



### Partner del Progetto:



Gestione sostenibile delle acque nella bassa Val di Cornia attraverso la riduzione della domanda idrica, la ricarica della falda e la riqualificazione fluviale

(LIFE14 ENV/IT/001290)



Verso il Contratto di Fiume del Cornia  
Quadro Conoscitivo  
ALLEGATO 1 - INDICE DI QUALITA' MORFOLOGICA

Azione	B9
Versione	2.0
Data Versione	21/02/2020
Autori	Laura Marianna Leone e Giancarlo Gusmaroli del CENTRO ITALIANO per la RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE; Luca Sbrilli. Revisione di Alessandro Fabbrizzi del Consorzio di Bonifica Toscana Costa con il contributo di ASA, Scuola Superiore Sant'Anna e Regione Toscana, oltre ad Assemblea, Segreteria tecnica e Cabina di regia
Stato	Work in progress

### Cofinanziatori del Progetto





## SOMMARIO

<b>1.1</b>	<b>INDICE DI QUALITA' MORFOLOGICA.....</b>	<b>3</b>
1.1.1	APPLICAZIONE E RISULTATI .....	9
1.1.1.1	Suddivisione in segmenti e tratti omogenei.....	9
1.1.2	Calcolo dell'indice IQM .....	18
1.1.3	EVOLUZIONE DEL SISTEMA FLUVIALE .....	22
1.1.3.1	Analisi del potenziale di ricarica dei sedimenti .....	22
1.1.3.2	Analisi dei tracciati planimetrici storici dell'alveo attivo.....	27
1.1.4	Analisi dell'evoluzione della linea di costa .....	40
1.1.5	Analisi dei principali interventi in alveo negli ultimi 70 anni.....	42
1.1.6	Analisi delle tendenze evolutive .....	47
1.1.7	Identificazione del modello concettuale di evoluzione morfologica .....	81
<b>2</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>

## INDICE DI QUALITA' MORFOLOGICA

L'asta principale del Fiume Cornia e quella del Torrente Milia sono state sottoposte, nell'ambito del progetto LIFE REWAT, all'applicazione dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) previsto dal sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua (IDRAIM) sviluppato da ISPRA (Rinaldi et al., 2016).

L'IQM, adottato in Italia - attraverso il Decreto del Ministro dell'Ambiente n. 260/2010 - quale metodo per la classificazione dello stato idromorfologico dei corpi idrici, si basa sulla valutazione dello scostamento delle condizioni morfologiche attuali del corso d'acqua rispetto ad uno stato di riferimento definito come insieme di condizioni idromorfologiche che caratterizzerebbero il corso d'acqua, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente. La valutazione dello stato morfologico prevede un approccio integrato di due metodologie di studio geomorfologico: le analisi GIS da telerilevamento ed il rilevamento sul terreno.

La prima fase della procedura fornisce un inquadramento delle condizioni fisiche del corso d'acqua delineando i caratteri principali del bacino, e permette una prima suddivisione in segmenti<sup>1</sup> e tratti<sup>2</sup> relativamente omogenei, funzionale alle analisi successive. Questa fase può essere suddivisa in quattro passi:

- (1) inquadramento e definizione delle unità fisiografiche;
- (2) definizione del grado di confinamento;
- (3) definizione della morfologia dell'alveo;
- (4) suddivisione in tratti.

Si procede innanzitutto alla descrizione del bacino, definendone la collocazione geografica e l'area, fornendo indicazioni sulla geologia, le litologie prevalenti, sul clima e il regime idrologico, sull'uso del suolo. Sulla base di questa prima raccolta di informazioni, vengono individuate e descritte le principali unità fisiografiche attraversate dal corso d'acqua, ovvero le macro-aree omogenee all'interno del bacino per caratteristiche morfologiche e fisiografiche. Dall'intersezione delle unità fisiografiche con il reticolo idrografico si definiscono poi i segmenti. Il secondo passo permette di caratterizzare più in dettaglio le condizioni di confinamento procedendo ad una suddivisione dei segmenti in tratti provvisori di lunghezza compresa tra 1 e 5 km. Per ciascun tratto si valutano:

---

<sup>1</sup> Il segmento (*segment* o *valley sector*) costituisce un "macrotratto" relativamente omogeneo, che viene definito dai limiti dell'unità fisiografica all'interno della quale si colloca e da altre eventuali forti variazioni idrologiche (affluenti di dimensioni molto rilevanti) e/o evidenti discontinuità di confinamento, p.es. il passaggio da porzioni non confinate-semiconfinate a porzioni completamente confinate (Rinaldi et al., 2016).

<sup>2</sup> Il tratto (*reach*) rappresenta l'unità spaziale fondamentale. La suddivisione in tratti si basa su vari aspetti, quali il grado di confinamento, la morfologia dell'alveo, le principali discontinuità idrologiche, e la presenza di elementi antropici molto rilevanti, p.es. dighe o tratti fortemente artificializzati (Rinaldi et al., 2016).

- il Grado di confinamento ( $G_c$ ), ovvero la percentuale di lunghezza del corso d'acqua con sponde non a contatto con la pianura, ma con versanti o terrazzi antichi;
- l'Indice di confinamento ( $I_c$ ), dato dal rapporto tra larghezza della pianura e larghezza dell'alveo misurata in senso trasversale all'asse dell'alveo su determinate sezioni.

Sulla base di questi due valori si definisce la Classe di confinamento di ciascun tratto distinguendo tra tratti ad alveo confinato, semiconfinato e non confinato, come mostrato nella seguente fig. 3.1.

CLASSE DI CONFINAMENTO	DESCRIZIONE
<i>Confinati</i>	Tutti i casi con grado di confinamento > 90%
	Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento $\leq 1.5$
<i>Semiconfinati</i>	Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento > 1.5
	Grado di confinamento < 10% e indice di confinamento $\leq k$
<i>Non confinati</i>	Grado di confinamento < 10% e indice di confinamento > $k$

Fig. 3.1 - Definizione delle classi di confinamento (Rinaldi et al., 2016). Il valore di  $n$ , che permette di separare alvei semiconfinati e confinati è definito a seconda della morfologia fluviale:  $k = 5$  per alvei a canale singolo o transizionali sinuosi a barre alternate;  $k = 2$  per alvei a canali intrecciati o transizionali *wandering*.

Nel terzo passo si procede ad una definizione delle tipologie morfologiche presenti, utilizzando criteri diversi a seconda che si tratti di alvei confinati oppure semiconfinati e non confinati. Per la distinzione delle morfologie dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati in ciascun tratto si valutano tre misure:

- l'Indice di sinuosità ( $I_s$ ), ovvero il rapporto tra lunghezza misurata lungo il corso d'acqua e lunghezza misurata per lo stesso tratto seguendo la direzione del tracciato planimetrico complessivo del corso d'acqua (lunghezza della valle);
- l'Indice di intrecciamento ( $I_i$ ) definito come numero di canali attivi separati da barre;
- l'Indice di anastomizzazione ( $I_a$ ) che indica il numero di canali attivi separati da isole.

Sulla base dei tre precedenti indici e di altre osservazioni di tipo qualitativo viene definito il pattern morfologico come nella tabella della seguente fig. 3.2.

Per i corsi d'acqua confinati il criterio di classificazione si differenzia a seconda che essi siano a canali multipli o transizionali *wandering*, oppure a canale singolo. Nel caso di canali multipli o *wandering*, valgono gli stessi criteri di classificazione visti in precedenza, distinguendo le seguenti tipologie: alvei *wandering*, a canali intrecciati o anastomizzati. Nel caso di alvei a canale singolo (inclusi i transizionali sinuosi a barre alternate), non sono previste ulteriori suddivisioni, alle quali si potrà comunque procedere eventualmente nella fase di valutazione sul terreno.

Stabilita la tipologia morfologica di ciascun tratto, la morfologia può essere ulteriormente definita distinguendo la configurazione del fondo tra alvei in roccia, alvei colluviali, alvei a fondo mobile (con presenza

di un letto alluvionale) e alvei a fondo artificiale. A questo punto si giunge alla definizione finale dei tratti tenendo conto, oltre che del confinamento e della morfologia dell'alveo, di altri fattori quali presenza di affluenti significativi, pendenza dell'alveo, artificializzazione, variazioni di larghezza o granulometria dei sedimenti, dimensioni della pianura, eventuali discontinuità.

TIPOLOGIA	INDICE DI SINUOSITÀ	INDICE DI INTRECCIAMENTO	INDICE DI ANABRANCHING
Rettilinei ( <i>R</i> )	$1 \leq I_s < 1.05$	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Sinuosi ( <i>S</i> )	$1.05 \leq I_s < 1.5$	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Meandriiformi ( <i>M</i> )	$\geq 1.5$	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1-1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Sinuosi a barre alternate ( <i>SB.A</i> )	$< 1.5$	Prossimo a 1	Prossimo a 1
Wandering ( <i>W</i> )	$< 1.5$	$1 < I_i < 1.5$	$1 < I_a < 1.5$
Canali intrecciati ( <i>CI</i> )	qualsunque (di norma basso)	$\geq 1.5$	$< 1.5$
Anabranching ( <i>A</i> )	qualsunque (anche $> 1.5$ )	qualsunque (di norma basso)	$\geq 1.5$
<b>Altre caratteristiche distintive</b>			
Rettilinei ( <i>R</i> )	Per essere definiti rettilinei, il tracciato planimetrico deve essere effettivamente circa rettilineo. La soglia dell' $I_s$ non è significativa nel caso di alvei semiconfinati con pianura stretta, per i quali il basso valore dell'indice può essere dovuto al fatto che l'asse del tracciato planimetrico è simile all'asse dell'alveo in quanto il fondovalle ha un andamento esso stesso sinuoso (in tali casi, il corso d'acqua va definito sinuoso anche per $I_s < 1.05$ ).		
Rettilinei ( <i>R</i> ) o sinuosi ( <i>S</i> )	Rispetto a <i>SB.A/W</i> : Presenza discontinua (o assenza) di barre laterali (lunghezza barre laterali $< 80\%$ )		
Sinuosi a barre alternate ( <i>SB.A</i> )	Rispetto a <i>R/S</i> : Presenza continua o quasi di barre laterali (lunghezza barre laterali di norma $> 80\%$ ). Rispetto a <i>W</i> : alveo relativamente più stretto, assenza (o limitata presenza) di intrecciamento e anabranching.		
Wandering ( <i>W</i> )	Rispetto a <i>R/S</i> : Presenza continua o quasi di barre laterali (lunghezza barre laterali di norma $> 80\%$ ). Rispetto a <i>SB.A</i> : alveo relativamente più largo; presenza significativa di fenomeni di intrecciamento e/o anabranching		

Fig. 3.2 - Definizione delle tipologie morfologiche sulla base del valore degli indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione (Rinaldi et al., 2016).

La valutazione delle condizioni morfologiche attuali del corso d'acqua avviene, come già accennato, determinandone lo scostamento rispetto alle condizioni di riferimento. In generale lo stato di riferimento viene ad identificarsi con le condizioni di piena funzionalità dei processi geomorfologici che caratterizzano una determinata morfologia fluviale, assenza di artificialità e assenza di variazioni significative di forma, dimensioni e quota del fondo dell'alveo nell'arco temporale degli ultimi 50 o 100 anni.

In termini pratici ciò si traduce nell'analisi, per alcuni tratti selezionati, di tre componenti: **la funzionalità geomorfologica, l'artificialità e le variazioni morfologiche**. Tali aspetti vengono studiati attraverso l'ausilio di apposite schede di valutazione, che consentono un'analisi guidata attraverso lo studio di immagini telerilevate in ambiente GIS, e rilevamenti sul terreno (Rinaldi et al., 2016). Le schede si differenziano, per alcuni indicatori, a seconda che si riferiscano ad alvei confinati, o ad alvei semi-non confinati. Ciascuna scheda è composta di un certo numero di indicatori che descrivono gli aspetti analizzati. Il metodo prevede un sistema di valutazione a punteggi, nel quale si assegnano agli indicatori punteggi proporzionali all'importanza che ciascun indicatore

assume nella valutazione complessiva. Per ogni indicatore sono definite nella maggior parte dei casi tre possibili risposte (per alcuni indicatori se ne prevedono due o più di tre): (A) condizioni inalterate o alterazioni poco significative; (B) condizioni intermedie; (C) forti alterazioni. In fig. 3.3 si riporta l'esempio di un subindice dell'IQM.

<b>F1</b>	<b>Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso</b>	pt	scelta	conf	ptconf
A	Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0			
B	Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3			
C	Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5			
NOTE:					

Fig. 3.3 - Indicatore F1 come appare nella Scheda di Valutazione dello Stato morfologico dei corsi d'acqua (Rinaldi et al., 2016)

In alcuni casi l'oggettiva mancanza di dati o informazioni precise può rendere la risposta assegnata incerta, ed è possibile pertanto, ad ogni indicatore, attribuire oltre alla risposta anche un giudizio sul grado di confidenza distinguendo tra livello di confidenza alto, medio e basso. In questo modo è possibile ottenere una stima del *range* di variazione del punteggio finale. Alle schede è abbinata una "Guida alle risposte" che spiega nel dettaglio ogni indicatore e fornisce indicazioni pratiche per l'assegnazione della risposta. Assegnata una risposta a ciascun indicatore si procede alla valutazione finale, calcolando l'Indice di Alterazione Morfologica (IAM), dato dal rapporto tra lo Scostamento Totale  $S_{tot}$  (ottenuto dalla sommatoria dei punteggi attribuiti a tutti gli indicatori) e lo Scostamento massimo  $S_{max}$  ottenibile per la tipologia d'alveo in esame:

$$IAM = S_{tot} / S_{max} \quad (EQ. 1)$$

Tale indice assume valore nullo se non vi sono alterazioni, ed è pari a 1 in caso di massima alterazione. Infine si arriva alla definizione dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) come complementare del precedente, ovvero:

$$IQM = 1 - IAM \quad (EQ. 2)$$

L'Indice di Qualità Morfologica presenta di conseguenza sempre valori compresi tra 0 e 1, e al contrario del precedente assume valore 0 quando si verifica la massima alterazione, e 1 nel caso di raggiungimento delle condizioni di riferimento (massima funzionalità, minima artificialità e minime variazioni) (Rinaldi et al., 2016). A seconda dei punteggi ottenuti dall'applicazione di IQM ciascun tratto analizzato ricade in una delle cinque Classi di qualità morfologica, definite come da seguente fig. 3.4.

IQM	CLASSE DI QUALITÀ
$0.0 \leq \text{IQM} < 0.3$	<i>Pessimo o Cattivo</i>
$0.3 \leq \text{IQM} < 0.5$	<i>Scadente o Scarso</i>
$0.5 \leq \text{IQM} < 0.7$	<i>Moderato o Sufficiente</i>
$0.7 \leq \text{IQM} < 0.85$	<i>Buono</i>
$0.85 \leq \text{IQM} \leq 1.0$	<i>Elevato</i>

Fig. 3.4 - Classi di qualità morfologica (Rinaldi et al., 2016)

L'analisi approfondita dei risultati dell'applicazione dell'IQM rende possibili una serie di considerazioni sulle condizioni morfologiche del corso d'acqua, utili a rendere la valutazione funzionale alle successive fasi di gestione ed eventuale riqualificazione del corso d'acqua stesso. Lo studio e l'interpretazione dei dati ottenuti permettono infatti di elaborare un quadro conoscitivo della qualità morfologica del corso d'acqua (o della porzione di corso d'acqua) che sarà supportato da tabelle, grafici e carte tematiche. Considerazioni generali sul fiume possono essere effettuate ad esempio definendo il *range* di variazione di valori di IQM ottenuti, verificando l'eventuale dominanza di una classe di qualità, e ricavando il punteggio medio dell'indice. Risulta certamente utile l'elaborazione di una carta di sintesi della qualità morfologica dei tratti studiati, che consente tra l'altro di visualizzarne l'andamento lungo il corso d'acqua e di stimare i segmenti in cui si verifica maggiore scostamento rispetto alle condizioni di riferimento. Oltre alle valutazioni complessive sul corso d'acqua infatti è possibile scomporre i risultati ottenuti sia in termini spaziali osservando le variazioni di qualità morfologica nelle unità fisiografiche, sia in termini qualitativi ricercando le componenti maggiormente penalizzanti. Il Manuale fornisce in questo senso un interessante strumento che aiuta ad identificare qualità e limiti dei tratti studiati: i sub-indici, ovvero dei valori parziali ottenuti dalle scomposizioni dell'Indice di Alterazione Morfologica e dell'Indice di Qualità Morfologica. Si possono identificare 6 sub-indici, divisi in verticali ed orizzontali, come mostrato nella tabella della seguente fig. 3.5.

I sub-indici verticali rappresentano le tre componenti già chiaramente individuate dalle schede di valutazione: Funzionalità, Artificialità e Variazioni morfologiche. Ciascuno di essi è calcolato considerando tutti e soli gli indicatori relativi alla componente in esame. I subindici orizzontali invece studiano le categorie Continuità (che permette di valutare la continuità longitudinale e quella laterale), Morfologia (considera la configurazione morfologica, la configurazione della sezione, la struttura e il substrato dell'alveo) e Vegetazione. In questo caso ciascun sub-indice è calcolato su descrittori provenienti dalle diverse componenti: la categoria Vegetazione, ad esempio, considera due indicatori di funzionalità e uno di artificialità. L'indagine dei valori assunti da ciascuna componente e categoria esaminata dai sub-indici permette di individuare gli aspetti che influiscono maggiormente sullo scostamento dallo stato morfologico di riferimento.

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
<b>FUNZIONALITÀ</b>		
<i>Continuità</i>		
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	Tutti
F2	Presenza di piana inondabile	Solo SC/NC
F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua	Solo C
F4	Processi di arretramento delle sponde	Solo SC/NC
F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	Solo SC/NC
<i>Morfologia</i>		
<i>Configurazione morfologica</i>		
F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle	Solo C
F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	SC/NC: tutti, C: solo CI/W
F8	Presenza di forme tipiche di pianura	Solo SC/NC meandriformi in ambito fisiografico di pianura
<i>Configurazione sezione</i>		
F9	Variabilità della sezione	Tutti
<i>Struttura e substrato alveo</i>		
F10	Struttura del substrato	Tutti
F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	Tutti
<i>Vegetazione fascia perifluviale</i>		
F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Tutti
F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	Tutti
<b>ARTIFICIALITÀ</b>		
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i>		
A1	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
A2	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i>		
A3	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
A4	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
A5	Opere di attraversamento	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità laterale</i>		
A6	Difese di sponda	Tutti
A7	Arginature	Solo SC/NC

(segue)

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
<i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i>		
A8	Variazioni artificiali di tracciato	Solo SC/NC
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	Tutti
<i>Interventi di manutenzione e prelievo</i>		
A10	Rimozione di sedimenti	Tutti
A11	Rimozione di materiale legnoso	Tutti
A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	Tutti
<b>VARIAZIONI MORFOLOGICHE</b>		
F1	Variazione della configurazione morfologica	Solo G
F2	Variazioni di larghezza	Solo G
F3	Variazioni altimetriche	Solo G

Figura 3.5 – Riepilogo dei subindici (Rinaldi et al., 2016)

(C = Confinati; SC = Semi Confinati; NC = Non Confinati; CI = Canali Intrecciati; W = Wandering)

Per rendere ancor più mirata questa analisi è possibile studiare il comportamento dei singoli indicatori sui tratti esaminati ricavando osservazioni specifiche sulle frequenze con cui ciascun descrittore risulta penalizzante. Da questo punto di vista è possibile prevedere, sulla base delle attuali conoscenze dello stato morfologico dei corsi d'acqua italiani, che risultino fortemente penalizzanti gli indicatori relativi alla morfologia e alla dinamica fluviale. Il prelievo di sedimenti dagli alvei, la costruzione di dighe, e gli interventi di canalizzazione sono infatti considerati fattori determinanti nelle variazioni subite dagli alvei in termini di trasformazione morfologica, con passaggio a tipologie morfologiche differenti, restringimento e incisione dell'alveo. D'altra parte, però, l'accurata calibrazione delle risposte e l'elevato numero di indici di cui è composta la scheda permettono di approfondire ulteriormente le cause e le variazioni d'entità di queste situazioni su scala locale.

## 1.1.1 APPLICAZIONE E RISULTATI

### 1.1.1.1 *Suddivisione in segmenti e tratti omogenei*

Le aste principali di f. Cornia e t. Milia sono state suddivise rispettivamente in 3 e 2 segmenti omogenei e 17 e 5 tratti omogenei dal punto di vista idromorfologico, identificati come riportato in fig. 3.6, fig. 3.7, fig. 3.8 e nelle successive fig. da 3.9 a 3.30, per un totale di circa 60 km di corsi d'acqua indagati (circa 40 km di asta principale del f. Cornia e circa 20 km di asta principale del t. Milia). Il codice univoco dei singoli tratti riporta quattro elementi: la sillaba CO identificativa del bacino idrografico del f. Cornia; la sillaba CO e la sillaba MI identificative rispettivamente del sottobacino idrografico del f. Cornia e del t. Milia; un numero variabile da 1 a 4 identificativo del segmento omogeneo dal punto di vista idromorfologico, seguito da un ulteriore numero (separato da un punto) identificativo del tratto (la numerazione è progressiva e riparte da 1 per ogni segmento omogeneo).

I segmenti sono stati identificati come da procedura indicata nel precedente cap. 3.1, come di seguito specificato:

- segmento 1 (Cornia): da inizio corpo idrico a termine confinamento e inizio fondovalle alluvionale;
- segmento 2 (Cornia): da fine segmento 1 a cambio unità fisiografica (da rilievi interni a pianura);
- segmento 3 (Cornia): da fine segmento 2 a fine corpo idrico;
- segmento 4 (Milia): da inizio corpo idrico a termine confinamento e inizio fondovalle alluvionale;
- segmento 5 (Milia): da fine segmento 4 a fine corpo idrico.

I tratti oggetto di approfondimento specifico nell'ambito del presente studio, in relazione agli obiettivi del progetto REWAT, sono gli ultimi cinque di valle dell'asta principale del fiume Cornia, indicati in verde in fig. 3.8 e nelle successive fig. da 3.21 a 3.25, dalla sezione di monte in loc. Piano di Cornia di Monterotondo M.mo (GR) alla sezione di valle presso il ponte della ferrovia a Campiglia M.ma (LI), oltre la quale il corso d'acqua è di tipo artificiale (canalizzazione realizzata nell'ambito della bonifica per colmata delle lagune costiere della pianura di Piombino).

codice tratto	estremità monte	estremità valle	lunghezza tratto (m)
CO_CO_1.01	inizio corpo idrico "Cornia monte"	inizio pianura alluvionale	2.196
CO_CO_2.01	inizio pianura alluvionale	guado gasdotto	1.241
CO_CO_2.02	guado gasdotto	confluenza torrente Riorso	799
CO_CO_2.03	confluenza torrente Riorso	confluenza torrente Turbone	1.901
CO_CO_2.04	confluenza torrente Turbone	guado SP 49	2.259
CO_CO_2.05	guado SP 49	confluenza botro del Guardigiano	3.555
CO_CO_2.06	confluenza botro del Guardigiano	confluenza rio Secco	2.227
CO_CO_2.07	confluenza rio Secco	confluenza botro del Fontino	1.253
CO_CO_2.08	confluenza botro del Fontino	scarpata SS 398	2.114
CO_CO_2.09	scarpata SS 398	confluenza torrente Massera	1.295
CO_CO_2.10	confluenza torrente Massera	casetta Barrocciai	2.952
CO_CO_2.11	casetta Barrocciai	loc. Campetroso	1.483
CO_CO_2.12	loc. Campetroso	confluenza torrente Milia	1.593
CO_CO_2.13	confluenza torrente Milia	guado di Forni	2.573
CO_CO_3.01	guado di Forni	traversa Campo ai Mori	4.186
CO_CO_3.02	traversa Campo ai Mori	ponte SS 1 "Aurelia"	6.965
CO_CO_3.03	ponte SS 1 "Aurelia"	ponte ferrovia	1.668

**TOTALE** 40.260

Fig. 3.6 - Tratti del f. Cornia caratterizzati con IQM (ns elaborazione)

codice tratto	estremità monte	estremità valle	lunghezza tratto (m)
CO_MI_4.01	inizio corpo idrico "Milia monte"	inizio pianura alluvionale	988
CO_MI_5.01	inizio pianura alluvionale	molino delle Capannacce	1.176
CO_MI_5.02	molino delle Capannacce	confluenza torrente Ritorto	6.399
CO_MI_5.03	confluenza torrente Ritorto	inizio tratto non confinato	5.914
CO_MI_5.04	inizio tratto non confinato	confluenza fiume Cornia	5.442
<b>TOTALE</b>			<b>19.919</b>

Fig. 3.7 - Tratti del t. Milia caratterizzati con IQM (ns elaborazione).

