



Dipartimento di Ingegneria Civile e
Ambientale
Università degli Studi di Firenze



APPROFONDIMENTI DELLO STUDIO GEOMORFOLOGICO DEI PRINCIPALI ALVEI FLUVIALI NEL BACINO DEL FIUME MAGRA FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DI LINEE GUIDA DI GESTIONE DEI SEDIMENTI E DELLA FASCIA DI MOBILITÀ FUNZIONALE



SINTESI DELLA RELAZIONE FINALE

APRILE 2007

Committente: Autorità di Bacino del Fiume Magra

Responsabile del Progetto di Ricerca: Prof. Massimo Rinaldi,
Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Firenze

INDICE

1. Inquadramento generale del bacino del Fiume Magra	1
2. Caratteri geomorfologici e tendenze evolutive degli alvei dei Fiumi Magra e Vara	1
2.1 Carta Geomorfologica dell'alveo	1
2.2 Rilievi sedimentologici e morfologici	1
2.3 Carta delle variazioni planimetriche dell'alveo	2
2.4 Variazioni climatico - idrologiche	2
3. Individuazione delle aree di potenziale ricarica di sedimenti	2
3.1 Aspetti considerati	2
3.2 Potenziale di ricarica da frane	2
3.3 Potenziale di ricarica diretta nel reticolo idrografico	3
3.4 Fase di campo	3
3.5 Scelta delle aree del bacino significative per la ricarica di sedimenti	4
4. Calcolo del trasporto solido e bilancio di sedimenti	6
4.1 Studi precedenti	6
4.2 Suddivisione in tratti	6
4.3 Modellazione idraulica	6
4.4 Stima del trasporto solido	6
4.5 Bilancio di sedimenti	8
5. Strategie e linee guida di gestione della Fascia di Mobilità Funzionale e dei sedimenti	9
5.1 Riepilogo dei problemi, degli obiettivi e dei principi	9
5.2 Fascia di Mobilità Funzionale	9
5.3 Gestione dei sedimenti: ambiti e linee generali d'azione	10
5.4 Carta di sintesi delle variazioni del fondo e delle tendenze attuali	12
5.5 Carta delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti	13
5.6 Gestione dei sedimenti: linee guida e raccomandazioni	15
5.7 Raccomandazioni relative ad opere idrauliche	15
5.8 Riepilogo delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti per ambiti	16

1. INQUADRAMENTO GENERALE DEL BACINO DEL FIUME MAGRA

Il bacino idrografico del Fiume Magra ha un'estensione di 1698.5 Km² ed un perimetro di 238.2 Km. La lunghezza del Fiume Magra è di circa 69.5 km, quella del Fiume Vara di circa 65 km.

All'interno del bacino sono distinguibili tre distinti ambiti geografici (Fig.1): (a) sottobacino del fiume Magra (medio-alto Magra) fino poco a monte della confluenza con il fiume Vara; (b) gran parte del sottobacino del fiume Vara (medio-alto Vara), fino circa a Piana Battolla; (c) bassa Val di Vara – Val di Magra, intesa come porzione di bacino comprendente il tratto finale vallivo del F.Vara ed il tratto finale del F.Magra, da poco a monte la confluenza del Vara alla foce.

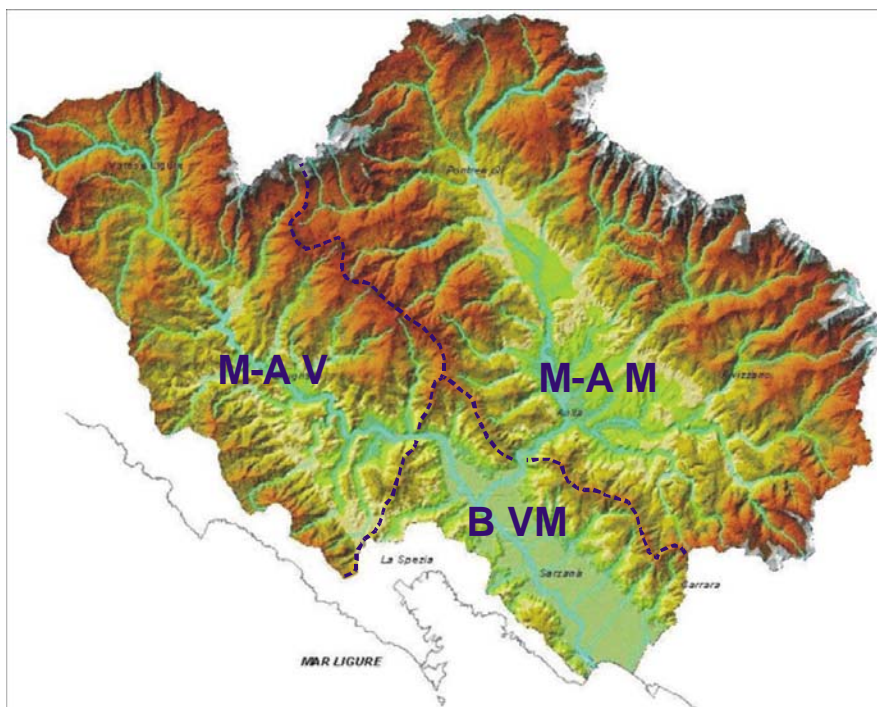


Figura 1 – Suddivisione del bacino del F.Magra in tre ambiti geografici. M-A M: Medio-alto Magra; M-A V: medio-alto Vara; B VM: basso Vara e Magra.

2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI E TENDENZE EVOLUTIVE DEGLI ALVEI DEI FIUMI MAGRA E VARA

In questo capitolo sono stati trattati gli aspetti geomorfologici degli alvei fluviali oggetto dello studio, ad integrazione delle conoscenze già acquisite nella prima fase dello studio (Relazione Magra I).

2.1 Carta Geomorfologica dell'alveo

La Carta Geomorfologia dell'alveo, in scala 1:10.000, è composta da 7 tavole. La carta, è stata ottenuta attraverso fotointerpretazione, utilizzando il Volo Terraitaly 2000, il Volo IGM 2004, le Ortofoto Toscana 2003 e controlli di campo. Essa contiene la rappresentazione delle principali forme fluviali e delle opere antropiche esistenti.

2.2 Rilievi sedimentologici e geomorfologici

Durante questa fase di approfondimento, si sono effettuati una serie di rilievi sedimentologici e geomorfologici integrativi.

Campionamenti volumetrici ed areali

Durante una prima fase, si sono effettuati alcuni **test sedimentologici**, sperimentando nuove strategie di campionamento proposte recentemente in letteratura, al fine di ridurre sensibilmente il volume di sedimenti richiesto per un singolo campione (Buffington, 2005; Haschenburger et al., 2005). Partendo dai risultati provenienti dai test, sono stati effettuati altri 10 campionamenti

volumetrici del substrato e areali dello strato superficiale (7 sul F.Magra e 3 sul F.Vara), per un totale di **13 campioni** (inclusi i 3 utilizzati per i test), funzionali ai calcoli del trasporto solido e del bilancio di sedimenti.

Campagne di misure 2006

Durante il periodo Maggio – Settembre 2006 sono state svolte le seguenti attività:

- 28 Maggio - 2 Giugno 2006: campagna intensiva di rilievi di campo, in collaborazione con il Dr. H.Piegay del CNRS di Lione (Francia) ed il suo staff, lungo due tratti rappresentativi (Piana di Filattiera e basso Magra).
- Luglio 2006: volo aereo da parte della ditta CGR di Parma, con scala di circa 1:8.000 per i tratti Piana di Filattiera e basso Magra.

2.3 Carta delle variazioni planimetriche dell'alveo

La Carta delle variazioni planimetriche dell'alveo, in scala 1:10.000, è composta da 7 tavole. Nella carta viene riportato il tracciato dell'alveo attivo a partire dal 1877 (Tavolette storiche IGM) e per i seguenti voli aerei: 1937, 1954, 1971, 1981, 1995, 2000, 2003/04.

2.4 Variazioni climatico - idrologiche

Sono state prese in esame le serie storiche di dati idrologici disponibili per le principali stazioni di misura, analizzando i trend temporali dei principali parametri idrologico – climatici (in particolare piogge e portate), ai fini di verificare se ci possano essere state delle significative variazioni idrologiche che possano avere in qualche modo influito sulle variazioni morfologiche degli alvei fluviali. Nel complesso, l'analisi non ha messo in evidenza chiari ed univoci trend temporali, tali da essere messi in relazione con le notevoli variazioni morfologiche degli alvei.

3. INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI POTENZIALE RICARICA DI SEDIMENTI

La metodologia ha preso spunto da uno studio analogo realizzato in Francia per il bacino del Fiume Drome (Liebault et al., 2001), adattandola al caso in esame in funzione del diverso contesto geomorfologico e degli obiettivi specifici. Si tratta di una metodologia semiquantitativa, basata sull'attribuzione di punteggi, ai parametri ritenuti più importanti nel processo di produzione di sedimenti, proporzionali all'importanza che ciascuno di essi assume, o si ritiene che assuma, nel processo complessivo.

3.1 Aspetti considerati

E' stata trattata separatamente la *ricarica da frane* e la *ricarica diretta dal reticolo idrografico*, considerando i seguenti fattori:

1. *Sorgenti puntuali di sedimenti* (frane), tenendo conto a sua volta di: a) attività; b) connessione
2. *Litologia* (potenziale litologico)
3. *Fisiografia* (fasce altimetriche)
4. *Uso del suolo* (copertura o meno della vegetazione)

3.2 Potenziale di ricarica da frane

Per quanto riguarda il potenziale di ricarica da frane, si è proceduto ad una classificazione delle sorgenti di sedimenti (frane) in funzione della loro attività e della loro connessione al reticolo idrografico, combinata con le caratteristiche litologiche del materiale che costituisce la sorgente stessa. Sono stati quindi considerati 3 parametri per la successiva definizione dell'indice di potenziale di ricarica: 1) attività; 2) connessione; 3) litologia.

Sono stati quindi attribuiti i seguenti punteggi:

Attività

- 1) *Attiva* = 2
- 2) *Quiescente* = 1
- 3) *Inattiva* = 0

Connessione

- 1) *Sorgente connessa* = 1
- 2) *Sorgente disconnessa* = 0

Litologia

- 1) *Litologia molto favorevole* = 3
- 2) *Litologia favorevole* = 2
- 3) *Litologia intermedia* = 1
- 4) *Litologia sfavorevole* = 0

Una volta assegnati i punteggi sopra descritti ai tre principali aspetti (attività, connessione, litologia) di cui si è tenuto conto, è stato definito un potenziale di ricarica da frane (P_1) attribuito ad ogni singola sorgente (frana) definito come:

$$P_1 = \text{Attività} \times \text{Connessione} \times \text{Litologia}$$

In tal modo, le frane presenti nel bacino sono state classificate in funzione del loro potenziale di ricarica, definendo le seguenti classi:

- 1) *Potenziale molto basso* ($P_1 < 1.2$);
- 2) *Potenziale basso* ($1.2 \leq P_1 < 2.4$);
- 3) *Potenziale intermedio* ($2.4 \leq P_1 < 3.6$);
- 4) *Potenziale alto* ($2.4 \leq P_1 < 3.6$);
- 5) *Potenziale molto alto* ($3.6 \leq P_1 \leq 6$).

3.3 Potenziale di ricarica diretta nel reticolo idrografico

Per quanto riguarda il potenziale di ricarica diretta nel reticolo idrografico, sono stati considerati 3 parametri, come meglio descritto in seguito: 1) litologia; 2) fisiografia; 3) uso del suolo. Sono stati quindi attribuiti i seguenti **punteggi**:

Litologia

- 1) *Litologia molto favorevole* = 3
- 2) *Litologia favorevole* = 2
- 3) *Litologia intermedia* = 1
- 4) *Litologia sfavorevole* = 0

Fisiografia e uso del suolo.

- 1) *Aree montuose nude* = 2
- 2) *Aree montuose con boschi o coltivazioni* = 1.5
- 3) *Aree collinari con boschi o coltivazioni* = 1
- 4) *Aree di pianura o urbanizzate* = 0

È stato a questo punto definito, in maniera analoga al potenziale da frana, un potenziale diretta nel reticolo idrografico (P_2) così definito:

$$P_2 = \text{Litologia} \times \text{Fisiografia} \times \text{Uso del suolo}$$

In tal modo, le aree presenti nel bacino sono state classificate, definendo le seguenti classi:

- 1) *Potenziale molto basso* ($P_1 < 1.2$);
- 2) *Potenziale basso* ($1.2 \leq P_1 < 2.4$);
- 3) *Potenziale intermedio* ($2.4 \leq P_1 < 3.6$);
- 4) *Potenziale alto* ($2.4 \leq P_1 < 3.6$);
- 5) *Potenziale molto alto* ($3.6 \leq P_1 \leq 6$).

3.4 Fase di campo

Parallelamente alle analisi GIS, è stata effettuata una fase di sopralluoghi di campo con lo scopo di documentare le condizioni dell'affluente principale di ogni sottobacino, in termini di disponibilità di sedimenti, in modo da poter integrare ed in un certo senso verificare i risultati delle analisi GIS. A tal fine, è stata innanzitutto messa a punto una **scheda di campo** che permettesse di effettuare delle valutazioni speditive e qualitative da abbinare alla documentazione fotografica. Tale

scheda contiene infatti una serie di indicatori associabili a condizioni di forte rifornimento (presenza di sedimenti, connessione con i versanti, assenza di opere trasversali) o di scarso rifornimento (scarsità di sedimenti, disconnessione, presenza di opere trasversali). La scheda è stata applicata in corrispondenza di 39 siti, lungo i tratti intermedi (cioè tra lo sbocco nel fondovalle e la confluenza nei fiumi principali) di tutti gli affluenti principali dei sottobacini considerati nell'analisi della ricarica.

3.5 Scelta delle aree del bacino significative per la ricarica di sedimenti

Ai fini della definizione delle strategie di gestione dei sedimenti, si è reso necessario effettuare una selezione delle aree del bacino ritenute più significative ai fini della ricarica di sedimenti. Per quanto riguarda la ricarica da frane, si è dapprima proceduto a calcolare per ogni sottobacino un **potenziale di ricarica da frane totale** (P_{1tot}), espresso come:

$$P_{1tot} = \frac{\sum_{i=1}^n P_1(i) \times A(i)}{A_{tot}}$$

dove $P_1(i)$ è l'indice di ricarica della frana i -esima, $A(i)$ è la relativa area, A_{tot} è l'area totale del sottobacino, n il numero totale di frane.

In una prima fase, tale procedura è stata applicata per tutte le frane presenti, a prescindere dalle condizioni di rischio. In una seconda fase, si è ritenuto opportuno tenere in conto anche delle condizioni di rischio, ovvero escludere dall'analisi a scala di sottobacino quelle frane che verranno stabilizzate (classi R3 ed R4 secondo il PAI) e quindi di fatto non contribuiranno alla ricarica di sedimenti. Questo criterio alla fine non è stato ritenuto adatto alla selezione delle aree del bacino significative per la ricarica da frane, in quanto i sottobacini selezionati sarebbero stati solo 3 e si sarebbero invece escluse le frane dalle altre porzioni del bacino a potenziale elevato. Pertanto per il *potenziale di ricarica da frana* sono stati utilizzati i seguenti criteri.

1) **Classe del potenziale di ricarica da frane e classe di rischio.** Si sono selezionate solo le frane ricadenti in classe IV (potenziale alto) e V (potenziale molto alto), escludendo le frane a rischio ricadenti nelle classi R3 ed R4 del PAI.

2) **Distanza e ubicazione.** Si sono esclusi i sottobacini della porzione alta del bacino del Magra a monte dell'abitato di Pontremoli, per due ragioni: a) distanza considerevole dai tratti incisi nelle porzioni basse del bacino; b) al precedente fattore si aggiunge che i sedimenti convogliati nella rete idrografica dovrebbero attraversare il centro abitato di Pontremoli (fattore ubicazione).

3) **Connessione.** Si sono escluse le frane nella porzione di bacino del F.Vara a monte della diga di S.Margherita, sia perché i sedimenti verrebbero poi bloccati in corrispondenza della diga che perché esistono numerosi tratti del Vara a monte della stessa già in sedimentazione relativamente elevata.

