

**Adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale difensivo tramite interventi di adeguamento in quota ed in sagoma a valle della cassa fino al confine regionale per garantire il franco di 1 metro, rispetto alla piena di TR 20 anni nello stato attuale, e la stabilità e resistenza dei rilevati (MO-E-1323)**



Progetto esecutivo II° stralcio - I° lotto

approvato
Dott. Ing. Ivo Fresia
verificato
Dott. Ing. Giuseppe Campi
elaborato
Dott. Geol. Giancarlo Villa

<p>Il Progettista - Responsabile di progetto e delle integrazioni e prestazioni specialistiche:</p> <p><i>Dott. Ing. Ivo FRESIA</i></p>	<p>Il Geologo:</p> <p><i>Dott. Geol. Giancarlo VILLA</i></p>
<p>Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione:</p> <p><i>Dott. Ing. Giuseppe CAMPI</i></p>	<p>VISTO: Il Responsabile del procedimento</p> <p><i>Dott. Ing. Federica PELLEGRINI</i></p>

## RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

**E2.04.01**

00	VL	GC	FR	Aprile 2018
rev.	sigle			data

codice elaborato 0690-04-04-035R-00



Mod. PO01/06  
Rev. 2  
Data emissione: 11.2016



## Indice

1	Premessa .....	1
2	Impostazione metodologica .....	2
2.1	Suddivisione per tratti omogenei .....	3
2.2	Rilievi in campo .....	4
3	Evoluzione planimetrica .....	6
4	Evoluzione altimetrica .....	12
4.1	Piani golenali .....	12
4.2	Fondo alveo .....	14
5	Schede di valutazione della dinamica morfologica (IDM) .....	16
6	Caratterizzazione dei singoli tratti omogenei .....	18
6.1	Tratto SC03 .....	18
6.2	Tratto SC04 .....	20
6.3	Tratto SC05 .....	23
6.4	Tratto SC06 .....	26
6.5	Tratto SC07 .....	30
6.6	Tratto SC08 .....	33
6.7	Tratto SC09 .....	35
6.8	Tratto SC10 .....	37

Allegato 1 – Schede di variazione della dinamica morfologica -IDM



## 1 Premessa

La presente relazione descrive la metodologia applicata ed i risultati ottenuti nell'ambito dello svolgimento dell'analisi geomorfologica per l'"Adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale difensivo tramite interventi di adeguamento in quota ed in sagoma – Progetto Definitivo II Stralcio – per garantire il franco di 1 metro rispetto alla piena di TR20 anni nello stato attuale e la stabilità e resistenza dei rilevati".

L'attività riguarda la caratterizzazione geomorfologica del tratto fluviale che va dal ponte ferroviario della TAV in località Cascina Valpot nel Comune di Modena, fino al confine regionale (Comune di Concordia sulla Secchia), al fine di definire l'evoluzione morfologica del corso d'acqua negli ultimi 15 anni e le tendenze evolutive.

Tale analisi è finalizzata da un lato alla definizione dell'assetto morfologico attuale del corso d'acqua e dall'altro a conseguire elementi utili a supporto della definizione dell'assetto di progetto.

L'impostazione metodologica fa riferimento a quanto descritto e codificato da ISPRA nell'"**IDRAIM** – Sistema di valutazione **IDR**omorfologica, **Analisi** e **Monitoraggio** dei corsi d'acqua. Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua e Linee Guida" di cui è uscita recentemente una versione aggiornata (131/2016), a cura di Rinaldi M., Surian N., Comiti F. e Bussetini M.

In particolare l'analisi geomorfologica è stata indirizzata alla valutazione della dinamica morfologica del corso d'acqua, con particolare riferimento alle variazioni altimetriche e planimetriche del tratto oggetto di studio e alla compilazione per tratti della scheda di sintesi di valutazione della dinamica morfologica "**IDM**" (versione IDM 1.0 del settembre 2015).

Per la fase dei sopralluoghi e per le valutazioni morfologiche è stato inoltre adottato il manuale "Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive" (Surian N., Rinaldi M. e Pellegrini L. - 2009).

## 2 Impostazione metodologica

Al fine di ricostruire un quadro conoscitivo completo dell'evoluzione storica, dell'assetto attuale e delle sue tendenze evolutive del corso d'acqua è stata eseguita una raccolta della documentazione e delle conoscenze disponibili (studi e pubblicazioni, cartografia storica, riprese aeree, rilievi topografici e rilievi digitali del terreno) a carattere generale sull'assetto del bacino del fiume Secchia.

In particolare si è fatto riferimento a :

- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2002 e s.m.i) : Definizione delle tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili, contenente la descrizione dell'evoluzione storica dell'alveo del corso d'acqua e della tendenza evolutiva dello stesso;
- Ortoimmagini e immagini telerilevate degli ultimi 15 anni (1999, 2002, 2006, 2008, 2012, 2015);
- Rilievi topografici (1969, 1992, 1999, 2002 e 2015);
- Rilievi Lidar (2008 MATT, e 2015 AIPO)
- Tavole 1:5.000 Genio civile 1969, Carte Tecniche Regionali anni 80'
- DBTR 2016

Si è quindi proceduto all'analisi dei dati secondo le seguenti fasi operative:

- analisi di telerilevamento, con particolare attenzione all'analisi dell'evoluzione planimetrica, in ambiente GIS, per l'individuazione, a scala di dettaglio di tratto omogeneo, delle principali forme geomorfologiche quali la morfologia dell'alveo (alveo bagnato, barre e isole, vegetazione ripariale, etc...), i fenomeni erosivi (erosione di sponda attuale in evoluzione, fascia attualmente potenzialmente erodibile), scarpate fluviali (limiti di terrazzo), le forme fluviali (alvei abbandonati, ventagli di esondazione, dossi fluviali) e le principali opere interferenti (opere di regimazione idraulica e di difesa spondale, ponti e infrastrutture viarie, sistema difensivo);
- rilievi geomorfologici in campo seguendo la metodologia descritta nelle "Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive" di Surian N. et alii (2009) con particolare riferimento all'instabilità delle scarpate e dello stato del sistema arginale, dei fenomeni erosivi di sponda e di accumulo di materiale in alveo;
- analisi degli elementi funzionali per la valutazione dello stato morfologico del corso d'acqua con applicazione della metodologia IDRAIM per la valutazione dell'indice di dinamica morfologica (IDM);
- individuazione delle criticità (erosioni, modificazioni planimetriche e altimetriche, stato delle opere del sistema difensivo);
- redazione della carta dell'assetto geomorfologico, analisi delle tendenze evolutive (Fascia di Dinamica Morfologica – FDM) e compilazione delle schede di valutazione dinamica morfologica.

L'obiettivo principale è stato quello di valutare la dinamica morfologica a breve termine di questo tratto del fiume Secchia, applicando la metodologia IDRAIM relativa alle schede di valutazione della dinamica morfologica - IDM.

A seguito della definizione dell'assetto attuale e delle tendenze evolutive a breve termine legate alla dinamica morfologica sono state evidenziate le principali criticità a supporto delle fasi di progettazione per la definizione dell'assetto morfologico di progetto, della stabilizzazione delle scarpate e dei rilevati arginali e degli interventi di riprofilatura dell'alveo dove ritenuti necessari.

Le indagini si sono sviluppate in fasi distinte, sulla base delle metodologie descritte nei manuali sopra citati, ovvero analisi con strumenti GIS di immagini telerilevate i rilievi in campo, la realizzazione della

cartografia tematica e la compilazione e analisi delle schede di valutazione della dinamica morfologica "IDM".

Nel seguito vengono sinteticamente descritte le modalità di esecuzione delle indagini e delle successive analisi.

## 2.1 Suddivisione per tratti omogenei

Per l'identificazione e suddivisione dei tratti omogenei del corso d'acqua oggetto di studio si è fatto riferimento alle prescrizioni del metodo IDRAIM.

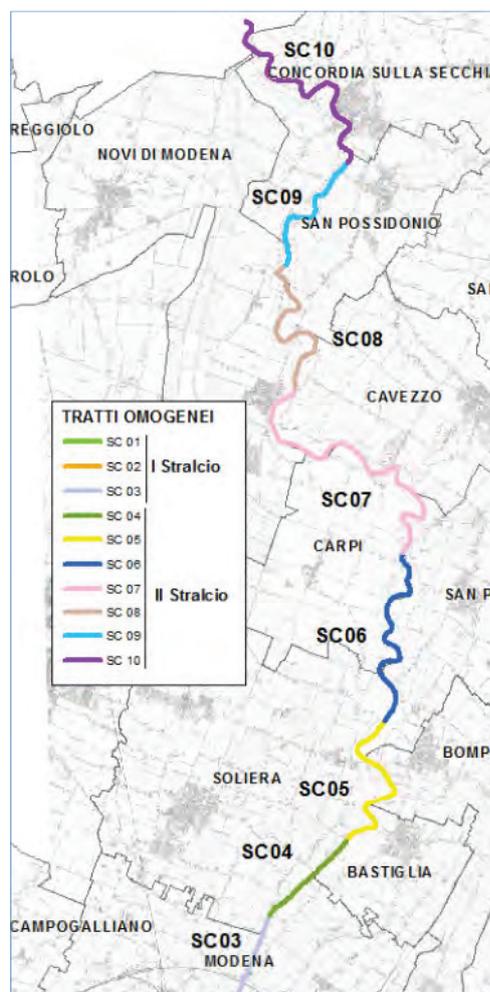
In particolare viene individuata l'unità fisiografica di riferimento, i segmenti e tratti omogenei lungo l'area in esame.

L'unità fisiografica di riferimento è quella di bassa pianura, in cui l'alveo si presenta non confinato, cioè con un grado di confinamento < al 10% e indice di confinamento IC basso (definito come il rapporto tra larghezza della pianura ( $L_p$ ), comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo ( $L_a$ ), quindi esprime di quanto un alveo è confinato in sezione trasversale rispetto alla larghezza della pianura) e maggiore di K (5 per alvei a canale singolo).

Il corso d'acqua si presenta all'uscita della cassa di espansione a canale singolo sinuoso meandreggiante, vincolato a partire da valle del ponte autostradale A1 lungo entrambe le sponde da un sistema arginale continuo, che nel settore medio terminale ha reso di fatto pensile l'alveo rispetto al settore di pianura circostante.

Scendendo ad una scala di maggiore dettaglio i limiti dei tratti omogenei sono stati così suddivisi, in continuità con i 3 tratti individuati nel I Stralcio funzionale (SC01, SC02, SC03):

- Tratto SC03: da briglia/soglia fino allo stante 64 in sx e 79 in dx in prossimità delle aree golenali in località Pianacci – C. Rovatti.
- Tratto SC04: da valle dello stradello di Ponte Basso (stante 63 AIPO in sinistra idrografica) fino a località S. Antonio di Bastiglia (stante 96 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 3 km;
- Tratto SC05: da località S. Antonio di Bastiglia alla golena di via Zoccolo-Sorbara (stante 122 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 5,3 km;
- Tratto SC06: da golena di via Zoccolo-Sorbara (stante 122 AIPO in destra idrografica) al Ponte di San Martino (stante 153 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 6,3 km;
- Tratto SC07: dal Ponte di San Martino alla golena a valle di Rovereto (stante 196 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 9,5 km;
- Tratto SC08: dalla golena a valle di Rovereto a Borgo Ferro - Novi di Modena (stante 219 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 5,6 km;
- Tratto SC09: da Borgo Ferro - Novi di Modena a via Chiavica - San Possidonio (stante 238 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 3,9 km;
- Tratto SC010: da via Chiavica - San Possidonio al confine regionale, per una lunghezza di circa 7,2 km.



**Fig. 1** Tratti omogenei individuati nel II Stralcio funzionale

## 2.2 Rilievi in campo

I rilievi in campo sono stati effettuati nel mese di Gennaio e Marzo 2017 seguendo, per quanto possibile, la metodologia descritta nelle “Linee guida per l’analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive” di Surian N. et alii (2009). Di tale pubblicazione è stata adottata sia la classificazione che la nomenclatura in essa codificata.

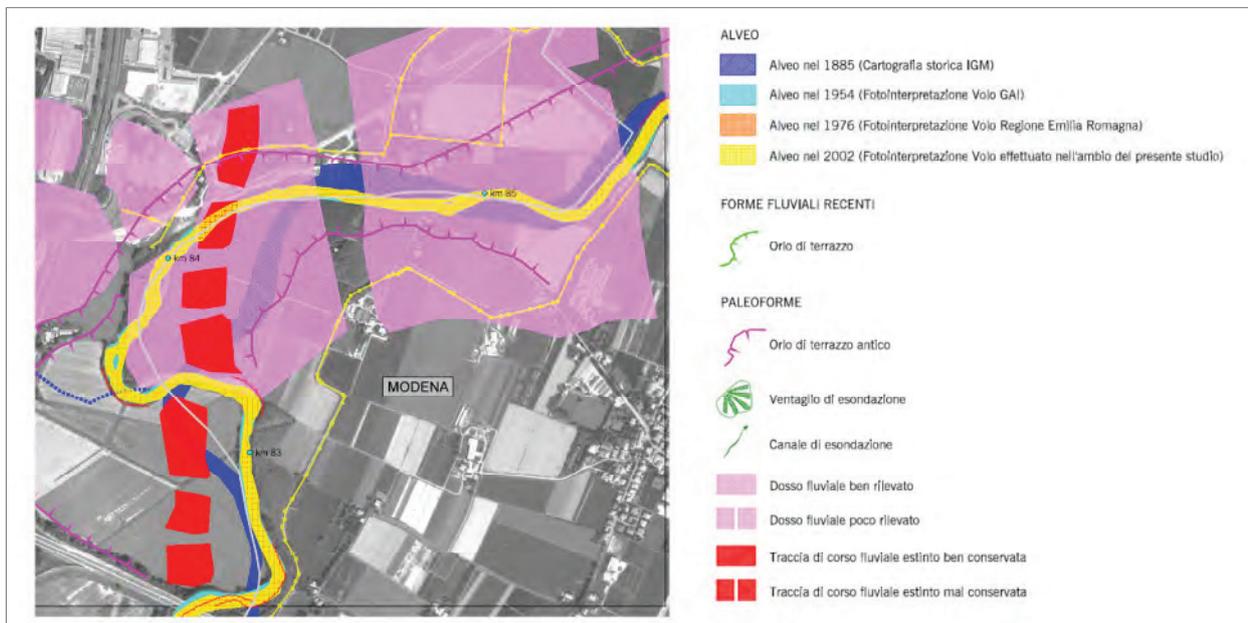
I rilievi hanno permesso di verificare sul terreno quanto emerso dalle analisi di telerilevamento con particolare ai fenomeni di instabilità delle sponde, alle erosioni e depositi di materiale in alveo, allo stato del sistema difensivo arginale. Particolare attenzione è stata posta nei settori di interferenza con opere idrauliche del reticolo idrografico minore e dei numerosi attraversamenti stradali e ferroviari che interessano il tratto in esame, valutando l’assetto morfologico del corso d’acqua rispetto alle opere.



