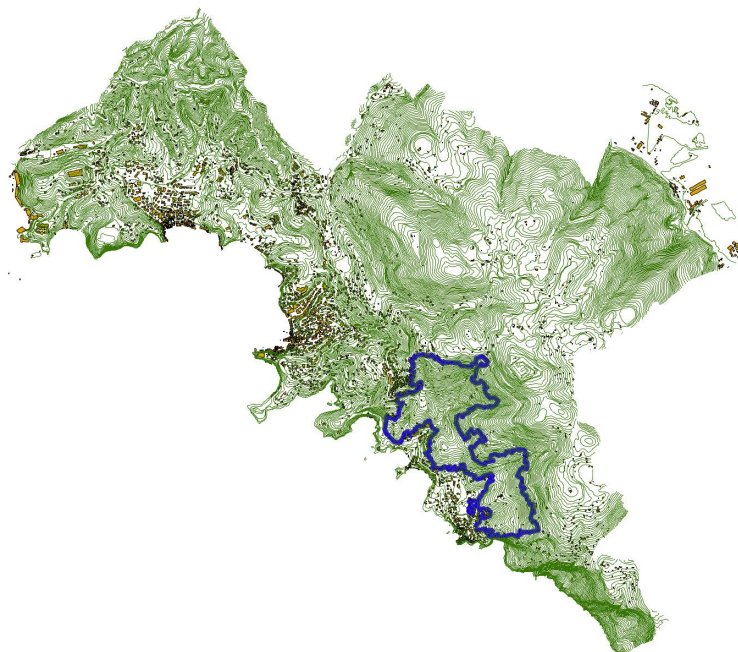




RECUPERO DEL TERRITORIO AGRARIO
Versanti La Serra - Tellaro

Ai sensi del Capo III della LR 23/2018



<i>coordinamento</i>	Antonio CHIRICO <i>Prof. Ingegnere</i>	Via P. Toselli, 11 - 1916143 GENOVA (GE) tel. 010 3514652 Email: ing.antoniochirico@gmail.com
<i>redazione</i>		
<i>cartografia GIS ver ass VAS</i>	Elisabetta BECAGLI <i>Pianificatore Territoriale</i>	Via Cerretti, 69 - 19038 S. STEFANO MAGRA (SP) tel. 392 5581187 Email: elisabetta.becagli86@gmail.com
<i>asp. naturalistici ed agronomici</i>	Paolo CAVIGLIA <i>Dott. Agronomo</i>	Via Milano, 1 - 17019 VARAZZE (SV) tel. 338 8881076 Email: pacavigli@protonmail.com
<i>aspetti naturalistici</i>	Gabriella COZZANI <i>Dott. Agronomo</i>	Via della Stazione, 9bis - 19020 VEZZANO LIGURE (SP) tel. 333 7804876 Email: gaya76@virgilio.it
<i>urbanistica e paesaggio</i>	Doriano LUCCHESINI <i>Architetto</i>	Via Mascardi, 42 - 19038 SARZANA (SP) tel. 0187 610573 Email: d.lucchesini@studioapua.com
<i>rilievi in sito</i>	Joshua PAGANO <i>Architetto</i>	Via San Bernardino, 31 - 19032 LERICI (SP) tel. 334 1684089 Email: joshuapagano90@gmail.com
<i>aspetti geologici</i>	Paolo PETRI <i>Dott. Geologo</i>	Via A. Pacinotti, 18 - 19120 LA SPEZIA (SP) tel. 335 6002176 Email: paolopetri@logicadeltorrito.com

TITOLO

B ANALISI DELLA SITUAZIONE ESISTENTE
B2 PRESTAZIONI IDROGEOMORFOLOGICHE DEGLI AMBITI

RELAZIONE
IDROGEOMORFOLOGICA

scala:		data elab.:	20-05-25	rev.:	A
REV.	DESCRIZIONE -	DATA -	ELABORATO Nr.		
A	1 emissione	Maggio 25			
B					
C					
D					

B2.4

COMUNE DI LERICI
Provincia della Spezia



RECUPERO DEL TERRITORIO AGRARIO
Versanti La Serra - Tellaro

Ai sensi del Capo III della LR 23/2018

B ANALISI DELLA SITUAZIONE ESISTENTE
B2 PRESTAZIONI IDROGEOMORFOLOGICHE DEGLI AMBITI

RELAZIONE
IDROGEOMORFOLOGICA

1
Metodologia generale
componente idrogeomorfologica

2
Analisi sistema
idrogeomorfologico e
valutazione suscettività d'uso
dei singoli sub ambiti

COMUNE DI LERICI (SP)

**PIANO RECUPERO DEL TERRITORIO
AGRICOLO**

Relazione 1
***Metodologia generale componente
idrogeomorfologica***

(Maggio - 2025)

Tecnici:

Dott. Geol. Paolo PETRI

Dott. Geol. Paolo PETRI

ORGL n. 94



Collaboratori

Phd. Geol. Prof. Lorenzo BORSELLI

Phd. Geol. Azalea Judith Ortiz Rodríguez

Phd. Geol. Devis BARTOLINI

Sommario

1	Premessa metodologica.....	3
1.1	Il Gruppo di lavoro per gli aspetti idrogeomorfologici	6
1.2	Sintesi metodologica e principali aspetti di ordine Idrogeomorfologici individuati.....	7
2	Acquisizione e predisposizione dati LIDAR.....	11
3	Definizione della Unità Idrogeomorfologiche:	14
3.1	Le Unità Idrogeomorfologiche del Piano di Recupero Agricolo ..	16
4	Analisi idrologica e le curve di possibilità pluviometrica	19
4.1	Le Precipitazioni meteoriche intense.....	19
4.1.1	Le soglie pluviometriche e l'innesco di fenomeni franosi.....	23
4.2	Valutazione portate mediante l'applicazione della Formula Razionale.....	24
5	Analisi geomorfometrica.....	27
5.1	Parametri Geomorfometrici Primari	27
5.1.1	La Carta delle pendenze	27
5.1.2	La Carta dell'esposizione	28
5.1.3	Le terrazze e la procedura di estrazione delle aree terrazzate da DTM LIDAR	28
5.2	Parametri Geomorfometrici Derivati	35
5.2.1	Flow accumulation	36
5.2.2	L'indice di MELTON e sua interpretazione.....	38
5.2.3	L'indice SPI	42
5.2.4	L'indice IC di Connettività (Borselli 2008).....	44
6	Considerazioni in merito ai risultati degli indici morfometrici	47

1 Premessa metodologica

Il presente lavoro analizza gli aspetti morfologici, idraulici e geologico-tecnici riferiti al territorio interessato dal Piano di Recupero Agricolo proposto dal Comune di Lerici ai sensi della L.R. 23/2018 - (Fig. 1).

Nello specifico viene posta l'attenzione agli aspetti idrogeomorfologici che interessano la fascia compresa fra il crinale del Monte Rocchetta, spartiacque verso il Bacino del F. Magra e la fascia costiera, all'interno della quale si pone l'area interessata dal Piano di Recupero.

L'areale è caratterizzato da uliveti in diverso stato di abbandono in un contesto ambientale molto pregiato posto peraltro a monte delle località di Fiascherino e Tellaro e caratterizzato da sistemi a terrazze realizzate in pietra a secco e/o ciglioni che richiede un processo di riqualificazione nel tempo e di messa in sicurezza da rischi soprattutto di ordine idrogeomorfologici. Il processo metodologico ha visto porre l'attenzione quindi sul sistema dei terrazzamenti l.s. che caratterizzano questa vasta porzione del territorio del Comune di Lerici e rappresentano quindi una firma ambientale rappresentativa della fascia EST del Golfo dei Poeti che necessita di essere salvaguardata anche in una logica inoltre di prevenzione dal dissesto idrogeologico oltre che di assetto ambientale generale.

Per questi motivi lo studio è composto da due distinte relazioni e cioè:

1. Relazione metodologica generale:

La relazione generale affronta gli aspetti metodologici per poter giungere ad una analisi idrogeomorfologica sufficientemente dettagliata ed approfondita che affronta aspetti legati alla morfometria, agli aspetti idraulici, e complessivamente alle esigenze generali di questa porzione del territorio lericino.

2. Relazione idrogeomorfologica sub ambiti e documentazione fotografica;

La relazione relativamente ai sub ambiti dettaglia per ogni subambito le problematiche riscontrate testimoniate dalla documentazione fotografica raccolta durante i controlli in campo e viene affrontato il quadro normativo che riguarda un'area classificata PO dove sono state riscontrate problematiche relative al rischio di innesco di colate detritiche fino a Debris Flow

La normativa con l'applicazione della L.R. 23/2018, all'art. 1 pone l'accento su aspetti di primaria importanza finalizzati alla individuazione di ambiti del territorio agricolo in condizioni di abbandono caratterizzati da:

- terre agricole abbandonate, incolte o insufficientemente coltivate che evidenziano areali coinvolti da processi di forestazione, naturale o artificiale, nei quali siano presenti la presenza di terrazzamenti o qualificazione catastale che confermi il precedente uso agricolo;
- contesti agricoli, abbandonati o degradati, che richiedono interventi di riqualificazione e di messa in sicurezza da rischi idraulici, idrogeologici e sismici.



Fig. 1 - Perimetro dell'ambito interessata dal progetto di recupero agrario

Il focus evidenziato dalla legge regionale richiede quindi la messa a punto di una metodologia specifica per individuare, con un sufficiente grado di dettaglio, le problematiche di ordine idrogeomorfologico che possono interessare l'areale individuato sulla base di criteri di ordine urbanistici ed agronomico-catastali, all'interno di un'areale più ampio che trova la propria definizione nei bacini idrologici all'interno dei quali si sviluppano o si possono sviluppare processi di ordine idrogeomorfologico che possano incidere sull'areale destinato al Piano di Recupero.

Per questi motivi è stata operata una scelta di coinvolgere alcune figure professionali specializzate nelle analisi territoriali in ambito idrogeomorfologico per poter fornire all'amministrazione uno studio che ponga l'analisi sugli aspetti connessi con i processi idrogeomorfologici che contribuiscono alla evoluzione del territorio e alla loro interazione con l'areale previsto soprattutto finalizzando lo studio alla indicazione delle criticità di ordine idrogeologico territoriali mediante tecniche di analisi idrogeomorfometriche avanzate e relativi controlli in campo.

Il focus evidenziato dalla legge regionale ha richiesto quindi la messa a punto di una metodologia specifica per individuare, con un sufficiente grado di dettaglio, le problematiche di ordine idrogeomorfologico che possono interessare l'areale individuato sulla base di criteri di ordine urbanistici ed agronomico-catastali, all'interno di un'areale più ampio che trova la propria definizione nei bacini idrologici all'interno dei quali si sviluppano o si possono sviluppare processi di ordine idrogeomorfologico che possano incidere sull'areale destinato al Piano di Recupero.

Per questi motivi è stata operata una scelta di coinvolgere alcune figure professionali specializzate nelle analisi territoriali in ambito idrogeomorfologico per poter fornire all'amministrazione uno studio che ponga l'analisi sugli aspetti connessi con i processi idrogeomorfologici che contribuiscono alla evoluzione del territorio e alla loro interazione con l'areale previsto soprattutto finalizzando lo studio alla indicazione delle criticità di ordine idrogeologico territoriali mediante tecniche di analisi idrogeomorfometriche avanzate e relativi controlli in campo.

1.1 Il Gruppo di lavoro per gli aspetti idrogeomorfologici

Il gruppo di lavoro costituito dal Dott. Geol. Paolo PETRI incaricato dall'amministrazione comunale presenta professionalità specializzate nelle materie oggetto del piano per gli aspetti idrogeomorfologici applicati, e vista peraltro la complessità delle attività previste, il dott. Petri è stato affiancato da alcuni consulenti specialisti in settori specifici ed in particolare da:

- **Dott. Lorenzo BORSELLI, Geol., Ph.D.**

Professore ordinario di Geotecnica e Geologia applicata - Istituto di Geologia/Facoltà di Ingegneria Universidad Autonoma de San Luis Potosí (UASLP), Av. Dr. Manuel Nava 5, 78240 San Luis Potosí, SLP – MESSICO; Ricercatore associato (CNR -IRPI) e INGV.

Il Prof. Lorenzo Borselli, esperto in Geomorfometria ed idraulica è un ricercatore italiano che ha contribuito in modo significativo allo studio della connettività dei sedimenti con centinaia di pubblicazioni a livello mondiale. Ha sviluppato applicazioni specifiche relativamente all'indice di connettività (IC) basato su parametri geomorfometrici derivati dallo studio su modelli digitali di elevazione (DEM). Questo indice è ampiamente utilizzato a livello mondiale per valutare il potenziale di trasporto dei sedimenti in un bacino e identificare le aree che contribuiscono maggiormente all'apporto di sedimenti connessi con la connettività. Il dott. BORSELLI è l'autore del Software Free SSAP – 2010 finalizzato allo studio della stabilità dei versanti

- **Ph.d. Geologo - Azalea Judith Ortiz Rodríguez,;**

Specialista in geo-ingegneria con specializzazione nell'analisi della connettività idrologica e dei sedimenti in diversi ambienti per dare priorità ai siti di intervento e migliorare la gestione delle risorse naturali quali l'acqua e il suolo nonché la gestione dei rischi associati ai fenomeni idrometeorologici, collabora con il Prof.or Borselli nelle applicazioni a livello territoriale.

- **Ph.d. Geologo - Devis BARTOLINI già ricercatore CNR – IRPI**

Specialista in sistemi GIS ed applicazioni in ambito Geomorfometrico collabora da anni con il Dott. Petri nelle applicazioni di morfometria e applicazioni varie sul territorio nazionale e Lericino.

In questo ambito legato soprattutto allo studio delle aree terrazzate si evidenziano alcuni lavori e pubblicazioni eseguiti dal Dott. Borselli, dal Dott. Petri e dal Dott Bartolini. relativamente a:

- ***Flow Connectivity Patterns in Complex Anthropized Landscape: Application in Cinque Terre Terraced Site*** – in Massimiliano Alvioli, Ivan Marchesini, Laura Melelli & Peter Guth, eds., Proceedings of the Geomorphometry 2020 Conference.
doi:10.30437/GEOMORPHOMETRY2020_15.
- ***Muri a secco: verifiche di stabilità*** con software (free) SSAP 5.0 e criterio GHB(GSI) per le strutture in roccia.
<https://www.researchgate.net/publication/339425628>
- **Studio delle frane superficiali del Comune di Lerici (La Spezia)** – Atti 17ª Conferenza Nazionale ASITA. 5 – 7 Novembre 2013 – Riva del Garda.
- ***FONDAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI NELLE VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PENDII*** - By L Borselli & P.Petri in Geoscience for a Sustainable future- International Congress, Torino (Italy), 17-22/09/2022 Pre-Congress Workshops Ws1. Fondamenti geologici e geomorfologici nelle verifiche di stabilità dei pendii.

1.2 Sintesi metodologica e principali aspetti di ordine Idrogeomorfologici individuati

Nell'articolo presentato alla 17ª conferenza Nazionale Asita del 2013, lo studio delle frane superficiali del Comune di Lerici (La Spezia), si affermava: **Le frane superficiali indotte da precipitazioni intense e di breve durata, o di media intensità prolungate nel tempo, sono, a causa della scarsità dei segnali premonitori nelle fasi antecedenti il collasso, difficilmente monitorabili vista la rapidità con cui si propagano verso valle, dette frane sono anche tra le più pericolose e, talvolta, possono evolvere in colate detritiche con elevato potere distruttivo.**

Qui di seguito vengono proposte alcune immagini della zona di Fiascherino dopo l'alluvione del Dicembre 2010, zone peraltro normate con classificazioni P1, P2, P3a e P3b, dall'attuale Normativa dei Piani di Bacino Ambito 20.



Frana Eco del Mare



**Strada interna Locanda del
Senatore**



**La spiaggia di Fiascherino sotto la
locanda del Senatore**



**Strada interna Locanda del
Senatore**

Questi fenomeni sono il risultato di un insieme di cause e concause negative che mettono insieme fenomeni legati alle piogge intense più o meno prolungate nel tempo, lo stato di abbandono delle zone collinari, la forte energia dei versanti interessati, la presenza di una copertura detritica sottile con presenza di materiale litoide a spigoli vivi che possono alimentare fenomeni di trasporto, difficilmente prevedibili, che vanno sotto la definizione di: **Colate detritiche, Debris Flow.**

Le immagini sopra riportate sono state realizzate all'interno della proprietà "Locanda del Senatore" a Fiascherino ed è la testimonianza **che i fenomeni di colate detritiche e debris flow sono possibili e soprattutto NON sono casi eccezionali da sottovalutare** e sono i risultati della colata che proviene dal Bacino del Canale Fontana per di più allo sbocco della tombinatura della strada per Tellaro.

Il Canale Fontana è interessato dall'ambito n°1 e n° 2 del piano di recupero agricolo.

Alla luce di questi fenomeni, e vista l'esigenza manifestata dalla richiesta specifica nel piano di recupero agricolo relativamente a: **"contesti agricoli, abbandonati o degradati, che richiedono interventi di riqualificazione e di messa in sicurezza da rischi idraulici, idrogeologici e sismici"**, visto peraltro la scala di dettaglio richiesta per l'individuazione di tali fenomeni, è stato necessario impostare procedure e calcoli che permettessero di evidenziare le problematiche di ordine idrogeomorfologico che interessano complessivamente l'areale investigato puntando a fornire una serie di parametri e dati che permettano di puntare ad un progetto che ponga la prevenzione dal dissesto idrogeologico al centro del progetto indicato dalla Regione.

I cambiamenti climatici che interessano anche la nostra zona portano a ritenere che è necessario tenere in seria considerazione le cosiddette "bombe", caratterizzate da piogge intense concentrate nel tempo che si scaricano su zone collinari abbandonate da tempo dove i terreni cedono improvvisamente e nei corsi d'acqua e nei canali arriva di tutto.

Le tecnologie attuali ci permettano e ci permetteranno di capire sempre meglio dove molto probabilmente colpirà un tale evento, ma siamo disarmati con riferimento alla previsione temporale, ed anche qualora fossero prevedibili in termini temporali, potremo limitare gli effetti devastanti ma non certamente i danni che ne sono la conseguenza, se non attraverso l'avvio pratiche di conservazione del suolo che possono prevenire o almeno limitare i danni conseguenti a fenomeni di questo tipo.

Siamo di fronte a fenomeni difficilmente prevedibili in quanto mancano i cosiddetti segni premonitori, o meglio l'inselvaticamento di parecchie zone impediscono la possibilità di cogliere aspetti che solamente il lavoro quotidiano nelle aree agricole e forestali permette di individuare.

Se in zone abbandonate da tempo piovono 100, 200 o 300 mm di pioggia difficilmente il terreno può reggere, si assiste inermi ad un fenomeno di accumulo nel tempo di modifiche della struttura superficiale dei terreni che viene portata a superare le condizioni limite di stabilità locale potendosi trasformare in una colata detritica che tutto travolge. Alla luce di quanto è accaduto nel Dicembre 2010 ma ancor prima nell'agosto del 2005 si è reputato opportuno sviluppare una serie di analisi di ordine Idrogeomorfologico seguite da campagne di controlli in campo.

Sulla base dei primi risultati ottenuti dalle elaborazioni effettuate si è proceduto con ulteriori controlli finalizzati alla verifica delle indicazioni fornite dagli studi morfometrici e individuare le connessioni che esistono fra assetto idrogeomorfologico e gli ambiti di recupero individuati.

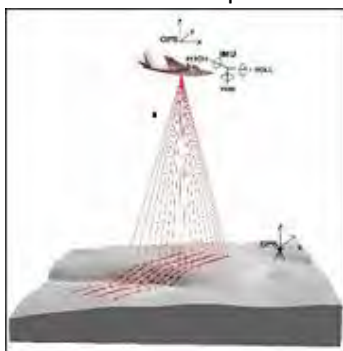
I rilievi in campo si sono concentrati su alcuni sentieri che garantivano una sufficiente percorribilità per esaminare ed evidenziare le corrispondenze fra controlli in campo con analisi idrogeomorfologica (Vedi Relazione 2). Gli aspetti di fondo che sono emersi da questa fase di lavoro hanno portato ad evidenziare:

- La necessità di un adeguato sistema di regimazione idraulica del sistema infrastrutturale con particolare riferimento alla zona a monte della strada provinciale SP n. 28 compresa fra il Forte della Rocchetta e la strada provinciale stessa.
- Una importante presenza di detrito grossolano che tende ad accumularsi sulle zone dei compluvi del reticolo minore e minuto e lungo i canali stessi conseguenza della mancanza di un sistema efficiente di regimazione idraulica almeno nei principali canali che attraversano l'areale propedeutico all'instaurarsi di fenomeni di trasporto solido fino a colate detritiche;
- Una importante presenza di cinghiali che comportano notevoli danni ai muri a secco, in particolare sono evidenziate le zone riscontrate lungo il percorso del sentiero CAI 433 (vedi relazione 2);
- Si è riscontrata la presenza almeno di due zone dove sono presenti risorse idriche (sorgenti) che potrebbero essere una risorsa importante per l'utilizzo nel piano di recupero di terreni abbandonati.

2 Acquisizione e predisposizione dati LIDAR

La prima fase generale per poter procedere con lo studio idrogeomorfologico dell'area è consistito nell'acquisizione e trattamento dei dati LIDAR acquisiti presso il Ministero dell'ambiente (DTM, DSM FIRST e DSM LAST) e loro trattamento per eliminare imperfezioni e disturbi finalizzati al miglioramento delle possibilità di analisi più possibile aderente alla realtà dei processi idrogeomorfologici in un ambiente modificato dall'uomo in un avanzato stato di abbandono nonostante alcune pregevoli iniziative che hanno portato alla salvaguardia del sistema terrazzato in alcune porzioni dell'area in esame.

La scelta è stata quella di avvalersi dei dati LIDAR disponibili presso il Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica disponibile dal progetto Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale, PST – A.



I dati utilizzati si riferiscono ai voli eseguiti nel 2008 e sono stati utilizzati sia i dati relativamente al Modello digitale del Terreno che quelli relativi al Modello di Superficie denominato DSM First e Last.

I dati LIDAR sono dati ad alta risoluzione (nel nostro caso 0.8 mt. x 0.8 mt c.a.) che hanno permesso di giungere ad alcuni risultati che comunque necessiteranno di ulteriori integrazioni legate soprattutto alla necessità di migliorare la risoluzione spaziale dei rilievi utilizzando la tecnica LIDAR, ma soprattutto migliorando sensibilmente la risoluzione al suolo portandola almeno a 20-30 cm contro gli 80/100 cm del rilievo ministeriale.

Il LIDAR è un sensore Laser, che rileva la distanza relativa tra il target e il sensore in abbinamento con una piattaforma IMU (GPS+INS) che permette la georeferenziazione 3D dei suddetti punti.

LIDAR sta per Light Detection and Ranging o anche per Laser Imaging Detection and Ranging, ossia raggi laser che misurano la posizione di un punto calcolando il tempo che passa tra l'emissione, l'urto sull'oggetto da rilevare e il rientro, dopo la riflessione, al punto di partenza.

Oltre all'altissima velocità di acquisizione dei dati (migliaia di punti al secondo) i LIDAR più sofisticati permettono di "oltrepassare" la vegetazione ed arrivare a registrare punti sul terreno.

Scansionando la superficie, viene creata una nuvola di punti che discriminano i punti relativi al terreno (DTM) e quelli relativi agli “oggetti” presenti sul terreno (DSM).

Misurando la coltre vegetativa, penetrando fino al suolo, si ottengono informazioni sul terreno e sulle quote, con un’accuratezza centimetrica.

I risultati ottenuti dai rilievi LIDAR forniscono informazioni fondamentali per rappresentare puntualmente la morfologia di aree a diversa suscettibilità sul piano idrogeomorfologico e permettono di trarre utili indicazioni per orientare controlli di campagna mirati, ma soprattutto hanno permesso di definire un percorso metodologico ripercorribile nel tempo superando logiche di interpretazioni personali.

Costituiscono quindi un supporto basilare per le attività di modellazione idraulica, idrologica e di individuazione delle aree maggiormente esposte a pericolo in caso di eventi alluvionali.

La densità dei punti del rilievo è superiore a 1,5 punti per mq, se ne deduce che l’applicazione di detti rilievi per la difesa del suolo è molteplice. I dati utilizzati sono costituiti da una maglia regolare di 0.80 mt di lato con una precisione in quota di circa 15 cm

Purtroppo molte volte il dato LIDAR risulta piuttosto disturbato in modo particolare il DTM per cui risulta necessario prima di elaborare i dati procedere ad una pulizia del dato mediante l’applicazione di appositi filtri che permettono di ridurre fino alla scomparsa di questi disturbi, nel nostro caso è stato utilizzato un tool del software SAGA-GIS che ha permesso di risolvere in maniera positiva questo problema.

Ad una attenta osservazione, nei dati originali del Ministero, sono stati riscontrati due sistemi a strisce parallele fra di loro con orientamento, Nord-Sud e Sud-Est-Nord-Ovest che alterano e disturbano la elaborazione dei dati stessi; applicando un filtro che permette di rimuovere le strisce parallele dritte nei dati raster denominato “destriping” Perego. A (*SRTM DEM destriping with SAGA GIS: consequences on drainage network extraction.2009*) è stato possibile ridurre sensibilmente questo fenomeno fino a farlo scomparire rendendo maggiormente utilizzabili i dati DTM (vedi figure seguenti).

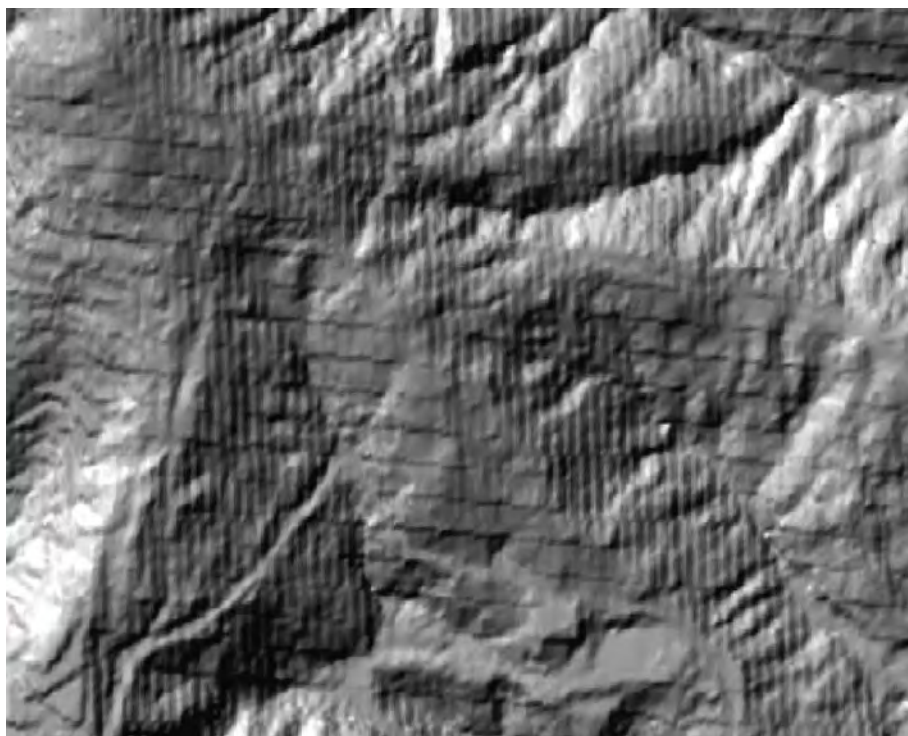
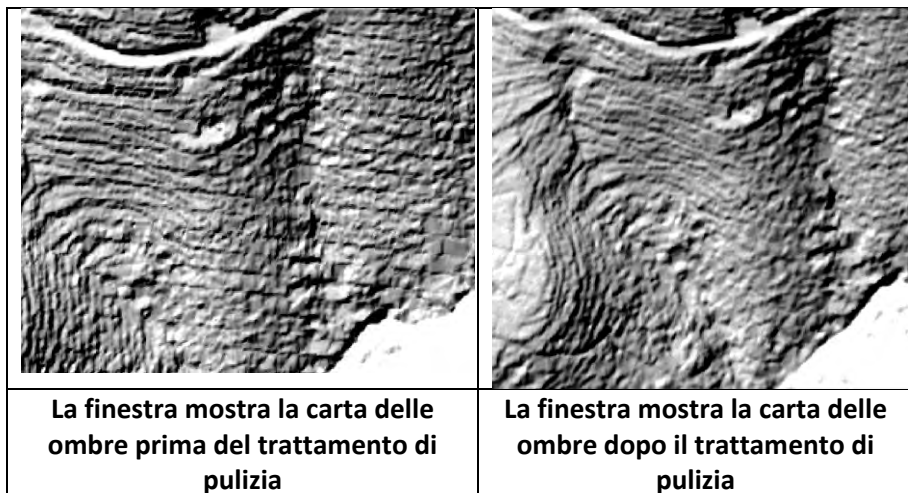


Fig. 2 - disturbi strisce parallele DTM Lidar



Il dato iniziale così corretto è stato utilizzato successivamente per le varie elaborazioni necessarie al progetto.

Altro aspetto da evidenziare dall'utilizzo di questi dati e la possibilità di individuare direttamente le terrazze soprattutto nelle aree prive di vegetazione, mentre per quelle "disturbate" è stato necessario processare i dati con appositi filtri ed algoritmi.

3 Definizione della Unità Idrogeomorfologiche:

La prima operazione eseguita dopo avere controllato e migliorato la qualità del dato LIDAR ha riguardato la definizione delle Unità Idrogeomorfologiche direttamente interessate dall'area di studio, basandosi come dati di partenza sui dati del Reticolo idrografico Regionale approfondendo gli aspetti ritenuti necessari per il lavoro in oggetto.

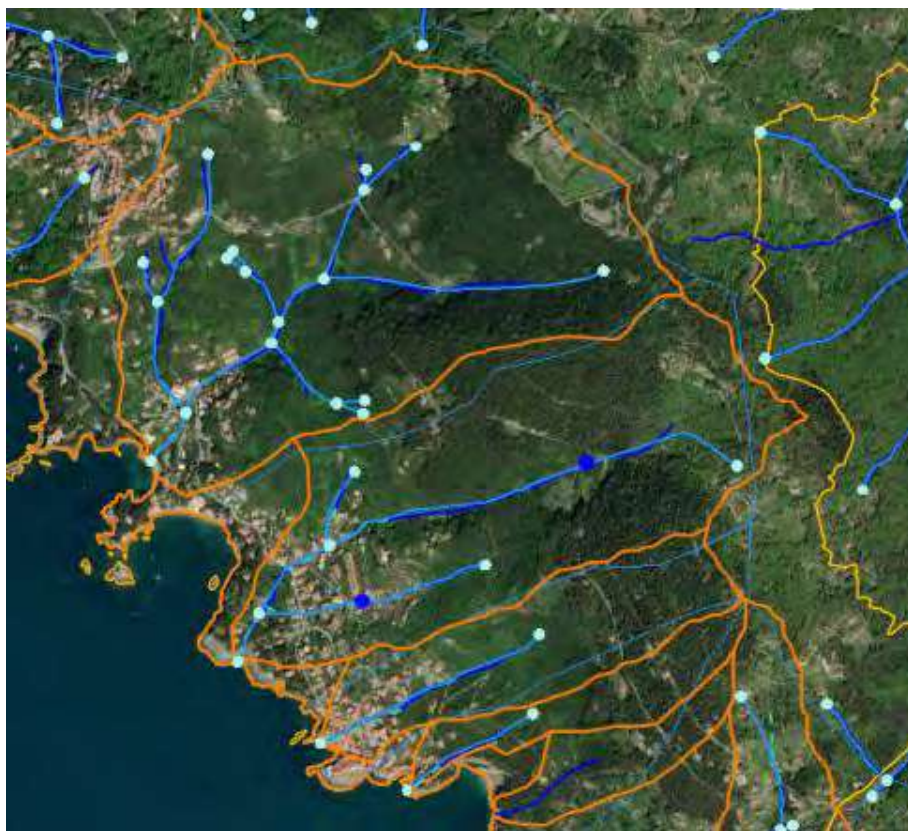


Fig. 3 - Reticolo idrografico Regione Liguria

Le Unità idrogeomorfologiche (U.I.) sono Unità Territoriali Omogenee di riferimento all'interno delle quali si sviluppano i principali processi idrogeomorfologici.

La L. 183/89 per la prima volta sancisce che il bacino idrografico è l'ambito di riferimento per la pianificazione territoriale, e individua nel bacino idrografico l'entità territoriale più idonea per le analisi di impatto ambientale e per la gestione; all'interno del bacino idrografico sono infatti contenuti sia gli effetti delle interazioni tra i fattori endogeni (geologia, suolo, vegetazione) e i fattori esogeni (clima), come pure al suo interno dobbiamo attenderci gli effetti di qualsiasi azione umana (modifiche urbanistico territoriali, infrastrutturali ecc).

Il bacino idrografico costituisce quindi l'ambito ottimale per le analisi ambientali, le valutazioni di compatibilità, l'applicazione di norme e indirizzi finalizzati alla corretta gestione del territorio, quindi l'Unità Idrogeomorfologica viene assunto quale areale significativo all'interno del quale si sviluppano processi di ordine idrogeomorfologico e geologico tecnico, soprattutto nel caso di fenomeni gravitativi pluvioindotti.

All'interno delle U.I. è possibile definire con un buon grado di approssimazione i volumi di acqua che devono essere smaltiti e/o che possono attivare fenomeni franosi anche superficiali, oppure ancora fenomeni di trasporto solido come già riscontrato nel 2010 nel bacino del Canale Fontana.

Inoltre l'U.I. è la sottounità che viene ricompresa nel PAI (Piano Assetto Idrogeologico) e che permette al Piano di recupero Agricolo di poter interloquire con gli assetti sovraordinati.