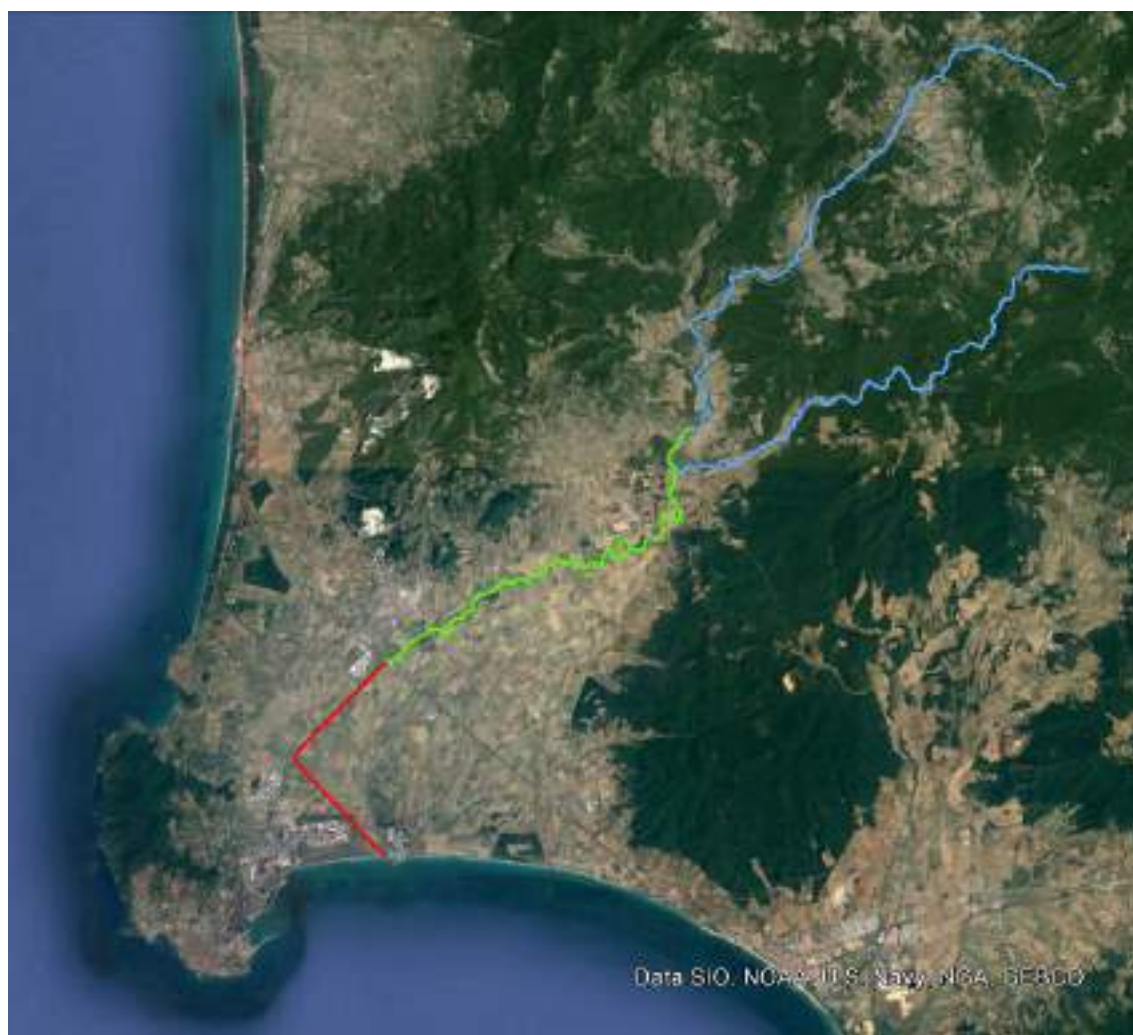


Fig. 3.8 - Aste idrografiche del f. Cornia e del t. Milia oggetto di indagine con IQM (in verde la parte oggetto di approfondimento; in rosso la parte esclusa).

Di seguito si riporta un inquadramento su ortofoto 2013 (fonte Google Earth) dei tratti oggetto di indagine.



Fig. 3.9 - Tratto CO\_CO\_1.01 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.10 - tratto CO\_CO\_2.01 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.11 - tratto CO\_CO\_2.02 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.12 - tratto CO\_CO\_2.03 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.13 - tratto CO\_CO\_2.04 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.14 - tratto CO\_CO\_2.05 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.15 – tratto CO\_CO\_2.06 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.16 – tratto CO\_CO\_2.07 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.17 – tratto CO\_CO\_2.08 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.18 – tratto CO\_CO\_2.09 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.19 – tratto CO\_CO\_2.10 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.20 – tratto CO\_CO\_2.11 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.21 – tratto CO\_CO\_2.12 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.22 – tratto CO\_CO\_2.13 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.23 – tratto CO\_CO\_3.01 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.24 – tratto CO\_CO\_3.02 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.25 – tratto CO\_CO\_3.03 (f. Cornia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).



Fig. 3.26 – tratto CO\_MI\_4.01 (t. Milia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth).

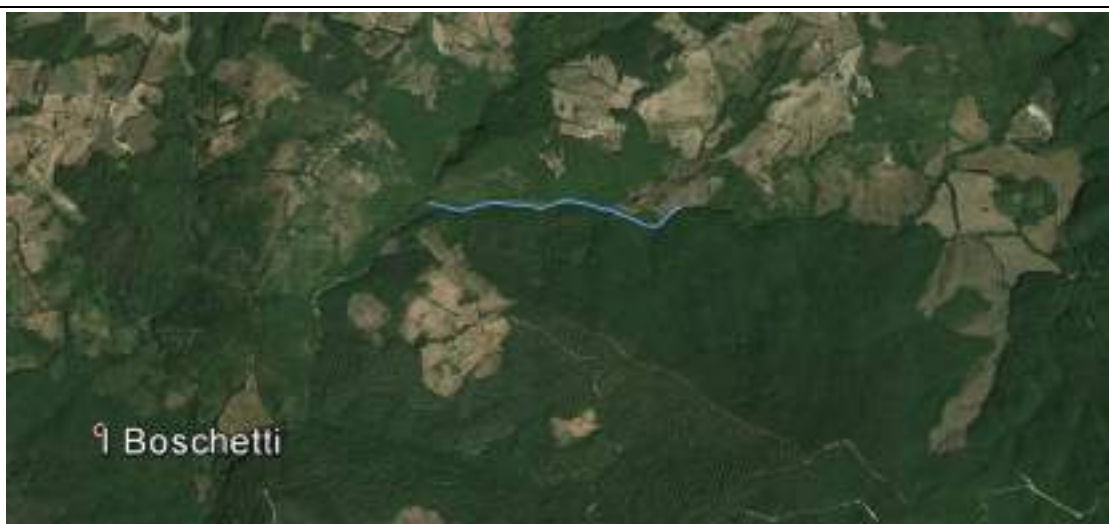


Fig. 3.27 – tratto CO\_MI\_5.01 (t. Milia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.28 – tratto CO\_MI\_5.02 (t. Milia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)

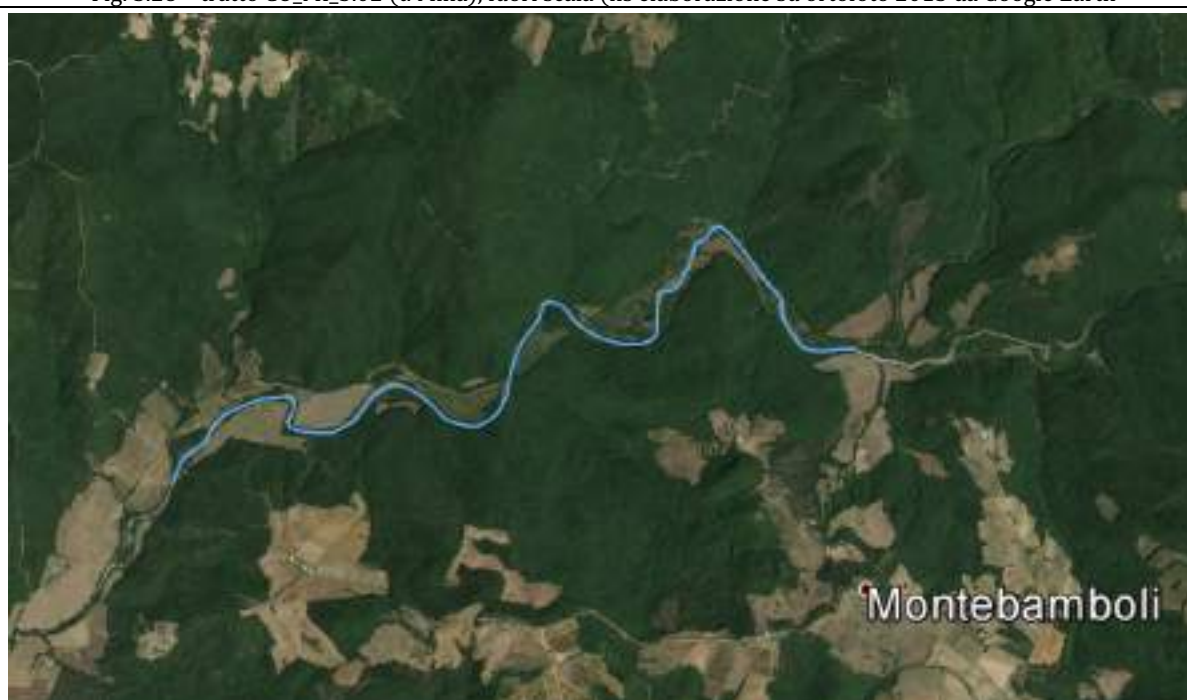


Fig. 3.29 – tratto CO\_MI\_5.03 (t. Milia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)



Fig. 3.30 – tratto CO\_MI\_5.04 (t. Milia), fuori scala (ns elaborazione su ortofoto 2013 da Google Earth)

tratto	fisiografia generale				confinamento			tipologia planimetrica	
	lunghezza asse alveo [m]	larghezza media alveo [m]	area drenata [ha]	pendenza media	grado di confinamento	indice di confinamento	classe di confinamento	indice di sinuosità	tipologia CS = Confinato Sinuoso S = Sinuoso R = Rettilineo M = Meandriforme
CO_CO_1.01	2.196	4	1.345	4,38%	100%	-	C	-	CS
CO_CO_2.01	1.241	13	1.875	3,66%	37%	3,6	SC	1,07	S
CO_CO_2.02	799	24	2.256	2,41%	0%	11,4	NC	1,02	R
CO_CO_2.03	1.901	22	3.957	1,66%	1%	7,9	NC	1,06	S
CO_CO_2.04	2.259	44	5.358	1,54%	0%	9,4	NC	1,06	S
CO_CO_2.05	3.555	31	6.514	1,02%	2%	8,6	NC	1,07	S
CO_CO_2.06	2.227	48	9.438	1,02%	0%	13,7	NC	1,05	R
CO_CO_2.07	1.253	19	9.640	0,68%	8%	17,7	NC	1,04	R
CO_CO_2.08	2.114	15	10.181	0,62%	0%	35,2	NC	1,08	S
CO_CO_2.09	1.295	20	16.297	0,71%	0%	17,9	NC	1,05	R
CO_CO_2.10	2.952	25	18.279	0,41%	0%	30,8	NC	1,04	R
CO_CO_2.11	1.483	25	18.635	0,39%	0%	33,3	NC	1,46	S
CO_CO_2.12	1.593	19	29.060	0,56%	0%	39,6	NC	1,17	S
CO_CO_2.13	2.573	20	29.766	0,20%	0%	34,5	NC	1,38	S
CO_CO_3.01	4.186	28	31.598	0,23%	0%	43,2	NC	1,58	M
CO_CO_3.02	6.965	15	35.448	0,15%	0%	48,9	NC	1,22	S
CO_CO_3.03	1.668	17	35.462	0,10%	0%	181,1	NC	1,02	R

Fig. 3.31 - Inquadramento geomorfologico del f. Cornia (tratti oggetto di analisi IDRAIM), in verde i tratti di interesse (ns elaborazione).

tratto	fisiografia generale				confinamento			tipologia planimetrica	
	lunghezza asse alveo [m]	larghezza media alveo [m]	area drenata [ha]	pendenza media	grado di confinamento	indice di confinamento	classe di confinamento	indice di sinuosità	tipologia CS = Confinato Sinuoso S = Sinuoso R = Rettilineo M = Meandriforme
CO_MI_4.01	988	5	1.092	2,02%	100%	-	C	-	CS
CO_MI_5.01	1.176		1.768	2,58%	11%	6,8	SC	1,03	R
CO_MI_5.02	6.399	7	7.184	1,71%	12%	14,3	SC	1,13	S
CO_MI_5.03	5.917	24	8.939	0,93%	14%	11,2	SC	1,20	S
CO_MI_5.04	5.442	20	9.828	0,74%	1%	34,5	NC	1,15	S

Fig. 3.32 - Inquadramento geomorfologico del t. Milia nei tratti oggetto di analisi IDRAIM (ns elaborazione).

Gli indici di intrecciamento e di anastomizzazione non sono riportati nelle tabelle precedenti in quanto costantemente pari all'unità per tutti i tratti considerati. Si noti come il f. Cornia il t. Milia possano definirsi sostanzialmente dei piccoli corsi d'acqua, avendo una larghezza media d'alveo attivo prevalentemente inferiore a 30 m (fatti salvi i tratti CO\_2.04, CO\_2.05, CO\_2.06 e, grossomodo, anche il CO\_3.01). Tranne i primi due tratti più a monte, il f. Cornia è sostanzialmente non confinato, mentre il t. Milia è non confinato solo nel tratto distale prima della confluenza in Cornia. Entrambi i corsi d'acqua planimetricamente si presentano monocursali, alternando tratti sinuosi e rettilinei (un solo tratto del f. Cornia risulta meandriforme, il CO\_CO\_3.01).

### 1.1.2 Calcolo dell'indice IQM

Nelle seguenti fig. da 3.33 a 3.35 si riportano i valori dei singoli sub-indici per ogni tratto esaminato del f. Cornia secondo il sistema di punteggi definito dalla metodologia IDRAIM.

codice tratto	FUNZIONALITA'												
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
CO_CO_1.01	0	-	3	-	-	0	-	-	0	0	0	0	0
CO_CO_2.01	0	-	-	0	2	-	0	-	0	0	3	0	3
CO_CO_2.02	3	0	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	3
CO_CO_2.03	3	0	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	3
CO_CO_2.04	3	0	-	0	0	-	5	-	5	2	3	0	3
CO_CO_2.05	3	0	-	0	0	-	0	-	0	0	0	2	3
CO_CO_2.06	0	3	-	0	0	-	0	-	0	0	0	2	3
CO_CO_2.07	0	3	-	0	0	-	0	-	0	0	0	2	3
CO_CO_2.08	0	3	-	2	0	-	3	-	3	2	0	0	0
CO_CO_2.09	0	3	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	3
CO_CO_2.10	0	0	-	0	0	-	3	-	3	5	3	0	3
CO_CO_2.11	0	3	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	3
CO_CO_2.12	3	0	-	2	0	-	3	-	3	2	3	0	3
CO_CO_2.13	0	3	-	2	0	-	3	-	3	2	3	0	0
CO_CO_3.01	3	3	-	3	0	-	3	2	3	2	3	0	3
CO_CO_3.02	5	5	-	3	0	-	5	-	5	2	3	2	0
CO_CO_3.03	3	0	-	-	3	-	5	-	-	-	3	3	5

Fig. 3.33 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi alla funzionalità, sottobacino f. Cornia (ns elab.).

Tra i sub-indici di funzionalità alterati con maggiore ricorrenza si individuano: F13 "estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde" (12 alterazioni lievi e 1 alterazione significativa su 17 tratti indagati, pari a circa il 75% dei tratti), F11 "presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni" (12 alterazioni



su 17 tratti indagati, pari a circa il 70% dei tratti), F1 “continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso”, F2 “presenza di piana inondabile” (7 alterazioni lievi e 1 alterazione significativa su 17 tratti indagati, pari a circa il 50% dei tratti), F7 “forme e processi tipici della configurazione morfologica” (5 alterazioni lievi e 3 alterazione significativa su 17 tratti indagati, pari a circa il 50% dei tratti), F9 “variabilità della sezione” (5 alterazioni lievi e 2 alterazioni significative su 17 tratti indagati, pari a circa il 40% dei tratti), F10 “struttura del substrato” (6 alterazioni lievi e 1 alterazioni significative su 17 tratti indagati, pari a circa il 40% dei tratti). In sintesi l’alterazione più comune è legata alla gestione della vegetazione fluviale, che risulta poco continua e scarsamente rappresentata da legname morto in alveo; la lettura combinata delle alterazioni di funzionalità relative alla presenza di piana inondabile (F2), alle forme e processi tipici della configurazione morfologica (F7), alla variabilità della sezione (F9) e alla struttura del substrato (F10), che risultano compresenti dal tratto CO\_CO\_2.06 compreso verso valle in 4 tratti su 11 (pari al 36% dei tratti) e comunque ricorrenti con diverse combinazioni, è legata all’attività di estrazione di inerti che ha interessato il medio corso del f. Cornia nel secondo dopoguerra ed ai successivi interventi di ricalibratura e presidio idraulico. I tratti che presentano le alterazioni di funzionalità più significative sono il CO\_CO\_2.04 (sub-indici F7 e F9 alterati pesantemente a causa di una recente ricalibratura), CO\_CO\_2.10 (sub-indice F10 alterato pesantemente a causa dell’estrazione in alveo di inerti che ha portato all’affioramento del substrato ovvero al *clogging* significativo di alcune porzioni), CO\_CO\_3.02 (sub-indici F1, F2, F7 e F9 alterati pesantemente a causa della presenza di una traversa significativa, di una marcata incisione a valle della stessa e delle estrazioni di inerti che hanno interessato i tratti a monte), CO\_CO\_3.03 (sub-indici F7 e F13 alterati pesantemente a causa della periodica ricalibratura e rimozione a raso della vegetazione ripariale).

Tra i sub-indici di artificialità emerge come l’unica assenza sia costituita dalle alterazioni legate ad alterazioni del regime idrologico (A2 e A4), mentre tutte le altre pressioni antropiche risultano diversamente presenti: in 12 casi su 17 (circa il 70% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A11 “rimozione di materiale legnoso”, che risulta l’artificialità più ricorrente lungo l’asta principale del f. Cornia; in 10 casi su 17 (circa il 60% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A5 “opere di attraversamento”; in 9 casi su 17 (circa il 55% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A12 “taglio della vegetazione in fascia perifluviale”; in 8 casi su 17 (circa il 50% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A8 “variazioni artificiali del tracciato” (dal tratto CO\_CO\_2.05 al tratto CO\_CO\_2.11 la variazione artificiale di tracciato è stata indotta con l’attività di estrazione di inerti in alveo, nel tratto CO\_CO\_3.03 è stata probabilmente realizzata - prima del 1954 - per mettere in sicurezza il ponte della S.S. 1 “Aurelia”); in 7 casi su 17 (circa il 40% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A10 “rimozione di sedimenti” (evidente dal tratto CO\_CO\_2.09 verso valle); in 6 casi su 17 (circa il 35% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A7 “arginature”; in 4 casi su 17 (circa il 25% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A4 “opere di alterazione delle portate solide” (presenti nel tratto), con effetti su 5 tratti a valle di questi; solo in 3 casi su 17 (circa il 20% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A9 “altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato” (relativo a guadi a raso); solo in 2 casi su 17 (circa il 10% dei tratti) risulta alterato il sub-indice A6 “difese di sponda”. Risulta evidente la correlazione tra la frequenza delle alterazioni nei sub-indici A11 e A9 e nei sub-indici F11 e F13.

codice tratto	ARTIFICIALITA'											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
CO_CO_1.01	-	-	0	0	2	0	-	-	0	0	0	0
CO_CO_2.01	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	2
CO_CO_2.02	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
CO_CO_2.03	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	2	2
CO_CO_2.04	0	3	0	0	2	0	3	0	0	0	2	2
CO_CO_2.05	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
CO_CO_2.06	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
CO_CO_2.07	0	0	0	0	2	0	0	3	0	3	2	0
CO_CO_2.08	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	2
CO_CO_2.09	0	3	0	0	2	0	0	2	0	3	0	0
CO_CO_2.10	0	0	0	0	0	3	3	3	3	6	2	0
CO_CO_2.11	0	0	0	0	0	0	3	3	0	6	2	0
CO_CO_2.12	0	0	0	4	2	0	0	0	0	6	2	0
CO_CO_2.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	2
CO_CO_3.01	0	0	0	6	2	0	3	0	3	6	5	2
CO_CO_3.02	0	6	0	0	2	0	3	0	3	0	5	5
CO_CO_3.03	0	6	0	0	3	0	3	3	0	6	5	5

Fig. 3.34 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi all'artificialità, sottobacino f. Cornia (ns elab.).

codice tratto	VAR. MORFOL.		
	V1	V2	V3
CO_CO_1.01	-	-	-
CO_CO_2.01	-	-	-
CO_CO_2.02	-	-	-
CO_CO_2.03	6	6	0
CO_CO_2.04	3	6	0
CO_CO_2.05	6	6	0
CO_CO_2.06	6	6	0
CO_CO_2.07	6	6	0
CO_CO_2.08	3	6	0
CO_CO_2.09	0	6	4
CO_CO_2.10	3	6	8
CO_CO_2.11	3	6	8
CO_CO_2.12	3	0	8
CO_CO_2.13	6	6	8
CO_CO_3.01	3	6	8
CO_CO_3.02	3	6	12
CO_CO_3.03	-	-	-

Fig. 3.35 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi alle variazioni morfologiche, sottobacino f. Cornia (ns elab.).

Tutti i tratti per i quali sono stati computati i sub-indici di variazione morfologica (quindi con larghezza media dell'alveo attivo indicativamente superiore ai 30 m) presentano almeno una alterazione significativa. Si registra una complessiva variazione della configurazione morfologica (in 12 casi su 13), un significativo restringimento della sezione e, dal tratto CO\_CO\_2.09 verso valle, una variazione altimetrica che raggiunge differenze di quota superiori ai 6 m tra il 1954 e il 2016.

Come si evince dalla tabella che riassume le classi IQM dei tratti indagati del f. Cornia, in fig. 3.36, l'alterazione della qualità morfologica diventa significativa dal tratto CO\_2.10 verso valle, dove insistono le evidenze di attività pregresse di estrazione di inerti. I due corpi idrici di valle risultano fortemente alterati (classe scadente o scarso) in ragione della progressiva canalizzazione del corso d'acqua e della presenza di opere idrauliche

interferenti. Solo i primi tre tratti sommitali risultano sostanzialmente inalterati, per una lunghezza pari a circa il 10% dell'estensione totale dell'asta del f. Cornia considerata nell'analisi IQM; circa il 30% dell'asta indagata presenta comunque una condizione buona, mentre il restante 60% presenta una condizione non soddisfacente.

codice tratto	IQM <sub>min</sub>	IQM	IQM <sub>max</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE	CLASSE <sub>max</sub>
CO_CO_1.01	0,95	<b>0,95</b>	0,98	Elevato	<b>Elevato</b>	Elevato
CO_CO_2.01	0,86	<b>0,86</b>	0,86	Elevato	<b>Elevato</b>	Elevato
CO_CO_2.02	0,87	<b>0,87</b>	0,87	Elevato	<b>Elevato</b>	Elevato
CO_CO_2.03	0,78	<b>0,78</b>	0,78	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.04	0,70	<b>0,70</b>	0,70	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.05	0,78	<b>0,81</b>	0,83	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.06	0,79	<b>0,83</b>	0,83	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.07	0,77	<b>0,78</b>	0,82	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.08	0,74	<b>0,78</b>	0,78	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.09	0,76	<b>0,79</b>	0,82	Buono	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.10	0,59	<b>0,59</b>	0,59	Moderato o Sufficiente	<b>Moderato o Sufficiente</b>	Moderato o Sufficiente
CO_CO_2.11	0,67	<b>0,71</b>	0,71	Moderato o Sufficiente	<b>Buono</b>	Buono
CO_CO_2.12	0,66	<b>0,68</b>	0,68	Moderato o Sufficiente	<b>Moderato o Sufficiente</b>	Moderato o Sufficiente
CO_CO_2.13	0,60	<b>0,65</b>	0,65	Moderato o Sufficiente	<b>Moderato o Sufficiente</b>	Moderato o Sufficiente
CO_CO_3.01	0,50	<b>0,51</b>	0,52	Moderato o Sufficiente	<b>Moderato o Sufficiente</b>	Moderato o Sufficiente
CO_CO_3.02	0,46	<b>0,47</b>	0,50	Scadente o Scarso	<b>Scadente o Scarso</b>	Moderato o Sufficiente
CO_CO_3.03	0,45	<b>0,48</b>	0,48	Scadente o Scarso	<b>Scadente o Scarso</b>	Scadente o Scarso

Fig. 3.36 - Classificazione IQM dei tratti indagati dell'asta del f. Cornia (ns elaborazione).