**Fig. 2** Cedimento della banchina lato fiume (stante 240 AIPO in sx) e della scarpata lato fiume (stante 233-234 in dx) emerse nelle verifiche in campo

### 3 Evoluzione planimetrica

Per l'analisi dell'evoluzione planimetrica a breve termine si è fatto riferimento all'arco temporale degli ultimi 15 anni, rispetto all'analisi dell'evoluzione storica da fine 1885 al 2002, contenuta nello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2002) come riportato in Fig. 3 e Tab. 1. .



**Fig. 3** Stralcio della cartografia delle caratteristiche morfologiche e delle tendenze evolutive dell'alveo (Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia, 2002)

**Tab. 1** Tabella di sintesi delle caratteristiche morfologiche e delle tendenze evolutive del tratto di fiume Secchia da Rubiera a confluenza Po (Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia, 2002)

Tratto: D-SC Cassa di espansione di Rubiera – confluenza in Po		Commento
<b>Evoluzione planimetrica del corso d' acqua dal 1885 ad oggi</b>		<p>In questo tratto il corso d' acqua, per la presenza di arginature continue, non manifesta condizioni particolarmente critiche.</p> <p>I fenomeni erosivi di fondo e spondali sono estremamente contenuti, il risultato dell' analisi multitemporale delle sezioni trasversali e dei profili longitudinali mostra un fondo alveo pressoché stabile, salvo locali tratti in moderato approfondimento.</p>
Erosione di sponda	Poco accentuata e limitata alle rive concave.	
<b>Evoluzione altimetrica del fondo alveo</b>		
Approfondimento medio	1 m (Dato ricavato dal confronto tra sezioni del 1969,1992,1999 e 2002, cfr. ELAB. 3.1.6./1/K-SC)	
Stato attuale	Tratto stabile con locali variazioni delle quote di fondo molto contenute.	
<b>Interventi antropici</b>		
<input type="checkbox"/> Difese longitudinali continue <input type="checkbox"/> Opere trasversali		

Per l'evoluzione planimetrica sono state utilizzate le cartografie storiche disponibili (Tavolette Genio Civile, Cartografia Tecnica Regionale, ortofotocarte e immagini telerilevate di varia provenienza e a diversa scala temporale e di riduzione).

La scelta della cartografia e dei voli è dipesa dal fatto di coprire l'arco degli ultimi 15 anni, valutando caso per caso la disponibilità di immagini di maggior dettaglio ad una scala adeguata per l'analisi morfologica.

Per l'analisi dell'evoluzione dei piani quotati golenali sono state utilizzati i rilievi Lidar 2008 e 2015, le basi cartografiche storiche relativamente ai punti quotati della Carta Tecnica Regionale anni 80' e le quote dei piani golenali riportate nelle tavolette 1:5.000 del Genio Civile Modena del 1969.

In particolare è stata consultata, la seguente documentazione:

- Genio Civile 1969
- CTR anni 80'
- Volo IT 2000 anni 1998-1999;
- Ortoimmagine 2002;
- Ortoimmagine 2006;
- Ortoimmagine 2011;
- Ortoimmagine 2014;
- Ortoimmagine 2015;

In prima fase sono stati definiti gli alvei attivi e a piene rive, gli assi fluviali mediante fotointerpretazione GIS per il calcolo dei principali parametri morfologici (larghezza e sinuosità). I parametri che descrivono la morfologia di un alveo fluviale in planimetria più frequentemente utilizzati sono la larghezza, l'indice di sinuosità e l'indice di intrecciamento.

Per **larghezza dell'alveo (L)** si intende la larghezza dell'alveo "a piene rive" ("bankfull"). Nel caso sia presente la piana inondabile (da uno o entrambi i lati), si fa riferimento al punto di separazione individuato tra alveo e piana inondabile. Nel caso di alveo inciso (di qualche metro) privo di piana inondabile, si fa riferimento alla superficie pianeggiante di quota inferiore che per prima è soggetta ad inondazione.

La misura da fonti planimetriche (cartografia, foto aeree e immagini da satellite) è quella generalmente utilizzata per alvei intermedi (larghezza superiore ad alcune decine di metri) o di grandi dimensioni.

Le sezioni sono tracciate perpendicolarmente all'asse dell'alveo (mezzera geometrica) e con una interdistanza possibilmente fissa per non introdurre elementi di soggettività nella misura. L'interdistanza è dell'ordine di  $0,25L - 1L$ : alcuni criteri nella scelta dell'interdistanza possono essere la lunghezza del tratto esaminato (ridurre l'interdistanza se il tratto è breve, al contrario se il tratto è molto lungo) e la variazione longitudinale della larghezza (ridurre l'interdistanza se le variazioni sono frequenti). Se nell'alveo sono presenti delle isole, conviene acquisire due misure, ossia quella che da sponda a sponda include le isole e quella, sempre da sponda a sponda, che esclude le isole. In questo ultimo caso la larghezza dell'alveo è quindi data dalla somma della larghezza dei canali e delle barre. Questo tipo di misura consente di descrivere la variazione longitudinale della larghezza, ma comporta una certa approssimazione nella stima della larghezza media di un determinato tratto, in quanto la media deriva da una serie di misure puntuali. Se comunque si fissa una ridotta interdistanza fra le sezioni, ad esempio  $0,25L$ , la larghezza media può essere stimata con elevata accuratezza.

**Variatione delle larghezza d'alveo:** per un confronto multitemporale della larghezza, l'utilizzo delle fonti planimetriche (cartografia, foto aeree e immagini satellitari) è da preferirsi in quanto consente, ad esempio tracciando le sezioni, di adattare le misure sulla base della tipologia d'alveo e del dettaglio che si vuole ottenere. Ciò non è ovviamente possibile, ad esempio, utilizzando sezioni topografiche realizzate in passato. Sia per confronto di larghezze calcolate con le sezioni che con il rapporto "area alveo/lunghezza alveo" ( $Aa/l$ ), è fondamentale tracciare l'asse dell'alveo per ogni anno analizzato. Nel caso delle sezioni, infatti, queste devono sempre essere perpendicolari all'asse ed è quindi importante utilizzare assi diversi quando l'alveo modifica la sua direzione nel corso del tempo. Se la larghezza è ottenuta dal rapporto  $Aa/l$  è evidente che una variazione positiva o negativa della lunghezza deve essere tenuta in conto. Infine è importante esplicitare se il confronto del parametro viene fatto considerando, o meno, la larghezza delle isole.

Per la classificazione delle tendenze attuali alla scala temporale degli ultimi 10–15 anni, i parametri che vengono generalmente considerati per classificare le tendenze attuali sono la larghezza dell'alveo e la

quota del fondo. Per quanto riguarda la larghezza, particolare cautela deve essere fatta in quanto ad una scala temporale così breve gli errori associati alle misure da immagini telerilevate possono essere rilevanti rispetto all'entità delle variazioni misurate. Generalmente, ai fini della classificazione dell'indicatore, si possono distinguere le tre seguenti classi di variazioni di larghezza:

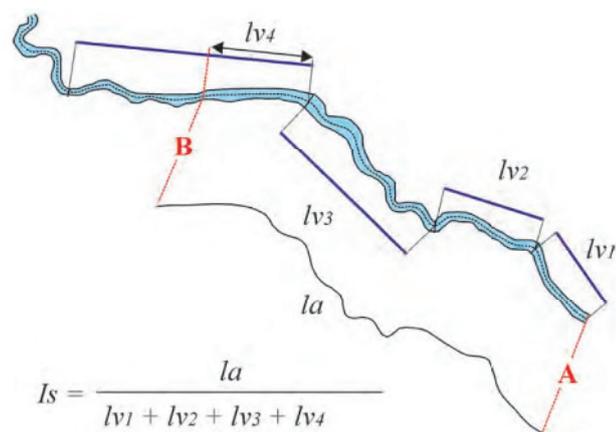
1. tendenza di larghezza trascurabile: le variazioni non sono quantificabili oppure, se superiori ai 3 m (ordine di grandezza dell'errore commesso nelle misure), risultano inferiori al 10% della larghezza relativa al primo dei due rilievi;
2. tendenza al restringimento o allargamento non trascurabile: le variazioni sono superiori al margine di errore nelle misure e risultano comprese tra il 10 e 25% della larghezza relativa al primo dei due rilievi;
3. forte tendenza al restringimento o allargamento: le variazioni superano il 25% della larghezza relativa al primo dei due rilievi.

Nel nostro caso il tratto in esame presenta le seguenti tendenze di larghezza all'allargamento.

**Tab. 2 Tendenza di larghezza per tratto omogeneo**

Tratto omogeneo	Tendenza larghezza	Tipo
SC03	Variazione <10%	Trascurabile
SC04	Variazione <10%	Trascurabile
SC05	Variazione <10%	Trascurabile
SC06	Allargamento	Moderato
SC07	Variazione <10%	Trascurabile
SC08	Variazione <10%	Trascurabile
SC09	Allargamento	Moderato
SC10	Allargamento	Moderato

**Indice di sinuosità (Is):** la sinuosità di un certo tratto si ricava dal rapporto fra la distanza misurata lungo l'asse dell'alveo e la distanza misurata lungo l'asse della valle. Questo parametro viene utilizzato per distinguere gli alvei rettilinei, sinuosi e meandriformi. Per convenzione sono considerati rettilinei quelli con sinuosità minore di 1.1, sinuosi quando il parametro è compreso tra 1.1 e 1.5 e meandriformi quando il parametro è superiore a 1.5 (Thorne, 1997). La prima di queste distanze va misurata facendo riferimento all'intero alveo (alveo in condizioni di "bankfull"), per cui non va considerata la lunghezza del canale di magra ma quella dell'asse dell'alveo. Per quanto riguarda la seconda distanza, l'asse della valle viene definito tenendo conto di tutte le variazioni significative di direzione della valle e del tracciato complessivo del corso d'acqua secondo il seguente schema.



**Fig. 4** Misura dell'indice di sinuosità (da Linee Guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive, Surian et alii, 2009)

**Tab. 3** Indice di sinuosità per tratto omogeneo

Tratto omogeneo	Indice di sinuosità	Tipo
SC03	1,03	Rettilineo
SC04	1,02	Rettilineo
SC05	1,28	Sinuoso
SC06	1,38	Sinuoso
SC07	1,29	Sinuoso
SC08	1,61	Meandriforme
SC09	1,14	Sinuoso
SC10	1,41	Sinuoso

Per quanto riguarda la morfologia dell'alveo è stata applicata la metodologia IDRAIM, con alcune piccole varianti per adattare il metodo alle condizioni specifiche ed in particolare:

- barra: sono state individuate seguendo strettamente i criteri del metodo IDRAIM;
- barra vegetata: corrisponde sostanzialmente alla “barra alta” del metodo IDRAIM, tuttavia si è preferito mantenere questa definizione in quanto i limiti con la “barra” propriamente detta sono spesso incerti e non sempre è stato possibile procedere ad una verifica altimetrica, mentre invece i limiti della vegetazione sono più facilmente identificabili;
- alveo attivo: corrisponde ai tratti di alveo sommersi con riferimento alle ortofotocarte; tale tematismo corrisponde generalmente ai “canali attivi” del metodo IDRAIM;

- alveo a piene rive: deriva dalla fusione dei tematismi barra, barra vegetata e alveo attivo.

Le forme fluviali sono rappresentati dagli alvei abbandonati (paleoalvei da analisi evoluzione storica dello Studio di Fattibilità dell'AdbPo) e dai canali di erosione di neoformazione (fotointerpretazione ortoimmagini dal 2006 al 2015)

I principali tematismi (Fig. 5) individuati sono riportati nella carta dell'assetto geomorfologico allegata alla presente relazione.



**Fig. 5 Elementi morfologici cartografati**

In relazione ai processi erosivi sono state cartografate le sponde in erosione, distinte in tratti in erosione di sponda intensa, in cui quindi gli effetti sono evidenti sul terreno, e tratti con tendenza all'erosione, intendendo sia i settori di sponda caratterizzati da processi di media intensità, sia i tratti in cui tali fenomeni, pur causando cedimenti/arretramenti localizzati; le forme erosive e i canali di erosione derivano dall'analisi delle ortofotocarte del 2006, 2011, 2014 e 2015 e dai rilievi di dettaglio eseguiti durante i sopralluoghi in campagna.

E' da evidenziare che per alvei con pendenza < 0.1% , in ambiti di pianura, ed in particolare di bassa pianura, come nel nostro caso, sono frequenti tratti di corsi d'acqua arginati storicamente, con argini vicini o a contatto dell'alveo. In questi casi l'analisi dell'evoluzione storica non darebbe indicazioni, o molto limitate, e ugualmente può non essere valutabile l'erosione potenziale nel medio termine dal confronto di immagini telerilevate. In queste situazioni, ossia presenza di arginature storiche vicine o a contatto dell'alveo, la delimitazione delle fasce potrebbe essere risolta con modalità di stima dei tassi di arretramento delle sponde.