La decisione adottata è quella di definire un'areale omogeneo sul piano idrogeomorfologico che contenga l'area individuata con criteri urbanistico territoriali e agronomici definendone le Unità Idrogeomorfologiche di riferimento che la possano contenere al fine di definire i processi idrogeomorfologici che interessano la zona destinata al recupero agricolo che di fatto è riconducibile ad una zona cuscinetto con la sottostante area urbanizzata e che di conseguenza può influire in maniera positiva nel contenimenti di fenomeni quali colate detritiche e loro espansione verso valle.

3.1 Le Unità Idrogeomorfologiche del Piano di Recupero Agricolo

Nel presente lavoro le U.I. sono state definite sulla base della individuazione delle interferenze fra nodi di chiusura dei canali principali definiti dalle Unità idrologiche suddivisi da valle verso monte in funzione della loro finalità:

- **Nodi di chiusura di valle:**

I nodi di chiusura dei singoli bacini sono posti in corrispondenza dell'inizio dei tratti tombati che interessano gli attraversamenti delle aree urbanizzate. (Vedi Fig. 4)

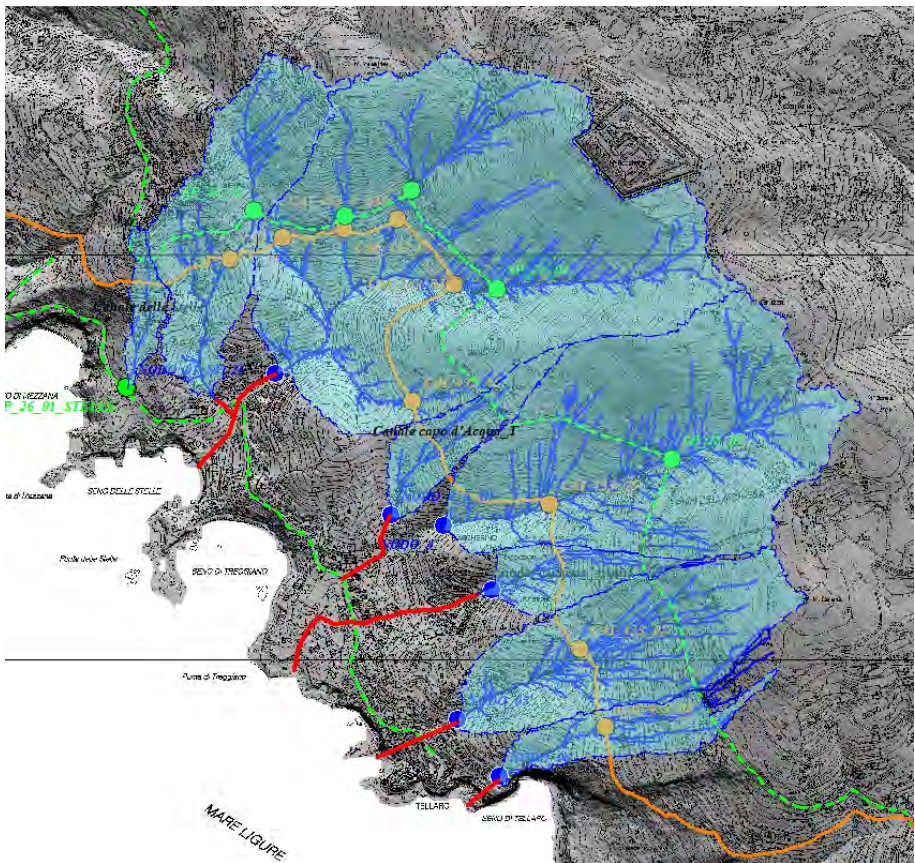


Fig. 4 - Le Unità Idrologiche, le zone tombate a valle ed i principali nodi di interferenza fra reticolo idrografico e infrastrutture viarie

- **Nodi di chiusura CAI 433**: questi nodi sono stati definiti dalla intersezione dei canali principali risultanti dalla realizzazione del reticolo idrografico con il sentiero CAI 433 che attraversa longitudinalmente tutta l'area; (Vedi Fig. 5).

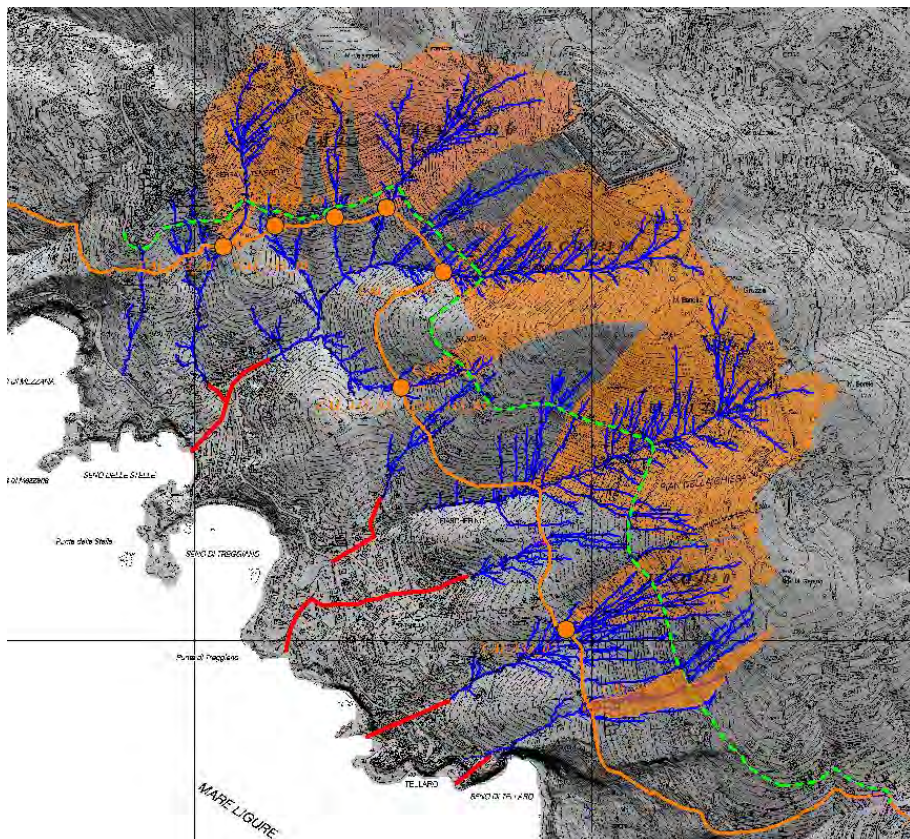


Fig. 5 - Le Unità Idrologiche interferenti con il sentiero CAI 433

I nodi in questo caso sono parti scoperte dove si individua l'alveo del canale principale che interseca il sentiero CAI 433.

- **Nodi di chiusura SP 28**: I nodi di chiusura sulla Strada Provinciale SP 28, sono stati definiti dalla intersezione fra asta principale e strada Provinciale SP 28 che presenta un tracciato pressoché parallelo al sentiero CAI 433; (Vedi Fig. 6)

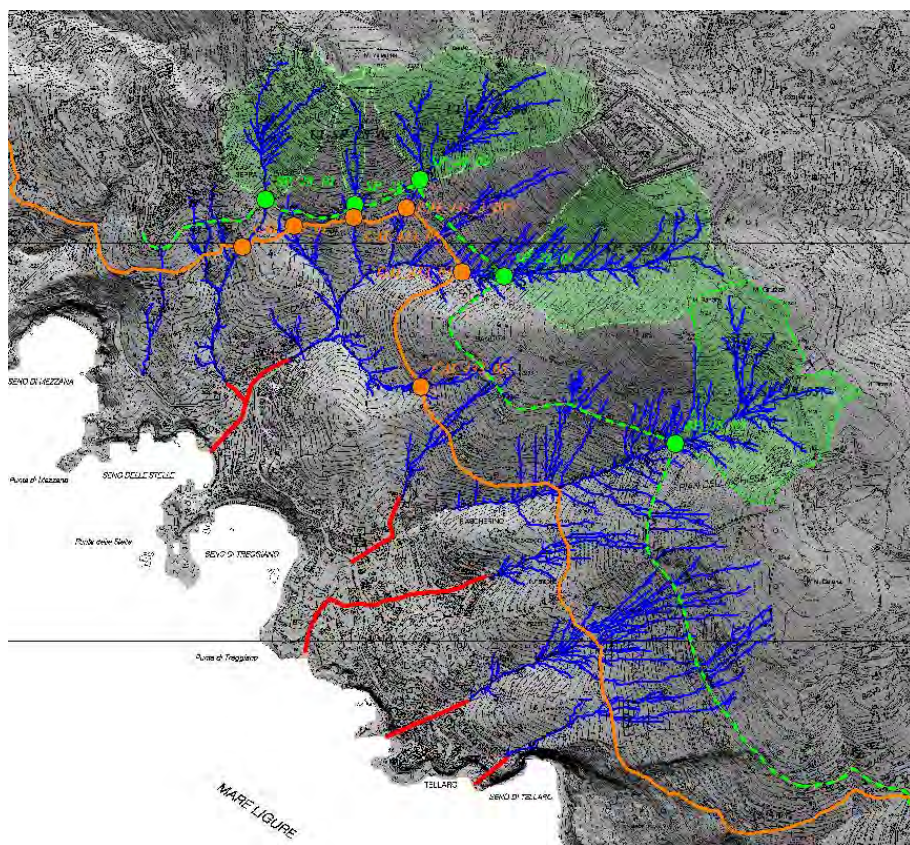


Fig. 6 - Le Unità Idrologiche interferenti con il sentiero SP_28

In questo caso i nodi sono rappresentati da attraversamenti artificiali su cui si suggerisce di effettuare le necessarie verifiche in riferimento alla normativa regionale in particolare ***all'art. 8 (tombinature e coperture) Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua (R.R. 14 Luglio 2011, n. 3).***

Lo studio ed i risultati relativi alla suddivisione dell'area interessata dal Progetto di Recupero agricolo in Unità Idrologiche e sub unità definite in funzione delle possibili interferenze fra il sistema idrogeomorfologico e le infrastrutture strade principali e sentieri, evidenziano come il sistema idrologico possa entrare in conflitto con il sistema dei percorsi stradali e sentieristica nella fascia interessata dal progetto stesso, senza dimenticare quanto già accaduto nel 2010 e quindi analizzare il territorio in una logica di difesa e predisposizione di azioni e opere finalizzate alla salvaguardia delle

aree soggette a recupero agrario che possano contribuire ad un miglioramento complessivo dell'assetto idrogeomorfologico in una logica di salvaguardia del territorio e puntare a ridurre le criticità già presenti, questo soprattutto in un'area classificata a livello di PAI, come PO ma che presenta delle criticità sul piano idrogeomorfologico. Questo aspetto assume un significato molto importante in quanto gli ambiti di recupero si pongono in una fascia territorialmente intermedia fra lo spartiacque che disegna il confine con il Bacino del F. Magra ed il Mar Ligure con la costa caratterizzata dagli abitati di La Serra, Fiascherino, Tellaro.

Non sfugge certamente l'attenzione che è necessario rivolgere alle condizioni di maggior rischio negli abitati di fondovalle in relazione ai corsi d'acqua collinari in occasione di forti precipitazioni concentrate nel tempo e che sono individuabili nei nodi di valle dove iniziano le zone tombinate.

4 Analisi idrologica e le curve di possibilità pluviometrica

Avendo disponibili da parte di ARPAL della Regione Liguria i dati della stazione pluviometrica del M.te Rocchetta relativamente al valore massimo di precipitazione cumulata di pioggia annuale per 1, 3, 6, 12, 24 ore per gli ultimi 24 anni è stata sviluppata l'analisi idrologica con definizione dei principali indici per valutare l'incidenza delle condizioni pluviometriche sull'area in esame.

In questo lavoro è stata effettuata una stima delle modalità di deflusso dei corsi d'acqua in corrispondenza delle zone identificate nei nodi critici indicati sopra e fornisce una valutazione delle portate sia ai nodi di intersezione sia alle tombinature che interessano le zone a monte degli abitati evidenziando peraltro con l'analisi Geomorfometrica le condizioni di rischio che si possono verificare a causa di fenomeni idrologici intensi.

L'analisi idrologica si è articolata in:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica caratteristica dei bacini in esame con assegnati tempi di ritorno utilizzando i dati della stazione di M.te Rocchetta;
- Stima della portata nei punti critici (Nodi);
- Studio delle caratteristiche morfometriche ed idrologiche dei bacini nei punti critici individuati;

4.1 Le Precipitazioni meteoriche intense

La determinazione della quantità ed intensità della precipitazione si può desumere dalle registrazioni effettuate presso le stazioni del Servizio Idrografico Italiano presenti nelle vicinanze dell'area di studio, dotate di pluviografo registratore.

Nel caso specifico la scelta è ricaduta sulla stazione di Monte Rocchetta in quanto direttamente posta a monte della zona in esame dotato di un pluviografo registratore da cui sono stati derivati i dati riferiti agli ultimi 24 anni. Tale stazione è stata ritenuta significativa per caratteristiche altimetriche, climatiche e per vicinanza all'area in questione e per similitudine geomorfologica.

Sono stati acquisiti i dati relativamente al valore massimo di precipitazione cumulata di pioggia per 1, 3, 6, 12, 24 ore annuale per gli ultimi 24 anni disponibili

Il metodo utilizzato è il Gumbel Extreme value Type I con modifica di Grigorten e sono state stimate le portate dei canali in esame con tempi di ritorno da 2, 50, 100 e 200 anni.

Stazione: MROCC			
Localizzazione			
Descrizione	MONTE ROCCHETTA		
Longitudine	Gradi° Primi'	9° 56'	Gradi.decimi di grado 9.93842
	Secondi''	18.312''	
Latitudine	Gradi° Primi'	44° 4'	Gradi.decimi di grado 44.07129
	Secondi''	16.644''	
Altezza sul livello del mare (m)	405		
Situazione climatica della stazione a partire dal 01/1970			
Giorno più freddo	27/02/2018	Temperatura media (°C): -4	
Temperatura più bassa (°C)	-6.4	Giorno: 27/02/2018	
Anno più freddo	2010	Temperatura media (°C): 13	
Giorno più caldo	05/08/2003	Temperatura media (°C): 31	
Temperatura più alta (°C)	36.1	Giorno: 12/08/2021	
Anno più caldo	2022	Temperatura media (°C): 15.6	
Massima intensità del vento (m/s)	22.5	Giorno: 11/11/2013	
Massima raffica (m/s)	35.8	Giorno: 05/03/2015	
Massima precipitazione in 24 ore (mm)	206	Giorno: 24/10/2005	
Giorno più piovoso	23/10/2005	Precipitazione cumulata (mm): 180.6	
Anno più piovoso	2014	Precipitazione cumulata (mm): 1992.2	
Anno più secco	2007	Precipitazione cumulata (mm): 614.4	

Fig. 7 - scheda anagrafica stazione pluviometrica M.te Rocchetta



Fig. 8 - Ubicazione stazione M.te Rocchetta

Nel seguito si riportano i dati pluviometrici tabellati e quelli ottenuti, dall'elaborazione statistica effettuata con il metodo di Gumbel.

anno	dati stazione		Pioggia (mm)		
	1h	3h	6h	12h	24h
2001	27.20	30.20	32.00	37.20	38.20
2002	32.60	37.40	40.00	47.80	56.40
2003	18.80	24.20	31.40	43.80	59.60
2004	46.00	53.80	68.40	93.20	101.20
2005	68.60	126.80	149.80	173.80	206.00
2006	17.00	29.20	39.80	43.20	47.80
2007	35.60	39.80	42.00	44.80	69.20
2008	23.80	36.80	42.80	47.40	61.40
2009	62.00	67.40	73.60	79.60	96.00
2010	43.60	81.60	100.60	108.80	152.60
2011	29.20	39.60	51.20	65.00	70.00
2012	65.40	69.60	86.80	97.40	104.20
2013	28.00	34.40	54.00	80.60	89.00
2014	66.00	84.20	84.60	93.40	117.80
2015	47.20	64.60	64.80	71.40	81.40
2016	28.40	40.40	55.40	69.80	73.20
2017	41.20	44.80	48.00	85.00	112.00
2018	34.60	57.80	70.20	74.00	77.80
2019	56.60	80.60	81.40	92.60	92.60
2020	24.20	34.80	39.00	53.80	58.40
2021	38.00	42.80	56.40	56.40	99.40
2022	20.60	27.20	40.00	67.40	73.40
2023	29.00	48.00	79.80	96.80	104.60
2024	67.80	84.20	94.20	99.00	99.00

Fig. 9 - Dati Piovosità Stazione M.te. Rocchetta (2001 – 2024)

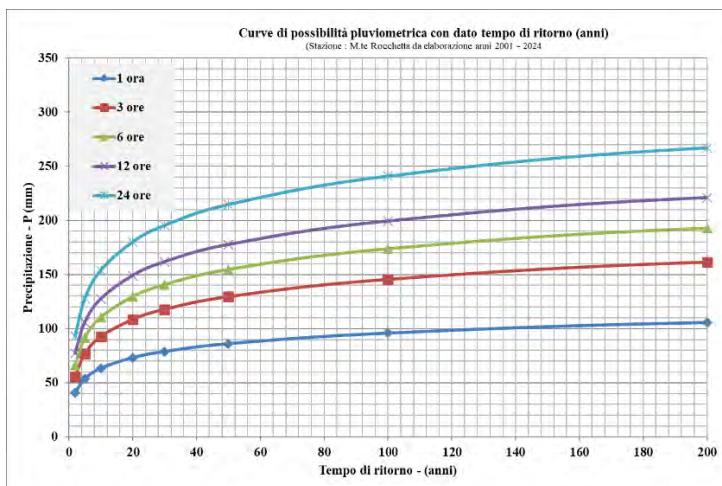


Fig. 10 -Curve possibilità pluviometrica e tempi di ritorno

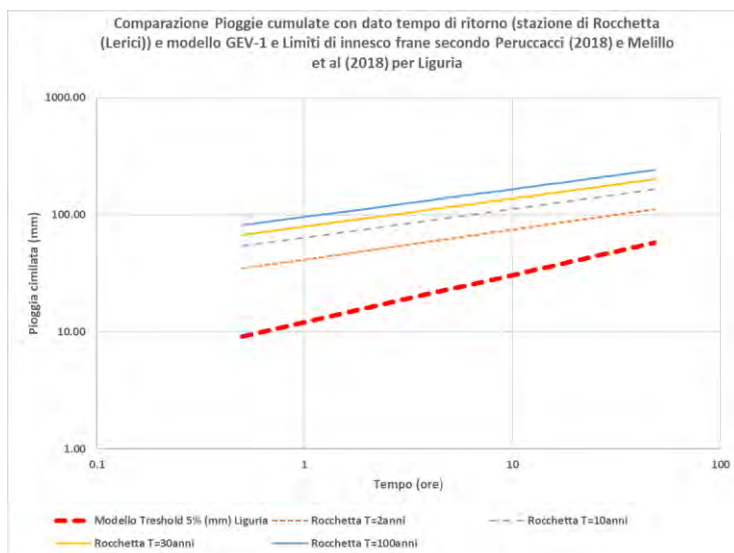
4.1.1 Le soglie pluviometriche e l'innescò di fenomeni franosi

Nel paragrafo 1.2 è stata sottolineata la problematicità legata alla incidenza delle piogge intense sull'innescò di fenomeni franosi e predisposizione alla formazione di fenomeni di trasporto solido tipo colate detritiche.

L'areale del Comune di Lerici, come peraltro anche i territori dei comuni confinanti sono stati colpiti da fenomeni idrologici che hanno portato all'innescò di frane di vario tipo negli anni passati, tra cui gli eventi del Dicembre 2010.

Nel Novembre 2018 è stato presentato a Riomaggiore il risultato di un lavoro scientifico **"Soglie pluviometriche per l'innescò di Fenomeni Franosi"** riferito alla zona delle 5 terre che segue una pubblicazione **"A tool for the automatic calculation of rainfall thresholds for landslide occurrence"** (autori - Massimo Melillo*, Maria Teresa Brunetti, Silvia Peruccacci, Stefano Luigi Gariano, Anna Roccati, Fausto Guzzetti) **del CNR-IRPI (Istituto di Ricerca per La Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale Delle Ricerche).**

Utilizzando la metodologia e le relative formulazioni proposte sono state verificate se le piogge valutate nell'analisi idrologica sviluppata con tempi di ritorno a 2, 10, 30 e 100 anni possano rientrare in piogge temibili per il possibile innescò di fenomeni franosi. La linea tratteggiata in ROSSO è la risultante secondo il Modello proposto per la Regione Liguria (Zona 5 Terre)



Il risultato ottenuto dimostra che anche piogge con tempi di ritorno molto bassi (2 anni) possano rientrare nelle soglie pluviometriche indicate per la Liguria (5Terre), e pur con tutte le cautele del caso in quanto le soglie sono influenzate da diverse incertezze legate alla piovosità e all'accuratezza delle informazioni sulle frane, alla ricostruzione delle precipitazioni responsabili del dissesto le piogge esaminate hanno una buona probabilità di creare condizioni di instabilità nell'area in esame.

4.2 Valutazione portate mediante l'applicazione della Formula Razionale

La portata di picco, ovvero la massima quantità di acqua che scorre in un punto specifico di un corso d'acqua durante un evento di piena, rappresenta un parametro fondamentale nell'ingegneria idrologica. La sua stima accurata è essenziale per la progettazione di numerose opere idrauliche, quali ponti, canali di scolo, sistemi di drenaggio urbano e strutture di controllo delle inondazioni. Un metodo ampiamente utilizzato per la stima della portata di picco da piccoli bacini idrografici è il Metodo della Formula Razionale.

Nonostante l'avvento di modelli idrologici più complessi, il Metodo della Formula Razionale mantiene la sua rilevanza, specialmente nelle fasi preliminari di progettazione e per progetti di dimensioni limitate.

La sua semplicità, espressa dalla formula $Q = C \times i \times A$, dove Q è la portata di picco, C è il coefficiente di deflusso, i è l'intensità di pioggia e A è l'area del bacino, lo rende uno strumento pratico e intuitivo per molti professionisti del settore.

La formula razionale, è una formula che, sotto alcune ipotesi, permette la stima della portata al colmo di piena che un evento di pioggia di determinato tempo di ritorno può produrre in una data sezione di chiusura in un bacino idrografico; la formula è sufficientemente attendibile per bacini di piccola estensione, inferiori ai 300 ettari.

Le ipotesi su cui si basa la formula sono le seguenti:

- l'intensità di pioggia è costante su tutto il bacino nell'intervallo di tempo considerato;
- il coefficiente di deflusso medio del bacino rimane costante nell'intervallo di tempo considerato;
- il tempo di ritorno della piena è pari a quello dell'evento di pioggia;

- la portata massima alla sezione di chiusura si verifica dopo un intervallo di tempo a partire dall'inizio dell'evento piovoso pari al tempo di corrivazione;

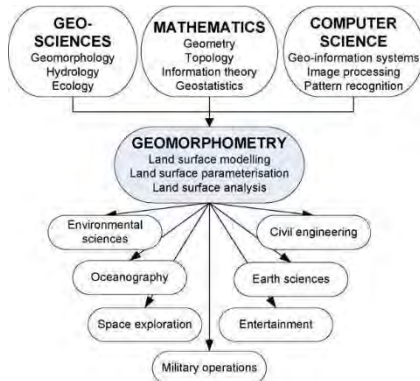
Nella tabella 1 seguente vengono presentati i risultati della stima delle portate ai nodi di chiusura per tempi di ritorno di 2, 50, 100, 200 anni.

Tabella 1 - Stima portate ai nodi di chiusura

Tabella condizioni idrauliche nodi di chiusura/tempi di ritorno						Tr2		Tr50		Tr100		Tr 200	
						a	n	a	n	a	n	a	n
						41.587	0.2546	86.158	0.2395	95.756	0.238	105.35	0.2368
Nodi_chiusura	Tratto	Lunghezza_asta(Km)	Area Ha	Tc (H)	Cd	Portata mc/s	P(mm)	Portata mc/s	P(mm)	Portata mc/s	P(mm)	Portata mc/s	P(mm)
Nodo_01	Canale_Seno_delle_Stelle	0.658	5.03	0.18	0.35	0.73	26.88	1.78	54.69	1.73	63.67	2.19	67.23
Nodo_02	Canale Fontana	0.970	26.00	0.27	0.35	2.79	29.80	4.56	62.96	6.57	70.12	5.60	77.26
Nodo_03	Fiascherino_Nodo_L_Tombato	1.300	79.90	0.36	0.35	6.92	32.06	13.70	68.86	16.22	75.09	16.80	84.29
Nodo_04	Capo d'acqua_NODO_4	1.120	48.00	0.31	0.35	4.65	30.86	10.09	64.57	10.92	72.46	12.39	79.22
Nodo_4_T_OV	Capo d'acqua_NODO_T_SP_28	0.534	6.80	0.15	0.50	1.62	25.66	3.45	54.69	3.84	60.96	4.24	67.23
Nodo_4_Camping	Campeggio Gianna	0.748	5.78	0.21	0.35	0.75	27.95	1.58	59.28	1.77	66.05	1.95	72.80
Nodo_05	Ronchetto_NODO_Q	0.851	23.50	0.23	0.35	2.84	28.61	6.33	60.59	6.71	67.49	7.78	74.39
Nodo_06	TELLARO	0.587	6.85	0.16	0.35	1.09	26.08	2.31	55.55	2.58	61.91	2.84	68.26
Nodi CAI 433													
Nodi CAI 434	Fontana_cai_01	0.549	10.34	0.15	0.35	1.72	25.66	3.65	54.69	4.09	60.96	4.50	67.23
	Fiascherino_cai_02	0.230	0.96	0.06	0.35	0.32	20.32	0.68	43.92	0.76	49.02	0.84	54.11
	Fiascherino_cai_03	0.140	2.20	0.04	0.35	0.98	18.32	2.13	39.86	2.38	44.51	2.63	49.16
	Fiascherino_cai_03_BIS	0.627	17.20	0.17	0.50	3.72	26.49	7.93	56.36	8.83	62.81	9.74	69.25
	Fiascherino_cai_04	0.800	22.00	0.22	0.50	3.93	28.28	8.33	59.95	9.28	66.78	10.23	73.61
	Fiascherino_cai_05	0.320	2.10	0.09	0.35	0.51	22.53	1.10	48.40	1.23	53.99	1.35	59.57
	Fiascherino_cai_06	0.820	32.30	0.23	0.40	4.47	28.61	9.46	60.59	10.54	67.49	11.62	74.39
	Fiascherino_cai_07	0.600	7.83	0.17	0.40	1.36	26.49	2.89	56.36	3.22	62.81	3.55	69.25
	Fiascherino_cai_08	0.446	5.10	0.12	0.40	1.15	24.24	2.45	51.85	2.73	57.81	3.01	63.77
Nodi_SP_28													
SP_28_01	Porzione Fontana	0.5	8.61	0.14	0.35	1.51	25.21	3.22	53.80	3.59	59.97	3.96	66.14
SP_28_02	Porziome Fiascherino	0.34	2.10	0.09	0.35	0.51	22.53	1.10	48.40	1.23	53.99	1.35	59.57
SP_28_03	Porziome Fiascherino	0.54	14.16	0.14	0.50	3.54	25.21	7.56	53.80	8.43	59.97	9.30	66.14
SP_28_04	Porziome Fiascherino	0.714	17.38	0.19	0.50	3.46	27.25	7.36	57.88	8.20	64.49	9.04	71.10
SP_28_05	Porzione Capo d'Acqua	0.44	15.67	0.11	0.50	4.69	23.71	10.06	50.78	11.21	56.63	12.37	62.46

5 Analisi geomorfometrica

Lo studio dell'areale interessato dal progetto di recupero si è snodato con una analisi geomorfometrica basata, vedi par. 2, sulla elaborazione dei dati LIDAR per definire alcuni indici che evidenziassero le criticità dell'area con riferimento sia a fenomeni di trasporto solido, sia di erosione dei suoli e relativa connettività di trasporto solido.



La geomorfometria rappresenta la scienza quantitativa dedicata allo studio della superficie topografica terrestre. Questo campo di indagine si concentra sull'ottenimento di misure accurate della forma del paesaggio, segnando un'evoluzione significativa rispetto alle tradizionali descrizioni qualitative che hanno caratterizzato la geomorfologia per lungo tempo.

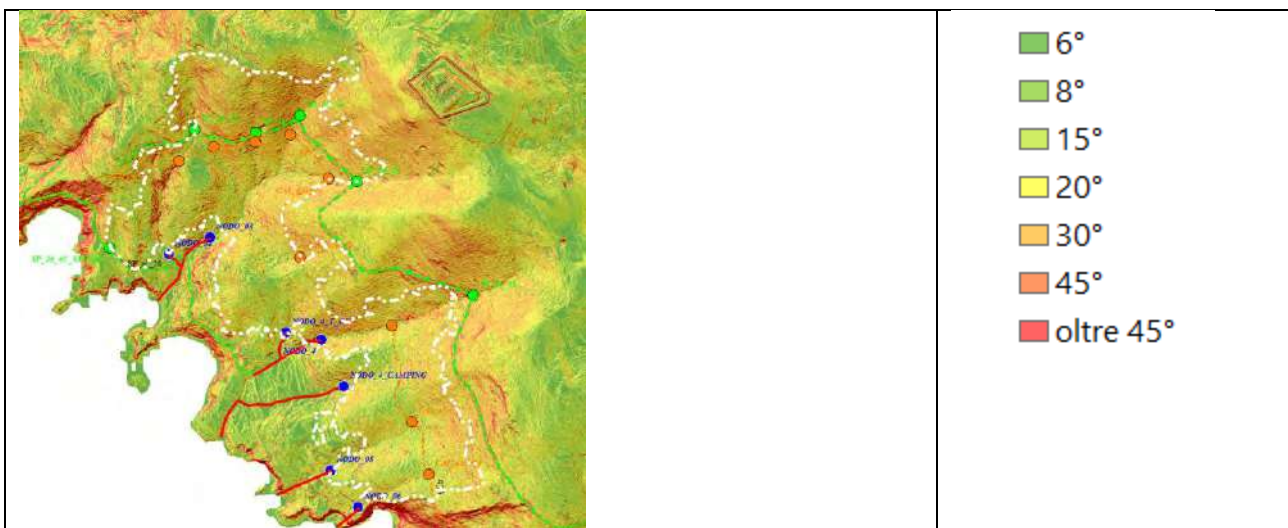
L'analisi quantitativa offre un approccio più rigoroso e basato sui dati per comprendere le caratteristiche del terreno, facilitando la comparazione tra diverse aree geografiche e periodi temporali, nonché lo sviluppo di modelli predittivi sui processi che modellano il nostro pianeta, inoltre permette ai tecnici di settore di poter ripercorrere e confrontare percorsi tecnici per verificare le ipotesi adottate e i risultati raggiunti. In particolare nel presente lavoro i parametri calcolati mediante appositi algoritmi riguardano alcuni indici denominati parametri primari e parametri derivati, fra i parametri derivati assume una certa importanza la tecnica utilizzata per la possibile identificazione della presenza di muri a secco.

5.1 Parametri Geomorfometrici Primari

I parametri primari in geomorfometria sono quelli derivati direttamente dai valori di elevazione del DTM e costituiscono la base per il calcolo di parametri più complessi. I principali parametri primari includono l'elevazione, la pendenza, l'esposizione dei versanti e la curvatura.

Qui di seguito vengono presentati i risultati relativamente alla carta delle pendenze e alla carta dell'esposizione dei versanti mentre la carta delle curvature verrà trattata nella fase di analisi delle terrazze.

5.1.1 La Carta delle pendenze

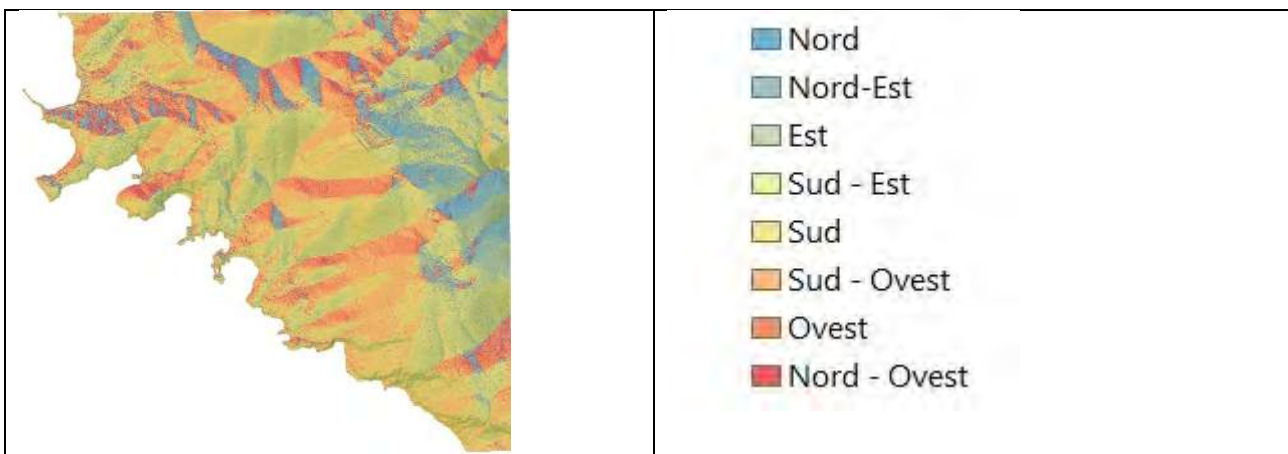


Dall'esame della Carta delle Pendenze espressa in gradi emerge che la pendenza dei versanti nella zona collinare è rappresentata da valori decisamente elevati compresi fra 20° e 30° andando ben oltre ai 45°.

Le classi sono state scelte per evidenziare che tale la fascia facendo riferimento al solo parametro della pendenza media dell'alveo e conseguentemente dei versanti e richiamando studi specifici individuano le condizioni a maggior rischio di debris flow per pendenze con valori superiori al 27% (pari a circa 15°); a questa classe segue, con indice di rischio legato a processi tipo debris flood, il campo di pendenze compreso fra il 27% (pari a circa 15°) ed il 14% (pari a circa 8°)

Ossia le aree interessate dal progetto di recupero sono attraversate da canali individuabili nel reticolo idrografico minore che presentano caratteristiche che possono portare alla presenza di fenomeni di colate detritiche.

