



## unione comuni garfagnana provincia di lucca

comuni di: camporgiano, careggine, castelnuovo di garfagnana, castiglione di garfagnana, fosciandora, galliciano, minucciano, molazzana, piazza al serchio, pieve fosciana, san romano in garfagnana, sillano giuncugnano, fabbriche di vergemoli, villa collemandina

PRESIDENTE  
Nicola Poli

SEGRETARIO GENERALE  
Francesco Pinagli

SERVIZIO PIANIFICAZIONE INTERCOMUNALE  
Marcello Bernardini - RUP  
Chiara Rossi

GARANTE DELL'INFORMAZIONE  
E DELLA PARTECIPAZIONE  
Enzo Coltelli

# piano strutturale intercomunale

**rel.I1 - relazione metodologica idraulica** all. A - DPGR 53R/2011

Modificata a seguito delle osservazioni del Genio Civile

PROGETTO URBANISTICO E VAS  
Riccardo Luca Breschi - coordinatore  
Giannino Biaggini  
Benedetta Biaggini  
Andrea Giraldi

STUDI GEOLOGICI  
Gaddo Mannori  
Alessandra Mucci

STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI  
Paolo Barsotti

STUDI AGRONOMICI E FORESTALI  
Edoardo Viti  
Andrea Fedi

ASPETTI SOCIOECONOMICI  
Claudio Salvucci  
Daniele Mirani

ASPETTI GIURIDICI  
Guido Giovannelli



|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SOMMARIO .....                                                                                                       | 1  |
| 1   PREMESSA .....                                                                                                   | 2  |
| 2   CONTROLLO PERIMETRAZIONE AREE.....                                                                               | 3  |
| 3   STUDIO DELLE DINAMICHE DI TRASPORTO SOLIDO.....                                                                  | 4  |
| 3.1   Classificazione di dinamica d’evento (CDE).....                                                                | 4  |
| 3.1.1   Generalità.....                                                                                              | 4  |
| 3.1.2   Valutazione della CDE .....                                                                                  | 5  |
| 3.2   Analisi CDE sui corsi d’acqua già modellati idraulicamente .....                                               | 6  |
| 3.2.1   Analisi CDE Fosso Focchia e fosso Fornacchio (Comune di Camporgiano) .....                                   | 6  |
| 3.2.1   Analisi CDE del sistema Mandria-Capanne (Comune di Galliciano).....                                          | 7  |
| 3.2.2   Analisi CDE del sistema della Fredda e Piastraio (Comune di Galliciano) .....                                | 9  |
| 3.2.3   Analisi CDE Fosso Canalaccio e fosso di Liscia (Comune di Castelnuovo Garfagnana) .....                      | 13 |
| 3.3   Analisi CDE sui corsi d’acqua NON modellati idraulicamente.....                                                | 14 |
| 3.3.1   Analisi CDE Fosso Cavatina, Montese, Erchio e affluente dell’Erchio (Comune di Castelnuovo Garfagnana) ..... | 14 |
| 3.3.2   Analisi CDE Fosso in loc. Casavecchia e Fucina (Comune di Galliciano).....                                   | 15 |
| 3.3.3   Analisi CDE Fosso in loc. San Michele (Comune di Piazza al Serchio).....                                     | 17 |
| 3.3.4   Analisi CDE Fosso Materceta, Fosso Liscone e Fosso Calcinaia (Comune di Camporgiano) .                       | 18 |
| 3.4   Analisi CDE sui corsi d’acqua studiati nei SU .....                                                            | 20 |
| 3.4.1   Analisi CDE Fosso di Grignetola, Pasquigliora e Perdonica (Comune di Castelnuovo Garfagnana) .....           | 20 |
| 3.5   Amplificazione della portata liquida durante un evento .....                                                   | 23 |
| 4   RISULTATI OTTENUTI.....                                                                                          | 25 |

## **1 PREMESSA**

A seguito della lettera di parere espressa dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (nota vs. prot. 2988/6030 del 1/12/2017) si riportano di seguito gli approfondimenti di carattere idraulico richiesti. E' opportuno far presente che il presente elaborato integra e non sostituisce la relazione metodologica idraulica pubblicata a supporto del Piano Strutturale Intercomunale.

## **2 CONTROLLO PERIMETRAZIONE AREE**

Sono stati controllati e recepiti i perimetri della “Variante al Regolamento Urbanistico” del comune di Galliciano relativa alle UTOE Galliciano, Cardoso, Bolognana e Ponte di Campia/La Barca (approvata il 03.12.2013).

### 3 STUDIO DELLE DINAMICHE DI TRASPORTO SOLIDO

Come richiesto nella comunicazione dell'Autorità di Bacino, la presente relazione contiene gli approfondimenti in merito alla propensione all'innescio di fenomeni di trasporto solido e/o debris-flow in occasione di eventi alluvionali per i seguenti corsi d'acqua:

| N. | Corsi d'acqua modellati idraulicamente     |
|----|--------------------------------------------|
| 1  | Fosso Piastraio                            |
| 2  | Fosso della Fredda                         |
| 3  | Fosso della Mandria                        |
| 4  | Affluente del fosso della Mandria          |
| 5  | Fosso delle Capanne                        |
| 6  | Fosso Canalaccio                           |
| 7  | Fosso della Liscia                         |
| 8  | Fosso Fornacchio                           |
| 9  | Fosso Focchia                              |
| N. | Corsi d'acqua NON modellati idraulicamente |
| 10 | Fosso in loc. Casavecchia                  |
| 11 | Fosso Fucina                               |
| 12 | Fosso Cavatina                             |
| 13 | Fosso Montese                              |
| 14 | Fosso Erchio                               |
| 15 | Fosso minore del Fosso Erchio              |
| 16 | Fosso in loc. San Michele                  |
| 17 | Fosso Materceta                            |
| 18 | Fosso Liscone                              |
| 19 | Fosso Calcinaia                            |
| N. | Corsi d'acqua studiati negli SU            |
| 20 | Fosso Pasquigliora                         |
| 21 | Fosso Perdonica                            |
| 22 | Fosso Grignetola                           |

Tabella 3-1– Corsi d'acqua oggetto di approfondimenti sul trasporto solido

In accordo con quanto riportato nell'allegato 5 della disciplina di piano (*Linee guida per le attività di approfondimento conoscitivo delle condizioni di pericolosità in contesti di particolare fragilità idraulica e idro-geomorfologica*<sup>1</sup>), le valutazioni sul trasporto solido sono state fatte considerando le condizioni morfologico-topografiche locali e le testimonianze e/o le notizie storiche, ma anche attraverso le indicazioni riportate nel manuale “Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua - IDRAIM” redatto dall'ISPRA, nel quale vengono dettati i principi per la gestione dei corsi d'acqua e dei processi geomorfologici associati (classificazione della dinamica di evento – CDE e stime di pericolosità in ambito di conoide).

Di seguito pertanto viene analizzata la propensione dei suddetti corsi d'acqua a manifestare variazioni morfologiche, attraverso la Classificazione di Dinamica d'Evento (CDE) così come definita al par. 8.4.2 del suddetto manuale.

#### 3.1 Classificazione di dinamica d'evento (CDE)

##### 3.1.1 Generalità

La classificazione della dinamica di evento (CDE) intende sintetizzare l'attitudine di un certo tratto di reticolo idrografico a manifestare delle variazioni del contorno fisico del flusso in risposta ai processi di

<sup>1</sup> E' significativo far presente che le linee guida in questione sono state pubblicate nel Maggio 2018 e quindi a seguito della consegna del primo studio idraulico redatto dallo scrivente a supporto del Piano Intercomunale adottato dall'Unione dei Comuni.

trasporto di sedimento e di materiale legnoso attesi per l'evento di riferimento. Le variazioni morfologiche si presentano a scala temporale dell'evento, e, nonostante il breve lasso di tempo durante il quale avvengono, possono essere di notevole entità e rappresentano, nella maggior parte dei casi, la principale causa di pericolosità idraulica.