L'analisi dell'erosione potenziale nel medio termine, ossia delle zone che potrebbero essere interessate dalla dinamica laterale del corso d'acqua in futuro, si basa principalmente sulla stima del tasso d'arretramento delle sponde. Il tasso di arretramento, espresso in metri per anno, si valuta dal confronto di due immagini telerilevate recenti (ultimi 10-15 anni), come descritto per l'indicatore M4 della scheda IDM.

Le misure sono state eseguite tra i rilievi del Volo IT2000 e quelle delle ortoimmagini del 2015 valutando esclusivamente tratti di sponda in arretramento. Il tasso di arretramento può essere stimato come media delle misure effettuate e non si discostano molto tra loro; in caso contrario, è cautelativo assumere come tasso di arretramento il valore massimo misurato.

Il tasso medio di arretramento delle sponde è risultato per questa porzione di fiume Secchia pari a 1 m/anno. Il passo successivo consiste nel moltiplicare il tasso di arretramento stimato nel tratto in esame per il numero di anni per i quali si intende fare la previsione, ossia per 50 anni per la valutazione della Fascia di Dinamica Morfologica (FDM). Il valore finale che si ottiene rappresenta quindi l'arretramento complessivo, nel nostro caso di 50 m in 50 anni.

La Fascia di Dinamica Morfologica (FDM) comprende l'attuale alveo del corso d'acqua (rilievo del 2015), le zone che sono state attive a partire dagli anni '50 (dal Volo GAI 1954 al 2002) del secolo scorso e le zone di possibile riattivazione nel medio periodo (prossimi 50 anni). La delimitazione della fascia si basa inoltre sulla presenza delle opere di difesa, che la vanno a delimitare dove presenti. Si tratta di una fascia che ha una probabilità elevata di essere interessata dalla dinamica laterale del corso d'acqua nel

medio termine, anche in assenza di eventi di piena di elevata magnitudo. primo scopo è senz'altro quello di definire la pericolosità geomorfologica, ossia di individuare le zone che con maggior probabilità verranno interessate dalla dinamica morfologica del corso d'acqua. La FDM ha come riferimento un intervallo temporale di 50 anni e non è associata ad uno specifico evento di piena, bensì ad un serie di eventi "formativi" aventi tempi di ritorno non elevati. Questa fascia intende descrivere arealmente la dinamica "progressiva" del corso d'acqua.

La FDM può essere utilizzata anche con altre finalità, ad esempio per definire la fascia di mobilità funzionale, ossia la fascia che consente al corso d'acqua una buona funzionalità in termini di processi geomorfologici.



**Fig. 6** Esempio di delimitazione della Fascia di Dinamica Morfologica (FDM)

## 4 Evoluzione altimetrica

### 4.1 Piani golenali

La variazione altimetrica dei piani quotati golenali è stata analizzata con i rilievi disponibili di seguito elencati:

- Tavolette 1:5.000 Genio Civile Modena 1969;
- Carta Tecnica Regionale (CTR) anni 80’;
- Rilievo LIDAR 2008 MATT;
- Rilievo LIDAR AIPO aprile e settembre 2015;
- DBTR 2016 – Punti quotati.

Il primo confronto è stato eseguito tra il rilievo Lidar 2015 e quello 2008, in cui non sono emerse variazioni altimetriche significative dei piani golenali nell’intervallo analizzato.

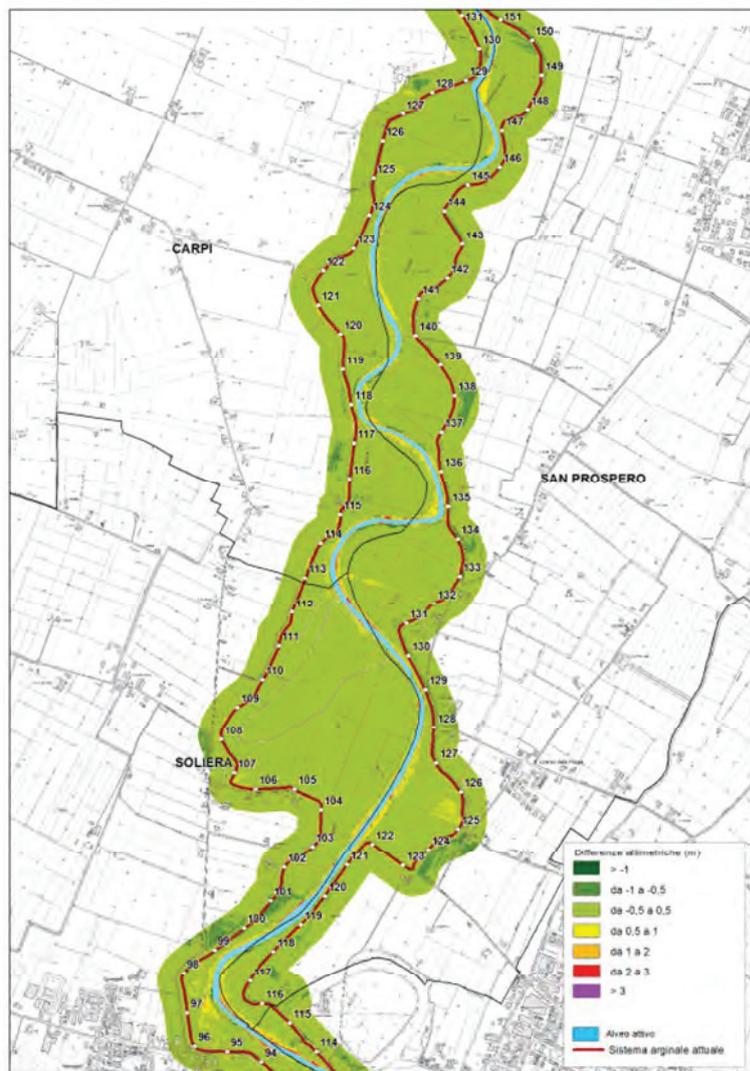
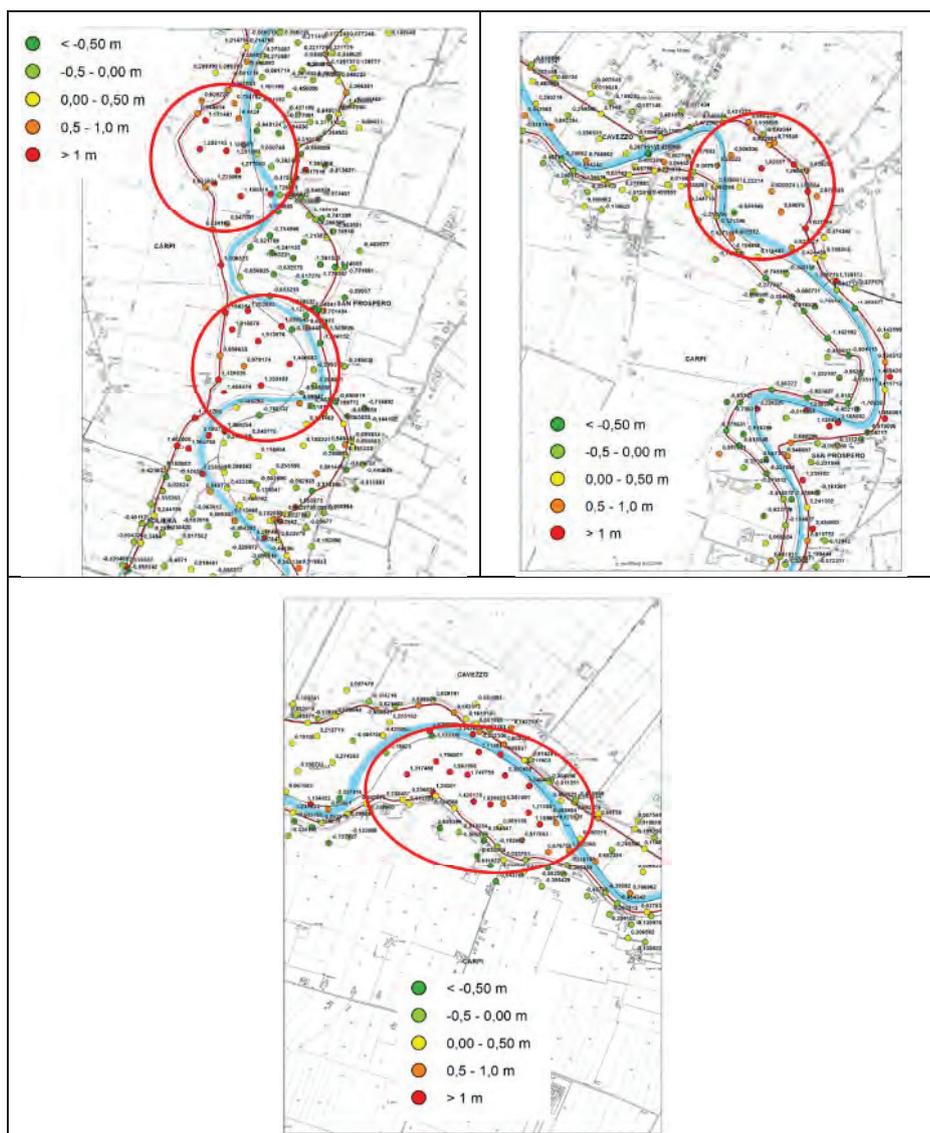


Fig. 7 Esempio di confronto rilievi Lidar 2015 e Lidar 2008

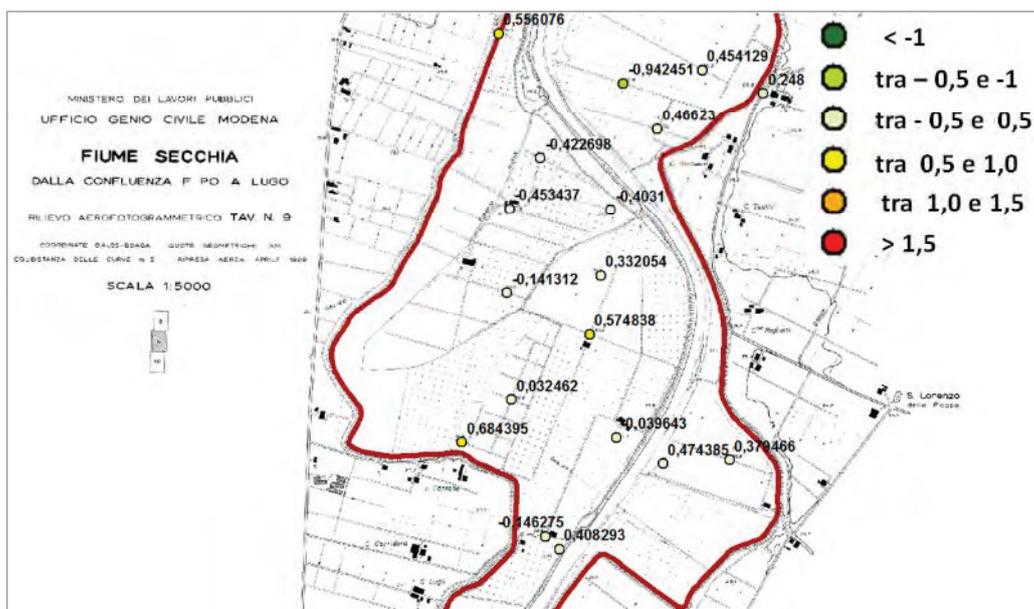
Il successivo confronto è stato eseguito con il rilievo Lidar 2015 e i punti quotati della CTR anni 80'.

Tale confronto ha fatto emergere in 4 aree golenali un innalzamento del piano golenale medio di circa 1m.



**Fig. 8**

L'ultimo confronto è stato eseguito con i dati relativi al rilievo delle tavolette 1:5.000 redatte dal Genio Civile di Modena nel 1969 (ante costruzione cassa di espansione a Rubiera), rispetto al rilievo Lidar 2015.



**Fig. 9 Esempio di confronto tra il rilievo Lidar 2015 e i punti quotati del rilievo Genio Civile di Modena del 1969**

I punti quotati nelle cartografia storica del 1969 sono risultati esigui e poco significativi nel confronto con i corrispondenti dati Lidar 2015, e comunque con differenze minime altimetriche dei punti quotati rilevati.

In generale si può affermare che in epoca recente, anche a seguito della realizzazione della cassa di espansione di Rubiera non si è avuto un significativo aumento dei piani quotati golenali, confermato anche dal dato emerso dalle differenze tra il rilievo del 2008 e quello del 2015. L'innalzamento progressivo dei piani golenali è legato alla costruzione di un sistema di arginature continue realizzate già in epoca storica che hanno portato il corso d'acqua a diventare pensile nella sua parte medio terminale, con progressivo accumulo di sedimenti nelle aree golenali.