5.1.2 La Carta dell'esposizione



La carta dell'esposizione dei versanti evidenzia come la zona ha una esposizione efficace per le destinazioni di recupero agrario a cui è destinata.

5.1.3 Le terrazze e la procedura di estrazione delle aree terrazzate da DTM LIDAR

La funzione delle sistemazioni idraulico-agrarie dei terreni in pendio è notoriamente quella di regimare il deflusso delle acque in eccesso rispetto alla capacità di ritenuta del terreno in modo da assicurare, da una parte, il giusto rapporto tra aria, suolo e acqua nel substrato e, dall'altra, di garantire la massima stabilità dei pendii e il minimo livello di erosione.

In presenza di versanti particolarmente acclivi, le sistemazioni costituiscono, infatti, un fattore di riduzione dei tempi di corrivazione delle acque superficiali, favorendo un'infiltrazione adeguata a soddisfare i bisogni delle colture, oltre che costituire un rilevante elemento di contenimento sia dell'erosione della parte fertile del suolo, sia dei conseguenti rischi di alluvioni, frane o altro, particolarmente nelle sottostanti aree pedecollinari e di piano.

Le varie forme di terrazzamento trovano comunque la loro espressione più completa nella strutturazione di veri e propri sistemi complessi a livello territoriale, in cui la tipologia di opere e le loro relazioni strutturali e funzionali definiscono le identità di paesaggi caratteristici, come è facilmente riscontrabile un'ampia varietà di tecniche di realizzazione e di gestione, quali ad esempio la costruzione dei muri in pietra senza l'uso di malte (muri a secco) e l'allestimento di sistemi di gestione delle acque di ruscellamento ecc. Tali tecniche sono chiaramente il frutto di conoscenze diverse, soprattutto idrauliche e agronomiche, applicate e sviluppate in perfetta comprensione delle caratteristiche del territorio di riferimento. Una corretta progettazione, pianificazione e manutenzione dei sistemi di terrazze rappresentano passaggi necessari per

evitare il degrado del suolo. Tutte queste azioni partono dal monitoraggio delle terrazze e dall'identificazione dei meccanismi di guasto, delle fonti e delle conseguenze.

Nell'ultimo decennio, una serie di nuove tecniche di telerilevamento ha portato a un notevole aumento delle informazioni sul terreno, fornendo nuove opportunità per una migliore comprensione delle firme geomorfiche della superficie terrestre (Tarolli 2014). Molti studi recenti hanno dimostrato l'affidabilità della tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), sia aerea che terrestre, in molte discipline che si occupano di rappresentazione e modellazione della superficie terrestre (Booth et al. 2009; Lin et al. 2013; Sofia et al. 2014; Lo Re et al. 2018).

Nei paesaggi terrazzati, i dati LiDAR ad alta risoluzione possono essere utili in quanto permettono di riconoscere le firme topografiche dei terrazzamenti, compresi quelli in aree coperte da vegetazione.

La capacità della tecnologia LiDAR di derivare un DTM (Digital Terrain Model) ad alta risoluzione (≈ 1 m) da dati di terreno nudo, e filtrando la vegetazione da dati grezzi, sottolinea l'efficacia di questa metodologia nella mappatura di terrazze abbandonate e vegetate (Tarolli et al. 2014; Sofia et al. 2016).

Le derivate della superficie DTM come la curvatura della morfologia, se ottenute con celle della griglia di piccole dimensioni, possono essere utili per identificare automaticamente la posizione e la forma di terrazze attraverso statistiche (ad es. Sofia et al. 2014a).

Questo è l'approccio che abbiamo utilizzato per una prima e rapida valutazione dell'ubicazione dei terrazzamenti, in particolare di quelli abbandonati che potrebbero richiedere interventi di restauro. Tuttavia, la topografia ad alta risoluzione può essere vantaggiosa per altre applicazioni, permette tra l'altro un migliore riconoscimento dei percorsi di flusso delle acque superficiali.

I cedimenti delle terrazze sono generalmente correlati all'incurvamento delle pareti a causa della pressione dell'acqua sotterranea (Preti et al. 2018). Per identificare l'influenza topografica su tale pressione o sulla direzione del flusso idrico superficiale, è necessario modellare la presenza dei terrazzi e la morfologia superficiale, considerando l'importanza che essi hanno nell'influenzare i processi idrologici (percorsi di flusso superficiale) e geotecnici a scala di versante.

Utilizzando DTM derivato da LiDAR di 1 m, è possibile calcolare la direzione del flusso e l'area di drenaggio a monte e identificare le aree in cui il flusso d'acqua è deviato o concentrato in percorsi specifici (Vedi par. 5.2.1)

La procedura utilizzata per estrarre dai dati LIDAR le forme che possano identificare la presenza di terrazzature indipendentemente che le stesse sia muri a secco e/o sistema a ciglioni che è stata applicata ha richiesto l'elaborazione dei dati relativamente al DSM LIDAR utilizzando procedure di calcolo disponibili in alcuni dei software GIS utilizzati tra cui SAGA-Gis- Landserf .

La prima operazione è stata la realizzazione della carta delle ombre "Hillshade" per ricercare visivamente le zone caratterizzate dalla presenza di aree terrazzate ben individuabili sia dalla fotointerpretazione sulle ortofoto regionali sia su Google Earth pro e la corrispondente visualizzazione sul dato LIDAR – Hillshade e poter utilizzare tali zone per una taratura sulle modalità di estrazione delle terrazzature, di fatto sono firme morfologiche ben riconoscibili sulla modellistica derivata dal DTM

Il secondo passaggio è stato l'utilizzo di alcune procedure messe a disposizione da appositi software (SAGA-GIS; Landserf; ARC-map; Q-gis) sulla applicazione per lo studio delle curvature.

Il modello digitale del terreno filtrato dalle informazioni contenute nelle celle dove non è possibile o non è interessante individuare superfici terrazzate è la base dati da indagare per riconoscere tutte le superfici che



presentano delle caratteristiche che potenzialmente potrebbero essere comuni e corrispondenti a muretti/terrazze/ciglioni.

La caratteristica che contraddistingue gli ambienti terrazzati è la presenza di un muro di contenimento, più o meno verticale, più o meno alto, che sostiene a monte una superficie più o meno pianeggiante e più o meno ampia, in taluni casi (Ciglioni) manca la zona verticale del muro di contenimento sostituita da una piccola scarpata con inclinazione variabile che ovviamente complica l'analisi e l'interpretazione mediate dati LIDAR.

Il tipo di curvatura ricercata permette di evidenziare caratteristiche morfologiche di interesse nel caso delle terrazze.

Il tipo di curvatura utilizzata è l'analisi del profilo lungo la linea di massima pendenza

La curvatura profilo è parallela alla pendenza e indica la direzione della pendenza massima. Un valore negativo (A) indica che la superficie è convessa verso l'alto in quella cella e il flusso decelererà. Un profilo positivo (A) indica che la superficie è concava verso l'alto in quella cella e il flusso accelererà. Un valore zero indica che la superficie è lineare (C).

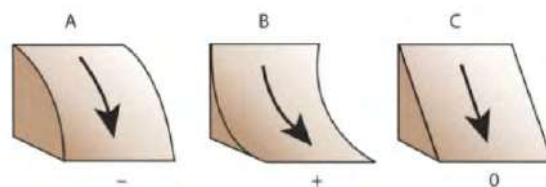


Fig. 11 - Curvatura Profilo - Tratta da manuale ARC-MAP

Il risultato viene presentato nelle figure seguenti dove sono rappresentate le teste dei terrazzi in rosso, le zone di raccordo fra testate e parte pianeggiane della terrazza in blu e la zona pianeggiante in giallo/arancio

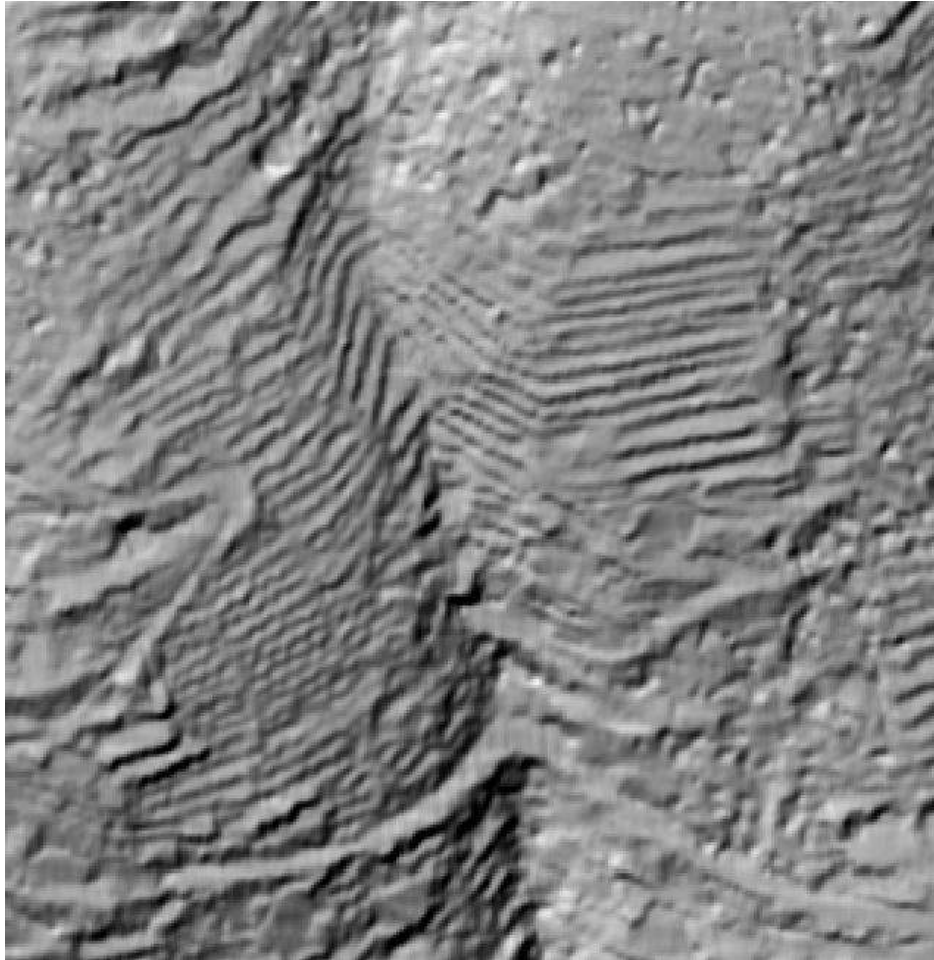
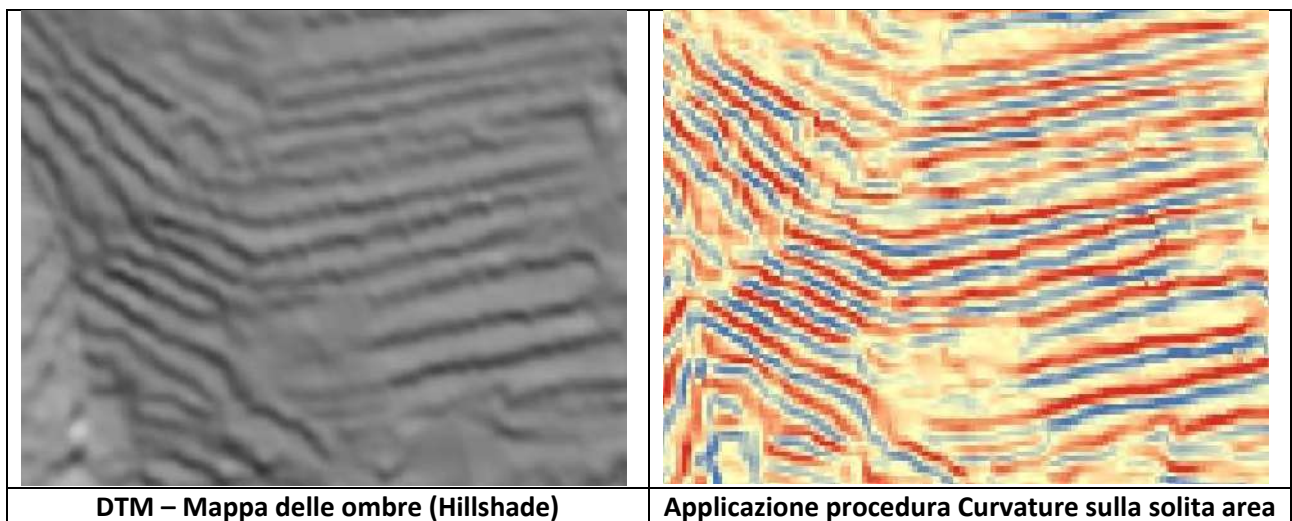
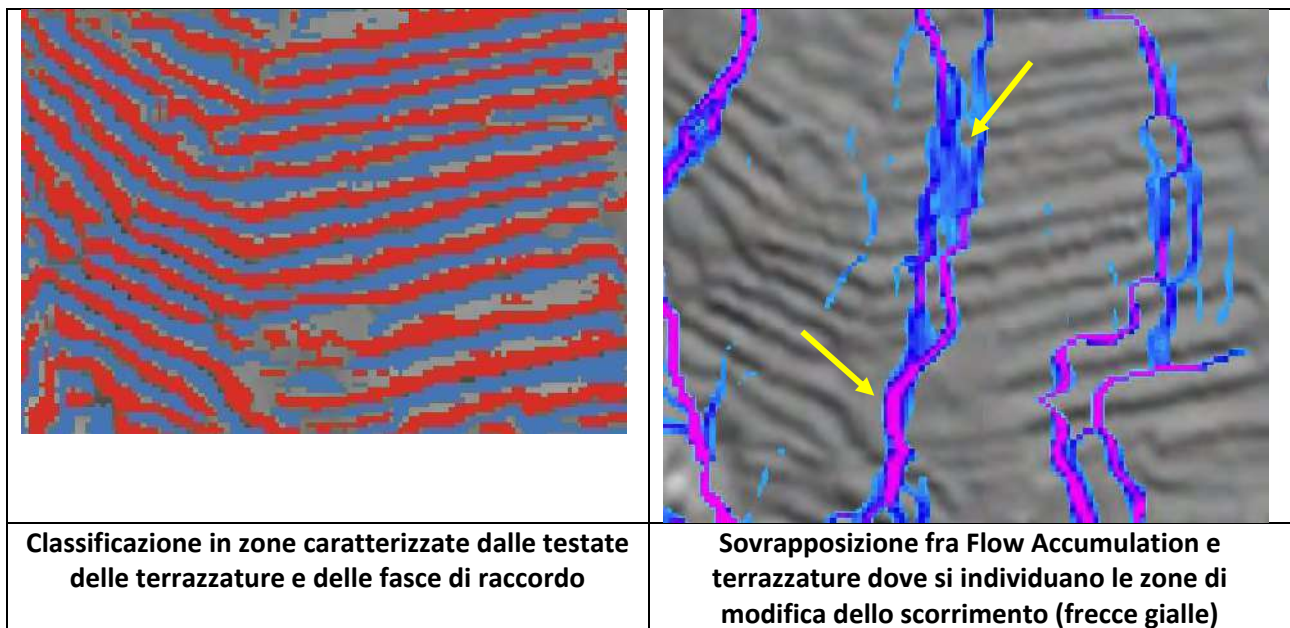


Fig. 12 Ingrandimento DTM con ombre Hillshade di un'area di taratura

Nelle immagini seguenti viene presentata una delle zone utilizzate per la taratura del metodo e le necessarie elaborazioni per estrarre le linee che rappresentano le testate delle terrazze





Questo tipo di analisi permette di individuare con il rapporto che intercorre fra vie preferenziali di scorrimento delle acque e terrazze individuando quei fattori di interferenza che possono arrecare problemi alle terrazze stesse.

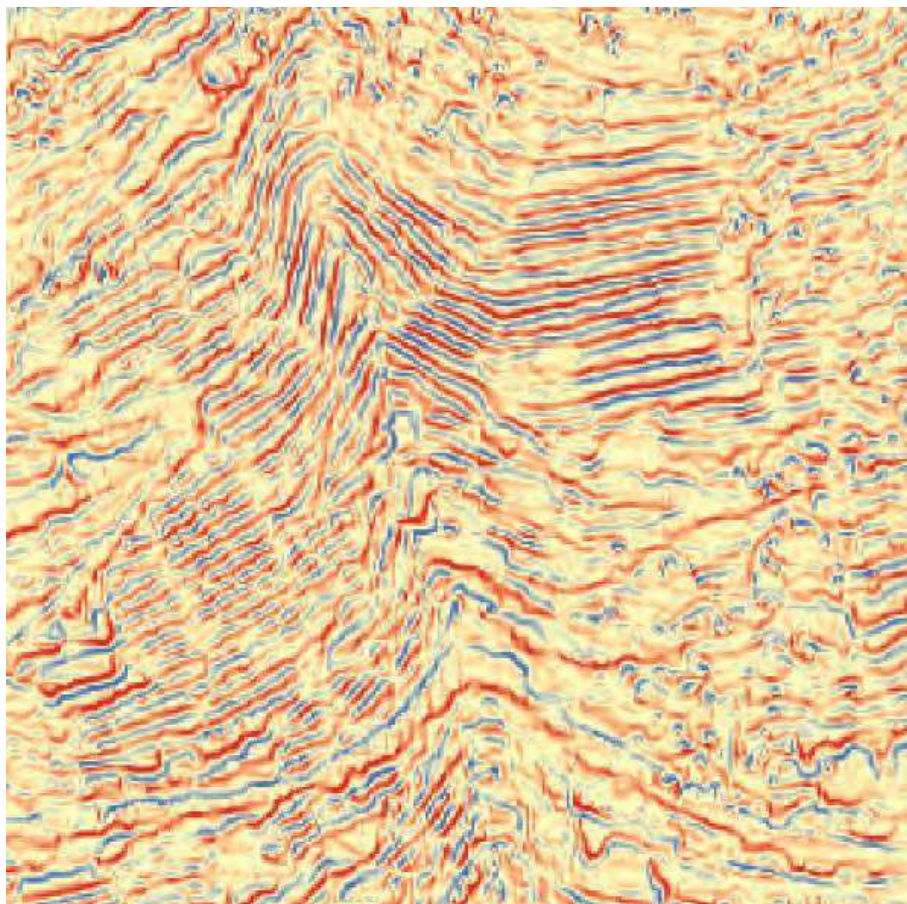


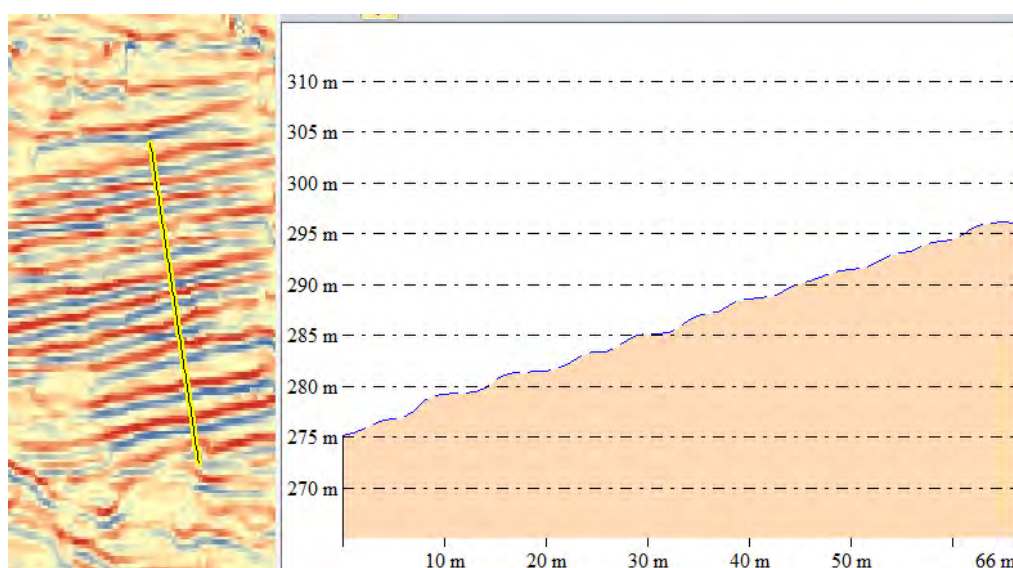
Fig. 13 - estratto Carta Curvature

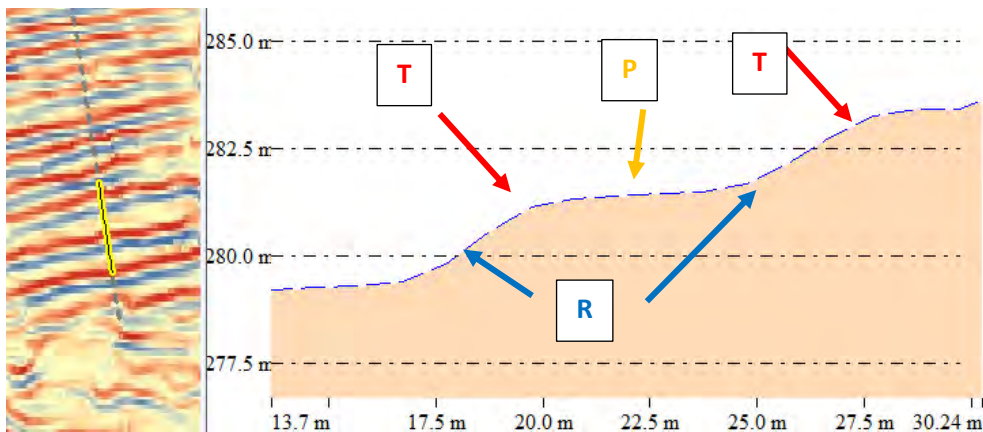


Fig. 14 - terrazzature zona taratura

5.1.4 Risultato della valutazione delle terrazzature per ogni ambito

Nelle immagini seguenti fig. 15 e fig, 16 vengono presentate le sezioni morfologiche delle aree terrazzate 3 in particolare nella fig. 16 viene ingrandita la zona terrazzata dove si esplicita il limite delle possibilità di estrazione del dato da elaborazioni del DTM LIDAR





T = Testate Terrazzo (Rosso);

P = Porzione Pianeggiante (Giallo- Arancio)

R = Raccordo P – T (Blu)

il risultato ottenuto risente certamente di alcune limitazioni dovute a:

- la presenza di fattori di disturbo (banding) nonostante i miglioramenti ottenuti con l'utilizzo di appositi algoritmi senza alterare i valori in quota del DTM;
- l'interpretazione di zone dove le differenze fra le zone rosse e azzurre diventava molto sottile, come pure zone dove la dominante gialla confonde lo sviluppo delle terrazature;
- Le zone di passaggio R sono il frutto della interpolazione delle quote del modello 3D ed essendo il parametro di valle in effetti verticale nella interpolazione viene segnalato come inclinato. Questo fatto è legato essenzialmente al passo del DTM.

Il metodo utilizzato permette comunque di fare una stima della lunghezza delle terrazature presenti ma ha il limite di non suddividere le terrazature fra ciglioni e muri a secco e il disturbo morfologico conseguente all'abbandono delle zone esaminate e l'interferenza con le frequenti rotture dei muri a secco riscontrate in campagna durante i sopralluoghi dovuti essenzialmente alla interferenza con la presenza di cinghiali porta ad aumentare le incertezze del calcolo, quindi si è preferito dare una indicazione sullo sviluppo delle terrazature orientato soprattutto alla necessità di procedere con il ripristino delle zone interessate dal piano soprattutto ai fini di una miglioramento complessivo sull'assetto idrogeologico complessivo.

La elaborazione dei dati è stata molto complessa per cui si è reputato opportuno semplificare le procedure e definire le terrazature mediante dei segmenti che ne identificano la testata e soprattutto non era attualmente possibile distinguere terrazature di muri a secco dai ciglioni e soprattutto discriminare muri a secco con forme naturali del terreno a causa anche del disturbo del dato lidar che nonostante le elaborazioni e correzioni effettuate ha continuato a dare dei risultati poco affidabili limitatamente ad alcune zone, Si è dell'opinione e i dati presentati lo dimostrano come peraltro anche altri studi da noi già effettuati e pubblicati che migliorando la risoluzione strumentale, passando a 80-100 attuali a cm a 20-30 è possibile ottenere con rapidità risposte e monitoraggio con costi contenuti.

I risultati ottenuti vengono qui di seguito illustrati e raccolgono risultati che hanno richiesto elaborazioni ulteriori per ridurre errori.

Risulta opportuno inoltre ricordare che i dati LIDAR utilizzati risalgono al 2008, ragione per la quale oltre alle elaborazioni strumentali è stato necessario sviluppare un accurato controllo mediante fotointerpretazione tradizionale utilizzando sia le Ortofoto regionali ma soprattutto le immagini Google Earth che hanno permesso di risolvere zone dubbie e quindi poter fornire un dato che ha un buon livello di accettabilità.

Tabella 2 - Distribuzione muri a secco derivati da analisi del DTM-LIDAR negli ambiti del progetto di Recupero Agricolo

Ambito	N. Muretti individuati	Lunghezza Totale (m)	Lunghezza (m) media ambito	Area (ha)
1	1081	17192	15.90	16.860
2	2958	42125	14.24	43.280
3	1798	29110	16.19	27.110
Totale area Ambiti	5837	88427	15.15	87.30

5.2 Parametri Geomorfometrici Derivati

I parametri geomorfometrici derivati sono stati calcolati a partire dai parametri primari e forniscono informazioni più specifiche sulle caratteristiche Idrogeomorfologiche più complesse evidenziando sul piano cartografico le zone a maggiori criticità.

In particolare l'attenzione è stata rivolta, dopo l'analisi dei risultati raccolti durante i primi controlli in campo, ad una serie di problematiche legate alla gestione dello smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale soprattutto durante fenomeni idrologici intensi in rapporto alla presenza di detriti e al trasporto solido nelle zone a forte pendenza ed anche in alcuni sentieri secondari ubicati in zone a forte pendenza.

I controlli in campo hanno fatto emergere la presenza di un'alta percentuale di materiale litoide costituito da frammenti di rocce calcaree spigolose di dimensioni variabili fra 10 – 30 cm di lato e volumetrie di circa 0.001 e 0.027 mc, oltre a sedimenti di granulometrie più contenute riscontrate soprattutto nella sentieristica che è posta lungo i versanti sia a monte che a valle della Strada Provinciale SP 28 oltre ovviamente materiale detritico più fine (sabbie fini) riscontrabile lungo alcuni tratti dei canali secondari.

Particolare evidenza è da attribuirsi alla presenza riscontrata sotto il Forte di M.te Rocchetta lungo le pendici del monte stesso interessate dalla presenza di materiale litoide fratturato probabile conseguenza degli sbancamenti effettuati all'epoca di costruzione del Forte. Il detrito è caratterizzato da elementi spigolosi litoidi (Calcari) pluridimensionali immersi in una matrice di argille limo-sabbiose. Tale situazione è ben visibile sul pendio (sud) del forte stesso, alla cui base si sono riscontrate la presenza di vecchi sbancamenti di cave abbandonate, interessate anch'esse da coperture detritiche (Vedi Relazione 2).

Inoltre nella parte compresa fra il sentiero CAI 422 e la sommità del M.te Rocchetta sempre nel versante verso Ovest, sono state riscontrate tracce di probabili Tension crack e relativi by Pass Flow che sono delle fratture nel pendio che favoriscono una Infiltrazione accelerata di acque conseguenti a eventi piovosi che condizionano una situazione critica sul piano idrogeologico e di stabilità dell'area pur interessata dalla presenza di consistenti affioramenti litoidi di calcari comunque molto fratturati da sistemi di fratture originatesi per motivi di ordine tettonico che caratterizzano la geologia strutturale di questa area.

Tali evidenze sono state peraltro confermate a seguito della applicazione della Indice di Melton alle aste principali dei bacini che contengono gli ambiti di recupero che hanno evidenziato risultati che hanno fatto emergere e per alcuni aspetti confermare il rischio di colate detritiche non controllate.

Fenomeni peraltro già accaduti nel dicembre 2010 allo sbocco del Canale Fontana, con evidenze all'interno dell'area della Locanda del Senatore (spiaggia di Fiascherino) e si hanno notizie di fenomeni di minori entità dell'agosto del 2005 con un temporale che ha fatto registrare una precipitazione di 205 mm in 24 ore alla stazione di Monte Rocchetta e sedimenti che hanno invaso la sede stradale della Strada Provinciale n.26 per Tellaro.

Queste evidenze, l'analisi dell'andamento delle pendenze dei versanti, la vicinanza delle zone urbane alle parti che manifestano la più alta energia hanno suggerito di spingere l'analisi verso lo studio di ulteriori

parametri morfometrici derivabili direttamente dal DTM con indicatori di tipo complesso che sono in grado di fornire utili informazioni riguardo ai processi connessi alla dinamica del sedimento.

Di particolare rilevanza per l'analisi in esame sono gli indici morfometrici che analizzano i processi di erosione e trasporto e di connettività del sedimento, sono indicatori che combinano pendenza e area drenata.

Di seguito verranno illustrati quattro indici geomorfometrici finalizzati rispettivamente a:

1. **Indice di accumulo di flusso (Flow Accumulation);**
2. **Indice di Melton;**
3. **Indice SPI (Indice di erosione)**
4. **Indice di Connettività**

Questi indici sono stati calcolati e finalizzati alla verifica della possibilità di sviluppo di fenomeni di trasporto solido che possano interessare i principali canali che caratterizzano il reticolo minuto rispondendo peraltro alle stesse indicazioni delle "Norme di Attuazione del Piano di Bacino Ambito 20 che all'articolo 16 ter: Misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico evidenziano al punto 1. **di contenere il rischio dovuto a processi torrentizi indotti da intensi fenomeni pluviometrici, colate veloci di fango e detriti (debris-flow).**

5.2.1 Flow accumulation

L'indice di accumulo di Flusso (Flow Accumulation), rappresenta il numero di celle a monte che drenano in una determinata cella. Viene calcolato tracciando il percorso del flusso d'acqua attraverso il DTM, assumendo che l'acqua scorra sempre verso la cella adiacente con la minore elevazione. L'accumulo di flusso è un parametro fondamentale in idrologia, in quanto evidenzia le aree di convergenza del flusso superficiale e può essere utilizzato per delineare le reti di drenaggio e i bacini idrografici. Celle con un elevato accumulo di flusso corrispondono tipicamente a canali fluviali e dove può accumularsi il detrito trasportato dalla forza dell'acqua di scorrimento superficiale.

Questo parametro riveste un ruolo cruciale nella modellazione idrologica, in quanto permette di comprendere i percorsi seguiti dall'acqua sulla superficie terrestre e la formazione di reti di drenaggio. L'analisi dell'accumulo di flusso è ampiamente utilizzata per identificare le aree di flusso concentrato, che spesso corrispondono ai canali fluviali e ai corsi d'acqua presenti nel paesaggio.

Sulla base di queste informazioni derivate dai dati Lidar è stato estratto il reticolo idrografico dei singoli bacini.

Questa tecnica è stata utilizzata per la creazione della rete di drenaggio e per estrarre il reticolo idrografico che è stato modificato nella parte finale in corrispondenza dei nodi di chiusura dei bacini in corrispondenza dell'inizio delle tombature, inoltre sono stati appositamente inseriti ulteriori nodi ubicati in corrispondenza della intersezione fra i principali canali derivati dai dati Lidar con l'intersezione con le due principali reti la Strada Provinciale SP n.28 e il Sentiero CAI 433.