In maniera analoga, per quanto riguarda il *potenziale di ricarica diretta*, è stata dapprima effettuata la sommatoria dei valori dell'indice moltiplicando, per ogni porzione del sottobacino con quel dato valore, per la sua superficie. Successivamente, si è diviso il valore ottenuto per l'area totale del sottobacino, ricavando quindi il **potenziale di ricarica diretta totale** (P_{2tot}) espresso come:

$$P_{2tot} = \frac{\sum_{i=1}^n P_2(i) \times L(i)}{L_{tot}}$$

dove $P_2(i)$ è il potenziale di ricarica del tratto di reticolo i -esimo, $L(i)$ è la relativa lunghezza, L_{tot} è la lunghezza totale del reticolo nel sottobacino, n il numero di aste fluviali.

Per visualizzare i risultati, sono state definite 5 classi del potenziale P_{2tot} (Fig.2): *I*) potenziale di ricarica molto basso; *II*) potenziale di ricarica basso; *III*) potenziale di ricarica intermedio; *IV*) potenziale di ricarica alto; *V*) potenziale di ricarica molto alto.

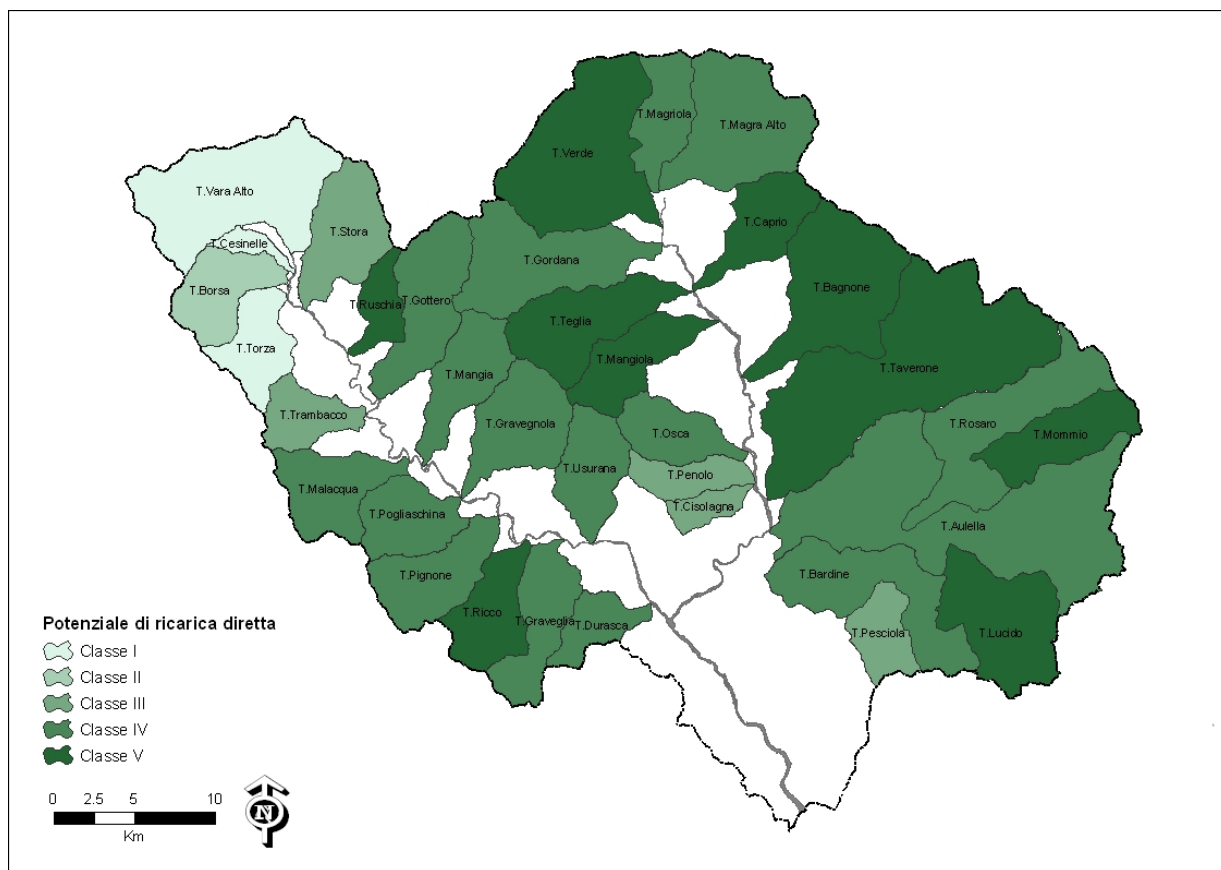


Figura 2 - Classificazione dei sottobacini in funzione del potenziale di ricarica diretta totale per sottobacino.

Differentemente dalla ricarica da frane, in questo caso si è preferito operare una selezione per sottobacini, vale a dire individuare un certo numero di sottobacini ritenuti più adatti alla ricarica diretta (Tab.1), secondo i seguenti criteri:

- 1) **Classe del potenziale di ricarica:** sono stati esclusi tutti i sottobacini ricadenti nelle classi I, II e III del potenziale di ricarica diretta totale del sottobacino.
- 2) **Distanza:** si è tenuto conto della distanza dell'affluente rispetto ai tratti incisi di valle o rispetto alla Piana di Filattiera.
- 3) **Ubicazione:** si è tenuto conto se la confluenza si trovasse all'interno o di poco a monte di centri abitati per i quali l'eventuale transito di eccessive quantità di sedimenti potesse creare condizioni di rischio.
- 4) **Connessione:** si è tenuto conto della presenza di dighe nel sottobacino (es. Teglia), oppure della posizione del sottobacino rispetto alla diga di S.Margherita sul Vara (per i sottobacini a monte questa era una condizione sfavorevole), oppure dello scarso o abbondante rifornimento di sedimenti nel tratto finale dell'affluente giudicato in base alle schede di campo.

Ambito	Sottobacini
Medio-Alto Magra	Verde, Gordana, Caprio, Mangiola, Osca, Taverone, Lucido, Mommio, Aulella, Rosaro, Bardine
Medio-Alto Vara	Mangia, Gravegnola, Usurana, Graveglia, Ricco

Tabella 1 – Sottobacini significativi selezionati per la ricarica diretta.

4. CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO E BILANCIO DI SEDIMENTI

Al fine di verificare e integrare le interpretazioni basate soprattutto su indagini di campo, è stato realizzato lo studio del trasporto solido dei fiumi Magra e Vara e, sulla base dei risultati ottenuti, un bilancio dei sedimenti.

4.1 Studi precedenti

Lo studio del trasporto solido è partito da una rassegna degli studi precedenti condotti negli ultimi decenni sul Fiume Magra, sintetizzandone le misure effettuate, i risultati e le considerazioni riportate in ciascuno di essi e ritenute utili ai fini di questo studio.

4.2 Suddivisione in tratti

Il primo passo è stato quello di suddividere i corsi d'acqua studiati in tratti relativamente omogenei dal punto di vista morfologico ed idraulico. Tale suddivisione è partita da quella adottata in precedenza per lo studio geomorfologico, definendo alcuni nuovi tratti che tengono conto soprattutto delle discontinuità idrauliche dovute alla confluenza con i maggiori affluenti ed alla presenza di stazioni di misura della portata liquida. In totale, si sono ricavati 12 tratti per il F.Magra, 12 per il F.Vara e sono stati inclusi 10 affluenti ritenuti più significativi ai fini del trasporto solido (T.Verde, T.Gordana, T.Caprio, T.Bagnone, T.Taverone, T.Aulella, T.Stora, T.Gottero, T.Mangia, T.Usurana).

4.3 Modellazione idraulica

Ai fini del bilancio di sedimenti è stato necessario definire, per ogni singolo tratto, la scala delle portate ed i parametri idraulici necessari per il calcolo del trasporto solido al variare dei livelli idrici e delle portate stesse. A tal fine, si è proceduto per il F.Magra ad una modellazione in moto permanente (utilizzando il software Hec-Ras), mentre per gli affluenti (compreso il F.Vara) si è ritenuto sufficientemente dettagliato procedere al calcolo dei parametri idraulici attraverso una modellazione in moto uniforme, utilizzando il software SAM poi in parte impiegato per l'applicazione di alcune equazioni di trasporto solido.