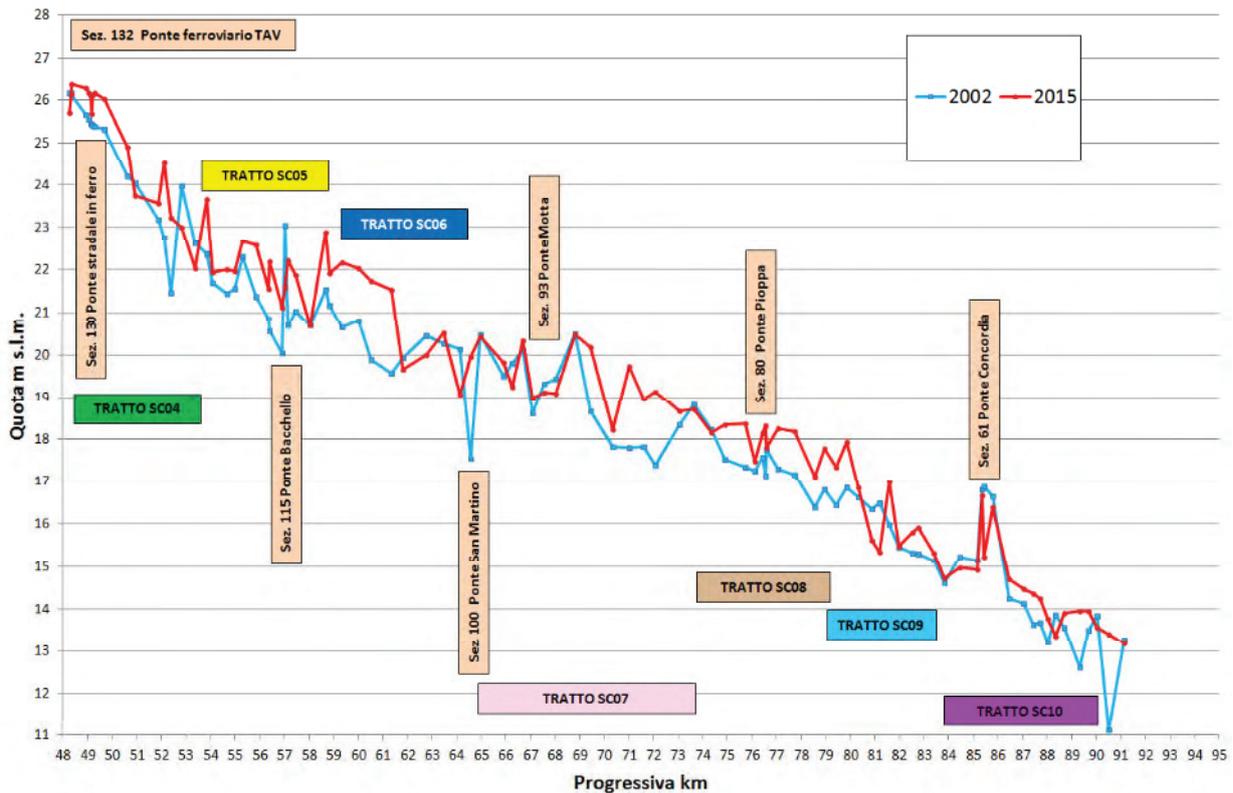
## 4.2 Fondo alveo

L'analisi dell'evoluzione altimetrica del fondo alveo del fiume Secchia e delle aree golenali è stata eseguita sulla base delle tendenze attuali degli ultimi 15 anni mediante confronto dei rilievi topografici e LIDAR disponibili e supportata dalle evidenze morfologiche rilevate durante i sopralluoghi in campo.

In particolare sono stati utilizzati i seguenti rilievi altimetrici:

- Rilievo topografico AIPO 1992;
- Rilievo topografico AIPO 1999;
- Rilievo topografico AIPO 2002;
- Rilievo topografico AIPO 2015;
- Rilievo LIDAR 2008 MATT;
- Rilievo LIDAR AIPO aprile e settembre 2015.

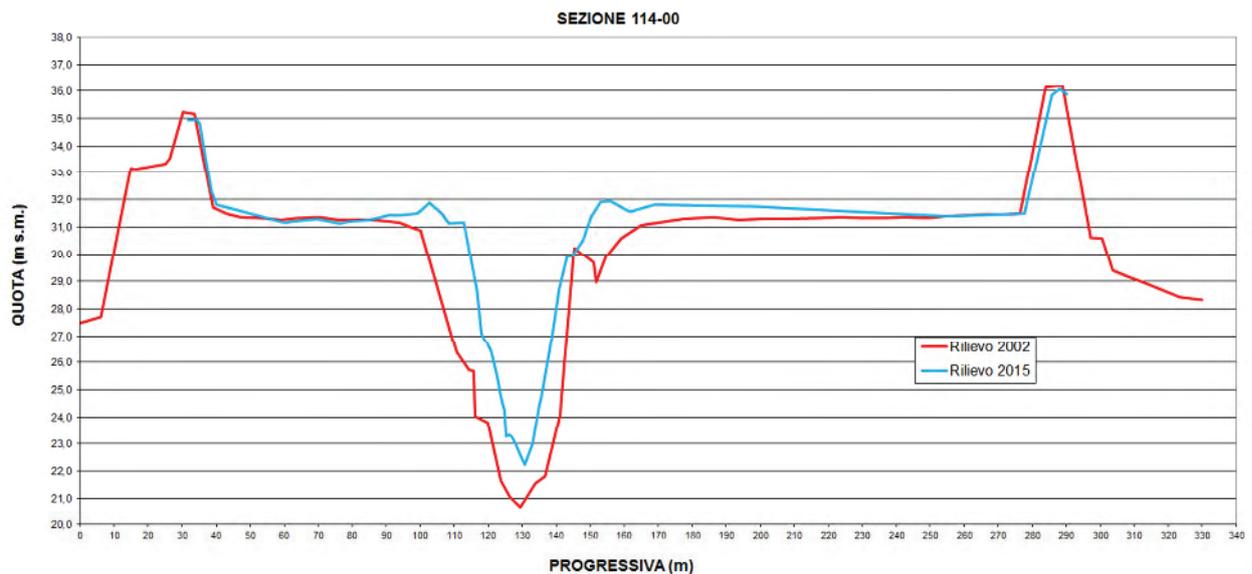
I rilievi topografici delle sezioni trasversali al corso d'acqua confrontabili (2002 e 2015) sono stati utilizzati per ricostruire i profili longitudinali di fondo alveo (thalweg) nel tratto in esame, facendo riferimento alla quota minima di fondo alveo per ogni sezione rilevata, e sono stati confrontati per analizzare le variazioni di fondo.



**Fig. 10** Profili longitudinali di thalweg del fondo alveo rilievi topografici 2002 e 2015

Si è quindi proceduto ad un confronto tra i rilievi topografici del 2002 e 2015 lungo le sezioni trasversali.

Dall'analisi dei dati emerge che per l'alveo attivo si registrano leggeri innalzamenti localizzati del fondo alveo e variazioni di larghezza dell'alveo attivo per la maggior parte dei tratti omogenei esaminati inferiore al 10%. I dati storici dei rilievi topografici delle sezioni del 1969 e 1992 non sono confrontabili con i rilievi più recenti perché non coincidenti con la posizione planimetrica dei rilievi.



**Fig. 11** Confronto tra sezioni trasversali dei rilievi topografici 2002 e 2015

## 5 Schede di valutazione della dinamica morfologica (IDM)

Secondo la metodologia IDRAIM si è proceduto alla compilazione, per ogni tratto omogeneo, della scheda di valutazione della dinamica morfologica (IDM) del settore di fiume Secchia in esame.

La valutazione della dinamica morfologica comprende sostanzialmente le seguenti componenti:

- morfologia e processi: riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde, i processi e le tendenze attuali (localizzate e distribuite) manifestate ad una scala temporale degli ultimi 10-15 anni.
- artificialità: considera nel dettaglio le opere che maggiormente condizionano i processi di dinamica morfologica.
- variazioni morfologiche. Si basano sull'analisi delle variazioni avvenute negli ultimi decenni (con particolare riferimento agli anni '50 del XX secolo per le variazioni planimetriche), le quali condizionano la propensione o meno ai vari tipi di pericolosità.

La valutazione complessiva viene effettuata attraverso l'ausilio di apposite schede di valutazione, per mezzo delle quali si effettua un'analisi attraverso l'impiego integrato di immagini telerilevate e rilevamenti sul terreno. Le schede si basano sull'utilizzo di una serie di indicatori, per ognuno dei quali sono fornite una serie di possibili risposte (in numero variabile). Gli indicatori sono basati su una o più variabili quantitative o qualitative: in genere si tratta della percentuale rispetto alla lunghezza totale del tratto lungo la quale si osservano determinate caratteristiche o processi.

L'analisi di alcuni indicatori planimetrici è effettuata attraverso il confronto in GIS tra immagini telerilevate in anni diversi.

Nella Tab. 4 sono descritti gli indicatori necessari alla definizione dell'IDM .

**Tab. 4 Indicatori per la valutazione dell'indice IDM**

SIGLA	INDICATORE
<i>Morfologia e Processi</i>	
M1	Tipologia d'alveo
M2	Erodibilità delle sponde
M3	Erodibilità del fondo
M4	Processi di arretramento delle sponde
M5	Tendenze di larghezza
M6	Tendenze altimetriche
<i>Artificialità</i>	
A1	Difese di sponda
A2	Opere di rivestimento o consolidamento del fondo
<i>Variazioni morfologiche</i>	
V1	Variazione della configurazione morfologica
V2	Variazioni di larghezza
V3	Variazioni altimetriche

Indicatori di morfologia e processi: partono da aspetti di carattere generale (tipologia d'alveo, materiale che costituisce le sponde ed il fondo); successivamente si prendono in esame i processi di arretramento delle sponde; infine si vanno ad esaminare le tendenze (alla scala degli ultimi 10 – 15 anni) di tipo

distribuito della larghezza e del fondo. Alcuni indicatori di morfologia e processi includono l'esame degli elementi di artificialità, considerati ad esempio tra i tipi di materiale costituenti il fondo e le sponde.

Indicatori di artificialità: prendono in esame in maniera più specifica gli elementi artificiali, analizzandoli dal punto di vista dei loro potenziali effetti sui processi (es. difese di sponda come impedimento dei processi di arretramento delle sponde). Questa suddivisione, seppure possa apparire parzialmente ridondante rispetto ad alcuni indicatori di morfologia e processi, è ritenuta utile in quanto è possibile successivamente (attraverso opportuni sub-indici) separare le varie componenti e cause che determinano o meno condizioni di dinamica morfologica. Si precisa che il metodo non prevede una valutazione puntuale sullo stato delle opere: quando esse sono presenti all'interno o nelle immediate vicinanze dell'alveo attuale, in assenza di informazioni a riguardo, esse vengono assunte come interferenti con la dinamica morfologica. Esse vengono invece escluse qualora si accerti che non esplicano più la loro funzione di protezione delle sponde o del fondo.

Indicatori di variazioni morfologiche. Le variazioni morfologiche durante gli ultimi decenni sono valutate come indicatori di instabilità, pertanto di dinamica morfologica. Tale instabilità infatti può ancora manifestarsi, con la possibilità che, durante eventi di piena di una certa intensità, possano verificarsi delle modifiche morfologiche verso precedenti configurazioni (ad es., rimodellamento di superfici abbandonate per restringimento dell'alveo).

Ogni indicatore viene attribuito, a seconda dei suoi effetti prevalenti, ad una delle due componenti che costituiscono la dinamica morfologica: la dinamica verticale e la dinamica laterale.

La dinamica verticale riguarda tutti gli aspetti connessi con la dinamica morfologica del fondo (erodibilità del fondo, processi di fondo localizzati, tendenze altimetriche, opere di rivestimento o consolidamento, ecc.). La dinamica laterale è invece relativa a tutti gli aspetti connessi con l'arretramento delle sponde e le variazioni di larghezza (erodibilità delle sponde, tendenze di larghezza, difese di sponda, ecc.).

Per quanto riguarda la valutazione finale, si definisce un Indice di Dinamica Morfologica (IDM) come rapporto tra punteggio totale (Ptot) e punteggio massimo (Pmax = 100 – Pna, dove Pna è la somma dei punteggi massimi degli indicatori non applicati). Tale indice assume valore pari a 0 per un corso d'acqua completamente privo di dinamica morfologica e pari ad 1 nel caso di massima dinamica. Sulla base dei valori dell'IDM, sono state definite le classi di dinamica morfologica secondo quanto specificato in Tab. 5.

**Tab. 5 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM)**

<b>IDM</b>	<b>CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>
$0.0 \leq IDM < 0.2$	<i>Molto bassa</i>
$0.2 \leq IDM < 0.4$	<i>Bassa</i>
$0.4 \leq IDM < 0.6$	<i>Media</i>
$0.6 \leq IDM < 0.8$	<i>Elevata</i>
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	<i>Molto elevata</i>

## 6 Caratterizzazione dei singoli tratti omogenei

A seguito delle analisi precedentemente descritte si descrivono per tratto omogeneo le principali caratteristiche morfologiche emerse.

I tratti omogenei sono così suddivisi:

- Tratto SC03: da briglia/soglia fino allo stante 64 in sx e 79 in dx in prossimità delle aree golenali in località Pianacci – C. Rovatti.
- Tratto SC04: da valle dello stradello di Ponte Basso (stante 63 AIPO in sinistra idrografica) fino a località S. Antonio di Bastiglia (stante 96 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 3 km;
- Tratto SC05: da località S. Antonio di Bastiglia alla golenale di via Zoccolo-Sorbara (stante 122 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 5,3 km;
- Tratto SC06: da golenale di via Zoccolo-Sorbara (stante 122 AIPO in destra idrografica) al Ponte di San Martino (stante 153 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 6,3 km;
- Tratto SC07: dal Ponte di San Martino alla golenale a valle di Rovereto (stante 196 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 9,5 km;
- Tratto SC08: dalla golenale a valle di Rovereto a Borgo Ferro - Novi di Modena (stante 219 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 5,6 km;
- Tratto SC09: da Borgo Ferro - Novi di Modena a via Chiavica - San Possidonio (stante 238 AIPO in destra idrografica), per una lunghezza di circa 3,9 km;
- Tratto SC010: da via Chiavica - San Possidonio al confine regionale, per una lunghezza di circa 7,2 km.

### 6.1 Tratto SC03

Il tratto omogeneo ricade in parte nel primo settore del I Stralcio funzionale fino all'attraversamento ferroviario della TAV, per poi proseguire fino a monte dell'area golenale a valle di C. Rovati nel II Stralcio funzionale. Il corso d'acqua si presenta a canale singolo ad andamento rettilineo (indice di sinuosità pari a 1,03) vincolato dal sistema arginale in frodo per quasi tutto il tratto in esame.



**Fig. 12** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

In questo settore la dinamica morfologica ha portato tendenzialmente l'alveo attivo verso destra interessando in alcuni settori il piede della scarpata arginale. L'indice di dinamica morfologica rimane sempre nella classe media.

