micro-crostei terrestri, mammiferi insettivori, molluschi, ragni, rettili, anfibi) che in tale ambiente trovano sito di riparo e di riproduzione. Oltretutto alla natura porosa di questi ambienti, ricchi di favorevoli nicchie interstiziali e generatori di un particolare microclima, questa prerogativa è accentuata da un utilizzo tipicamente poco intensivo dei terreni terrazzati, da un'attività agricola in larga misura non meccanizzata e in molti casi ancora oggi con scarso ricorso a elementi chimici di origine artificiale; in definitiva, quindi, con una debole impronta ecologica. Inoltre, nel già richiamato contesto di espansione degli insediamenti urbani, la frequente collocazione dei terrazzamenti a ridosso dei centri abitati li rende oggi particolarmente atti a rivestire il ruolo di corridoi ecologici capaci di incrementare la connettività territoriale.

In definitiva, è possibile quindi affermare che i terrazzamenti possano rappresentare un ambito privilegiato di esplicitazione degli obiettivi di conservazione della biodiversità assegnati

all'agricoltura oltreché di espansione delle pratiche di agricoltura biologica, biodinamica e ad alto valore naturale (Bonardi L., 2016).

Le funzioni ambientali sono connesse anche con quelle della produttività agricola, di natura economica, e con quelle legate al settore turistico.



***Figura 4-7 Terrazzamenti del Parco della Majella***

Interessanti a questo proposito sono i risultati in corso di elaborazione di un progetto di ricerca dal titolo “Strumenti per il monitoraggio e la conservazione delle comunità di impollinatori in habitat terrazzati”, finanziato direttamente dal Ministero della Transizione Ecologica. Il progetto SCREENBIO, vede coinvolti l’Ente Parco Maiella, impiegato nell’attuazione di azioni finalizzate al recupero a fini produttivi di aree terrazzate incolte, insieme al Parco delle Cinque Terre capofila del progetto e agli altri Parchi Nazionali ricchi di terrazzamenti (Vesuvio, Pantelleria, Arcipelago Toscano).



*Figura 4-8 Terrazzamenti nel Parco dell'Isola di Pantelleria*

Scopo principale della ricerca è stato lo sviluppo di un protocollo di monitoraggio delle specie indicatrici sia per gli insetti impollinatori che per la mesofauna, con identificazione di un set di indicatori, utili a definire il livello di biodiversità dell'agroecosistema terrazzato. Sugli stessi transesti relativi allo studio degli impollinatori è stato condotto lo studio degli artropodi del suolo con gli entomologi e acarologi del CREA – Centro di ricerca Difesa e Certificazione di Firenze. Durante i primi sopralluoghi, gli entomologi del CREA insieme ai tecnici dei Parchi Maiella e Cinque Terre, hanno raccolto materiale di suolo superficiale (10 -15cm) in campi terrazzati soggetti a pastorizia e in aree dedicate a vigneti. La metodica di rilievo adottata prevede campionamenti del suolo su cui il gruppo CREA ha eseguito le analisi di laboratorio per la stima di parametri chimico-fisici (contenuto dell'umidità, tessitura, pH, ecc.) e le analisi biologiche (biodiversità degli artropodi del suolo indice QBS-ar, attività enzimatica microbiologica). L'approccio multidisciplinare ha consentito l'integrazione dei dati geopedologici con la componente biologica (Artropodi, attività enzimatica microbiologica) per meglio connotare l'efficacia di pratiche conservative dell'interfilare vitato a livello di micro- e mesoreti ecologiche, considerando il suolo come un'entità in piena coevoluzione con il vigneto.

I dati raccolti rappresentano informazioni preziose in merito alla caratterizzazione delle diverse unità vocazionali e alla conoscenza della biodiversità dei suoli terrazzati in contesti sia naturali che produttivi biodinamici.



**Figura 4-9** Foto di campionamento di suolo con trivella condotto su suoli terrazzati del Parco della Majella

Tutto ciò conferma l'importanza dei legami che stringono la dimensione agricola con quella della biodiversità ecologica (FAO, 2011) o la dimensione ambientale come base ineludibile di quella produttiva in rapporto alla preservazione dei suoli. Non è inoltre trascurabile la funzione di apprezzamento estetico dei paesaggi terrazzati, e dunque anche i loro aspetti attrattivi in termini d'uso turistico-ricreativo.

## **4.2 Impatto dei terrazzamenti nel settore economico e sociale**

### *4.2.1 Terrazzamenti tra disuso e valorizzazione: prospettive economiche e istituzionali*

Dall'analisi estimativa di un fondo con terrazzamento emerge che i benefici privati ritraibili dal proprietario del capitale fondiario sono legati ad un aumento della produttività, alla riduzione dei fenomeni erosivi e al miglioramento della ritenzione dell'acqua nel suolo in climi aridi.

Inoltre, i terrazzamenti hanno anche un forte impatto positivo sul microclima e sulla fertilità complessiva del fondo. Ad esempio, i vigneti ad alberello sfruttano il calore rilasciato dai muri della struttura del terrazzamento per una maturazione dell'uva anche in zone più fredde. Deng

et. al. stimano che i terrazzamenti mal tenuti sono impattati da una perdita di suolo ben cinque volte maggiore di quella che si osserva nei suoli terrazzati con manutenzione regolare.

Secondo la letteratura confrontando due appezzamenti di pari pendenza, uno terrazzato e l'altro no, le rese del primo superano di circa il 20% quelle del secondo.

Ovviamente il caso è legato al contesto fisico e alla coltura presa in esame.

Oltre che benefici privati come quello precedentemente citato ce ne sono alcuni che si estendono oltre i confini del fondo, per questo tipo di servizi non è possibile da parte del proprietario farne un uso esclusivo.

Fra questi si ricordano: la produzione di paesaggio, la creazione di corridoi ecologici, l'aumento della biodiversità, la riduzione del rischio idrogeologico sui terreni di terzi a valle della proprietà, la conservazione del suolo considerato per le sue funzioni ecologiche con conseguenti impatti sul clima e in generale il suo ruolo nel ciclo del carbonio.

In tal caso sono a carico del proprietario del fondo i costi per la costruzione e il mantenimento dei terrazzamenti ma i beneficiari sono soggetti diversi.

Nel 2018 l'UNESCO ha riconosciuto "l'Arte dei muretti a secco" come Patrimonio culturale immateriale dell'umanità, sottolineando come essa rappresenti "una relazione armoniosa tra l'uomo e la natura". L'importanza di queste strutture per soggetti esterni è confermata da studi che evidenziano come, nella zona del Chianti, i turisti apprezzano maggiormente i paesaggi viticoli e olivicoli terrazzati rispetto ad altri paesaggi agricoli privi di terrazzamenti.

Nonostante i numerosi fattori positivi sopraelencati ciò che si osserva è un abbandono generalizzato dei terrazzamenti.