Oltre alle variazioni morfologiche in senso stretto, la CDE intende valutare anche la possibilità che si verifichino variazioni di capacità di portata (ovvero variazioni di area bagnata e/o di scabrezza idraulica) le quali anche se localizzate, possono generare grandi conseguenze in termini di aree inondate, fino a determinare vere e proprie avulsioni (ossia modifiche sostanziali nel tracciato del corso d'acqua). Questi fenomeni si realizzano tipicamente a seguito dell'occlusione di luci di attraversamenti (ponti, tombinature) ma anche di sezioni trasversali naturalmente ridotte, primariamente da parte di materiale legnoso, con spesso la successiva partecipazione del sedimento trasportato al fondo. Nei piccoli alvei montani, le occlusioni di tombinature possono anche essere dovute solamente a processi di trasporto di sedimento molto grossolano.

Fermo restando che con questo procedimento non si intende valutare il verificarsi o meno di esondazioni, la CDE ha lo scopo di identificare i tratti dove i processi di variazione del contorno fisico dell'alveo siano ritenuti più rilevanti, al fine di eseguire modellazioni idrauliche e morfodinamiche più aderenti alla realtà dell'evento previsto e di valutarne criticamente i risultati.

Se quindi per la valutazione dei processi di esondazione è necessaria una modellazione numerica, il CDE rappresenta lo strumento geomorfologico per l'individuazione delle porzioni di reticolo idrografico dove la dinamica d'alveo può risultare particolarmente elevata alla scala temporale dell'evento di piena. Oltre a consentire una più efficace modellazione idraulica e quindi previsione dei processi di esondazione, la CDE ha lo scopo di fornire indicazioni relative alla pericolosità geomorfologica, comunemente non considerata nella definizione del rischio idraulico. La pericolosità derivante dalla dinamica d'alveo (ad esempio forti arretramenti delle sponde o erosione al piede dei versanti con innesco di fenomeni gravitativi) è certamente rilevante in molti contesti, e in alcuni più rilevante della pericolosità da esondazione (ad esempio in corsi d'acqua di piccole-medie dimensioni in ambito montano-collinare come nel nostro caso).

### 3.1.2 Valutazione della CDE

La classificazione della dinamica di evento lungo un tratto viene determinata tramite una procedura guidata che consta di due fasi:

1. valutazione delle variazioni morfologiche attese durante l'evento (con due procedure distinte per tratti confinati/semiconfinati e tratti non confinati o in conoide);
2. valutazione della probabilità che si verifichino occlusioni in corrispondenza di sezioni critiche da parte di materiale legnoso (procedura unica per tutte le tipologie).

L'incrocio delle due fasi di valutazione porta alla determinazione della classe di dinamica di evento secondo la Tabella 3-2.

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-2- Classificazione della Dinamica di Evento (4 classi, da “molto elevata” a “bassa”) ottenuta in base all’incrocio tra entità delle variazioni morfologiche e probabilità che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

L’analisi morfologica dei bacini di tutti i corsi d’acqua riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, ha evidenziato che tutti i corsi d’acqua possono essere considerati confinati o semi-confinati con tratti in conoide.

Per la Classificazione Dinamica di Evento quindi sono state considerate le linee guida alle risposte riportate nell’Appendice 7 del manuale redatto dall’ISPRA redatta appositamente per questa tipologia di corso d’acqua considerando per tutti i corsi analizzati un’alta probabilità che si verifichino occlusioni.

### 3.2 Analisi CDE sui corsi d’acqua già modellati idraulicamente

#### 3.2.1 Analisi CDE Fosso Focchia e fosso Fornacchio (Comune di Camporgiano)

L’analisi CDE per i due corsi d’acqua in oggetto, Rio Focchia e Rio Fornacchio, è stata fatta valutando l’intero tratto, da monte fino allo sbocco a valle nel fiume Serchio.

Dal punto di vista geologico, nel tratto di monte, i due bacini si impostano su terreni litoidi costituiti da arenarie e argilliti appartenenti alla formazione toscana (Macigno e Scaglia rossa) mentre da metà tratto fino alla confluenza nel fiume Serchio, si ha la presenza quasi continua di depositi di frana quiescente e frane attive.

L’analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all’interno dei due bacini esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell’appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-3) ai due corsi d’acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da “molto forte” (I) a “forte” (II)

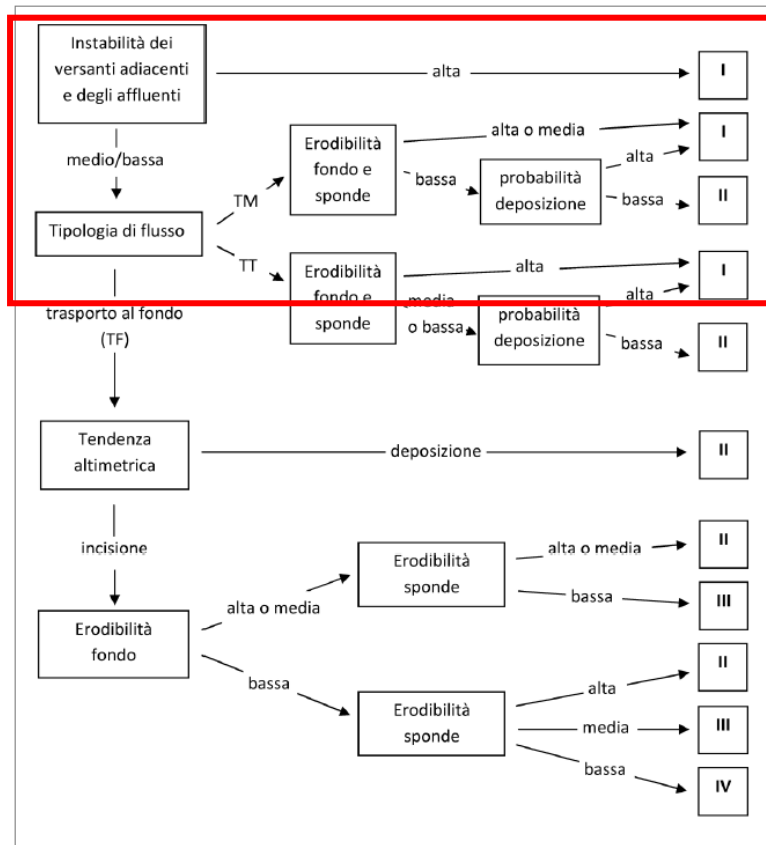


Tabella 3-3 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, fa ricadere entrambi i corsi d'acqua in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-4 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.2.1 Analisi CDE del sistema Mandria-Capanne (Comune di Galliciano)

Il sistema è formato da una serie di corsi d'acqua minori che confluiscono uno nell'altro prima di immettersi nel fiume Serchio. Per questo sistema si hanno notizie di fenomeni calamitosi che hanno colpito l'area nel recente passato ma anche nel passato remoto: l'ultimo episodio risale al 2014, ma si segnalano eventi relativi a precedenti epoche storiche (Figura 1).



*Figura 1 – Evento calamitoso dell'anno 2014*

L'analisi CDE per il sistema dei Fossi Rio della Mandria e Rio Capanne, è stata fatta valutando l'intero tratto, da monte fino alla loro immissione nel canale del Botto.