Per l'implementazione dei modelli idraulici è stato necessario reperire i seguenti dati:

- *Sezioni fluviali*: sono state utilizzate le sezioni rilevate tra il 1989 ed il 1991 per il PAI.
- *Dati idrologici*: la caratterizzazione del regime delle portate liquide dei corsi d'acqua è stata ottenuta assegnando ad ogni tratto la relativa curva di durata. Per costruire la curva di durata, sono state utilizzate tutte le stazioni con una serie di dati di almeno 10 anni, facendo riferimento tuttavia soprattutto alle stazioni con un maggior numero di dati (Naseto per il F.Vara, Piccatello e Calamazza per il F.Magra). Per il F.Vara si sono utilizzate anche le stazioni di Piana Battolla e Padivarma, ricavando delle regressioni con i dati di Naseto sfruttando i periodi di contemporaneo funzionamento. Sono stati fissati i valori di frequenza significativi e per ciascun valore è stata determinata la portata corrispondente per le stazioni disponibili. In questo modo, oltre a costruire la curva di durata per i tratti in cui ricadono le stazioni di misura sopra citate, è stato possibile estendere la curva di durata agli altri tratti di studio attraverso una regressione sulle aree drenate.

4.4 Stima del trasporto solido

Per la valutazione di trasporto solido sono state utilizzate equazioni idrauliche proposte in letteratura. Una prima selezione delle equazioni è stata effettuata, oltre che sulla base della letteratura esistente, anche con l'ausilio del software SAM, il quale contiene un data base interno grazie al quale vengono selezionate le equazioni ritenute più attendibili per un dato caso di studio sulla base delle sue caratteristiche idrauliche, morfologiche e sedimentologiche. Il software SAM infatti consente l'utilizzo di numerose equazioni di trasporto solido, quali: Toffaleti, Yang, Einstein (total load), Ackers-White, Colby, Toffaleti – Schoklitsch, Meyer Peter & Muller, Brownlie, Laursen (Madden), Laursen (Copeland), Parker, Einstein (bed load), Profitt (Sutherland), Engelund – Hansen, Schoklitsch, Van Rjin, Toffaleti – MPM. Le equazioni per il calcolo del trasporto solido al fondo che sono state utilizzate nel presente studio sono le seguenti: 1) Schoklitsch; 2) Meyer Peter & Muller; 3) Smart & Jäggi (1983); 4) Parker (1990); 5) Shields (1936). Tra queste, la formula

che ha fornito i risultati più prossimi alle misure dirette è risultata essere la formula di Shields (Tab.2).

	Misure dirette	Formula di Shields (1936)
a	57.800 m ³ /a	29.251 m ³ /a
b	713 m ³ /a	560 m ³ /a
c	4.319 m ³ /a	4.065 m ³ /a

Tabella 2 – Confronto tra dati misurati e calcolati secondo la formula di Shields (a: ingresso al tratto prefociale; b: Piccatello; c: S.Giustina).

Una stima del trasporto solido in sospensione e di quello totale è stata fatta per la stazione di misura di Calamazza, utilizzando le misure sperimentali effettuate dalla Cooperativa Mediterranea Prospezioni (2000). Sulla base di tali misure, è stata ricavata una relazione sperimentale tra portate liquide e portate solide in sospensione quindi, moltiplicando le portate in sospensione per i vari intervalli di portata liquida ricavati dalla curva di durata, è stato ottenuto il contributo in sospensione per ogni intervallo di portata della curva di durata stessa (Fig.3). Da tale analisi risulta che il valore di **trasporto solido in sospensione totale medio annuo** del F.Magra alla stazione di Calamazza è di circa 40.814 m³. Tale analisi, seppure limitata ad un'unica stazione del F.Magra (tuttavia particolarmente significativa), è risultata di particolare interesse per valutare i rapporti tra trasporto solido al fondo ed in sospensione e per stimare la portata solida totale media annua in tale sezione. Sempre in Fig.3 è riportato il confronto tra portata solida al fondo, stimata precedentemente attraverso l'equazione di Shields, e portata solida in sospensione. Si nota come la portata solida in sospensione è sempre significativamente superiore rispetto a quella al fondo, e tale differenza diventa particolarmente marcata soprattutto per portate liquide maggiori di tra 356 m³/s. Il trasporto solido al fondo totale medio annuo a Calamazza risulta stimato in circa 23.727 t che, sommato a quello totale annuo in sospensione (circa 108.157 t), risulta in un **trasporto solido totale medio annuo** complessivo di circa 131.884 t. Il **trasporto solido al fondo**, secondo tali stime, risulterebbe rappresentare circa il **18% del trasporto solido totale**, dato molto in accordo con altri alvei ghiaiosi di simili caratteristiche (Hicks et al., 2004; Liebault, com.pers.; Surian & Cisotto, 2007).

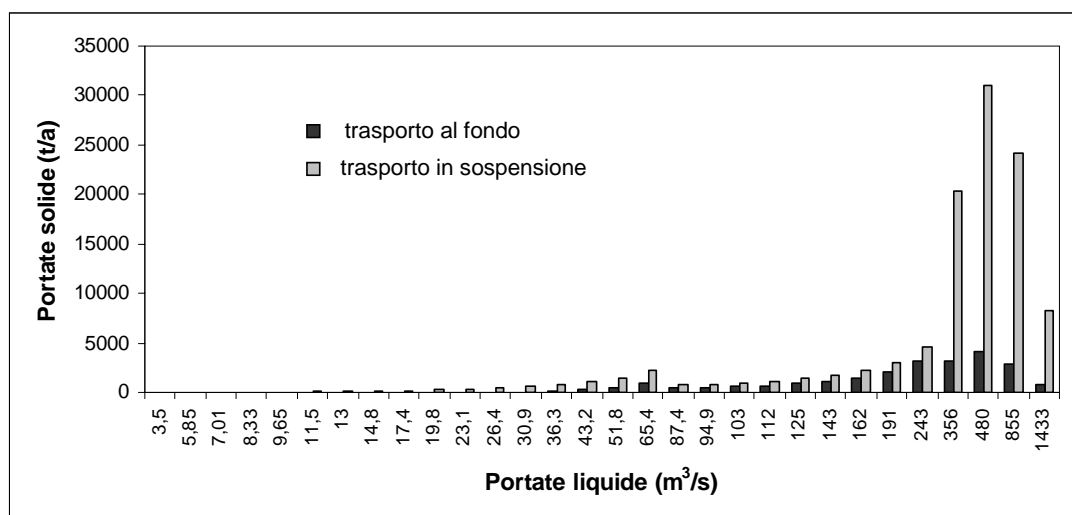


Figura 3 – Confronto tra portate solide al fondo ed in sospensione per il F.Magra a Calamazza.

E' stata infine effettuata una stima del **trasporto solido totale del materiale del letto (bed-material load)**. E' stata nuovamente utilizzata la sezione del F.Magra a Calamazza per verificare quale delle formule proposte in letteratura fornisce i risultati più attendibili. Questa è risultata la

formula di Yang (1984), che è stata successivamente applicata ad alcuni tratti rappresentativi del F.Magra e del F.Vara, vale a dire:

- tratti m3 ed m4, rappresentativi del trasporto solido nella Piana di Filattiera;
- tratto v2, rappresentativo dell'alto Vara (a monte della diga di S.Margherita)
- tratto v12, rappresentativo del basso Vara (prima della confluenza nel F.Magra).

I risultati ottenuti sono riepilogati in Tabella 3.

Tratto	Trasporto solido totale del materiale del letto (m ³ /anno)	Trasporto solido al fondo (m ³ /anno)	Trasporto solido in sospensione (m ³ /anno)	% Trasporto al fondo rispetto al totale del materiale del letto
m3	50.655	4.526	46.129	9
m4	178.492	4.189	174.303	2
m8 (Calamazza)	41.052	8.954	32.098	22
v2	3.245	2.370	875	73
v12	32.004	2.060	29.944	6

Tabella 3 – Stime del trasporto solido totale del materiale del letto e confronti con il trasporto solido al fondo per alcuni tratti rappresentativi del F.Magra e F.Vara.

4.5 Bilancio di sedimenti

E' stato effettuato un bilancio di sedimenti riguardante il trasporto solido al fondo, essendo questa la frazione del trasporto totale che ha maggiore influenza sulle modifiche dell'alveo, sulle sue tendenze evolutive e sulla gestione dei sedimenti.