In Liguria la maggior parte delle aree terrazzate è in totale degrado, in Calabria di circa 720 ettari di terrazzamenti della Costa Viola ne restano "in uso" 220 ed anche nelle Cinque Terre la situazione non è delle migliori difatti si è passati da 1800 ettari di vigneti terrazzati a poco meno di 100.

Una delle cause attribuibili a tale fenomeno è quella economica, il mantenimento privatistico dei terrazzamenti è molto porta con sé costi onerosi.

Molti agricoltori preferiscono sistemare i terreni in modo da favorire una meccanizzazione standardizzata delle operazioni.

I terrazzamenti riescono a sopravvivere laddove i ricavi sono in grado di coprire i costi maggiori perché le produzioni sono di particolare pregio.

Oltre ai costi dinamici, che sono il principale fattore attribuibile alla scomparsa dei terreni terrazzati, anche i costi statici, cioè quelli necessari per la costruzione, sono ingenti e si teme un aumento di costo progressivo nel tempo.

Bisogna considerare che un operaio agricolo comune ed un operaio agricolo qualificato per costruire un muretto a secco di un metro e mezzo in un terreno con pendenze al 40% impiegano 1.48 ore.

	mq di muretto per 1 ora di lavoro di due operai	Kg di frumento per ora lavorata	Kg di grano per mq di muretto
1938	0.63	40	128
2000	0.68	300*	888
2000/1938	108%	750%	

**Figura 4-10** *Comparazione dinamica dei fabbisogni di lavoro per muretti a secco e grano (dato riferito al 1970)*

(Fonte: Ns elab su Oliva (1938); Grigg, 1992)

È evidente che la produttività del lavoro per l'attività di costruzione dei muretti a secco è aumentata pochissimo in 60 anni mentre per l'attività di produzione del grano è aumentata più di 7 volte.

Il costo relativo della produzione di un mq di muretto a secco rispetto a quello della produzione di 1kg di grano è aumentato poco meno di 7 volte ed aumenterà ancora se ulteriore automazione e meccanizzazione saranno introdotte nella produzione di grano e non in quella di muretti a secco.

In generale il costo relativo dei muretti a secco è destinato ad aumentare rispetto ad altri beni dove si manifestano incrementi di produttività del lavoro.

Precedentemente è stato discusso su come i terrazzamenti non rappresentano soltanto un mezzo di cui beneficiare privatamente ma anche un capitale fondiario che genera utilità anche a terzi. Tuttavia, i proprietari terrieri nel valutare se mantenere o abbandonare un terrazzamento si focalizzano sul loro guadagno.

Ciò crea uno schieramento tra agricoltori e beneficiari del settore turistico.

Per cercare di ovviare questa problematica è necessaria una maggiore comunicazione tra Stato, Mercato e comunità.

Lo Stato agisce attraverso la regolamentazione dell'attività economica, ci sono diverse modalità mediante le quali si può controllare la costruzione e la manutenzione dei terrazzamenti.

Un primo gruppo è costituito dagli incentivi previsti dai Programmi di sviluppo rurale, in generale dalla Politica Agricola Comunitaria.

Negli anni c'è stato un susseguirsi di opere finanziabili dallo stato per la realizzazione e manutenzione dei terrazzamenti.

La struttura istituzionale contrapposta allo Stato è il mercato, il proprietario del fondo che deve decidere sulla manutenzione dei muretti a secco avrà dal mercato informazioni sui prezzi dei prodotti coltivati sui terrazzamenti ma non sulle perdite causate dal dissesto idrogeologico ai proprietari dei terreni a valle.

Nonostante i limiti, il mercato può essere usato per generare benefici agroambientali pubblici, noti come output non commercializzabili (NCO). Il problema principale è l'assegnazione dei

diritti di proprietà su questi benefici. Esistono vari approcci di mercato per produrre NCO, come indicato dall' OECD (2005). Per i terrazzamenti, si distinguono tre modelli principali:

1. Vendita diretta ai consumatori con produzione limitata.

caso tipico dell'attività agrituristica;

l'agricoltore ottiene parte del ricavato dal contesto naturale che contribuisce a preservare, ciò funziona solo se l'attività agricola non è offuscata da quella turistica

2. Fornitura attraverso club ai propri membri.

questo modello si ha quando un gruppo di beneficiari dell'attività relativa ai suoli terrazzati si riunisce in un club. In tal caso la produzione può essere secondaria.

Un esempio è dato dal Fondo Ambiente Italia (FAI) che ha acquistato diversi immobili nei cui terreni sono presenti terrazzamenti, assicurandone manutenzione ed eventuale restauro.

3. Transazioni dirette tra fornitore e beneficiario.

per questa tipologia non si riscontrano particolari esempi se non in alcune modalità operative del Fondo Svizzero per la protezione del paesaggio.

In conclusione, i terrazzamenti rappresentano un elemento cruciale per garantire la fertilità e la produttività del suolo. Oltre ai benefici diretti per il proprietario del fondo, questi offrono ulteriori servizi, come la difesa idrogeologica, la valorizzazione paesaggistica e la creazione di corridoi per la biodiversità, che avvantaggiano anche altri soggetti. Tuttavia, esiste una contraddizione: i costi di manutenzione ricadono interamente sul proprietario, mentre i benefici si estendono a terzi, rendendo così problematico il loro abbandono diffuso. Questo è un problema di coordinamento tra il proprietario e gli altri beneficiari dei servizi offerti dai terrazzamenti. Tale criticità può essere ovviata tramite la cooperazione di tre strutture istituzionali: Stato, mercato e comunità. Per ciascuna di queste, sono stati illustrati casi di applicazione al problema della manutenzione delle sistemazioni a terrazzi, evidenziandone limiti e opportunità. Probabilmente, una combinazione di politiche che integri soluzioni basate sulla regolamentazione, approcci di mercato e iniziative collettive dal basso rappresenta la strada più promettente per preservare i paesaggi terrazzati per le generazioni future. Tuttavia, non esiste una soluzione universale; un'analisi attenta delle specifiche condizioni fisiche e socioeconomiche, insieme a elementi di innovazione istituzionale, potrà guidare verso il mix di interventi più adeguato.

Si è recentemente concluso un importante progetto LIFE che è stato condotto nel Parco delle Cinque Terre, il progetto STONEWALLSFORLIFE che ha ricevuto finanziamenti dal Programma LIFE della Unione Europea G.A. LIFE18 CCA/IT/001145

Il Parco Nazionale delle Cinque Terre è il parco nazionale italiano più densamente popolato, con circa 4.000 abitanti in un'area di 3.868 ettari, suddivisi in cinque borghi: Riomaggiore, Manarola, Corniglia, Vernazza e Monterosso al Mare. Il tratto distintivo delle Cinque Terre è il paesaggio fortemente antropizzato e caratterizzato da scoscesi pendii, che, in più di mille anni, sono stati sezionati dall'uomo per ricavarne strisce di terra coltivabili, sorrette da migliaia di chilometri di muri a secco. Questo territorio, definito appunto "Parco dell'Uomo", è diventato Patrimonio Mondiale dell'Umanità nel 1997.