Dal punto di vista geologico la maggior parte del bacino di tale sistema idrografico si sviluppa sui Calcari grigio scuri con selci nere (CS2). Solo nella parte apicale si ha l'affioramento della Formazione della Maiolica ed in subordine della Scaglia Toscana. Lungo i versanti dei tre corsi d'acqua costituenti il sistema in oggetto si ha la presenza di numerose frane, sia attive che quiescenti, e numerosi corpi detritici.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all'interno dei due bacini esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-5) ai tre corsi d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II)

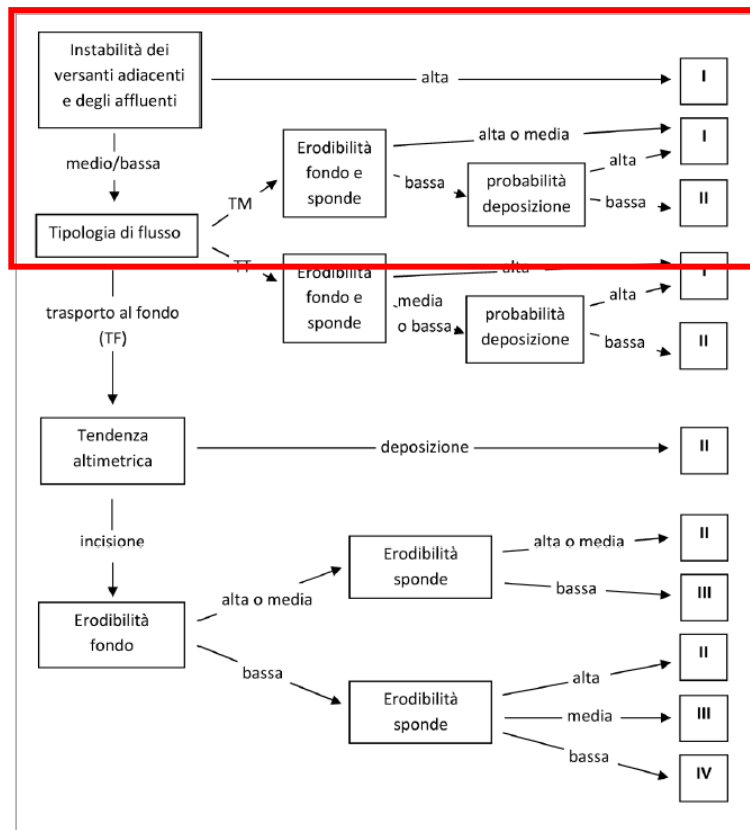


Tabella 3-5 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

Considerando un'alta probabilità che si verifichino occlusioni, i corsi d'acqua in oggetto vengono quindi classificati in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-6 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.2.2 Analisi CDE del sistema della Fredda e Piastraio (Comune di Galliciano)

I due corsi d'acqua in oggetto sono ubicati subito a sud del nucleo principale di Galliciano e sono caratterizzati da impluvi pronunciati che confluiscono, nella zona di fondo valle, nel fiume Serchio. Il

sopralluogo ha mostrato come i corsi d'acqua siano caratterizzati da vegetazione invasiva in alveo, soprattutto a monte degli attraversamenti della strada provinciale.

Dal punto di vista geologico il bacino dei due corsi d'acqua si sviluppa interamente sulle unità della Falda Toscana, qui in successione diretta che, da monte verso valle, è rappresentata dalla Formazione della Scaglia Rossa, costituita da argilliti rosse e marne varicolori con intercalazioni di calcilutiti, calcareniti e localmente conglomerati poligenici (sc), dalla Formazione della Maiolica formata da calcari selciferi a grana fine bianchi e grigi (mac) e dalla Formazione dei Diaspri costituita da radiolariti e argilliti silicee varicolori sottilmente stratificate (di). Lungo i versanti dei due corsi d'acqua si ha la presenza di alcune frane, principalmente quiescenti, e numerosi corpi detritici potenzialmente instabili.

I tratti finali del Canale della Fredda e del rio Piastraio scorrono su conoide. Per questo, l'analisi della CDE verrà eseguita su due tratti con le diverse modalità richieste nell'Allegato 7.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all'interno dei due bacini esiste una probabilità medio-bassa che durante un evento di piena, si innescino fenomeni di versante causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido. In funzione della geologia affiorante e della forte pendenza del tratto analizzato (ca. 16°) il trasporto può essere considerato di tipo transizionale (TT, piena di detrito o flussi iperconcentrati), l'erosibilità fondo e sponde di classe bassa e la probabilità di deposizione bassa.

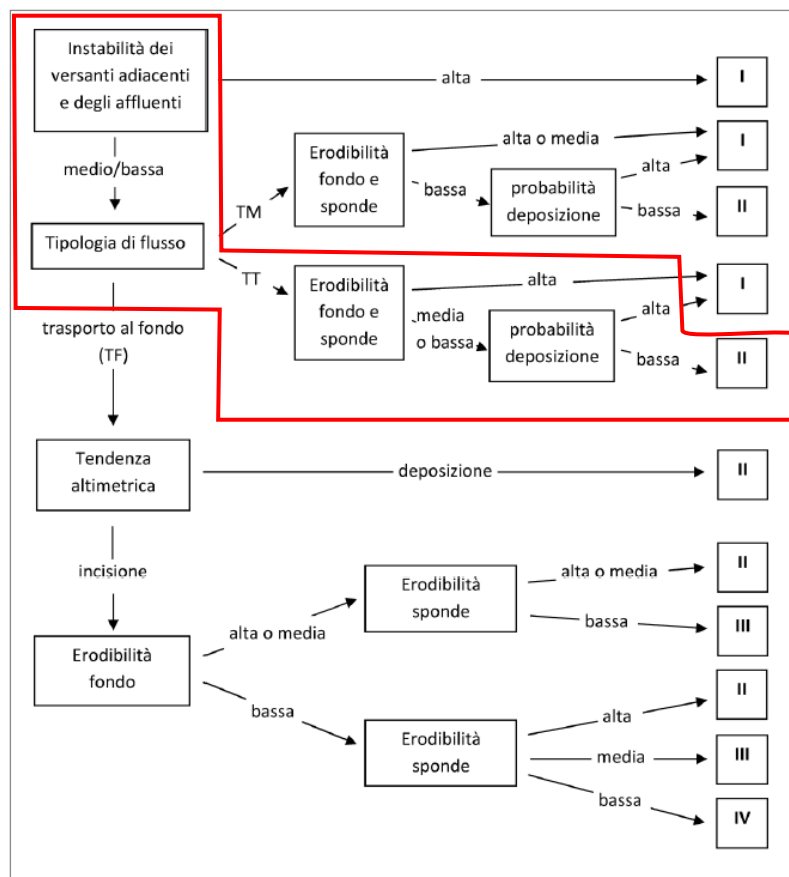


Tabella 3-7- Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

Considerando un'alta probabilità che si verifichino occlusioni, i corsi d'acqua in oggetto vengono quindi classificati in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si

attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-8 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

I tratti finali del canale della Fredda e del canale Piastraio scorrono, come detto, su conoide e pertanto, per quest'ultimo tratto, sono state fatte considerazioni secondo la classificazione della tabella A7.6 riguardante proprio le conoidi secondo le seguenti procedure:

1. definire la tipologia di flusso prevalente che caratterizza il tratto in conoide;
2. valutazione delle opere presenti sul conoide (e a monte) e la loro efficacia.

| VARIAZIONI MORFOLOGICHE SU CONOIDE                                                           | CARATTERISTICHE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Molto forti (I)</b><br>(variazioni associate ad avulsione)                                | Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> , in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Forti (II)</b><br>(variazioni associate ad avulsione o ad erosione laterale molto estesa) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute di bassa efficacia</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Medie (III)</b><br>(variazioni associate ad erosione laterale estesa)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute di media efficacia</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con opere ritenute di media efficacia tali da contrastare sia una possibile avulsione che l'erosione laterale</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con un grado significativo d'incisione dell'alveo ed opere di media efficacia nel contrastare l'erosione laterale</li> </ul> |
| <b>Lievi (IV)</b><br>(variazioni associate ad erosione laterale localizzata)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute molto efficaci</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con opere ritenute di elevata efficacia tali da contrastare sia una possibile avulsione che l'erosione laterale</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con un grado significativo d'incisione dell'alveo ed opere di elevata efficacia nel contrastare l'erosione laterale</li> </ul> |

Tabella 3-9 – Tabella A7.6 dell'Appendice “Variazioni morfologiche attese nel caso di tratti non confinati su conoide.

La definizione della tipologia di flusso è stata fatta considerando il “metodo morfometrico”. Tale metodo si basa sulla relazione empirica, osservata in molti contesti geografici, tra gli indici morfometrici del bacino e quelli del conoide e la tipologia del trasporto solido nel corso d'acqua principale di tale bacino. Infatti

si è osservato che un corso d'acqua soggetto a processi di colata detritica tende a costruire conoidi con pendenze più elevate rispetto a quelli derivanti da trasporto al fondo.