<b>INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
<b>del tratto TR_SC_03</b>			
<b>INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<u>0,53</u>	<u>0,38</u>	<u>0,70</u>	<b>0/11 IND. N.A.</b>
<b>CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<b>Media</b>	<b>Bassa</b>	<b>Elevata</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>

IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	<i>Molto bassa</i>
$0.2 \leq IDM < 0.4$	<i>Bassa</i>
$0.4 \leq IDM < 0.6$	<i>Media</i>
$0.6 \leq IDM < 0.8$	<i>Elevata</i>
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	<i>Molto elevata</i>

N.A. = non applicato

**Tab. 6 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC03**

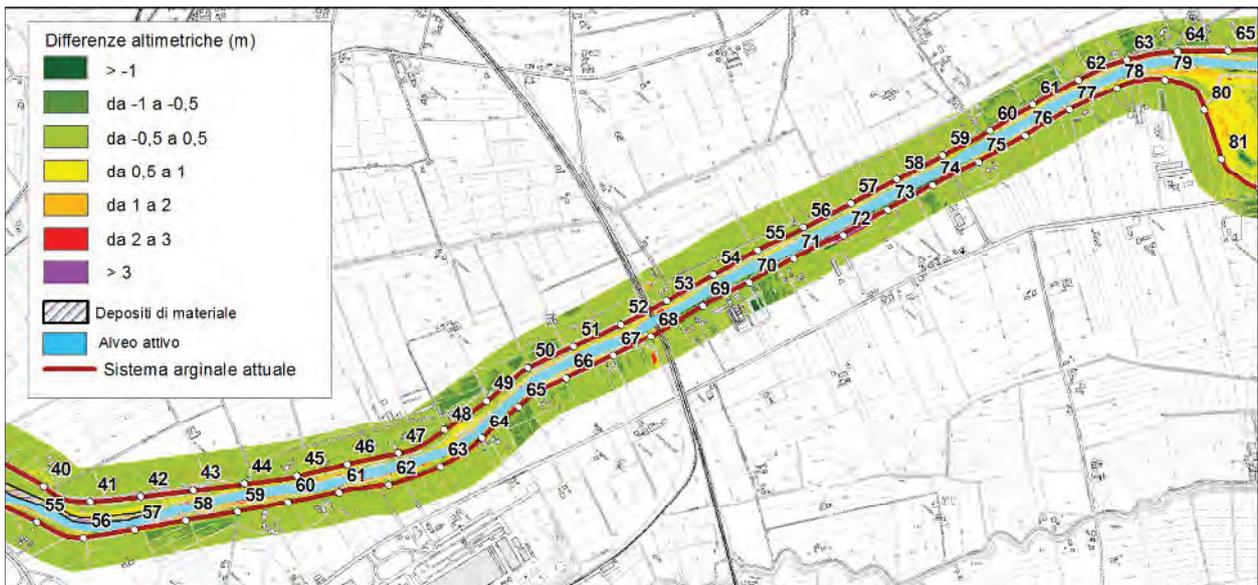
Le criticità sono legate alla stabilità dei rilevati arginali, che nel settore medio terminale del tratto omogeneo presentano quote in sommità di 4-5 m elevate sul piano campagna, con scarpate lato fiume e lato campagna a pendenza 3/2. L'erosione al piede della sponda può portare all'innescò di fenomeni di dissesto localizzato nei tratti in cui l'argine si presenta in frodo. A seguito della rotta dell'evento alluvionale 2014 (in destra idrografica legata alla presenza di tane nel rilevato arginale) sono stati eseguiti in somma urgenza interventi di ripristino dei rilevati arginali, con realizzazione di difese al piede tramite scogliere e riprofilatura dell'alveo.



**Fig. 13 Intervento di consolidamento al piede lungo la sponda destra (stante 64 in dx) e riprofilatura in sponda sinistra all'altezza della C. Cassai**

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un sostanziale equilibrio delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015.

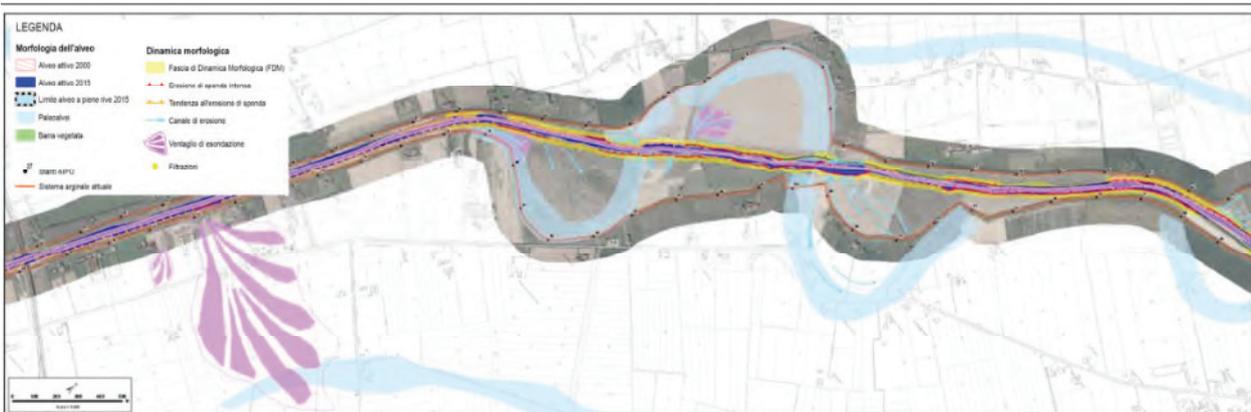
Anche dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 dei piani golenali non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti lungo l'alveo evidenziando una tendenza del corso d'acqua ad erodere la sponda destra, nel settore di monte.



**Fig. 14** Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC03

## 6.2 Tratto SC04

Ad inizio tratto è presente un'ampia area golenale che si sviluppa sia in destra che in sinistra idrografica, residuo dell'antico meandreggiamento dell'alveo; il tratto ora è stato rettificato e si presenta a canale singolo ad andamento rettilineo (indice di sinuosità pari a 1,02) vincolato dal sistema arginale.



**Fig. 15** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

Le criticità sono legate alla stabilità dei rilevati arginali e alla filtrazione, che nel settore medio terminale del tratto omogeneo presentano quote in sommità di 4-5 m elevate rispetto al piano campagna, con scarpate lato fiume e lato campagna a pendenza 3/2.

Nelle aree golenali a seguito anche di piena di morbida si verifica il ristagno dei livelli, che presentano spesso piani quotati in contropendenza rispetto alle sponde dell'alveo attivo, insistendo al piede delle arginature. Fenomeni di suzione a seguito dell'imbibizione prolungata della sagoma arginale possono portare a filtrazione delle acque nel rilevato o nei terreni di fondazione e diminuzione del fattore di stabilità dei paramenti lato fiume favoriti anche da presenza di tane e di litologie dei terreni di fondazione con presenza di materiali francamente sabbiosi, spesso coincidenti con i paleoalvei del fiume.

All'altezza dello stante 88-89 in destra idrografica (località C.na Cantone) l'area in esame è attraversata da un antico meandro del fiume Secchia, in corrispondenza del quale si osserva una depressione, con direzione NW-SE, del piano campagna di 3÷4 m rispetto alle zone al contorno.



**Fig. 16** Allagamenti e permanenza dei livelli nell'area golenale in destra in località C. Cantone lungo l'incisione del paleovalveo

In somma urgenza all'uscita della golena in sponda destra (stanti 88 - 89 AIPO) sono stati eseguiti interventi di rinforzo della sagoma arginale, con esecuzione di una sotto banca lato campagna.

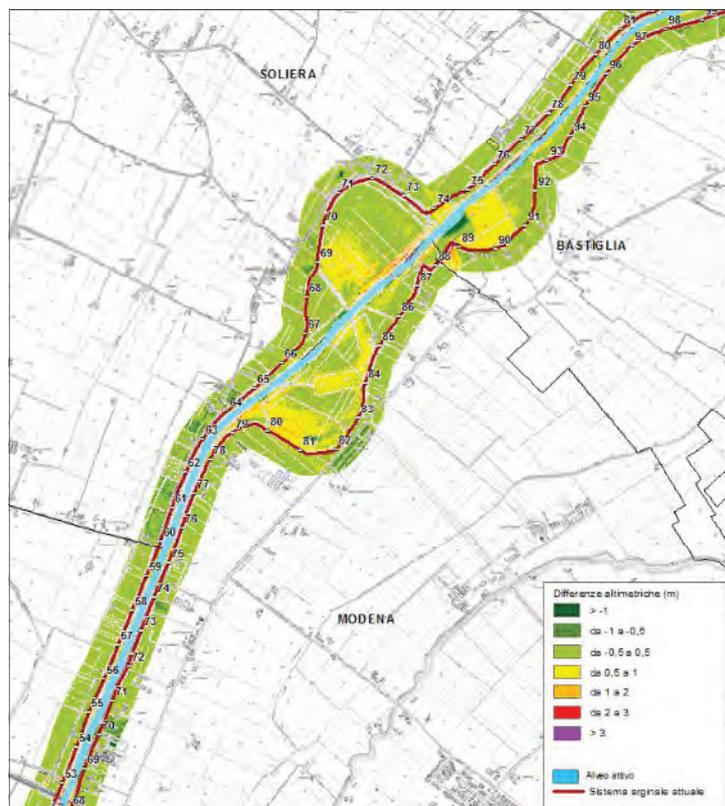


**Fig. 17** Realizzazione di una banca lato campagna lungo l'argine in destra in località C. Cantone



**Fig. 18** Fenomeni localizzati di erosione di sponda

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un sostanziale equilibrio delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015.



**Fig. 19** Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC04

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_04			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<u>0,44</u>	0,36	0,64	<b>0/11 IND. N.A.</b>
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<b>Media</b>	<b>Bassa</b>	<b>Elevata</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>

IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

N.A. = non applicato

Tab. 7 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC04

### 6.3 Tratto SC05

Il tratto si presenta ad andamento sinuoso (indice di sinuosità 1,28) a canale singolo, vincolato dal sistema arginale. Storicamente l'alveo presentava un andamento meandriforme che attraverso interventi di artificializzazione è stato in parte rettificato e contenuto dal sistema arginale.

Dall'analisi geomorfologica i fenomeni erosivi di sponda sono localizzati lungo le anse principali e in uscita dati tratti a maggior sinuosità. Particolari criticità si rilevano nei tratti in froldo in cui l'instabilità della scarpata può provocare fenomeni di arretramento delle sponde mettendo in pericolo la stabilità dei rilevati.

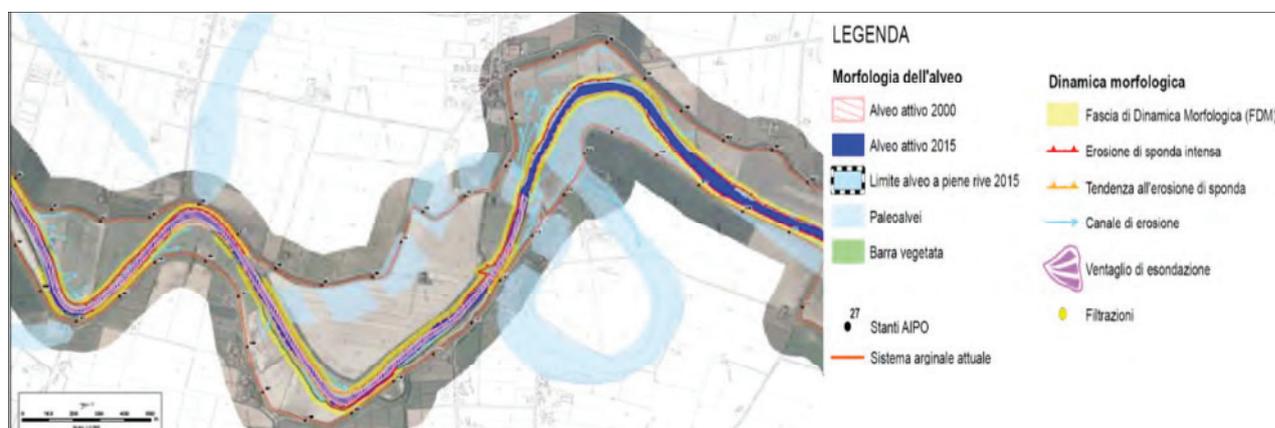


Fig. 20 Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

Le principali criticità sono legate a fenomeni di filtrazione dovuta alla permanenza di gradienti idrici dopo gli eventi di piena, tali da indurre dei moti di filtrazione attraverso la sezione arginale, come si è verificato nell'area golenale in destra idrografica all'altezza dello stante 105-107 a seguito dell'evento alluvionale del 2014.

In questo caso l'elevata pensilità della golenale e il fatto che essa risulti a drenaggio "impedito" sia perché il piano campagna è in contropendenza verso il rilevato sia per la presenza, a lato dell'alveo di magra, di un argine naturale formatosi nel corso degli eventi di piena.

Il fronte è posto in strada della Viazza, in località Casino Cavazzuti nel comune di Bomporto, in cui si sono osservate le venute d'acqua sia al piede del rilevato che in alcune porzioni ribassate della

campagna circostante, con particolare criticità dove l'argine è ubicato immediatamente a ridosso di alcuni fabbricati residenziali.

La problematica in esame è strettamente connessa all'inadeguatezza della sagoma del rilevato, risultato di numerosi e successivi ringrossi e sopralzi, comune a gran parte del sistema arginale del basso corso del fiume Secchia. Infatti, esso presenta un'altezza di circa 7.5 m con paramenti entrambi a pendenza poco inferiore all'1/2, privi di banche.



**Fig. 21** Infiltrazione lato campagna lungo l'argine in destra idrografica in località C. Cavazzuti

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un sostanziale equilibrio delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015, con locali innalzamenti inferiori al metro, nei settori a monte dell'attraversamento di Ponte Bacchello.

Anche dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica di un tratto fortemente sinuoso, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.