STONEWALLSFORLIFE vedeva coinvolto come partner europeo anche il parco Il Parco del Garraf che fa parte della Rete dei Parchi Naturali del Consiglio Provinciale di Barcellona, il cui piano speciale è stato adottato nel 1986. L'area protetta si estende su 12.377 ettari e

comprende 9 comuni. Il massiccio del Garraf è costituito quasi interamente da roccia calcarea e ha un clima tipicamente mediterraneo: piogge durante la primavera e l'autunno e temperature miti. Negli ultimi anni il Parco è stato coinvolto in due grandi incendi nel 1982 e nel 1994, che hanno interessato rispettivamente 10.000 e 4.300 ettari. Nonostante l'attuale spopolamento, il XVIII secolo è stato caratterizzato da un aumento della popolazione nell'area, accompagnato da una grande espansione della coltivazione della vite e del grano. Si stima che il 40% dello spazio agricolo fosse costituito da muri a secco. Dopo l'invasione della fillossera (1879-1880), l'attività agricola cessò e oggi solo nel 3% dell'area sono presenti muri a secco.

Nel progetto i muri a secco rappresentano lo strumento per l'adattamento dei territori inclusi al cambiamento climatico, pertanto è previsto il recupero e mantenimento di terrazzamenti con muri a secco e delle relative opere di regimazione idraulica per proteggere il territorio e i suoi abitanti dagli effetti degli eventi meteorologici estremi. I muri a secco rappresentano un valido strumento perfettamente integrato nell'ambiente in grado di aumentare la resilienza del territorio ai cambiamenti climatici. consiste nel recupero e mantenimento di terrazzamenti con muri a secco e delle relative opere di regimazione idraulica per proteggere il territorio e i suoi abitanti dagli effetti degli eventi meteorologici estremi. I muri a secco hanno quindi una rilevanza dal punto di vista ambientale poiché possono aumentare la resilienza del territorio ai cambiamenti climatici.

Inoltre è stato considerato il valore sociale e culturale dei muri a secco e supportato il loro recupero, attraverso corsi didattici per disoccupati, migranti e categorie svantaggiate, facilitando il loro collocamento lavorativo e l'inclusione sociale.

Il progetto ha previsto corsi di formazione per l'apprendimento di tecniche innovative e sperimentali per il ripristino dei muri a secco destinati allo sviluppo delle competenze e alla formazione professionale dei "manutentori" dei sentieri del Parco.

Il sistema di recupero e rinforzo dei muri a secco è stato testato, al fine di contenere i concii più instabili (muro + terreno sciolto); questo metodo risulta ideale per il consolidamento di muri a secco che presentano spancamenti o aggetti oltre la verticale. Il comportamento dei muri nei quali sono state posizionate le barre è stato monitorato grazie ai dati raccolti dalle stazioni multiparametriche installate dai ricercatori dell'Università di Genova

Riassumendo per punti gli obiettivi del progetto sono stati molteplici:

#### DIMOSTRARE

l'efficacia a lungo termine dei muri a secco per l'adattamento al cambiamento climatico a Manarola, nel Parco Nazionale delle Cinque Terre, Italia

#### INNOVARE

aumentare la resistenza e la resilienza del territorio al cambiamento climatico con soluzioni sostenibili ed efficaci, i cui effetti saranno monitorati nel tempo

#### TRASFERIRE CONOSCENZE

produrre una strategia di adattamento per le amministrazioni locali

creare e diffondere capacità e competenze sul territorio tra associazioni, lavoratori e coltivatori

#### REPLICARE

Condurre analisi scientifiche, tecniche e socioeconomiche.



In collegamento al progetto, è stato condotto uno studio di un Piano di adattamento ai cambiamenti climatici per il Parco delle Cinque Terre scritto con la collaborazione del Centro Euro – Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC Climate) con l’obiettivo di promuovere e proteggere la salute di chi vive nel Parco, ma anche delle attività economiche portate avanti al suo interno e degli ecosistemi in esso contenuti.

Tra i risultati attesi c’è anche quello di fortificare la rete dei molteplici attori e differenti comunità che popolano l’Ente Parco, permettendo loro di partecipare, innovare e lavorare insieme in ottica di adattamento.



*Figura 4-11 Manarola, lavori di recupero terrazzamenti*



*Figura 4-12 Manarola, anfiteatro terrazzato*

La consapevolezza dei paesaggi terrazzati sta crescendo notevolmente a livello globale, europeo, nazionale e locale. L'iniziativa civile più importante sulla protezione, la conservazione e la promozione dei paesaggi terrazzati e delle culture correlate in tutto il mondo è l'International Terraced Landscapes Alliance (ITLA). L'ITLA è stata fondata a Mengzi, nella provincia dello Yunnan nella prefettura del fiume Rosso (Honghe) in Cina nel novembre 2010 da appassionati e visionari che si sono incontrati lì per la prima conferenza mondiale sui paesaggi terrazzati. Dal 2010 i membri dell'ITLA hanno organizzato ulteriori conferenze in Perù, Italia e Isole Canarie e stanno preparando la conferenza del 2023 in Bhutan.

270 membri dell'ITLA apportano competenze interdisciplinari all'obiettivo principale dell'ITLA di agire a beneficio della natura e delle persone che vivono ancora nei paesaggi terrazzati. Tutte queste competenze forniscono preziose intuizioni per una discussione, una conoscenza e un apprendimento più ampi sui paesaggi terrazzati. Le riviste, gli atti di conferenze e i libri esistenti forniscono una certa infrastruttura per i nostri argomenti. Ma è tempo di lanciare una nuova attività ITLA, una nuova rivista ITLA che si concentri solo sui paesaggi terrazzati e si occupi di questi sistemi altamente complessi. Siamo fiduciosi che la nostra alleanza e le attività dei suoi membri forniranno informazioni valide e affidabili di più ampio interesse sociale.

#### *4.2.2 Sostegno alle comunità rurali*

##### **L'Agricoltura Sociale**

Preservare l'ambiente rurale è un'attività che ha forti riscontri nella produzione di cibo e nel corretto funzionamento delle industrie agroalimentari.

I soli agricoltori ed imprenditori non riuscirebbero a far fronte alla problematica dell'abbandono dei terreni terrazzati e degli appezzamenti in zone di difficile gestione, per cui è necessaria anche la sensibilizzazione dell'opinione pubblica.

L'Agricoltura sociale è un movimento politico-culturale in cui vi è uno stretto legame tra le funzioni prettamente collegate all'impresa agricola e lo svolgimento di azioni sociali.

Il risultato è una profonda interazione tra le comunità territoriali locali, gli agricoltori ed il tessuto civile e sociale.

