

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche
Geologia e Applicazioni per il Territorio

Titolo Tesi: ANALISI DELLA PERICOLOSITA' IDRO- MORFOLOGICA NEL BACINO DEL
FIUME PLATANI

Abstract

Un'attenta analisi idro-morfologica dei bacini idrografici è la chiave per una corretta gestione del territorio in quanto fornisce le basi per la valutazione del rischio idrologico legato alle alluvioni e per la disposizione di adeguate procedure di prevenzione e salvaguardia della vita umana.

Il presente elaborato ha descritto e messo in pratica un metodo ed uno strumento in grado di fornire un'analisi idro-morfologica dell'area in studio.

In particolare è stato scelto come caso di studio il bacino del F. Platani e, nello specifico, l'asta fluviale principale che comprende i fiumi Salito, Gallo D'Oro e Platani.

Per esso è stata condotta un'analisi idro- morfologica nel rispetto delle direttive vigenti (2000/60/CE e 2007/60/CE) e della metodologia IDRAIM (2004). Ci si è voluti concentrare, in particolare in una fase specifica della metodologia, che può essere considerata di inquadramento (1° fase del metodo IDRAIM), che è finalizzata alla suddivisione del corso d'acqua in tratti omogenei che vengono definiti, principalmente, in funzione dei diversi ambiti fisiografici presenti nel bacino idrografico e del tipo di tracciato fluviale.

Obiettivo di questo lavoro di tesi è quello di valutare come le tecniche di analisi idro-morfologica condotte sulla base di ortofoto si adattino o meno a descrivere efficacemente le reali morfologie del corso d'acqua.

Al fine dell'applicazione di metodi e sistemi per l'analisi territoriale allo studio idro-morfologico del bacino di riferimento sono stati utilizzati applicativi GIS, tramite i quali è stato possibile utilizzare tools di analisi mirata dei fenomeni di dissesto geo-idrologico e creare dei layer rappresentativi. Tra i vari software GIS, per la realizzazione del progetto sono stati usati il software ArcGIS 10.2 (ESRI) e il software GIS open source QGIS 2.10.1.

Il punto di partenza di un qualunque studio morfologico è rappresentato dal reperimento dei dati bibliografici e cartografici al fine di inquadrare al meglio il caso studio. Pertanto, dopo aver fornito una descrizione bibliografica dell'inquadramento dal punto di vista geografico, climatico, morfologico e geologico del bacino del F. Platani, ci si è concentrati sui dati cartografici in possesso e di come poterli elaborare al fine di ottenere i principali parametri per condurre lo studio idro-morfologico.

Il progetto è stato suddiviso in una serie di step di creazione, analisi ed estrapolazione dei dati e, in particolare, nelle seguenti fasi:

1. Inquadramento del bacino idrografico.
2. Digitalizzazione dell'asta fluviale principale e dell'alveo fluviale.
3. Compilazione degli attributi relativi all'analisi idro- morfologica dell'alveo fluviale.
4. Determinazione delle unità fisiografiche.
5. Calcolo degli indici morfologici e suddivisione in tratti.
6. Realizzazione della carta delle pendenze.
7. Digitalizzazione della piana attiva.

FASE 1. Inquadramento del bacino idrografico.

Le cartografie utilizzate, limitatamente al bacino del F. Platani, sono state fornite dall'Osservatorio delle Acque durante un periodo di tirocinio formativo universitario, e comprendono:

- **C.T.R.:** Carte Tecniche Regionali in fogli a scala 1:10.000;
- **Ortofoto:** foto digitali a colori, le cui riprese aree sono state effettuate agli anni 2007-2008.
- **DTM:** Digital Terrain Model (Modello Digitale del Terreno);
- **Shapefiles e layers relativi a vari tematismi** (litologia, bacini idrografici, unità fisiografiche, rischio...).

Una volta estrapolata la delimitazione del bacino dallo shapefile "Bacini idrologici principali" (Fig.1), si è proceduto al caricamento delle cartografie C.T.R. e Ortofoto all'interno del bacino, sulla base del Quadro d'Unione (Fig. 1), inserendo come comune sistema di riferimento "Monte Mario Italy 2" che corrisponde alla proiezione di Gauss-Boaga, nel sistema geodetico nazionale (ellissoide internazionale orientato a Roma Monte Mario): $41^{\circ} 55' 25.51''$ di latitudine Nord e $12^{\circ} 27' 08.40''$ di longitudine Est di Greenwich. Questa operazione è fondamentale in quanto permette di operare su una base cartografica georiferita.

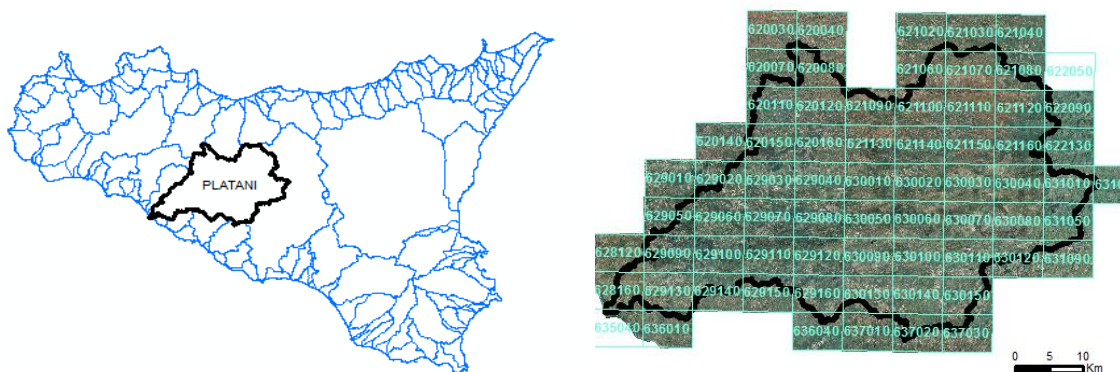


Fig. 1 - Inquadramento del Bacino Idrologico "Platani" e quadro d'Unione con sovrapposizione ortofoto.