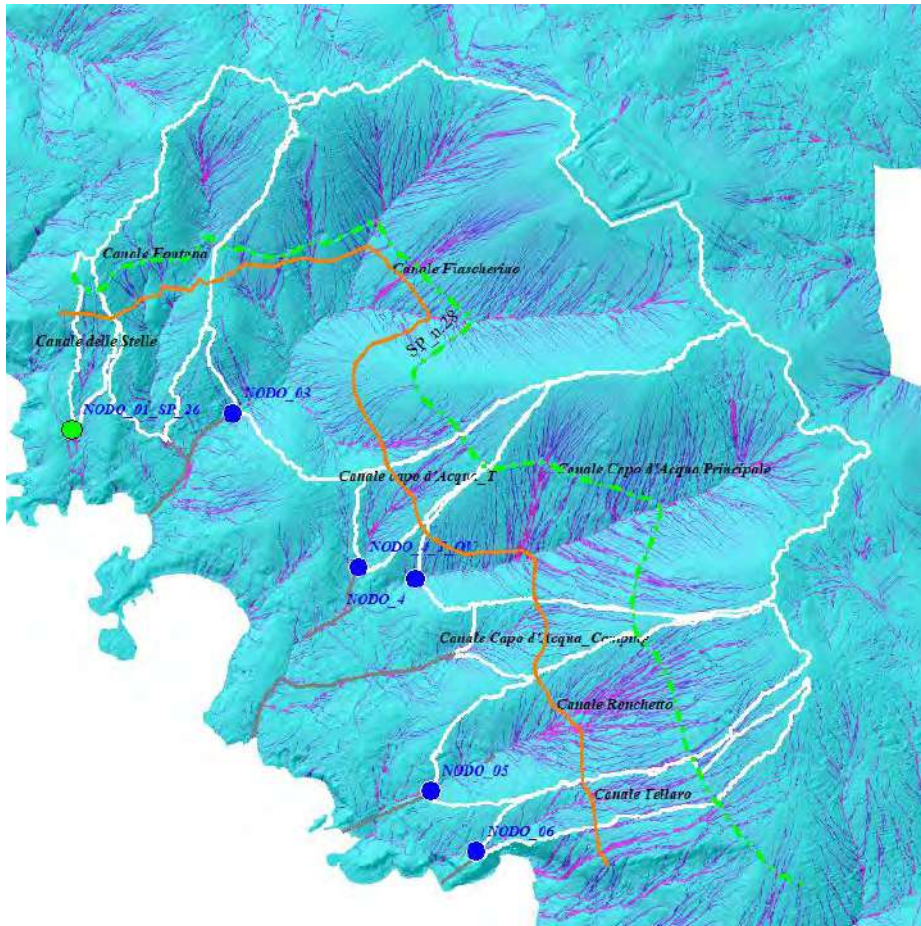
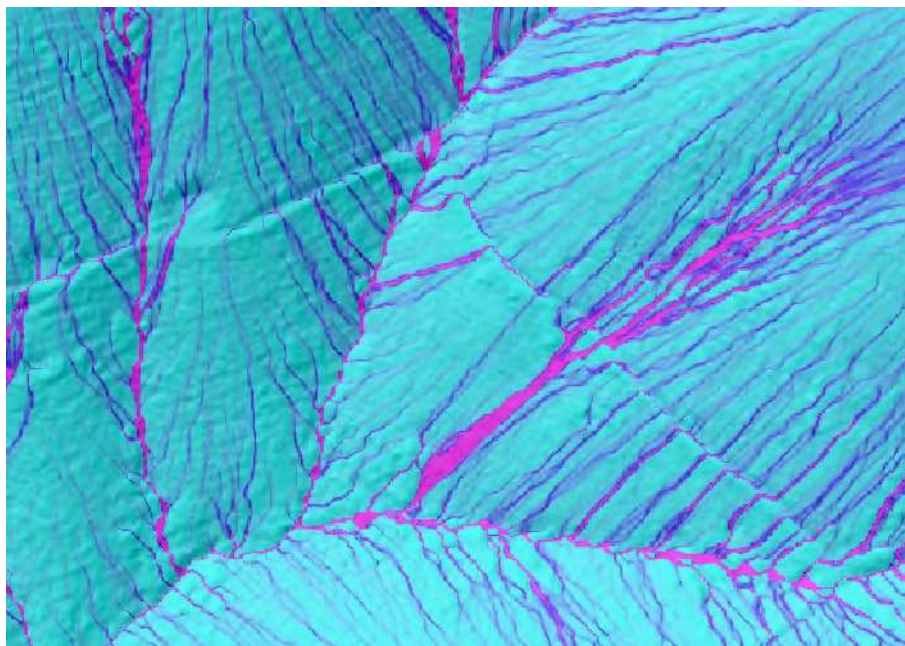


Fig. 15 - Flow Accumulation

Nelle immagini che seguono sono esemplificate alcune anomalie che si riscontrano nell'analisi del sistema di deflusso che vengono evidenziate in particolare nel caso della strada provinciale SP 28



Nella scheda allegata viene proposta l'interpretazione dei valori di accumulo di flusso in maniera descrittiva con variazione delle colorazioni da azzurro FA molto bassa fino a fucsia FA molto alta.

Valore Accumulation	Flow	Caratteristica del Paesaggio	Significato Idrologico
Molto Alto (Zone fucsia)		Fiumi principali, valli principali	Ampia area di contribuzione a monte, flusso concentrato, elevato potenziale di erosione/inondazione
Alto (Zone blu scuro)		Affluenti, valli minori	Significativa area di contribuzione a monte, flusso moderato, moderato potenziale di erosione/inondazione
Moderato (Zone blu chiaro - azzurro)		Corsi d'acqua di testata, aree collinari	Moderata area di contribuzione a monte, flusso intermittente
Basso (Azzurro)		Versanti collinari, linee di drenaggio minori	Piccola area di contribuzione a monte, flusso disperso
Molto Basso/Zero (Azzurro)		Creste, sommità collinari	Nessuna o minima contribuzione a monte, spartiacque

La flow accumulation evidenzia le zone dove molto probabilmente sarà necessario intervenire lungo le aste principali al fine di contenere la velocità delle acque di ruscellamento ed il trasporto solido.

5.2.2 L'indice di MELTON e sua interpretazione

L'Indice di MELTON, si configura come uno strumento geomorfologico di primaria importanza per la valutazione preliminare della rugosità di un bacino idrografico e della sua potenziale suscettibilità a processi erosivi, in particolare alle colate detritiche. La sua formula semplice, basata sul rilievo e sull'area del bacino, consente una rapida quantificazione di queste caratteristiche morfologiche cruciali.

Il Numero di Melton, noto anche come Rapporto di Melton o Indice di Rugosità di Melton, è un indice morfometrico che quantifica la rugosità del terreno di un bacino idrografico.

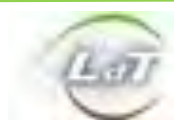
Il Numero di Melton (R) è calcolato mediante la seguente formula:

$$R = Hb / (Ab^{0.5})$$

dove:

- Hb rappresenta il rilievo del bacino, ovvero la differenza tra la quota massima e la quota minima all'interno del bacino stesso. Questo componente indica l'energia potenziale disponibile per i processi geomorfologici, derivante dalla variazione altimetrica.
- Ab è l'area totale del bacino idrografico. Questa componente rappresenta l'estensione orizzontale del bacino, influenzando fattori come il volume di ruscellamento e la disponibilità di sedimenti.

I valori del Numero di Melton sono generalmente interpretati in termini di suscettibilità ai processi geomorfologici rapidi, in particolare ai debris flow.



In generale valori elevati del Numero di Melton indicano un terreno ripido e un maggiore potenziale per processi geomorfologici rapidi come i debris flows.

Questi valori suggeriscono che la combinazione di un elevato dislivello e una relativa compattezza del bacino favorisce la generazione di tali eventi. Al contrario, valori bassi suggeriscono un terreno più dolce, dove potrebbero predominare processi fluviali di tipo diverso.

La distinzione tra la dominanza di debris flow a valori elevati del Numero di Melton e la dominanza di eventi alluvionali a valori bassi evidenzia la capacità di questo indice di differenziare tra diverse tipologie di processi di trasporto di massa e fluviali.

Le soglie di classificazione (0.2/0.3 e 0.6) forniscono un riferimento pratico per interpretare il Numero di Melton nel contesto del rischio di debris flow e derivano probabilmente da osservazioni empiriche e correlazioni con eventi reali. Nel caso in esame la formulazione dell'Indice di Melton è stata valutata su due diverse applicazioni, ossia:

- **Indice di Melton riferito all'asta principale delle singole Unità Idrogeomorfologiche:** limitatamente all'asta principale del bacino idrologico precedentemente individuato e relativo ai nodi di chiusura (interferenti);

Sub-bacini		Me
Nodo_01	Canale_Seno_delle_Stelle	0.53
Nodo_02	Canale Fontana	0.56
Nodo_03	Fiascherino_Nodo_L_Tombato	0.41
Nodo_04	Capo d'acqua_NODO_4	0.47
Nodo_4_T_OV	Capo d'acqua_NODO_T_SP_28	0.96
Nodo_4_Camping	Campeggio Gianna	1.07
Nodo_05	Ronchetto_NODO_Q	0.66
Nodo_06	TELLARO	1.09
Nodi CAI 433		
Nodi CAI 433	Fontana_cai_01	0.62
	Fiascherino_cai_02	1.33
	Fiascherino_cai_03	1.18
	Fiascherino_cai_03_BIS	0.64
	Fiascherino_cai_04	0.35
	Fiascherino_cai_05	1.18
	Capod'acqua_cai_06	0.47
	Ronchetto_cai_07	0.82
	Tellaro_cai_08	0.98
Nodi SP_28		
SP_28_01	Porzione Fontana	0.44
SP_28_02	Porzione Fiascherino	1.07
SP_28_03	Porzione Fiascherino	0.63
SP_28_04	Porzione Fiascherino	0.51
SP_28_05	Porzione Capo d'Acqua	0.41

L'interpretazione dei risultati delle analisi sviluppate lungo l'asta principale evidenziano valori di Indice di Melton mediamente compresi su valori medio alti (Superiori a 0.5) che evidenziano una predisposizione

morfologica dei versanti soprattutto sotto il M.te Rocchetta a creare la condizione di innesco di fenomeni di colate detritiche fino a veri e propri Debris Flow.

- **Indice di Melton areale:** Una seconda verifica è stata eseguita calcolando l'indice di Melton applicandolo su ogni cella del reticolo idrografico per evidenziare se la problematica riscontrata sul singolo canale aveva anche una sua ripercussione sul piano areale.

Il risultato distribuito sulle varie aree di bacino per individuare quali sono le aree che più facilmente possono contribuire alla generazione di fenomeni di colate detritiche conferma quanto riscontrato sul singolo canale ed evidenzia in particolare la zona a monte della strada provinciale.

Il Numero di Melton è considerato una delle misure più utilizzate per valutare la suscettibilità di un bacino ai

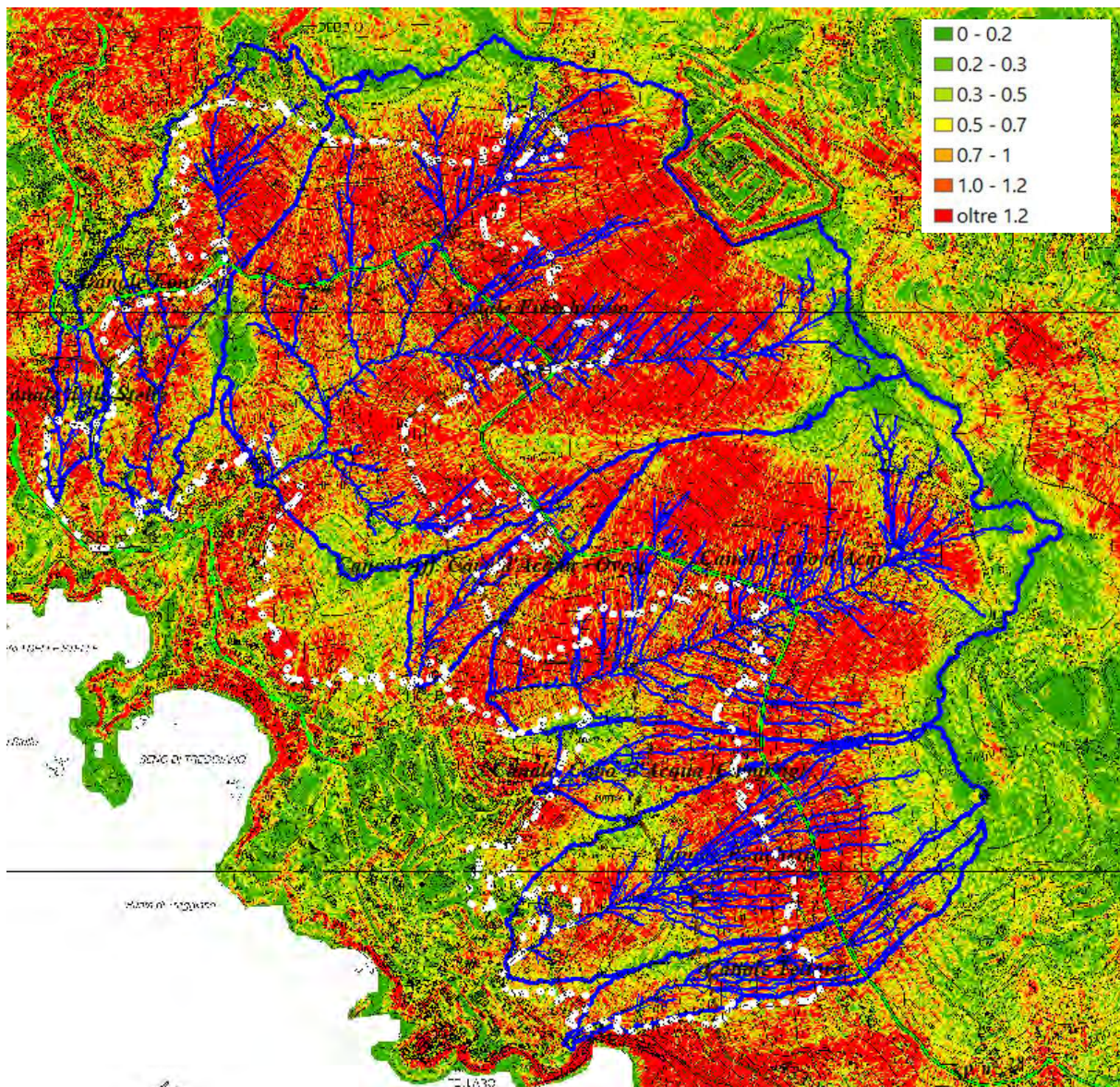


Fig. 16 - Indice di Melton area in esame

debris flow. La logica sottostante questa applicazione risiede nel fatto che pendii ripidi (indicati da un elevato rilievo rispetto all'area) e la disponibilità di detriti e sedimenti sono fattori chiave nella generazione dei debris flow.

Qui di seguito vengono presentate alcune proposte di classificazioni, e sebbene le soglie specifiche possano variare a seconda del contesto regionale e del tipo specifico di processo geomorfologico studiato, vengono spesso utilizzati alcuni intervalli generali per l'Indice di Melton.

Una classificazione comune, utilizzata anche per valutare la suscettibilità ai debris flow, è la seguente:

- Bassa suscettibilità: $R < 0.3$
- Media suscettibilità: $R = 0.3 - 0.5$
- Alta suscettibilità: $R > 0.5$

Altre classificazioni tipo una classificazione recente utilizzata in Nuova Zelanda (Welsh and Davies,2011) propone:

Tipo di Processo	Indice di Melton	Lunghezza del canale (Km)
Acque limpide	< 0.2	Tutti
Inondazione di detriti	0.2 a 0.5	Tutti
Colate Detritiche	>0.5	> 3 Km
	>0.5	≤ 3 Km

In generale si può ritenere:

Basso (Melton-R < 0.2/0.3): Indica tipicamente bacini con una pendenza media bassa e una minore suscettibilità alle colate detritiche. Questi bacini potrebbero essere più soggetti a processi fluviali con basse concentrazioni di sedimenti. Questa soglia inferiore suggerisce che in terreni meno accidentati, altri fattori come l'intensità e la durata delle precipitazioni potrebbero svolgere un ruolo più dominante nell'innesco di eventi geomorfologici significativi. Pendenze più dolci riducono la forza di gravità che guida i movimenti di massa rapidi.

Medio (Melton-R = 0.3 – 0.5/0.6): Rappresenta bacini con un rilievo moderato e una moderata suscettibilità alle colate detritiche. In questo intervallo, i processi geomorfologici dominanti potrebbero essere più variabili. Questo intervallo intermedio rappresenta probabilmente una zona di transizione in cui la probabilità e il tipo di eventi geomorfologici sono più sensibili alle specifiche condizioni locali. Una rugosità moderata consente un equilibrio tra processi fluviali e movimenti di massa.

Alto (Melton-R > 0.6): Suggerisce bacini con un elevato rilievo e un'alta suscettibilità alle colate detritiche. Questi bacini sono caratterizzati da pendenze ripide e da un significativo potenziale per una rapida mobilizzazione dei sedimenti. La soglia superiore indica fortemente una configurazione del paesaggio che favorisce eventi di movimento di massa rapidi e ad alta energia, rappresentando un maggiore rischio di pericolo. Un elevato rilievo fornisce l'energia potenziale necessaria per l'innesco e la propagazione delle colate detritiche.

Qui di seguito viene proposta una tabella che riassume l'interpretazione dei valori dell'Indice di Melton per comprendere le implicazioni dei diversi intervalli di indice, risultando particolarmente utile per una valutazione rapida e per la comunicazione dei potenziali pericoli.

Range di Valore	Suscettibilità a Debris Flow	Implicazioni Morfologiche	Processi Geomorfolo­gici Dominanti Potenziali
< 0.2/0.3	Bassa	Rilievo relativamente basso, pendenze meno ripide	Fluviali con basso carico di sedimenti
0.3 –0.5/0.6	Moderata	Rilievo moderato, pendenze intermedie	Misti (fluviali e di massa)
> 0.6	Alta	Rilievo elevato, pendenze ripide	Debris flow, erosione intensa

La mappa dell'indice di Melton dell'area di interesse evidenzia come la zona compresa fra la linea spartiacque del M.te Rocchetta, la fascia a monte della Sp 28 e alcune zone immediatamente a valle possano essere interessate da fenomeni di colate detritiche.

I valori ottenuti dalle diverse procedure utilizzate e le controprove avute durante l'evento del 2010 ed anche del 2005 evidenziano la pericolosità di dissesto conseguenza della concomitanza di eventi piovosi particolarmente intensi, disponibilità di materiale detritico ed alta energia dei versanti sottolinea l'importanza di considerare lo specifico contesto geografico e geologico nell'interpretazione dei valori dell'Indice di Melton.

L'indice consente un'analisi comparativa quantitativa della rugosità relativa e del potenziale pericolo tra diversi bacini all'interno di una regione o tra regioni diverse. Ciò può essere cruciale per stabilire le priorità delle aree da sottoporre a indagini più dettagliate o per implementare misure di mitigazione mirate. La capacità di confrontare diversi bacini utilizzando una metrica standardizzata migliora la nostra comprensione delle variazioni spaziali del potenziale di pericolo geomorfologico

La procedura di analisi dell'Indice di Melton riferita all'areale in esame ha fornito il seguente risultato:

- In tutti i casi esaminati si sono ottenuti valori superiori a 0.5/0.6 con aree che presentano valori decisamente superiori a 1 come peraltro ricavato anche dall'analisi dei singoli tratti dei canali principali ossia siamo in presenza di canali che presentano una condizione morfologica che è predisposta al trasporto solido di materiale in forma di flussi detritici fino a veri e propri Debris Flow.
- In particolare si notano i bacini che sono generati dalle zone di intersezione fra i canali principali, i nodi relativi alla intersezione con la strada provinciale SP 28 ed il Sentiero CAI 433, quindi nella zona maggiormente interessata dal progetto di recupero agricolo siano quelli che presentano le situazioni più critiche.
- La presenza di detrito generalizzato e la mancata manutenzione delle aree boscate sotto M.te Rocchetta sono le aree di possibile alimentazione del trasporto solido di materiale litoide.

5.2.3 L'indice SPI

L'Indice SPI (Stream Power Index): rappresenta l'energia esercitata dall'acqua corrente all'interno di un canale fluviale ed è un concetto fondamentale in geomorfologia fluviale, spesso indicato come potenza fluviale. Questa energia è direttamente correlata alla capacità del flusso di erodere il letto e le sponde del canale, trasportare sedimenti e, in definitiva, modellare il paesaggio, è un indicatore del potenziale erosivo del flusso superficiale, specialmente in assenza di dati idrologici dettagliati e ha una sua indiretta conferma dell'Indice di Melton.



Classificazione, Significato e Applicazioni Geomorfologiche

L'Indice di Potenza del Flusso (SPI) è una metrica geomorfologica che quantifica il potenziale erosivo del flusso d'acqua in un paesaggio, basandosi sulla pendenza locale e sull'area di drenaggio a monte.

L'indice quindi stima la capacità dell'acqua corrente di erodere, trasportare e depositare sedimenti. Indica le aree con maggiore probabilità di erosione a causa del flusso d'acqua concentrato e quantifica la suscettibilità di un punto all'erosione idrica. L'indice è ovviamente utilizzato per prevedere i modelli di erosione e deposizione, la modellazione delle inondazioni, il ripristino dei canali fluviali e la pianificazione dell'uso del territorio. È anche utilizzato nella valutazione della suscettibilità alle frane ed è una stima del potenziale di erosione e non misura direttamente i tassi di erosione effettivi.

Interpretazione dei Valori: Valori SPI elevati indicano un alto potenziale di erosione, pendenze ripide e un significativo accumulo di acqua. Valori bassi o negativi suggeriscono un basso potenziale di erosione e potenziali aree di deposizione sedimentaria. Valori vicini allo zero indicano condizioni neutre.

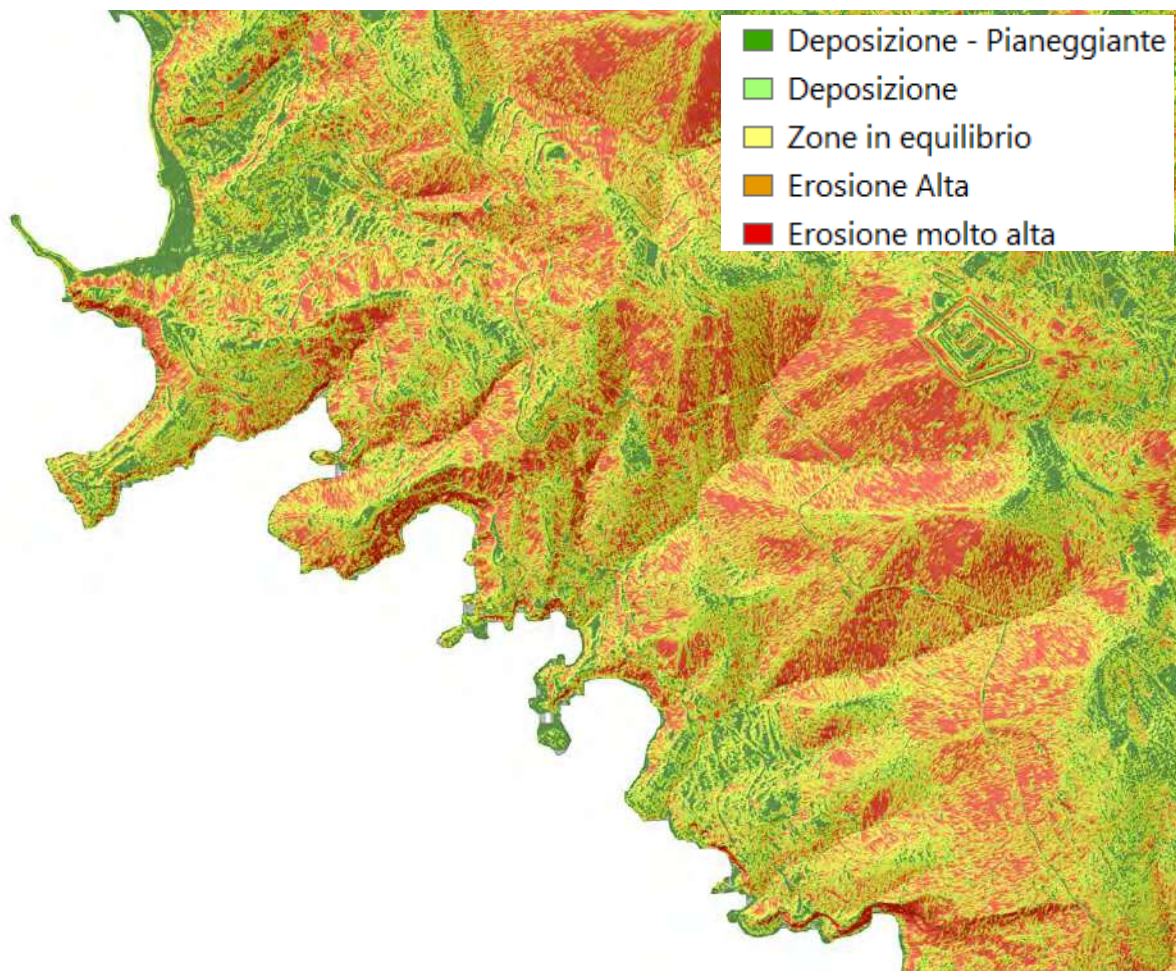


Fig. 17 - L'indice SPI

I valori continui dell'SPI vengono tipicamente suddivisi in classi discrete per facilitare l'interpretazione e la visualizzazione del potenziale di erosione.

In termini generali, gli intervalli di valori dell'SPI possono essere interpretati come segue:

Valori Positivi Elevati: Indicano generalmente aree con un elevato potenziale di erosione a causa della convergenza di un flusso a monte significativo e di pendenze ripide, che portano a un aumento della velocità dell'acqua e dello sforzo di taglio sulla superficie terrestre.

Queste aree sono spesso associate a testate di canale, versanti collinari convergenti.

Valori Bassi o Negativi: Suggestiscono tipicamente aree con un basso potenziale di erosione, spesso caratterizzate da terreni pianeggianti o con pendenze dolci con un'area di contribuzione a monte limitata, indicando potenzialmente zone di deposito o minima attività fluviale.

Questi potrebbero includere fondovalle, pianure alluvionali o interfluviali pianeggianti.

Valori Intermedi: Rappresentano aree con un potenziale di erosione moderato, riflettendo un equilibrio tra l'area di contribuzione e la ripidità della pendenza. L'intervallo specifico e l'interpretazione di questi valori possono essere molto variabili.

È fondamentale sottolineare che non esistono soglie di classificazione universalmente standardizzate per i valori dell'SPI in tutti gli studi o le applicazioni. Lo schema di classificazione utilizzato dipende spesso dalle caratteristiche specifiche dell'area di studio, dalla risoluzione del DEM, dal tipo di erosione studiato. Diversi studi hanno impiegato i propri schemi di classificazione, spesso dividendo l'SPI in categorie come "basso", "moderato" e "alto" potenziale di erosione, con intervalli numerici specifici definiti all'interno dello studio.

Nonostante l'assenza di standard rigorosi, la relazione qualitativa generale tra i valori dell'SPI e il potenziale di erosione (valori elevati = potenziale elevato, valori bassi = potenziale basso/deposizione) fornisce un quadro concettuale coerente per l'interpretazione di mappe e risultati dell'SPI in diversi studi. Sebbene gli intervalli numerici esatti per le classi possano differire, il principio sottostante dell'SPI che riflette l'energia del flusso d'acqua e il suo legame con l'erosione rimane un concetto robusto e generalmente accettato, consentendo confronti e interpretazioni generali. Risulta opportuno inoltre rilevare la elevata corrispondenza fra Indice di Melton e Indice SPI che confermano l'elevato rischio di ordine idrogeomorfologico che interessa l'areale in studio.

5.2.4 L'indice IC di Connettività (Borselli 2008)

L'Indice (IC) di Connettività: L'Indice di Connettività (IC) sviluppato da Borselli et al. nel 2008 ha diverse applicazioni, in particolare nel contesto dell'erosione del suolo e della gestione dei sedimenti.

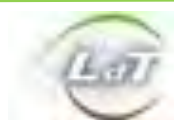
L'Indice di connettività dei sedimenti probabilmente è l'indice che meglio si presta per una descrizione areale delle problematiche connesse con la connettività del sedimento, definita come il grado di connessione dei flussi di sedimento all'interno di un territorio ed in particolare tra le sorgenti di sedimento e le aree a valle.

L'indice è un parametro chiave nello studio dei processi di trasferimento del sedimento nei bacini idrografici e nel nostro caso evidenzia con dettaglio il rapporto che intercorre fra zone di disponibilità di sedimenti e le zone di recapito che vengono evidenziate nel sistema infrastrutturale e del reticolo idrografico che sono quelli che più risentono della influenza del trasporto dei sedimenti.

Semplificando l'Indice di Connettività può essere considerato l'espressione e la sintesi di vari indici che analizzano la distribuzione e gli effetti del trasporto solido sulle infrastrutture e sulle zone urbane e nel nostro caso i rischi a cui potrebbero essere sottoposti gli Ambiti a seguito di importanti eventi meteo.

La connettività, nel contesto del flusso di sedimenti, può essere definita come la probabilità che una particella raggiunga il più vicino "sink" (area di accumulo), e dipende da vari fattori quali la distanza dal sink, le caratteristiche del percorso e la disponibilità di acqua per il trasporto dai versanti a monte, nonché l'acqua guadagnata o persa lungo il percorso a valle (flow accumulation).

I sedimenti non si muovono in modo casuale nel paesaggio; il loro movimento è influenzato dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente, in particolare dalla presenza di percorsi che conducono a zone di accumulo come fiumi o aree deposizionali.



L'IC, proposto da Borselli et al. (2008), quantifica il grado di collegamento che controlla i flussi di sedimenti attraverso il paesaggio, specialmente tra le sorgenti di sedimento e le aree a valle.

L'IC si concentra sulla connettività strutturale longitudinale dei sedimenti, basata sulla configurazione spaziale dei versanti e delle reti fluviali. L'IC valuta in particolare il potenziale collegamento tra i versanti e gli elementi di interesse, come l'uscita del bacino, la rete fluviale principale o una specifica sezione trasversale lungo il canale o la rete infrastrutturale.

L'IC ha subito aggiornamenti e adattamenti nel tempo da parte di altri ricercatori, indicando la sua continua rilevanza e il desiderio di migliorarne l'accuratezza e l'applicabilità.

L'Indice di connettività (IC) è definito come:

$$IC = \text{Log}_{10} (D_{up}/D_{dn})$$

dove D_{up} e D_{dn} rappresentano rispettivamente la componente *upslope* e quella *downslope* (vedi figura seguente, Fig).

I valori di connettività variano nell'intervallo $(-\infty, +\infty)$, con la connettività che aumenta al crescere di IC.

È importante sottolineare che l'IC è un indicatore topografico adimensionale di connettività strutturale e si basa principalmente su informazioni derivate da Modelli Digitali del Terreno (DTM), rendendolo relativamente accessibile data la crescente disponibilità di tali dati.

La topografia, anche in questo indice, gioca un ruolo fondamentale nel controllo del flusso d'acqua e del

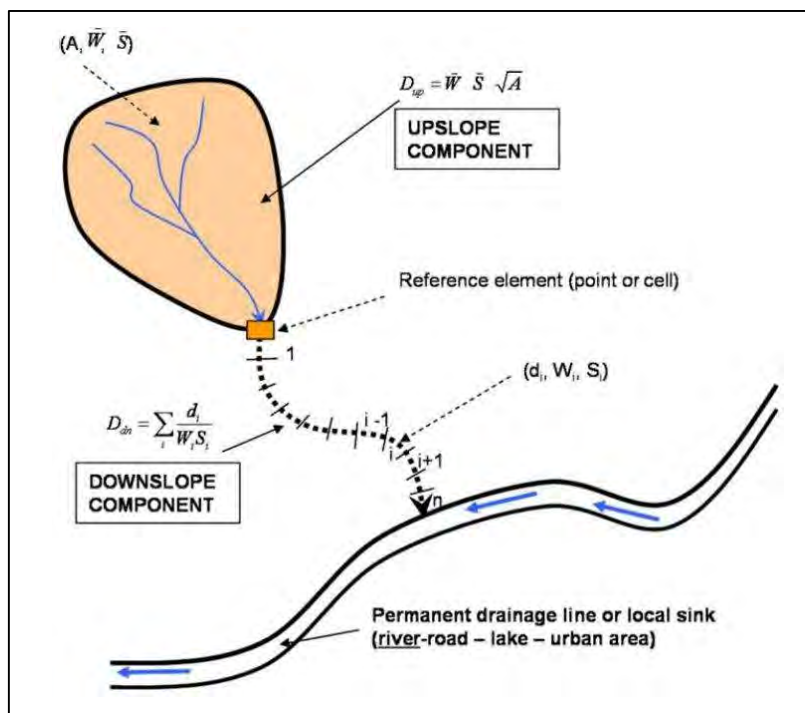


Fig. 18 - Schematizzazione funzionalità Indice di Connessione - Borselli 2008

trasporto di sedimenti. Concentrandosi sugli attributi topografici, l'IC fornisce una misura robusta e ampiamente applicabile della connettività.

- **Identificazione di Hotspot di Erosione:** Valori elevati di IC possono individuare aree all'interno di un paesaggio che hanno un maggiore potenziale di trasporto di sedimenti ed erosione, agendo quindi come indicatori di hotspot di erosione. L'applicazione a scala di bacino idrografico (ad esempio, Bilancino, Italia) per l'identificazione di hotspot dimostra la sua utilità pratica. Mappando l'IC, i gestori del territorio

possono identificare le aree di origine critica per l'erosione e concentrare di conseguenza la loro attenzione e le risorse.

Le aree con elevata connettività sono più efficienti nel trasferire sedimenti da posizioni a monte verso aree a valle, rendendole più soggette all'erosione e al trasporto di sedimenti.

- **Prioritizzazione degli Sforzi di Conservazione:** L'IC può aiutare nell'allocazione delle risorse per la gestione dell'erosione, classificando le aree in base alla loro connettività, consentendo interventi mirati in zone ad alta priorità. Risorse limitate possono essere utilizzate in modo più efficace concentrandosi sulle aree in cui la riduzione della connettività avrà il maggiore impatto sui flussi di sedimenti.

Affrontare l'erosione in aree altamente connesse probabilmente produrrà maggiori benefici in termini di riduzione del trasporto complessivo di sedimenti rispetto all'affrontare l'erosione in aree meno connesse.