L'agricoltura sociale svolge numerose attività, tra le quali troviamo anche la formazione di cooperative di comunità che si pongono consapevolmente e con un approccio integrato al tema dello sviluppo locale nelle sue diverse articolazioni: agricoltura, agroalimentare, turismo rurale, recupero di sentieri e tratturi della transumanza, ripristino e manutenzione del paesaggio rurale ed in particolare dei terrazzamenti (Scassellati A., 2021).

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza:



Figura 4-13 Valorizzazione dell'architettura e del paesaggio rurale (PNRR, 2020)

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) è il piano strategico adottato dall'Italia nell'ambito dei fondi europei del Next Generation EU, un programma di rilancio economico dell'Unione Europea per far fronte alla crisi causata dalla pandemia.

Il piano ha l'obiettivo di promuovere la ripresa economica, la resilienza sociale e di attuare una transizione digitale e sostenibile con investimenti e riforme impattanti su tutti i settori.

La valorizzazione dell'architettura e del paesaggio rurale è uno degli obiettivi strategici del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

La domanda per accedere ai fondi stanziati può essere effettuata da persone fisiche e soggetti privati con titolarità del bene antecedente al 31.12.2020.

Le risorse sono riservate alla valorizzazione dei paesaggi rurali e storici mediante attività legate alla fruizione turistico- culturale sostenibile con particolare attenzione a tradizioni e cultura locale.

Gli interventi implicano il risanamento conservativo e il recupero funzionale di elementi tipici dell'architettura e del paesaggio rurale, interventi di manutenzione del paesaggio rurale ed allestimento di spazi da destinare a servizi turistici o sociali (Cassa Depositi e Prestiti, *Valorizzazione dell'architettura e del paesaggio rurale*).

Ad oggi la fase di richiesta dei contributi si è conclusa e si sta mettendo in atto quanto previsto.

## CRITICITA' E SFIDE DEI TERRAZZAMENTI

Tra i principali ostacoli della sistemazione degli appezzamenti in terrazze vi sono: l'abbandono progressivo delle aree terrazzate, legato a fenomeni di spopolamento rurale e cambiamenti socioeconomici, la mancanza di risorse per la loro manutenzione e la difficoltà di integrare pratiche tradizionali con le esigenze moderne. Questi fattori, uniti a problematiche come l'erosione del suolo e il rischio idrogeologico, rendono i terrazzamenti vulnerabili, richiedendo interventi di recupero e politiche di sostegno mirate.

Le sfide non sono solo di carattere tecnico, ma anche istituzionale ed economico, con implicazioni che riguardano la gestione del territorio, la tutela del patrimonio culturale e la sostenibilità ambientale.

#### 4.3 Impatto dei terrazzamenti sul paesaggio e la qualità del suolo

I terrazzamenti apportano profonde modifiche al paesaggio naturale, se non adeguatamente progettati impattano negativamente sull'armonia estetica di un determinato ambiente.

Inoltre, dato il substrato antropico si può incorrere facilmente in una progressiva riduzione e perdita della biodiversità (Lasanta *et al.*, 2006).

I suoli dei terrazzamenti presentano caratteristiche simili a quelle degli entisols ma il loro processo di entisolizzazione è classificato di tipo artificiale date le modifiche apportate dall'uomo.

Tra gli aspetti positivi dei terrazzamenti si è discusso del loro elevato quantitativo di sostanza organica e nutrienti, paragonandoli a suoli privi di tale sistemazione (Freppaz *et al.*, 2008), purtroppo però nel momento in cui vi è una scorretta gestione o mancata manutenzione la situazione si ribalta: il carbonio organico diminuisce drasticamente (Romero Diaz *et al.*, 2007). Sugli appezzamenti terrazzati abbandonati è molto frequente anche la formazione di crosta superficiale, cioè uno strato di terra che impedisce la corretta emergenza delle radici data la sua durezza.

La formazione di crosta superficiale è favorita dalla pioggia battente e nei suoli dove c'è scarsa coesione tra argille e limo che non sono in grado di rimanere uniti in zolle.

I suoli terrazzati seppur di origine antropica mantengono parte delle loro caratteristiche originali, dato che il materiale per formare il substrato viene prelevato nei pressi dell'areale di costruzione; pertanto, se un terrazzamento viene abbandonato si assisterà al progressivo emergere di queste proprietà (Stanchi S. *et al.*, 2012).

Ad esempio, il contenuto elevato argille espandibili causa delle profonde crepe dovute alla variazione del volume in presenza o assenza di acqua, tale carattere negativo tenderà a riemergere su un appezzamento terrazzato abbandonato che in origine era un "vertisol" (l'ordine dei vertisols è quello caratterizzato dalla presenza di argille espandibili).

Le argille espandibili assorbono acqua molto rapidamente ma nello stesso modo la perdono causando delle spaccature.

La stabilità della struttura è bassa e diminuisce con l'aumentare della profondità, per via dell'effetto combinato di scarsità della materia organica e dell'effetto del sodio sulla frazione argillosa.

Un'altra problematica dei terrazzamenti è quindi rappresentata dalla difficile classificazione dei suoli che li compongono. Non è abbastanza classificarli come antropopedogenici in quanto presentano anche delle modifiche dovute alla lavorazione del terreno.

In un suo recente studio Freppaz *et al.* (2008) ha analizzato i terrazzamenti di vigneti presenti in Valle d'Aosta, i suoli sono stati classificati come Technic Cambisols.

Alcune delle proprietà dei suoli analizzati erano omogenee come la presenza di una tessitura coesa, abbondanza di scheletro che aumenta con la profondità del suolo e buona quantità di

carbonio organico contenuto nell'orizzonte A, risultato delle lavorazioni del terreno (Stanchi S. *et al.*, 2012).

Non sono state registrate limitazioni in termini di disponibilità di nutrienti e proprietà chimiche ma un drenaggio eccessivo potrebbe rappresentare un problema.

Uno studio condotto da Scalenghe *et al.* (2002) su terreni terrazzati delle Alpi occidentali italiane ha portato a classificare i suoli della zona come un Cryorthent tipico sabbioso, non acido e freddo. Questo terreno era caratterizzato da un profilo A-AC che presenta elementi di disturbo antropico legati alle pratiche di uso del suolo (pascolo e concimazione). I principali processi pedologici di acidificazione, rimozione dei carbonati e alterazione di Mg, hanno avuto luogo nell'orizzonte A. È stata anche osservata una buona quantità di materia organica derivante dalla concimazione.

#### **4.4 Manutenzione dei terrazzamenti**

Uno degli aspetti che richiede molta attenzione per via della sua complessità riguarda la manutenzione dei terrazzamenti, necessaria per evitarne il degrado.

Il ripristino dei terrazzamenti include, in primis, la riparazione dei muri di contenimento e la successiva scelta e gestione della cultivar che assumerà anche il ruolo di “cover crop” per la prevenzione dell'erosione.