In particolare la classificazione si basa sulla pendenza media del conoide e sul numero di Melton del bacino, secondo la seguente formula:

$$Me = \frac{H_{max} - H_0}{\sqrt{A}}$$

con: Me numero di Melton;  $H_{max}$  quota massima del bacino;  $H_0$  quota dell'apice del conoide; A area drenata del bacino in m<sup>2</sup>.

Nel nostro caso si ha:

|                             | CANALE DELLA FREDDA | CANALE PIASTRAIO |
|-----------------------------|---------------------|------------------|
| H <sub>max</sub><br>(m slm) | 965                 | 480              |
| H <sub>0</sub><br>(m slm)   | 228                 | 228              |
| A<br>(m <sup>2</sup> )      | 793000              | 114000           |
| <i>Me</i>                   | <b>0.828</b>        | <b>0.748</b>     |

I valori di indice di melton in funzione della pendenza sono stati inseriti nel grafico di Figura 3.2 (da Armanini et alii., 1996) nel quale, vengono divisi i bacini soggetti a colata detritica da quelli soggetti a trasporto di fondo (incluse le piene di detrito).

Entrambi i corsi d'acqua rientrano all'interno di conoidi da colate detritiche.

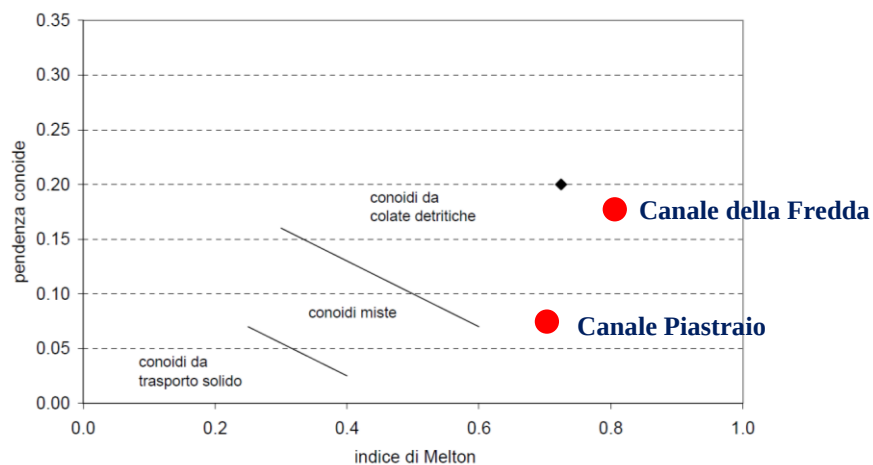


Figura 3.2 – Valutazione della predisposizione alla formazione di colate detritiche con l'indice di Melton.

Considerando che nell'area non ci sono opere di messa in sicurezza, i due corsi d'acqua possono essere classificati in classe di variazione morfologica su conoide MOLTO FORTE (I) corrispondenti a *Conoidi da trasporto transizionale o trasporto in massa in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci* (Tabella 3-9).

### 3.2.3 Analisi CDE Fosso Canalaccio e fosso di Liscia (Comune di Castelnuovo Garfagnana)

I due corsi d'acqua in oggetto appartengono al reticolo minore afferente alla Turrice Secca e interessano la parte orientale dell'abitato di Castelnuovo Garfagnana che nel recente passato è stato interessato da eventi alluvionali proprio a causa della loro esondazione.

Le dinamiche riscontrate sono simili a quelle precedentemente rilevate, ovvero caratterizzate da criticità legate al trasporto solido della corrente e all'interazione con gli interventi antropici delle zone urbanizzate.

Dal punto di vista geologico i bacini dei due corsi d'acqua sono impostati sulla Successione Toscana ed in particolare dalle seguenti formazioni litoidi: Arenarie di Monte Modino (aM), Argilliti di Fiumalbo (fP<sub>1</sub>) e Macigno (mc). Inoltre, in prossimità del loro sbocco nel fondovalle, si ha la presenza di depositi di origine fluvio-lacustre composti da ciottoli prevalentemente di origine arenacia (macigno). Lungo i versanti dei due corsi d'acqua si ha, inoltre, la presenza di numerose frane, sia attive che quiescenti, e di numerosi corpi detritici.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all'interno dei due bacini esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-10) ai due corsi d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II)

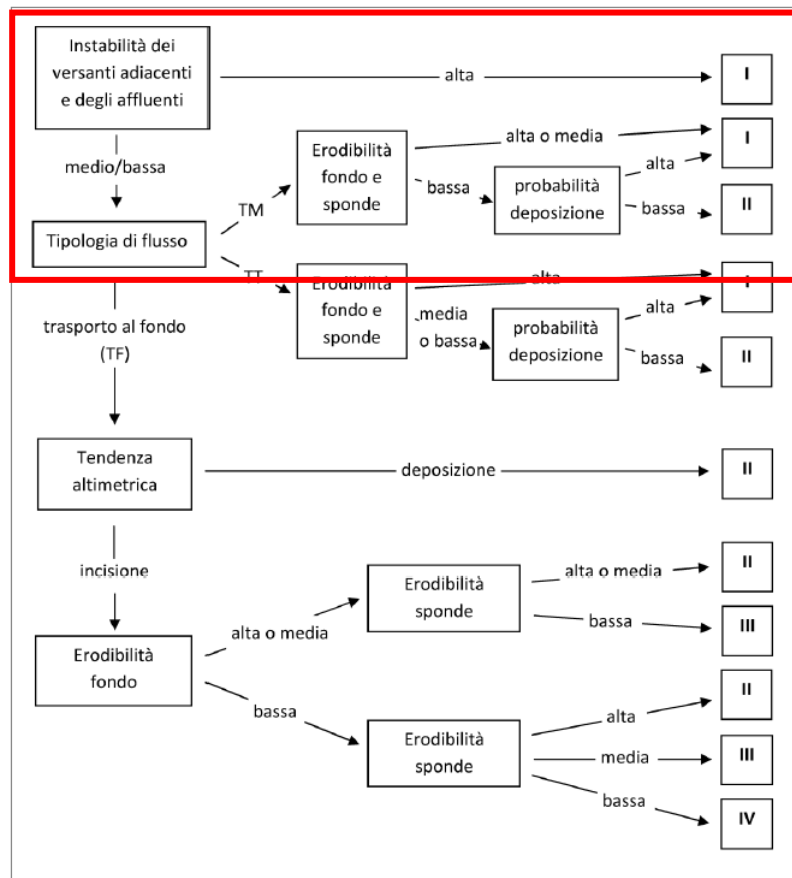


Tabella 3-10 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, fa ricadere entrambi i corsi d'acqua in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-11 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.3 Analisi CDE sui corsi d'acqua NON modellati idraulicamente

#### 3.3.1 Analisi CDE Fosso Cavatina, Montese, Erchio e affluente dell'Erchio (Comune di Castelnuovo Garfagnana)

I fossi Montese e Erchio, compreso il suo piccolo tributario, sono affluenti destri del fiume Serchio mentre il fosso Cavatina è un affluente sinistro.