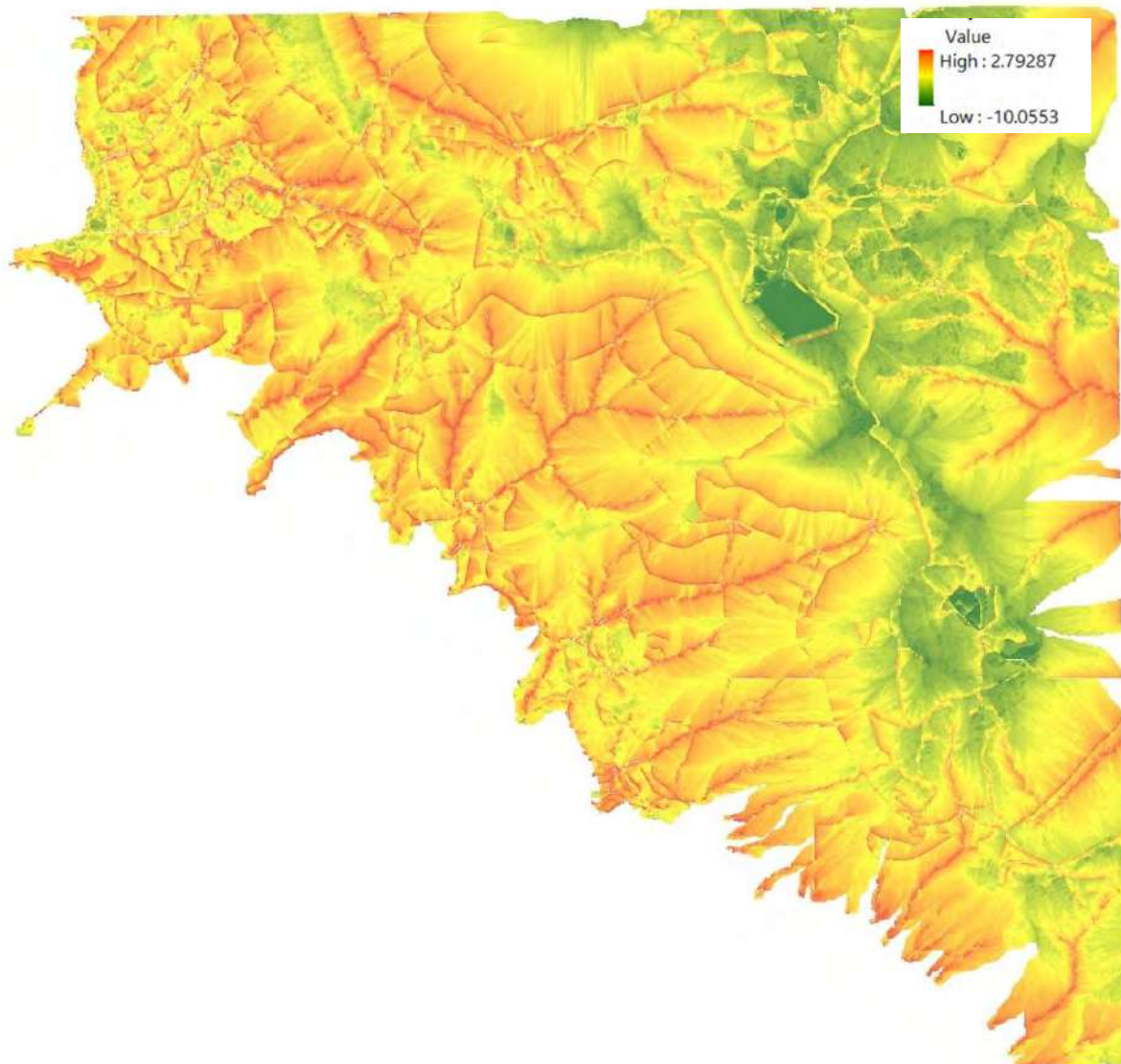


Fig. 19 - L'indice di Connettività

La carta dell'Indice di Connettività riassume di fatto il risultato evidenziato nell'analisi dei singoli Indici geomorfometrici utilizzati evidenziando complessivamente le zone di massima connettività (Zone e allineamenti arancio/rosso) evidenziando in particolare come gli Hot Spot siano direttamente collegati alle infrastrutture lineari (Strada Provinciale SP 28 e CAI 433) oltre ai principali canali che erano già stati evidenziati anche dall'Indice di Melton e dallo SPI.

6 Considerazioni in merito ai risultati degli indici morfometrici

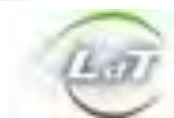
- Le analisi sviluppate sugli aspetti geomorfologici e i risultati ottenuti con l'applicazione di diversi indici morfometrici mostrano la correttezza di aver impostato lo studio allargando l'analisi ai bacini idrografici che contengono l'areale in esame.
- L'identificazione dei nodi di interferenza e le analisi idrauliche mostrano la necessità di una accurata verifica per garantire il corretto smaltimento delle acque almeno lungo i compluvi delle aste principali dei canali studiati.
- Gli attraversamenti relativamente soprattutto alla strada provinciale SP 28 evidenziando la necessità di garantire un agevole scorrimento delle acque in considerazione soprattutto dell'elevato rischio di trasporto solido dei canali che potrebbero portare alla creazione di fenomeni di colate di detrito fino alla generazione di veri e propri debris flow e portare all'intasamento delle tombinature con le immaginabili conseguenze. In questo senso l'attenzione alle zone a monte della SP28 in corrispondenza dei principali nodi di interferenza con i canali è opportuno che siano attrezzate per controllare il trasporto di materiale legnoso flottante.
- Tutti gli indici studiati concorrono e portano a questi risultati con particolare rilievo ed attenzione da porre ai canali del bacino di Canale Fontana, Fiascherino, Capo d'Acqua e Ronchetto.
- L'analisi sviluppata evidenzia la necessità di rendere efficiente il sistema di scorrimento delle acque per garantire lo smaltimento delle acque di ruscellamento puntando soprattutto alla sistemazione dei canali principali nelle zone comprese fra una fascia a monte della strada provinciale fino oltre gli Ambiti proposti a monte delle zone urbane individuate con la pulizia dei canali principali e la realizzazione di piccole opere di regimazione delle acque opere che possano permettere il rallentamento del deflusso e frenare il trasporto solido tipo opere trasversali con realizzazione di briglie utilizzando tecniche di ingegneria naturalistica con l'avvertenza di inserire pettini verticali atti a trattenere il materiale flottante.
- I controlli in campo effettuati mediante appositi sopralluoghi confermano quanto evidenziato nell'analisi geomorfometrica e in particolare si evidenzia che nella parte alta sotto il Forte del M.te Rocchetta in direzione sud si evidenziano zone di fratture sulla copertura detritica probabili Tension Crack (**vedi documentazione fotografica Relazione 2 "Analisi sistema idrogeomorfologico e valutazione della suscettibilità d'uso dei singoli sub ambiti"**) oltre che zone caratterizzate da depositi detritici di recente formazione
- Dai rilievi effettuati nel versante sotto il M.te Rocchetta verso Fiascherino - Tellaro si evidenzia al di là del disordine idrogeologico e mancanza assoluta di sistemazioni forestali, la presenza lungo la sentieristica verso mare di materiale detritico trasportato dalle piogge accumulati ad esempio nella parte alta del sentiero CAI 469 che tra l'altro coincide con uno dei canali del bacino del Canale di Fiascherino;
- Si riscontra la presenza di colate di detrito recenti in zone probabilmente interessate nel passato da cave di prestito poi abbandonate oltre ovviamente alla placca detritica su cui sorge il Forte della Rocchetta che presenza nelle sue pendici materiale detritico di varia pezzatura, evidenziata anche nella Carta Geologica d'Italia (CARG);
- I canali nelle zone di attraversamento del sentiero CAI 433 sono pressoché impenetrabili per la densità della vegetazione arborea e arbustiva e si nota comunque una presenza diffusa di materiale detritico di varie pezzature.

- La stessa situazione (detrito) si presenta nei sentieri di collegamento fra CAI 433 e zone Urbane di Tellaro e Fiascherino come pure nel Sentiero del Santo Spirito (sotto La Serra).
- La massiccia presenza di rottura dei muri a secco lungo il sentiero 433 concentrate soprattutto in alcune zone del Sub Ambito n. 2 evidenziando una pressione legata alla presenza di Cinghiali che creando dei canali di attraversamento delle stesse murature a secco peggiorano sensibilmente il deflusso delle acque superficiali favorendo importanti fenomeni erosivi contribuendo all'aumento del materiale detritico di grossa pezzatura lungo gli stessi sentieri e accumuli sulle terrazature

Per la documentazione fotografica vedasi Relazione 2 - **Analisi sistema idrogeomorfologico e valutazione della suscettibilità d'uso dei singoli sub ambiti**

Dott. Geol. Paolo PETRI

ORGL n. 94





**RECUPERO DEL TERRITORIO AGRARIO
Versanti La Serra - Tellaro**

Ai sensi del Capo III della LR 23/2018

*B ANALISI DELLA SITUAZIONE ESISTENTE
B2 PRESTAZIONI IDROGEOMORFOLOGICHE DEGLI AMBITI*

**RELAZIONE
IDROGEOMORFOLOGICA**

2

Analisi sistema idrogeomorfologico e valutazione suscettività d'uso dei singoli sub ambiti

COMUNE DI LERICI (SP)

PIANO RECUPERO DEL TERRITORIO AGRICOLO

Relazione 2

Analisi sistema idrogeomorfologico e valutazione della susceptibilità d'uso dei singoli sub ambiti (Maggio - 2025)

Tecnici:

Dott. Geol. Paolo PETRI

Dott. Geol. Paolo PETRI

ORGL n. 94



Collaboratori

Phd.Geol. Prof. Lorenzo BORSELLI

Phd.Geol. Azalea Judith Ortiz Rodríguez

Phd.Geol Devis BARTOLINI

Sommario

1. Premessa	3
2. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 1	3
2.1. Caratteristiche Morfometriche - Flow Accumulation	6
2.2. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI.....	7
2.3. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività (IC).....	8
2.4. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Melton	9
2.4.1. Disponibilità di detrito a monte – Documentazione fotografica	10
3. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 02	17
2.5. Caratteristiche Morfometriche – Flow Accumulation.....	20
2.6. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI.....	21
2.1. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività	22
2.2. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Melton	23
2.3. Problema danni causati da Cinghiali – Documentazione fotografica.....	24
4. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 03	36
4.1. Caratteristiche Morfometriche - Flow Accumulatio	38
4.2. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI.....	39
4.3. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività (IC).....	40
4.4. Caratteristiche Morfometriche – Indice di MELTON	41
5. Assetto Geologico e Suscettibilità al dissesto Ambito Recupero Agricolo.....	42
5.1. La suscettibilità al Dissesto	44
6. La Normativa del Piano di Assetto Idrogeologico Ambito 20	46
6.1. Le aree potenzialmente interessate da fenomeni di colate detritiche (vedi Fig. 24)	47

1. Premessa

In questa relazione vengono riassunte le analisi di ordine idraulico, idrogeomorfologico e di suscettibilità d'uso connesse con i tre sub-ambiti individuati al fine di focalizzare i risultati di tali analisi nell'ambito della applicazione della L.R. 23/2018, che all'art.1 pone l'accento su aspetti legati alla prevenzione dal dissesto idrogeologico finalizzati alla individuazione di ambiti del territorio agricolo in condizioni di abbandono caratterizzati da:

- **terre agricole abbandonate, incolte o insufficientemente coltivate che evidenziano areali coinvolti da processi di forestazione, naturale o artificiale, nei quali siano presenti la presenza di terrazzamenti o qualificazione catastale che confermi il precedente uso agricolo;**
- **contesti agricoli, abbandonati o degradati, che richiedono interventi di riqualificazione e di messa in sicurezza da rischi idraulici, idrogeologici e sismici.**

Tale analisi viene proposta anche in rapporto all'applicazione delle **Norme di Attuazione AMBITO 20 – Golfo della Spezia - Piano di Bacino Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico ai sensi dell'art.1 1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito con L. 267/1998**

I risultati che vengono presentati sono stati derivati dalla applicazione di appositi indici di ordine Idrogeomorfometrico derivati dai dati LIDAR disponibili dal sito del Ministero dell'Ambiente e della sicurezza ecologica. I risultati sono stati controllati mediante apposite campagne di controllo in campo con particolare riferimento al versante ovest del M.te Rocchetta, alla strada Provinciale Sp 28 e Sp 26 e al sentiero CAI 433 anche alla luce di quanto era successo nel 2010 prendendo in considerazione gli indici sopra menzionati ed in particolare l'Indice di Melton.

2. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 1

Il sub ambito 1 è ubicato nella zona alta del versante compreso fra la Loc. La Serra ed il forte di M.te Rocchetta, a monte della strada provinciale SP 28 ed interessa direttamente la parte alta dei bacini idrografici del Canale Fontana del Canale di Fiascherino e suoi affluenti

Nella scheda seguente vengono indicate le principali caratteristiche morfometriche e di esposizione dell'area e la stima del numero e lunghezza totale dei muri a secco individuati mediate le tecniche illustrate nella relazione generale.

Sub_Ambito 1	Area (ha)	Hmax mt. slm	Hmin mt. slm	Hmed mt. slm	Pendenza Max	Pendenza Media	Esposizione media	n. Muri a secco	Muri a secco Km
	16.86	306	145	216	67 °	28.6°	Sud – Sud Ovest	1081	17.19

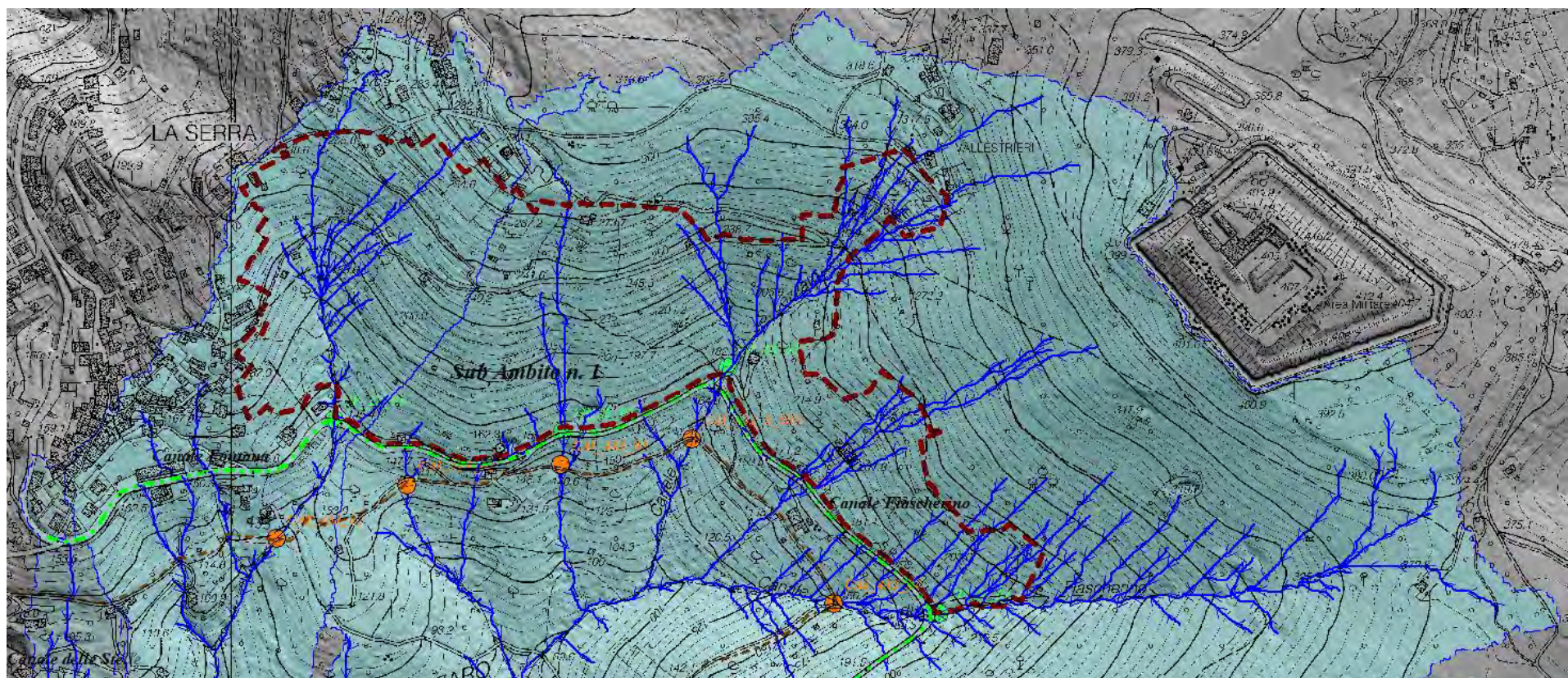


Fig. 1 - Inquadramento Idromorfologico Sub_ambito n. 1

Qui di seguito vengono presentate alcune mappe tematiche necessarie per evidenziare i principali aspetti di carattere morfologico che interessano il Sub Ambito n. 1, finalizzate a fornire informazioni utili al piano di recupero per indirizzare gli interventi prioritari per rispondere individuare gli elementi di base che evidenzino la necessità di interventi di riqualificazione e di messa in sicurezza da rischi idraulici, idrogeologici e sismici

La carta delle pendenze (Fig. 2) evidenzia come l'area sia interessata da pendenze molto elevate che mediamente si vanno ad attestare fra i 20° e 30° con zone oltre i 30°/40° soprattutto nella parte alta del bacino del Canale Fiascherino e San Lazzaro.

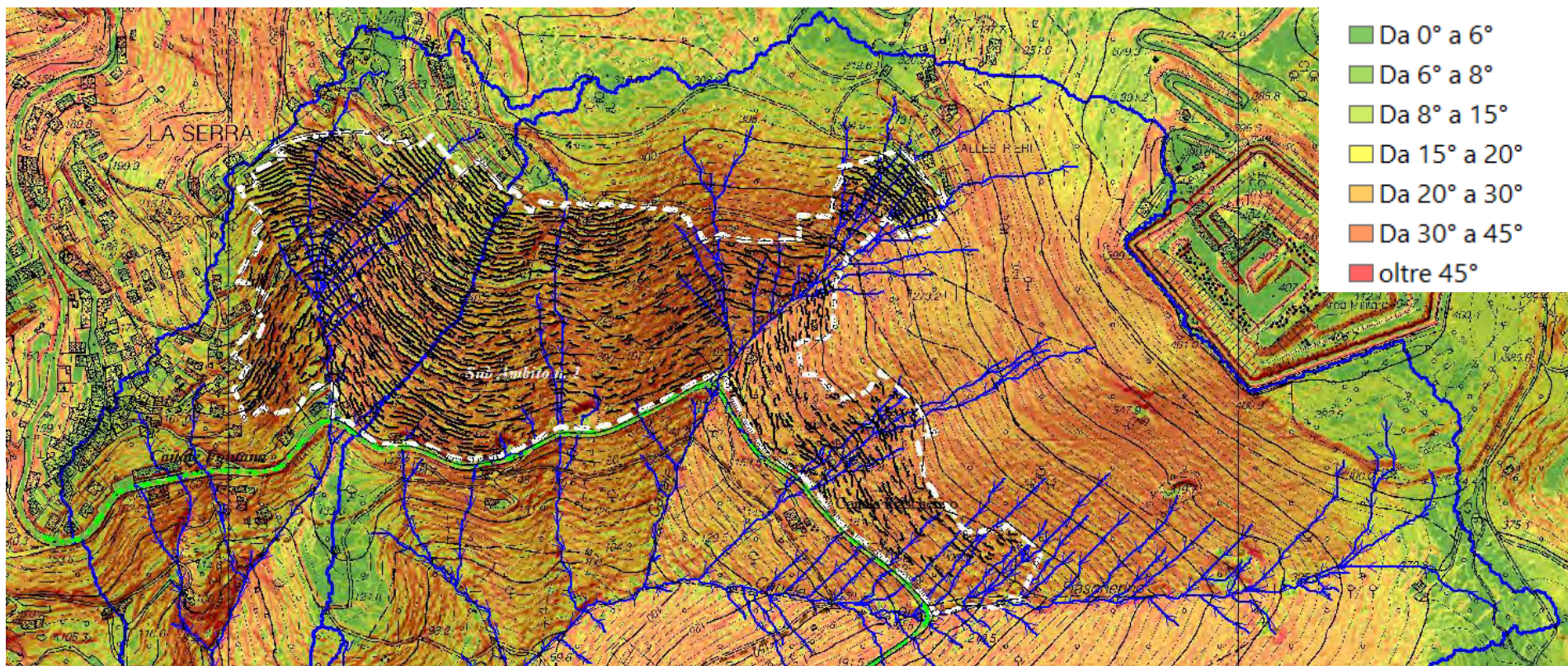


Fig. 2 - Muri a secco su base pendenza dei versanti e reticolo idrografico

Le zone interessate dai muri a secco sono le uniche dove si individuano fasce a minor pendenza nella zona Ovest e nella zona Nord-Est nella parte terminale del canale San Lazzaro.

Nelle figure seguenti vengono presentati i risultati delle elaborazioni effettuate e calcolo di indici che possano permettere di individuare le zone dove emergono delle criticità e dove risulta necessario intervenire o comunque controllare l'evoluzione della zona nel tempo,

2.1. Caratteristiche Morfometriche - Flow Accumulation

La Flow Accumulation rappresenta le zone dove si ha la maggior concentrazione di flussi durante eventi atmosferici e permette di individuare le zone dove è opportuno intervenire per favorire lo smaltimento delle acque di ruscellamento. In particolare pare opportuno segnalare la necessità di una verifica puntuale e controllo (vedi Relazione generale) in corrispondenza dei Nodi di intersezione con la strada Provinciale n. 28 per verificare la capacità di smaltimento delle tombature della strada stessa. Peraltro dai controlli e sopralluoghi effettuati si è riscontrata la assoluta mancanza di sistemi di regimazione delle acque lungo la strada stessa.

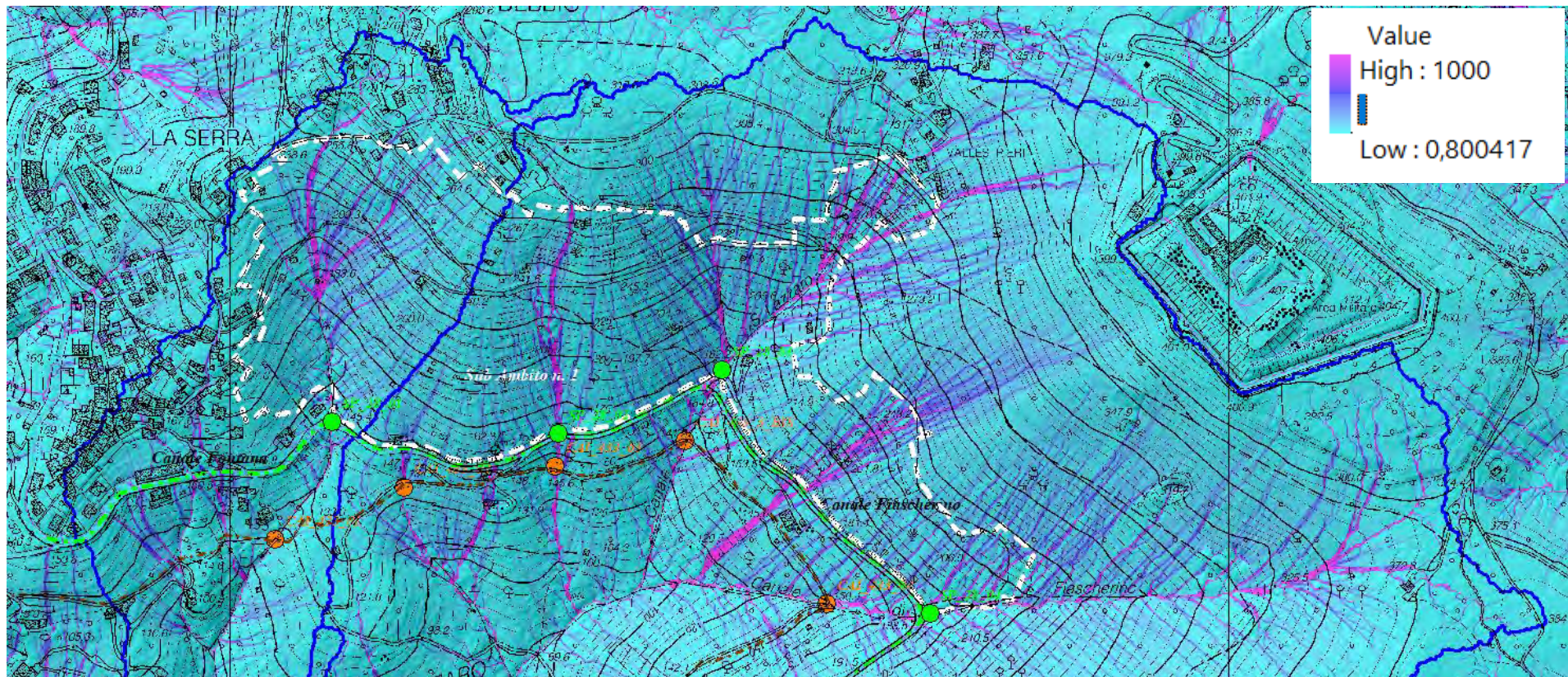


Fig. 3 - Flow Accumulation

2.2. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI

L'indice SPI insieme con i successivi Indice di Connettività e Indice di Melton permettono di percepire le problematiche e soprattutto dove è necessario intervenire. Con l'indice SPI si segnalano le zone che sono oggetto di fenomeni di erosione superficiale distinguendole da quelle in equilibrio e/o pianeggianti la necessità di migliorare l'assetto intervenendo con la ristrutturazione dei muri a secco e favorire il corretto smaltimento delle acque contribuirà a garantire un miglioramento complessivo dell'assetto idrogeologico.

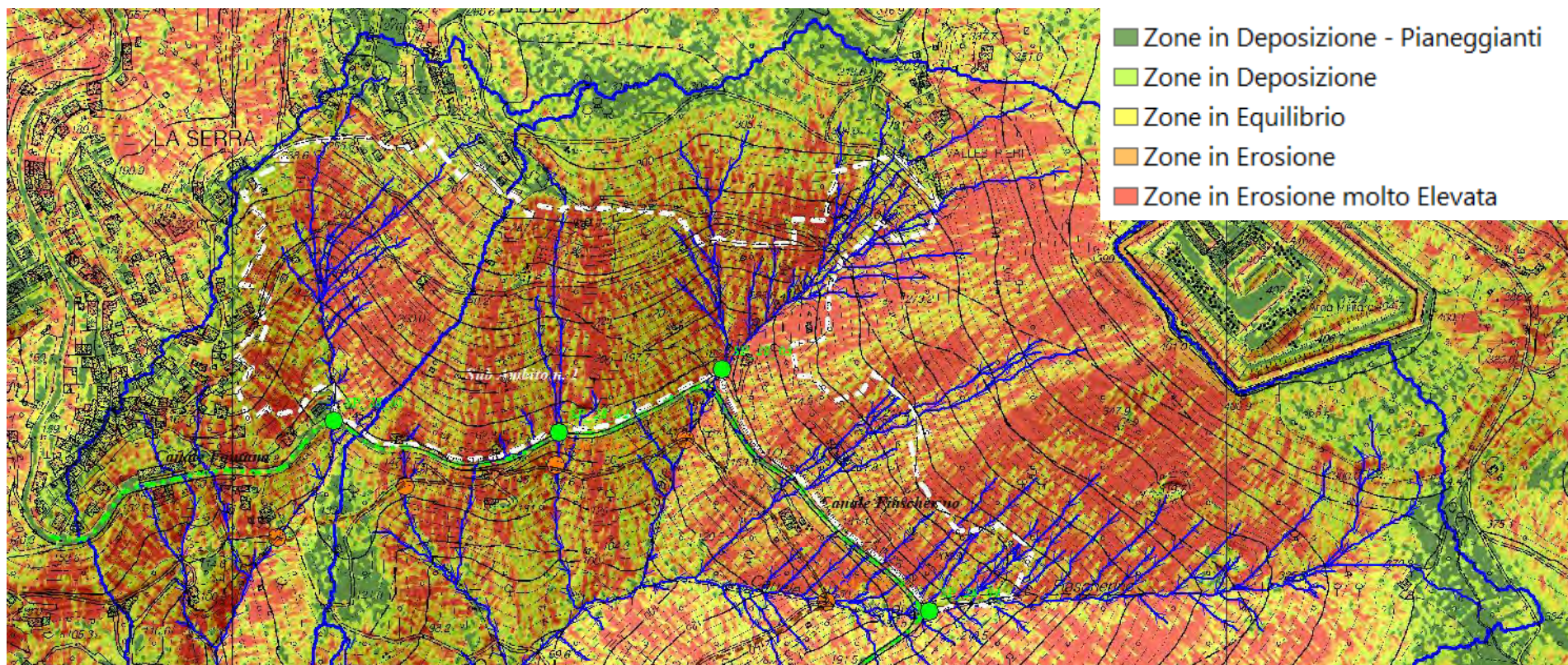


Fig. 4 - Indice SPI

2.3. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività (IC)

L'Indice di connettività evidenzia come il trasporto di materiale detritico possa interessare direttamente sia la viabilità che i canali principali, tale fenomeno si esplica in particolare lungo la stessa strada provinciale SP 28, ma vedremo che interessa anche il sentiero CAI 433 che attraversa parallelamente alla SP 28 l'area in esame.

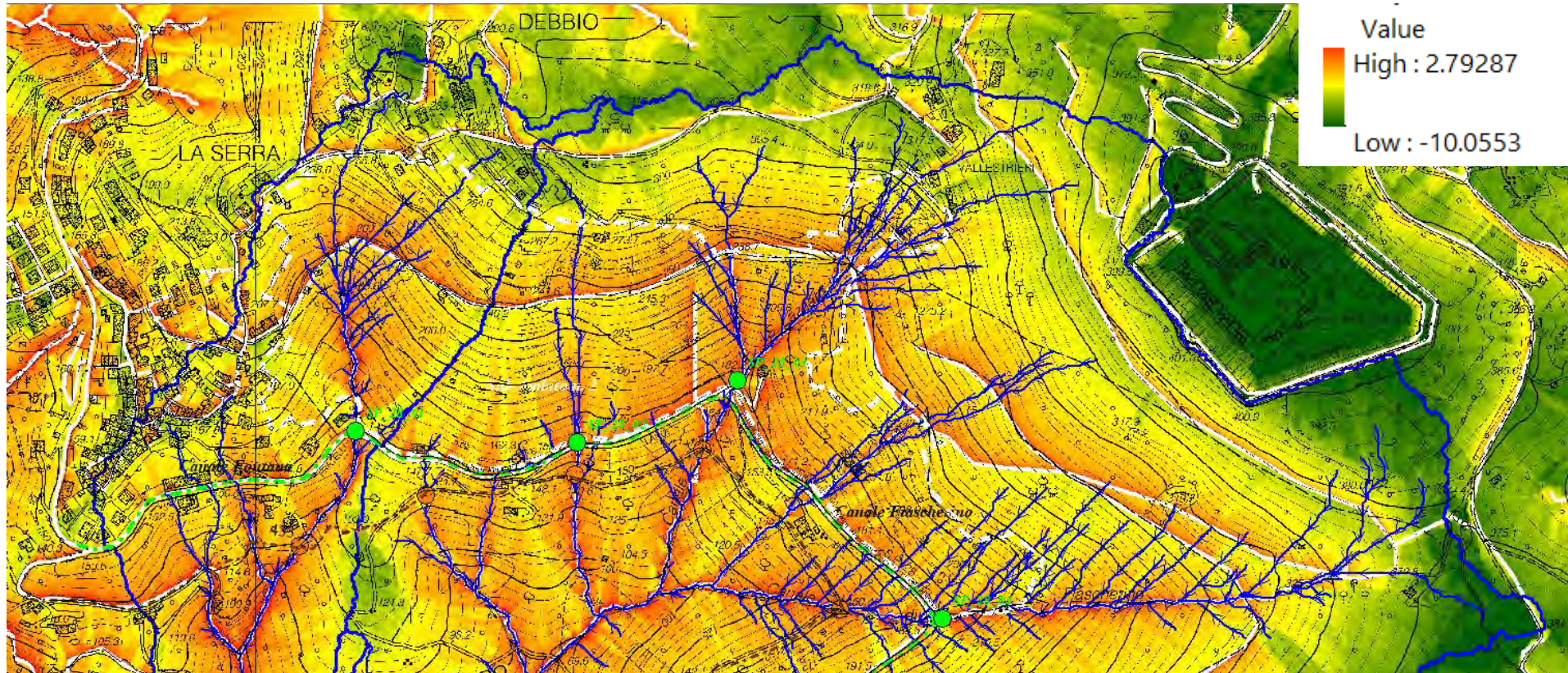


Fig. 5 - Indice di Connettività

L'indice di connettività evidenzia dove i suoi massimi siano connessi con il sistema idrologico e infrastrutturale

2.4. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Melton

Particolare attenzione è da rivolgersi all'indice di Melton in quanto è un indice che segnala zone dove è possibile l'innescarsi di fenomeni di trasporto solido definiti come Debris Flood fino a veri e propri Debris Flow.

Questo indice è stato inserito in quanto, la zona interessata sia dal Sub ambito 1 che dal Sub ambito 2 nella parte OVEST dal Canale Fontana è stata colpita nel Dicembre del 2010 da un fenomeno di colata detritica piuttosto importante che ha interessato la parte a valle sottostrada della Strada Provinciale n. 26 verso Fiascherino nella proprietà del ristorante "Locanda del Senatore".

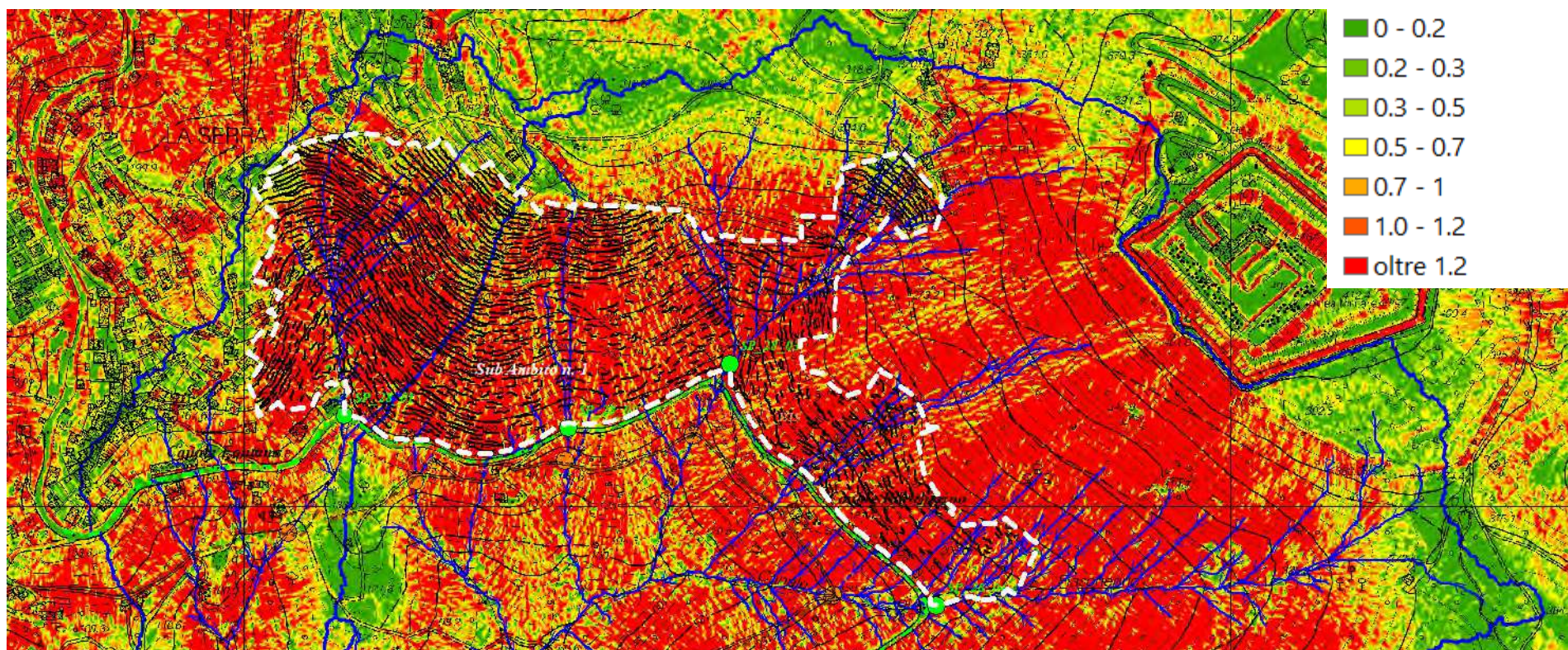


Fig. 6 - Indice di Melton

2.4.1. Disponibilità di detrito a monte – Documentazione fotografica

Uno degli aspetti a cui è legata la possibilità di innesco di fenomeni di colate detritiche è la disponibilità di materiale detritico a granulometria variabile che possa essere mobilizzato ed incanalato dal reticolo minuto e trasportato durante eventi atmosferici intensi verso i canali principali e per un effetto di cumulo detrito/piogge intense possa dare origine a fenomeni di colate.

