



**WWF MARCHE CENTRALI ANCONA MACERATA O.A**

**Bacino Fiume Esino**  
**Assetto territoriale per sub-bacini**  
**per la progettazione preliminare delle azioni**  
**per la difesa del suolo e la riqualificazione fluviale**

---

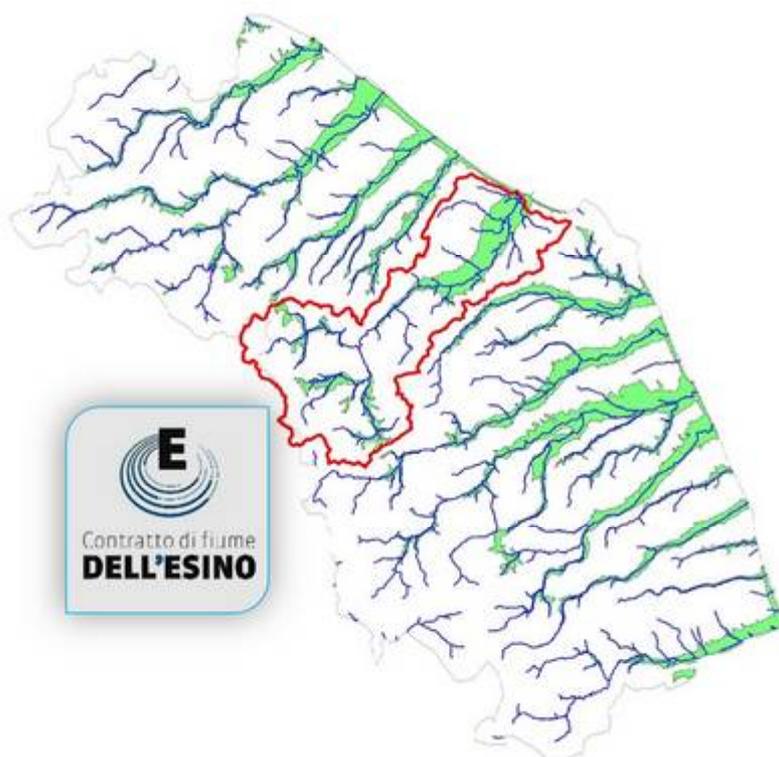
**Linee guida per la progettazione e gestione delle aree**  
**di laminazione e del reticolo idrografico minore**

---

*Ri-connessione*  
*ecologica - idraulica - sociale delle unità morfologiche fluviali*

*di Dr. Geol. Andrea Dignani*

*collaborazione di Dr. Agr. David Belfiori*



Gennaio 2020

## Indice

<b>Premessa.....</b>	<b>3</b>
<b>Introduzione.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Linee guida - Un nuovo approccio per la progettazione fluviale.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Il fiume modello di sé stesso.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Evoluzione – trasformazione della morfologia del fiume Esino.....</b>	<b>25</b>
<b>4. Le aree di laminazione.....</b>	<b>30</b>
<b>5. Il reticolo idrografico minore.....</b>	<b>56</b>
<b>6. La riconnessione sociale .....</b>	<b>83</b>
<b>7. Dalle linee guida all’assetto territoriale.....</b>	<b>87</b>
<b>8. Il Fiume clima-sostenibile.....</b>	<b>99</b>
<b>Allegato A – Morfometria reticolo idrografico minore.....</b>	<b>108</b>
<b>Allegato B – Riconnessione sociale – Esperienze.....</b>	<b>127</b>

## **PREMESSA**

Il presente documento “Linee guida per la progettazione e gestione delle aree di laminazione e del reticolo idrografico minore per la mitigazione del dissesto idrogeologico e climatico nel bacino del Fiume Esino - Ri-connessione ecologica - idraulica - sociale delle unità morfologiche fluviali” viene prodotto dall’Associazione WWF Marche Centrali Ancona Macerata quale contributo al Piano di Azione del Contratto di fiume dell’Esino.

Il documento redatto dal Dr.Geol. Andrea Dignani con il contributo del Dr.Agr. David Belfiori in qualità di Direttore della Riserva Ripa Bianca ha il fine di contribuire a promuovere una strategia di gestione sostenibile (ambientale, economica e sociale) per la mitigazione del rischio idrogeologico con un approccio comprensoriale, organico e partecipato ed in linea con gli obiettivi della direttiva quadro Acque (Dir. 2000/60/CE) e Alluvioni (Dir. 2007/60/CE): tutte caratteristiche che identificano anche il processo del contratto di fiume.