Dal punto di vista geologico i bacini dei corsi d'acqua in oggetto si impostano prevalentemente su terreni olocenici (detrito, alluvioni – all e depositi di paleoalveo – pall) o villafranchiani di origine fluvio-lacustre (ciottoli prevalentemente di origine arenacia - ct/mg; ghiaie e conglomerati con livelli di sabbie, limi e argille – cg). Solamente lungo il versante destro del fosso Cavatina si ha la presenza della formazione del Macigno appartenente alla Falda Toscana. Tutti i bacini comunque sono caratterizzati dall'abbondante presenza di detrito e frane, sia attive che quiescenti.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all'interno dei bacini in oggetto esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-12) ai due corsi d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II) che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, fa ricadere entrambi i corsi d'acqua in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

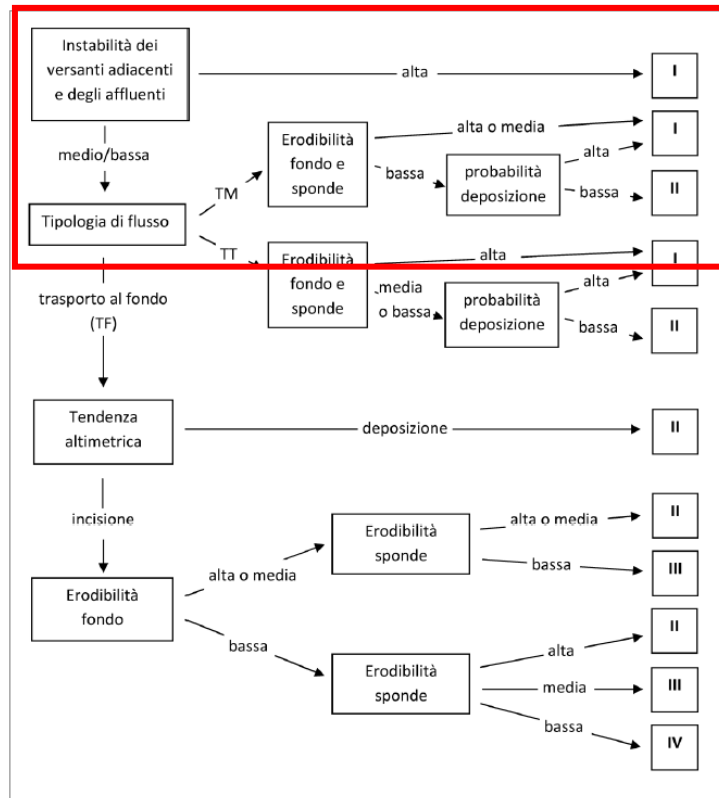


Tabella 3-12 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-13 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verificano occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.3.2 Analisi CDE Fosso in loc. Casavecchia e Fucina (Comune di Galliciano)

I fossi in loc. Casavecchia e Fucina confluiscono nel Serchio, previo attraversamento della Strada Provinciale Lodovica n. 20.

Dal punto di vista geologico il bacino del fosso Casavecchia si imposta sulla formazione del Macigno (mg) e sul deposito detritico di alterazione di questa (dt) e, scendendo verso valle, sui depositi alluvionali sia terrazzati (at) che recenti (all). Il bacino del fosso Fucina invece si imposta principalmente sulla formazione della scaglia toscana (sc) e sulle calcareniti a Nummuliti (Nu) soggette a deformazione gravitativa profonda. A valle, in prossimità dell'immissione nel Serchio, si ha la presenza di depositi alluvionali (all).

Si ha inoltre la presenza di frane, sia attive che quiescenti.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato quindi che all'interno dei due bacini in oggetto esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si innescino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-14) ai due corsi d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II) che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, fa ricadere entrambi i corsi d'acqua in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

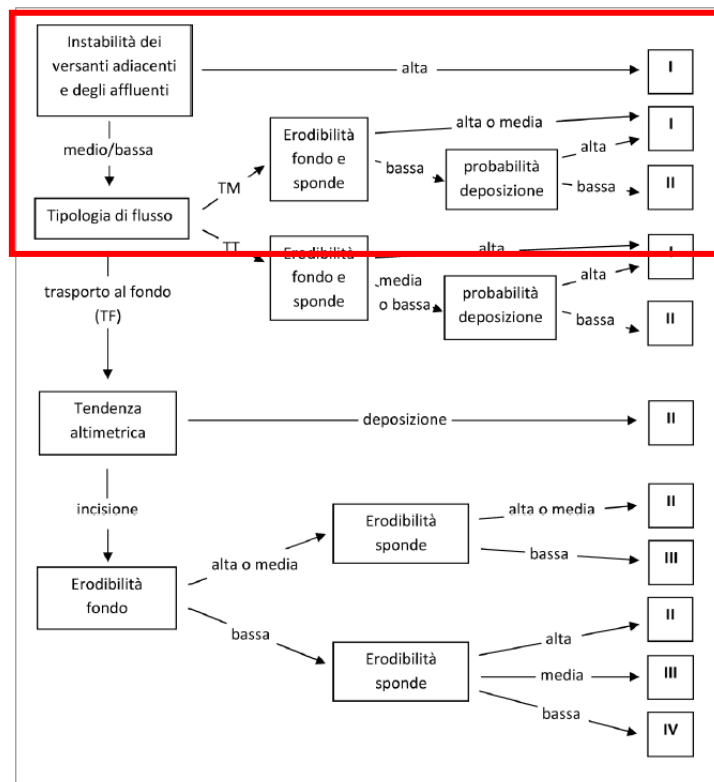


Tabella 3-14 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-15 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.3.3 Analisi CDE Fosso in loc. San Michele (Comune di Piazza al Serchio)

Come riportato nella relazione idraulica il rilievo eseguito non ha rilevato la presenza di un impluvio né evidenze di un effettivo passaggio di acqua. Questa circostanza, unita ad una probabile infiltrazione rilevante, limitano la portata che può transitare dall'impluvio in questione che pertanto risulta scarsamente rilevante a livello idraulico.

Dal punto di vista geologico il piccolo bacino si imposta quasi interamente su depositi appartenenti al Complesso di base (cb) costituito da argilliti scure tettonicamente deformate con clasti di ofioliti, radiolariti, calcari silicei, e marne soggette a franosità diffusa con presenza anche di alcune paleofrane.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato che all'interno del bacino esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-16) al corso d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II) che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, lo fa ricadere in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

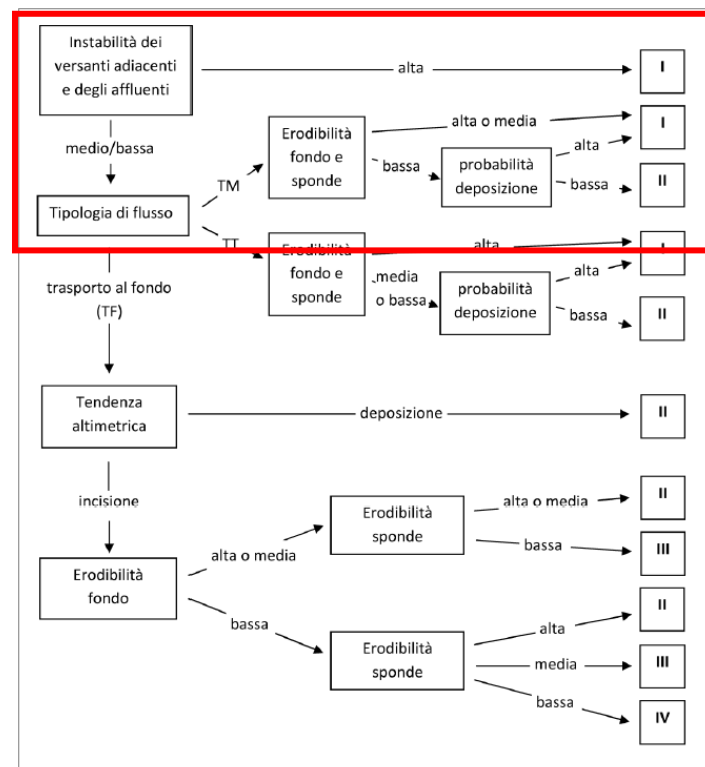


Tabella 3-16 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

*Tabella 3-17 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.*

### 3.3.4 Analisi CDE Fosso Materceta, Fosso Liscone e Fosso Calcinaia (Comune di Camporgiano)

Come riportato nella relazione idraulica redatta dallo scrivente, l'abitato principale di Camporgiano è attraversato da tre corsi d'acqua: il fosso Materceta, il fosso Liscone e il fosso Calcinaia. In particolare, in prossimità del primo, si trovano strutture scolastiche e aree di raccolta della protezione civile. Si hanno segnalazioni di problematiche idrauliche durante i fenomeni meteorici recenti, ma durante i sopralluoghi si è registrato il notevole avanzamento degli interventi di messa in sicurezza, che si possono riassumere in allargamenti d'alveo e nella realizzazione di opere per il trattenimento del trasporto solido (Figura 3). Questi interventi sono quelli menzionati nel parere n. 4422 dell'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Sugli altri due corsi d'acqua non si registrano né fenomeni storici di allagamenti, né particolari criticità (il fosso Liscone ha un bacino modesto, il fosso Calcinaia, oltre ad avere attraversamenti con luci notevoli, scorre in posizione molto marginale rispetto al nucleo abitato).