Al fine di verificare la disponibilità di detrito nella fascia sotto il M.te Rocchetta che potrebbe alimentare i canali che vanno verso la parte alta del Sub ambito sia 1 che 2 provenienti dal versante Ovest del Monte Rocchetta, sono state eseguite una serie di controlli in campo soprattutto nella zona compresa fra Il Forte di M.te Rocchetta e la Strada Provinciale.

Il risultato è stata la presenza di una importante copertura detritica grossolana lungo il versante del M.te Rocchetta probabilmente dovuta agli sbancamenti eseguiti per la realizzazione del forte stesso. Nella fascia subito sotto il M.te Rocchetta è stata riscontrata la presenza di materiale detritico con una importante componente fine (argille e limi) che presenta vistosi tagli trasversali al versante stesso (probabili Tension Crack).

Inoltre sono stati osservati accumuli di detrito legati quali conseguenza di scavi eseguiti nella fascia subito a valle, nonché detrito che interessa la parte alta dei canali di Fiascherino (sentieri Collegamento CAI 411-422 e parte alta sentiero CAI 439).

Qui di seguito alcune fotografie di quanto riscontrato.



Detrito sotto M.te Rocchetta



Tension Crack sotto Monte Rocchetta

La presenza di tension crack nella porzione a monte è da considerarsi particolarmente problematica in quanto il Tension Crack sono fratture nel terreno dove si infiltrano le acque di ruscellamento che vanno a saturare il suolo fluidificando la massa di terreno sovrastante. In effetti ha un effetto di By pass flow ed è particolarmente importante nella fase di possibile innesco di fenomeni franosi.



**Accumulo di detrito sopra sentiero di collegamento CAI 411-422; si osservi che una parte di detrito (parte bassa) è coperto da vegetazione primaria mentre la parte alta è ancora scoperta;
probabilmente corrispondono a due fasi di colata**



Vecchio Muro a secco di sponda lungo canale Fiascherino



Detriti grossolani lungo sentieristica



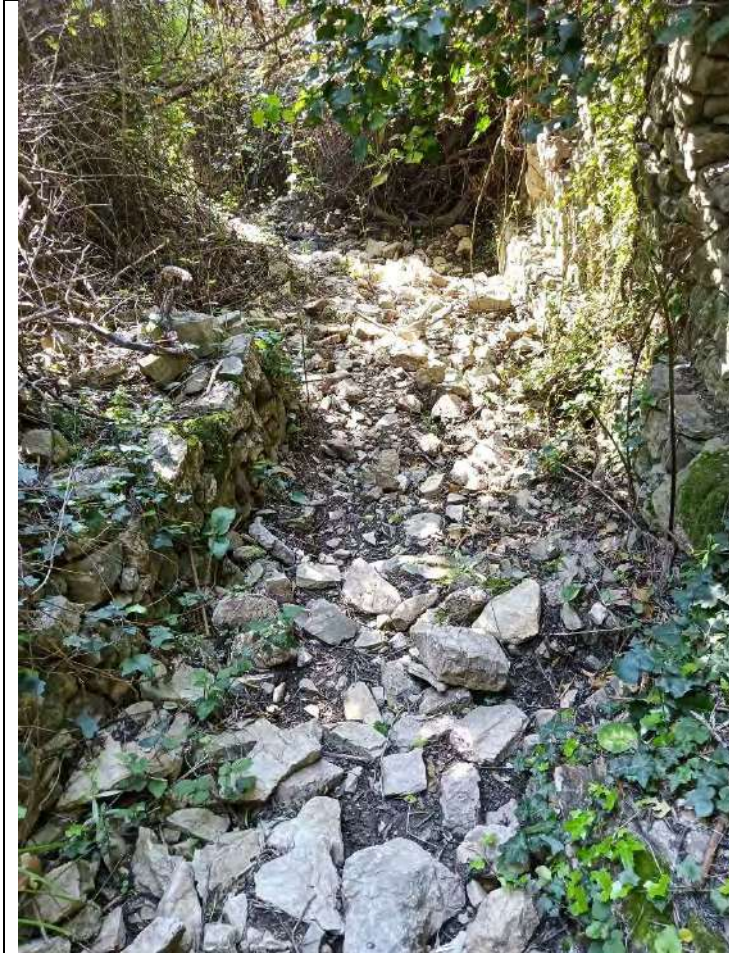
Massi e detriti lungo versante



Detrito grossolano lungo sentieristica



Detrito grossolano lungo sentieristica



Detrito grossolano lungo sentieristica



**Massi trasportati dalla corrente nodo intersezione canale
Capo d'Acqua e CAI 433**

Il risultato di questi controlli evidenzia come anche in situazioni prossime al crinale si verificano accumuli di detrito variamente dislocati che possono arrivare fino alla parte bassa (vedi foto intersezione Canale Capo d'Acqua – sentiero CAI 433). Peraltro anche in altre zone interessate dalla sentieristica verticale è stata riscontrata una presenza anomala di detrito grossolano (ad esempio il sentiero del Cavaneo dello Spirito Santo) sotto La Serra.

3. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 02

Il sub ambito_02 è ubicato nella zona intermedia del versante interessato dal progetto di recupero agricolo ed incide direttamente sulle zone interessate dal reticolo idrografico minore nelle zone intermedie dei bacini stessi; per la sua ampiezza il sub ambito 02 interessa trasversalmente il versante da Ovest ad Est nelle porzioni dei bacino posti sotto la Strada Provinciale n. 28 e coinvolge la porzione terminale del Bacino del Canale delle Stelle, Canale Fontana, Canale Fiascherino e Canale Capo d'Acqua ed è interessato dal Sentiero CAI 433..

Nella scheda seguente vengono indicate le principali caratteristiche morfometriche, di esposizione dell'area e la stima del numero e lunghezza totale dei muri a secco individuati mediante le tecniche illustrate nella relazione generale.

Sub_Ambito 2	Area (ha)	Hmax mt. slm	Hmin mt. slm	Hmed mt. slm	Pendenza Max	Pendenza Media	Esposizione media	n. Muri a secco	Muri a secco Km
	43.28	223.50	31.00	105.50	66.60 °	24.0°	Sud Ovest	2958	42.125

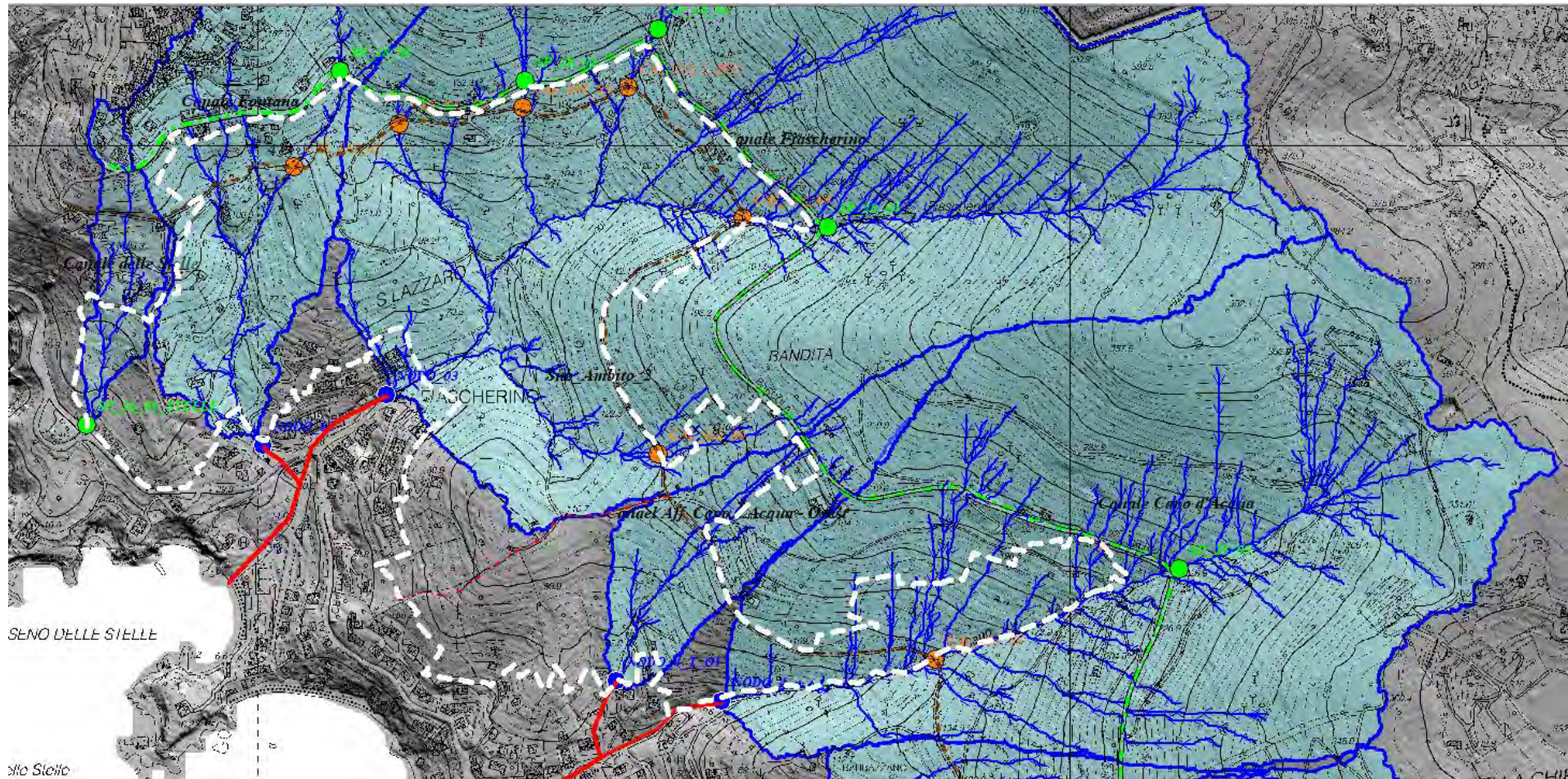


Fig. 7 - Inquadramento Idromorfologico sub ambito n. 2

La carta delle pendenze evidenzia come l'area sia interessata da pendenze molto elevate che mediamente si vanno ad attestare fra i 20° e 30° con zone con pendenze più elevate nella fascia della parte terminale del Bacino del canale Fontana oltre i 30°/40° soprattutto nella zona in sponda destra nella parte terminale del Canale Fontana.

Nel complesso si notano zone a pendenza più contenuta del sub ambito n. 1 e zone pressoché pianeggianti

Qui
di

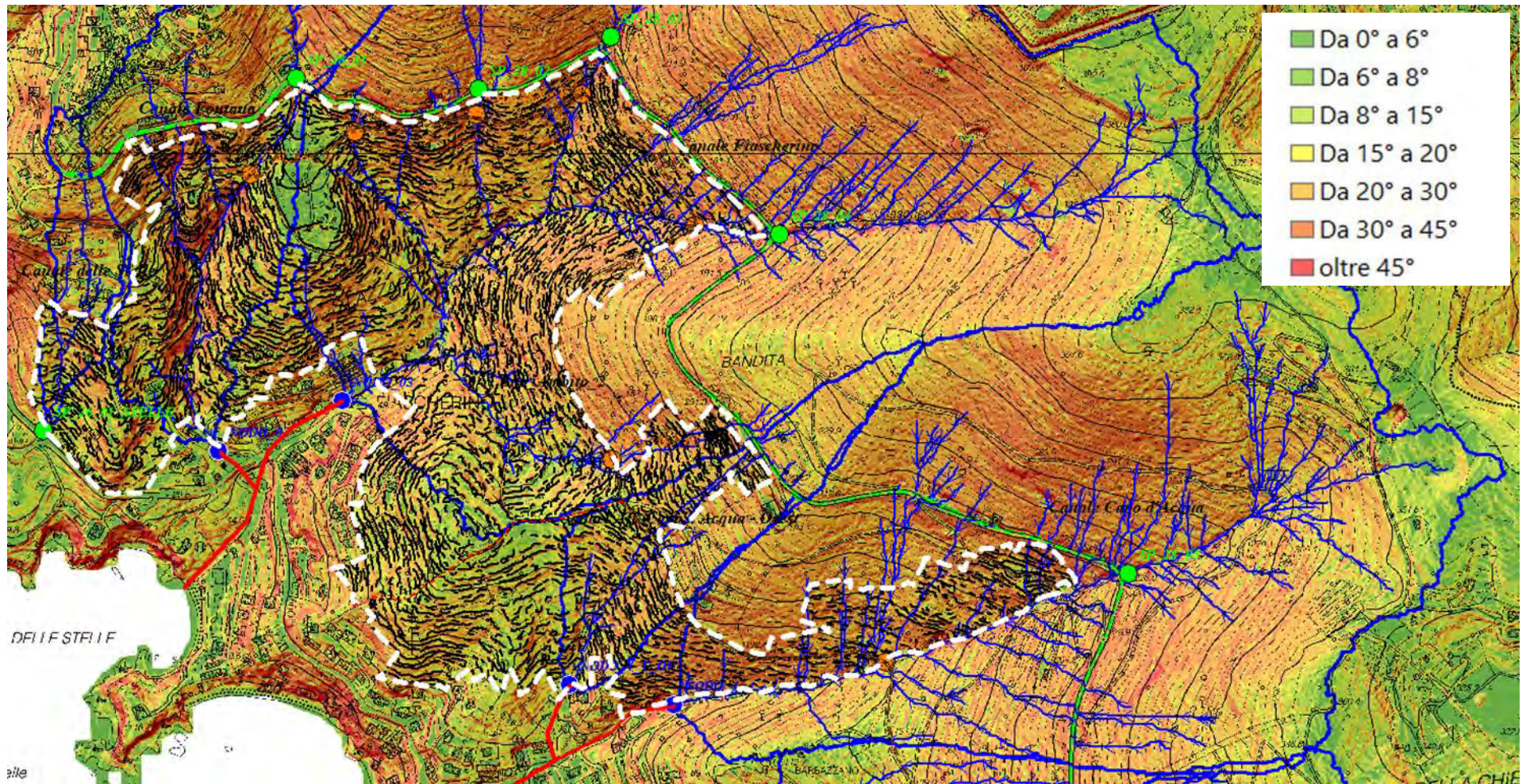


Fig. 8 - Muri a secco su base pendenza dei versanti e reticolo idrografico

2.5. Caratteristiche Morfometriche – Flow Accumulation

Anche in questo caso si notano delle fasce al confine con il sub ambito 1 verso la strada provinciale dove si hanno effetti di accumulo delle acque di scorrimento in condizioni di forti eventi pluviometrici che possono risentire di un non adeguato smaltimento della parte di versante di competenza

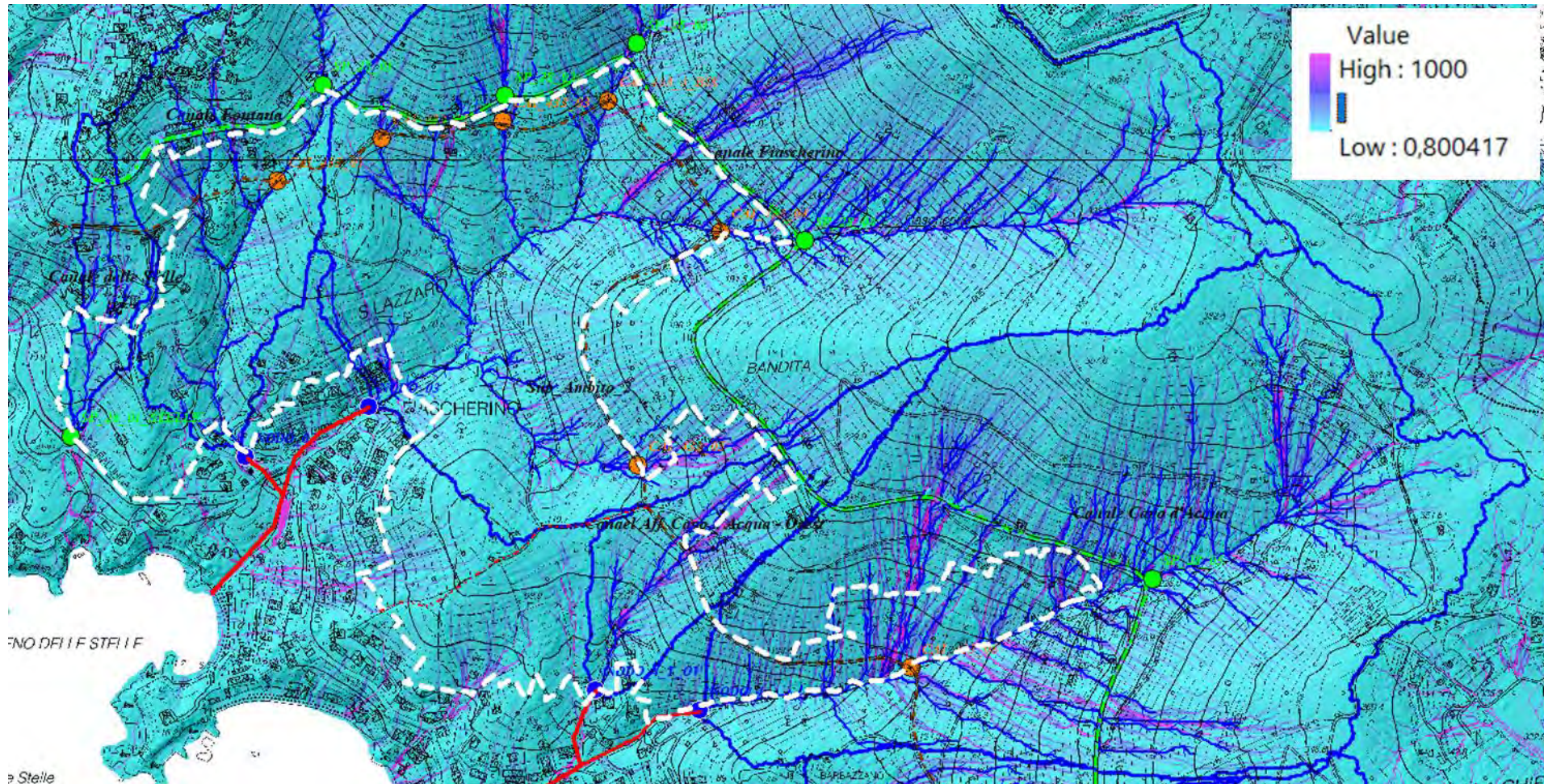


Fig. 9 - Flow Accumulation

2.6. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI

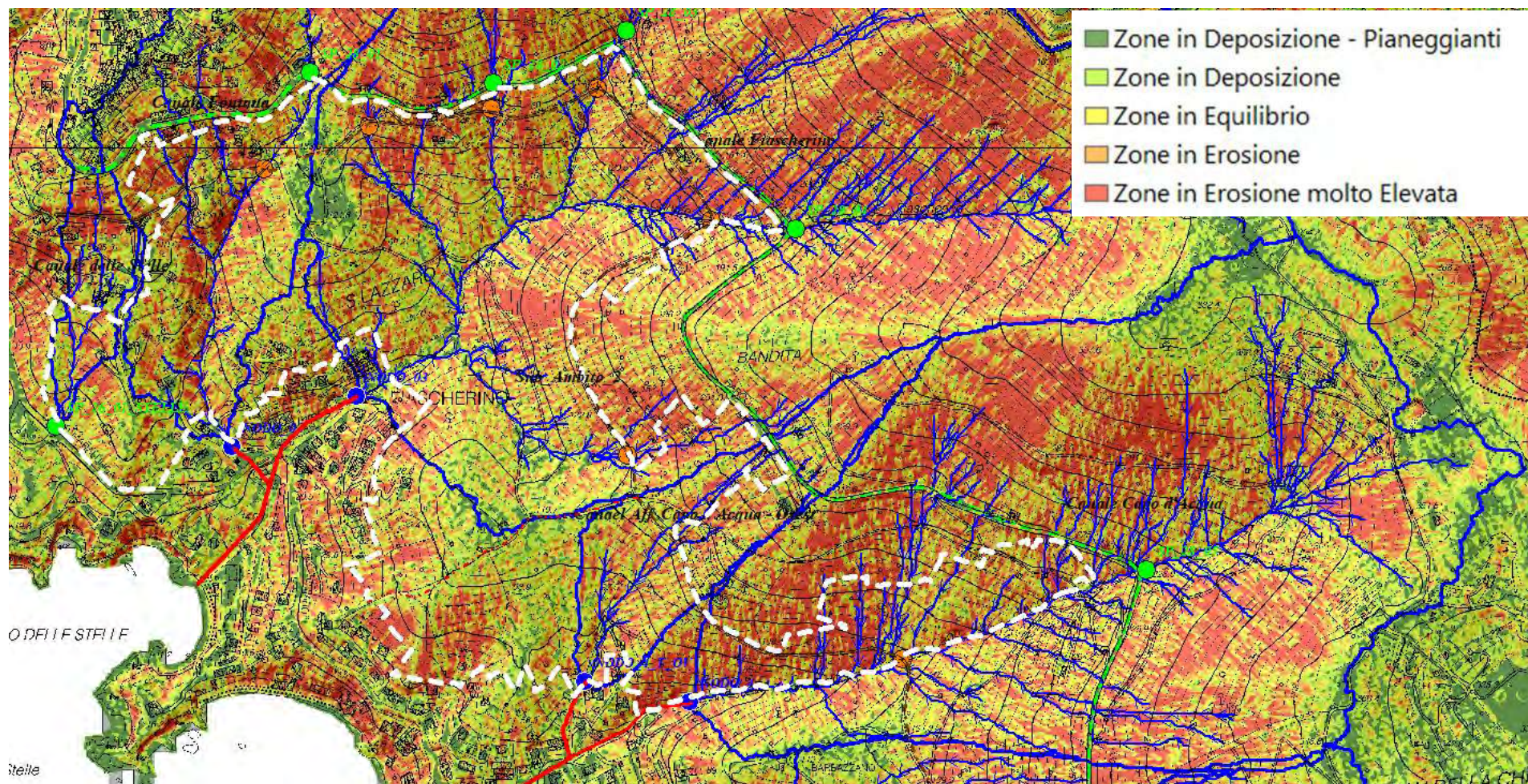


Fig. 10 - Indice SPI

La carta dell' indice SPI evidenzia zone in erosione ma comunque meno ampie dell' Sub Ambito 1 e risultano abbastanza concentrate in una fascia parallela alla Strada Provinciale ed al Sentiero CAI 433,

2.1. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività

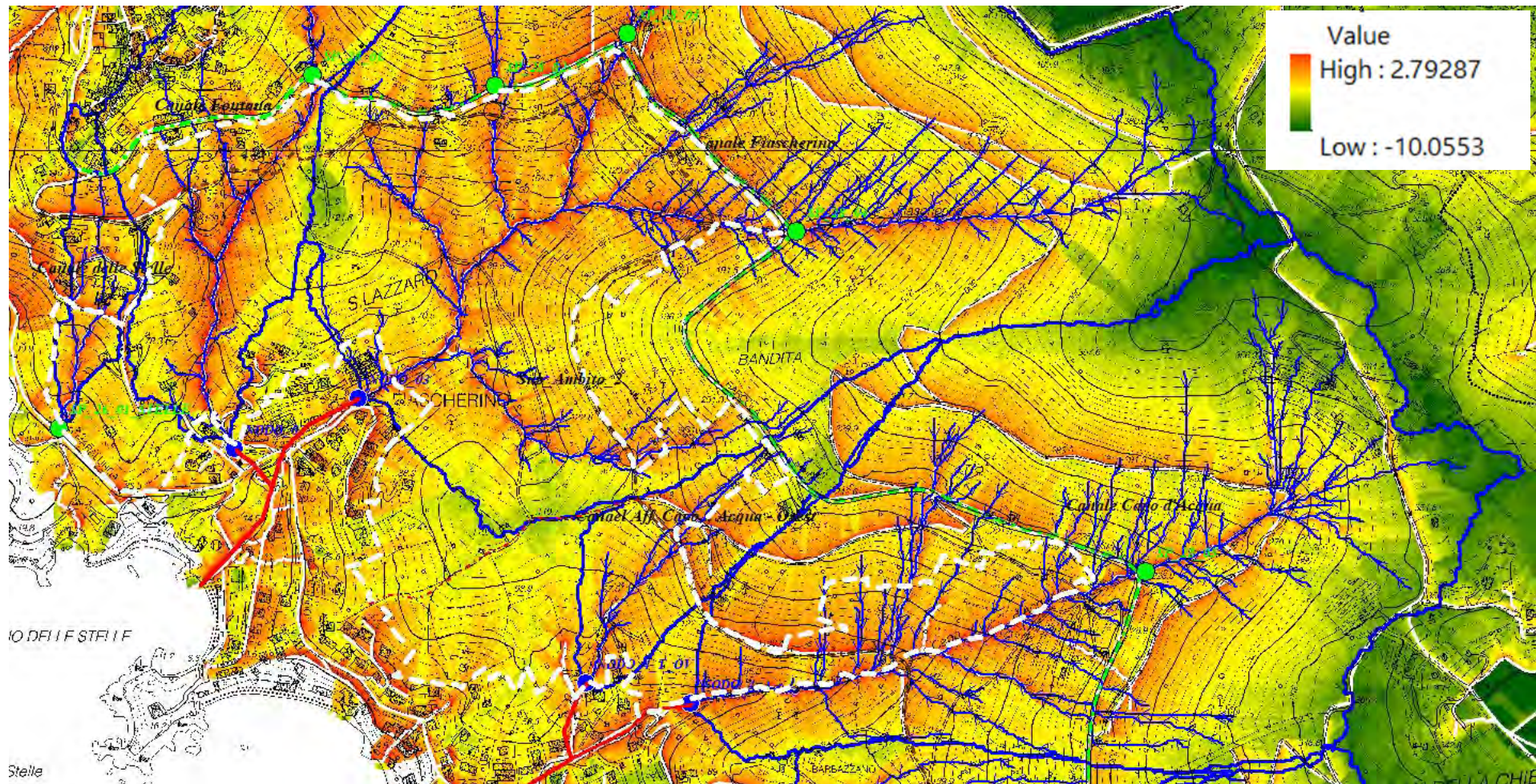


Fig. 11 - Indice di connettività

Anche l'indice di connettività conferma questo dato che potrebbe migliorare grazie ad alcuni interventi finalizzati al contenimento dei fenomeni erosivi a monte della strada provinciale e una oculata gestione delle aree terrazzate nella fascia già indicata fra Sentiero CAI 433 e Sp 28

L'indice di Melton evidenzia una distribuzione di questi fenomeni lungo i versanti che confinano con il sentiero CAI 433 e la Strada Provinciale Sp 28. Particolare attenzione è da porsi nella fascia in sponda destra del Canale Capo d'Acqua

2.3. Problema danni causati da Cinghiali – Documentazione fotografica

Durante i controlli effettuati lungo il sentiero CAI 433 è stata riscontrata un importante degrado delle murature a secco dei muretti di contenimento delle terrazze probabilmente dovute all'impatto di cinghiali che riescono a scalzare le murature portandole al crollo. Il dato significativo è che solamente nel tratto esaminato nel dettaglio di circa 2.00 Km lungo il sentiero CAI 433 tratto di circa 2.00 Km sono state riscontrate circa 0.80 Km di rotture prodotte da intervento dei cinghiali.

Quello che viene qui segnalato è il risultato (vedi doc, fotografica) solamente del percorso sul sentiero dove il numero di rotture che sono state riscontrate sia in destra che in sinistra del sentiero sono molto importanti e segnala una presenza importante che causa perdite economiche e agisce sulla degradazione del suolo dove la presenza dei cinghiali può essere valutata come un agente che porta ad una forma di bioturbazione ed agisce come un agente forzante del degrado geomorfologico.

E' opportuno rilevare che l'impatto geomorfico del cinghiale riguarda l'impatto riguardo alle potenziali implicazioni sui processi idrogeomorfologici e conseguente degrado del suolo, inoltre non si esclude una implicazione di questi fenomeni sulla loro incidenza sull'indice di connessione dei sedimenti con il reticolo idrografico e la viabilità in quanto i danni da cinghiale, soprattutto quelli legati al suolo, possono essere visti come hotspot di sedimenti, con un collegamento non trascurabile con fiumi e reti stradali. L'attività di radicamento, calpestio e pascolo dei cinghiali potrebbe facilitare gravi processi erosivi nei paesaggi agricoli, soprattutto durante eventi meteorologici intensi, con conseguenti gravi rischi di movimenti di massa, in quanto modificando la rugosità del suolo, causano così un'alterazione del flusso idrico superficiale e conseguenti processi di erosione locale tra le superfici indebolite (Macci et al., 2012).