*Marco Pietroni*

*Responsabile WWF Marche Centrali Ancona Macerata O.A.*

## INTRODUZIONE

Dopo ogni evento alluvionale, una forte erosione in un fosso, sorge spontanea la richiesta di “laminare le piene a monte”, “ridare spazio al fiume”, “fermare il consumo del suolo” “prevenire le frane”, giuste e ragionevoli richieste, purtroppo concetti che normalmente rimangono nella idea astratta della buona gestione del fiume o che al più trovano sporadiche e soggettive interpretazioni progettuali non sistematiche.

Interpretando la definizione dell'ingegneria idraulica (Wikipedia), “l'effetto di laminazione delle portate di piena consiste nel progressivo abbassamento del colmo di piena, per un alveo fluviale, man mano che il fenomeno prosegue da monte verso valle”, il fiume che viene rappresentato diminuisce le portate di picco andando verso valle, laminando lateralmente rispetto all'alveo le portate.

Dal punto di vista del rischio idraulico l'approccio che si è affermato negli ultimi due secoli è esclusivamente basato sulla realizzazione di opere di difesa idraulica, progettate nell'ottica di contenere le piene entro stretti argini, rigide sponde, e allontanare l'acqua il più in fretta possibile, ritenendo così di mettere “in sicurezza” il territorio. Nella moderna consapevolezza scientifica tale approccio progettuale altera pesantemente i processi e le dinamiche fluviali a medio e lungo termine con conseguenze spesso imprevedibili e negative soprattutto in termini di rischio e dissesto inoltre ha ripercussioni molto negative in termini ambientali e di disponibilità di risorsa idrica. L'acqua viene di fatto considerata come un problema da scaricare a valle, verso il mare, il più in fretta possibile, al contrario l'acqua oggi rappresenta una preziosa risorsa, in considerazione degli attuali cambiamenti climatici, da accumulare nel “serbatoio” naturale offerto dal sistema dei corpi idrici superficiali (il suolo) e sotterranei (gli acquiferi).

Ad analizzare bene il principio di favorire il deflusso verso valle per mezzo delle pratiche di arginare, canalizzare, rimuovere le condizioni di attrito sulle sponde (togliere la vegetazione, sistemare con gabbionate, realizzare una perfetta sezione di deflusso a trapezio rovesciato), le portate di picco, con il contributo degli affluenti, di fatto aumentano da monte verso valle. Di conseguenza, la vera soluzione progettuale per diminuire il rischio idraulico è quella di “laminare le piene”, diversamente dell'azione puntuale della cassa di espansione, in modo diffuso e continuo, con una costante riduzione del rischio verso valle; ma tutto ciò cosa significa esattamente in termini pratici, progettuali? Queste linee guida cercheranno di rispondere alla domanda innanzitutto nel definire il concetto geomorfologico di “area di laminazione”, di trovare

una spiegazione progettuale coerente con i principi della geomorfologia fluviale e quindi coerente con la morfodinamica e l'idrodinamica di un sistema fluviale dinamico ed evolutivo. Nelle successive analisi si elaborarono le metodologie per impostare il progetto delle aree di laminazione in modo da rispondere efficacemente alla funzionalità di laminare le piene in un contesto fluviale in costante equilibrio dinamico.

Come discusso sopra, il miglioramento della qualità ecologica del territorio e, più in particolare, degli ambienti fluviali rientra tra gli obiettivi prioritari di una società evoluta. Troppo spesso la progettazione e l'esecuzione dei lavori fluviali hanno spesso limitato la loro attenzione ai soli aspetti idraulici, trascurando quelli morfologico-naturalistici e determinando impatti ambientali ed aumentando lo stesso rischio idraulico.

L'importanza della diversità morfologica e quindi ecologica dei corsi d'acqua si manifesta a scala di microhabitat in particolare con l'eterogeneità del substrato, le sequenze buche-raschi, la sinuosità del tracciato, la vegetazione riparia, e gli ecotoni acquatici/terrestri popolati da specie ittiche ed anfibiae.

Per una reale ed efficace innovativa gestione dei corsi d'acqua risulta necessario iniziare nella gestione del deflusso idrico nei versanti, nei rivoli di montagna, nei fossi della campagna, nella gestione quindi del c.d. Reticolo idrografico minore.