Per tutte le considerazioni sopra riportate si è ritenuto opportuno non procedere con gli approfondimenti idraulici (eventualmente da svolgere in fase di Piano Operativo), limitando le aree indicate a pericolosità visti gli interventi già realizzati e la scarsa consistenza del reticolo idraulico.

Tuttavia, nelle more delle integrazioni chieste ai professionisti incaricati nel parere n. 4422 del suddetto ente e della fine e eventuale collaudo delle opere progettate, i tre corsi d'acqua in oggetto, vengono analizzati considerando la loro propensione all'innescio di fenomeni di trasporto solido e/o debris flow.



*Figura 3 - Fosso di Materceta: in evidenza gli interventi di sistemazione (ampliamento del tombamento e pettini per la ritenzione del materiale solido trasportato dalla corrente)*

Dal punto di vista geologico tutti e tre i bacini si impostano, nella parte a monte, sulla formazione del macigno (mg), nella parte centrale su una frana quiescente e nel tratto finale, prima dell'immissione nel Serchio, sulla formazione del Complesso di base (cb) e sui depositi alluvionali. Oltre al corpo di frana quiescente molto esteso, si trovano anche frane attive e aree di deformazione gravitativa profonde.

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato che all'interno del bacino esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7 riportata di seguito (Tabella 3-18) al corso d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II) che, unita all'alta probabilità che si verificano occlusioni, lo fa ricadere in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

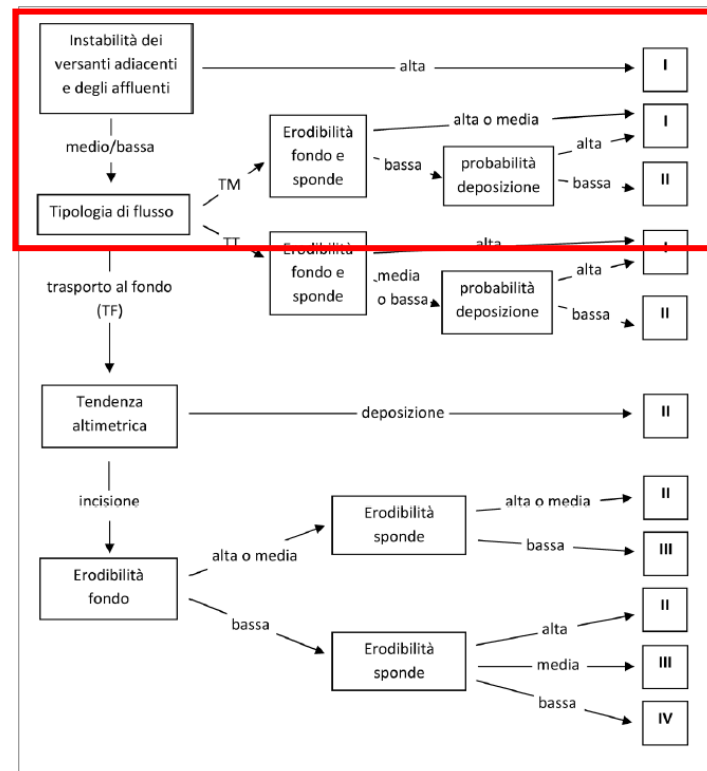


Tabella 3-18 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-19 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

### 3.4 Analisi CDE sui corsi d'acqua studiati nei SU

#### 3.4.1 Analisi CDE Fosso di Grignetola, Pasquigliora e Perdonica (Comune di Castelnuovo Garfagnana)

Il fosso Grignetola è un affluente destro del Torrente Turríte che dal punto di vista si imposta quasi interamente sulla Successione Toscana (Maiolica-mac, Scaglia Toscana-sc, Calcarenititi a Nummuliti-Nu e Macigno-mg) e solo nel fondovalle, in prossimità della loc. Carbonaia, si incontrano i terreni appartenenti ai depositi olocenici alluvionali. Lungo i versanti del fosso si nota la presenza di numerose frane, sia attive che quiescenti, e di depositi detritici soggetti a franosità.

Il fosso Perdonica anch'esso affluente destro del Torrente Turríte, si sviluppa principalmente sulla formazione del Macigno e, nel suo sbocco a valle, sui terreni alluvionali e detritici lambendo una forma conoidale. Il bacino del fosso Pasquigliora si sviluppa quasi completamente su depositi fluvio lacustri e su alluvioni, con presenza abbondante di forme gravitative (frane attive, frane quiescenti e depositi potenzialmente franabili).

L'analisi geologica e geomorfologica ha evidenziato che all'interno dei tre bacini esiste una probabilità medio-alta che durante un evento di piena, si inneschino fenomeni di versante (frane superficiali e/o profonde) causa di possibili sbarramenti in alveo e di un elevato apporto solido.

Secondo quanto riportato nella tabella A7.1 dell'appendice 7, riportata di seguito (Tabella 3-20), ai tre corsi d'acqua può quindi essere attribuita una classe di entità di variazione morfologica da "molto forte" (I) a "forte" (II) che, unita all'alta probabilità che si verifichino occlusioni, lo fa ricadere in una **classe di dinamica di evento MOLTO ELEVATA** (Tabella 3-21) che descrive i casi nei quali ci si attende che gran parte del flusso venga deviato rapidamente al di fuori dell'alveo stesso da frane, colate detritiche e intenso trasporto solido al fondo, a causa di forte sedimentazione o accumuli di legname (e sedimento).

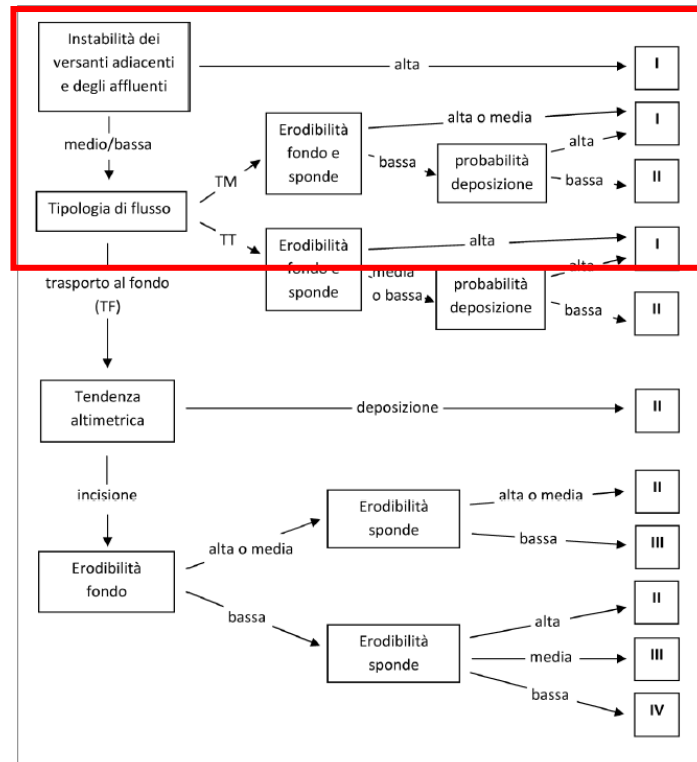


Tabella 3-20 – Diagramma di flusso per la definizione dell'entità delle variazioni morfologiche in tratti confinati e semiconfinati (IV: Lievi; III: Medie; II: Forti; I: Molto forti).

|                                |                 | Probabilità occlusioni |               |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
|                                |                 | Alta (A)               | Bassa (B)     |
| Entità variazioni morfologiche | Molto forti (I) | Molto elevata          | Molto elevata |
|                                | Forti (II)      | Molto elevata          | Elevata       |
|                                | Medie (III)     | Elevata                | Intermedia    |
|                                | Lievi (IV)      | Intermedia             | Bassa         |

Tabella 3-21 - Classificazione della Dinamica di Evento per il Rio Focchia e Rio Fornacchio ottenuta in base all'incrocio tra entità delle variazioni morfologiche (Molto forti o Forti) e probabilità (Alta) che si verifichino occlusioni principalmente ad opera del materiale legnoso.