Nelle seguenti fig. da 3.37 a 3.39 si riportano i valori dei singoli sub-indici per ogni tratto esaminato del t. Milia secondo il sistema di punteggi definito dalla metodologia IDRAIM.

codice tratto	FUNZIONALITA'												
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
CO_MI_4.01	0	-	0	-	-	0	-	-	0	0	0	0	3
CO_MI_5.01	0	0	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	0
CO_MI_5.02	0	0	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	0
CO_MI_5.03	3	0	-	0	0	-	3	-	3	0	3	0	3
CO_MI_5.04	3	3	-	0	0	-	0	-	0	0	3	0	3

Fig. 3.37 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi alla funzionalità, sottobacino t. Milia (ns elab.).

codice tratto	ARTIFICIALITA'											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
CO_MI_4.01	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0	0	2
CO_MI_5.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
CO_MI_5.02	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2
CO_MI_5.03	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
CO_MI_5.04	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	2	2

Fig. 3.38 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi alla artificialità, sottobacino t. Milia (ns elab.).

codice tratto	VAR. MORFOL.		
	V1	V2	V3
CO_MI_4.01	-	-	-
CO_MI_5.01	-	-	-
CO_MI_5.02	-	-	-
CO_MI_5.03	3	3	0
CO_MI_5.04	0	3	8



Fig. 3.39 - Punteggi dei sub-indici IQM nei tratti indagati relativi alle variazioni morfologiche, sottobacino t. Milia (ns elab.).

Come si evince dalla tabella che riassume le classi IQM dei tratti indagati del t. Milia, in fig. 3.40, la qualità morfologica è sostanzialmente inalterata (40% dell'estensione dell'asta considerata), con un lieve peggioramento nella parte di valle del corso d'acqua (60% dell'estensione dell'asta considerata), che nel tratto CO\_MI\_5.04 è prevalentemente dovuto alla variazione altimetrica attribuibile all'erosione regressiva determinata dall'attività di estrazione di inerti presso la confluenza con il f. Cornia. Tale classificazione rispecchia la sostanziale assenza di alterazioni significative lungo l'asta del t. Milia indagata con IQM, consistenti in 5 manufatti interferenti, poche alterazioni sedimentologiche localizzate e una lieve alterazione della vegetazione funzionale.

codice tratto	IQM <sub>min</sub>	IQM	IQM <sub>max</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE	CLASSE <sub>max</sub>
CO_MI_4.01	0,90	0,95	0,98	Elevato	Elevato	Elevato
CO_MI_5.01	0,94	0,98	0,98	Elevato	Elevato	Elevato
CO_MI_5.02	0,91	0,91	0,97	Elevato	Elevato	Elevato
CO_MI_5.03	0,75	0,81	0,86	Buono	Buono	Elevato
CO_MI_5.04	0,73	0,77	0,82	Buono	Buono	Buono

Fig. 3.40 - Classificazione IQM dei tratti indagati dell'asta del t. Milia (ns elab.).

### 1.1.3 EVOLUZIONE DEL SISTEMA FLUVIALE

#### 1.1.3.1 Analisi del potenziale di ricarica dei sedimenti

Al fine di comprendere le dinamiche idromorfologiche pregresse e correnti del bacino idrografico del bacino idrografico del f. Cornia, è stato studiato il potenziale di ricarica di sedimenti, con specifico riferimento alle frazioni grossolane che contribuiscono al trasporto solido al fondo. In tal senso, adattando metodiche già descritte in letteratura (Rinaldi et al., 2009), il bacino idrografico è stato caratterizzato in termini di potenziale litologico (identificando il tipo di rocce affioranti e la relativa potenzialità a produrre detriti che alimentano il trasporto solido al fondo) e di tipologia di sorgente (identificando le frane attive<sup>3</sup> e inattive quiescenti<sup>4</sup>). Con il potenziale litologico (P<sub>L</sub>) si esprime l'attitudine delle diverse litologie affioranti a produrre sedimenti relativamente grossolani, utili cioè per la ricarica del trasporto solido al fondo. Sono state definite quattro classi di P<sub>L</sub> alle quali sono stati attribuiti diversi punteggi come di seguito indicato:

- litologia molto favorevole: 3 punti

<sup>3</sup> Definizione di "frana attiva" dalla "legenda frane" in <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>: "Frane con indizi di movimento in atto o recenti, quali rotture della superficie topografica, per nulla o poco modificate dalle attività antropiche, deformazioni della copertura vegetale (es. strappi della copertura erbacea, rotazione o caduta di alberi), danni a strutture e infrastrutture (es. muri, drenaggi, manto stradale). Il movimento è avvenuto in un arco di tempo paragonabile alla vita umana, o comunque successivamente ai primi voli aerei a disposizione (post 1950)."

<sup>4</sup> Definizione di "frana inattiva quiescente" dalla "legenda frane" in <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>: "Frane le cui morfologie, geometrie e caratteri dinamici sono ancora riconoscibili pur se rimodellate ad opera di agenti naturali e antropici. L'area in frana presenta evidenze geomorfologiche o testimonianze che indicano una possibilità di riattivazione del processo nell'attuale sistema morfodinamico e morfoclimatico."



- litologia favorevole: 2 punti
- litologia intermedia: 1 punto
- litologia sfavorevole: 0 punti

In fig. 4.1, 4.2 e 4.3 sono riportate le classi litologiche presenti nel bacino del Cornia (come da dati geologici consultati su <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>) con i relativi punteggi di  $P_L$  attribuiti sulla base di giudizio esperto<sup>5</sup>. I dati esaminati hanno consentito di ottenere i seguenti risultati:

- litologia molto favorevole: 21% della superficie del bacino
- litologia favorevole: 30% della superficie del bacino
- litologia intermedia: 45% della superficie del bacino
- litologia sfavorevole: 05% della superficie del bacino

A fronte di un  $P_L$  favorevole o molto favorevole per circa la metà della superficie del bacino idrografico, si è proceduto a identificare i fenomeni franosi attivi e inattivi quiescenti, aventi superficie complessiva pari a poco meno del 10% della superficie dell'intero bacino, andando quindi a suddividerli per classe di potenziale litologico interessata e ottenendo i seguenti risultati:

- frane attive o inattive quiescenti su litologia molto favorevole: 04% della superficie totale delle frane
- frane attive o inattive quiescenti su litologia favorevole: 28% della superficie totale delle frane
- frane attive o inattive quiescenti su litologia intermedia: 58% della superficie totale delle frane
- frane attive o inattive quiescenti su litologia sfavorevole: 10% della superficie totale delle frane

I fenomeni franosi che sono stati considerati sono unicamente quelli risultanti a contatto con il reticolo idrografico di cui in fig. 1.1.

---

<sup>5</sup> Gisotti (2011).

UNITA' GEOLOGICA				CLASSE LITOLOGICA	
SIGLA			RETINO		DENOMINAZIONE
250k	100k	10k			
ACC	ACC	ACC		ARGILLE E CALCARI DI CANETOLO (ARGILLITI E CALCILUTITI)	1
APA	APA	APA APAA APAb		ARGILLE A PALOMBINI	1
APA	CCL	CCL		CALCARI A CALPIONELLE	2
ARB	ARB	ARB		ARENARIE DI PONTE BRATICA (ARENARIE DI SUVERETO - ARENARIE TORBIDITICHE E SILICOCLASTICHE)	2
AVR	SIL	SIL		FORMAZIONE DI SILLANO - S. FIORA (ARGILLITI GRIGIO-BRUNE E CALCILUTITI)	0
CA	CCA	CCA		CALCARE CAVERNOSO	2
CAA	CAA	CAA CAAb CAAr		FORMAZIONE DI LANCIAIA (MARNE E ARGILLITI CON INTERCALAZIONI DI ARENARIE E BRECCE OFIOLITICHE, TORBIDITI CALCAREE, BRECCE SEDIMENTARIE, CONGLOMERATI CON ELEMENTI OFIOLITICI)	1
CAL	LIM	LIM		CALCARE SELCIFERO DI LIMANO	2
CAL	MAI	MAI		MAIOLICA (CALCILUTITI SELCIFERE BEN STRATIFICATE)	2
CAL	POD	POD		MARNE A <i>Posidonomya</i>	1
CAL	RSA	RSA		ROSSO AMMONITICO	2
CCA	BUR	BUR		FORMAZIONE ANIDRITICA DI BURANO (ALTERNANZE DI DOLOMIE E ANIDRITI, GESSI)	2
DSA	DSA	DSA		DIASPRI	2
ELM	OMT	OMT		FLYSCH DI OTTONE-MONTEVERDI (CALCARI, CALCARI MARNOSI, MARNE ED ARGILLITI CALCAREE TORBIDITICHE CON INTERCALAZIONI DI ARENARIE E SILTITI)	2
ELM	RCH	RCH		ARGILLITI E CALCARI DI POGGIO ROCCHINO	1

Fig. 4.1 - Identificazione delle litologie presenti e attribuzione del potenziale litologico, parte I (ns elaborazione su dati Geoscopio).

UNITA' GEOLOGICA				RETINO	DENOMINAZIONE	CLASSE LITOLOGICA
SIGLA						
250k	100k	10k				
EMO	EMO	EMOd EMOg		LENTI DI GESSO	1	
FAA	FAA	FAAb FAAc FAAe		ARGILLE E ARGILLE SILTOSE GRIGIO-AZZURRE LOCALMENTE FOSSILIFERE	1	
FOS	FOS	FOS		ARGILLE CON INTERCALAZIONI DI ARENARIE E CONGLOMERATI	1	
FOS	SLE	SLEc SLEm SLEr		CONGLOMERATI E PARACONGLOMERATI ETEROMETRICI MODERATAMENTE ELABORATI CON CIOTTOLI E MATRICE ARROSSATI, SABBIE E ARENARIE	2	
INT	fpo	fpo		FILONI PORFIRICI A COMPOSIZIONE TRACHIANDESITICA E RIOLITICA	2	
MAC	MAC	MAC		MACIGNO (ARENARIE QUARZOSO-FELDSPATICO-MICACEE GRADATE, IN STRATI DI POTENZA VARIABILE, CON LIVELLI PIU' SOTTILI DI SILTITI)	2	
MAS	MAS	MAS		CALCARE MASSICCIO	2	
MAS	RET	RET		CALCARI A RHAETAVICULA CONTORTA	2	
MES	ACN	ACN		ARGILLE LIGNIFERE	1	
MES	MES	MESa MESb MESd		BRECCE E CONGLOMERATI AD ELEMENTI DI CALCARE CAVERNOSO, CONGLOMERATI POLIGENICI	2	
MLL	MLL	MLL		FORMAZIONE DI M. MORELLO (FLYSCH CARBONATICI, CALCARI MARNOSI E MARNE)	2	
OFI	BRG	BRG		BASALTI CON STRUTTURE A <i>pillow-lava</i>	0	
OFI	GBB	GBB		GABBRI CON FILONI BASICI	0	
OFI	PRN	PRN		PERIDOTITI SERPENTINIZZATE CON FILONI GABBRI E BASALTICI	2	
OLO	ALR	b		DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI	3	

Fig. 4.2 – Identificazione delle litologie presenti e attribuzione del potenziale litologico, parte II (ns elaborazione su dati Geoscopio).

UNITA' GEOLOGICA				RETINO	DENOMINAZIONE	CLASSE LITOLOGICA
SIGLA						
250k	100k	10k				
OLO	ALR	bn		DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI, TERRAZZATI E NON TERRAZZATI	3	
OLO	ALA	bnb		DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI	3	
PLI	PLIb	PLIb		CONGLOMERATI MARINI POLIGENICI	3	
PLI	PLIc	PLIc		CALCARENITI E CALCIRUDITI BIOCLASTICHE	2	
PLI	PLIs	PLIs		SABBIE E ARENARIE GIALLE	2	
ROS	RAQ	RAQ RAQm		ARGILLE E ARGILLE SABBIOSE GRIGIE	1	
ROS	ROS	ROSb		CALCARI E CALCIRUDITI	2	
SCI	SSR	SSR		SCISTI SERICITICI	1	
STO	STO	STO1 STO1a STO2		SCAGLIA TOSCANA (ARGILLITI DI BROLIO E MARNE DEL SUGAME)	0	
TVT	TVT	fla		TRAVERTINI E CALCARI CONTINENTALI	2	
VER	VEU	VEUb		FORMAZIONE DELLA VERRUCCA - CIVITELLA (QUARZITI A GRANULOMETRIA VARIABILE, FINO A CONGLOMERATI, ALTERNATE A FILLADI E FILLADI QUARZITICHE)	2	
VIL	VILb	VILb		SABBIE, SABBIE CIOTTOLOSE E SABBIE SILTOSO-ARGILLOSE E LIMI SABBIOSI	3	
VIL	VILc	VILc		ARGILLE E ARGILLE SABBIOSE LIGNIFERELACUSTRI E FLUOVIO-LACUSTRI	1	
VIL	VILd	VILd		CALCARI	2	
VIL	VILt	VILt		TRAVERTINI E CALCARI CONTINENTALI	2	

Fig. 4.3 - Identificazione delle litologie presenti e attribuzione del potenziale litologico, parte III (ns elaborazione su dati Geoscopio).

Dall'analisi dei dati ricavati si evince come solo il 32% delle frane risulta attiva o inattiva quiescente su litologie favorevoli alla produzione di sedimenti grossolani, pari a circa il 3% dell'intera superficie del bacino idrografico.

Stanti i valori modesti di potenziale litologico, non è stata indagata la connettività longitudinale del reticolo idrografico.

Tale risultato, unitamente alla bassa energia di rilievo (circa 800 m) e all'elevata copertura forestale (circa il 75% della superficie) del bacino idrografico in esame, nonché ai modesti valori energetici delle aste principali, concorre a caratterizzare il fiume Cornia come un corso d'acqua a dinamica lenta, ovvero in grado di esprimere modifiche morfologiche significative in tempi lunghi.

### 1.1.3.2 *Analisi dei tracciati planimetrici storici dell'alveo attivo*

Di seguito è riportato il tracciato planimetrico degli alvei attivi storici rilevabili da cartografia del 1835 e da ortofoto del 1954, 1988, 1996 e 2013 (fonte geoscopio di Regione Toscana). I dati del 1835 e del 1954 hanno un basso grado di affidabilità in ragione della qualità della fonte, la prima una cartografia disegnata a mano (si veda fig. 4.4, dove sono evidenti le deformazioni intervenute in corrispondenza con i tratti di giuntura dei diversi fogli cartografici, nonché l'assenza di dettagli utili a distinguere le macroforme dell'alveo attivo e della piana inondabile), la seconda un ortorilievo aerofotogrammetrico a bassa risoluzione in b/n.



Fig. 4.4 - Stralci esemplificativi della cartografia del 1835 dai quali si evince l'incertezza della fonte per la definizione dell'alveo attivo.

L'elemento saliente è che l'analisi diacronica degli alvei attivi mette in evidenza un generale tendenza evolutiva al restringimento, in essere già tra '800 e metà '900, spiegabile in ragione della crescita di copertura boschiva che si è verificata in tale lasso di tempo (a cavallo dell'inizio '900 si avviano i primi rimboschimenti programmati a livello nazionale e verso gli anni '30 anche il bacino del Cornia risulta interessato), insieme ad una serie di migrazioni planimetriche significative, spiegabili in ragione di una buona connettività trasversale del corso d'acqua.

La tendenza al restringimento subisce un'accelerazione significativa nel secondo dopoguerra, in ragione dell'attività estrattiva che ha interessato il corso d'acqua, quando vengono meno fino a sparire del tutto i fenomeni avulsivi. Da fig. 4.5 a fig. 4.10 sono riportate le analisi planimetriche degli alvei attivi storici del t. Cornia secondo i cromatismi indicati nella legenda riportata in calce a ciascuna immagine. In tali immagini sono evidenziati dei riquadri colore ocra che rimandano alle successive tabelle – da fig. 4.12 a fig. 4.16 – dove sono riportati i corrispondenti estratti dalla cartografia prodotta in uno studio geomorfologico del f. Cornia (Tacconi, 1991) nell'ambito del quale sono state consultate ulteriori fonti cartografiche (mappe settecentesche, cartografia tardo ottocentesca e rilievo aereo degli anni '40 del novecento) rispetto a quelle disponibili nel geoscopio di Regione Toscana.

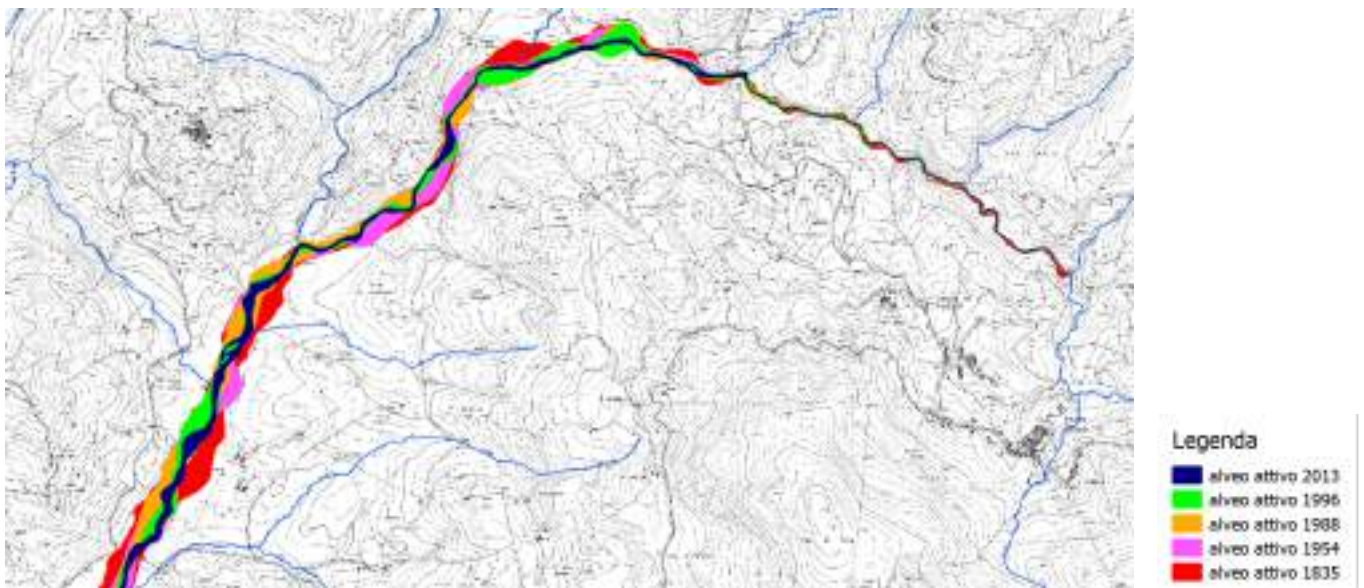


Fig. 4.5 - Involuppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte I (ns elaborazione su dati Geoscopio)

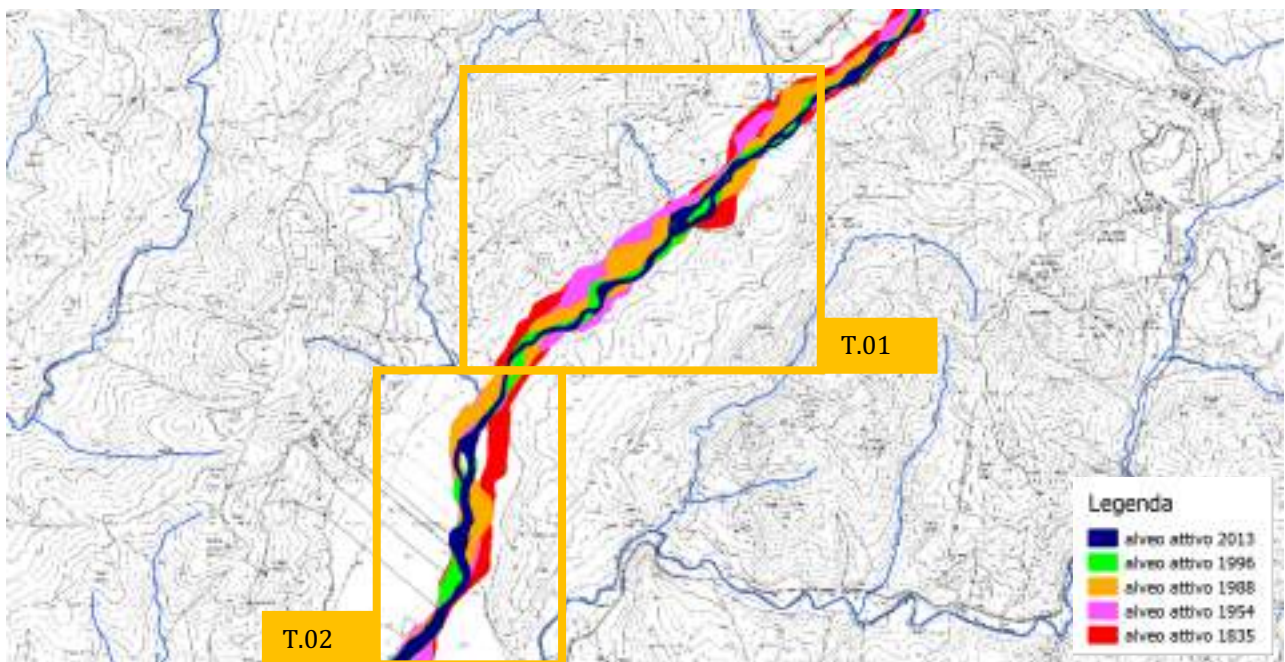


Figura 4.6 - Involuppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte II (ns elaborazione su dati Geoscopio).

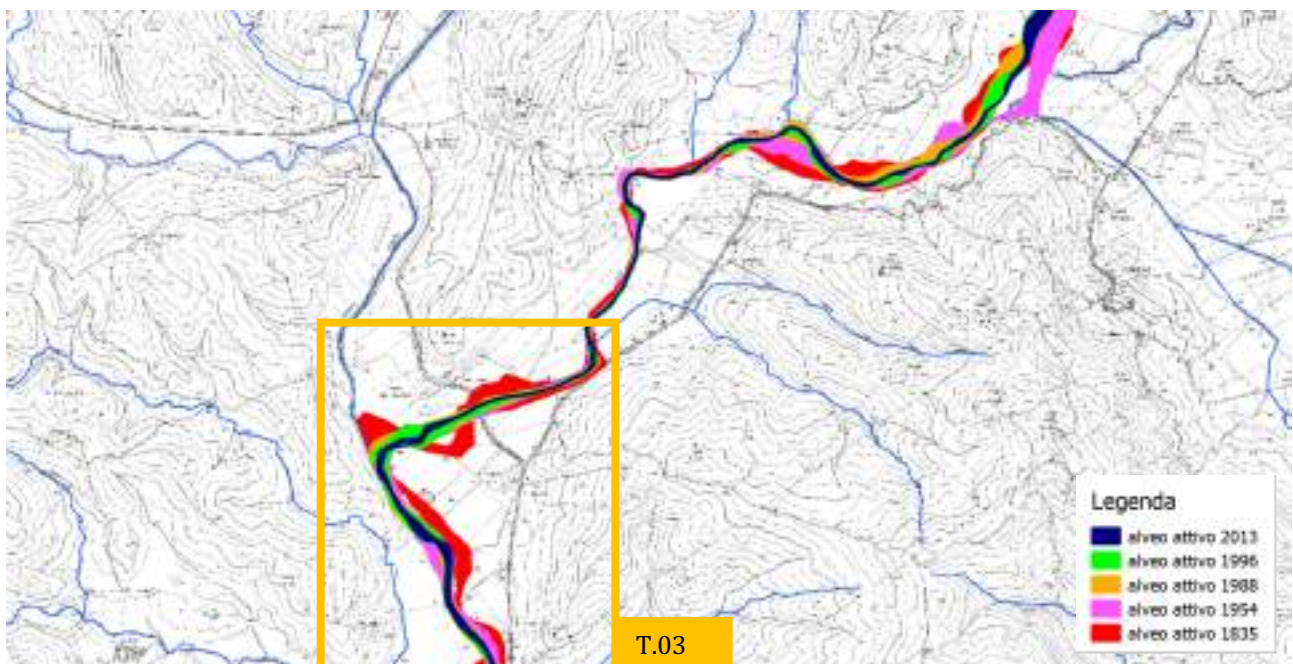


Figura 4.7 - Involuppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte III (ns elaborazione su dati Geoscopio).