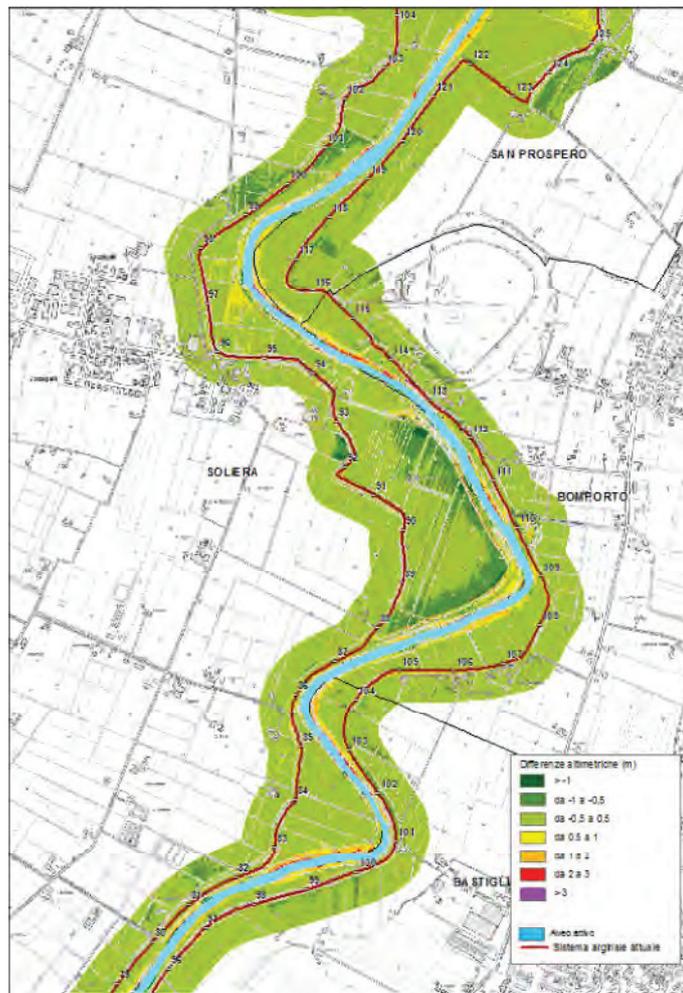


Fig. 22 Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC05

E' da segnalare che nel tratto lungo la sponda destra (stante 110) è presente l'opera di presa/scarico del Canale Fiumicello gestito dal Consorzio di Bonifica della Burana.

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_05			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<b>0,50</b>	0,42	0,72	<b>0/11 IND. N.A.</b>
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Elevata</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>

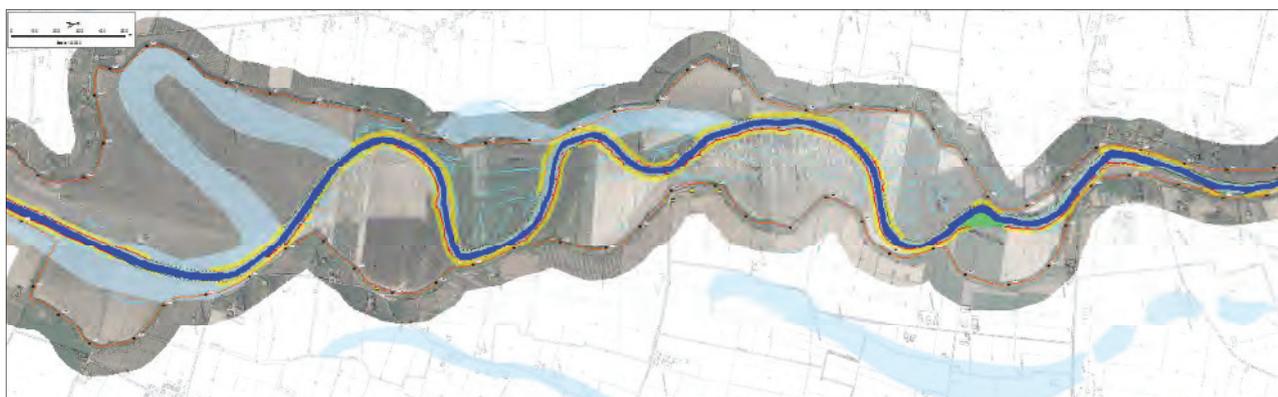
IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

N.A. = non applicato

Tab. 8 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC05

## 6.4 Tratto SC06

Il tratto si presenta sinuoso (indice di sinuosità = 1,38), a canale singolo, vincolato dal sistema arginale con alcuni tratti in froldo e presenza di aree golenali alternate lungo le sponde.



**Fig. 23** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

L'assetto attuale è il risultato del condizionamento antropico del corso d'acqua con presenza di rettificazione e taglio di meandro nella golenia in sinistra. Le variazioni di quota dei piani golenali obbligano il corso d'acqua ad alternare in battuta la sponda sinistra e destra, con fenomeni accentuati di erosione. Questo comporta un arretramento del limite di sponda e un avvicinamento al piede del sistema arginale.



**Fig. 24** Fenomeni di erosione di sponda nel tratto in esame

Fenomeni di filtrazione si sono verificati in destra idrografica all'altezza di C. Romani a San Prospero (intervento di jet grouting eseguito da AIPO nel tratto arginale da stante 131 a stante 133) e all'altezza di C. Gasparini, sempre nel Comune di San Prospero.



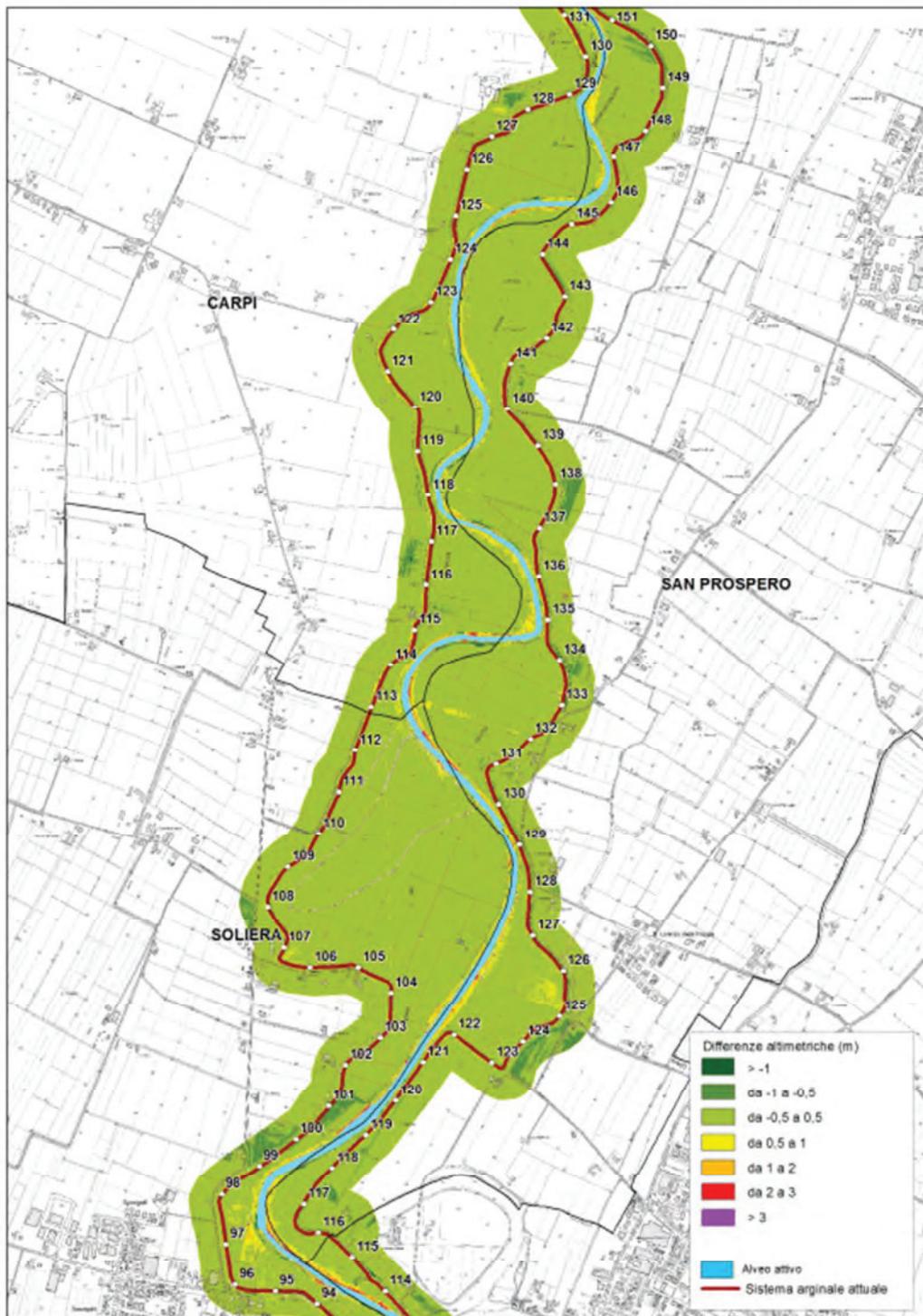
**Fig. 25 Filtrazione tratto di argine stante 131-133 lato campagna lungo la sede stradale a seguito evento alluvionale del 2014**

Tra lo stante 140 e 141 in dx la problematica, osservata in questa zona, è data dal fatto che, in occasione delle ultime piene si è verificata un'abbondante filtrazione attraverso il corpo arginale, con emergenze d'acqua lato campagna che hanno provocato anche l'allagamento dei campi retrostanti.

La sagoma arginale tipo di questo tratto si presenta con scarpata unica lato campagna a pendenza elevata spesso sostenuta da muri in cemento armato.

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un leggero innalzamento nel primo tratto da ponte Bacchello a stante delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015, con locali innalzamenti intorno al metro fino a ponte San Martino.

Dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica di un tratto fortemente sinuoso, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.



**Fig. 26** Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC06

Dall'analisi storica della variazione dei piani quotati golenali in sinistra idrografica una variazione di circa 1m delle golene nelle aree indicate in Fig. 27.



Fig. 27 Aree golenali con variazione del piano quotato rispetto agli anni 80' nel tratto SC06

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_06			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<u>0,57</u>	0,45	0,72	0/11 IND. N.A.
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<u>Media</u>	<u>Media</u>	<u>Elevata</u>	0/11 IND. N.A.

IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

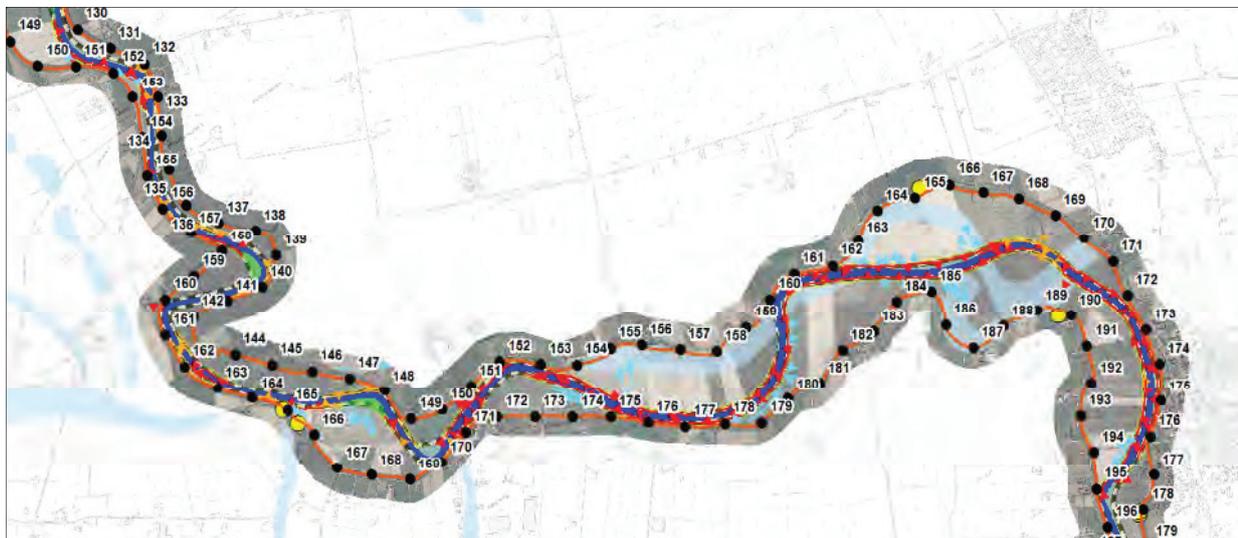
N.A. = non applicato

Tab. 9 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC06

## 6.5 Tratto SC07

Il corso d'acqua ha andamento sinuoso (indice sinuosità = 1,28) con anse accentuate e tratti in uscita sub rettilinei, condizionato a circa metà dall'attraversamento di Ponte Motta con un restringimento significativo della sezione d'alveo.

Sono presenti numerosi tratti di arginatura in froldo, soprattutto in corrispondenza dell'abitato di Rovereto, in sponda sinistra.



**Fig. 28** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

Le maggiori criticità sono legate a fenomeni di filtrazione che si sono evidenziati sia in sponda destra che sinistra (stante 165 – 166 in dx e in sx, e 189-190 in dx ) sia per la conformazione della sagoma arginale costituito da un rilevato di circa 9 m di altezza a scarpata unica lato campagna, che per l'assetto morfologico con restringimenti e fenomeni di erosione ed arretramento della sponda.

In destra idrografica AIPO ha eseguito in somma urgenza in seguito all'evento alluvionale 2014 degli interventi lungo l'argine in via Rebuttina, in località C: Michelini (stante 165 dx) con inserimento di palancole al piede del rilevato arginale.



**Fig. 29 Inserimento di palancole al piede del rilevato arginale in via Rebutina stante 165-166**

La problematica, osservata in questa zona è che, in occasione delle piene, si verificano fenomeni di filtrazione attraverso il corpo arginale, con emergenze d'acqua lato campagna lungo tutto il tratto in esame.