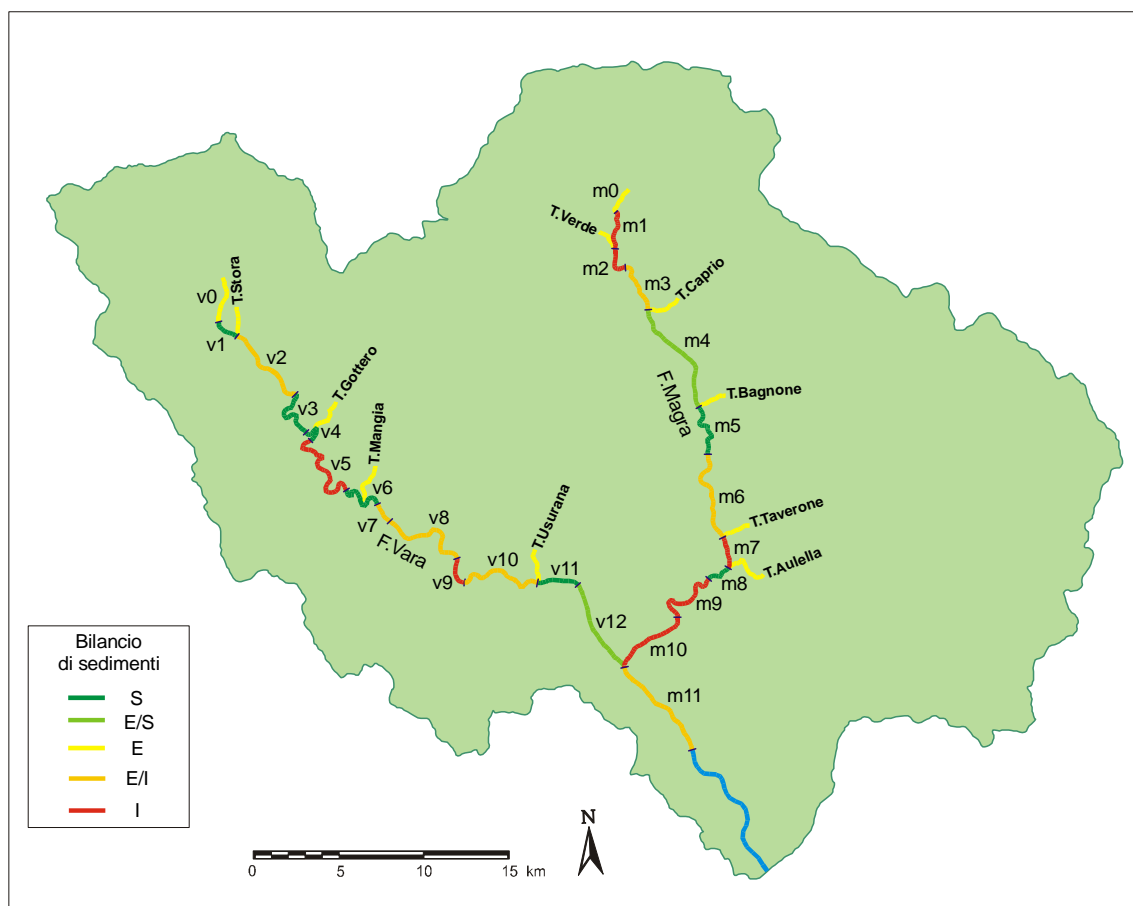


Figura 4 – Risultati del bilancio di sedimenti. S: in sedimentazione; E/S: in equilibrio/sedimentazione; E: in equilibrio; E/I: in equilibrio/incisione; I: in incisione.

Sulla base dei valori di bilancio di ogni tratto, è stata definita una classificazione dei due corsi d'acqua in funzione della tendenza evolutiva risultante (Fig.4), come segue: (1) sedimentazione: situazioni con bilancio nettamente positivo; (2) equilibrio/sedimentazione: situazioni prossime all'equilibrio ma con bilancio positivo; (3) equilibrio: situazioni con bilancio perfettamente pari a 0 (solo i tratti utilizzati come condizioni al contorno di monte e gli affluenti); (4) equilibrio/incisione: situazioni prossime all'equilibrio ma con bilancio negativo; (5) incisione: situazioni con bilancio nettamente negativo.

5. STRATEGIE E LINEE GUIDA DI GESTIONE DELLA FASCIA DI MOBILITA' FUNZIONALE E DEI SEDIMENTI

L'obiettivo generale di questa fase finale del progetto di ricerca è quello di definire strategie, linee guida, indirizzi e raccomandazioni per la gestione della fascia di mobilità funzionale e dei sedimenti, finalizzate a conservazione e/o miglioramento delle condizioni attuali degli alvei.

5.1 Riepilogo dei problemi e degli obiettivi

I **problemi principali** possono essere così riepilogati:

1. Generale deficit di sedimenti (nella scala temporale delle decine di anni);
2. Esistono alcuni tratti più critici, i quali hanno subito una più forte incisione del fondo: essi sono i tratti vallivi del F.Magra e del F.Vara;
3. Nonostante le condizioni generali di deficit di sedimenti, accentuate nella parte bassa del bacino, esistono situazioni locali di sedimentazione nelle porzioni medio alte (soprattutto nel bacino del Vara).

Esistono poi alcuni **problemi connessi**:

4. Erosione costiera; 5. Perdita di risorse idriche, in particolar modo nella piana costiera (abbassamento falda, risalita cuneo salino); 6. Peggioramento o perdita di ecosistemi a causa della degradazione fisica dell'alveo.

Immagine obiettivo

Le strategie di gestione definite in questo capitolo intendono rispondere ai seguenti **obiettivi generali**:

1. Favorire una maggiore disponibilità di sedimenti, in modo da andare nella direzione di ristabilire il materasso alluvionale (dove non più presente) e promuovere una certa continuità del flusso di sedimenti;
2. Favorire la mobilità laterale dell'alveo, sia in funzione dell'obiettivo precedente che per finalità ecologiche (promuovere la ricreazione di habitat ripariali);
3. Contribuire a promuovere o preservare la funzionalità ecologica in determinati tratti, attraverso il mantenimento o il recupero dei processi fisici e delle forme responsabili della diversità di habitat.

5.2 Fascia di Mobilità Funzionale

Nel presente studio è stata realizzata la **Carta della Fascia di Mobilità Funzionale**, composta da 7 tavole in scala 1:10.000, ottenuta in tre fasi:

- 1) *Fascia di divagazione storica*: individuazione e delimitazione, sulla base di cartografia storica e fotografie aeree, delle zone interessate dalla dinamica fluviale nel corso degli ultimi 50 anni.
- 2) *Zone di erosione probabile a medio termine (50 anni)*: viene stimato il tasso medio di erosione laterale del corso d'acqua sulla base del quale si definisce la larghezza delle due fasce al contorno dell'alveo attuale nelle quali è più probabile che si verifichino processi di erosione nei prossimi 50 anni.
- 3) *Fascia di mobilità funzionale*: deriva dalla combinazione delle aree individuate nelle due fasi precedenti, quindi viene determinata sulla base della dinamica sia passata (documentata) che futura (potenziale).

La Fascia di Mobilità Funzionale è stata ottenuta sulla base di criteri oggettivi esclusivamente di tipo geomorfologico, non tenendo conto quindi degli elementi antropici eventualmente contenuti in essa. Per giungere ad una Fascia di Mobilità "reale", bisogna quindi stabilire dei criteri per

escludere dalla fascia o gestire quegli elementi antropici ritenuti irrinunciabili. Il primo passo per ritagliare la Fascia di Mobilità Funzionale sugli elementi antropici è stato quello di incrociarla con la Fascia di Riassetto Fluviale. E' stata pertanto ricavata la **Carta della Fascia di Mobilità Funzionale e della Fascia di Riassetto Fluviale**, anch'essa composta da 7 tavole in scala 1:10.000, la quale comprende i seguenti tre elementi:

- Alveo attuale, comprendente alveo attivo e pianura inondabile (2003/04) come riportati in Carta Geomorfologica;
- Fascia di Mobilità Funzionale "modificata", comprendente la stessa fascia riportata nella cartografia precedente, delimitata però esternamente dalla Fascia di Riassetto Fluviale, nel caso di intersezione tra loro;
- Fascia di Riassetto Fluviale, così come fornita dall'Autorità di Bacino.

Proposte di riduzione e gestione della Fascia di Mobilità Funzionale

I successivi passi per un'eventuale riduzione della Fascia di Mobilità, per tener conto di altri elementi antropici ritenuti irrinunciabili non inclusi nella Fascia di Riassetto Fluviale, è un compito che deve essere realizzato dai tecnici dell'Autorità di Bacino, sulla base della loro conoscenza specifica del territorio e delle problematiche locali. In questa sede ci si limita a fornire dei suggerimenti e proposte sui criteri da adottare per passare ad una "Fascia di Mobilità Reale" ed alle possibili normative da imporre all'interno di tale area.