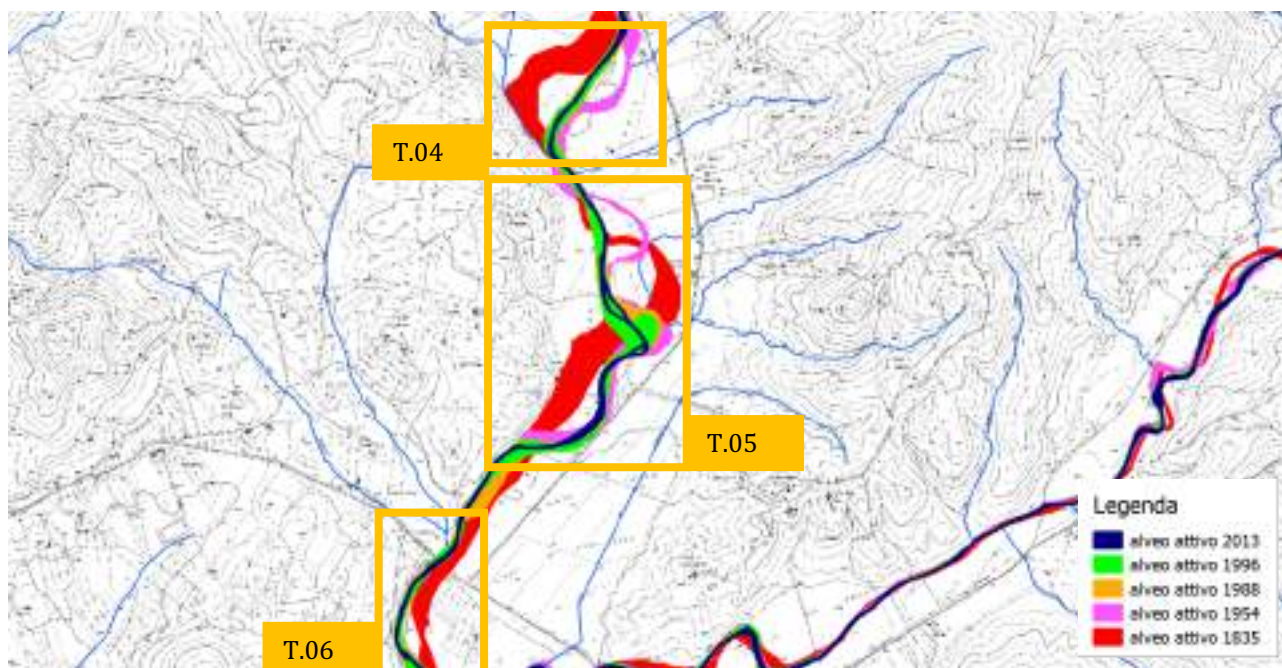


Figura 4.8 - Involuppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte IV (ns elaborazione su dati Geoscopio).

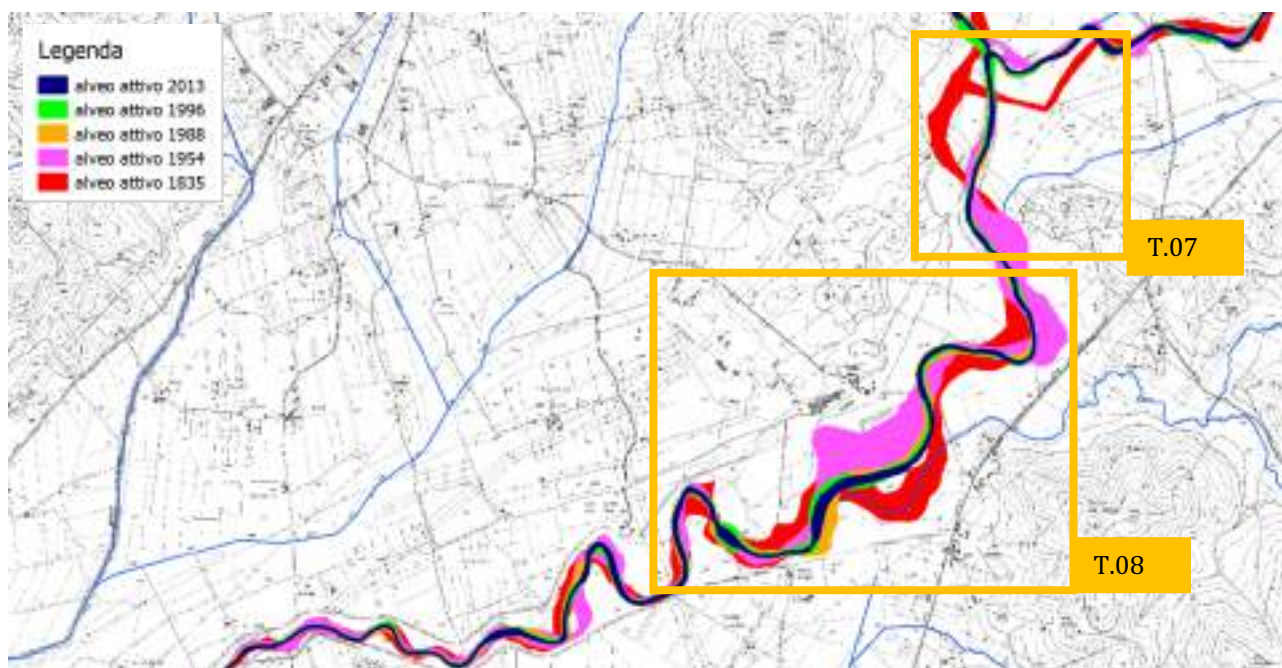


Figura 4.9 - Involuppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte V (ns elaborazione su dati Geoscopio).

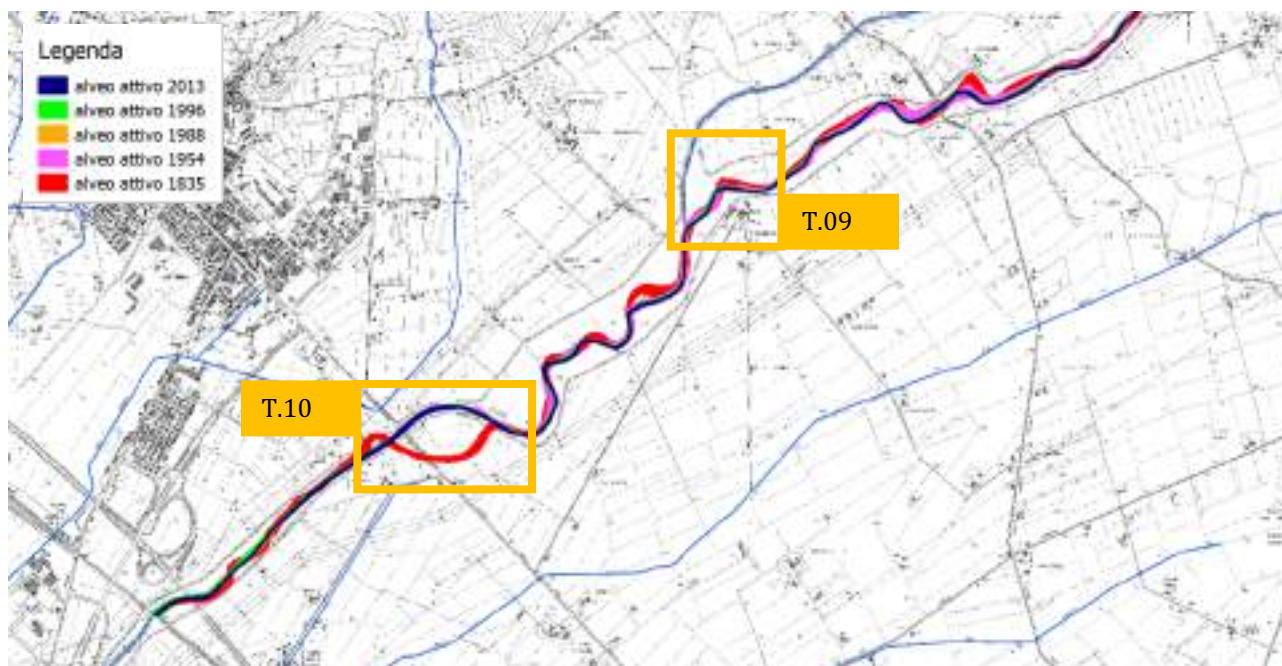


Figura 4.10 - Inviluppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del fiume Cornia, parte VI (ns elaborazione su dati Geoscopio).

Nella seguente fig. 4.11 si riporta la legenda della cartografia dello studio Tacconi (1991), riferita agli estratti cartografici riportati nelle figure successive.



Figura 4.11 - Legenda della cartografia Tacconi (1991).

L'ultima cartografia consultata in tale studio è l'ortofoto del 1988, considerata anche nell'analisi condotta in questo studio, riferita ad un anno oltre il quale il corso d'acqua a livello planimetrico ha manifestato unicamente fenomeni di restringimento (no avulsioni). L'analisi combinata dei due strati informativi consente di ricavare una serie di considerazioni che vengono riportate nella parte finale del presente capitolo.

Rif.	Estratto cartografia (Tacconi, 1991)	Commento
------	--------------------------------------	----------

<p>T.01</p>		<p>Evidenze di indice di intrecciamento maggiore di 1, morfologia tipicamente a canali intrecciati (<i>braided</i>).</p>
<p>T.02</p>		<p>Evidenze di indice di intrecciamento maggiore di 1, morfologia tipicamente a canali intrecciati (<i>braided</i>).</p>

Figura 4.12 - Estratto cartografia Tacconi (1991) nei box T.01 e T.02 (ns elaborazione).

Rif.	Estratto cartografia (Tacconi, 1991)	Commento
T.03		<p>Evidenza morfologica di restringimento dell'alveo attivo rispetto al 1885, sia a monte che a valle della confluenza con il t. Massera. All'epoca del rilievo risultavano attive diverse erosioni laterali lungo ambo le sponde.</p>
T.04		<p>Evidenza morfologica di forte restringimento dell'alveo attivo rispetto al 1885 e al 1942 e di pregressa avulsione importante testimoniata da un palealveo in dx idrografica riferito al periodo 1716-1733. Il tratto in esame è stato oggetto di estrazione di inerti nel secondo dopoguerra.</p>

Figura 4.13 - Estratto cartografia Tacconi (1991) nei box T.03 e T.04 (ns elaborazione).

Rif.	Estratto cartografia (Tacconi, 1991)	Commento
T.05		<p>Evidenza morfologica di forte restringimento dell'alveo attivo rispetto al 1885 e di successive avulsioni testimoniate dai paleoalvei in sx idrografica riferiti al 1942. Il tratto in esame è stato oggetto di estrazione di inerti nel secondo dopoguerra.</p>
T.06		<p>Evidenza morfologica di restringimento dell'alveo attivo rispetto al 1885 nel tratto tra il ponte della S.R. n. 398 e la confluenza con il t. Milia, attestante una progressiva incisione. All'epoca del rilievo risultavano attive diverse erosioni laterali lungo ambo le sponde.</p>

Figura 4.14 - Estratto cartografia Tacconi (1991) nei box T.05 e T.06 (ns elaborazione).

Rif.	Estratto cartografia (Tacconi, 1991) e commento	
T.07		<p>Evidenze morfologiche di paleoalvei distinti risalenti al 1942 presso la confluenza con il fosso Ragnaia (presso l'impianto dismesso di lavorazione inerti) e risalenti al 1885 presso la confluenza con il t. Milia. La migrazione degli alvei del f. Cornia e del t. Milia è caratteristica della zona di confluenza. La presenza di avulsioni pregresse testimonia una fase storica di marcata sedimentazione (aggradazione), con modesta incisione dell'alveo attivo rispetto alla pianura potenzialmente erodibile. Il tratto in esame è stato oggetto di estrazione di inerti nel secondo dopoguerra.</p>
T.08		<p>Diverse evidenze geomorfologiche di paleoalvei distinti risalenti al 1885 e al 1939 a valle dell'attuale guado di Forni e di restringimento d'alveo rispetto al 1942 a monte dell'attuale guado di Forni, le prime attestanti successive avulsioni e le secondi attestanti una progressiva incisione. Interessante notare come l'attuale corso del t. Ripopolo - a valle del tombotto sotto la S.P. n. 22 - coincida prima con un paleoalveo secondario del f. Cornia e poi con un paleoalveo principale dello stesso corso d'acqua. La presenza di avulsioni pregresse testimonia una fase storica di marcata sedimentazione (aggradazione), con modesta incisione dell'alveo attivo rispetto alla pianura potenzialmente erodibile. Il tratto in esame è stato oggetto di estrazione di inerti nel secondo dopoguerra. All'epoca del rilievo risultavano attive diverse erosioni laterali lungo ambo le sponde.</p>

Figura 4.15 - Estratto cartografia Tacconi (1991) nei box T.07 e T.08 (ns elaborazione).



Rif.	Estratto cartografia (Tacconi, 1991)	Commento
T.09		Evidenza geomorfologica di alveo attivo in dx idrografica risalente al 1757 a monte della confluenza con il fosso Riomerdancio, presente anche nella cartografia ottocentesca del 1835, ma planimetricamente meno accentuata. Probabile morfologia relitta legata alla dinamica da confluenza.
T.10		Evidenza geomorfologica di paleoalveo in sx idrografica risalente al 1757 a ridosso del ponte della S.S. n. 1 "Aurelia" (tracciato storico), presente anche nella cartografia ottocentesca del 1835 ma assente in quelle successive. La forma relitta attesta una avvenuta avulsione per un tratto di circa 700 m. La sezione di monte del paleoalveo coincide con la rotta arginale della piena del 1992 (testimonianza locale).

Figura 4.16 - Estratto cartografia Tacconi (1991) nei box T.09 e T.10 (ns elaborazione).

L'analisi integrata delle elaborazioni cartografiche con l'evoluzione planimetrica degli alvei storici effettuata nell'ambito del presente studio (riferita agli anni 1835, 1954, 1988, 1996, 2013) e degli estratti delle elaborazioni cartografiche effettuate da Tacconi (1991) nel relativo studio (riferita agli anni 1716-1733, 1885, 1942, 1988) consente di trarre alcune considerazioni circa la dinamica evolutiva del f. Cornia.

Il macrotratto compreso tra loc. Ponte Leccia presso Sasso Pisano (frazione di Castelnuovo Val di Cecina) e loc. Frassine in comune di Monterotondo M.mo (GR) ha subito, nel corso degli ultimi due secoli, un progressivo restringimento di sezione che ha portato il corso d'acqua a perdere il carattere *braided* tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90 del secolo scorso, fino a conseguire l'attuale carattere sinuoso a barre alternate rilevato anche con l'applicazione dell'IQM. Il macrotratto compreso tra la confluenza con il t. Massera a loc. Vivalda in comune di Suvereto (LI) presenta evidenze di diverse migrazioni planimetriche del corso d'acqua, anche di carattere avulsivo, riferibili all'ottocento e alla prima metà del novecento quando evidentemente il corso d'acqua aveva in tale ambito una dinamica di sedimentazione o comunque risultava in equilibrio con una piana inondabile che occupa una ampia porzione del fondovalle. A partire dal secondo dopoguerra l'alveo attivo si è progressivamente stabilizzato planimetricamente, andandosi a restringere in modo crescente, coerentemente con la significativa incisione rilevabile in campo.

Da fig. 4.17 a fig. 4.19 si riportano le elaborazioni dell'evoluzione planimetrica degli alvei storici del t. Milia.



Figura 4.17 - Inviluppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del torrente Milia, parte I (ns elaborazione su dati Geoscopio).

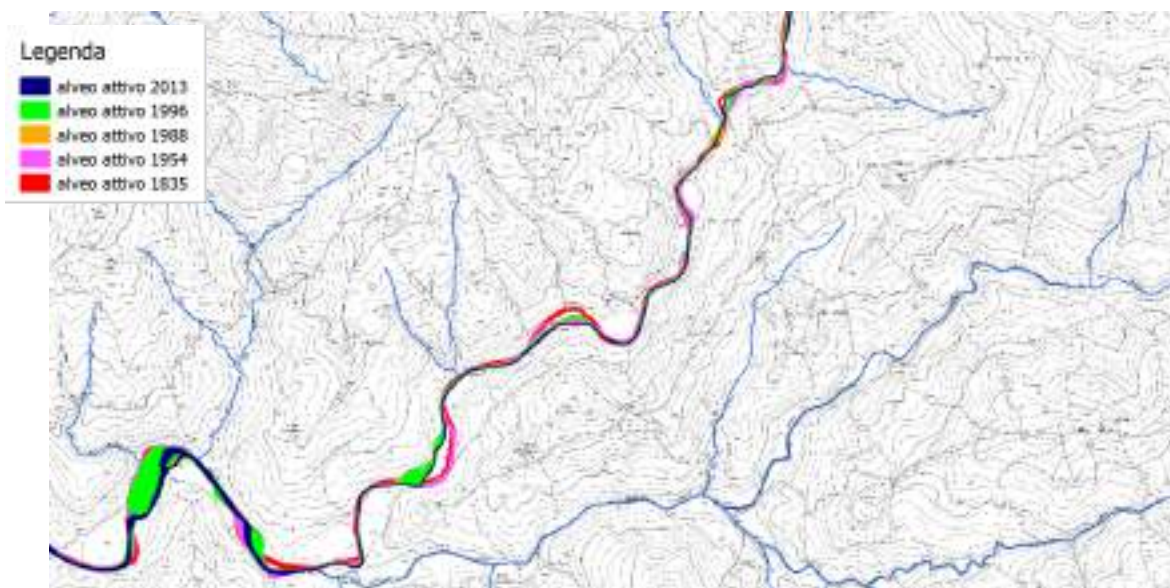


Figura 4.18 - Inviluppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del torrente Milia, parte II (ns elaborazione su dati Geoscopio).

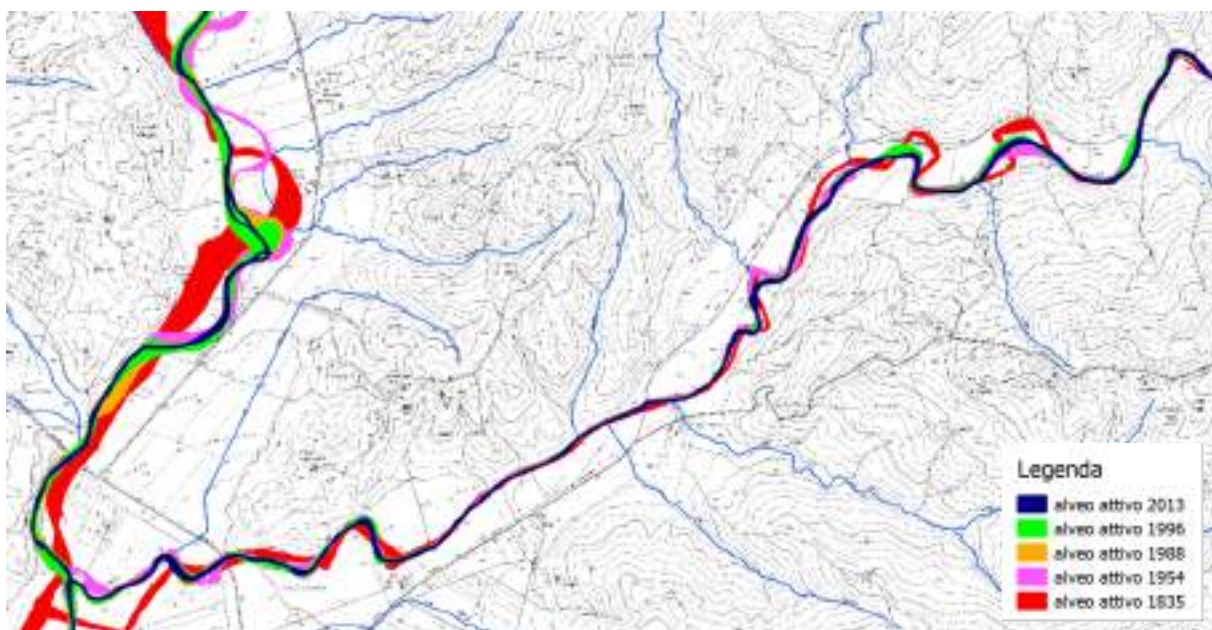


Figura 4.19 - Inviluppo degli alvei storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) del torrente Milia, parte III (ns elaborazione su dati Geoscopio).

L'alveo attivo del t. Milia ha evidentemente subito a livello localizzato alcuni restringimenti di sezione e migrazione planimetrica. E' stata stimata la larghezza media del sistema idrografico costituito da f. Cornia e t. Milia dalle rispettive sezioni di testa dei corpi idrici significativi fino al ponte della S.S. n. 1 "Aurelia", come rapporto tra l'area complessiva dell'alveo attivo e la lunghezza dell'asse dello stesso. Noto l'intervallo di tempo tra due rilievi, è stato possibile ricavare il tasso medio di restringimento. Come si evince dalla tabella di fig. 4.20, la tendenza al restringimento risultava in essere già tra '800 e '900, con una forte accelerazione alla fine degli anni '80 del secolo scorso (apice attività estrattiva di inerti fluviali), per poi calare (restando comunque significativa) negli anni seguenti fino al 2013.

anno	superficie totale alveo attivo [km <sup>2</sup> ]	lunghezza alveo attivo [km]	larghezza media alveo attivo [m]	arco temporale rispetto al rilievo precedente [anni]	restringimento rispetto al rilievo precedente [m]	tasso di restringimento [m/anno]
1835	4,173	61,1	68	-	-	-
1954	3,048	60,2	51	119	-18	-0,15
1988	2,509	60,2	42	34	-9	-0,26
1996	2,032	60,2	34	8	-8	-0,99
2013	1,230	60,2	20	17	-13	-0,78

Figura 4.20 - Stima dei tassi medi di restringimento degli alvei attivi storici (1835, 1954, 1988, 1996, 2013) di f. Cornia e t. Milia (ns elaborazione su dati Geoscopio).

Tale analisi potrà successivamente essere approfondita a scala di segmento e di tratto al fine di ricavare ulteriori informazioni circa la tendenza evolutiva del fiume Cornia.



#### 1.1.4 Analisi dell'evoluzione della linea di costa

Un recente studio (Pagliara e Delboni, 2003), svolto per conto del Comune di Follonica nell'ambito della definizione del rispettivo Piano Strutturale, ha prodotto una sintesi delle numerose attività conoscitive che fin dagli anni '70 hanno interessato la dinamica evolutiva del litorale del golfo di Follonica, compreso tra i promontori di Piombino e di Punta Ala per una estensione di circa 38 km, sul quale insiste la foce del f. Cornia. Il presente capitolo riprende in sintesi gli esiti di tale studio. Per quanto riguarda la dinamica sedimentologica dell'unità fisiografica in esame, il settore occidentale risente in modo più significativo degli apporti del f. Cornia, quello centrale dei fossi minori Valmaggiore e Petraia, quello orientale dell'input sedimentario del f. Pecora.

Dalla seconda metà dell'Ottocento tutti i corsi d'acqua citati sono stati privati di gran parte del loro carico solido al fine di colmare le paludi della zona, rispettivamente il Padule di Piombino a Nord e il Padule di Scarlino a Sud. Il f. Cornia, in particolare, è stato utilizzato per la colmata del Padule di Piombino e portato a sfociare più ad est, presso Torre del Sale; il f. Pecora, invece, sfocia nel Padule di Scarlino e le sue acque, private dell'apporto solido che ancora negli anni '70 del secolo scorso servivano per la sua bonifica, sono raccolte da collettori e portate a mare da un Canale Allacciante, sottraendo così al litorale una non trascurabile fonte di alimentazione. Oltre a tali interventi di bonifica, lo studio citato identifica nelle ingenti estrazioni di inerti dagli alvei dei corsi d'acqua (in particolare del f. Cornia) e nella costruzione di moli guardiani e opere portuali agli sbocchi a mare degli stessi gli ulteriori fattori che hanno contribuito sensibilmente all'innescio di processi erosivi sulla costa. Inoltre viene richiamata una diminuzione delle portate solide correlata all'attuale periodo generale di biostasia, per cui ad una diminuzione dei valori degli indici pluviometrici si affianca una marcata diminuzione della capacità erosiva dei versanti.