A riguardo, va considerato che il regime idrometrico del fiume Secchia recentemente ha subito significative modifiche con eventi di piena a maggiore frequenza che hanno comportato la presenza di un battente idrico contro l'arginatura a quote di almeno 5 m superiori rispetto a quelle della campagna circostante.



**Fig. 30 Imbancamento con sacchetti di sabbia eseguito al piede dell'argine in data 08/02/2014 in via Rebutina stante 165-166**

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra il 2008 e il 2015 non emergono variazioni significative del fondo alveo.

Dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica di un tratto fortemente sinuoso, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.

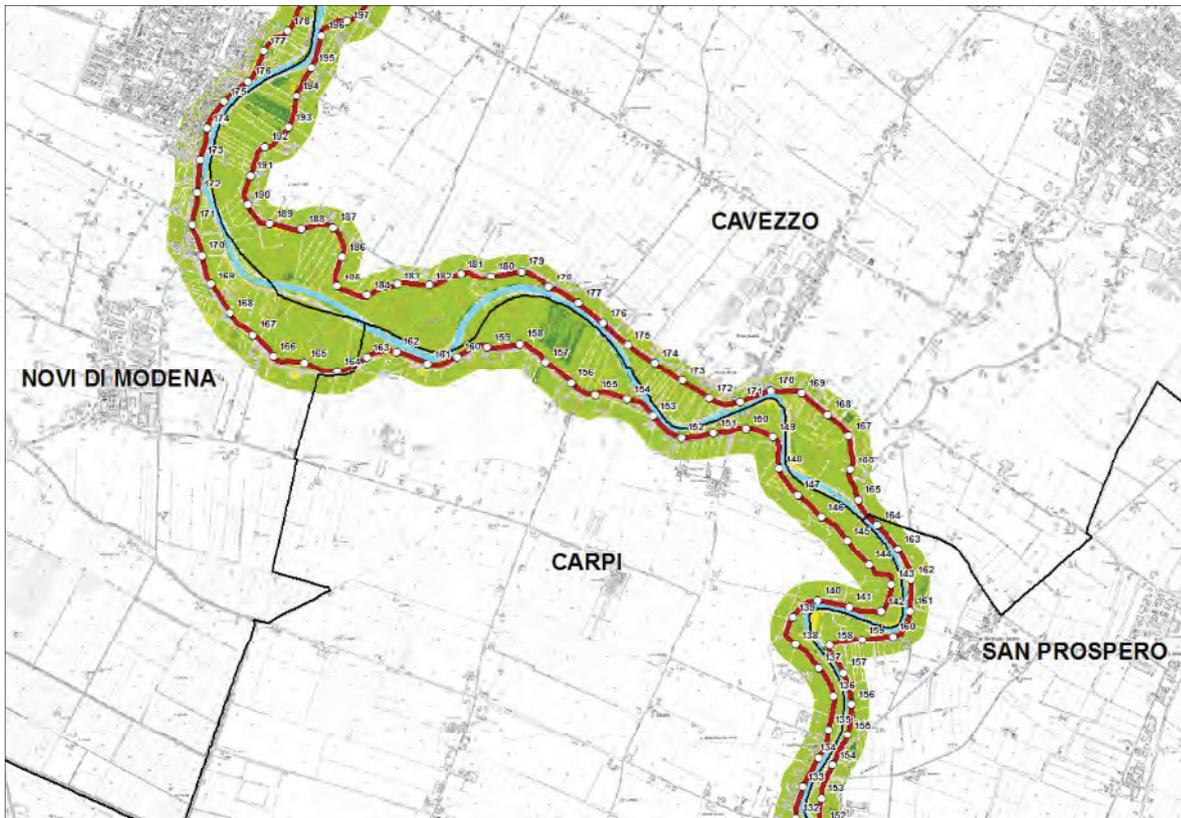


Fig. 31 Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC07

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_07			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<b>0,47</b>	<b>0,37</b>	<b>0,69</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<b>Media</b>	<b>Bassa</b>	<b>Elevata</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>

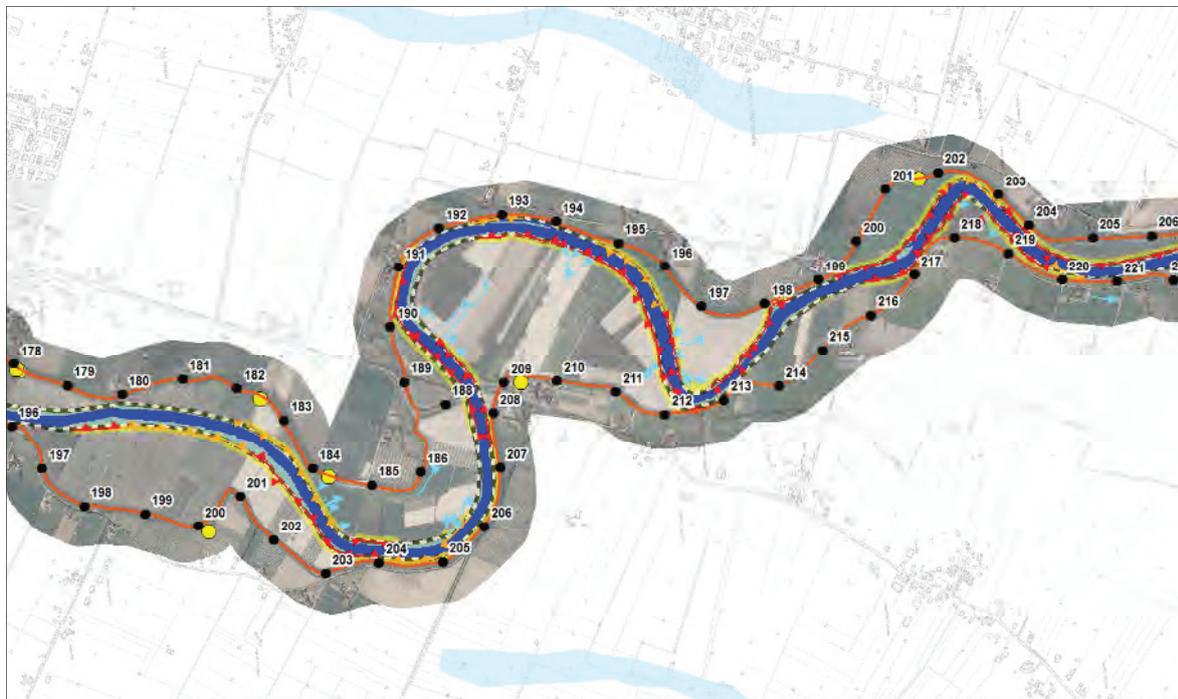
IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

N.A. = non applicato

Tab. 10 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC07

## 6.6 Tratto SC08

Il tratto ha andamento meandriforme (indice di sinuosità= 1,64), con 2 ampi meandri di cui il primo è caratterizzato dall'attraversamento del Ponte Pioppa; l'alveo si presenta a canale singolo incassato nella piana golenale, vincolata dal sistema arginale che rende l'alveo pensile rispetto al piano campagna circostante.



**Fig. 32 Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)**

La problematica principale è quella di filtrazione attraverso il corpo arginale, con emergenze d'acqua lato campagna lungo alcuni settori del tratto in esame.

Sono stati segnalati fenomeni di filtrazione in destra idrografica lungo gli stanti 200, da stante 209 al 210 in località Pioppa, mentre in sinistra agli stanti 178 dopo l'abitato di Rovereto, tra gli stanti 182-183, e 184, e tra gli stanti 201 e 202.

A seguito dell'evento alluvionale del 2014 si è intervenuto in somma urgenza a monte di Ponte Pioppa in sinistra idrografica e appena a valle, in destra idrografica, lungo l'abitato di Pioppa.

La zona in sinistra idrografica a monte di Ponte Motta in cui si sono osservate le venute d'acqua risulta molto ampia, anche se le fuoriuscite più preoccupanti, sia per portata, sia perché ubicate lungo il paramento e non al piede dell'argine, sono quelle che interessano la parte più a monte del settore di arginatura, tra le 2 rampe che consentono di salire sull'argine a partire dallo stradello.

Nel caso dell'abitato di Pioppa al fine di limitare i fenomeni di filtrazione è stato eseguito un intervento mediante il posizionamento al piede del rilevato di palancole nel tratto tra gli stanti 209-210.

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un leggero innalzamento delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015, con locali innalzamenti inferiori al metro, nei settori a valle dell'attraversamento di Ponte Pioppa.

Anche dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica di un tratto fortemente sinuoso, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.

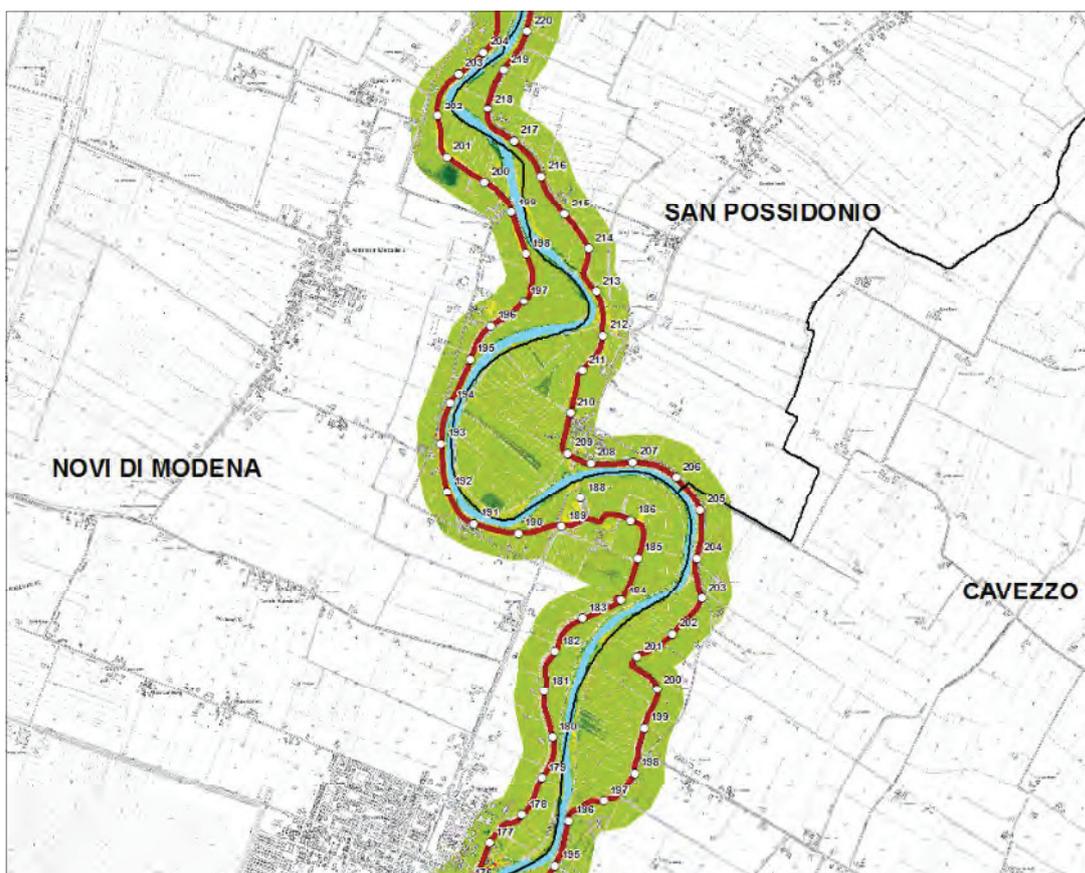


Fig. 33 Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC08

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_08			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<u>0,56</u>	0,46	0,75	0/11 IND. N.A.
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<u>Media</u>	<u>Media</u>	<u>Elevata</u>	0/11 IND. N.A.

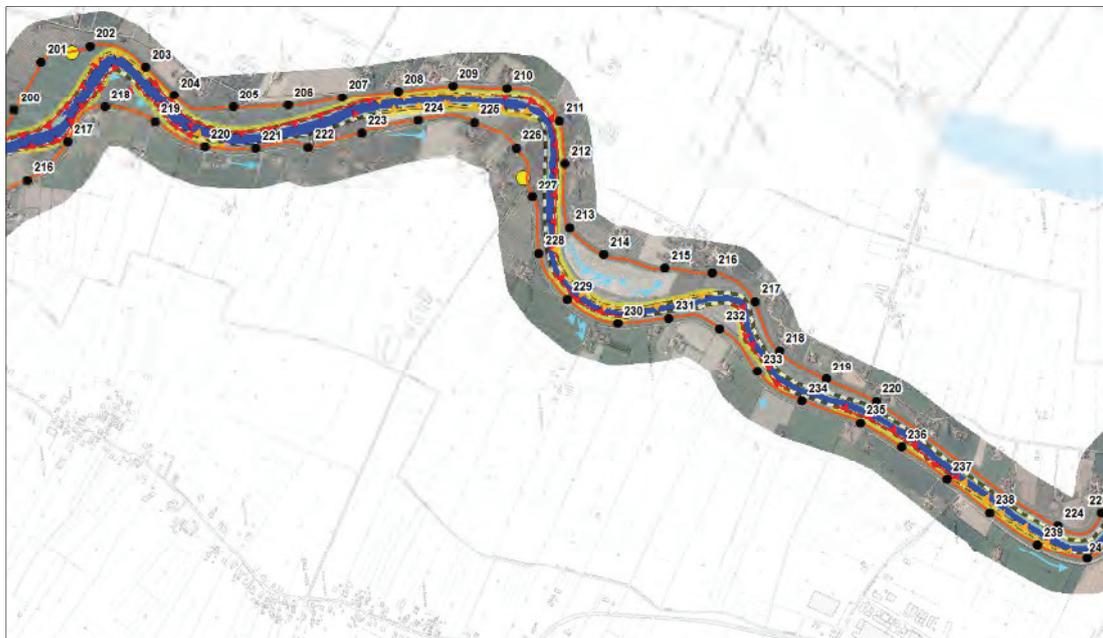
IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

N.A. = non applicato

Tab. 11 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC08

## 6.7 Tratto SC09

Il tratto si presenta a canale singolo debolmente sinuoso (indice di sinuosità pari a 1,14) con anse maggiormente accentuate nel primo settore e si presenta subrettilineo a monte dell'abitato di Concordia. Il tratto è stato fortemente artificializzato con un sensibile restringimento della sezione all'interno del sistema arginale che si presenta spesso in froldo.