FASE 2. Digitalizzazione dell'asta fluviale principale e dell'alveo fluviale.

Il **reticolo idrografico** è l'insieme di tanti corsi d'acqua (fiumi, torrenti, ruscelli) presenti in un bacino idrografico che confluiscono tra di loro in un'asta fluviale principale.

Date le dimensioni del bacino oggetto di studio, si è scelto di limitare l'analisi idro-morfologica a porzioni ristrette del reticolo idrografico.

Per semplificazione, si è scelto di digitalizzare solamente l'asta principale del bacino idrografico del F. Platani.

Per asta principale si intende quella di maggiore lunghezza che attraversa il bacino dal punto più a monte dello spartiacque fino alla foce, sulla quale si congiungono le aste secondarie.

La digitalizzazione è il processo mediante il quale è possibile creare nuovi elementi (punti, linee, poligoni) all'interno di uno shapefile precedentemente creato. In questo modo è possibile creare nuovi layer georiferiti con informazioni derivanti, ad esempio da immagini raster.

In questo step si è proceduto alla digitalizzazione dell'asta principale (lineare) e dell'alveo (poligonale) sulla base delle cartografie disponibili (C.T.R. e ortofoto) (Fig. 2).

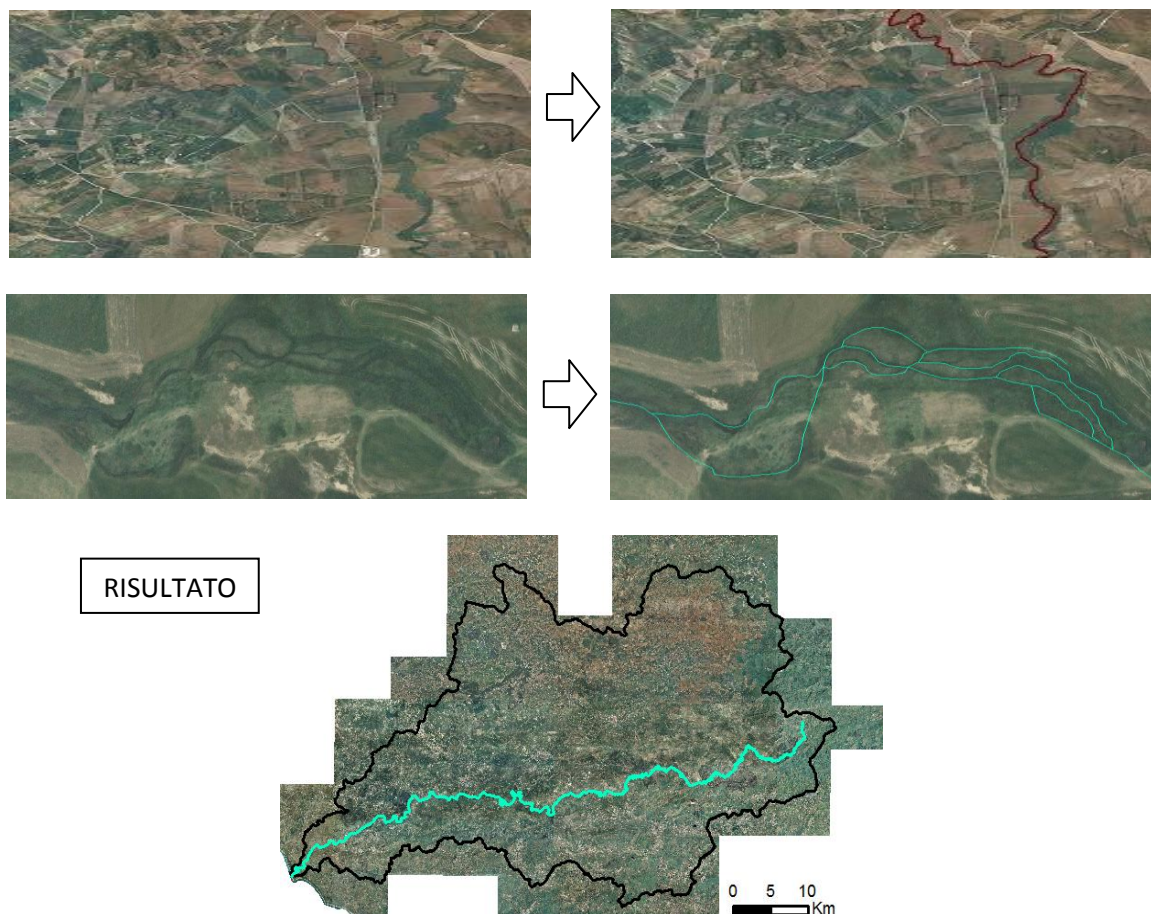


Fig. 2 - Fasi di digitalizzazione dell'alveo e dell'asta fluviale (in alto) e risultato finale (in basso).

FASE 3. Compilazione degli attributi relativi all'analisi idro-morfologica dell'alveo fluviale

L'asta principale, digitalizzata nella precedente fase, può essere inizialmente divisa in tre tratti corrispondenti al nome dei sottobacini principali intercettati:

- Fiume Platani
- Fiume Gallo d'Oro;
- Fiume Salito;

A partire da queste informazioni, si è proceduto a suddividere lo shapefile in funzione del nome (Fig. 3) ed al popolamento della tavola degli attributi, fornendo una prima suddivisione in tratti.

NOME

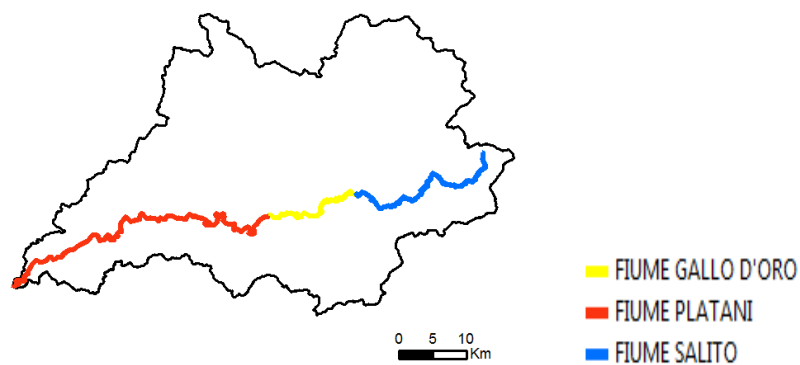


Fig. 3 - Assegnazione del nome dei tratti fluviali principali.