Lo studio di riferimento (Pagliara e Delboni, 2003) riporta un rapido interrimento del Padule di Piombino tra la fine del 1700 e il 1821, causato dalla notevole capacità di trasporto solido del f. Cornia. Tale dato è coerente con il basso grado di copertura forestale che all'epoca doveva interessare il bacino idrografico del f. Cornia (si veda cap. 1.7.2), quale conseguenza dell'economia agro-silvo-pastorale che caratterizzava l'entroterra toscano dell'epoca così come quello di ampie zone della penisola. Il successivo periodo, dal 1825 al 1883, risulta caratterizzato da un cospicuo e generale arretramento della linea di riva, coerentemente con la importante campagna di bonifica avviata da Pietro Leopoldo II con *motu proprio* del 1826 (Pellegrini, 1984) e protrattasi per tutto l'ottocento e parte del novecento. Nel periodo dal 1883 al 1939 lo studio riporta un generale protendimento dei litorali, probabilmente associato all'ultimazione delle colmate di bonifica negli stagni litoranei. Nel periodo dal 1940 al 1977 è riportato un nuovo generale arretramento, associabile all'attività di estrazione di inerti fluviali che ha caratterizzato il secondo dopoguerra, meno uniforme e più marcato nella parte occidentale del Golfo (presso la foce del f. Cornia) rispetto a quella orientale. Più specificatamente, tra il 1938 e il 1954, il litorale compreso tra loc. Ponte d'Oro (presso la foce di Cornia Vecchia) e la foce del fosso Acquaviva (quindi a cavallo della foce Cornia nuova) è risultato in equilibrio, mentre negli anni compresi tra il 1954 e il 1976 si è avuto un forte arretramento (valore medio di circa 14 m con punte fino a 80 m) della linea di riva, dovuto soprattutto alla riduzione del trasporto solido del fiume Cornia, risultando il tratto che ha subito

i più intensi fenomeni erosivi dell'intera unità fisiografica. Dopo la costruzione del porto ENEL di Torre del Sale (con un aggetto di circa 200 m), la spiaggia presso la foce di Cornia nuova è avanzata di quasi 40 metri (1976 - 1984), parte dei quali vengono persi nel periodo successivo in ragione di un protrarsi dell'effetto dell'estrazione di inerti fluviali rispetto a quello dell'effetto indotto dal manufatto sulla dinamica del litorale.



Fig. 4.21 - Confronto ortofoto 1954 e 2013 presso foce Cornia nuova (loc. Torre del Sale di Piombino), con riportato il grafo della CTR su entrambe le immagini, dal quale si evince un arretramento della linea di costa pari a circa 50 m (ns elaborazione su basi [www502.regione.toscana.it/geoscopio/ortofoto.html](http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/ortofoto.html)).

Si noti che, come riportato in fig. 2.14, le stime più recenti attestano una probabile tendenza in atto all'avanzamento della linea di costa presso il settore occidentale del golfo di Follonica, probabilmente correlabile con un aumento del trasporto solido conseguente alla cessata estrazione di sedimenti in alveo dell'ultimo trentennio circa.

Le più recenti stime del trasporto solido al fondo<sup>6</sup> del f. Cornia sono state effettuate con l'applicazione della formula di Meyer-Peter-Muller (1946), ricavando - pur con le note incertezze del metodo e tenendo conto della mancanza di misure di trasporto solido per la verifica - valori variabili tra i 12.000 ed i 20.000 m<sup>3</sup>/anno (Panzini, 2001; Aminti, 2001). Secondo i risultati del modello applicato al tratto nord-occidentale del Golfo (Aminti, 2001), si evidenzia che i fenomeni erosivi riscontrati non sono spiegabili solo attraverso una dinamica

<sup>6</sup> Il trasporto solido al fondo è il più importante ai fini del ripascimento naturale degli arenili, in quanto il materiale in sospensione viene tipicamente preso in carico a mare dalle *rip currents* (correnti di fuga o di ritorno).

di tipo longitudinale, ma sicuramente attraverso una dinamica di trasporto più complessa, ovvero deve essere considerato anche il contributo di portate solide *cross-shore* e degli apporti solidi fluviali. In particolare, in un'area prossima alla foce del f. Cornia, il bilancio delle portate solide trasversali è di circa 20.000 m<sup>3</sup>/anno, valore coerente con i valori di volumi di trasporto solido di cui sopra.

### 1.1.5 Analisi dei principali interventi in alveo negli ultimi 70 anni

Dalle analisi delle foto storiche disponibili sul geoscopio di Regione Toscana è stato possibile identificare il periodo in cui sono stati realizzati e messi in esercizio gli impianti di lavorazione inerti fluviali che sono stati attivi lungo il f. Cornia nel secondo dopoguerra.

Localizzazione	Ortofoto 1954	Ortofoto 1978
loc. le Basse (Monterotondo M.mo)		
loc. Palazzotto (Suvereto)		

Fig. 4.22 - Confronto tra ortofoto 1954 e 1978 con evidenza nei riquadri rossi di realizzazione di n. 2 impianti per lavorazione inerti fluviali (ns elaborazione su dati Geoscopio regionale).

Con riferimento a quanto riportato in fig. 4.22 e fig. 4.23, sono stati individuati due impianti di lavorazione di inerti attivati tra il 1954 e il 1978. L'estensione lineare di corso d'acqua interessato dall'estrazione di inerti nel 1978 risulta pari rispettivamente a 3,5 km in loc. le Basse (dal ponte per Canneto fino a casetta Barroccai) e 4,5 km in loc. Palazzotto (dalla traversa brecciata a monte della confluenza con il t. Milia fino a loc. Vivalda), lasciando presupporre che l'attività estrattiva fosse in essere da almeno una decina d'anni. Ulteriori evidenze fotografiche dell'attività estrattiva sono date in fig. 4.24.



Fig. 4.23 – Localizzazione dei siti estrattivi storici lungo l'asta del fiume Cornia

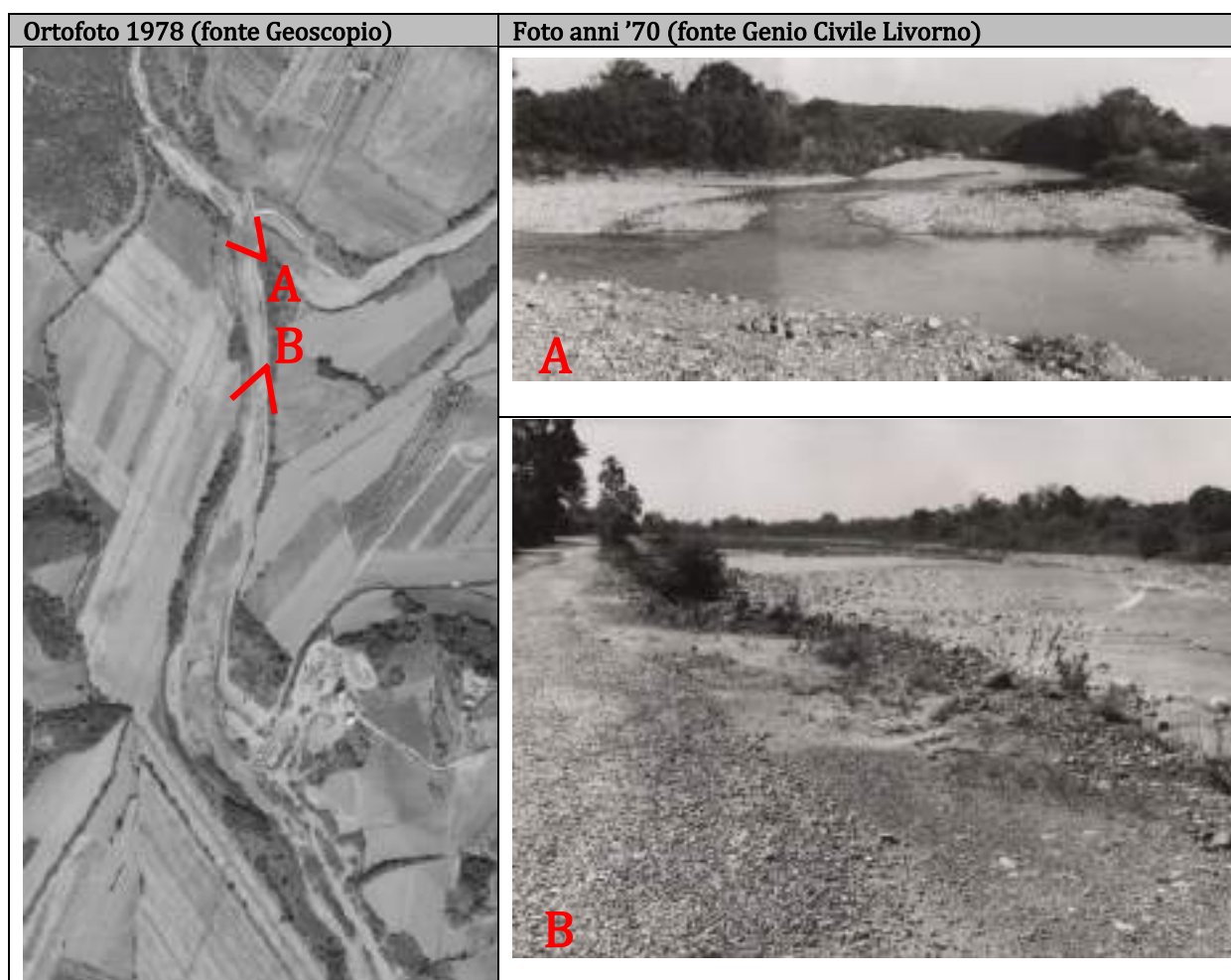


Fig. 4.24 - Evidenze fotografiche (anni '70) dell'attività estrattiva presso loc. Palazzotto e confluenza Cornia - Milia

L'attività di cava è stata disciplinata per la prima volta in modo organico dalla Regione Toscana con la LR del 30 aprile 1980, n. 36, pubblicata sul BURT del 30 settembre 1980, n. 250, a far data dal quale le attività estrattive sono state fortemente limitate con l'introduzione di un procedimento autorizzativo e l'introduzione di una programmazione delle attività estrattive su base sovralocale; motivo per cui è ragionevole assumere che l'attività estrattiva attinente ai due impianti di cui sopra si sia protratta non oltre gli anni '80 del secolo scorso (sicuramente non oltre il 1996, anno in cui è disponibile una nuova ortofoto dalla quale si evince la cessazione dell'esercizio di detti impianti).

Per il periodo compreso tra il 1972 e il 1998, nell'ambito del presente studio è stato reso disponibile dal Genio Civile di Livorno un registro delle perizie di intervento a scala provinciale dal quale è stato possibile desumere le pratiche afferenti il fiume Cornia. L'elenco che ne è derivato, riportato in Appendice 1, è costituito da 90 pratiche di cui 52 di manutenzione ordinaria e 38 di manutenzione straordinaria, di cui 21 relative agli interventi per pubblica incolumità relativi alla fase post-emergenziale dell'evento alluvionale del 1992. Si tratta di circa 3-4 pratiche attivate ogni anno, tra le quali emerge la realizzazione dell'importante traversa fluviale in doppia fila di gabbioni ( $H = 2$  m) presso loc. Campo ai Mori tra il 1990 e il 1992 per finalità di ravvenamento delle falde di cui in fig. 4.25. Probabilmente non tutte le pratiche sono relative ad interventi ricadenti nel tratto di studio ovvero, pur ricadenti in questo, di caratteristiche tali da interferire con la dinamica idromorfologica del f. Cornia.



Fig. 4.25 - Traversa presso loc. Campo ai Mori realizzata tra il 1990 e il 1992 dal Genio Civile di Livorno (foto G. Gusmaroli).

Complessivamente il f. Cornia risulta interessato da un numero limitato di opere idrauliche: n. 8 ponti (non interferenti), n. 5 guadi su soglia/traversa (e diversi guadi a raso non interferenti), n. 3 soglie/traverse e pochi isolati tratti di breve estensione con opere di difesa spondale (scogliere in massi ciclopici sciolti). Per dettagli si rimanda alle schede IQM riportate in Appendice 2.

Nell’ambito del presente studio sono state ricavate informazioni circa diversi interventi di ricalibratura dell’alveo attivo con mobilitazione dei sedimenti in situ (apparentemente) senza rimozione netta. In particolare, sulla base di informazioni reperite presso l’archivio del Consorzio di bonifica 5 “Toscana Costa”, è stato possibile reperire documentazione progettuale e iconografica circa un importante intervento di sistemazione fluviale, avvenuto all’inizio degli anni 2000 tra loc. Forni e loc. Vivalda, suddiviso in tre lotti funzionali: rimozione isola fluviale e approfondimento (circa 3 m) alveo attivo del f. Cornia ai fini della ricarica delle falde (1° intervento), ricalibratura alveo attivo del f. Cornia (2° intervento) e ricalibratura alveo attivo del t. Ripopolo (3° intervento). In fig. 4.26, 4.27 e 4.28 si riporta evidenza di tale intervento.

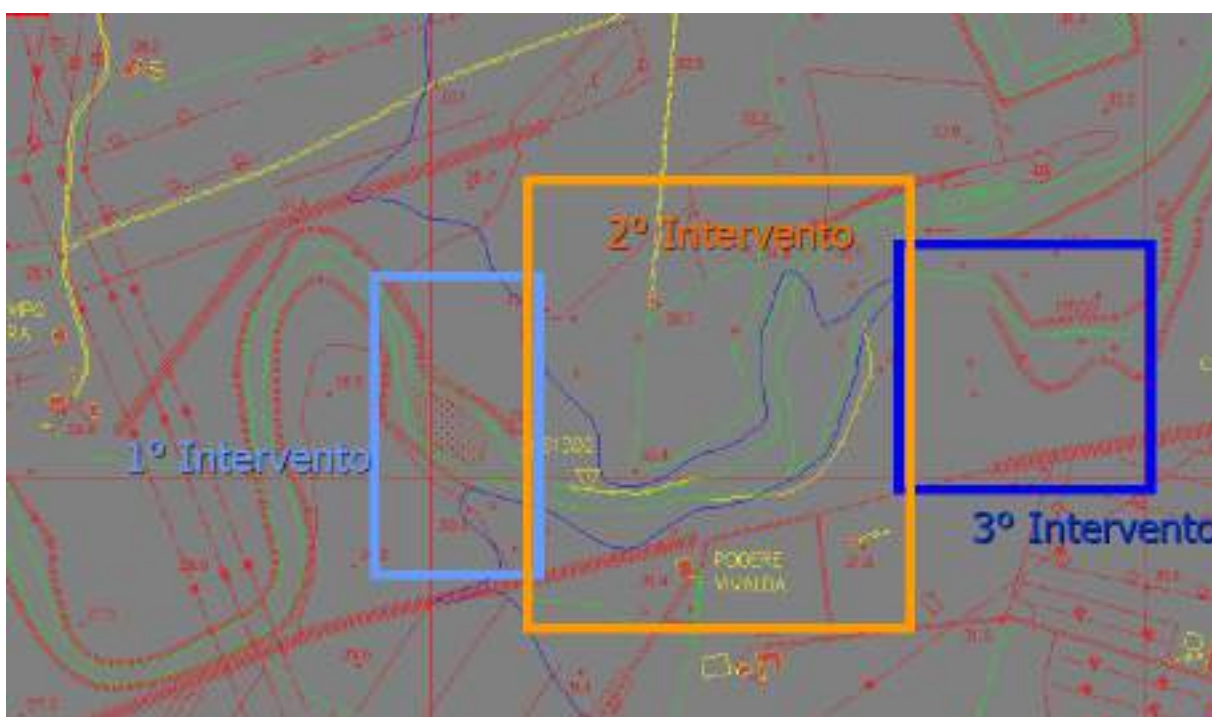


Fig. 4.26 - Intervento di ricalibratura in loc. Forni tra il guado di Forni e il guado Vivalda a inizio '00 (fonte CdB Toscana Costa).



Fig. 4.27 - Intervento di ricalibratura in loc. Forni tra il guado di Forni e il guado Vivalda a inizio '00 (fonte CdB Toscana Costa).

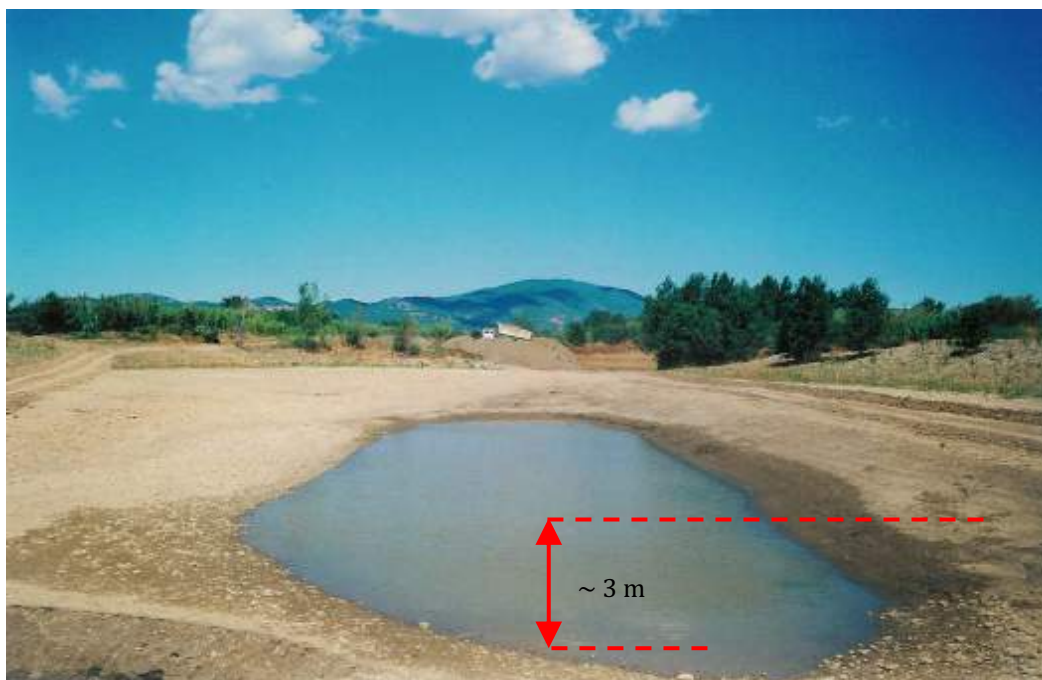


Fig. 4.28 - Rimozione isola e allargamento/approfondimento di sezione per ravvenamento naturale falde presso loc. Vivalda a inizio '00 (fonte CdB Toscana Costa).

I primi due lotti di intervento hanno asportato materiale litoide dall'alveo attivo, riposizionandolo nel medesimo tratto lungo le sponde esistenti. Complessivamente l'intervento ha comportato un approfondimento e allargamento dell'alveo fluviale, determinando un progressivo accumulo di materiale fino sul fondo delle parti più depresse con conseguente intasamento (*clogging*) del substrato disperdente. Non risultano disponibili dati che diano evidenza dell'andamento nel lungo periodo del rateo di dispersione da fiume a falda nel tratto di cui sopra, ma il fenomeno di intasamento è stato riscontrato sul campo ed è ragionevole attendersi una conseguente diminuzione dell'efficacia dell'intervento in termini di ricarica della falda.

Ulteriori evidenze di recente ricalibratura dell'alveo sono state riscontrate sul campo durante i sopralluoghi effettuati per l'applicazione dell'IQM, come evidenziato da fig. 4.29 a fig. 4.30.



Fig. 4.29 - Evidenza di ricalibratura recente presso la confluenza del t. Milia nel f. Cornia (foto G. Gusmaroli).



Fig. 4.30 - Evidenza di ricalibratura recente presso il ponte sul f. Cornia della S.R. 398 (foto G. Gusmaroli).



Fig. 4.31 - Evidenza di ricalibratura recente presso loc. Campetroso (foto G. Gusmaroli).



Fig. 4.32 - Evidenza di ricalibratura recente presso confluenza fosso delle Cannucce (foto G. Gusmaroli).

### 1.1.6 Analisi delle tendenze evolutive

Le principali pressioni antropiche che hanno interessato il fiume Cornia in termini di dinamiche idromorfologiche sono riconducibili alla variazione dell'uso del suolo (aumento della copertura boschiva<sup>7</sup>) e all'attività di estrazione di inerti nel tratto mediano (tra gli anni '50 e gli anni '80 del secolo scorso).

---

<sup>7</sup> Con riferimento alla superficie del bacino idrografico del fiume Cornia, nel 1835 la copertura boschiva risulta stimabile tra il 31% e il 50% (ns elaborazioni su dati <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/castore.html>), mentre nel 1954 risulta pari al 58% e nel 2012 risulta pari al 75% (ns elaborazioni su dati <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>). L'incremento della copertura boschiva, dovuto a progressivi rimboschimenti e abbandono delle attività agro-silvo-pastorali in ambito collinare, è correlabile ad una diminuzione di apporto di sedimenti nel corso d'acqua.

Alcuni sbarramenti (soglie, guadi e traverse), oggi per lo più brecciati o colmati a monte, hanno determinato ulteriori effetti idromorfologici modificando la morfologia a scala localizzata e alterando il regime delle portate solide (diminuzione della capacità di trasporto solido).

Pertanto, l'andamento temporale della quota del fondo osservato su vari fiumi italiani in risposta a disturbi antropici durante gli ultimi 100 anni circa, rappresentato nella seguente fig. 4.33, in termini qualitativi può essere associato anche al fiume Cornia.

In relazione a tali considerazioni è stata effettuata una analisi diacronica della cartografia disponibile sul geoscopio regionale, al fine di individuare qualitativamente le tendenze evolutive del corso d'acqua nel tratto oggetto di interesse tra il ponte sul Cornia della SR398 al guado presso loc. Campo dei Mori (incluso nei tratti omogenei dal punto di vista geomorfologico CO\_2.12, CO\_2.13 e CO\_3.01).

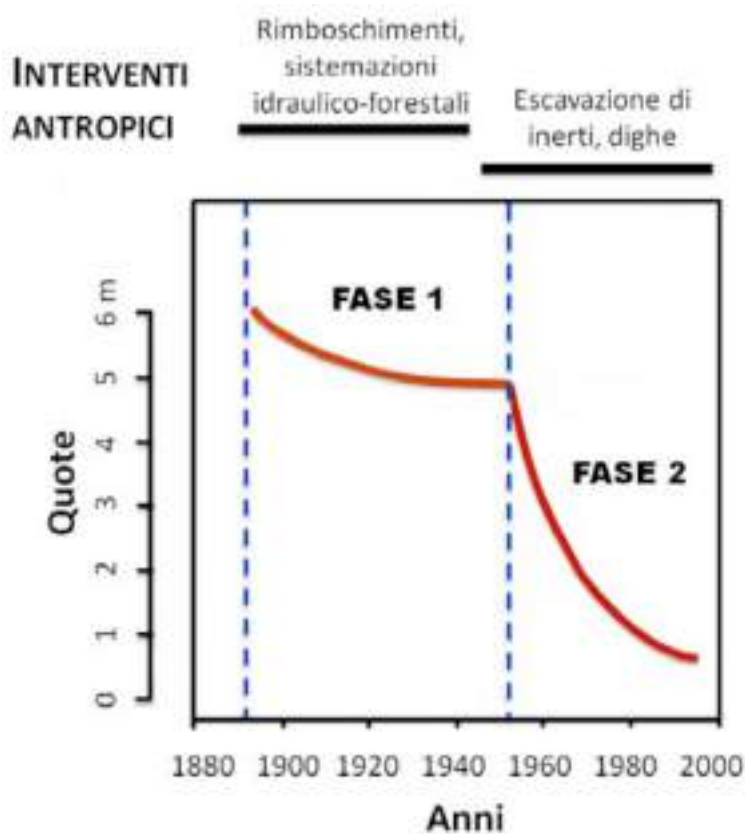
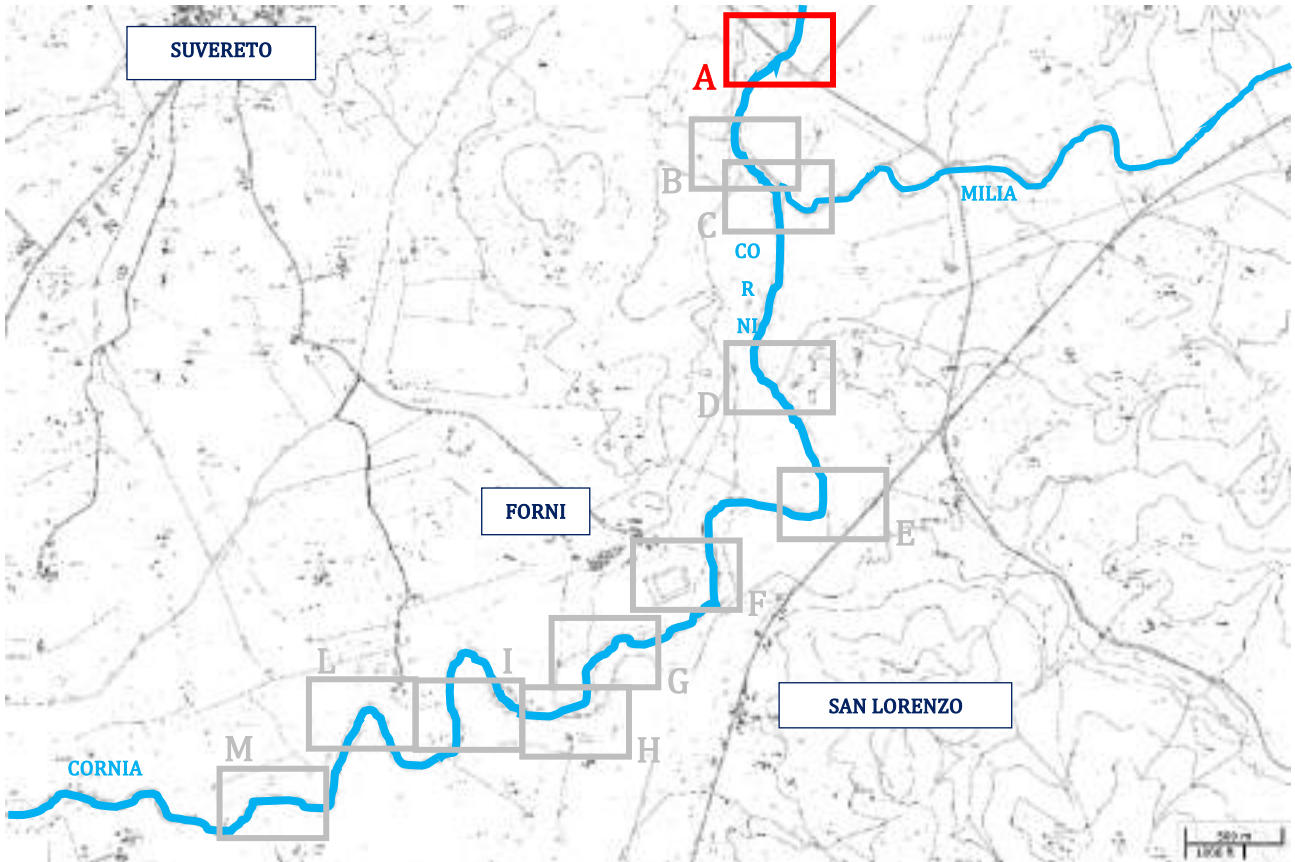



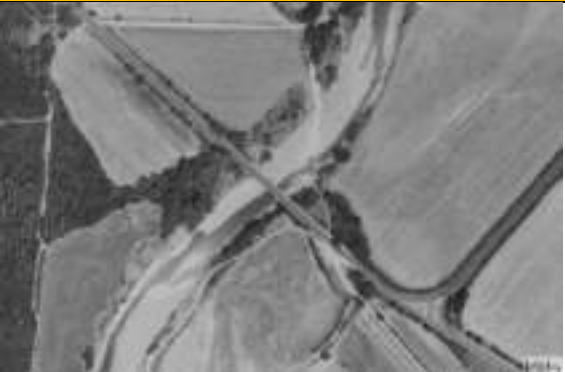




Figura 4.33 - Tipico andamento temporale della quota del fondo in risposta a disturbi antropici durante gli ultimi 100 anni circa osservato per vari fiumi italiani (Rinaldi et al., 2016).