Nella seguente Fig. 13 vengono evidenziate sia le zone dove è particolarmente intensa l'azione dei cinghiali, sia le zone dove si è riscontrata una importante presenza di risorse idriche che potrebbero essere utilizzate ai fini del recupero agricolo previa le necessarie analisi chimico-fisiche

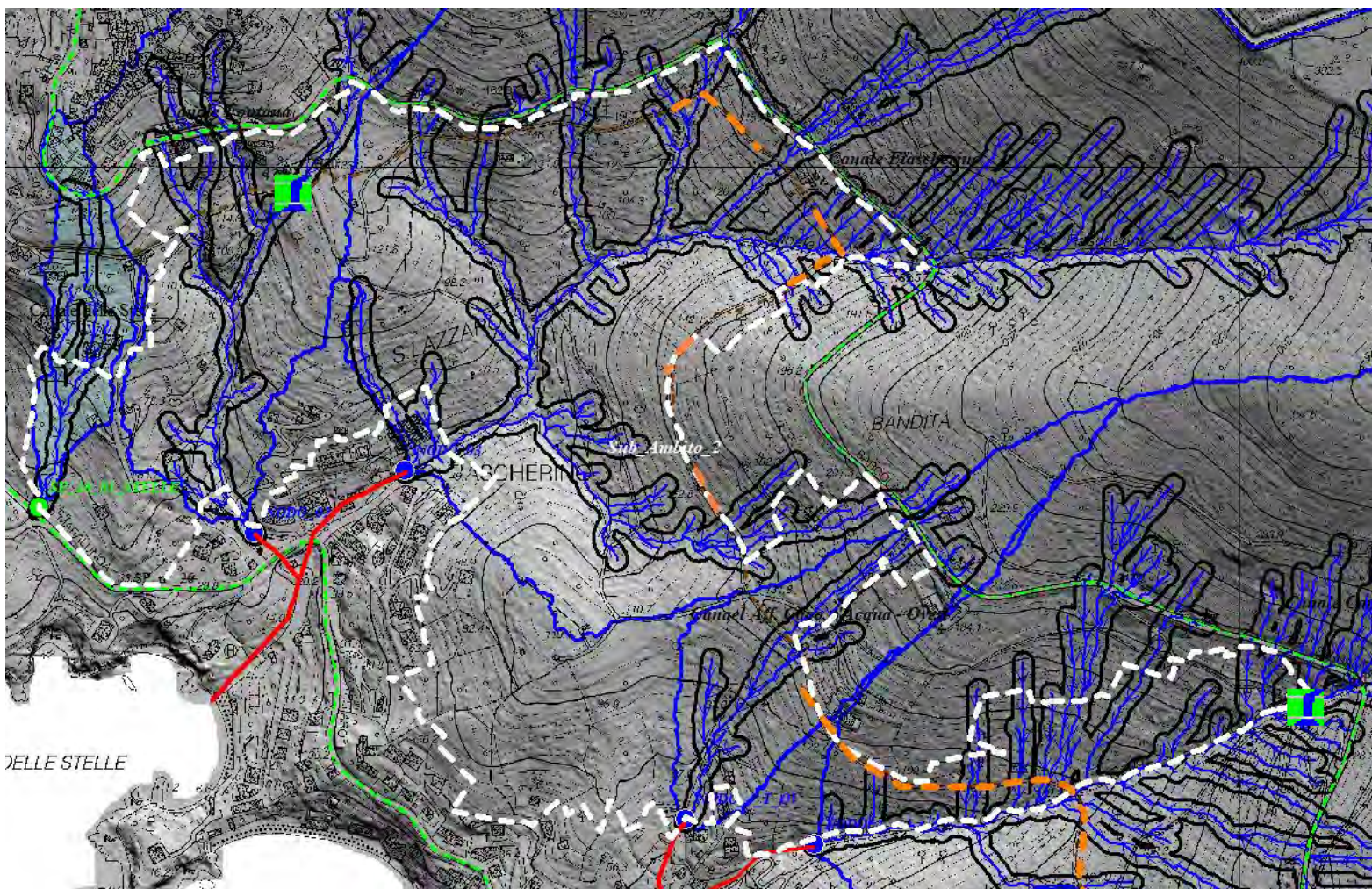


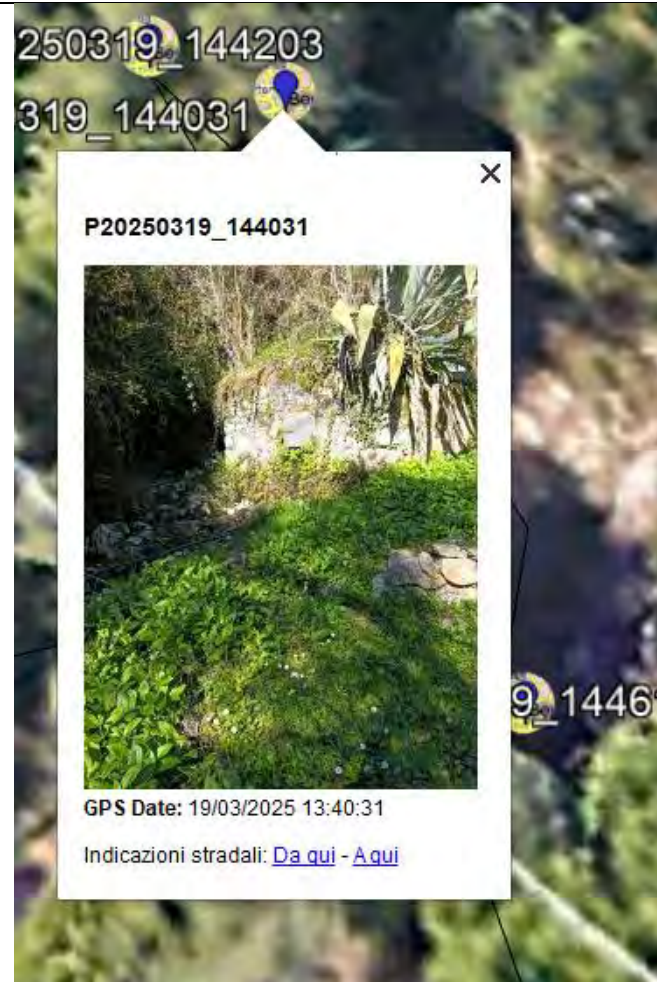
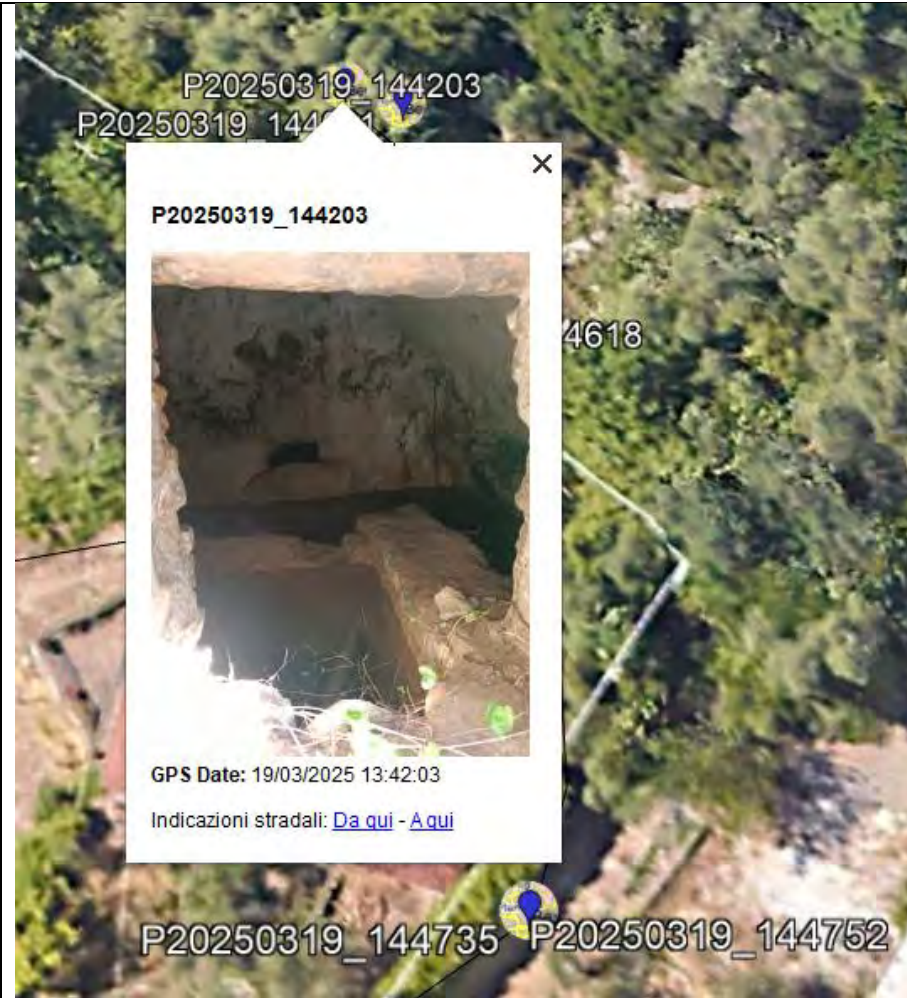


Fig. 13- Rilievo schematico danni di cinghiali sui muri a secco

	Zone maggiormente colpite da rotture delle murature a secco per bioturbazioni (cinghiali)
	Zone interessate da emergenze idriche (sorgenti)

La documentazione fotografica che segue è stata realizzata durante i controlli in campo e sinteticamente evidenziano le problematiche riscontrate.





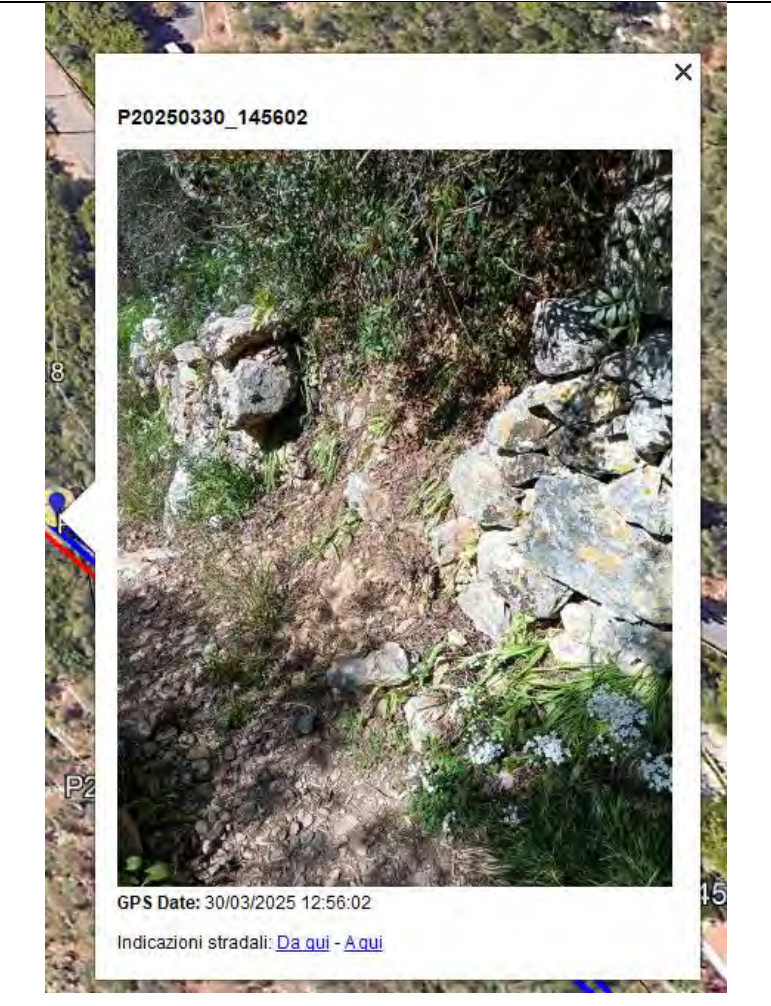
Sorgente sul Capo d'Acqua

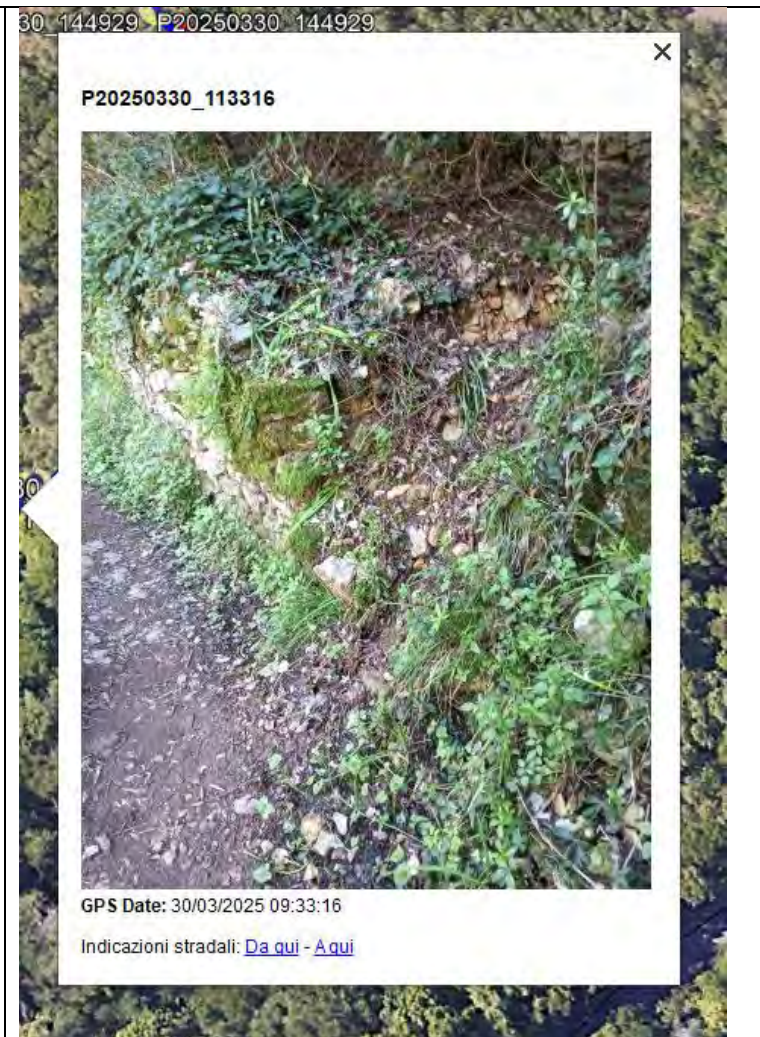
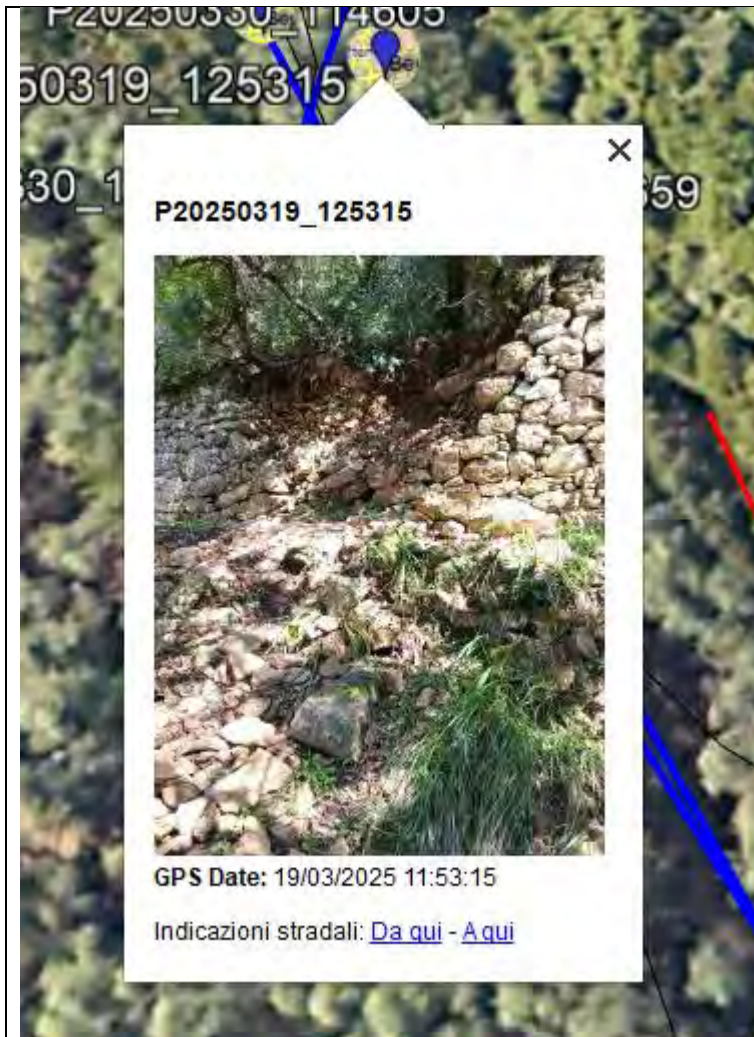


Scarico a monte lungo SP 38 probabilmente ostruito

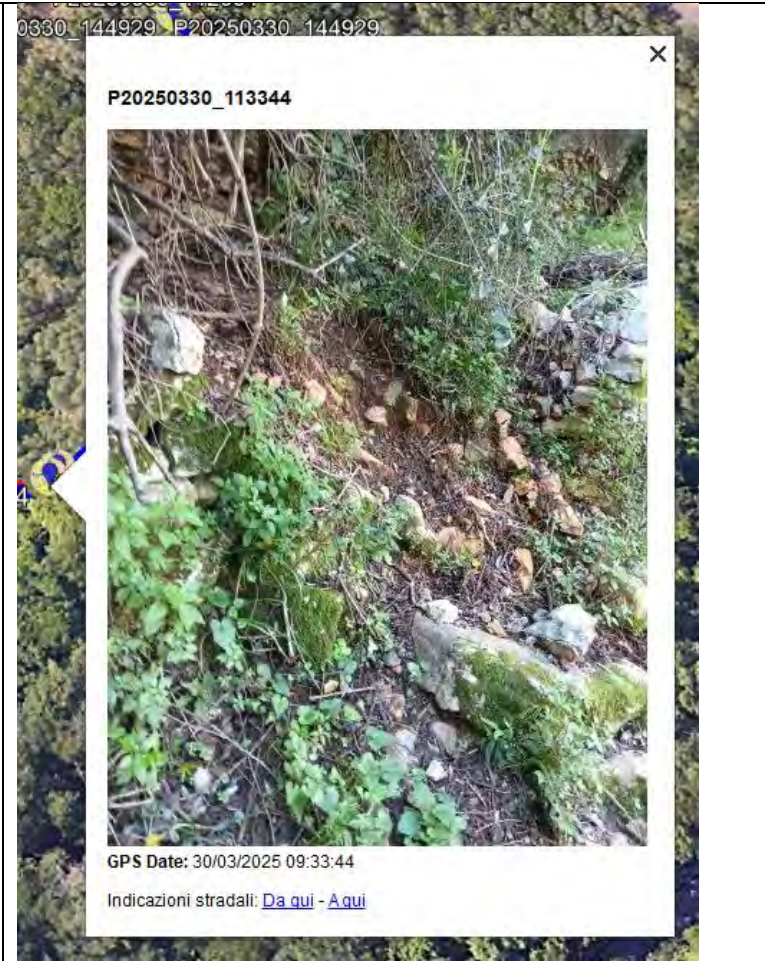


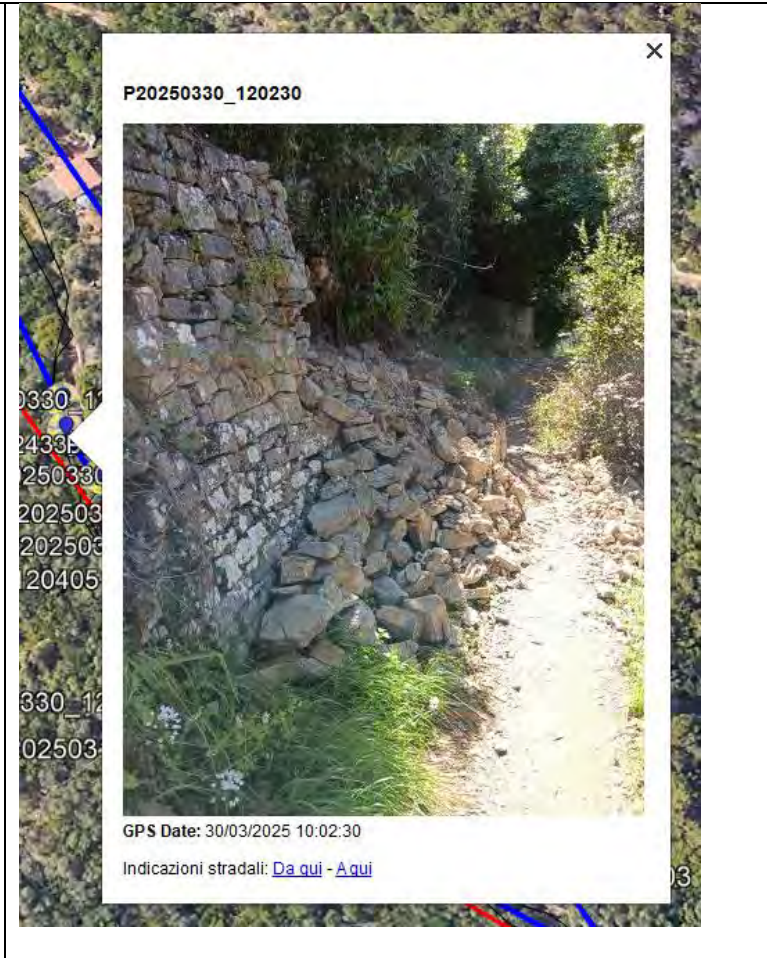
Prosecuzione verso valle sul sentiero CAI 433 sotto strada Provinciale

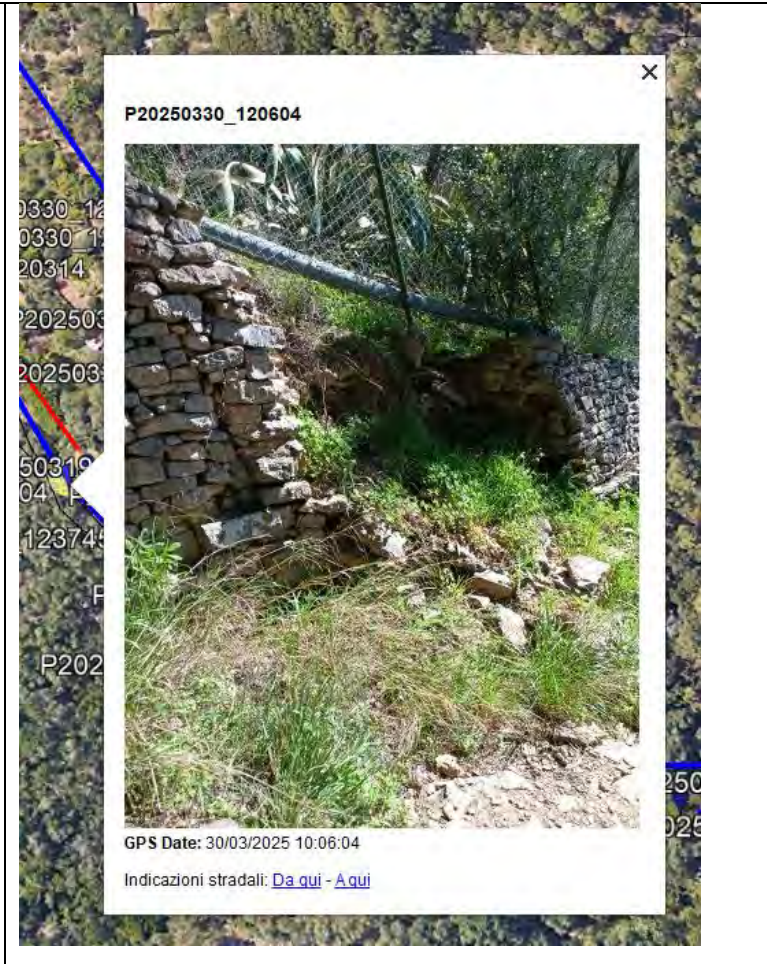












4. Caratteristiche Morfologiche generali Sub Ambito 03

Il sub ambito_03 è ubicato nella zona finale dell'ambito di recupero verso sud e si estende dalla sponda sinistra del Canale Capo d'Acqua verso il Canale di Tellaro interessando nella zona intermedia dal Canale Ronchetto.

Complessivamente, pur presentando caratteristiche e criticità già viste negli altri ambiti le stesse paiono più contenute pur evidenziando anche in questo sub ambito situazioni critiche soprattutto nel Canale del Ronchetto.

Sicuramente la distribuzione dei muri a secco è molto più omogenea rispetto agli altri due sub ambiti.

Nella scheda seguente vengono indicate le principali caratteristiche morfometriche, di esposizione dell'area e la stima del numero e lunghezza totale dei muri a secco individuati mediante le tecniche illustrate nella relazione generale

Sub Ambito 3	Area (ha)	Hmax (mt. slm)	Hmin (mt.slm)	Hmed (mt.slm)	Pendenza Max	Pendenza Media	Esposizione media	n. Muri a secco	Muri a secco Km
	27.11	227.70	44.37 mt	105.50	66.26°	22.24°	Ovest	1798	29.11

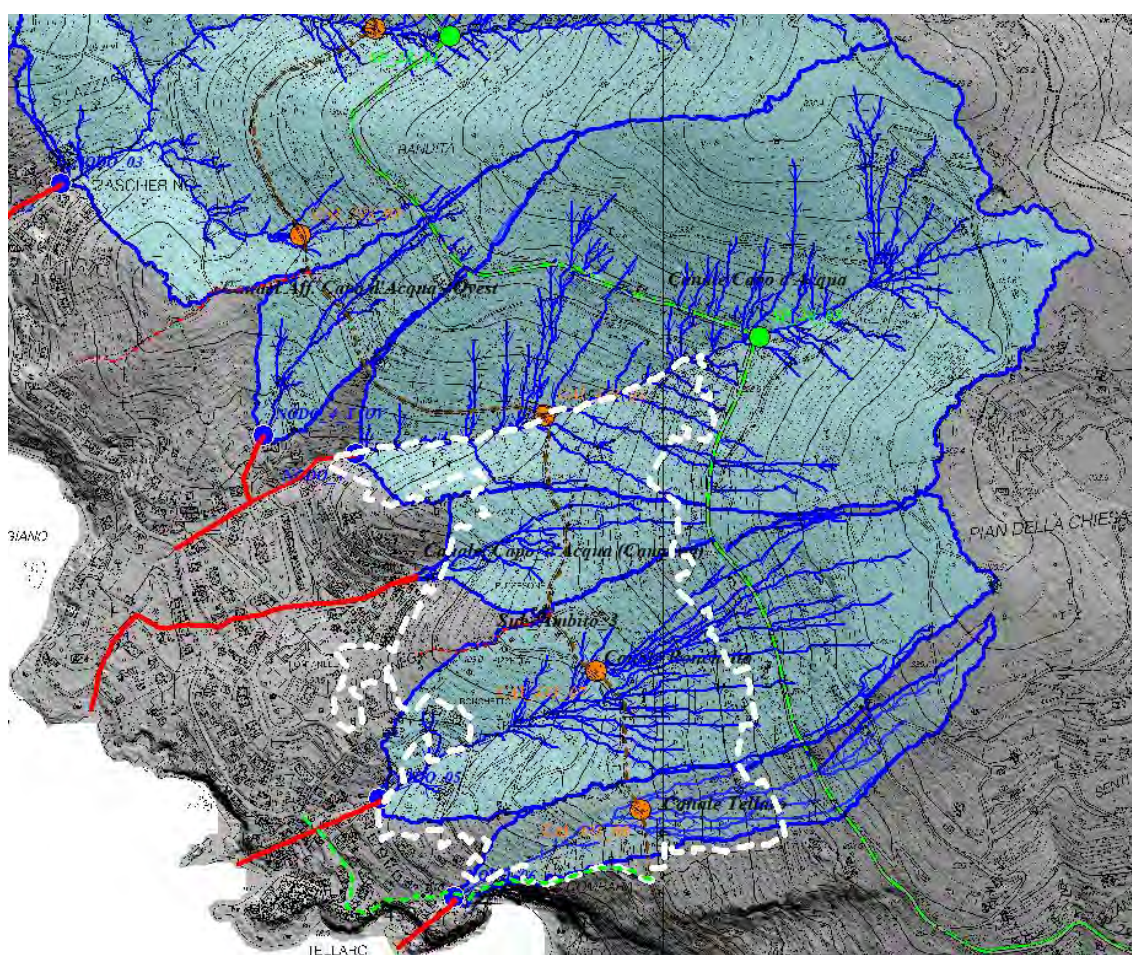


Fig. 14 - Inquadramento Idromorfologico sub ambito n. 3

La carta delle pendenze evidenzia come l'area sia interessata da pendenze più mordeste degli altri due sub ambiti che mediamente si vanno ad attestare fra i 20° e 25° con zone con pendenze più elevate nella fascia della zona intermedia del canale Ronchetto ma comunque abbastanza contenute. Nel complesso si nota l'aumento delle zone pseudo pianeggianti o con debole pendenza questo fatto è probabilmente legato al fatto che il sistema dei muretti di contenimento è abbastanza ben conservato ed anche l'incidenza dei cinghiali come agente di disturbo morfologico parrebbe più contenuto rispetto al Sub ambito 2.

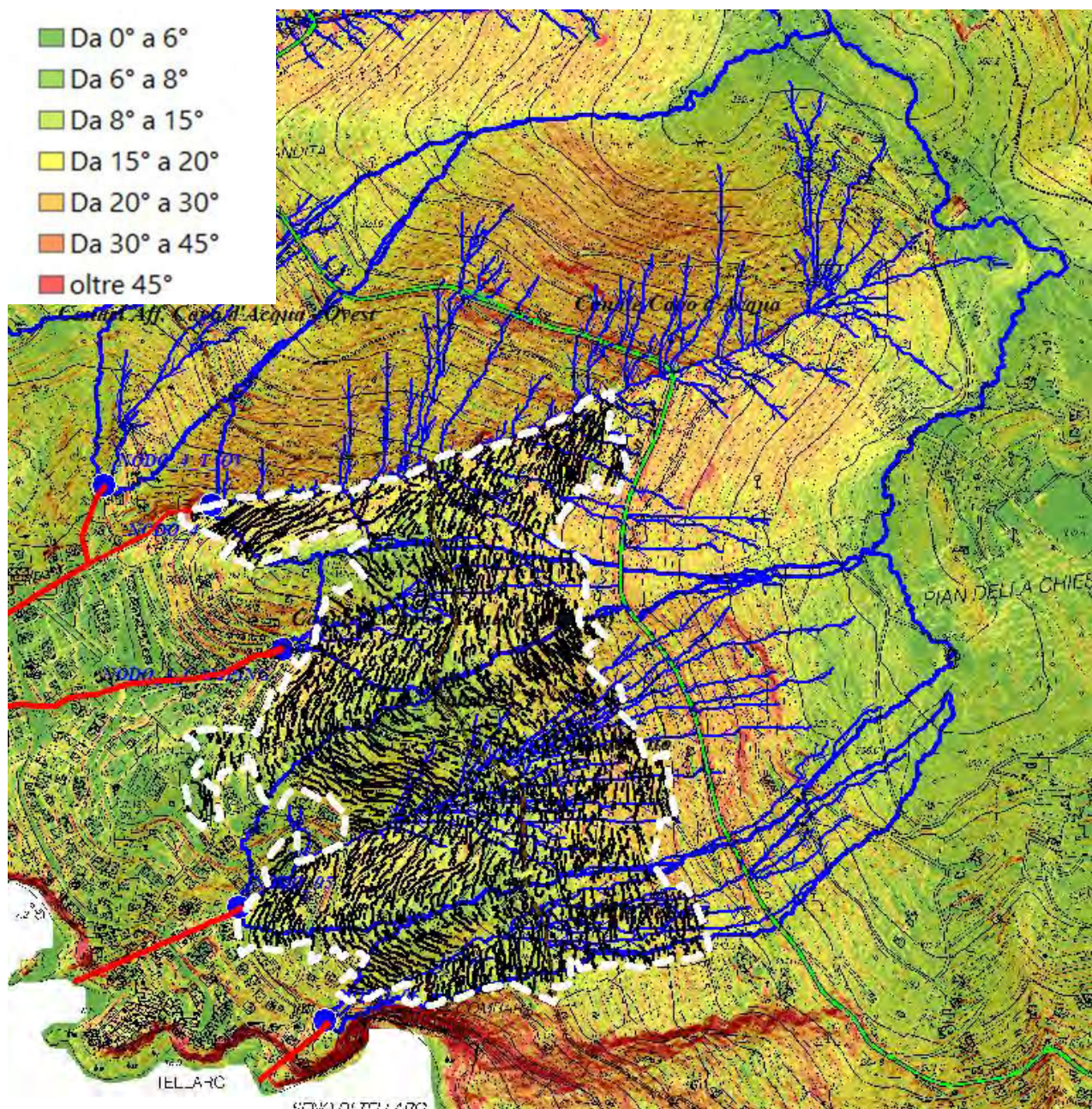


Fig. 15 - Muri a secco su base pendenza dei versanti e reticolo idrografico

4.1. Caratteristiche Morfometriche - Flow Accumulation

Nella elaborazione relativa alla Flow Accumulation si notano zone di accumulo di flusso legate alla parte terminale del Bacino del Canale Capo d'acqua e del Canale Ronchetto. Parrebbero comunque situazioni più gestibili nell'ambito dei miglioramenti attesi da una efficace regimazione delle acque in rapporto alla estensione delle terrazature.

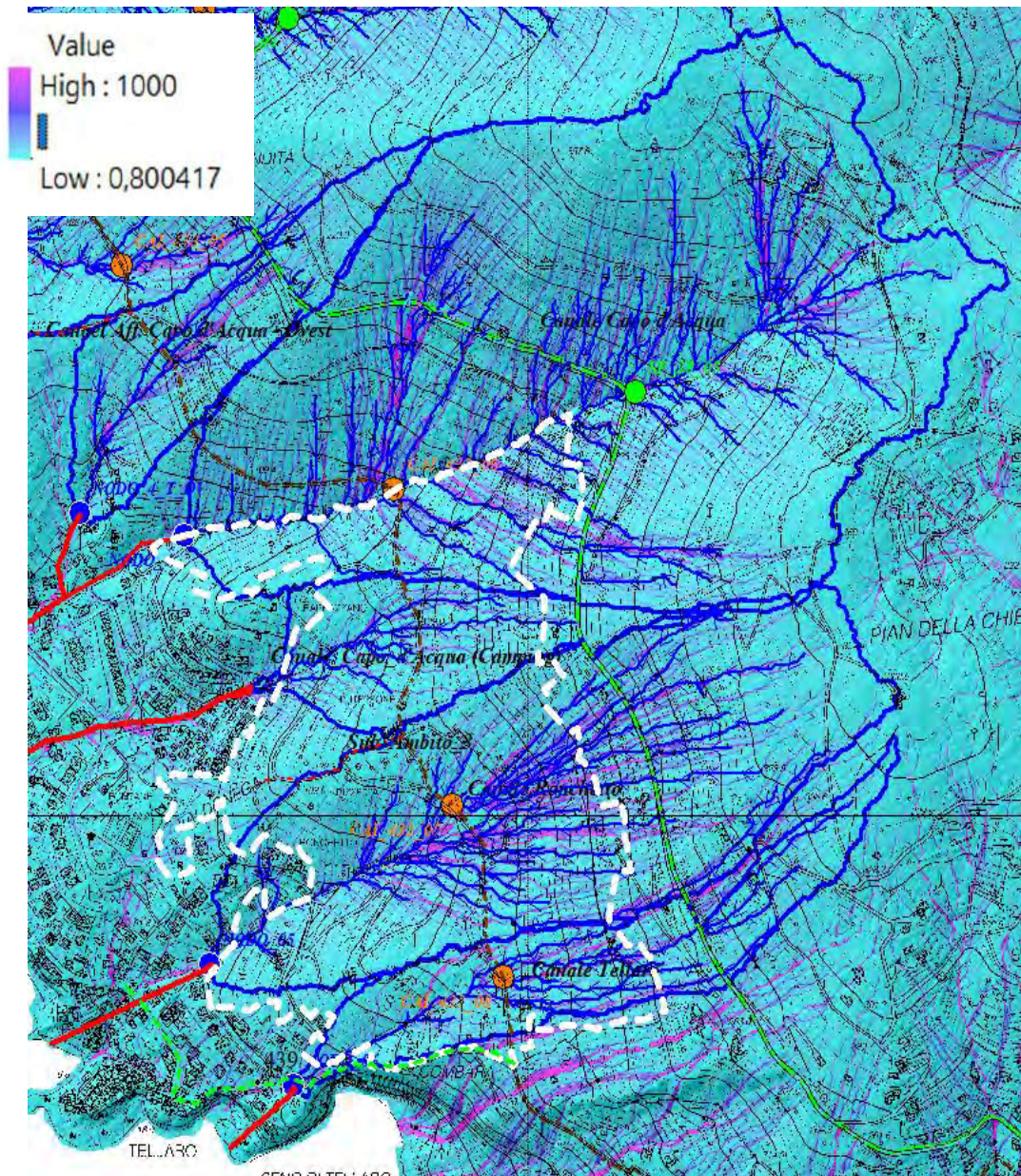


Fig. 16 - Flow Accumulation

4.2. Caratteristiche Morfometriche – Indice SPI

Anche in questo caso si notano (anche se più contenute) zone in erosione delle fasce nella zona intermedia e verso la Strada Provinciale al confine del sub ambito dove si hanno effetti di accumulo e di erosione dovuti ad eventi pluviometrici importanti

Tali fenomeni sono ben visibili nella porzione di Canale a monte del sentiero CAI 433 nella fascia fino alla Strada Provinciale SP 28 come peraltro anche nella fascia del Canale Ronchetto verso la strada provinciale, ed anche a monte della strada provinciale stessa.