Successivamente, a ciascuno dei tratti individuati sono state assegnate le condizioni di rischio idraulico, sulla base delle indicazioni del PAI vigente (Fig. 4) contenute nello shapefile "classificazione rischio tratti".

RISCHIO

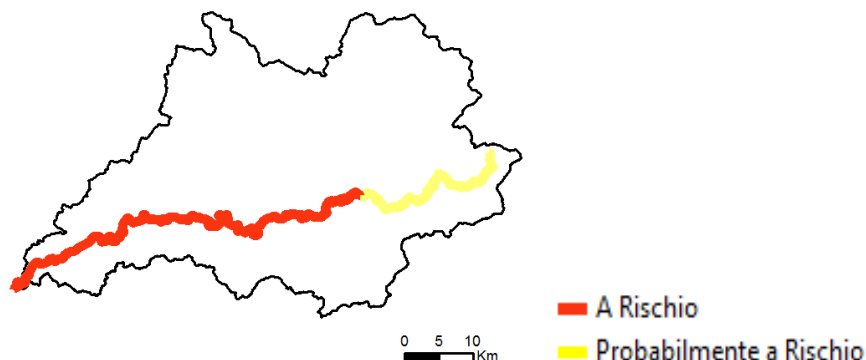


Fig. 4 - Assegnazione della classe di rischio del tracciato fluviale principale.

FASE 4. Determinazione delle unità fisiografiche

Per classificare e cartografare i paesaggi italiani è stata definita come unità territoriale di riferimento l' "Unità fisiografica di paesaggio". Con questo termine si intendono porzioni di territorio geograficamente definite che presentano un caratteristico assetto fisiografico e di pattern di copertura del suolo.

Per classificare le unità fisiografiche caratterizzanti l'asta principale del F. Platani si è proceduto ad interrogare lo shapefile "geomorfologia" fornito dall'Osservatorio delle Acque (Fig. 5).

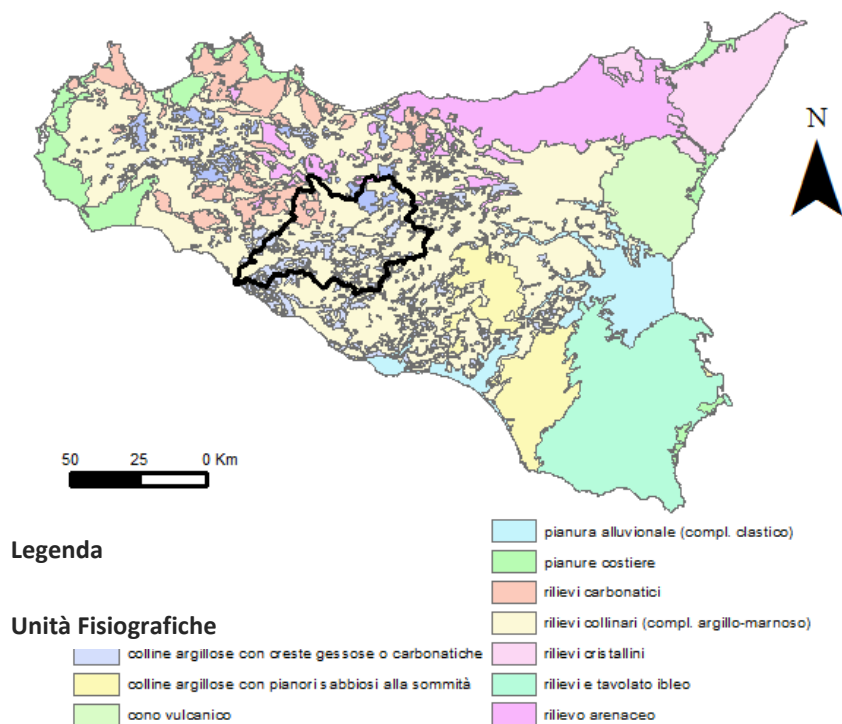


Fig. 5 - Carta delle Unità Fisiografiche della Sicilia; in evidenza il Bacino Idrografico del Platani.

FASE 5. Calcolo degli indici morfologici e suddivisione in tratti.

Poiché per la definizione della morfologia fluviale dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati, si procede con un'analisi GIS di immagini telerilevate (ortofoto), facendo riferimento agli indici di sinuosità e di intrecciamento, in questa fase lavorativa sono state messe in atto le procedure, indicate nel manuale IDRAIM, atte alla definizione degli stessi.

Si è proceduto, quindi, ad analizzare i tratti fluviali sia in termini di suddivisione in canali (singolo, transizionale, multipli) in funzione del numero di canali, sia in termini di suddivisione rispetto alla morfologia dei tratti (rettilineo, sinuoso, meandriforme) in funzione del calcolo dell'Indice di sinuosità e dell'indice di intrecciamento secondo la formula sottostante, tratta dal manuale IDRAIM. Per **indice di sinuosità** si intende il rapporto tra la lunghezza misurata lungo il corso d'acqua (l_a) e la lunghezza misurata per lo stesso tratto seguendo la direzione del tracciato planimetrico complessivo del corso d'acqua ($l_1 + l_2 + l_3 + \dots$) (Fig.6). Viene utilizzato in particolar modo per classificare gli alvei a canale singolo, mentre è meno significativo per le tipologie a canali multipli.