La manutenzione dei terrazzamenti è indispensabile prima di ogni ciclo di coltivazione, anche se i muri possono restare stabili per circa 10 anni (Londono, 2007). Il degrado delle proprietà fisiche e strutturali del suolo avviene più lentamente, mentre quelle chimiche, come il contenuto di carbonio organico e la capacità di scambio cationico, si preservano inizialmente. Meerkerk *et al.* (2009) ha osservato una tendenza di abbandono delle aree terrazzate nelle zone semi-aride del Mediterraneo, iniziato circa un secolo fa. In molti casi, la manutenzione è stata interrotta e i muri in pietra sono stati rimossi, provocando frane, specialmente durante eventi temporaleschi.

##### *4.4.1 Ruolo della riparazione dei muri di contenimento*

In molti casi l'assenza di una manutenzione costante dei muretti a secco e dei relativi sistemi di drenaggio che caratterizzano i terrazzamenti, ha reso spesso i versanti terrazzati ancora più suscettibili all'innesco di fenomeni franosi. Le principali forme di degrado dei terrazzamenti sono rappresentate da crolli, deformazioni e traslazioni dei muri di contenimento, sino a fenomeni di collasso delle strutture. In concomitanza di piogge intense, infatti, la spinta idrostatica che si genera per l'imbibizione del terreno, può determinare, in assenza di un efficace sistema di drenaggio, la perdita di stabilità e il crollo dei muri di contenimento con un possibile effetto domino sui muri sottostanti. Per quanto riguarda le zone a colture permanenti su versanti terrazzati, è molto importante assicurare la manutenzione dei muretti e dei ciglionamenti con scarpata inerbita al fine di evitare i fenomeni di dissesto e di perdita di suolo. Le principali attività manutentive da fare, consistono nella ripulitura dei muretti dalla vegetazione infestante, nel ripristino dei sistemi di drenaggio e del coronamento dei muretti a secco, nell'inerbimento interfilare delle coltivazioni (in genere vigneti e oliveti, ma con

consistente presenza di agrumi al sud), e l'inerbimento dei ciglioni dei terrazzamenti, e in alcuni casi, nell'impianto di specie arbustive sempre sulle superfici di bordo. Talvolta, al verificarsi di condizioni particolarmente sfavorevoli, risultano necessarie azioni quali il ripristino della stabilità dei gradoni/muretti stessi, con rifacimenti e ricostruzione dei manufatti preesistenti che, a causa dei costi più elevati, dovranno essere più mirati e localizzati (Bazzoffi P. *et al.*, 2013).

Per facilitare la gestione di acqua e nutrienti e garantire il mantenimento della struttura dei terrazzamenti è necessario livellare il terreno.

L'ottimizzazione del livellamento ad oggi è possibile grazie all'uso di tecnologie avanzate come livellatrici laser e GPS.

Questi strumenti però sono costosi e richiedono un personale adeguatamente formato per utilizzarli in modo corretto, se un terrazzamento diventa economicamente non sostenibile e la produzione non genera un ricavo adeguato a coprire le ingenti spese di mantenimento si va in contro ad il fenomeno dell'abbandono.

#### 4.4.2 *Ruolo della vegetazione nel controllo dell'erosione e la stabilità dei versanti*

La vegetazione svolge un ruolo fondamentale nella protezione contro l'erosione del suolo, il deflusso delle acque superficiali e l'instabilità dei versanti. Le azioni meccaniche esercitate dalla vegetazione sui pendii comprendono la protezione antierosiva dalle acque di scorrimento e la stabilizzazione dello strato superficiale del suolo grazie agli apparati radicali, che riducono sia l'erosione che il trasporto di sedimenti a valle. Su un versante con copertura vegetale densa, la velocità di deflusso delle acque è circa un quarto rispetto a un terreno privo di vegetazione con la stessa quantità di pioggia. Di conseguenza, l'azione erosiva, che è proporzionale al quadrato della velocità, può ridursi fino a un sedicesimo.

Le foglie intercettano le precipitazioni, causando perdite per assorbimento ed evaporazione, mentre le radici e i fusti aumentano la rugosità del terreno e la permeabilità del suolo, migliorando la capacità di infiltrazione. Le radici, inoltre, assorbono l'umidità dal terreno, che viene rilasciata nell'atmosfera attraverso la traspirazione. Tuttavia, alcuni effetti della vegetazione possono compromettere la stabilità del versante, come il peso degli alberi che sovraccarica il terreno e l'esposizione delle piante al vento, che può trasmettere forze dinamiche al pendio.

#### 4.5 **Abbandono dei terrazzamenti e declino agricolo**

Il declino dell'agricoltura nelle zone marginali è stato ampiamente studiato. Lasanta *et al.*, 2005, 2007, 2009) ha esaminato il fenomeno del cambiamento nell'uso del suolo in Spagna, stimando che circa il 53% delle superfici sia stato interessato, con una tendenza alla ricolonizzazione da parte di vegetazione e arbusti nei terreni agricoli, una dinamica diffusa anche in numerose aree montane europee (Molinillo *et al.*, 1997).

Le prime aree agricole ad essere abbandonate, a causa delle difficoltà di accesso e dei limiti economici, sono state quelle terrazzate (Arbelo *et al.*, 2006). Dopo l'abbandono, spesso si

assiste alla colonizzazione dei pendii da parte di specie pioniere e alla rinaturalizzazione attraverso processi spontanei (Garcia-Ruiz, 1998; Lasanta *et al.*, 2006).

Durante degli studi nelle montagne del Mediterraneo spagnolo sono stati rilevati da Lasanta *et al.* (2001) due principali forme di erosione: il cedimento dei muri a secco, seguito dall'erosione superficiale. I terrazzamenti in stato di abbandono subiscono gli effetti dell'eccessiva presenza di acqua e infiltrazioni, rendendo i suoli saturi e suscettibili a diffusi rischi naturali (Garcia-Ruiz *et al.*, 1998). Il processo di deterioramento ha inizio con la comparsa di piccoli solchi, che progressivamente si trasformano in movimenti franosi di maggiore intensità.

La vulnerabilità dei versanti ai rischi naturali non è intrinseca, ma deriva principalmente dalle attività umane. In passato, questa fragilità era mitigata grazie alla continua gestione del territorio, mentre oggi l'abbandono ha amplificato tali effetti. L'inutilizzo dei terrazzamenti provoca un rapido deterioramento strutturale e il cedimento dei muri, che generalmente avviene entro 12-15 anni dall'abbandono (Frappaz *et al.*, 2008).

La vegetazione pioniera spesso riesce a ridurre i flussi d'acqua, ma in molti casi ciò non basta, provocando danni anche alla connettività idraulica delle aree urbanizzate a valle. Negli ultimi anni, si è osservata una graduale diminuzione dei terrazzamenti nel sud-est della Spagna, accompagnata da un rapido degrado e dalla cessazione di tale pratica. Questo ha causato il deterioramento della rete di drenaggio e un incremento dell'erosione idrica (Stanchi S. *et al.*, 2012).