L'ultimo tratto del fosso Pasquigliora che scorre in conoide viene di seguito trattato secondo la classificazione della tabella A7.6 (Tabella 3-22) per la quale si deve:

1. definire la tipologia di flusso prevalente che caratterizza il tratto in conoide;
2. valutazione delle opere presenti sul conoide (e a monte) e la loro efficacia.

| VARIAZIONI MORFOLOGICHE SU CONOIDE                                                           | CARATTERISTICHE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Molto forti (I)</b><br>(variazioni associate ad avulsione)                                | Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> , in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Forti (II)</b><br>(variazioni associate ad avulsione o ad erosione laterale molto estesa) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute di bassa efficacia</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Medie (III)</b><br>(variazioni associate ad erosione laterale estesa)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute di media efficacia</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con opere ritenute di media efficacia tali da contrastare sia una possibile avulsione che l'erosione laterale</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con un grado significativo d'incisione dell'alveo ed opere di media efficacia nel contrastare l'erosione laterale</li> </ul> |
| <b>Lievi (IV)</b><br>(variazioni associate ad erosione laterale localizzata)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoide da <i>trasporto transizionale o trasporto in massa</i> con opere ritenute molto efficaci</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con opere ritenute di elevata efficacia tali da contrastare sia una possibile avulsione che l'erosione laterale</li> <li>• Conoide da <i>trasporto al fondo</i> con un grado significativo d'incisione dell'alveo ed opere di elevata efficacia nel contrastare l'erosione laterale</li> </ul> |

Tabella 3-22 – Tabella A7.6 dell'Appendice “Variazioni morfologiche attese nel caso di tratti non confinati su conoide.

La definizione della tipologia di flusso è stata fatta considerando il “metodo morfometrico”.

Tale metodo si basa sulla relazione empirica, osservata in molti contesti geografici, tra gli indici morfometrici del bacino e quelli del conoide e la tipologia del trasporto solido nel corso d'acqua principale di tale bacino. Infatti si è osservato che un corso d'acqua soggetto a processi di colata detritica tende a costruire conoidi con pendenze più elevate rispetto a quelli derivanti da trasporto al fondo.

In particolare la classificazione si basa sulla pendenza media del conoide e sul numero di Melton del bacino, secondo la seguente formula:

$$Me = \frac{H_{max} - H_0}{\sqrt{A}}$$

con: Me numero di Melton;  $H_{max}$  quota massima del bacino;  $H_0$  quota dell'apice del conoide; A area drenata del bacino in m<sup>2</sup>.

Nel nostro caso si ha:

|                        | FOSSO<br>PASQUIGLORIA |
|------------------------|-----------------------|
| $H_{max}$<br>(m slm)   | 519                   |
| $H_0$<br>(m slm)       | 301                   |
| A<br>(m <sup>2</sup> ) | 360000                |

**Me 0.37**

I valori di indice di melton in funzione della pendenza sono stati inseriti nel grafico di Figura 3.4. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (da Armanini et alii., 1996) nel quale, vengono divisi i bacini soggetti a colata detritica da quelli soggetti a trasporto di fondo (incluse le piene di detrito).

Il corso d'acqua ricade al limite tra le conoidi miste e quelle da colate detritiche.

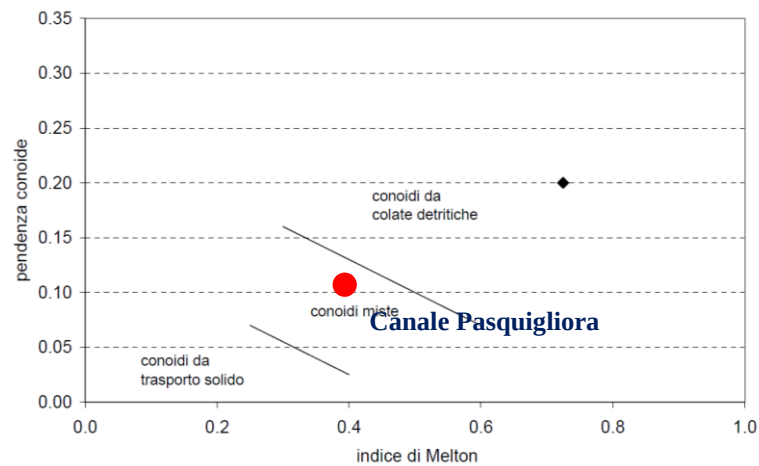


Figura 3.4 – Valutazione della predisposizione alla formazione di colate detritiche con l'indice di Melton.

Considerando inoltre che nell'area non ci risultano opere di messa in sicurezza, il corso d'acqua può essere classificato in classe di variazione morfologica su conoide MOLTO FORTE (I) corrispondenti, a *Conoidi da trasporto transizionale o trasporto in massa in assenza di opere o con opere ritenute non efficaci* (Tabella 3-22).

### 3.5 Amplificazione della portata liquida durante un evento

Tutte le analisi svolte attraverso la classificazione dinamica di evento (CDE) portano a valutare il rapporto tra la portata delle colate e la portata liquida che si traduce con l'indice di amplificazione delle portate liquide da considerare negli studi idraulici.

Per tale valutazione si può adottare il metodo di Takahashi, 1991 che mette in relazione la concentrazione della colata con il rapporto tra la portata liquida del bacino  $Q_0$  e quella della debris flow  $Q_T$ :

$$\frac{Q_T}{Q_0} = \frac{c_*}{c_* - \{S_b + (1 - S_b) \cdot c_*\} \cdot c}$$

dove: dove  $c^*$  è la concentrazione del materiale solido "impaccato" (usualmente posto pari a 0.65),  $c$  la concentrazione della colata ed  $S_b$  il grado di saturazione del letto prima del passaggio della colata detritica che Armanini (1996) propone di porre  $S_b = 1$ . La rappresentazione della formula è schematizzata nel grafico di Figura 3.5.

Per quanto riguarda la concentrazione della colata ( $c$  o  $c_u$ ), Armanini (1996) consiglia di assumerla pari a quella della colata satura in condizioni di movimento incipiente:

$$c_u = \frac{\rho_m \cdot \tan \theta_u}{(\sigma - \rho_m)(\tan \phi - \tan \theta_u)}$$

Dove:  $\rho_m$  è la densità apparente del fluido interstiziale e delle particelle in sospensione,  $\sigma$  è la densità delle particelle,  $\theta_u$  è l'inclinazione della zona di movimentazione,  $\phi$  è l'angolo di attrito interno del materiale.

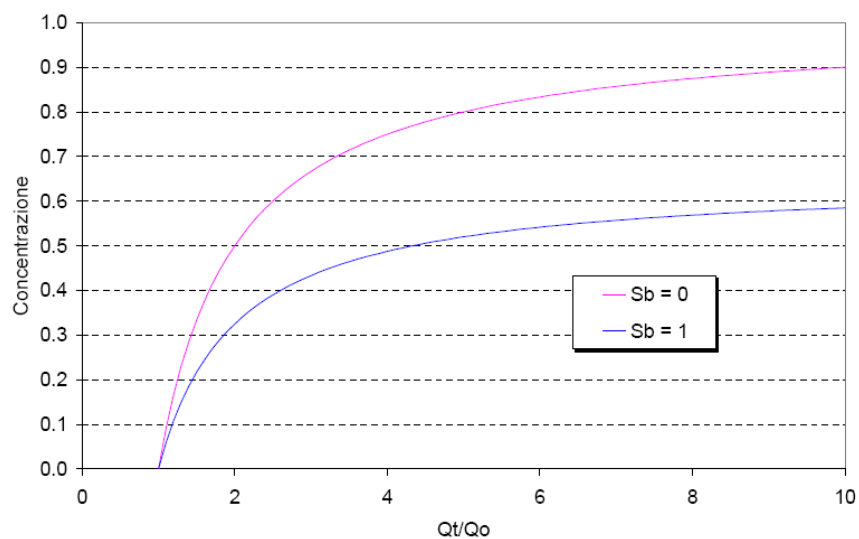


Figura 3.5 - Rappresentazione grafica del rapporto tra la portata delle colate e la portata liquida al variare del grado di saturazione del terreno prima del passaggio della colata (da S. Mambretti (2011), Valutazione della magnitudo di colate detritiche in funzione del tempo di ritorno nel bacino di Val Gola (BG)).