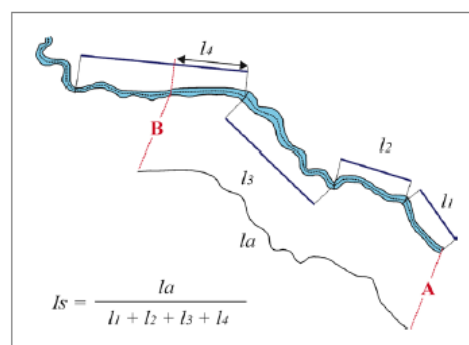


Fig. 6 - Metodologia per il calcolo dell'indice di sinuosità. IDRAIM, 2008.

Per **indice di intrecciamento** si intende, invece, il numero di canali attivi separati da barre. Viene utilizzato in particolar modo per definire gli alvei a canali intrecciati e wandering, mentre è meno significativo per le tipologie a canale singolo. Per calcolarlo, si definisce un passo (in questo caso ogni 200m) e si tracciano delle sezioni perpendicolarmente all'alveo, a questo punto si contano, per ogni sezione, il numero di canali attivi che vengono intersecati. Il valore finale dell'indice di intrecciamento corrisponde al valore medio delle misure effettuate nel tratto (Fig.7).

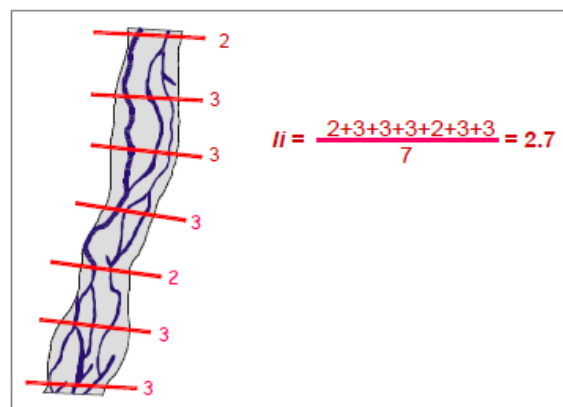


Fig. 7 - Metodologia per il calcolo dell'indice di intrecciamento I_i . IDRAIM, 2008.

In funzione di tali indici si possono fare due importanti distinzioni (Fig. 8): la prima, in funzione dell'indice di intrecciamento, distingue gli alvei a canali singoli dagli alvei a canali intrecciati, mentre la seconda distinzione, in funzione dell'indice di sinuosità, distingue gli alvei a canali singoli in funzione della morfologia, in rettilinei, sinuosi e meandriformi.

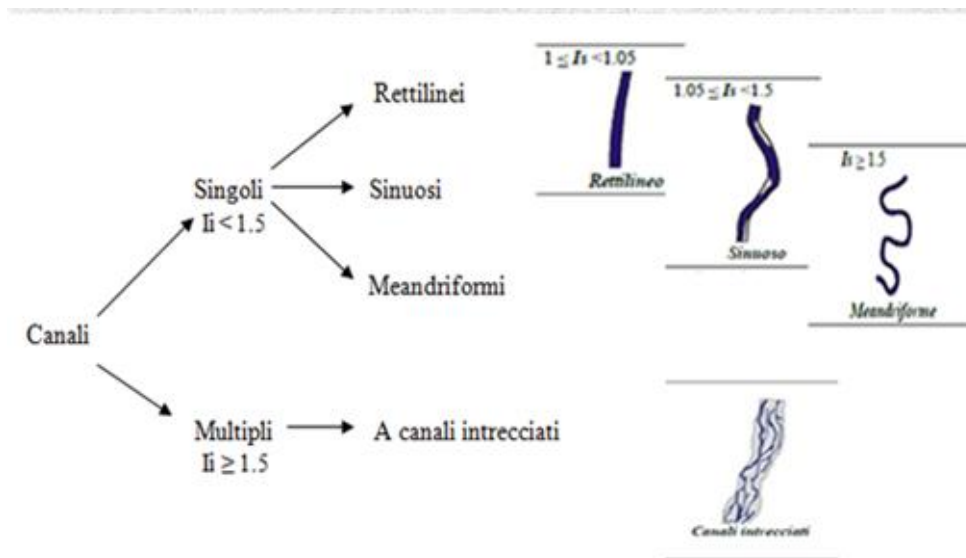
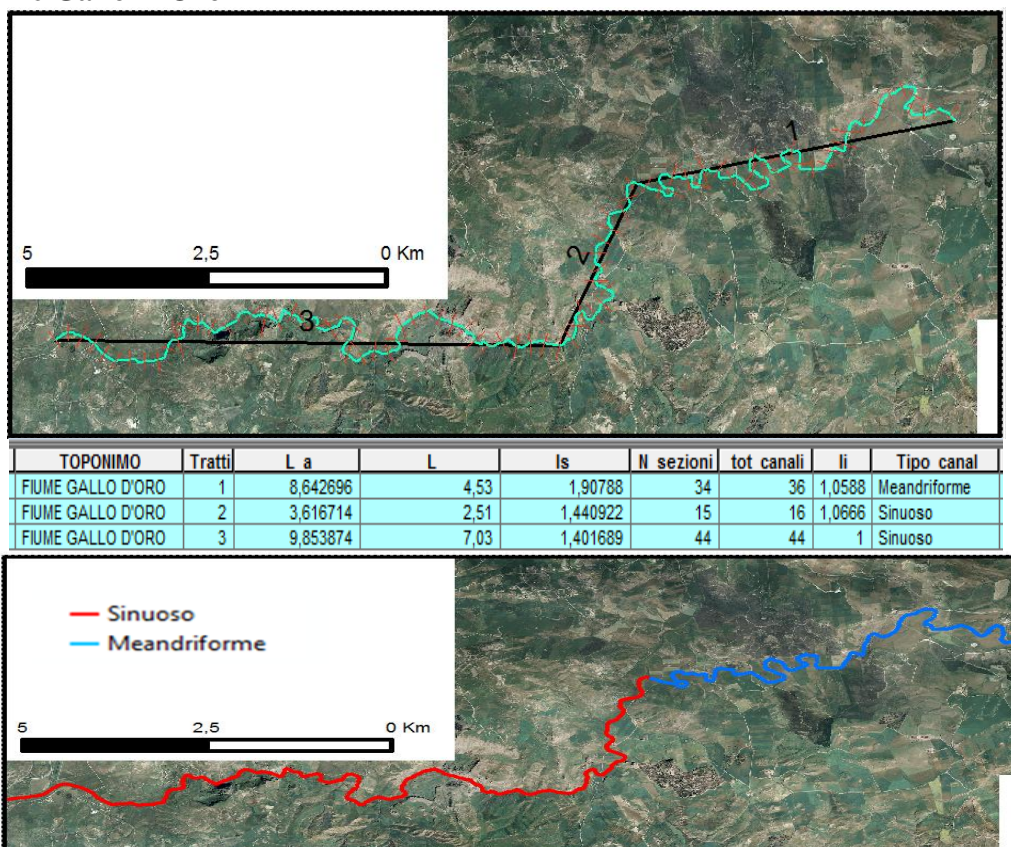