L'unico suggerimento relativo ad un restringimento della FMF è quello di effettuare un eventuale taglio solo in corrispondenza delle *principali vie di comunicazione* (strade statali, provinciali, comunali, ferrovia) che attraversano la fascia stessa, laddove queste non fossero già escluse dalla Fascia di Riassetto: tutte le aree che dovessero essere incluse nella FMF all'esterno di queste vie di comunicazione di fatto non potranno mai svolgere la funzione di fascia erodibile ed il limite fisico esterno della FMF di fatto è rappresentato dalla via di comunicazione stessa. Si suggerisce che tutti gli altri elementi a rischio puntuali e discontinui presenti all'interno della fascia (case isolate o gruppi di abitazioni, impianti sportivi, ecc.) non siano motivo di un ulteriore restringimento, ma rimangano all'interno della fascia stessa seppure soggetti a regole specifiche o deroghe della normativa da istituire. In particolare si propongono alcune regole per i seguenti elementi antropici presenti nella FMF:

- *Case ed insediamenti*: si consente la loro protezione attraverso interventi di difesa di sponda solo quando effettivamente tali elementi sono messi a rischio dall'erosione laterale del corso d'acqua.
- *Impianti sportivi ed attività ricreative varie*: nel caso siano presenti piccoli impianti sportivi o altri elementi per attività ricreative (eccezion fatta per impianti sportivi comunali di un certo rilievo), ed essi siano messi a rischio dall'erosione laterale del corso d'acqua, non si dovrebbe approvare la loro protezione attraverso opere di difesa di sponda.
- *Vie di comunicazione secondarie* (strade sterrate, sentieri, stradine poderali, ecc.): qualora sono messe a rischio o sono interrotte da erosioni di sponda, non si deve acconsentire la loro protezione o ripristino.
- *Difese di sponda esistenti*: se viene inoltrata una richiesta di ripristino o manutenzione di una difesa di sponda esistente, bisogna valutare se tale opera effettivamente difende un elemento a rischio (casa o via di comunicazione), nel qual caso si approva il progetto. Viceversa, nel caso in cui l'opera ha la funzione di proteggere esclusivamente un terreno, senza che siano presenti elementi a rischio significativi al suo interno, non si approva la richiesta.
- *Difese di sponda in corrispondenza di ponti o traverse*: nel caso le difese di sponda siano in corrispondenza di un'opera di attraversamento e la loro presenza è motivata dalla protezione dell'opera stessa, è necessario acconsentirne la manutenzione e l'eventuale rifacimento nel caso di danneggiamento o rottura.
- *Fabbricati abusivi, fabbricati industriali o artigianali dismessi, ecc.*: in questi casi è ovvio che non solo tali elementi non vanno difesi, ma è necessario prevedere una loro eliminazione o spostamento con bonifica e riqualificazione dell'area.

5.3 Gestione dei sedimenti: ambiti e linee generali di azione

Ai fini della definizione delle strategie di gestione dei sedimenti, si può innanzitutto suddividere il bacino in **tre ambiti** con aspetti e problematiche leggermente differenziati tra loro: **1. Medio-alto Magra**; **2. Medio-alto Vara**; **3. Basso Magra e Vara**. Si riepilogano di seguito le principali **strategie di gestione** per i tre ambiti (Fig.4).



Figura 4 – Strategie generali di gestione nei tre ambiti.

Oltre ai tre principali ambiti del bacino, si individuano due **tratti con caratteristiche morfologiche peculiari**:

4. Piana di Filattiera: tratto di assoluto pregio naturalistico, per il quale istituire normative di divieto assoluto di ogni modifica o azione che possa interferire con la dinamica fluviale.

5. Confluenza Vara – Magra: tratto con elevata valenza naturalistica, per il quale si propone di istituire norme di assoluto divieto di ogni modifica o azione che possa interferire con la dinamica fluviale.

6. Tratto prefociale: tratto destinato al mantenimento della sezione di deflusso, pertanto in tale tratto si può consentire la rimozione periodica di sedimenti. In tal caso, il materiale rimosso deve essere recapitato in prossimità della foce e/o sulla linea di costa adiacente.

Sono state poi definite le principali **linee d'azione o misure** da applicare nei diversi ambiti, tratti e sottobacini, secondo quanto indicato nella Carta delle Strategie di Indirizzo per la Gestione dei Sedimenti. Tali azioni sono suddivise in due principali gruppi, coerentemente alla definizione della scala delle priorità: 1) Misure conservative; 2) Misure migliorative.

Misure conservative

C1) Non intervenire su frane

C2) Non intervenire su versanti a diretto contatto con reticolo

C3) Non intervenire su sponde in erosione

C4) Non costruire nuove opere trasversali

C5) Non costruire nuove opere longitudinali

C6) Non fare manutenzione su opere esistenti

Misure migliorative

M1) Mobilizzare sedimenti intrappolati a monte di opere trasversali

M2) Mobilizzare sedimenti in alveo

M3) Mobilizzare sedimenti dalla piana inondabile

M4) Prevedere rilascio di un deflusso solido a valle degli sbarramenti

M5) Mobilizzare sedimenti in situazioni di rischio (per sedimentazione)

M6) Immettere sedimenti provenienti da altri tratti del reticolo

M7) Immettere sedimenti in corrispondenza di opere in situazioni di rischio (per erosione)

5.4 Carta di sintesi delle variazioni del fondo e delle tendenze attuali

Ai fini dell'ottenimento della "Carta delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti" (si veda paragrafo successivo), è stata realizzata una tavola propedeutica, denominata "Carta di sintesi delle variazioni del fondo e delle tendenze attuali". Nella carta viene riportata la classificazione di sintesi, in scala 1:60.000, ed in quattro riquadri separati sul margine destro della tavola i quattro tematismi sui quali si è basata la classificazione stessa (Fig.5.24), vale a dire:

1. Variazioni altimetriche dal 1900 al 2004. Tale tematismo è tratto dalla "Carta di sintesi delle tendenze evolutive" (Relazione Magra 1) e comprende le seguenti classi: S) Stabile (variazioni tra 0.5 e -0.5 m); Il) Incisione limitata (tra -0.5 e -1 m); Im) Incisione moderata (tra -1 e -2 m); Ii) Incisione intensa (tra -2 e -4 m); Iii) Incisione molto intensa (<-4 m, vale a dire abbassamento maggiore di 4 m).

2. Recupero morfologico rispetto al 1950. Tale tematismo è tratto dalla "Carta di sintesi dello stato attuale rispetto al 1950" (Relazione Magra 1), la quale è quella che meglio sintetizza il rapporto tra le tendenze attuali e le variazioni complessive avvenute nel corso degli ultimi 150 anni circa. In particolare, sono state prese in considerazione solo le classi di recupero altimetrico (quota del fondo), vale a dire: A) recupero di quota del fondo superiore al 100 %; B) recupero di quota del fondo compreso tra 80 e 100 %; C) recupero di quota del fondo compreso tra 50 e 80 %; D) recupero di quota del fondo compreso tra 0 e 50 %; E) recupero di quota del fondo inferiore allo 0 %.

3. Tendenze evolutive. Tale tematismo è tratto dalla "Carta di sintesi delle tendenze evolutive" (Relazione Magra 1) e comprende i seguenti casi: S) in sedimentazione; E/S) in equilibrio/sedimentazione (tratti in cui fossero presenti evidenze di entrambe le tendenze); E) in equilibrio; I) in incisione.

4. Bilancio di sedimenti. Sono state considerate le classi derivanti dai risultati del bilancio di sedimenti ottenuto mediante i calcoli del trasporto solido al fondo, vale a dire: S) in sedimentazione; E/S) in equilibrio/sedimentazione; E) in equilibrio; E/I) in equilibrio/incisione; I) in incisione.

Combinando tra loro le varie possibili casistiche sulla base dei quattro tematismi prima esposti, sono state ricavate 3 **nuove classi**, ognuna delle quali suddivisa in due sottoclassi (per un totale di sei sottoclassi), secondo quanto definito in Tabella 4 e 5.