Una gestione del territorio, dell'uso del suolo, della manutenzione delle campagne e dei boschi, attraverso una integrata analisi ecologica e geomorfologica capace di tradurre in azioni progettuali il principio della ecosostenibilità dell'uso del suolo.

Nel considerare la logica progettuale di riattivare la dinamica fluviale, quindi le connessioni con le unità morfologiche di transizione laterale al sistema fluviale (aree perifluviali), occorre anche progettare le connessioni sociali, il nostro interagire positivo con il fiume. Le linee guida cercano inoltre di offrire spunti progettuali per una nuova cultura di fruizione, di educazione alla frequentazione ed utilizzo del fiume in modo coerente con le finalità del CDF Esino ovvero con l'implementazione delle direttive 92/43, 2000/CE e 2060/CE.

*David Belfiori, Direttore della Riserva Naturale Regionale Ripa Bianca di Jesi*

*Andrea Dignani, Idromorfologo Consulente Riserva Naturale Regionale Ripa Bianca di Jesi*

## 1 – LINEE GUIDA - UN NUOVO APPROCCIO PER LA PROGETTAZIONE FLUVIALE

### **La progettazione ordinaria**

L'approccio progettuale utilizzato negli ultimi due secoli è basato sulle opere di difesa e idrauliche, e sul criterio di "portare via l'acqua il prima possibile", si adotta un'ottica localistica (nello spazio e nel tempo), dove c'è un problema si realizza un intervento, senza valutare in simulazioni e previsione di scenari sugli effetti indotti a valle, oppure a monte.

Questo approccio nasce in un contesto socio-economico e culturale nel quale non erano ancora state sviluppate le attuali consapevolezze scientifiche, inoltre c'era grande spazio a disposizione, l'impatto umano era relativamente contenuto, c'era l'impellente necessità di sviluppare un apparato industriale, molti interventi di artificializzazione del reticolo idrografico erano finalizzati allo sfruttamento dell'acqua (dighe, infrastrutture legate alle centrali idroelettriche, captazioni, canali ...), di altre risorse (in particolare inerti e legname), dei fiumi stessi (navigazione, pesca, smaltimento reflui fognari ...), del territorio a fini produttivi (bonifica) e socio-economici (urbanizzazione, industrializzazione ...).

Questo approccio progettuale quindi si basa su determinate e precise concezioni.

- Il primo e fondamentale concetto è quello di "Portar via l'acqua il prima possibile" aumentando la sezione (approfondendola, a scapito di un restringimento dell'alveo, per "guadagnare" così altro terreno), rettificando l'alveo, rendendolo più liscio, eliminando tutti gli ostacoli al deflusso. Ne derivano risagomature, riprofilature ed eliminazione dei "sovralluvionamenti" (tutte con estrazione di sabbie, ghiaie, ciottoli dall'alveo), rettifiche, taglio della vegetazione, cementificazione;
- un alveo con una pendenza maggiore (stesso dislivello coperto da una distanza minore, a causa della rettifica), più "liscio" (maggior uniformità, minor attrito per assenza di vegetazione) e più dritto (senza meandri o sinuosità) accelera ed innesca le erosioni in alveo e concentra i picchi di piena a valle;
- l'aumento di capacità conseguente a risagomature, ampliamento della sezione di deflusso riprofilature, rettifiche, escavazioni può fornire benefici locali, ma accresce il rischio di inondazione per gli abitati posti a valle;
- la rimozione dei cosiddetti "sovralluvionamenti", le naturali e fondamentali barre fluviali, va nello stesso senso di canalizzare l'alveo, così come le risagomature e riprofilature estese a lunghi tratti. Non va inoltre dimenticato che accumuli locali di sedimenti, quali raschi, barre,

isole fluviali, sono unità morfologiche fluviali del tutto naturali dei fiumi, oltreché molto importanti per una piena funzionalità ecologica:

- sponde private della vegetazione sono molto più soggette all'erosione, perché viene a mancare l'effetto consolidante degli apparati radicali;
- in ogni caso, questi interventi riducono la dissipazione di energia, rendendo la corrente più aggressiva e dotata di maggior forza erosiva, oltre che ridurre l'effetto laminazione.