Fig. 8 - Tipi di alvei. I_s : indice di sinuosità; I_i : indice di intrecciamento.

Per semplificare il lavoro e dare una visione d'insieme dei singoli tratti fluviali, è stata suddivisa l'intera asta fluviale in tratti relativi ai fiumi che la costituiscono: F. Salito, F. Gallo d'Oro, F. Platani. Per ognuno di essi sono stati calcolati indice di sinuosità e di intrecciamento e tale operazione ha permesso di classificare morfologicamente le tipologie di alvei presenti.

Di seguito vedremo la procedura applicata al F. Gallo D'oro per l'indice di sinuosità e di intrecciamento (Fig.9).

Tratto Fiume Gallo D'Oro



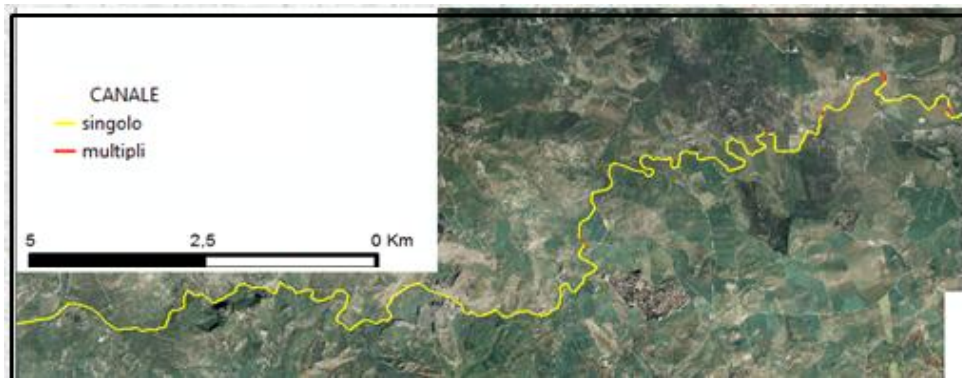


Fig. 9 - Calcolo degli indici I_s e I_i per il tratto "Fiume Gallo D'Oro".

Per validare il calcolo dell'indice di sinuosità e di intrecciamento sono stati effettuati dei confronti puntuali tra quanto calcolato in ambito GIS e le reali condizioni del corso d'acqua visibili dal software Google Earth. Presentiamo qui il confronto del solo F. Gallo D'oro (Fig. 10) ma la validazione è stata eseguita per tutti i tratti dell'asta fluviale principale.



Fig. 10 - situazioni reali e attuali dei tratti fluviali analizzati.

FASE 6. Realizzazione della carta delle pendenze

Uno strumento importante per la caratterizzazione morfologica del terreno è rappresentato dalla carta delle pendenze.

Al fine di caratterizzare il territorio in funzione di intervalli di pendenza dei versanti, una volta acquisiti i DTM relativi al tracciato fluviale, si è proceduto alla creazione della carta delle pendenze (Fig. 11) utilizzando il tool di ArcGis denominato "Slope" dello "Spatial Analysis Tools".

Poiché la creazione di questa carta non è solo legata all'analisi morfologica del terreno bensì alla digitalizzazione della piana attiva, è necessario sapere quali sono le aree che rientrano nella definizione di "piana", ovvero le zone pianeggianti (con pendenza compresa tra 0 e 5 gradi) circostanti l'alveo fluviale, sono state imposte le seguenti classi di pendenza (Tab. 1):

Classe	Pendenza
1	0° - 5°
2	5° - 10°
3	10° - 25°
4	> 25°

Tab. 1 - Classi di pendenza.