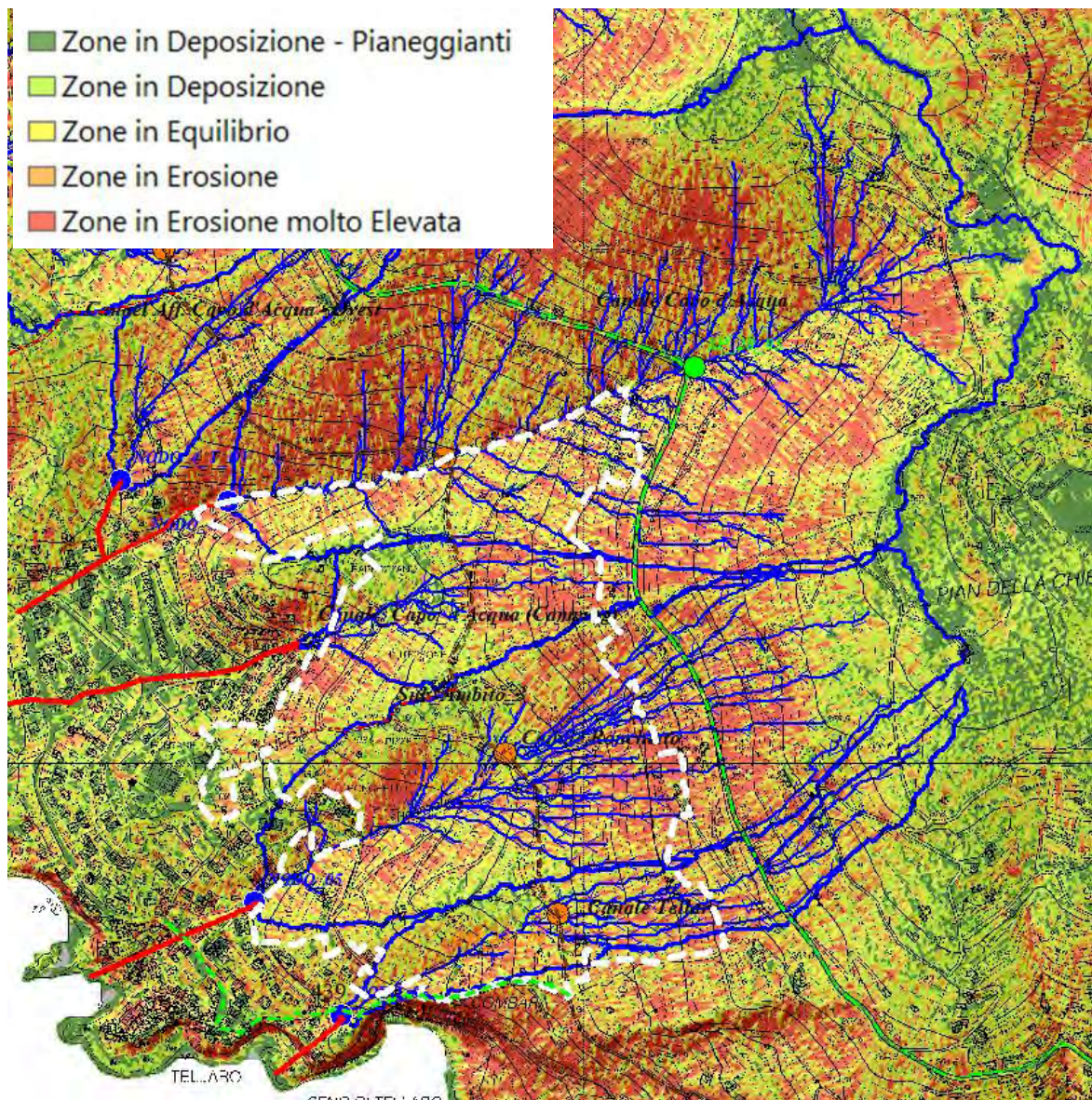


Fig. 17 - Indice SPI

4.3. Caratteristiche Morfometriche – Indice di Connettività (IC)

Le zone dove l'indice di connettività risulta più elevato sono piuttosto ridotte nel complesso delle analisi effettuate, certamente è possibile migliorare la situazione grazie ad alcuni interventi finalizzati al contenimento dei fenomeni erosivi a monte della strada provinciale e una oculata gestione delle aree terrazzate nella fascia già indicata fra Sentiero CAI 433 e Sp 28

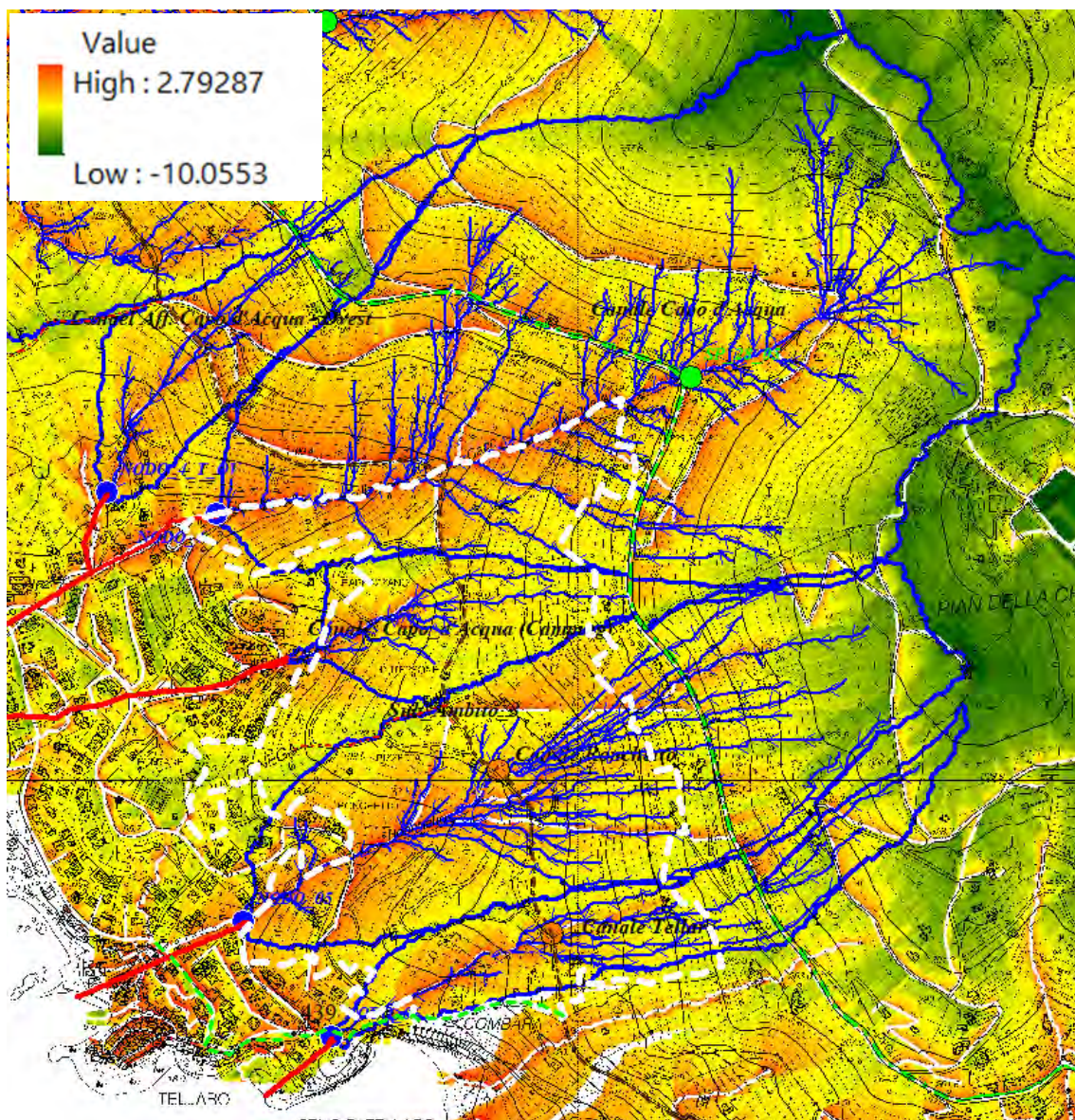


Fig. 18 - Indice di connettività

4.4. Caratteristiche Morfometriche – Indice di MELTON

Anche l'indice di melton (indicatore per la presenza di condizioni morfologiche per la creazione di Debris flow) evidenzia una distribuzione di questi fenomeni nelle fasce di versante prospicienti la strada provinciale e nella parte di bacino idrologico sopra la strada stessa

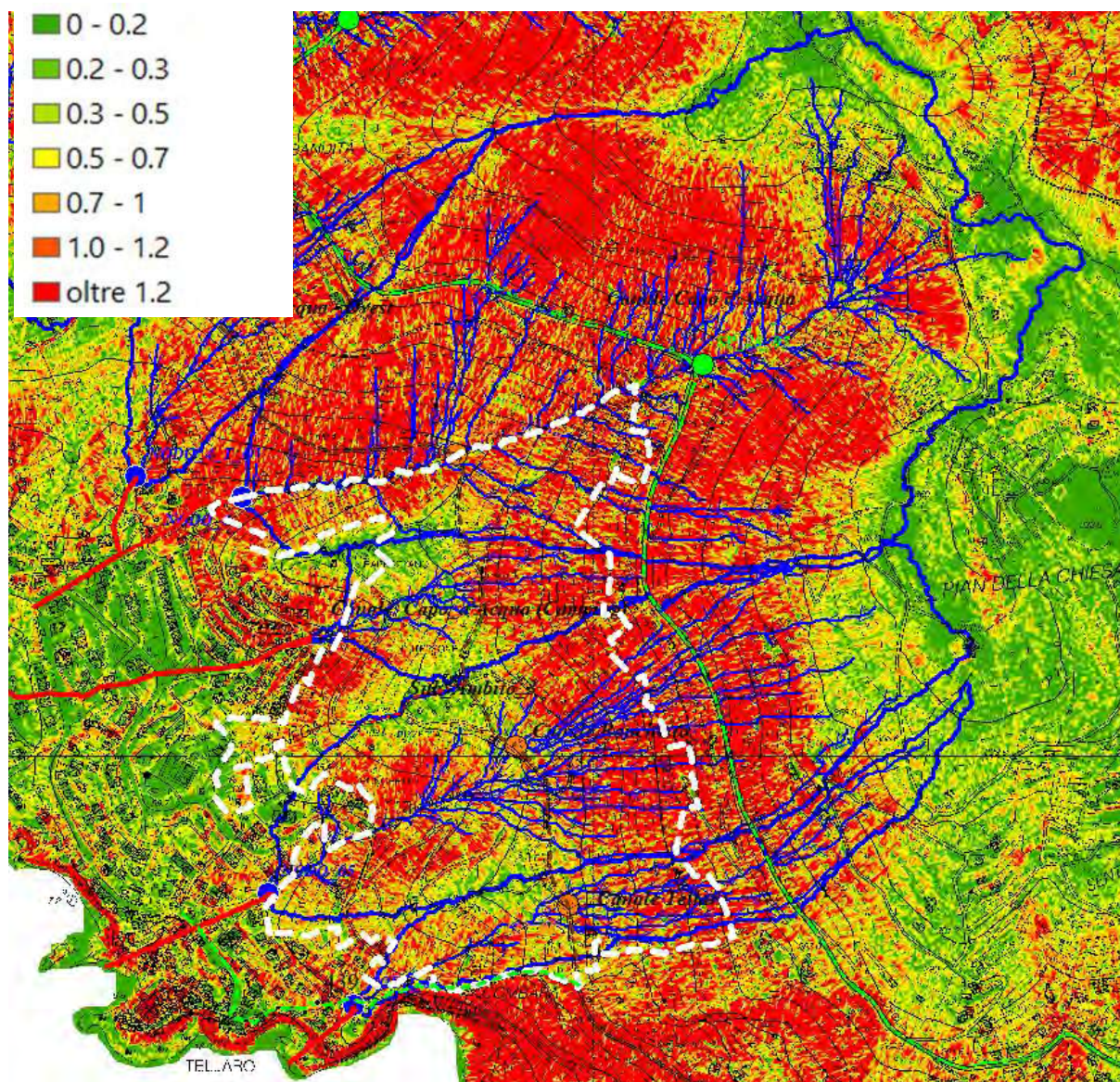


Fig. 19 - Indice di Melton

5. Assetto Geologico e Suscettibilità al dissesto Ambito Recupero Agricolo

L'assetto geologico complessivo dell'area che viene qui di seguito proposto deriva dalle cartografie disponibili presso il sistema informativo cartografico della Regione Liguria come pure la classificazione della suscettibilità al dissesto.

Qui di seguito viene riportato lo schema tettonico del Golfo della Spezia per inquadrare l'area in esame



Fig. 20 schema tettonico da CARG



Fig. 21 - Ingrandimento Zona Piano Recupero Agricolo

L'assetto geologico e strutturale generale tradotto sull'area in esame porta ad evidenziare che l'area in esame rientra nella Falda Toscana e che le litologie più direttamente o indirettamente interessate procedendo da Ovest verso Est risultano essere:

Dt_Argilliti – Rappresenta la copertura detritica della sottostante Scaglia Toscana **STO1** che in questa zona è rappresentata soprattutto dalla facies argilloso marnose caratterizzate dal membro delle argilliti di Brolio, Litologicamente sono terreni molto fragili con una elevata fratturazione di tipo aciculare che è ben visibile nella zona a monte della la strada provinciale SP n. 26 in corrispondenza dell'Eco del Mare e interessata peraltro da uno dissesto nel dicembre del 2010 che ha comportato la chiusura della Strada provinciale stessa.

STO1: Scaglia Toscana rilevabile nella zona della Serra con una facies e agli inizi del sentiero CAI 433 con direzione Tellaro. Si presenta in una facies marnoso calcaree (Membro delle Marne del Sugame), marne grigio nocciola, talvolta violacee, molto alterata e fratturata. Nella zona margine al contatto con il Calcarea Rosso Ammonitico (**cMM**) si è riscontrata una zona interessata da emergenze idriche probabilmente legate alla presenza locale di Diaspri (**dSD**) rappresentate da radiolariti rosso violacee o bruno giallastre a seconda della alterazione che hanno subito lo spinto grado di alterazione le riduce alla dimensione di una sabbia grossolana che probabilmente è la fascia che alimenta le sorgenti dell'area.

Successivamente si riscontra il Calcarea Rosso Ammonitico (**cMM**) caratterizzato da calcari biancastri alternati a marne rosso violacee. Procedendo verso Est si trovano i **cANG** : Calcari ad angulati caratterizzati da rocce sedimentaria calcaree clastica a grana fine di colore grigio scure marnoso – siltose in strati mediamente spessi 30-50 cm regolarmente alternati a interstrati marnosi talvolta argillitici. Infine si riscontrano litologie molto competenti caratterizzate da Dolomie calcaree saccaroidi, biancastre o giallastre, massive o grossolanamente stratificate con zone più o meno estese di calcilutiti grigio scure con tracce di stratificazione infine alla base del M.te Rocchetta si entra nel dominio della formazione di La Spezia (LSP2 del CARG) caratterizzata da strati decimetrici di calcari grigio scuri con interstrati marnosi molto fratturati .

Risulta opportuno sottolineare che le litologie riscontrate hanno subito dei fortissimi stress tettonici che hanno dato origine a questa forma di piega a cucchiaio caratterizzata da un fenomeno tettonico molto particolare (TDF), come viene evidenziato dall'ingrandimento della figura precedente ed i contatti sono tutti per faglia. Pur avendo a che fare con litologie molto competenti (calcari l.s.) gli sforzi tettonici hanno comportato un elevato livello di fratturazione delle litologie presenti scompaginandole (tant'è che dalle misure di strato non si ricostruisce uno stile ma si evidenzia il grande disturbo subito dalle formazioni). Tali stress comportano inoltre un aumento della fratturazione e scompaginamento delle formazioni che probabilmente è all'origine della forte presenza di detrito di materiali lapidei riscontrata durante i sopralluoghi.

Peraltro questo fenomeno è ben visibile nella zona del M.te Rocchetta quale risultato dello smantellamento della collina per la realizzazione del Forte stesso dando origine alla copertura di detrito calcareo (**Dt_Calcari**).

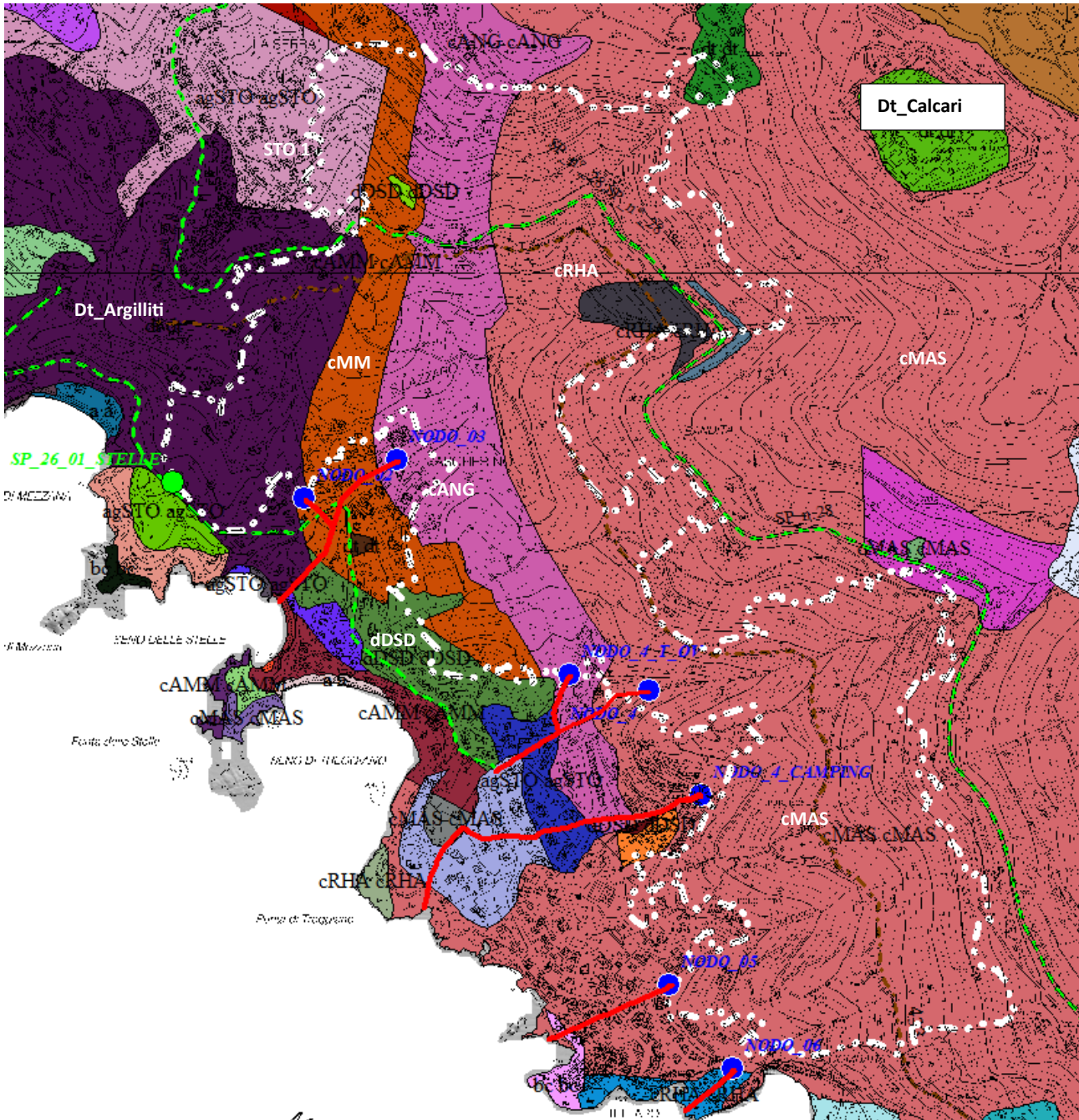


Fig. 22 - Carta Geolitologica - Regione Liguria

5.1. La suscettibilità al Dissesto

La carta della suscettibilità al dissesto dell'ambito 20 del Piano di Assetto Di Bacino Regionale evidenzia zone a diversa classificazione anche se le zone più critiche sono poste sul lato Ovest ossia nella zona prospiciente la Frana dell'Eco del Mare e interessa il bacino idrografico del canale delle Stelle e del canale Fontana (Ambito 1 e 2) come si evince dalla successiva Fig. 23.

Le motivazioni della classificazione Pg3a e Pg3b sono da ricercarsi essenzialmente nella presenza di coperture detritiche di tipo argillo-limoso dovute alla alterazione delle rocce, essenzialmente Argilliti, ed alla elevata acclività che caratterizza questi due bacini.

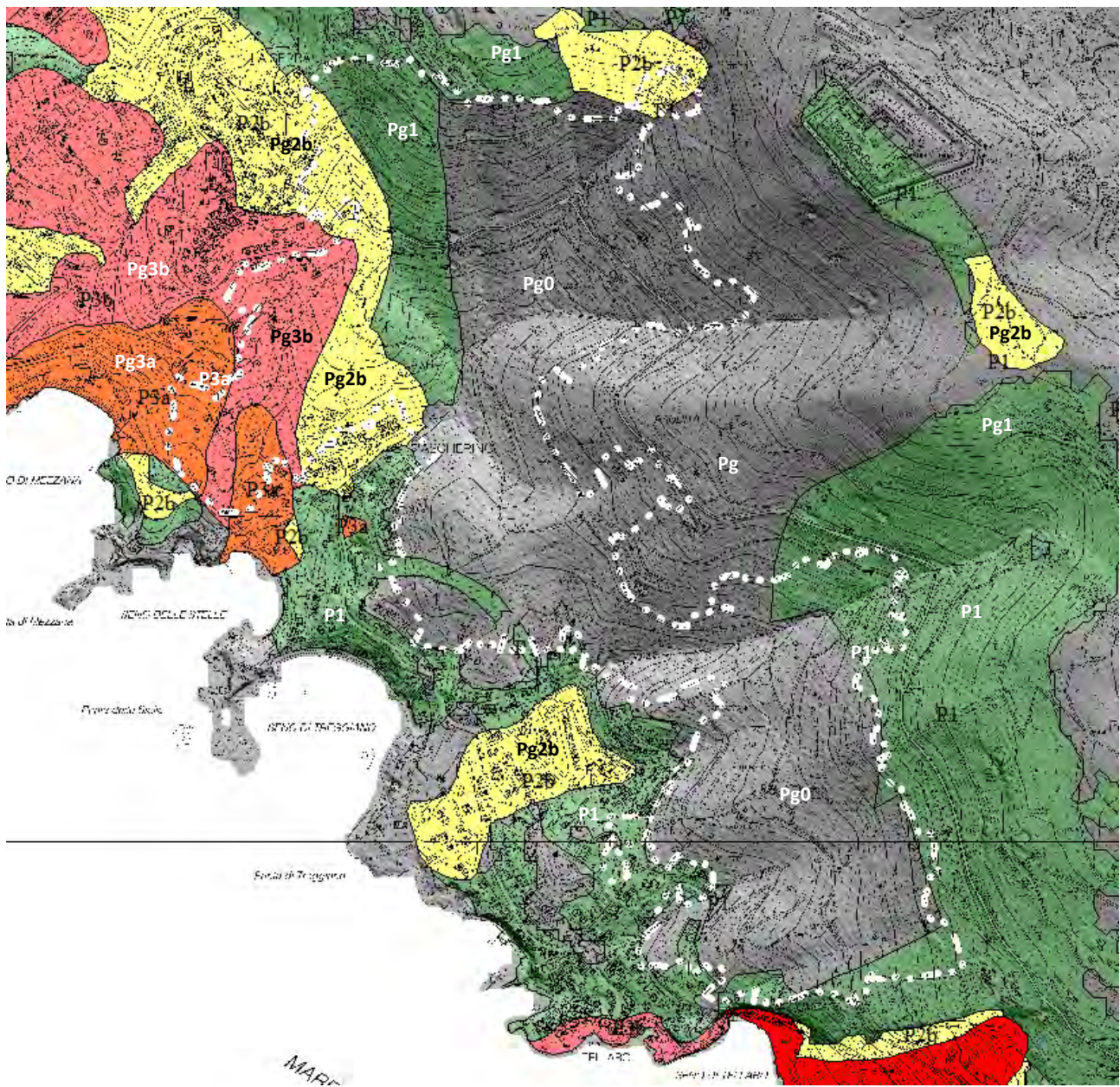


Fig. 23 - Carta della suscettibilità al dissesto ambito 20 - PAI Regione Liguria

Classi di suscettibilità al dissesto		
	Pg4	Suscettività al Dissesto Molto Alta
	Pg3a	Suscettività al Dissesto Alta
	Pg3b	Suscettività al Dissesto Alta
	Pg2	Suscettività al Dissesto Media
	Pg1	Suscettività al Dissesto Bassa
	Pg0	Suscettività al Dissesto Molto Bassa

6. La Normativa del Piano di Assetto Idrogeologico Ambito 20

La normativa alla Sezione II - Disciplina dell'assetto geomorfologico del PAI ambito 20 viene applicata mediante l'articolo Art.16 Aree a diversa suscettività al dissesto riferita alle zone classificate aree a suscettività al dissesto Elevata Pg3a e Pg3b.

Si richiama l'attenzione sul **punto 3 aree a suscettività al dissesto elevata Pg3a** e sul **punto 3 – ter aree a suscettività al dissesto elevata – Pg3b** per quanto concerne la realizzazione di nuove opere e l'esecuzione di opere infrastrutturali

Per quanto riguarda le zone a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa Pg1 e molto bassa (Pg0) al Punto 4 dell'Art.16, si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Per le aree a suscettività al dissesto media (Pg2) e bassa (Pg1) le indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.

Ed al punto 4 bis. Nelle classi di suscettività al dissesto si applicano, in ogni caso, le norme generali di carattere idrogeologico per la prevenzione del dissesto di cui all'art. 5.

5. Le indagini e gli studi di cui ai commi precedenti devono tenere in debita considerazione eventuali aree a maggiore suscettività presenti nei pressi della zona di intervento, valutando anche possibili espansioni di movimenti gravitativi.

6. In ogni caso sono consentiti gli interventi di realizzazione di opere di bonifica e di sistemazione dei movimenti franosi diretti alla messa in sicurezza degli edifici, delle strutture esistenti e delle aree in dissesto.

6.1. Le aree potenzialmente interessate da fenomeni di colate detritiche (vedi Fig. 24)

Nello studio effettuato sono emerse delle criticità legate alla possibilità di innesco di fenomeni legati alla creazione di colate detritiche fino a veri e propri Debris Flow. Nella Fig. 24 seguente, sono state delimitate delle aree derivanti dalle analisi effettuate sulla base sia delle risultanze dello studio morfometrico che dei controlli in campo. La delimitazione prende in considerazione e una fascia minima di 20 metri tracciata a cavallo del reticolo minuto che necessita di controlli specifici orientati alla realizzazione di opere di regimazione delle acque nei canali principali per controllare la presenza di detrito e della presenza di necromassa mobilizzabile per valutare le tipologie di interventi di tipo attivo che impediscono l'innesco delle colate agendo sui fattori predisponenti. A tale scopo possono essere indicate le briglie selettive di trattenuta, che impediscono il sovralluvionamento degli alvei e consentono l'asportazione del materiale in eccesso che si accumula a ridosso delle opere stesse; le sistemazioni a gradinata che diminuiscono la pendenza dell'alveo. Si suggerisce di operare sui versanti sui versanti per stabilizzarli e diminuire così gli apporti solidi agli alvei e in una fase iniziale alla pulizia dell'alveo soprattutto dalla invasione di arbusti e soprattutto dalla necromassa presente nel sistema forestale che potrebbe essere trasportata a valle impedendo il corretto deflusso delle acque e accumularsi in punti critici.

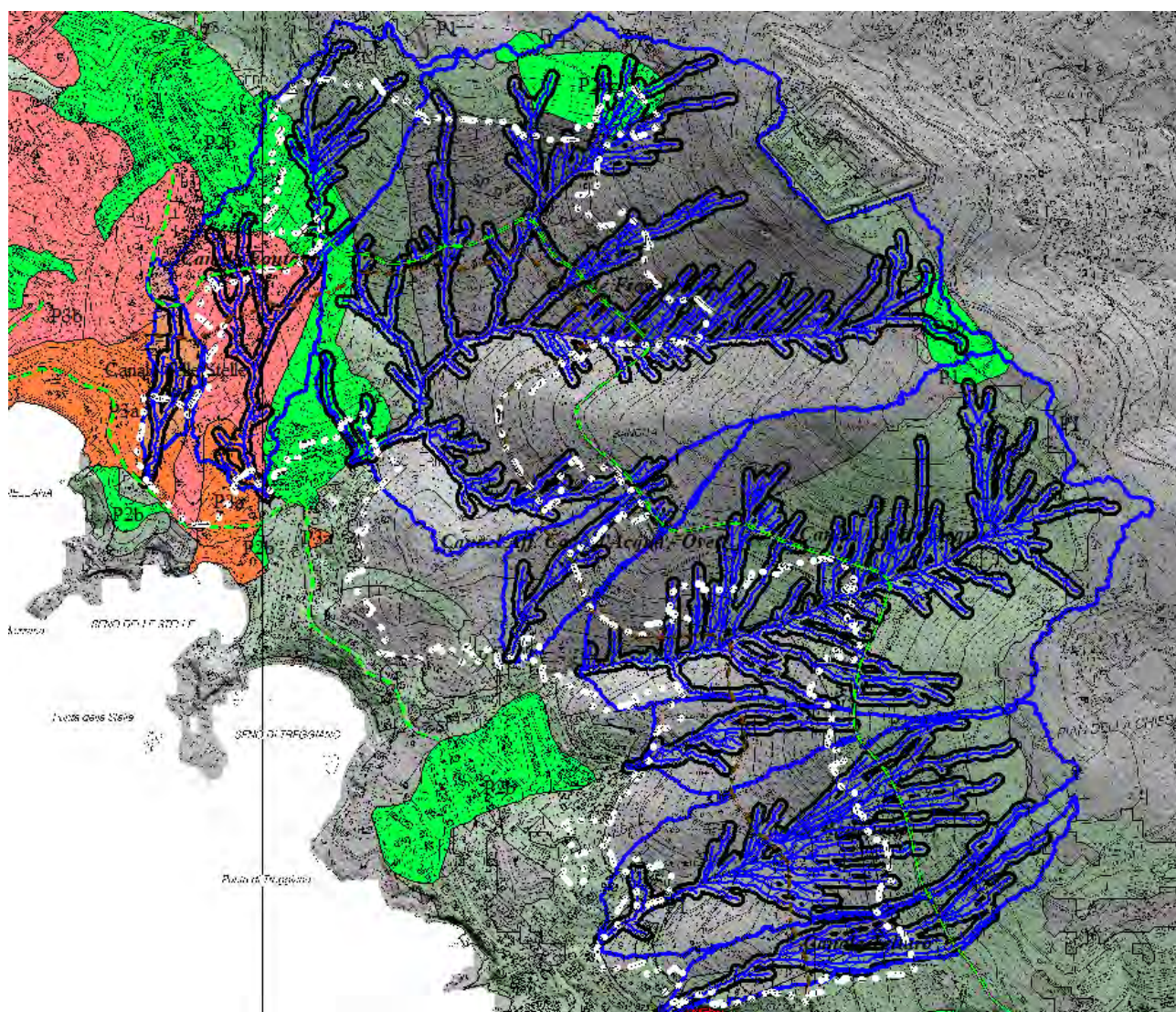


Fig. 24 - Carta delle aree potenzialmente interessate da fenomeni di colate detritiche

in questo caso risulta opportuno, oltre alla loro segnalazione all'autorità di bacino l'applicazione dell' **Art. 16 ter Misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico:**

1. Al fine di mitigare gli effetti negativi che si possono manifestare a seguito di fenomeni di espansione di corpi franosi già cartografati nei piani o, per quanto sia possibile, di contenere il rischio dovuto a processi torrentizi indotti da intensi fenomeni pluviometrici, colate veloci di fango e detriti (debris-flow), si definiscono le seguenti misure di attenzione.
2. Gli elaborati geologici e geotecnici a corredo dei progetti per il rilascio del titolo edilizio, redatti ai sensi delle NTC 2008 (attuali NTC 2018), relativi ad istanze di opere di nuova costruzione si danno anche carico di considerare e valutare se sussistano pericoli di possibili interferenze per eventuali fenomeni di arretramento o di espansione di corpi o cigli di frana (ciglio, piede, fianchi) presenti nell'intorno di una fascia di rispetto di almeno 100 m e comunque considerando un'area di dimensione significativa in merito al contesto in esame.
3. La misura di attenzione di cui al comma 2 si applica anche per interventi eventualmente previsti a margine dei perimetri delle Aree speciali di tipo A, B1 e B2.
4. In sede di previsione di realizzazione di interventi urbanistico edilizi od opere di viabilità in prossimità del reticolo idrografico su versante, si effettuino specifiche valutazioni in merito all'eventuale grado di esposizione degli interventi agli effetti di possibili fenomeni di colate veloci di fango o detriti (debris-flow), individuando, se del caso, opportuni accorgimenti tecnici o una migliore ubicazione degli interventi stessi nell'ottica della prevenzione di tale rischio.

Inoltre trattandosi di interventi che vanno ad incidere sulla organizzazione del reticolo idrografico minuto zone si richiama l'attenzione sulla applicazione del Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua (R.R. 14 Luglio 2011, n. 3.), richiamando in particolare l'Art. 6 (*Attività per la conservazione della naturalità e biodiversità ai fini dell'equilibrio ambientale del corso d'acqua*); Art. 7 (*Interventi negli alvei dei corsi d'acqua*) e Art. 8 (*Tombinature e coperture*)