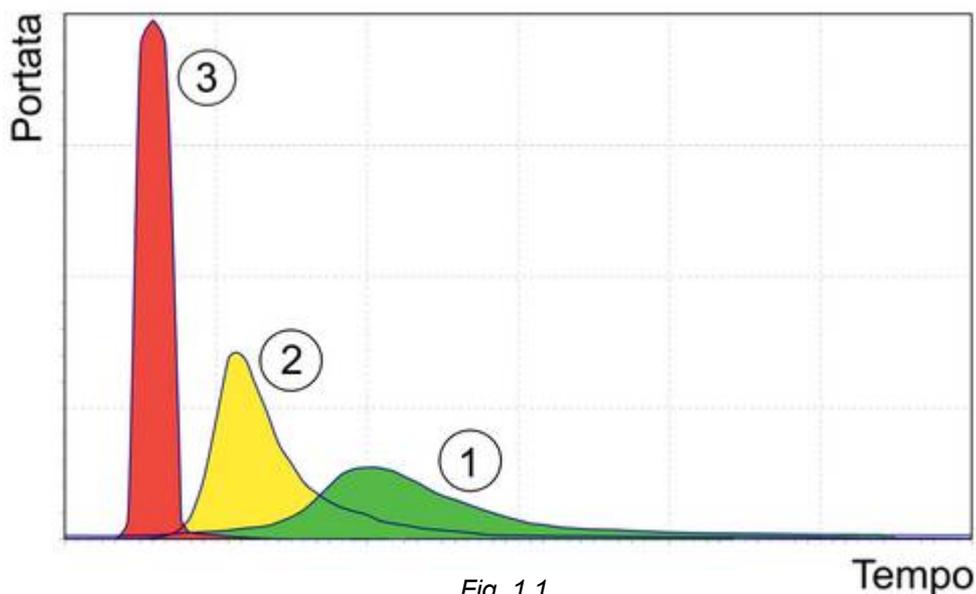


Fig. 1.1

- Nella rappresentazione schematica sopra riportata (Fig.1.1) si descrive in modo indicativo il comportamento di un idrogramma di piena in un bacino naturale (1) dopo un'artificializzazione media (2) ed estrema (3). L'artificializzazione, sia essa dovuta alla canalizzazione dell'alveo o all'impermeabilizzazione del territorio, o ad entrambi, induce l'accentuazione dei picchi di piena, a causa della riduzione dell'infiltrazione (aumenta il volume di scorrimento superficiale) e della riduzione dei tempi di corrivazione (accelerazione della corrente e concentrazione dei deflussi dei vari affluenti). L'onda di piena diventa più elevata (maggior rischio), anticipata (minor tempo per interventi di Protezione Civile) e si esaurisce più rapidamente (magre più spinte e prolungate). Poiché l'integrale della curva (l'area sottesa al picco) rappresenta il volume defluito durante la piena, è chiaro che per ridurre l'altezza del picco occorre allargarne la base: in altre parole, occorre farla defluire in un tempo più lungo. Ciò significa che per ridurre i picchi di piena occorre rallentare la corrente: proprio l'esatto contrario dell'approccio consueto della sistemazione dei corsi

d'acqua, per ottenere la modifica dell'idrogramma di piena occorre quindi modificare l'approccio progettuale e la visione gestionale del territorio (Fig.1.2)