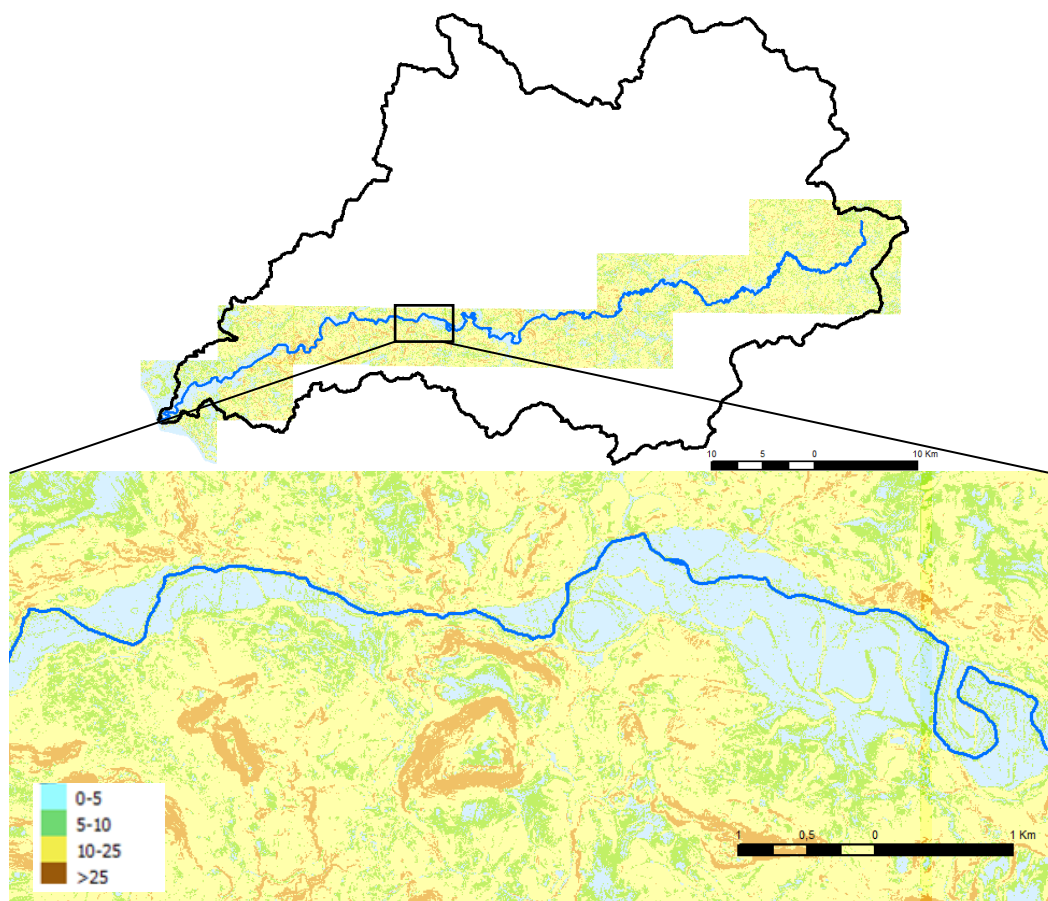


Fig. 11 - Carta delle pendenze (in alto) e risultato finale (in basso).

FASE 7. Digitalizzazione della piana attiva

Una volta ottenuta la carta delle pendenze è stato possibile digitalizzare la "piana attiva" (Fig. 12) corrispondente alla zona piana rappresentata dalle aree con pendenza compresa tra 0 e 5°. Tale piana si differenzia dalla "piana inondabile" in quanto con questo termine viene indicata la superficie pianeggiante adiacente all'alveo e formata dal corso d'acqua nelle presenti condizioni di regime (condizioni idrologico- climatiche e morfologiche).

Per la digitalizzazione della piana attiva si è proceduto tramite la creazione di uno shapefile di tipo poligonale all'interno del quale si è editata la piana attiva rappresentata dalle porzioni suborizzontali, a contatto con l'asta fluviale con pendenze comprese tra 0-5°, ottenute dalla carta delle pendenze.



Fig. 12- Digitalizzazione della piana attiva.

7. Risultati e discussione

In questa fase verranno discussi i risultati ottenuti nelle fasi precedentemente descritte. In particolare verranno confrontati con le condizioni morfologiche attuali tratte da foto aeree del software Google Earth, al fine di verificare l'accuratezza e la compatibilità del metodo IDRAIM a casi studio reali.

Il bacino del Fiume Platani, con una superficie di circa 1.777 Km², è il terzo bacino idrografico per estensione areale della Sicilia. Esso comprende un'intensa rete idrografica, motivo per il quale si è scelto di analizzarne un tratto rappresentativo costituito dall'asta principale, di lunghezza complessiva di circa 136,7 Km, che rappresenta il segmento sul quale si riversano gli affluenti.

E' stata pertanto digitalizzata l'asta principale del bacino secondo l'uso di strumenti di editing in campo GIS, sia in termini dell'asse dell'alveo, inteso come linea equidistante dai limiti dell'alveo attivo (sponde), sia dell'alveo fluviale, tramite tecniche di fotointerpretazione a partire dalle ortofoto più recenti (2007-2008).

Sulla base delle informazioni tratte dal P.A.I. (Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeomorfologico) relative al bacino del F. Platani e dello shapefile di rischio idrogeologico fornito dall'Osservatorio delle Acque limitatamente ai maggiori affluenti del bacino (Fig. 13), è stato possibile effettuare un'ulteriore classificazione del tratto fluviale come segue:

- Tratti non a rischio (in verde): Fiume Turvolo, Vallone Tamarrano;
- Tratti probabilmente a rischio (in giallo): Fiume Salito, Vallone Pantano, Vallone Garbumene, Burrone Sutura;
- Tratti a rischio (in rosso): Fiume Platani, Fiume Platani Alico, Fiume Gallo d'Oro.

L'asta principale, analizzata nel corso dell'elaborato, sicché rappresentata per lo più da tratti a rischio (F. Gallo d'Oro, F. Platani e F. Platani Alico) costituenti il tratto centrale e vallivo, e da un tratto probabilmente a rischio (F. Salito) rappresentato dalla porzione più a monte del tracciato.

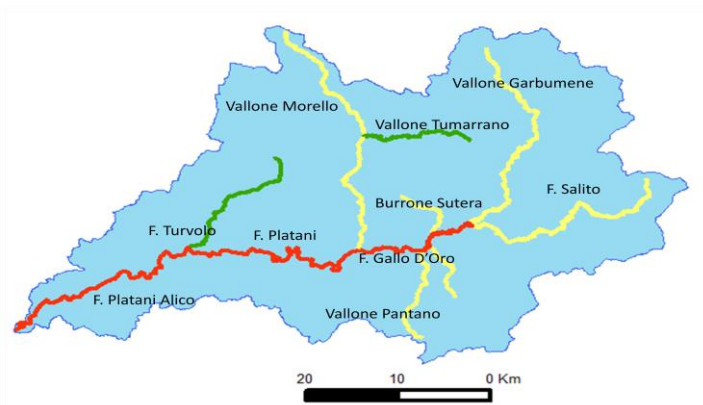


Fig. 13 - Classificazione del rischio idraulico del reticolo idrografico principale del bacino del F. Platani.