L'abbandono rappresenta il principale fattore che favorisce l'erosione del suolo e le frane nei terrazzamenti. La perdita di suolo sui terrazzamenti abbandonati con pendenze superiori al 40% è legata all'inclinazione, ma sui versanti meno ripidi, la vegetazione colonizzante e la copertura continua del suolo possono limitare l'erosione e contribuire alla conservazione del terreno (Koulouri and Giourga, 2007).

Nelle aree terrazzate abbandonate del sud-est della Spagna è stata rilevata una bassa stabilità degli aggregati e una scarsa struttura del suolo, causate dalla combinazione di una ridotta presenza di sostanza organica e dall'effetto flocculante del sodio sull'argilla, con i minerali che influenzano la qualità del terreno. Si registra inoltre una perdita diffusa di coesione e delle proprietà meccaniche del suolo, che può innescare frane e fenomeni erosivi.

I terrazzamenti si dimostrano efficaci nel contenere l'erosione durante eventi di pioggia di bassa intensità (< 50 mm/h). A livello paesaggistico, gli effetti sono significativi. Olarieta ha analizzato i cambiamenti del territorio in Catalogna dal 1850 a oggi, evidenziando una riduzione del 50% delle superfici agricole, che un tempo erano dominate da vigneti terrazzati su pendii ripidi, spesso in condizioni non ideali, con gravi conseguenze sul paesaggio (Stanchi S. *et al.*, 2012).

Questi cambiamenti hanno determinato una perdita di connettività, eterogeneità, frammentazione e biodiversità, fenomeno riassumibile nella "semplificazione del paesaggio" come rimarcato da Lasanta *et al.*, 2006).

#### 4.6 Sfide dei terrazzamenti e strategie applicate in diversi casi

La letteratura scientifica e l'Unione Europea concordano sulla rilevanza e il valore paesaggistico delle aree terrazzate, la stabilità dei pendii è stata sottolineata da vari autori.

I terrazzamenti svolgono un ruolo importante nel controllo dell'erosione dei burroni, a causa della riduzione del gradiente di pendenza: Martinez- Casanovas and Ramos (2006) hanno riferito che i terrazzamenti viticoli, ad ampia base nel Mediterraneo, presentano delle spaziature tra i filari per evitare lo sviluppo di un'erosione profonda permanente.

Poiché il decadimento del terrazzamento dopo l'abbandono è abbastanza rapido sono necessarie strategie di pianificazione per la mitigazione e il recupero dell'erosione al fine di preservare il paesaggio e di mitigare i rischi naturali (Stanchi S. *et al.*, 2012).

I paesaggi terrazzati hanno un ruolo chiave contro la desertificazione.

Suggerimenti per la pianificazione e la gestione delle aree terrazzate sono presenti in letteratura. Lesschen *et al.* (2008) ha suggerito due operazioni di mitigazione: muri terrazzati e conservazione di dighe di terra, ovvero manutenzione continua del territorio dopo eventi di precipitazioni estreme, e la rivegetazione con specie indigene, per prevenire l'erosione e migliorare il drenaggio.

Arbelo *et al.* (2006) ha suggerito la forestazione di arbusti come strategia di mitigazione dell'erosione.

Anche se il terrazzamento in alcune aree marginali non è più redditizio, alcune analisi costi-benefici sulla manutenzione delle terrazze sono giustificate per ragioni sia fisiche che sociali. Stanchi S. *et al.*, 2012).

Ad esempio, è stata suggerita da Arbelo *et al.* (2006) una gestione produttiva delle terrazze anche in aree non redditizie, come un importante valore aggiunto alla gestione dell'agroecosistema che promuove la conservazione del suolo e del paesaggio.

Molti articoli forniscono raccomandazioni per la modellazione e il distanziamento dei pendii. Ramos e Porta (1997) hanno suggerito una distanza di 28 m tra i terrazzamenti con pendenza del 6% e 20 m con pendenza 8% per ridurre l'erosione idrica.

Si ritiene che la copertura vegetale svolga un ruolo importante nella prevenzione dell'erosione per pendenze lievi, mentre per pendii ripidi (>40%) prevale l'effetto topografico e l'effetto della vegetazione è irrilevante (Koulouri and Giourga, 2007).

La copertura vegetale viene usata specialmente come metodo di conservazione artigianale dei terrazzamenti.

Si utilizzano specie annuali e si consiglia la piantagione di arbusti aromatici invece che naturali dovuti alla colonizzazione.

Le perdite di nutrienti dovute all'erosione potrebbero rappresentare una potenziale forma di inquinamento.

Dagli anni '60 la meccanizzazione ha aiutato nella gestione dei terrazzamenti e bonifica di quelli abbandonati per motivi non redditizi (García-Ruiz *et al.*, 1996), ma sono stati osservati aspetti negativi anche nei moderni metodi di terrazzamento.

La politica UE per la ristrutturazione dei vigneti terrazzati ha sovvenzionato fino al 50% dei costi di costruzione dei terrazzamenti. Ciò ha causato un improvviso aumento di superficie terrazzata in alcune aree montane del Mediterraneo 36 ha y<sup>-1</sup> tra il 1998 e il 2003, con uno spostamento di materiali terrestri fino a 9 t/ha che potrebbero trasformarsi in futuri problemi ambientali Cots-Folch *et al.* (2006).



Le tecniche di restauro non sono sempre adeguate, in particolare il drenaggio e la permeabilità delle pareti, e queste tecniche possono comportare un peggioramento dei fenomeni di instabilità dei pendii Brancucci (2008).

Un esempio è documentato da Ramos *et al.* (2007), ha riportato importanti cedimenti in una regione vitivinicola spagnola dovuti alla realizzazione di moderni terrazzamenti con criteri errati, cioè, considerando solo la viabilità ed ignorando il drenaggio e la conservazione del suolo.

Nella stessa regione i pianificatori hanno osservato che il cedimento dei terrazzamenti non è solo una funzione della pendenza ma piuttosto dello stato di decadimento e/o qualità del progetto (<http://geographyfieldwork.com/PrioratEnvironmentalImpact.htm>).

Progettando correttamente, i terrazzamenti con pendenze del 50% sono più stabili di quelli con pendenza del 25% ma mal progettati.

A fronte di questo studio nella regione d'esame sono state stilate delle linee guida per la costruzione e la manutenzione dei terrazzamenti e sono stati designati:

- a. altezza massima terrapieno 1,5 m con lunghezza massima 200 m parallelo alle curve di livello
- b. larghezza del filare limitata (un filare di vite)
- c. canali di drenaggio laterali scavati nei substrati rocciosi resistenti a erosione
- d. metà della superficie del terrazzo drena in un canale l'altra metà verso il canale opposto
- e. preservazione degli alberi, affioramenti rocciosi, edifici tradizionali, strade poderali per mantenere la qualità del paesaggio
- f. pendenza massima del 15% per le strade di accesso per consentire la sicurezza di accesso ai macchinari
- g. libero accesso ai vigneti per fini turistici e scopi ricreativi

(Stanchi S. *et al.*, 2012).