PARTICOLARE A – ponte SR398

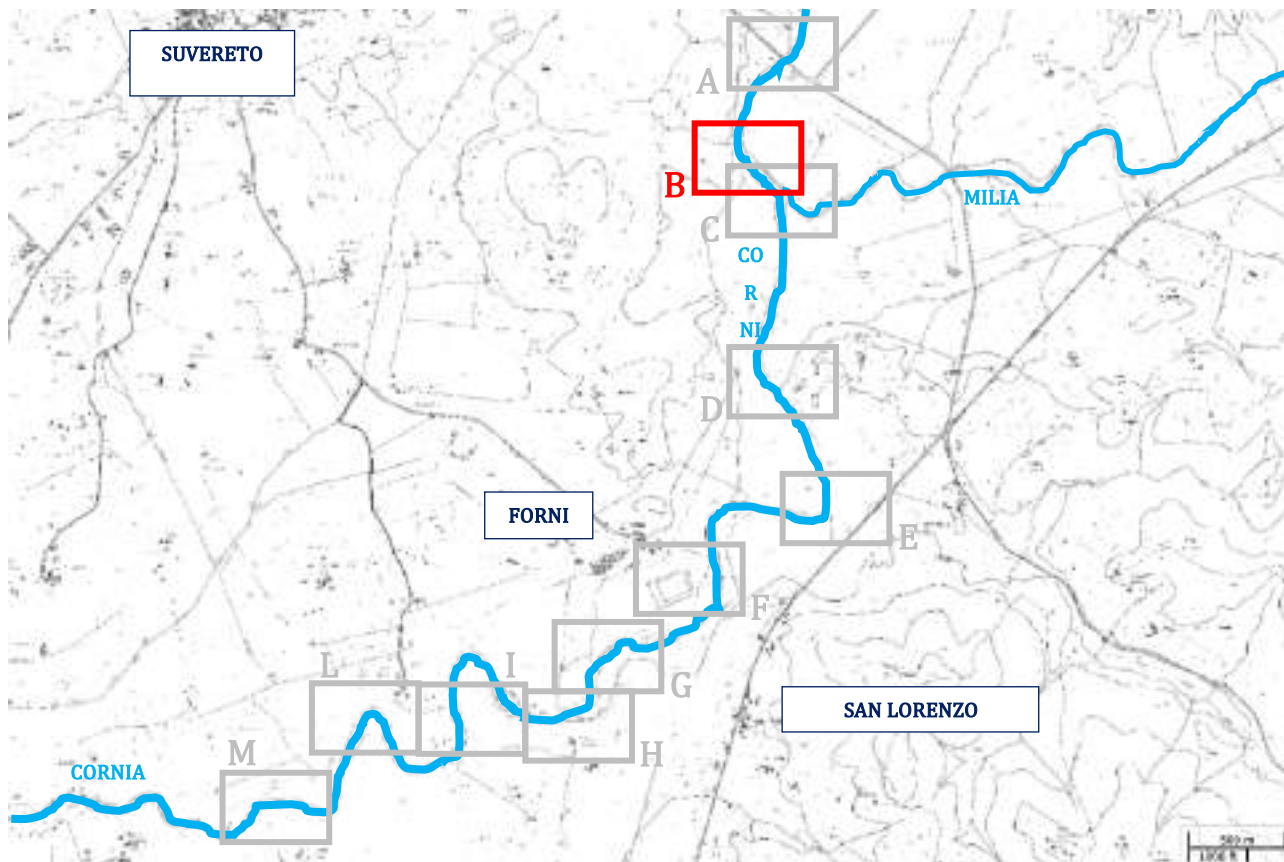


1993 - Carta Tecnica Regionale (con cono visuale)	2016 – vista dal ponte verso valle

1821 – catasto	1954 - ortofoto
	
<p>Lo stralcio ricade su lembo di sovrapposizione tra diversi fogli e la lettura non risulta chiara. Tuttavia si può notare una larghezza dell'alveo principale sensibilmente maggiore rispetto a quella degli ultimi decenni.</p>	<p>L'alveo risulta ampio, lievemente più sinuoso rispetto ai decenni più recenti, con diversi fronti di erosione attivi, una scarsa presenza di vegetazione ripariale ed una apparente continuità trasversale tra alveo attivo e campagna limitrofa.</p>
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
	
<p>Rispetto al 1954 ampie porzioni dell'alveo e delle fasce limitrofe sono occupate da vegetazione, probabile effetto di una incipiente incisione dovuta ad una riduzione dell'apporto solido da monte.</p>	<p>Rispetto al 1978 le barre tornano ad essere parzialmente nude e sembra evidente una certa discontinuità trasversale (incisione). La presenza della pista rettilinea in sx idraulica fa supporre la presenza di una attività estrattiva in alveo.</p>
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
	
<p>Le forme proprie dell'alveo attivo tornano ad essere colonizzate dalla vegetazione pioniera. Sono evidenti gli orli dei terrazzi recenti a ridosso dell'alveo attivo.</p>	<p>Si rileva un consolidamento della vegetazione insistente sulle forme proprie dell'alveo attivo e lungo le sponde.</p>

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
<p>Si rileva un'ulteriore crescita della vegetazione insistente sulle forme proprie dell'alveo attivo e lungo le sponde.</p>	<p>Si rileva un'ulteriore consolidamento della vegetazione insistente sulle forme proprie dell'alveo attivo e lungo le sponde.</p>
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
<p>Nessuna variazione significativa rispetto ai rilievi precedenti.</p>	<p>Nessuna variazione significativa rispetto ai rilievi precedenti.</p>
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
<p>Nessuna variazione significativa rispetto ai rilievi precedenti.</p>	<p>Risulta evidente un intervento di taglio a raso della vegetazione e ricalibratura morfologica del tratto a ridosso del ponte stradale.</p>

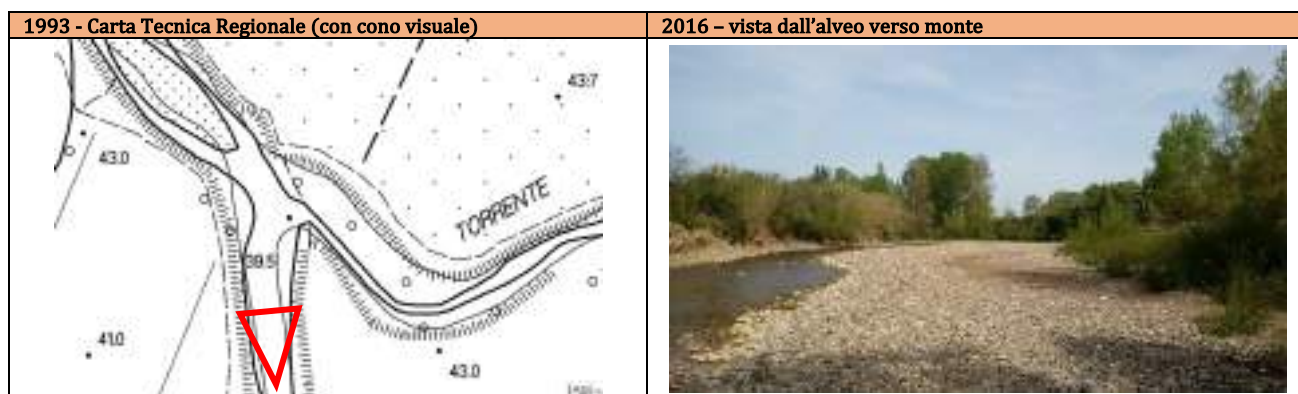
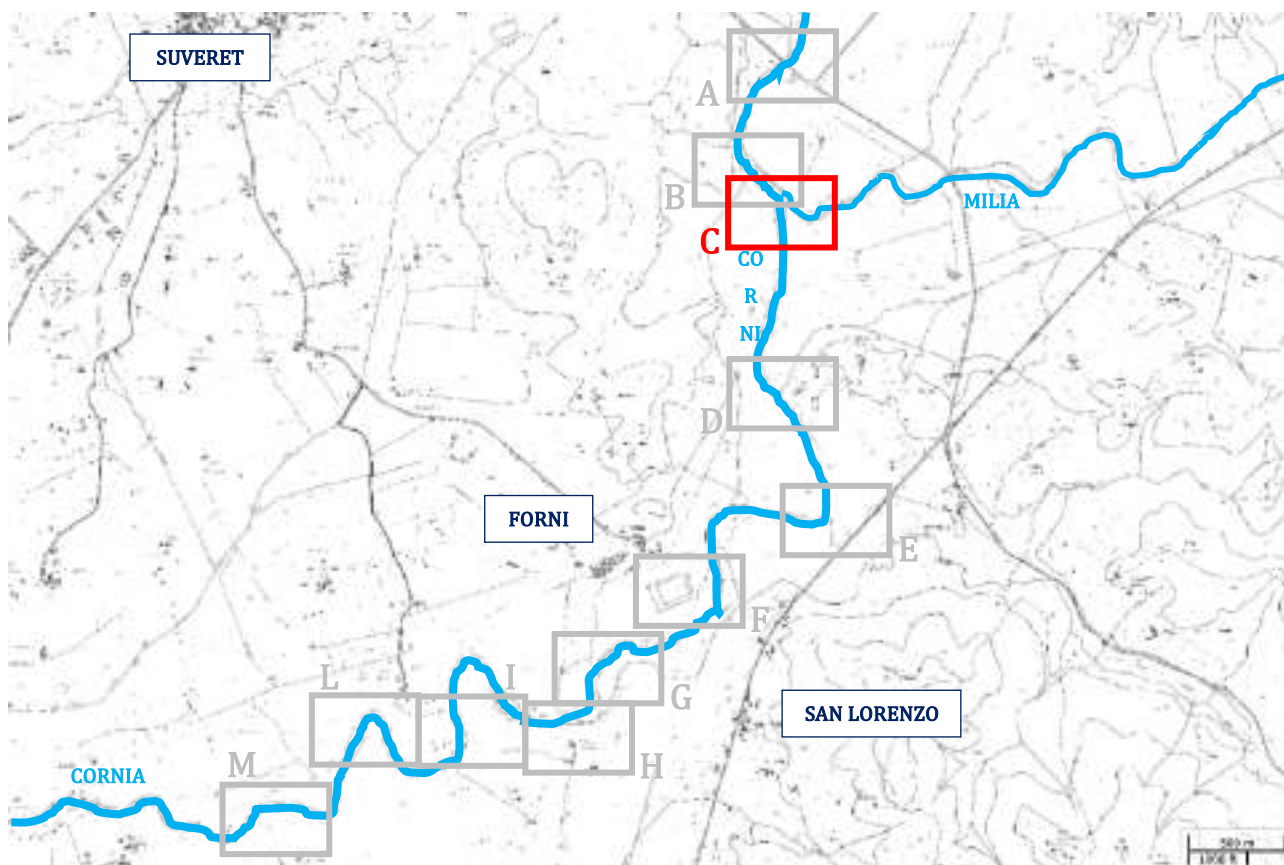
PARTICOLARE B – traversa brecciata



1821 - catasto	1954 - ortofoto
<p>La traversa non è presente, ma in dx idraulica si vede il canale in derivazione che adduce l'acqua agli opifici dell'attuale loc. Forni.</p>	<p>La traversa è presente (ma già brecciata in seguito a bombardamento durante la seconda guerra mondiale). A monte e a valle della stessa l'alveo attivo risulta ampio tanto quanto la larghezza del manufatto. Non risultano evidenze di attività estrattiva.</p>
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
<p>Evidenze di attività estrattiva (pista a SE e alveo attivo modificato rispetto al 1954). Si palesa buca di erosione a valle della briglia.</p>	<p>L'alveo attivo risulta molto ampio, anche a monte del manufatto, in probabile risposta all'attività estrattiva e/o ad un evento di piena significativa. Assenza di vegetazione in sx.</p>
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
<p>Rispetto al canale inciso rilevabile nel 1988, si forma un canale di corrente in sx idrografica e la barra a dx presenta evidenze di vegetazione pioniera e matura.</p>	<p>Si consolida l'assetto rilevato nel 1996. Anche la barra in sx a monte del manufatto comincia ad essere coperta da vegetazione stabile.</p>

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa. La vegetazione sembra raggiungere maturità in tutto il tratto.	Nessuna variazione significativa.

PARTICOLARE C – confluenza Milia

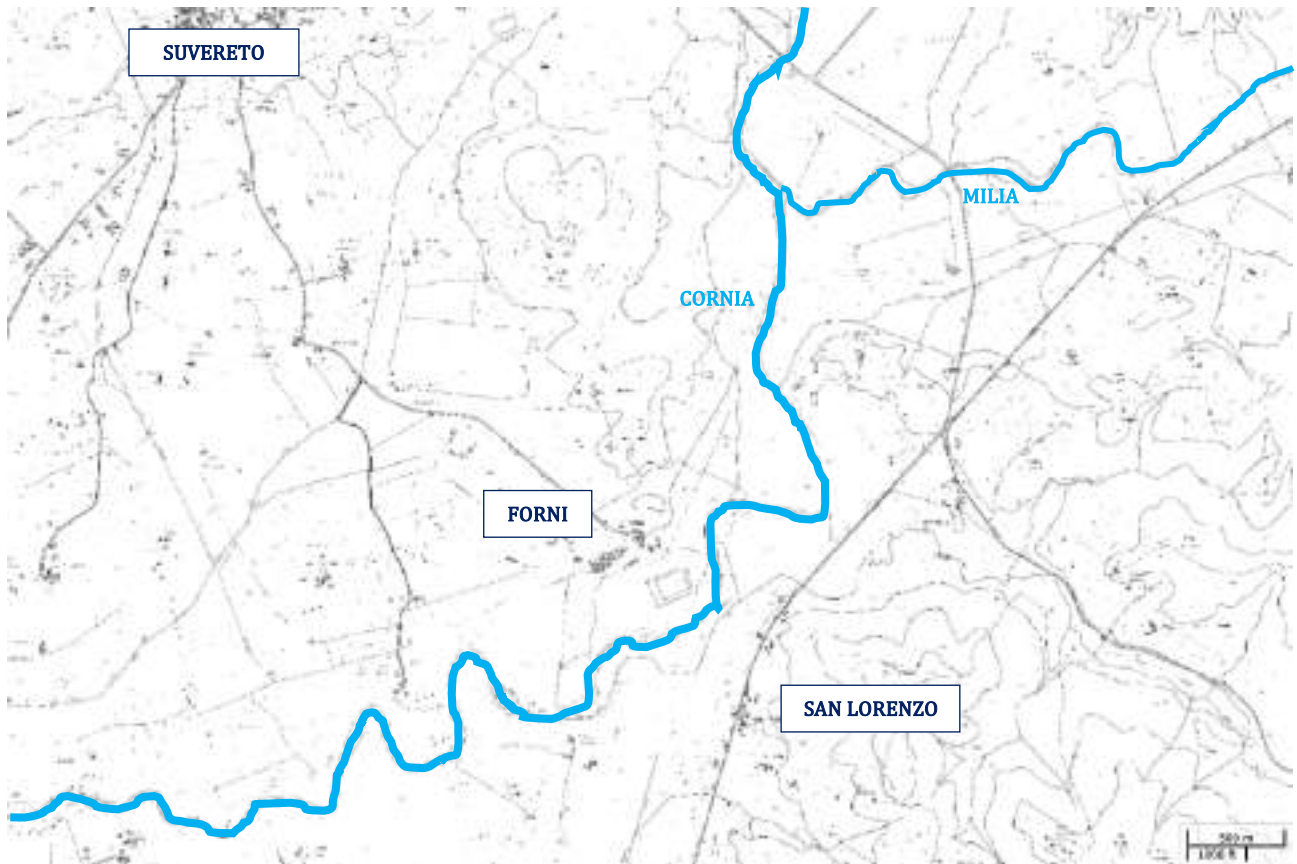


1821 - catasto	1954 - ortofoto
<p>La confluenza è spostata significativamente più a sud rispetto alla condizione attuale. Il corso del fiume Cornia segue la direttrice NE-SO, a differenza di quella attuale N-S.</p>	<p>Significativa migrazione verso N della confluenza del Milia e verso E dell'alveo del Cornia. Sensibile restringimento della sezione del Cornia.</p>
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
<p>Evidenze di incisione e ricalibrazione di Cornia e Milia. Evidenze di attività estrattiva.</p>	<p>Attività estrattiva sembra proseguire su Cornia e cessare su Milia. Crescita della vegetazione funzionale in dx sul Milia. Disboscamento tra Cornia e Milia.</p>
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
<p>Sembra cessare attività estrattiva. Vegetazione pioniera prende spazio.</p>	<p>Si consolida situazione del 1996.</p>

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
-----------------	-----------------

Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Ricalibratura a valle della confluenza.	Si consolida situazione del 2006.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Matura vegetazione su barra in sx Cornia a valle confluenza.

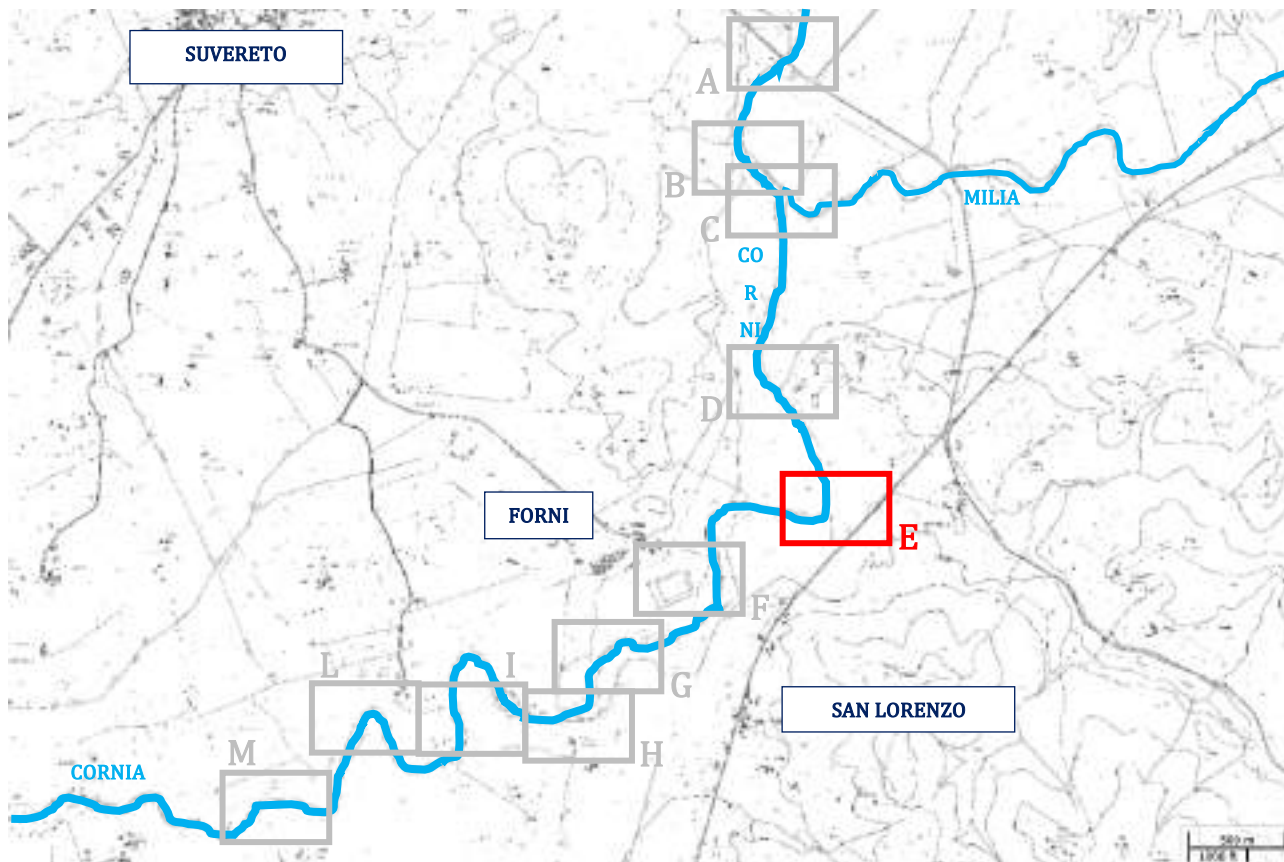
PARTICOLARE D – Loc. Palazzotto



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Alveo attivo ampio, curvatura verso E.	Marcato allargamento dell'alveo, curvatura piega verso O.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Compare impianto lavorazione inerti, attività di bonifica sui terreni a O, evidenza di restringimento dell'alveo attivo. Nuovo inalveamento dell'affluente di sx.	Ulteriore restringimento alveo attivo, comparsa vasca a servizio impianto di lavorazione inerti. Espansione vegetazione ripariale.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Si consolida vegetazione ripariale funzionale, modifiche strutturali all'impianto di lavorazione inerti. Sembra cessata attività estrattiva in alveo.	Modifiche impianto inerti (contrazione). Consolidamento vegetazione lungo affluente di sx.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Evidenza abbandono impianto.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.