L'analisi delle unità fisiografiche caratterizzanti il bacino idrografico del F. Platani comporta la suddivisione del bacino in più unità fisiografiche (Fig. 14):

- colline argillose (compl. arenaceo)
- colline argillose con creste gessose o carbonatiche
- colline argillose con pianori sabbiosi alla sommità
- rilievi carbonatici
- rilievi collinari (compl. argillo-marnoso)
- rilievo arenaceo

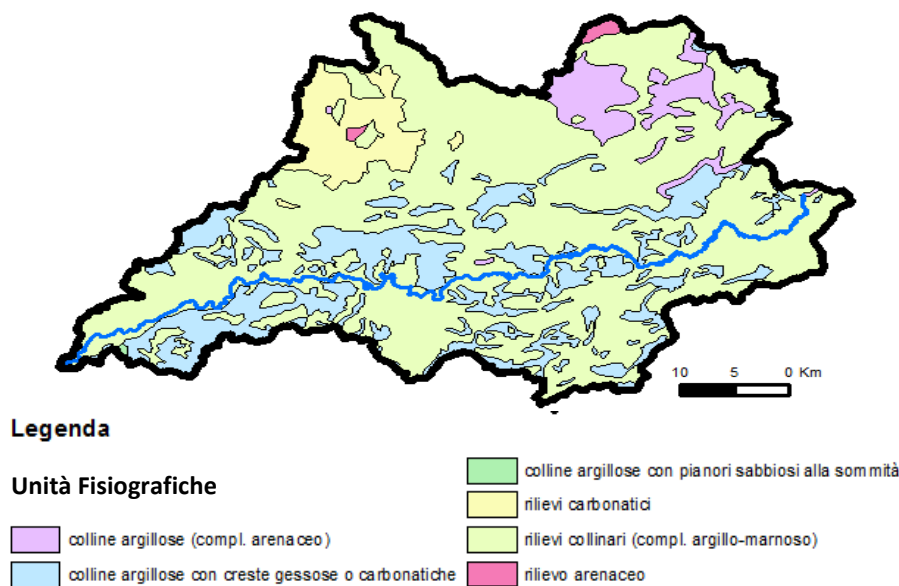


Fig. 14 - Unità fisiografiche nel bacino del F. Platani.

L'analisi di dettaglio ha permesso di stabilire che l'asta fluviale principale scorre all'interno di un'unica unità fisiografica: rilievi collinari (compl. argillo-marnoso).

Tale risultato è compatibile con le litologie presenti presentate nell'inquadramento geologico (Fig. 15) rappresentata dai terreni argillosi del Flysch Numidico (argille, sabbie quarzitiche, conglomerati) e della Formazione Terravecchia (argille ed argille sabbiose).

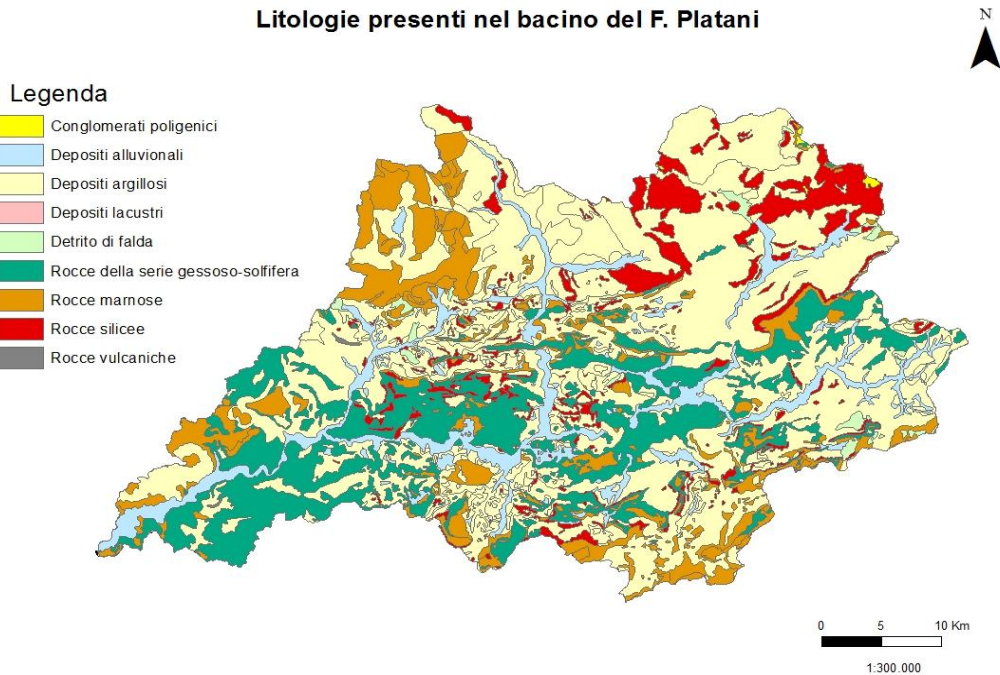


Fig. 15 - Litologie affioranti nel bacino del F. Platani.

La quinta fase dell'analisi è stata dedicata alla caratterizzare del tracciato in funzione dell'applicazione di indici morfologici.

Si è proceduto ad analizzare singolarmente i quattro tratti fluviali corrispondenti all'asta principale e si è stabilito che:

- **Tratto F. Salito:** andamento per lo più sinuoso con tratti meandriformi;
- **Tratto F. Gallo D'Oro:** caratterizzato da un tratto a monte ad andamento sinuoso e un tratto più a valle con andamento meandriforme;
- **Tratto F. Platani:** alternanza di tratti meandriformi che prevalgono su quelli sinuosi e un brevissimo tratto ad andamento rettilineo.

Il tracciato fluviale si presenta per lo più alternato tra le tipologie sinuoso (in rosso) e meandriforme (in blu) (Fig. 16).