Altre linee guida riportate in letteratura si concentrano su aree marginali in generale e non sono specifiche per il terrazzamento ma possono essere considerate per la bonifica del paesaggio terrazzato (Lasanta *et al.*, 2000,2006,2009).

Ad esempio, Lasanta *et al.* (2000) ha studiato i terreni incolti derivanti dalle politiche dell'UE in ambienti semiaridi, osservando che i terreni abbandonati sono soggetti a deflusso pronunciato e picchi di flusso terrestre.

Tale vulnerabilità è conseguenza di copertura erbacea discontinua e conseguente formazione della crosta del suolo e perdita di struttura, e può essere mitigata con apporto di sostanza organica favorendo una copertura vegetale più uniforme.

Negli ambienti mediterranei semiaridi si riscontra la colonizzazione anche sui pendii terrazzati.

## CONCLUSIONI

Il terrazzamento rappresenta la sistemazione dei versanti collinari e montani che ha permesso di coltivare sin dai tempi più antichi in territori scarsamente vocati all'agricoltura e in alcuni casi anche di gestire le risorse boschive

Dalla ricerca che è stata condotta emerge una notevole diffusione del paesaggio terrazzato in molte delle regioni italiane. Questi terrazzi risultano in parte utilizzati e in parte abbandonati

I suoli di terrazzamenti attivi consentono una produzione agricola superiore e di qualità, grazie ai suoli antropogenici che li caratterizzano, contraddistinti da buona fertilità fisica, chimica e biologica acquisita grazie alle buone pratiche conservative che hanno favorito nel tempo una ricca biodiversità.

La qualità di questi suoli dipende dalla corretta gestione e dalla manutenzione delle sistemazioni che devono essere realizzate secondo regole ben precise, prestando attenzione alle condizioni climatiche e alle caratteristiche pedologiche e morfologiche del territorio.

La mancata o inadeguata manutenzione dei suoli terrazzati e il loro abbandono espone il territorio a gravi rischi di instabilità e perdita di suolo fertile.

In caso di abbandono e quindi di scarso presidio umano, questi territori sono fortemente minacciati da frane ed erosione che depauperano e assottigliano i suoli in quota e minacciano il fondovalle aggravando i bilanci degli eventi alluvionali

La realizzazione dei terrazzamenti in Italia è iniziata nell'antichità e ha interessato ambienti collinari e montani della penisola e delle isole nei territori dove era disponibile materiale roccioso da utilizzare per i muretti. L'abbandono delle aree interne ha favorito anche la degenerazione di queste opere.

Alla luce degli eventi catastrofici sempre più frequenti che flagellano i nostri territori durante gli eventi di precipitazioni intense, negli ultimi vent'anni la comunità scientifica, in sinergia con ministeri e UE ha riproposto progetti per la realizzazione di muri a secco e terrazzamenti con il duplice scopo di recuperare suolo per l'agricoltura e di salvaguardare le pianure.

Tuttavia, al momento le misure di incentivo non sono sufficienti a risolvere il problema del degrado legato all'abbandono. È necessario incrementare le opere di manutenzione e, ove ciò non sia possibile, cercare di riportare l'area a una situazione ambientale sostenibile, promuovendo l'insediamento di vegetazione pioniera al fine di prevenire fenomeni erosivi.

Come è stato ribadito anche in sede europea nella Mission "Caring for Soil is caring for Life", è necessario migliorare in modo significativo la conoscenza delle caratteristiche pedologiche e delle fragilità del nostro territorio.

L'approccio conoscitivo potrebbe agevolare l'adozione di una corretta gestione dei suoli, l'introduzione di pratiche conservative, l'individuazione di indicatori della sua salute per condurre un costante monitoraggio, la realizzazione di sistemazioni idraulico-agrarie utili alla mitigazione dei danni al territorio e alle produzioni agrarie.

Per raggiungere questi obiettivi è auspicabile la creazione di una sinergia fra ricerca, formazione, politica e comunicazione.

Altrettanto necessario è richiamare l'attenzione dei cittadini nei confronti dell'importanza della risorsa suolo e della sua vulnerabilità.

È opportuno che tutti abbiano delle nozioni di base utili a compiere delle scelte che poi hanno delle ricadute sull'ambiente. La Pedologia è la disciplina in grado di offrire questi elementi di conoscenza

## BIBLIOGRAFIA

Agnoletti M. *et al.*, (2015) *Features Analysis of Dry Stone Walls of Tuscany (Italy)*. Sustainability

AA.VV, (2023) *Il suolo italiano al tempo della crisi climatica - Rapporto 2023*. Re Soil Foundation

Bazzoffi P. *et al.*,(2013) *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure interventi in campo agricolo e forestale*. ISPRA Manuali e linee guida 85/2013

Bini C. *et al.*, (2017) *Landscape evolution and global soil change in alpine valleys: impact of anthropogenesis of terraced soils (Belluno, Northern Italy)*. Environmental quality

Bonanini F. *et al.*, *Manuale per la costruzione dei muri a secco. Linee guida per la manutenzione dei terrazzamenti delle Cinque Terre*. Tipografia Ambrosiana

Bonifacio *et al.*, (2017) *Fondamenti di chimica del suolo*

Brady NC, Weil RR, (2008). *The Nature and Properties of Soils*, 14th edn. Upper Saddle River: Prentice Hall

Cocco S. *et al.*,(2020) *Role of land set-up systems on soil (physicochemical) conditions*. Italian Journal of Agronomy

Curtaz F. *et al.*, (2013) *Guida pratica di pedologia. Rilevamento di campagna, principio di conservazione e recupero dei suoli*. Institut Agricole Régional

Gasparini M., (1970) *Difesa e conservazione del suolo dalle erosioni*. Roma, Istituto di Tecnica e Propaganda Agraria

IUSS Working Group WRB, (2022) *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

Landi R.,(1999) *Agronomia e ambiente*. Bologna, Edagricole

Landi R.,(1984) *Regimazione idraulico-agraria e conservazione del suolo*. Rivista di Agronomia

Lasanta T. *et al.*, 2000 *Runoff and sediment yield in a semi-arid environment: the effect of land management after farmland abandonment*. *Catena* 38, 265e278.

Lasanta T. *et al.*, 2001 *Marginal lands and erosion in terraced fields in the Mediterranean mountains*. *Mountain Research Developments* 21, 69e76.

Lasanta T. *et al.*, 2005. *Mountain mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees*. *Applied Geography* 25, 47e65.

Lasanta T. *et al.*, 2006. *Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountainous areas*. *Landscape Urban Planning* 78, 101e114.