Classe	Definizione sintetica	Definizione estesa
1	Tratti con tendenza alla sedimentazione e recupero alto rispetto al 1950	Tratti con tendenza univoca alla sedimentazione, con aggradazione (1A) o recupero molto alto (1B) rispetto al 1950
2	Tratti con tendenza variabile e recupero medio rispetto al 1950	Tratti con recupero alto rispetto al 1950 ma con tendenze attuali non univoche (2A) oppure con recupero medio e tendenza univoca alla sedimentazione (2B)
3	Tratti incisi con recupero basso rispetto al 1950	Tratti incisi, con recupero medio rispetto al 1950 ma con tendenze attuali non univoche oppure con tendenze univoche alla sedimentazione ma recupero basso (3A), fino a recupero basso e tendenza attuale all'incisione (3B)

Tabella 4 – Definizione delle classi finalizzate alla gestione dei sedimenti.

Classe	1. Variazioni altimetriche rispetto al 1900	2. Recupero rispetto al 1950	3. Tendenze attuali	4. Bilancio di sedimenti
1A	S	A	S, E/S (E non esiste associato a classe A di recupero)	S, E/S (E)
1B	S, II	B	E, E/S, E	S, E/S (E)
		C, D	E, E/S, E	S, E/S (E)
2A	S, II	A, B	S, E/S, E	E/I, I
		C, D	S, E/S, E	E/I, I
		A, B	I	S, E/S
		C, D	I	S, E/S
2B	Im, Ii, Iii	B, C	S, E/S	S, E/S (E)
	Im	B	S, E/S	E/I, I
3A	Im, Ii, Iii	C	S, E/S, E	E/I, I
		C	E	S, E/S
		D	S, E/S	S, E/S, E, E/I, I (qualunque)
		D	S, E/S, E, I (qualunque)	S, E/S, E
3B	Im, Ii, Iii	D, E	E, I	E/I, I

Tabella 5 – Definizione delle classi sulla base dell’incrocio delle casistiche relative ai quattro tematismi considerati.

5.5 Carta delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti

Attraverso la “Carta delle Strategie di Indirizzo per la Gestione dei Sedimenti” si sintetizzano le linee d’azione ed i principi ispiratori generali descritti finora, applicandoli ai vari ambiti, sottobacini e tratti fluviali nel bacino del Fiume Magra. La carta è in scala 1:60.000 e comprende un’unica tavola. La Legenda è organizzata in due parti: 1) la prima parte, disposta in verticale sul fianco sinistro della tavola, riporta gli elementi conoscitivi; 2) la seconda parte, disposta orizzontalmente nell’angolo in basso a sinistra della tavola, riporta le strategie di gestione e linee di azione. Si descrivono di seguito sinteticamente gli elementi rappresentati in legenda.

Elementi conoscitivi

1. Ambiti territoriali e reticolo idrografico. Si delimitano innanzitutto i **tre ambiti** territoriali definiti precedentemente, vale a dire: 1. Medio-alto Magra; 2. Medio-alto Vara; 3. Basso Magra e Vara. Si riporta inoltre il **reticolo idrografico** dal secondo ordine secondo la gerarchizzazione di Horton-Strahler.

2. Frane. Si riportano sulla carta solo le frane selezionate come significative ai fini della ricarica dei sedimenti, secondo i criteri definiti nel par.3.8, vale a dire: 1) frane ricadenti in classe IV (potenziale alto) e V (potenziale molto alto), escludendo le frane a rischio ricadenti nelle classi R3 ed R4 del PAI.; 2) sono escluse le frane ricadenti nei sottobacini della porzione alta del bacino del Magra a monte dell’abitato di Pontremoli, per motivi di distanza ed ubicazione sfavorevole; 3) sono escluse le frane nella porzione di bacino del F.Vara a monte della diga di S.Margherita, per motivi di connessione sfavorevole.

3. Sottobacini per la ricarica diretta nel reticolo. Si riportano sulla carta i sottobacini selezionati come significativi ai fini della ricarica diretta di sedimenti (totale di 16), secondo i criteri definiti nel par.3.8, vale a dire: 1) classe del potenziale di ricarica diretta (esclusi i sottobacini ricadenti nelle classi I, II e III); 2) Distanza; 3) Ubicazione; 4) Connessione. In particolare, da un punto di vista grafico, sulla carta vengono evidenziate (sfondo verde) le aree con potenziale di ricarica diretta maggiore di zero. All’interno di tali aree si riporta il reticolo idrografico, mentre la parte di

reticolo non ricadente in aree significative per il potenziale di ricarica non è riportata sulla carta, ad eccezione dei tratti terminali di tutti i principali affluenti (quelli classificati come intermedi).

4. Classificazione alvei principali. Gli alvei sono classificati nelle tre classi (1, 2, 3) e sei sottoclassi (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) secondo quanto definito nel paragrafo precedente e secondo quanto riportato nella “Carta di sintesi delle variazioni del fondo e delle tendenze attuali”.

5. Bilancio sedimenti. Vengono evidenziati i tratti in cui sono stati suddivisi i due fiumi ai fini del bilancio di sedimenti e vengono riportati i valori di bilancio medio annuo. Tali valori sono utilizzati successivamente nell’ambito delle linee guida di gestione dei sedimenti (raccomandazioni B6 e B7) relative ai quantitativi mobilizzabili nei tratti a classi 1 o 2.

6. Condizioni confluente. Vengono classificate le condizioni della confluenza dei principali affluenti (secondo quanto osservato nella fase di campo: si veda par.3.5), distinguendo i due casi: A) abbondanza di sedimenti; S) scarsità di sedimenti.

7. Tratti particolari. Si evidenziano i due **tratti ad elevato pregio naturalistico**, vale a dire: 1. Piana di Filattiera; 2. Confluenza Vara – Magra. Si evidenzia infine il **tratto prefociale**, caratterizzato da problematiche e criteri di gestione dei sedimenti particolari.

Strategie di gestione e linee d’azione

1. Strategie generali ambiti territoriali. Innanzitutto si possono associare alcune priorità e strategie differenziate ai tre ambiti territoriali, sintetizzabili come segue:

Strategie generali ambito 1: preservare le attuali condizioni dell’alveo e favorire la ricarica ed il trasporto verso valle per tendere a migliorare le condizioni degli alvei nell’ambito 3.

Strategie generali ambito 2: preservare le attuali condizioni dell’alveo e favorire la ricarica ed il trasporto verso valle per tendere a migliorare le condizioni degli alvei nell’ambito 3.

Strategie generali ambito 3: favorire l’arrivo/immissione di sedimenti da tratti a monte e dal tratto stesso (per erosione laterale).

2. Linee d’azione o misure. Si riportano le misure o linee d’azione descritte nel paragrafo precedente e qui di seguito elencate.

Misure conservative: C1) Non intervenire su frane; C2) Non intervenire su versanti a diretto contatto con reticolo; C3) Non intervenire su sponde in erosione; C4) Non costruire nuove opere trasversali; C5) Non costruire nuove opere longitudinali; C6) Non fare manutenzione su opere esistenti.

Misure migliorative: M1) Mobilizzare sedimenti intrappolati a monte di opere trasversali; M2) Mobilizzare sedimenti in alveo; M3) Mobilizzare sedimenti dalla piana inondabile; M4) Prevedere rilascio di un deflusso solido a valle degli sbarramenti; M5) Mobilizzare sedimenti in situazioni di rischio (per sedimentazione); M6) Immettere sedimenti provenienti da altri tratti del reticolo; M7) Immettere sedimenti in corrispondenza di opere in situazioni di rischio (per erosione).

Linee d’azione frane

- Le frane riportate sulla carta sono da considerarsi aree di ricarica naturale di sedimenti non a rischio. Per tali frane vale l’azione **C1**: “Non intervenire su frane”, vale a dire è fortemente sconsigliato qualunque intervento di stabilizzazione.

Linee d’azione sottobacini

- Per tali sottobacini vale in generale l’azione **C2**: “Non intervenire su versanti a diretto contatto con reticolo”, ovvero è fortemente sconsigliato qualunque intervento di stabilizzazione o di protezione dall’erosione di sponde o versanti a contatto o nelle immediate vicinanze con aste fluviali del reticolo.

- Valgono inoltre le seguenti misure relative alle aste fluviali rientranti in questi sottobacini:

C3: “Non intervenire su sponde in erosione”; **C4**: “Non costruire nuove opere trasversali”; **C5**: “Non costruire nuove opere longitudinali”.

- Vale la misura **C6**: “Non fare manutenzione su opere esistenti” eccetto laddove le opere esistenti sono a protezione di elementi a rischio e la loro mancata manutenzione minacci il danneggiamento di tali elementi.