**Fig. 34** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

Le problematiche principali sono legate alla stabilità dei rilevati arginali sia per fenomeni di filtrazione (stante 226-227 in destra) che per altezza delle sommità arginali prossime ai 10 m con scarpata unica di  $\frac{1}{2}$  sul lato campagna.

Qui il corso d'acqua si presenta pensile con dislivelli significativi dei piani golenali rispetto a quelli della pianura circostante. I fenomeni erosivi di sponda sono segnalati quasi con continuità su entrambe le sponde soprattutto lungo i tratti a maggior sinuosità, minacciando alcuni settori di arginature in froldo.

Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un sostanziale equilibrio delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015.

Anche dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica lungo le principali anse, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.

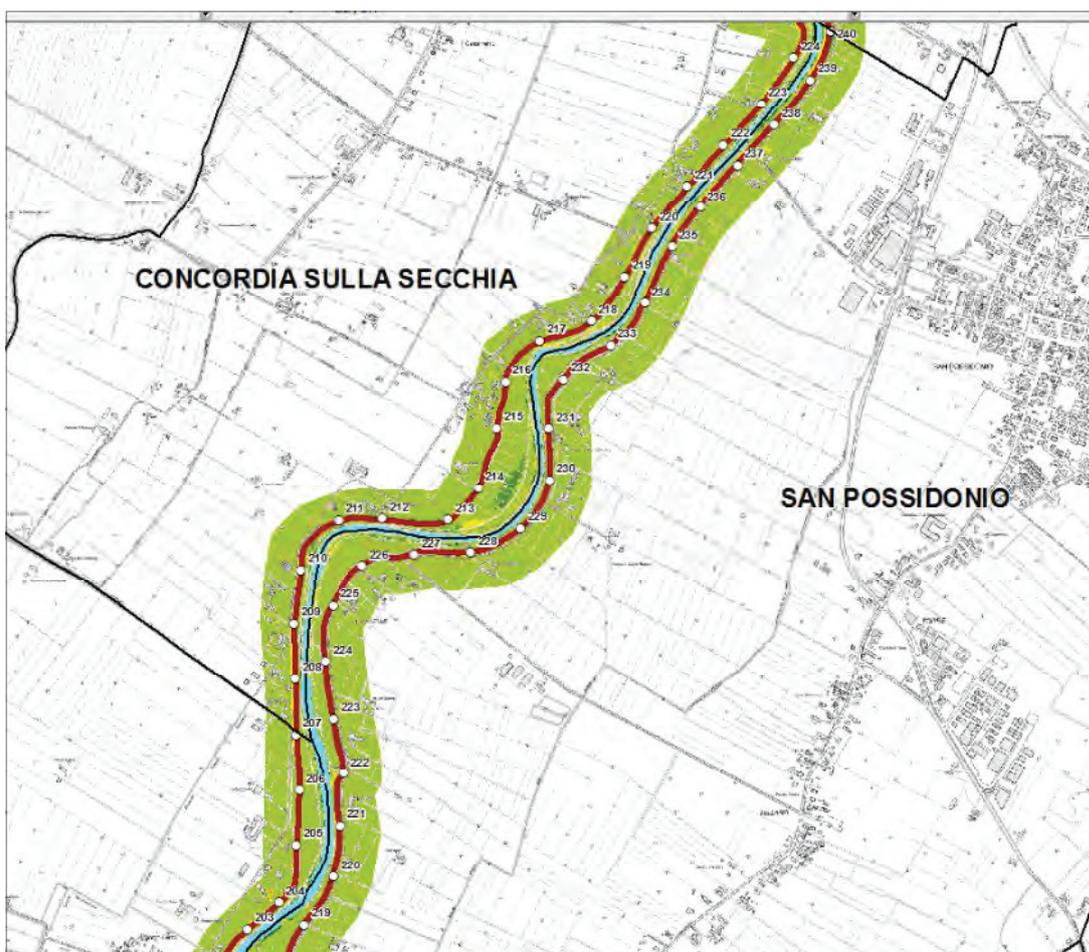


Fig. 35 Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC09

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA del tratto TR_SC_09			
INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
IDM	IDM <sub>min</sub>	IDM <sub>max</sub>	NOTE
<b>0,48</b>	<b>0,38</b>	<b>0,70</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>
CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA			
CLASSE <sub>med</sub>	CLASSE <sub>min</sub>	CLASSE <sub>max</sub>	NOTE
<b>Media</b>	<b>Bassa</b>	<b>Elevata</b>	<b>0/11 IND. N.A.</b>

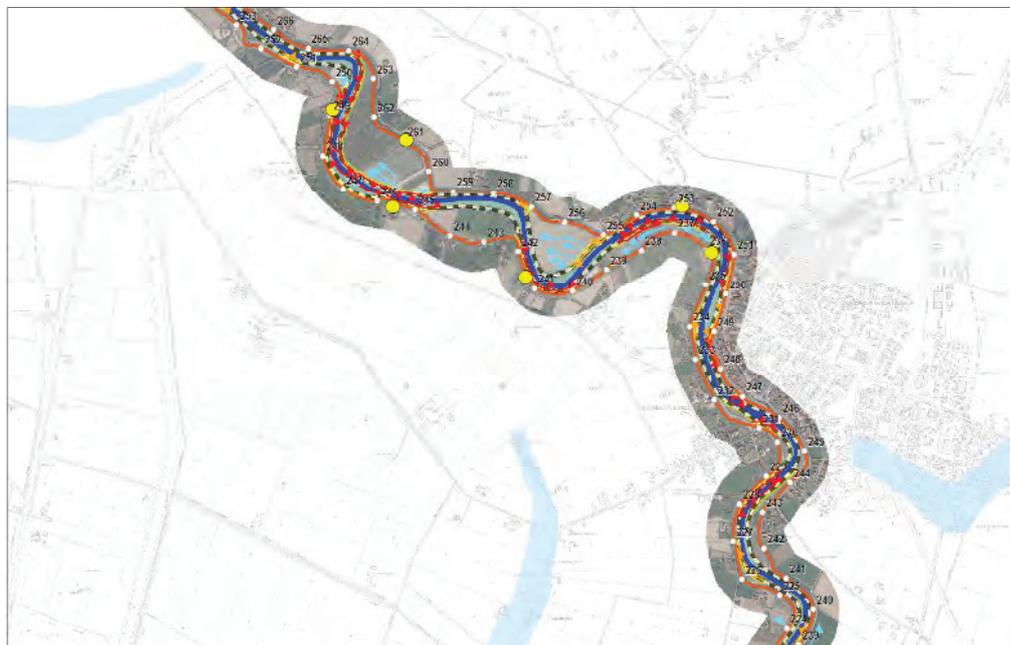
IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	Molto elevata

N.A. = non applicato

Tab. 12 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC09

## 6.8 Tratto SC10

L'ultimo tratto si presenta rettificato a debole sinuosità (indice di sinuosità pari a 1,41) a canale singolo, attraversa l'abitato di Concordia sulla Secchia per poi dirigersi in direzione nord-est fino al limite regionale.



**Fig. 28** Morfologia dell'alveo e dinamica morfologica nello stato attuale (ultimi 15 anni)

Numerosi sono i fenomeni di filtrazione e instabilità dei paramenti arginali soprattutto a valle del ponte di Concordia sulla Secchia. L'assetto morfologico delle aree golenali si presenta con piani quotati a differenti quote che costringono l'alveo attivo ad erodere maggiormente il settore con piano quotato ribassato rispetto alla sponda opposta, accentuando i fenomeni erosivi di sponda e arretramento con cedimenti della scarpata e della banca al piede del rilevato arginale.

In questo tratto a seguito delle segnalazioni AIPO e Protezione civile e dei sopralluoghi eseguiti si segnalano cedimenti in sinistra idrografica lungo gli stanti 228, 232-234, e 240-241.

In particolare agli stanti 228 e 233 si segnalano cedimenti del paramento del rilevato arginale lato fiume come da foto dei sopralluoghi eseguiti.



**Fig. 28** Cedimento paramento rilevato arginale lato fiume allo stante 228 in foto sx e allo stante 233, nell'immagine a destra

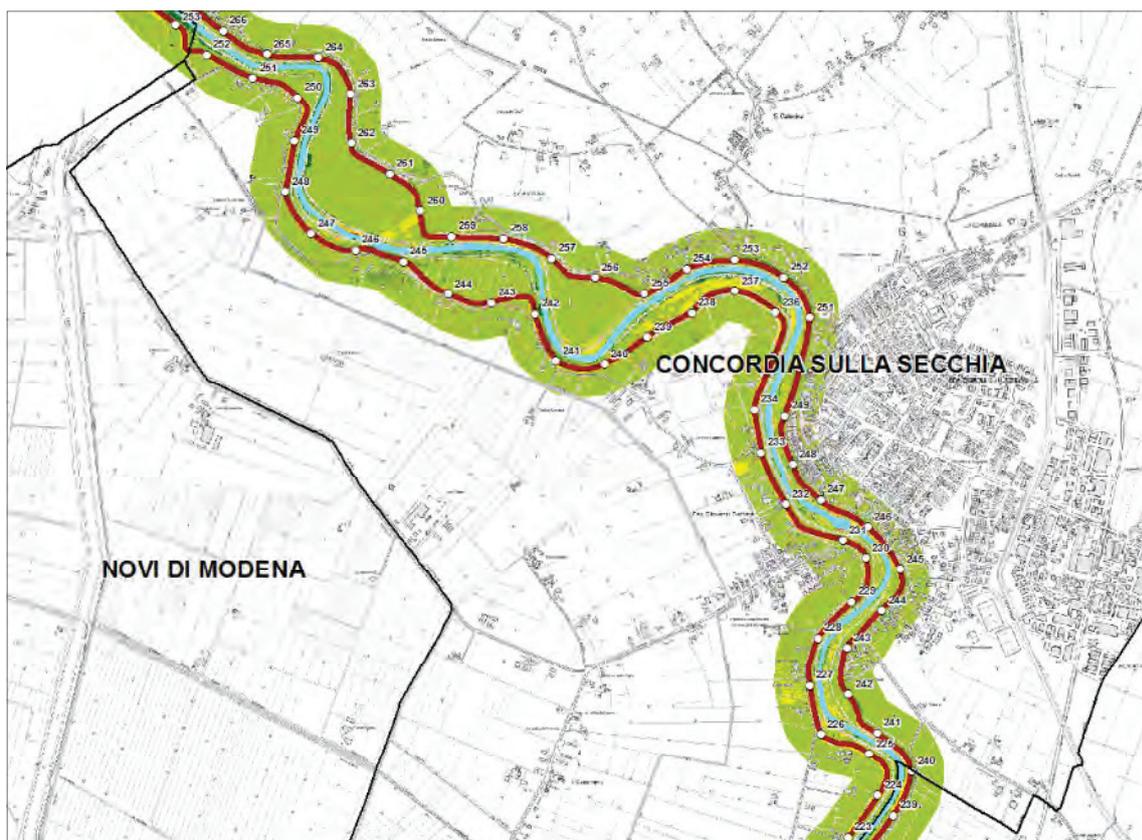
A seguito dell'evento 2014 in somma urgenza sono stati eseguiti interventi di ripristino della sponda con interventi di difese al piede mediante la realizzazione di scogliere nei tratti in sinistra idrografica agli stanti 241 -242 e 245-246.

Per lo stante 240 -241 sempre in sinistra idrografica, si segnala il cedimento della banca lato fiume al piede del rilevato arginale appena a monte dell'intervento di difesa spondale tramite scogliera a seguito dell'evento alluvionale 2014.



Dall'analisi e confronto dei profili longitudinali di thalweg tra i vari anni emerge un sostanziale equilibrio delle quote di fondo alveo dal 2002 in confronto al rilievo del 2015.

Anche dall'analisi delle differenze altimetriche tra i rilievi lidar 2008 e 2015 non si presentano situazioni di particolare accumulo di sedimenti, a parte la normale dinamica morfologica lungo le principali anse, con erosioni e sedimentazione localizzata lungo i tratti concavi e convessi.



**Fig. 36** Differenze altimetriche tra il rilievo LIDAR 2015 e il rilievo LIDAR 2008 nel tratto omogeneo SC10

L'indice di dinamica morfologica calcolato secondo la metodologia IDRAIM-IDM ricade in classe di dinamica morfologica media.

<b>INDICI E CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
<b>del tratto TR_SC_10</b>			
<b>INDICI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
<b>IDM</b>	<b>IDM<sub>min</sub></b>	<b>IDM<sub>max</sub></b>	<b>NOTE</b>
<b><i>0,48</i></b>	<b><i>0,38</i></b>	<b><i>0,70</i></b>	<b><i>0/11 IND. N.A.</i></b>
<b>CLASSI DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>			
<b>CLASSE<sub>med</sub></b>	<b>CLASSE<sub>min</sub></b>	<b>CLASSE<sub>max</sub></b>	<b>NOTE</b>
<b><i>Media</i></b>	<b><i>Bassa</i></b>	<b><i>Elevata</i></b>	<b><i>0/11 IND. N.A.</i></b>

<b>IDM</b>	<b>CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA</b>
$0.0 \leq IDM < 0.2$	<i>Molto bassa</i>
$0.2 \leq IDM < 0.4$	<i>Bassa</i>
$0.4 \leq IDM < 0.6$	<i>Media</i>
$0.6 \leq IDM < 0.8$	<i>Elevata</i>
$0.8 \leq IDM \leq 1.0$	<i>Molto elevata</i>

N.A. = non applicato

Tab. 13 Classi di dinamica morfologica (Scheda di Valutazione della dinamica morfologica –IDM – IDRAIM) per il tratto SC10