#### 4 RISULTATI OTTENUTI

La valutazione dell'amplificazione della portata liquida durante un evento alluvionale di tutti i corsi d'acqua analizzati, è stata eseguita secondo il metodo di Takahashi, 1991 descritto nel paragrafo precedente.

La valutazione della concentrazione della colata (c), in assenza di dati diretti, è stata fatta considerando i valori di pendenza delle zone in movimento dei singoli bacini e i valori medi di densità (particelle e fluido) ricavabili dalla bibliografia che, considerando l'omogeneità geologica in cui scorrono, sono stati considerati uguali per tutti i bacini.

Sostituendo tali valori nella formula della concentrazione di Armanini (1996) e nella formula di Takahashi, 1991 (par. 3.3), considerando  $S_b=1$  e  $c^*=0.65$ , per l'amplificazione di portata dovuta al solido, si trovano i seguenti risultati:

| Corsi d'acqua                     | $\rho_m$ | $\sigma$ | $\Phi$ | $tg\Phi$ | $\phi$ | $tg\phi$ | c       | Qt/Qo       |
|-----------------------------------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|---------|-------------|
| Fosso Piastraio                   | 1650.0   | 1900.0   | 23.0   | 0.42     | 30.0   | 0.58     | 0.44352 | <b>3.15</b> |
| Fosso della Fredda                | 1650.0   | 1900.0   | 18.0   | 0.32     | 30.0   | 0.58     | 0.54912 | <b>6.44</b> |
| Fosso della Mandria               | 1650.0   | 1900.0   | 14.0   | 0.25     | 30.0   | 0.58     | 0.5445  | <b>6.16</b> |
| Affluente del fosso della Mandria | 1650.0   | 1900.0   | 21.0   | 0.36     | 30.0   | 0.58     | 0.52272 | <b>5.11</b> |
| Fosso delle Capanne               | 1650.0   | 1900.0   | 20.0   | 0.36     | 30.0   | 0.58     | 0.52272 | <b>5.11</b> |
| Fosso Canalaccio                  | 1650.0   | 1900.0   | 9.0    | 0.16     | 30.0   | 0.58     | 0.44352 | <b>3.15</b> |
| Fosso della Liscia                | 1650.0   | 1900.0   | 12.0   | 0.21     | 30.0   | 0.58     | 0.51282 | <b>4.74</b> |
| Fosso Fornacchio                  | 1650.0   | 1900.0   | 10.0   | 0.18     | 30.0   | 0.58     | 0.4752  | <b>3.72</b> |
| Fosso Focchia                     | 1650.0   | 1900.0   | 12.0   | 0.21     | 30.0   | 0.58     | 0.51282 | <b>4.74</b> |
| Fosso in loc. Casavecchia         | 1650.0   | 1900.0   | 8.0    | 0.14     | 30.0   | 0.58     | 0.40656 | <b>2.67</b> |
| Fosso Fucina                      | 1650.0   | 1900.0   | 14.0   | 0.25     | 30.0   | 0.58     | 0.5445  | <b>6.16</b> |
| Fosso Cavatina                    | 1650.0   | 1900.0   | 8.0    | 0.14     | 30.0   | 0.58     | 0.40656 | <b>2.67</b> |
| Fosso Montese                     | 1650.0   | 1900.0   | 14.0   | 0.25     | 30.0   | 0.58     | 0.5445  | <b>6.16</b> |
| Fosso Erchio                      | 1650.0   | 1900.0   | 11.0   | 0.19     | 30.0   | 0.58     | 0.48906 | <b>4.04</b> |
| Fosso minore del Fosso Erchio     | 1650.0   | 1900.0   | 13.0   | 0.23     | 30.0   | 0.58     | 0.5313  | <b>5.48</b> |
| Fosso in loc. San Michele         | 1650.0   | 1900.0   | 9.0    | 0.16     | 30.0   | 0.58     | 0.44352 | <b>3.15</b> |
| Fosso Pasquigliora                | 1650.0   | 1900.0   | 9.0    | 0.16     | 30.0   | 0.58     | 0.44352 | <b>3.15</b> |
| Fosso Perdonica                   | 1650.0   | 1900.0   | 12.0   | 0.21     | 30.0   | 0.58     | 0.51282 | <b>4.74</b> |
| Fosso Grignetola                  | 1650.0   | 1900.0   | 14.0   | 0.25     | 30.0   | 0.58     | 0.5445  | <b>6.16</b> |
| Fosso Materceta                   | 1650.0   | 1900.0   | 17     | 0.32     | 30.0   | 0.58     | 0.54912 | <b>6.44</b> |
| Fosso Liscone                     | 1650.0   | 1900.0   | 9      | 0.14     | 30.0   | 0.58     | 0.40656 | <b>2.67</b> |
| Fosso Calcinaia                   | 1650.0   | 1900.0   | 10     | 0.17     | 30.0   | 0.58     | 0.46002 | <b>3.42</b> |

Tabella 4-1 – Risultati dell'elaborazione dell'amplificazione della portata dovuta al trasporto solido.

I risultati dell'analisi svolta (Tabella 4-1) mostrano che i bacini analizzati hanno una forte attitudine all'innesco di debris flow durante gli eventi alluvionali. Considerando l'aumento di portata calcolato secondo le formule di Armanini (1996) e Takahashi (1991), si è trovato che l'aumento della portata liquida dovuta all'elevata concentrazione di sedimento va da un minimo di 2.7 volte per il fosso Cavatina, per il fosso in loc. Casavecchia e per il fosso Liscone fino ad un massimo di 6.44 volte per il fosso delle Fredda, per il fosso Fucina e per il fosso Materceta sul quale comunque si precisa che sono in corso interventi per la messa in sicurezza.

Tali valori di amplificazione portano, in tutti i casi analizzati, a definire il fluido derivante dalla miscela di portata liquida e solida di tipo "non-newtoniano". I normali modelli idraulici non sono pertanto applicabili per riprodurre la dinamica di questi eventi.

Le conseguenze di queste risultanze sono le seguenti:

- Vista l'impossibilità di trattamento dei fenomeni estremi con una modellazione di tipo newtoniano, è legittimo ritenere che le condizioni di pericolosità dell'area non possano essere descritte esaustivamente dagli areali di esondazione determinate nella prima fase dello studio idraulico a supporto del Piano Strutturale Intercomunale. In tal senso, alla pericolosità idraulica (che rimane quella associata alle aree interessate da battenti idraulici della prima fase dello studio) verrà aggiunta una pericolosità idrogeologica da colata (4t\*).
- La realizzazione di dispositivi di ritenuta del materiale trasportato dal corso d'acqua in concomitanza di un evento di piena potrà permettere la rimozione della pericolosità idrogeologica da colata, lasciando in essere soltanto la pericolosità idraulica associata alla zona in esame, correlata a sua volta alle zone allagabili per eventi trentennali e duecentennali. Si ribadisce come la valutazione di tali zone sia stata effettuata sulla base di margini di estrema cautela in quanto rimane fissa l'ipotesi di l'intasamento degli attraversamenti che, nel caso di installazione di dispositivi di ritenuta, potrà avvenire solo ad opera del materiale flottante. Tale cartografia potrà essere aggiornata negli aggiornamenti del Piano Strutturale o di altri strumenti urbanistici sulla base di studi di dettaglio che approfondiscano le tematiche idrauliche e di colata;
- Prevalendo una dinamica di tipo misto, la pericolosità nelle aree di influenza dei rii oggetto di integrazione, allo stato dei fatti, può pertanto esser fatta soltanto attraverso valutazioni prudenziali di tipo geomorfologico, tracciandone gli areali in base ad aspetti morfometrici, geologici e storico inventariali. L'aggiornamento delle carte di pericolosità idraulica è stato effettuato sulla base di queste valutazioni di concerto con il geologo incaricato delle indagini a supporto del Piano.