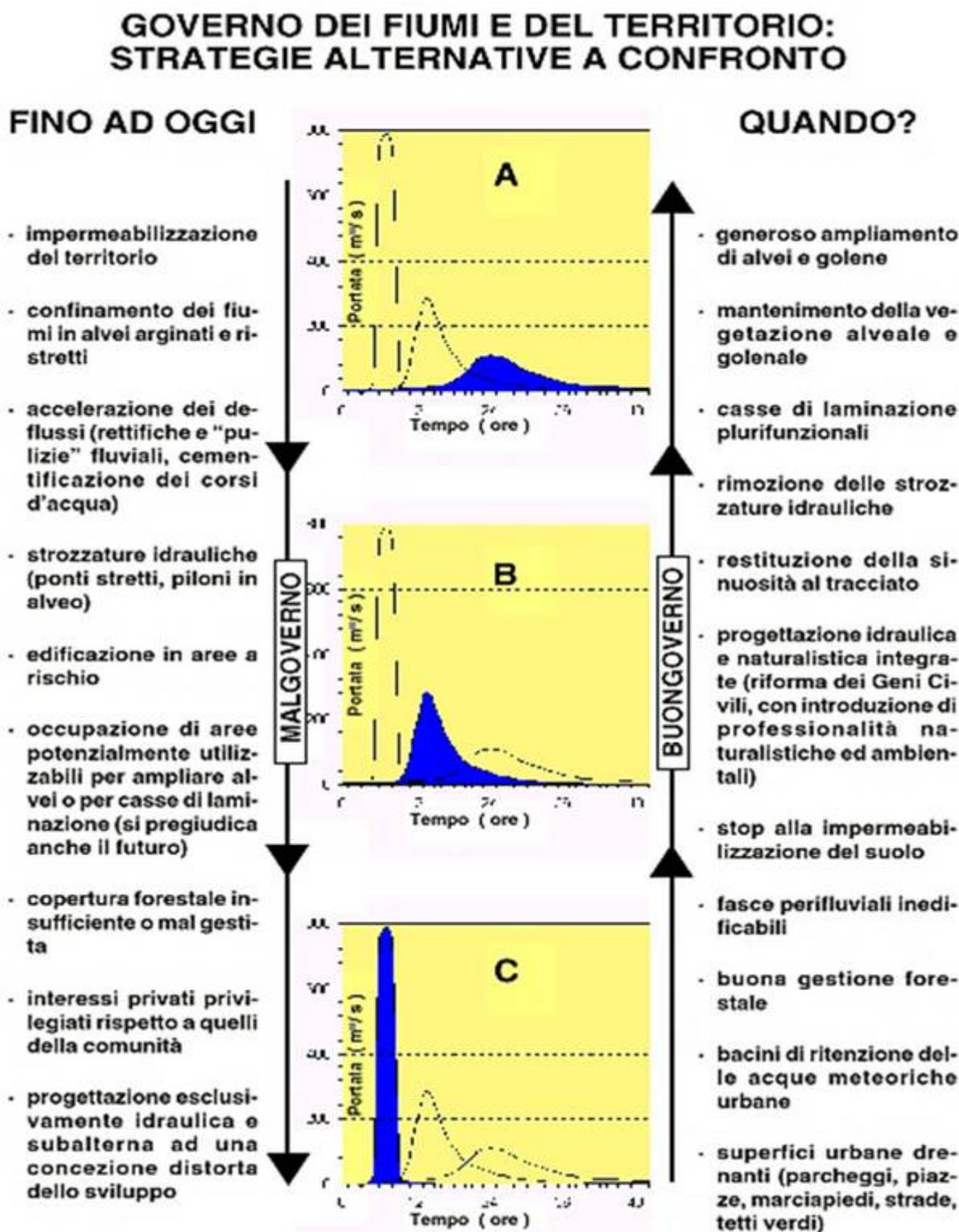


Fig.1.2

Ciclicamente rinasce l'idea dell'estrazione degli inerte per il miglioramento delle condizioni idrauliche dei fiumi. L'estrazione di sedimenti dagli alvei fluviali è stata una pratica molto diffusa che ha assunto proporzioni considerevoli, in Italia come in altri paesi, nel dopoguerra.

I corsi d'acqua costituiscono una grande attrazione per la produzione di sabbia e ghiaia da utilizzare per molte attività costruttive. L'utilizzo di sedimenti fluviali presenta numerosi vantaggi rispetto ad altre fonti, quali le cave da roccia: a) il materiale è di qualità pregiata, in quanto già pulito (privo di sedimenti fini e materiali argillosi), ben assortito, arrotondato; b) le aree di estrazione sono generalmente vicine ai punti di destinazione o di vendita (costi di trasporto ridotti); c) sono di estrazione semplice ed economica e sono continuamente rimpiazzati da nuovi sedimenti trasportati durante le piene. I costi ambientali non sono generalmente tenuti in conto nelle valutazioni di progetti estrattivi; per questo, la "risorsa alveo" risulta molto più vantaggiosa rispetto ad altre fonti.

L'escavazione diretta in alveo può avvenire prelevando sedimenti dal fondo, al di sotto del livello dell'acqua, oppure più semplicemente asportando le barre emerse.