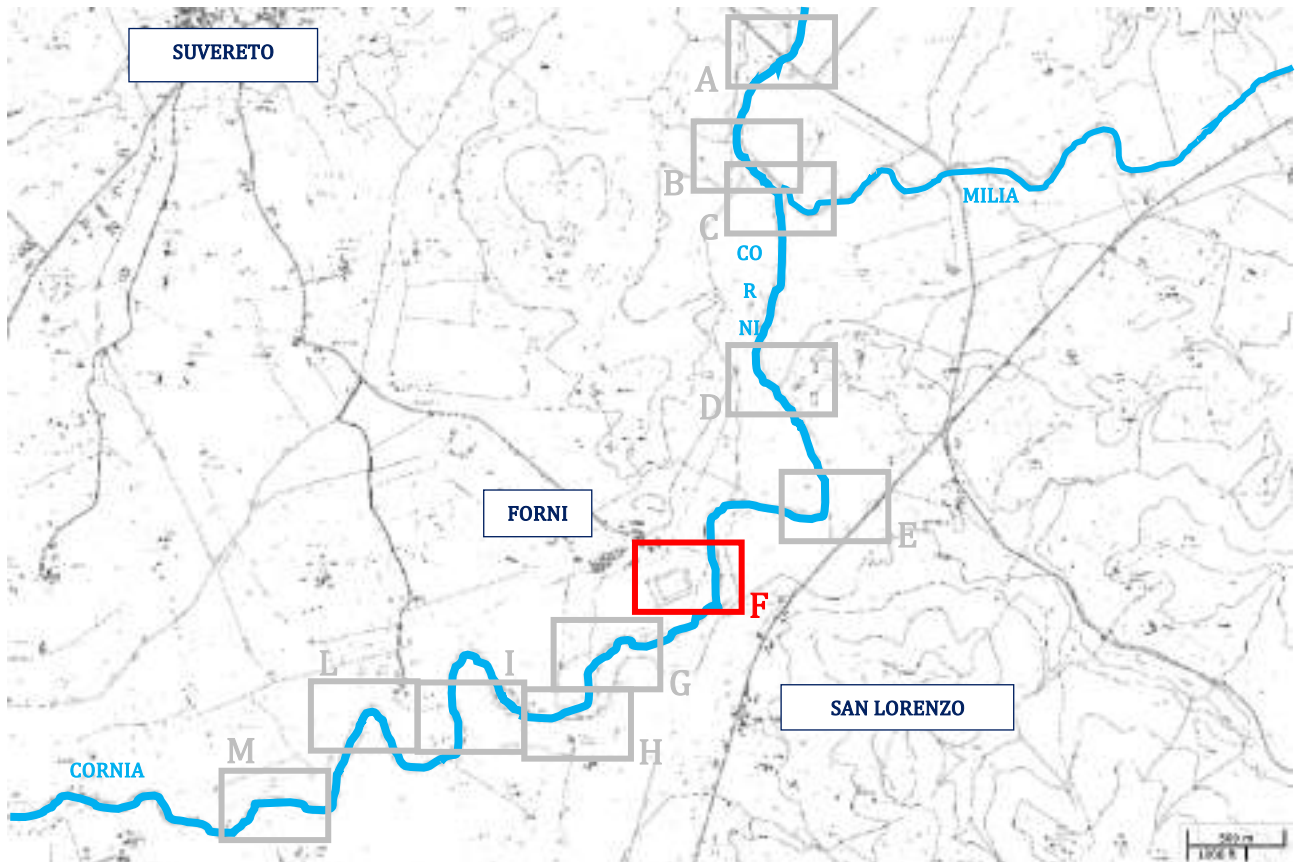
PARTICOLARE E – ansa sotto elettrodotto AT



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Evidente erosione attiva in sx. Alveo ampio.	Migrazione verso E dell'erosione.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Evidenza di attività estrazione inerti.	Sistemazione dell'alveo, compare elettrodotto.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Consolidamento vegetazione su barra interna.	Consolidamento vegetazione su barra interna.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.

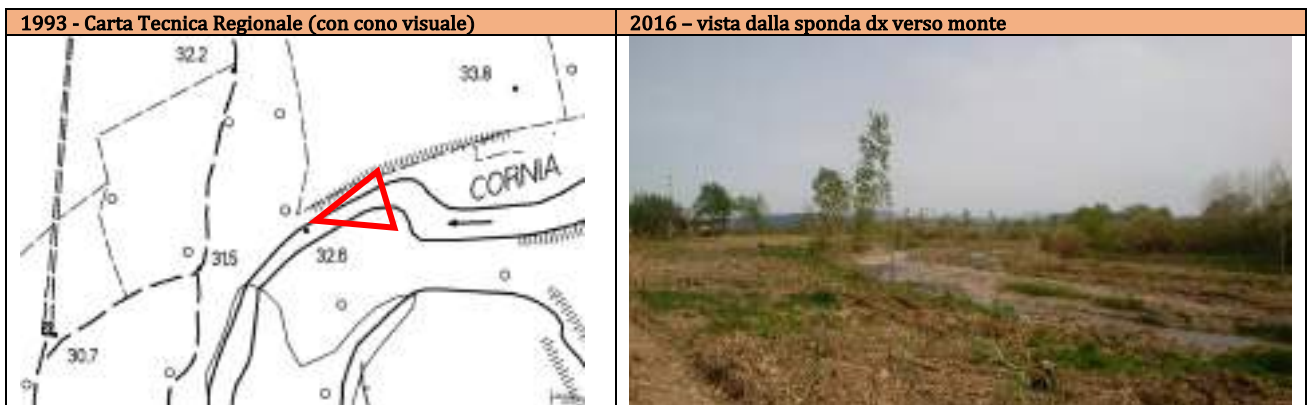
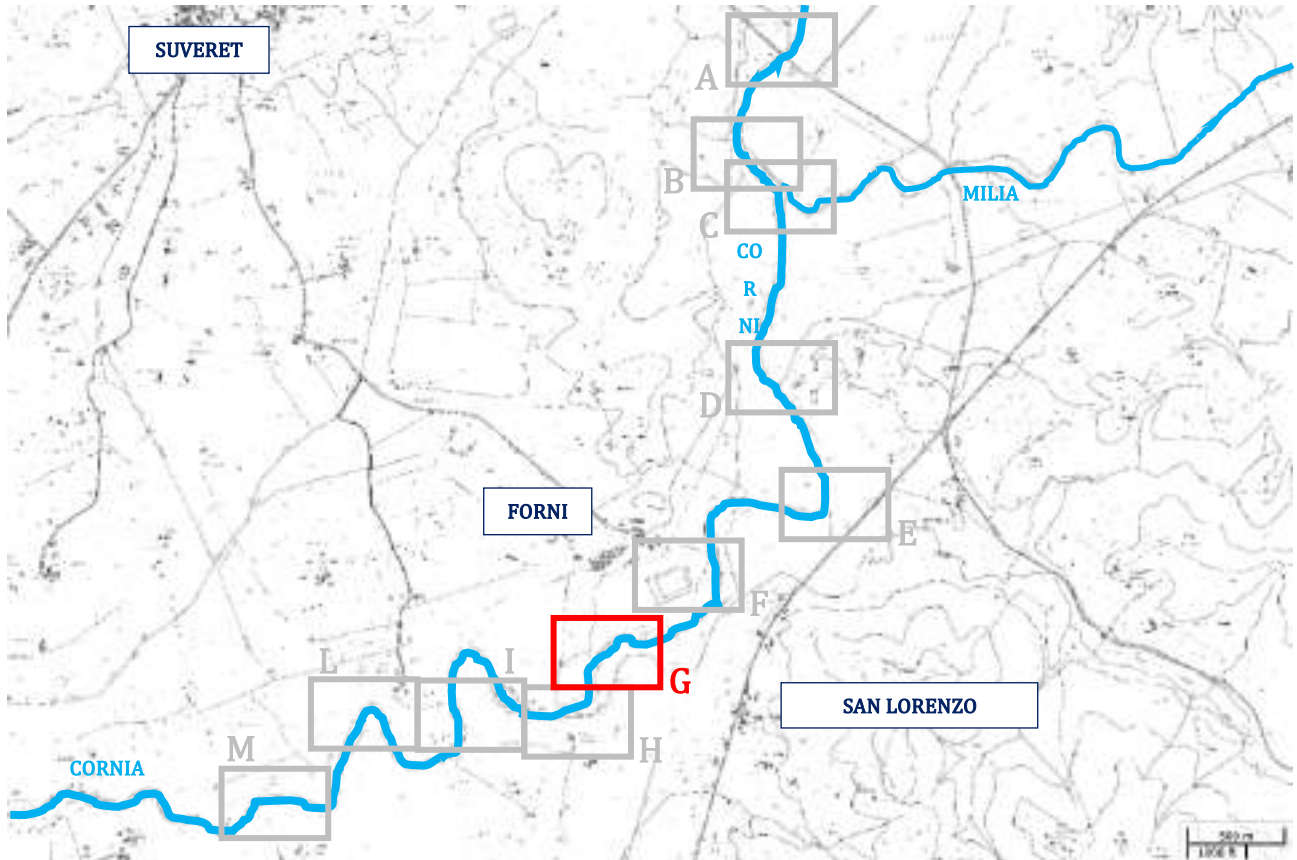
PARTICOLARE F – loc. Forni



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Guado probabilmente esistente.	Avulsione di ramo in dx.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Bonifica dell'avulsione, evidenze di estrazione inerti in alveo.	Bonifica dell'avulsione, evidenze di estrazione inerti in alveo, incisione e ricalibratura.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Attività estrattiva in terrazzo recente. Attività di estrazione inerti in alveo apparentemente cessata. Evidenza di una soglia a sostegno del guado.	Prosegue attività estrattiva in terrazzo recente. Crescita vegetazione ripariale.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa. Si consolida vegetazione ripariale.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa. Completamento sistemazione fondiaria.

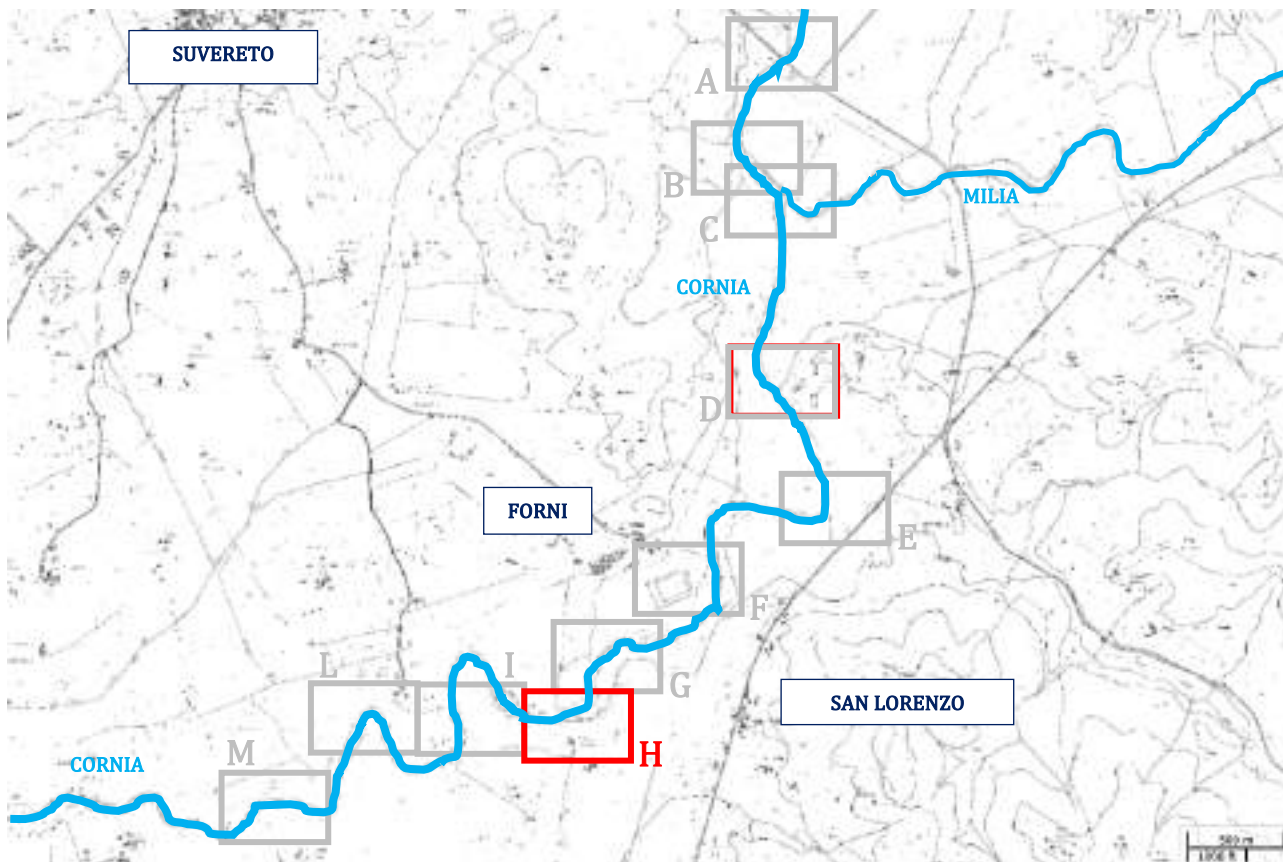
PARTICOLARE G – loc. Forni



<p>Alveo ampio con andamento da SE-NO a NE-SO, a ridosso di strada podereale.</p>	<p>Evidenza di avulsione. Alveo attivo di modesta ampiezza. Si nota cattura del Ripopolo in sx idraulica.</p>
<p>1978 - ortofoto</p>	<p>1988 - ortofoto</p>
<p>Evidenza di sistemazione fondiaria, attività estrattiva in alveo e in terrazzo recente. Allargamento e ricalibratura alveo attivo.</p>	<p>Sembra cessata attività estrattiva in terrazzo recente ma ancora in essere quella in alveo. Evidenza di divagazione alveo verso S.</p>
<p>1996 - ortofoto</p>	<p>2000 - ortofoto</p>
<p>Si consolida la situazione del 1988, con comparsa vegetazione ripariale e di barra.</p>	<p>Nessuna variazione significativa.</p>

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Evidenza di ricalibratura.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Evidenza di risposta morfologica dell'alveo attivo e ripresa della vegetazione ripariale.	Si consolida situazione del 2006.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Si consolida situazione del 2007	Si consolida situazione del 2010. Evidenza di taglio vegetazione.

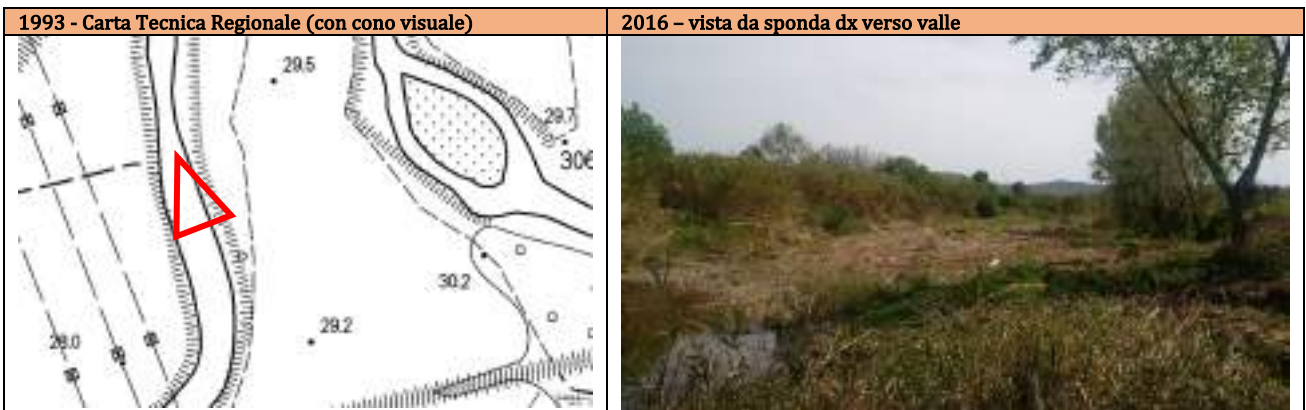
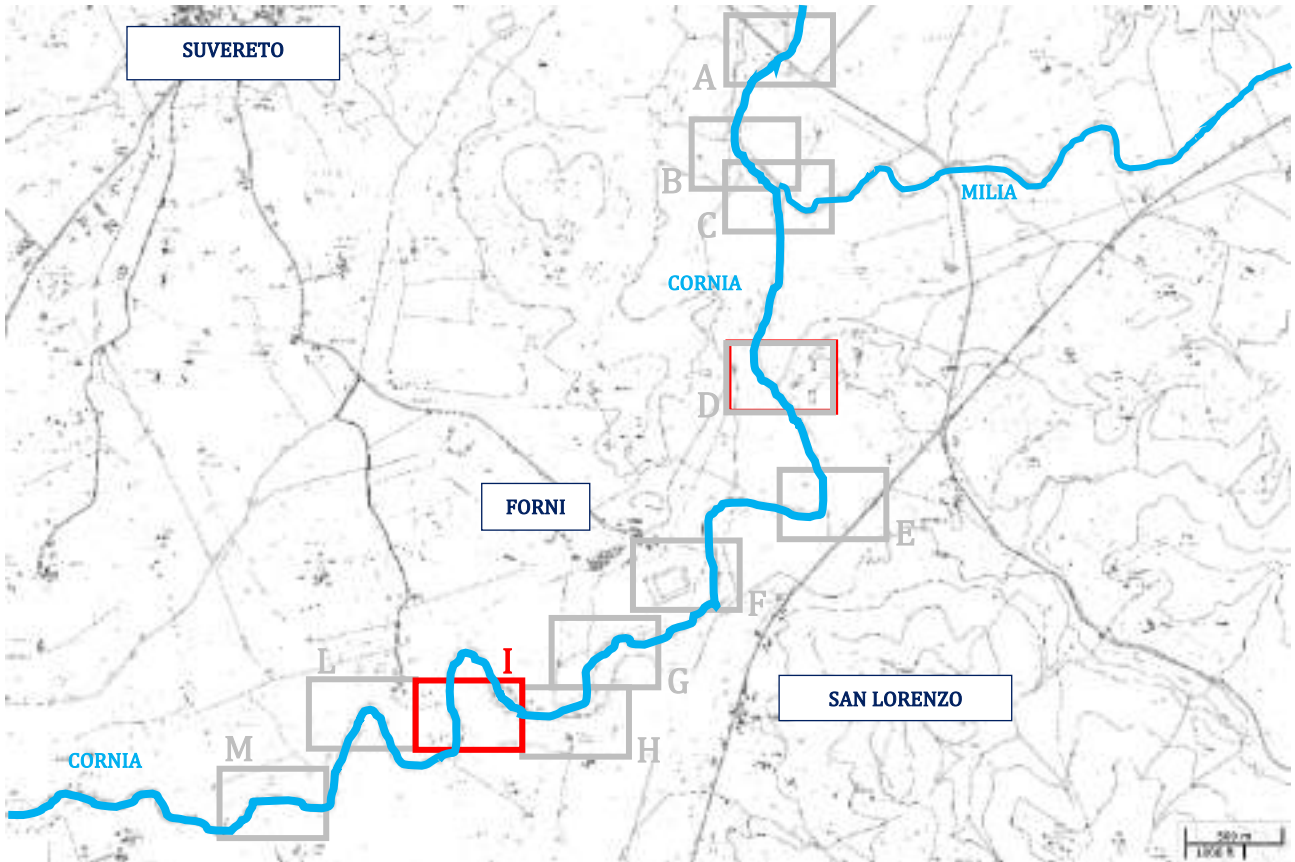
PARTICOLARE H – confluenza Ripopolo e guado della Vivalda



1821 - catasto	1954 - ortofoto
Alveo molto ampio. Podere Vivalda e guado già esistente.	Alveo attivo di modesta larghezza. Evidenza di guado a raso.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Evidenza di incisione e di attività estrattiva e ricalibratura.	Evidenza di dinamica evolutiva: erosione verso S.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Evidenza di raso con soglia. Intervento di contenimento dell'erosione rilevata nel 1988. Restringimento alveo attivo.	Evidenza taglio vegetazione in sx.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
<p>Nessuna variazione significativa.</p>	<p>Compare una seconda soglia a monte del guado. Crescita vegetazione. Modifica macroforme fluviali.</p>
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
<p>Nessuna variazione significativa.</p>	<p>Nessuna variazione significativa.</p>
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
<p>Nessuna variazione significativa. Propagazione vegetazione in alveo.</p>	<p>Nessuna variazione significativa.</p>

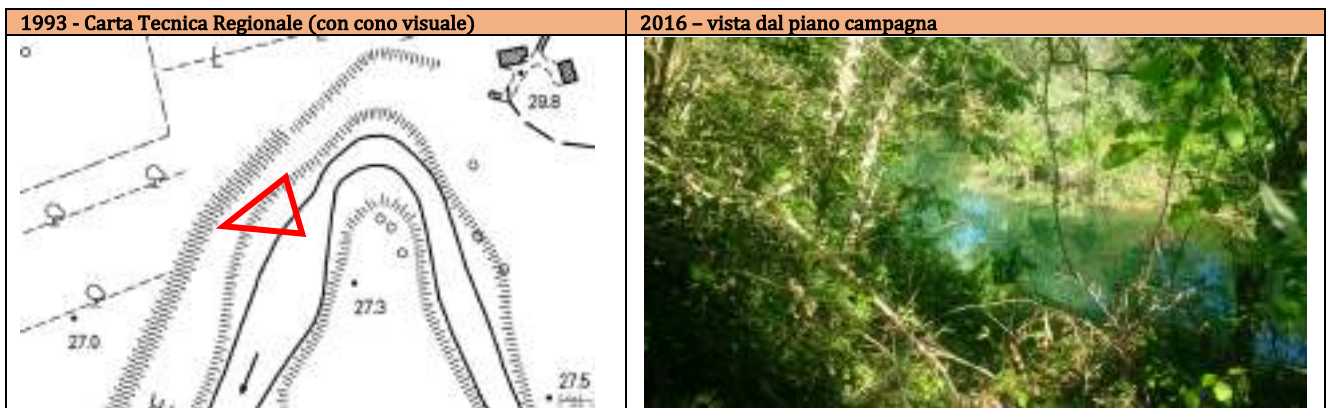
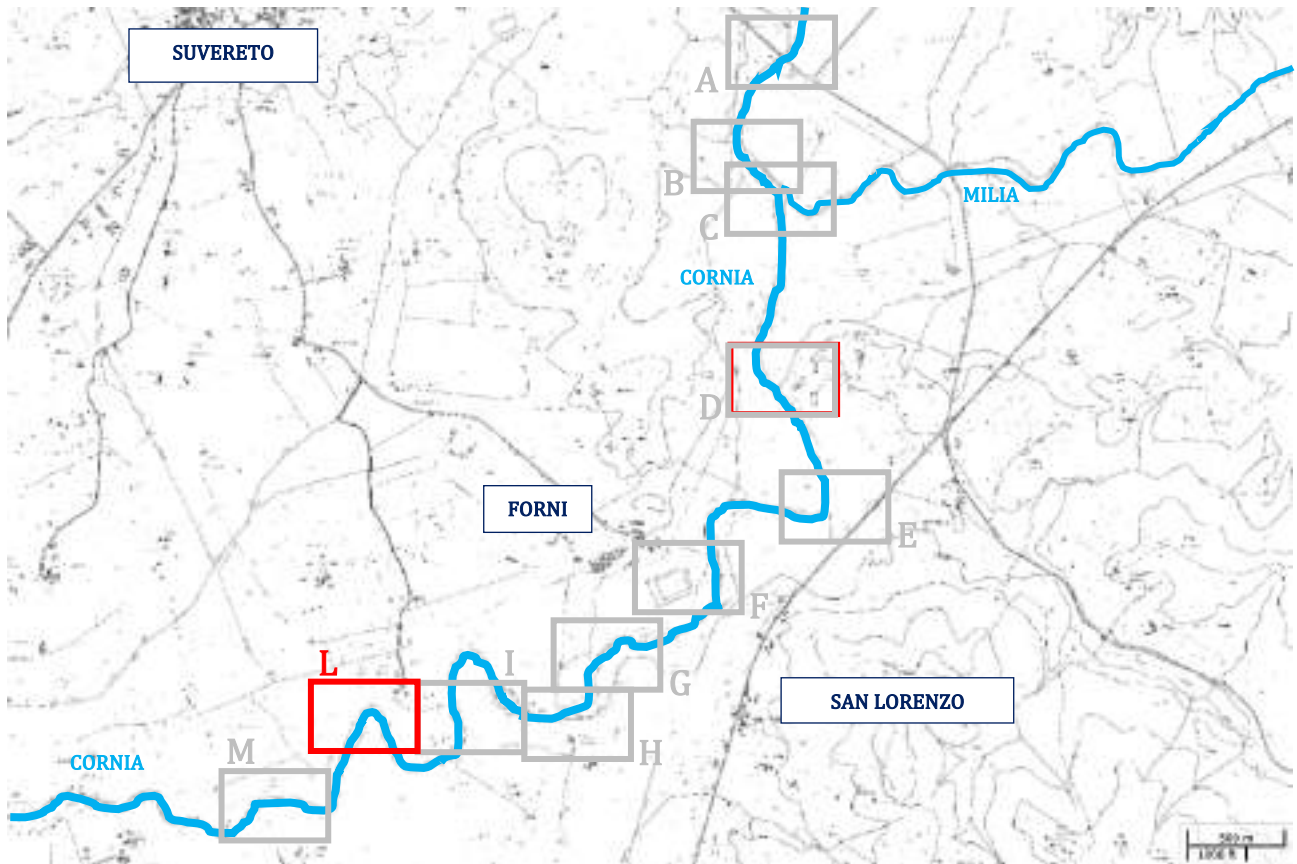
PARTICOLARE I – primo meandro



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Evidenza di allargamento alveo a O e irregolarità del corso a E. Alveo ampio.	Nessuna variazione significativa, lieve migrazione verso O del ramo E.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Evidenza di incisione a O, inizio formazione isola a E. Evidenza di estrazione inerti.	Taglio vegetazione spondale. Formazione isola a E. Lieve erosione a dx a O.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Consolidamento incisione O e isola E. Sistemazione fondiaria. Evidenza di incisione a monte/valle dell'accumulo di sedimenti a O.	Si consolida assetto a O, intervento di ricalibratura a E (asportazione isola e mobilizzazione sedimenti su sponde).