- Vale inoltre la misura **M1**: “Mobilizzare sedimenti intrappolati a monte di opere trasversali” laddove esistono opere trasversali (briglie o dighe) che bloccano o rallentano il libero transito di sedimenti al fondo.

3. Gestione sedimenti negli alvei principali. Alle tre classi principali (1, 2 e 3) si associano determinate strategie e linee d’azione, definite come segue:

Classe 1: Promuovere la mobilizzazione nel tratto stesso (azione **M2**) o verso i tratti a classe 3 a valle più vicini (azioni **M1** o **M5**);

Classe 2: Consentire la mobilizzazione nel tratto stesso (azione **M2**) o verso i tratti a classe 3 a valle più vicini (azioni **M1** o **M5**);

Classe 3: Non consentire alcuna mobilizzazione, eccetto nel caso di sedimentazioni localizzate in corrispondenza di opere (azione **M5**), permettendo solo spostamenti a valle all’interno dello stesso tratto. **Promuovere l’immissione** di sedimenti (azioni **M6** o **M7**) provenienti da tratti a monte.

4. Gestione tratti specifici. Per quanto riguarda i tratti specifici, si definiscono le seguenti raccomandazioni:

Tratti ad elevato pregio geomorfologico: evitare modifica o azione in alveo che possa interferire con la morfologia ed i processi attuali (azioni **C3, C4, C5, C6**).

Tratto prefociale: mantenimento della sezione di deflusso, consentendo a tal fine periodiche mobilizzazioni di sedimenti, a condizione che essi rimangano all’interno della stessa unità fisiografica.

5.6 Strategie dei sedimenti: linee guida e raccomandazioni

Scopo di questo paragrafo è quello di definire una serie di raccomandazioni per la gestione dei sedimenti, le quali costituiscono parte integrante della “Carta delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti”, facendo anche riferimento ad esperienze condotte in altri paesi per gli stessi scopi. Le raccomandazioni sono suddivise in **tre principali azioni** (Tab.4):

1. Mobilizzazione di sedimenti in alveo; 2. Mobilizzazione di sedimenti dalla pianura; 3. Reintroduzione di sedimenti in alveo.

Azioni	Raccomandazioni
1. Mobilizzazione di sedimenti in alveo	
<i>A. Se e quando mobilizzare sedimenti</i>	<i>A1, A2, A3</i>
<i>B. Quanti sedimenti possono essere mobilizzati</i>	<i>B4, B5, B6, B7, B8, B9</i>
<i>C. Da dove dovrebbero essere mobilizzati</i>	<i>C10, C11, C12, C13, C14</i>
<i>D. Qual è il modo migliore per mobilizzare sedimenti</i>	<i>D15, D16, D17</i>
<i>E. Quanto frequentemente dovrebbero essere mobilizzati</i>	<i>E18</i>
<i>F. Dove spostare i sedimenti mobilizzati</i>	<i>F19, F20, F21, F22</i>
2. Mobilizzazione di sedimenti nella pianura	<i>23</i>
3. Reintroduzione di sedimenti in alveo	<i>24, 25, 26</i>

Tabella 4 – Riepilogo delle raccomandazioni di gestione dei sedimenti suddivise per azioni.

5.7 Raccomandazioni relative ad opere idrauliche

In questo paragrafo si intendono fornire dei suggerimenti e raccomandazioni di carattere generale relativamente sia ad opere idrauliche esistenti (in particolare briglie e soglie di fondo) che di possibili opere programmate per il futuro (casse di espansione).

Opere trasversali esistenti

In termini di gestione delle briglie o soglie esistenti, si suggeriscono le seguenti **raccomandazioni**:

1. Periodico spostamento dei sedimenti da monte a valle dell'opera: rimuovere i sedimenti accumulatisi a monte di briglie o soglie e di reimmetterli immediatamente a valle delle stesse (misura **M1** precedentemente definita).

2. Manutenzione di briglie o soglie esistenti: conversione in rampe: nel caso le opere trasversali esistenti subissero dei danneggiamenti ed avessero bisogno di manutenzione, si raccomanda di prendere in considerazione l'ipotesi di convertirle ed adeguarle ad una rampa in massi, piuttosto che ripristinare la struttura originaria.

Casse di espansione

Si sono fornite le seguenti **raccomandazioni** relative alla possibile realizzazione ed ubicazione delle opere di laminazione:

1. Casse in linea lungo il F.Vara. Il medio-alto Vara, per la sua tendenza a condizioni di sedimentazione, appare il tratto più adatto alla realizzazione di casse in linea (o di tipo misto). E' necessario tuttavia prevedere una **periodica mobilizzazione** dei sedimenti accumulatisi a monte dell'opera di sbarramento con spostamento immediatamente a valle della stessa.

2. Casse lungo affluenti. Si propone il seguente criterio:

- per gli affluenti che ricadono tra i sottobacini scelti come significativi per la ricarica di sedimenti, evitare la realizzazione di casse in quanto la riduzione di apporto solido è in palese conflitto con gli obiettivi di ricarica;
- per gli affluenti che non ricadono tra i sottobacini scelti come significativi per la ricarica di sedimenti, acconsentire alla eventuale realizzazione di casse, prevedendo anche in questi casi una periodica mobilizzazione dei sedimenti che si depositano a monte dell'opera.

3. Casse lungo il F.Magra: gestione della FMF differenziata per tratti. Per tale fiume si può prevedere un criterio differenziato per tratti. I **tratti prioritari da destinare alle tendenze evolutive naturali** sono: a) Piana di Filattiera; b) basso Vara (da Piana Battolla alla confluenza Magra); c) basso Magra (da S.Stefano a Sarzana). Ad esclusione dei precedenti, si può prendere in considerazione la realizzazione di opere di laminazione negli altri tratti.

4. Perseguire anche obiettivi di riqualificazione fluviale. Nei casi in cui si ritiene indispensabile la realizzazione di una cassa, si raccomanda di prendere in considerazione anche soluzioni progettuali alternative a quella di una cassa di espansione di tipo tradizionale, che cerchino di perseguire anche obiettivi di riqualificazione fluviale. Occorrerebbe prendere in considerazione una possibile polifunzionalità dell'opera, ad esempio attraverso scelte progettuali che esaltino contemporaneamente il ruolo depurativo, ricreativo e naturalistico delle zone umide. Soluzioni di questo tipo non sarebbero in alcun modo incompatibili con gli obiettivi relativi alla fascia di mobilità funzionale, in quanto si lascerebbe comunque l'alveo libero di divagare all'interno di quest'ultima. Si raccomanda quindi di prendere in debita considerazione un tipo di soluzione che vada in questa direzione, anche a costo di una minore efficienza idraulica.

5.8 Riepilogo delle strategie di indirizzo per la gestione dei sedimenti per ambiti

In questa parte finale si riassumono le precedenti raccomandazioni, azioni e misure di gestione ambito per ambito, facendo riferimento più specifico alle problematiche e le caratteristiche specifiche locali dei vari tratti fluviali. Si riepilogano di seguito le problematiche specifiche di ogni ambito trattate.

Medio-alto Magra

Strategie generali:

1. Preservare le caratteristiche morfologiche attuali;
2. Favorire la ricarica di sedimenti per i tratti a valle.

Principali problematiche:

1. Gestione delle frane e dei sottobacini significativi per la ricarica;
2. Gestione delle erosioni di sponda;
3. Gestione della Piana di Filattiera;

4. Raccomandazioni relative ad opere idrauliche esistenti e/o in progetto.

Medio-alto Vara

Strategie generali:

1. Preservare le caratteristiche morfologiche attuali;
2. Favorire la ricarica di sedimenti per i tratti a valle.

Principali problematiche:

1. Gestione delle frane e dei sottobacini significativi per la ricarica;
2. Gestione delle situazioni in sedimentazione;
3. Gestione delle erosioni di sponda;
4. Raccomandazioni relative ad opere idrauliche esistenti e/o in progetto.

Basso Magra e Vara

Strategie generali:

1. Migliorare le caratteristiche morfologiche attuali attraverso la rialimentazione di sedimenti.

Principali problematiche:

1. Gestione delle erosioni di sponda;
2. Provenienza ed immissione dei sedimenti;
3. Gestione del tratto di confluenza Magra – Vara;
4. Gestione del tratto prefociale;
5. Raccomandazioni relative ad opere idrauliche esistenti e/o in progetto.