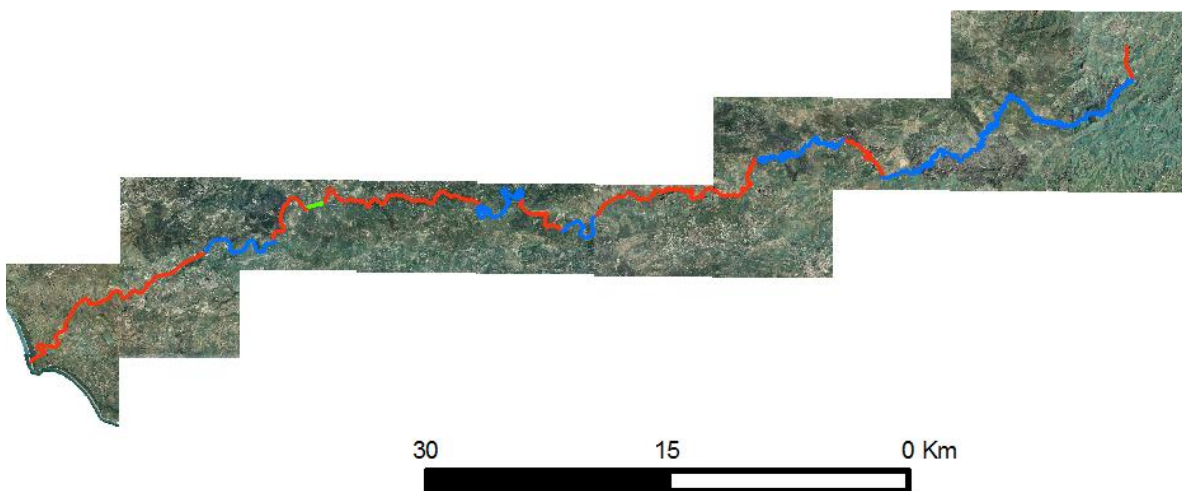


Fig. 16- Andamento del corso d'acqua alternato tra sinuoso (in rosso) e meandriforme (in blu), con un breve tratto rettilineo (in verde).

In base al confronto tra l'andamento morfologico teorico calcolato in funzione dell'indice di sinuosità e l'andamento morfologico reale, attuale, del corso d'acqua possiamo affermare che la metodologia proposta dall'IDRAIM e qui messa in atto per i tratti relativi all'asta principale del reticolo fluviale del bacino del F. Platani, risponde perfettamente alle condizioni attuali su tutti i punti di validazione.

Tramite un'operazione di *Merge* tra gli shapefile relativi ai diversi tratti, è stato poi ricavato il layer complessivo dell'asta principale anche per quanto riguarda la suddivisione in canali singoli e multipli. Dall'analisi delle proprietà di quest'ultimo si evince che il tracciato fluviale si presenta a **canale singolo** (Fig. 17) in quanto l'indice di intrecciamento calcolato per sezioni poste ogni 200 m dei tratti è inferiore a 1,5. In rosso sono state evidenziate le porzioni dove sono presenti più canali che tuttavia rappresentano brevissimi tratti del tracciato fluviale.

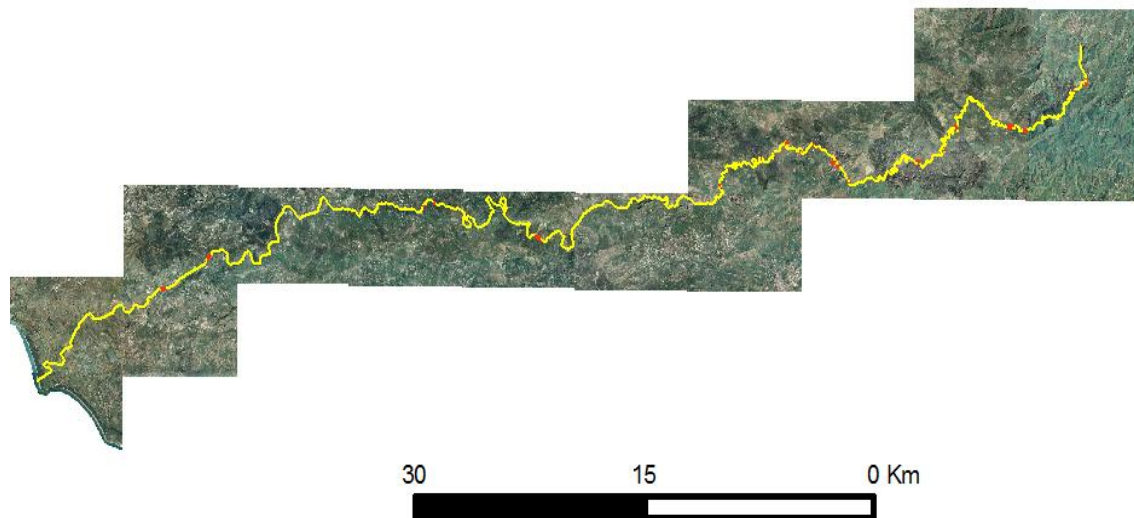


Fig. 17 - L'intero tracciato fluviale si presenta, dal calcolo dell'indice di intrecciamento a canale singolo (in giallo). Vengono tuttavia qui riportati i tratti in cui si hanno canali intrecciati (in rosso).

Conclusioni

Questo elaborato ha descritto e messo in pratica un metodo ed uno strumento in grado di fornire un'analisi idro-morfologica dell'area in studio.

L'obiettivo di partenza era quello di verificare come l'analisi condotta a partire dalle ortofoto potesse rispecchiare la reale morfologia degli alvei fluviali e si è visto come questo sia possibile con un elevato grado di compatibilità.

L'applicazione della metodologia IDRAIM per l'analisi idro-morfologica condotta sulla base delle ortofoto, tramite l'ausilio di strumenti GIS può essere considerata, dunque, un ottimo strumento di analisi preliminare dei bacini idrografici.

Si è infatti dimostrato come l'utilizzo di tali tecniche sia indispensabile per portare a termine efficacemente l'analisi di inquadramento iniziale delle condizioni idro-morfologiche in vista di successivi steps di rilevamento in situ.

La possibilità di condurre una preliminare caratterizzazione del sistema fluviale senza la necessità di misurazioni dirette in situ, specialmente per bacini idrografici di notevoli dimensioni, può essere molto utile in funzione di una corretta gestione territoriale per la disposizione di adeguate procedure di prevenzione e salvaguardia della vita umana, data la dinamicità dei sistemi fluviali.