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Evidenza taglio vegetazione.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa. Consolidamento vegetazione ripariale.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.

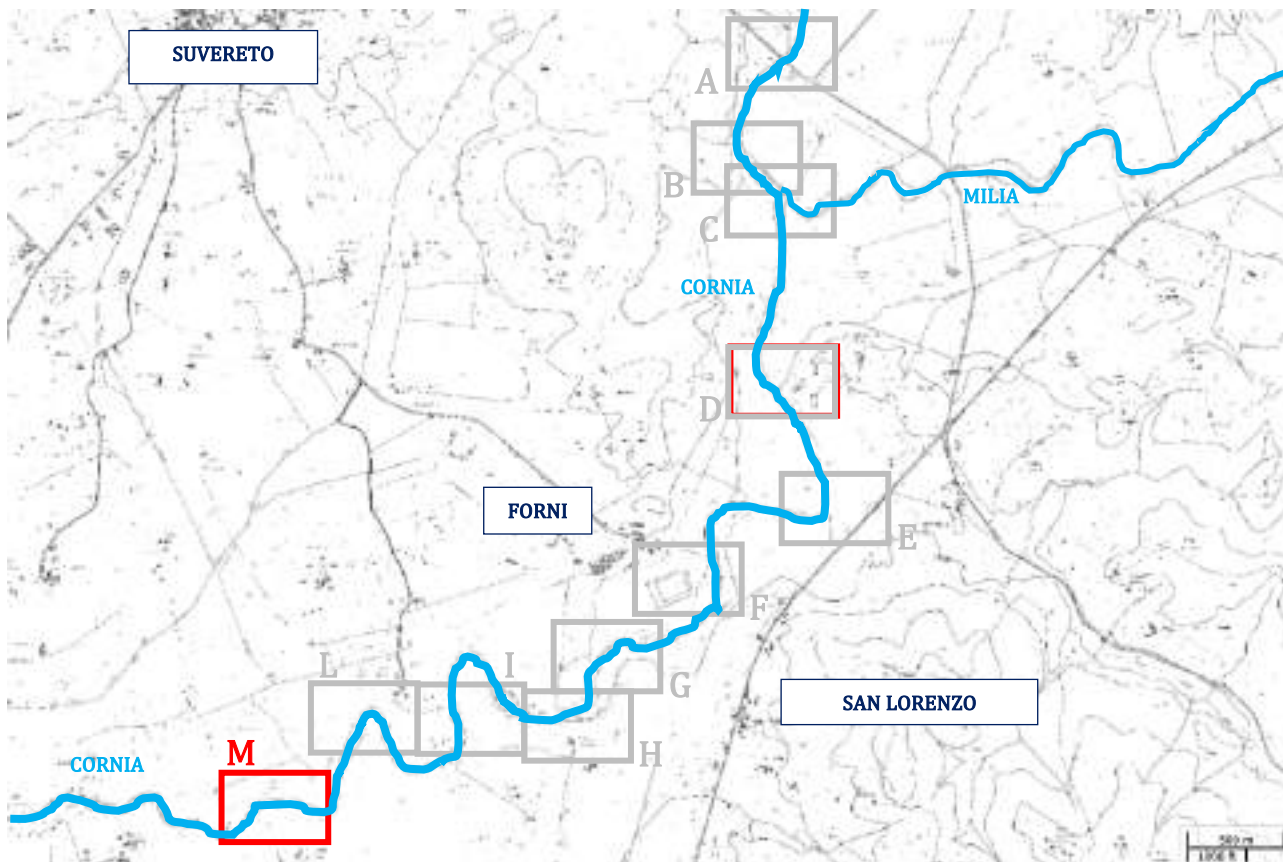
PARTICOLARE L – secondo meandro



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Evidenza di erosione in atto.	Evidenza di erosione in atto.
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Evidenza di estrazione inerti e ricalibratura, con incisione omogenea. Sistemazione fondiaria.	Evidenza di incisione disomogenea.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Consolidamento vegetazione ripariale. Incisione differenziale lungo asse longitudinale con formazione di grossa bara centrale.	Consolidamento situazione del 1996.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa. Progressivo aumento della vegetazione riparia all'interno del meandro.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa. Progressivo aumento della vegetazione riparia all'interno del meandro.	Nessuna variazione significativa. Progressivo aumento della vegetazione riparia all'interno del meandro.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Nessuna variazione significativa. Progressivo aumento della vegetazione riparia all'interno del meandro.	Nessuna variazione significativa. Progressivo aumento della vegetazione riparia all'interno del meandro.

PARTICOLARE M – traversa e guado Campo dei Mori



1821 – catasto	1954 - ortofoto
Evidenza di accesso al fiume e di guado	
1978 - ortofoto	1988 - ortofoto
Evidenza di estrazione inerti. Evidenza di guado a raso.	Evidenza di estrazione inerti e di incisione.
1996 - ortofoto	2000 - ortofoto
Comparsa di sbarramento significativo. Crescita vegetazione ripariale. Riduzione larghezza alveo.	Consolidamento situazione del 1996. Formazione di barra a monte dello sbarramento.

2002 - ortofoto	2005 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2006 - ortofoto	2007 - ortofoto
Nessuna variazione significativa.	Nessuna variazione significativa.
2010 - ortofoto	2013 - ortofoto
Consolidamento barra e vegetazione a monte dello sbaramento.	Nessuna variazione significativa.

Nel capitolo seguente si fornisce una sintesi interpretativa delle evidenze riportate nelle precedenti figure.

### 1.1.7 Identificazione del modello concettuale di evoluzione morfologica

Si riassumono di seguito le principali salienze dalle analisi riportate nei paragrafi precedenti di questo capitolo:

- il bacino idrografico del fiume Cornia presenta valori modesti di potenziale litologico, una bassa energia di rilievo (circa 800 m), un'elevata copertura forestale (circa il 75% della superficie) e modesti valori energetici delle aste principali (*stream power index*), concorrendo a caratterizzare il fiume Cornia come



un corso d'acqua a dinamica lenta, ovvero in grado di esprimere modifiche morfologiche significative in tempi lunghi;

- dalle analisi delle foto storiche disponibili è stato possibile identificare il periodo in cui sono stati realizzati e messi in esercizio due impianti di lavorazione inerti fluviali che sono stati attivi lungo il f. Cornia nel secondo dopoguerra, attivi sicuramente tra il 1954 e il 1978, con una estensione lineare di corso d'acqua interessato dall'estrazione di inerti pari complessivamente a 8 km;
- tra gli interventi in alveo più significativi censiti dal secondo dopoguerra ad oggi emerge la realizzazione dell'importante traversa fluviale in doppia fila di gabbioni ( $H = 2$  m) presso loc. Campo ai Mori tra il 1990 e il 1992 per finalità di ravvenamento delle falde e diversi interventi di ricalibratura tra cui il più rilevante è stato realizzato all'inizio degli anni 2000 tra loc. Forni e loc. Vivalda;
- l'analisi diacronica della dinamica planimetrica degli alvei attivi delle aste principali del Cornia e del Milia ha messo in evidenza un generale tendenza evolutiva al restringimento in essere già tra '800 e metà '900 (spiegabile in ragione della crescita di copertura boschiva che si è verificata in tale lasso di tempo), insieme ad una serie di migrazioni planimetriche significative (spiegabili in ragione di una buona connettività trasversale del corso d'acqua), proseguita con un'accelerazione significativa nel secondo dopoguerra in ragione dell'attività estrattiva che ha interessato il corso d'acqua;
- l'analisi diacronica della dinamica planimetrica della linea di costa correlata con la foce del fiume Cornia riporta un comportamento coerente con le variazioni delle variabili guida nel relativo bacino idrografico, con un rapido interrimento delle paludi costiere a cavallo tra '700 e '800 (causato dalla notevole capacità di trasporto solido del f. Cornia coerente con il basso grado di copertura forestale che all'epoca interessava il bacino idrografico), un successivo arretramento della linea di riva nel corso dell' '800 (coerentemente con la importante campagna di bonifica avviata in quegli anni), un generale protendimento dei litorali a cavallo tra '800 e '900 (associabile all'ultimazione delle colmate di bonifica negli stagni litoranei), un nuovo generale arretramento nel secondo dopoguerra (associabile all'attività di estrazione di inerti fluviali) e infine un recente avanzamento di quasi 40 metri (correlato alla costruzione di un manufatto di difesa costiera alla foce del fiume Cornia);

Il restringimento e l'incisione dell'alveo attivo del fiume Cornia nel tratto indagato sono la fenomenologia più evidenti della risposta idromorfologica alle pressioni sopra richiamate, con valori stimati localmente anche superiori a circa 110 metri di restringimento rispetto agli anni '50 ed ai 6 metri di abbassamento rispetto al piano campagna dei terrazzi recenti. Di conseguenza il corso d'acqua ha subito una modifica di morfotipo che, rispetto agli anni '50, ha mosso dalla tipologia transizionale (*wandering*) alla tipologia monocursale (*single channel*) - sinuoso o sinuoso a barre alternate -, ovvero mantenendo quest'ultima ma riducendone e/o semplificandone in modo anche significativo le forme caratteristiche (barre). Nella seguente fig. 4.31 è riportato il modello concettuale di evoluzione del tratto di interesse del fiume Cornia con evidenziati in rosso i morfotipi pertinenti.

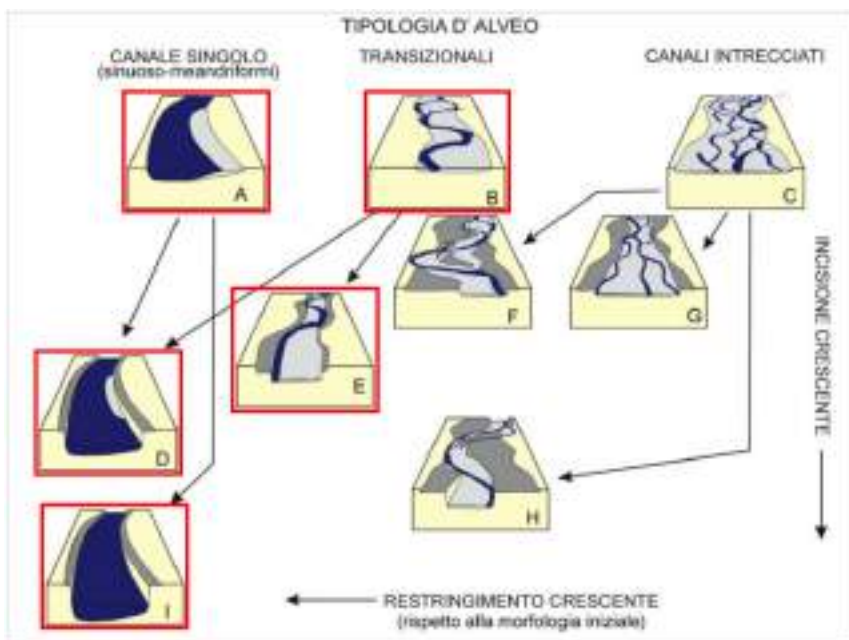


Fig. 4.31 - Modello concettuale di evoluzione di alvei fluviali (CEM: *Channel Evolution Model*) (Rinaldi et al., 2016).

Di conseguenza le variazioni morfologiche del canale inciso sono riconducibili allo schema di classificazione di cui alla seguente fig. 4.32, ponendo lo stato attuale presso il V stadio.

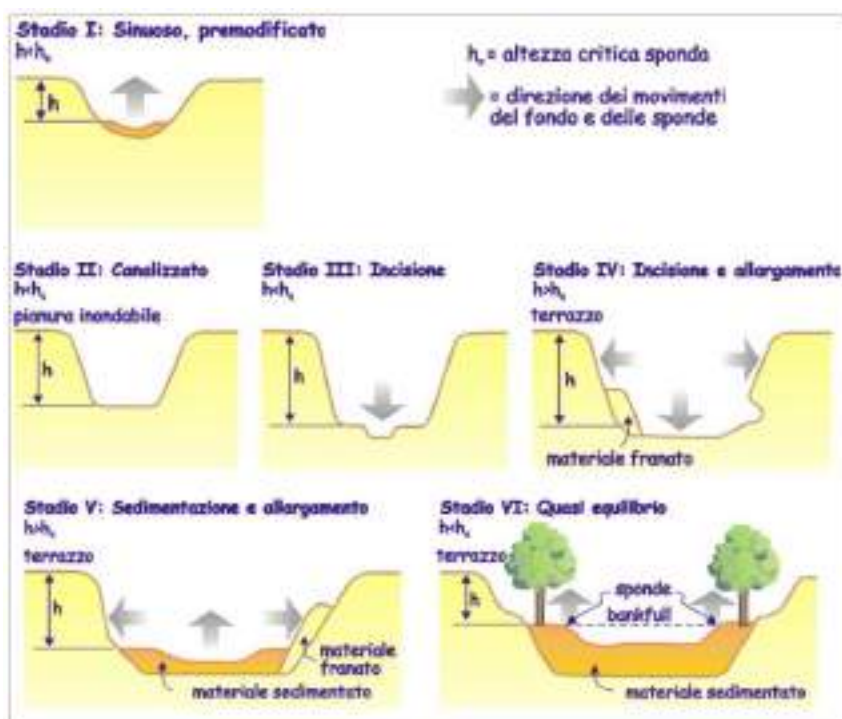


Fig. 4.32 - Schema di classificazione delle variazioni morfologiche di fiumi italiani (Rinaldi et al., 2016).

Il f. Cornia, pur trovandosi al termine del ciclo evolutivo rappresentato in fig. 4.32, presenta un basso livello di energia e di dinamismo e pertanto la traiettoria evolutiva verso lo stadio VI di nuovo equilibrio dinamico risulta di lenta percorrenza. La finalità di un intervento di riqualificazione morfologica del corso d'acqua



dovrebbe dunque essere quella di “dare una mano” alla natura a riprendere rapidamente quanto è andato perduto nel secondo dopoguerra in termini di sedimenti estratti dall’alveo, in modo da invertire la tendenza all’incisione (da stadio V a stadio VI), ristabilire un rapporto con una piana inondabile a migliorare complessivamente l’assetto ecologico del corridoio fluviale.



## 2 BIBLIOGRAFIA

Aminti P.L. (2001). *Studio su modello numerico della dinamica evolutiva del Golfo di Follonica ed analisi degli effetti indotti dalle opere di difesa della costa*. Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Firenze per conto di Regione Toscana.

ARPAT, 2013. "Elaborazione dati disponibili relativi al progetto GEOBASI su determinazione dei valori di fondo di sostanze pericolose nelle acque sotterranee con particolare riferimento a metalli pesanti e boro ed agli acquiferi destinati all'estrazione di acqua potabile",

ARSIA - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agro-forestale (2009). *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*. A cura di Ciabatti G., Gabellini A., Perugi A., Ottaviani C., Faini A., Perulli D.. ISBN 978-88-8295-112-2

Autorità di bacino del fiume Arno (2010). Piano di Gestione delle acque del distretto idrografico Appennino Settentrionale.

Autorità di bacino del fiume Arno (2016). Piano di Gestione delle acque del distretto idrografico Appennino Settentrionale. Aggiornamento.

Autorità di bacino del fiume Arno (2016bis). Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico Appennino Settentrionale.

Braca G., Bussetini M., Lastoria B., Mariani S. (2013). *Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Manuali e Linee Guida 84/13. ISBN 978-88-448-0584-5.

Brierley G.J., Fryirs K.A. (2005). *Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publishing, 398 pp.

Brierley G.J., Fryirs K.A. (2008) (Eds.). *River Futures. An Integrative Scientific Approach to River Repair*. Society for Ecological Restoration International, Island Press, 304 pp.

Buffagni A., Demartini D. e Terranova L. (2013). *Manuale di applicazione del metodo CARAVAGGIO – Guida al rilevamento e alla descrizione degli habitat fluviali*. Monografie dell'Istituto di Ricerca Sulle Acque del CNR, Roma, 1/i, 293 pp.

CIGRI - Consorzio Interprovinciale Gestione Risorse Idriche Val di Cornia (1988). *Carta dei suoli*. Scala 1:25.000 (fonte: [http://sit.lamma.rete.toscana.it/websuoli/hm/down\\_dati.htm](http://sit.lamma.rete.toscana.it/websuoli/hm/down_dati.htm))

CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche & IGG - Istituto di Geoscienze e Georisorse (2009). *Caratterizzazione geologica, idrogeologica e idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana (CISS) - 32CT020 "Acquifero della Pianura del Cornia*. Rapporto finale della convenzione tra CNR e Consorzio LAMMA della Regione Toscana (2008).



CIRF - Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale (2006). *La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e coll., Mazzanti editore, Mestre. 832 pagine, 333 figure, 93 tabelle, 55 box di approfondimento.

Consorzio di Bonifica Val di Cornia (2004). *Misure di deflusso sul Fiume Cornia*. Rapporto finale. A cura di Getas Petrogeo. Documento interno Consorzio di Bonifica Toscana Costa (ex- Val di Cornia).

Dalla Fontana G. e Marchi L. (2003). *Slope-area relationships and sediment dynamics in two alpine streams*. Hydrological Processes 17, 73–87.

Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152, “*Norme in materia ambientale*”. G.U. n. 88, suppl. ord. n. 96. del 14 aprile 2006.

Getas Petrogeo (2004). *Campagne di misura di deflusso del Fiume Cornia (2002-2003)*. Presentazione Roberto Ghezzi. Documento interno Consorzio di Bonifica Toscana Costa (ex- Val di Cornia).

Ghezzi G., Ghezzi R., Muti A. (1993). *Studio idrogeologico della Pianura di Piombino (Pianura del Fiume Cornia e Terrazzo S.Vincenzo-Palmentello)*. Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno, 13 (suppl 2), 213–275 (with hydrogeological map at the 1 : 25000 scale).

Gisotti G. (2011). *Le unità di paesaggio. Analisi geomorfologica per la pianificazione territoriale e urbanistica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo. ISBN 978-88-579-0091-9.

Gualtieri M. e Mecatti M. (2009). *Carta Ittica delle acque interne della Provincia di Livorno*. Provincia di Livorno. Dipartimento di Scienze Zootecniche dell'Università degli Studi di Firenze. 199 pagine

ISPRA, 2018 - Rapporto 288. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici

Makkonen L. (2006). *Plotting Positions in Extreme Value Analysis*. JAMC, 45, 334-340. <https://doi.org/10.1175/JAM2349.1>

Marchi L. e Dalla Fontana G. (2005). *GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins*. Environmental Geology, 48, 218-228.

Ministero dell'ambiente della tutela del territorio e del mare (2010). Decreto Ministeriale del 8 novembre 2010, n. 260. Regolamento recante i Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. G.U. 30 del 7 Febbraio 2011.

Ministero dello Sviluppo Economico (2012). Decreto Ministeriale “Burden Sharing” del 15 marzo 2012. Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle Regioni e delle province autonome.



- Negri P., Dallafior V., Monauni C., Paoli F., Pellegrini S., Roatta V., Azzollini R., Gerbaz D., Isabel S., Vicqu ry L., Rossi G.L. (2014). *IQH\_IFF - Una metodologia per la valutazione delle condizioni di habitat basata sull'Indice di Funzionalit  Fluviale*. Rapporto Tecnico ENEA 14/2014
- Pagliara S. e Delbono I. (2002). *Studio per la formazione del quadro conoscitivo del Piano Strutturale per la riqualificazione del sistema costiero in comune di Follonica*. Per conto del Comune di Follonica (GR).
- Pagliara S. (2004). *Studio idrologico-idraulico finalizzato alla sistemazione del Fiume Cornia e dei suoi principali affluenti*. Consorzio di bonifica Val di Cornia.
- Pagliara S. (2007). *Studio idrologico-idraulico finalizzato alla sistemazione del Fiume Cornia: esondazioni con demolizione del Ponte di Ferro*. Comune di Piombino.
- Pellegrini L. (1984). *La bonifica della Val di Cornia al tempo di Leopoldo II (1831-1860)*. Pontedera, Bandecchi e Vivaldi.
- Pennisi M., Bianchini G., Kloppmann W., Muti A. (2009). *Chemical and isotopic (B, Sr) composition of alluvial sediments as archive of a past hydrothermal outflow*. *Chemical Geology* 266: 114-125.
- Pranzini E. (2001). *Studio sulla dinamica morfologica e sedimentaria del Golfo di Follonica*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Universit  degli Studi di Firenze per conto di Regione Toscana.
- Regione Emilia Romagna (2015). *Linee Guida Regionali per la Riqualificazione Integrata dei Corsi d'Acqua Naturali dell'Emilia Romagna. Riqualificazione morfologica per la mitigazione del rischio di alluvione e il miglioramento dello stato ecologico*. A cura del Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale.
- Regione Toscana (2005). *Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Toscana Costa*. D.C.R. del 25 gennaio 2005, n. 13.
- Regione Toscana (2012). Delibera di Giunta Regionale 937/12. Attuazione D.Lgs 152/06 e D. Lgs 30/09. Tipizzazione e caratterizzazione dei corpi idrici interni, superficiali e sotterranei della Toscana. Modifica delle Delibere di Giunta n. 416/2009 e n. 939/2009.
- Regione Toscana (2015). *Piano Ambientale ed Energetico Regionale (PAER)*. Tra gli allegati: "L'energia geotermica in Toscana" (2013); "La Strategia regionale per la biodiversit " (2014); Primi elementi per un programma pluriennale per la difesa della costa (2013); Libro Bianco sui cambiamenti climatici in Toscana (2013).
- Regione Toscana (2015bis). Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza di Piano Paesaggistico Regionale.
- Regione Toscana - Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali (2003). *Studio conoscitivo del contesto idrogeologico della Val di Cornia di supporto alla pianificazione in materia di risorsa idrica e di tutela delle acque*. Relazione finale. A cura di Getas Petrogeo.



Rinaldi M., Simoncini C. & Piegay H. (2009). *Scientific design strategy for promoting sustainable sediment management: the case of the Magra River (Central - Northern Italy)*. River Res. Applic. (River research and applications), pubblicato on-line da Wiley interScience [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), DOI:10.1002/rra.1243.

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2016). *IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua*. Versione aggiornata 2016. ISPRA, Manuali e Linee Guida 131/2016

Rubey W.W. (1933). *Equilibrium conditions in debris-laden streams*. Am. Geophys. Union Trans., 14th Ann. Mtg., p. 497-505.

Siligardi M., Avolio F., Baldaccini G., Bernabei S., Bucci MN.S., Cappelletti C., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mancini L., Minciardi M.R., Monauni C., Negri P., Pineschi G., Pozzi S., Rossi G.L., Spaggiari R., Tamburro C., Zanetti M. (2007). *IFF 2007 – Indice di Funzionalità Fluviale. Nuova versione revisionata ed aggiornata*. Manuale APAT, 325 pp.

Tacconi P. (1991). *Studio sulla dinamica fluviale del fiume Cornia*. CIGRI, Consorzio Interprovinciale Gestione Risorse Idriche – Val di Cornia. Venturina (LI). Roma, gennaio 2016.



## **SITOGRAFIA**

<http://www.minambiente.it>

<http://www.isprambiente.gov.it>

<http://www.appenninosettentrionale.it>

<http://www.regione.toscana.it>

<http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>

<http://www.provincia.grosseto.it>

<http://www.provincia.livorno.it>

<http://www.provincia.pisa.it>

<http://www.sira.toscana.it>

<http://sira.arpad.toscana.it>

<http://www.cbtoscanacosta.it>

<http://www.liferewat.eu>

<http://www.google.it/intl/it/earth>

<http://www.igmi.org/voli>

<https://restorerivers.eu>



QC: necessità di approfondimento

Da MOVE	Approfondire nel Quadro Conoscitivo
1) SIN Piombino: pompaggio di acqua da falda e successivo trattamento, utile per avere disponibilità di acqua da poter utilizzare per scopi secondari	Pomaggio acque da SIN Piombino e trattamento per uso agricolo invece che industriale
2) Evitare utilizzo dei pozzi senza controllo del volume emunto	Conosciamo l'entità del prelievo dai pozzi ad uso irriguo?
3) Valorizzare il modello matematico delle risorse idriche ex-CIGRI	Modello ex-CIGRI
4) Vietare l'intasamento del letto del fiume indotto da lavaggio inerti con conseguente riduzione del ravvenamento naturale	Presenza impianti inerti lungo il bacino del Cornia