Lasanta T. *et al.*, 2007. *Do tourism-based ski resorts contribute to the homogeneous development of the Mediterranean mountains? A case study in the Central Spanish Pyrenees*. *Tourism Management* 28, 1326e1339.

Lasanta T. *et al.*, 2009. *Mountainpastures, environmental degradation, and landscape remediation: the example of a Mediterranean Policy Initiative*. *Applied Geography* 29, 308e319

Lo Papa G. *et al.*,(2020) *Land set-up systems in Italy: A long tradition of soil and water conservation sewed up to a variety of pedo-climatic environments*. Italian Journal of Agronomy

Oliva A., (1984) *Le sistemazioni dei terreni*. Bologna, Edagricole

Parco Nazionale della Majella, (2019), *Capanne e muretti in pietra a secco nel Parco Nazionale della Majella*.

Pijl, A. *et al.*, (2022) *Soil and water conservation in terraced and non-terraced cultivations: an extensive comparison of 50 vineyards*. *Land Degradation & Development*.

Schoeneberger P.J *et al.* (1998) *Field book for describing and sampling soils*. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, 185.

Sequi P. *et al.*, (2017) *Fondamenti di chimica del suolo*. Pàtron Editore, Bologna, Italy

Soil Survey Staff,(1999) *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agricultural handbook 436, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington DC, USA.

Stanchi S. *et al.*, (2012) *Properties, best management practices and conservation of terraced soils for Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review*. *Quaternary International*

Varotto M. *et al.* (2019) *Word terraced landscapes: history, environment, quality of life*. Springer

## SITOGRAFIA

Adriadapt.eu (2022) *Miglioramento della ritenzione idrica e dell'efficienza dell'irrigazione nelle aree agricole.* <https://adriadapt.eu/it/adaptation-options/miglioramento-della-ritenzione-idrica-e-dellefficienza-dellirrigazione-nelle-aree-agricole/>

Agnoletti M. et al., (2016) *I sistemi terrazzati in toscana: Analisi territoriale e tipologica.* Lorenzo de' Medici Press <https://www.agriculturalheritage.com/wp-content/uploads/2019/03/Terrazzamenti-LD-min.pdf>

Agroscope, *Influenza della gestione agricola sulla struttura e le funzioni del suolo.* <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/it/home/temi/ambiente-risorse/suolo-acqua-sostanze-nutritive/qualita-uso-suolo/influenza-agricola-struttura-funzioni-suolo.html>

ARPA FVG, (2022) *Suoli siti contaminati e biodiversità : pedogenesi.* <https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/suoli-siti-contaminati-e-biodiversit/impariamo-insieme/pedogenesi/>

ARPA Veneto, (2022) *Il suolo: formazione, proprietà e funzioni.* <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/il-suolo-formazione-proprietà-e-funzioni>

Bonardi L. (2016) *Ecologia e biodiversità dei paesaggi terrazzati.* <https://air.unimi.it/retrieve/dfa8b99d-2303-748b-e053-3a05fe0a3a96/ECOLOGIA%20E%20BIODIVERSIT%C3%80%20DEI%20PAESAGGI%20terrazzati.pdf>

Carallo S. & Gallia A., (2020) *I paesaggi terrazzati: espressione dell'eredità culturale e sociale dell'umanità.* <https://societageografica.net/wp/2020/04/19/i-paesaggi-terrazzati-espressione-delleredita-culturale-e-sociale-dellumanita/>

Cassa Depositi e Prestiti, *Valorizzazione dell'architettura e del paesaggio rurale.* [https://www.cdp.it/sitointernet/it/architetture\\_e\\_paesaggi\\_rurali.page](https://www.cdp.it/sitointernet/it/architetture_e_paesaggi_rurali.page)

CiaMarche.org, (2022) *Tecniche razionali per regimazione delle acque per contrastare l'erosione dei suoli.* <https://www.ciamarche.org/wp-content/uploads/2022/06/Tecniche-razionali-per-regimazione-acque.pdf>

Corte dei conti Europea (2018) *Relazione speciale n. 33/2018: la lotta contro la desertificazione nell'UE*

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/desertification-33-2018/it/>

CREA, (2021) *Il futuro è già qui: tutte le innovazioni per una gestione sostenibile del suolo*. <https://creafuturo.crea.gov.it/3810/>

European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Veerman C. *et al.*, *Caring for soils is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate – Report of the Mission board for Soil health and food*, Publications Office, 2020  
<https://data.europa.eu/doi/10.2777/821504>

Esdac, *Carta dei suoli d'Italia*.  
[https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/IT/2012Carta\\_Suoli\\_Italia.jpg](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/IT/2012Carta_Suoli_Italia.jpg)

Gnesda S., (2017) *Recensione di Crocamo C. Le tipologie di architettura rurale nel Parco Nazionale del Cilento*. [http://www.pierreseche.com/parco\\_del\\_cilento\\_2\\_it.htm](http://www.pierreseche.com/parco_del_cilento_2_it.htm)

ISPRA, (2022) *Ambiente in Italia: uno sguardo d'insieme. Annuario dei dati ambientali 2022*.  
<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/ambiente-in-italia-uno-sguardo-dinsieme-annuario-dei-dati-ambientali-2022>

ISPRA ambiente, *Erosione del suolo*. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-degrado-del-suolo/erosione-del-suolo>

ISPRA ambiente, *Le funzioni del suolo*.  
<https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/pubblicazioniidipregio/suolo-radice/27-40.pdf>

Landi R., (2004) *Atlante dei tipi geografici : Tavola 87, sistemazioni idraulico-agrarie*. Istituto Geografico Militare [https://www.igmi.org/italia-atlante-dei-tipi-geografici/+++theme++igm/atlante\\_tipi\\_geografici/pdf/87.pdf](https://www.igmi.org/italia-atlante-dei-tipi-geografici/+++theme++igm/atlante_tipi_geografici/pdf/87.pdf)

Regione Marche, *Stima erosione del suolo*.  
<http://suoli.regione.marche.it/ServiziInformativi/ErosionedelSuolo.aspx>

Scassellati A. (2021) *Agricoltura sociale, welfare rigenerativo e sviluppo locale nelle aree rurali*. <https://transform-italia.it/agricoltura-sociale-welfare-rigenerativo-e-sviluppo-locale-nelle-aree-rurali/>

UniFe.it, *Erosione* <https://www.unife.it/scienze/lm.geologia/insegnamenti/geomorfologia-applicata/materiale-didattico/Erosione.pdf>

United Nations Convention to Combat Desertification, *Land Degradation Neutrality*.  
<https://www.unccd.int/land-and-life/land-degradation-neutrality/overview>

Voltaggio S., (2022) *Manuale del Geologo: degradazioni idrogeologiche indotte da attività antropica*. <https://manualedelgeologo.it/degradazioni-idrogeologiche-indotte-da-attivita-antropica/>