### Effetti morfologici ed idrogeologici dell'estrazione di sedimenti fluviali (Fig.1.3)

- 1) Incisione a monte. Oltre all'abbassamento diretto del livello del fondo nel punto di estrazione, l'escavazione altera il profilo longitudinale, creando un aumento locale di pendenza che tende a migrare verso monte (erosione regressiva).
- 2) Incisione a valle. Il disturbo si propaga anche verso valle, in particolar modo se l'estrazione è intensa e prolungata. La cavità d'escavazione, infatti, agendo da trappola per i sedimenti, ne interrompe il trasporto a valle, ove l'erosione diviene prevalente per l'eccesso di energia della corrente e il ridotto apporto di sedimenti da monte.
- 3) Instabilità dell'alveo. L'incisione è spesso accompagnata da instabilità laterale e variazioni di larghezza, innescando erosione delle sponde e migrazione laterale in tratti precedentemente stabili.
- 4) Corazzamento dell'alveo. Il diffuso abbassamento del fondo innescato dalle escavazioni può proseguire fino ad incontrare uno strato di sedimenti più grossolani (strato "corazzato", deposto in epoche passate in diversi regimi fluviali).
- 5) Instabilità di manufatti e infrastrutture. Come risultato dell'abbassamento del fondo, le pile dei ponti o altre strutture su piloni o pali possono essere "scalzate" e destabilizzate mentre condotte o altre strutture sepolte sotto il fondo possono essere esposte o danneggiate.

- 6) Erosione costiera. Il deficit di sedimenti prodotto dalle estrazioni può avere effetti importanti anche sull'equilibrio delle coste, innescando o accentuando l'arretramento delle spiagge.
- 7) Abbassamento della falda freatica. L'incisione dell'alveo è accompagnata da un abbassamento del pelo libero dell'acqua fluviale e delle falde ad essa idrogeologicamente connesse. Tra le conseguenze, le difficoltà di approvvigionamento idrico, la scomparsa di aree umide e l'alterazione della vegetazione riparia (suolo più secco). Nelle zone costiere, l'abbassamento della falda può favorire l'ingressione del cuneo salino. Inoltre, anche la riduzione della frequenza di esondazione, conseguente all'approfondimento dell'alveo e al suo "effetto canalizzazione", riduce la ricarica naturale delle falde.

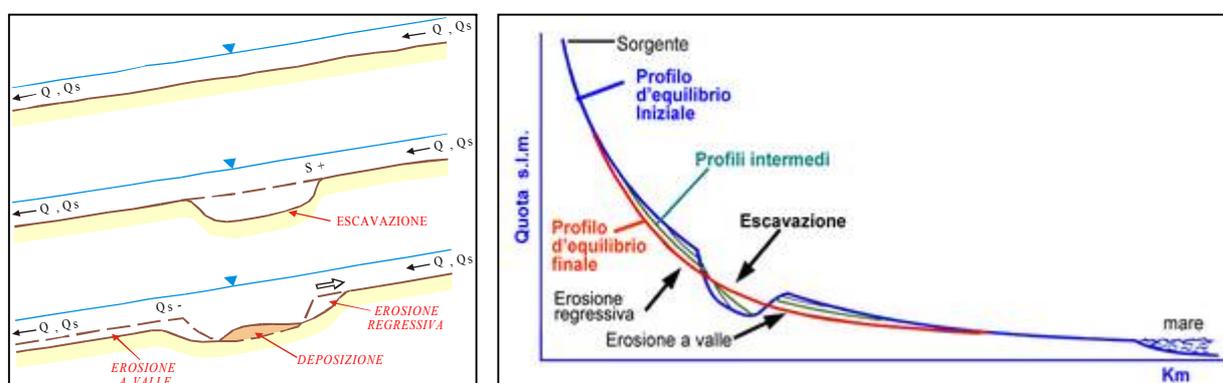


Fig.1.3 - KONDOLF, 1994 mod.

### Effetti idraulici

- 1) Effetti sulla frequenza di esondazione nel tratto di estrazione. L'effetto complessivo dell'escavazione, come già osservato, è generalmente quello di una riduzione della frequenza di esondazione, a causa soprattutto del significativo aumento dell'area della sezione; ciò comporta un aggravio della pericolosità idraulica a valle, per l'arrivo di portate di piena maggiori (in pratica si trasferisce il problema a valle). Generalmente, inoltre, per l'effetto canalizzazione e la riduzione di scabrezza (es. rimozione delle barre), si verifica un'accelerazione della corrente che può accentuare il picco di piena a valle.

### Effetti ecologici ed ambientali

- 1) Perdita di habitat acquatici e ripari. Parecchi sono gli impatti dell'estrazione di sedimenti sugli habitat, tra cui: a) la distruzione di forme fluviali (raschi, buche, barre), ricche di habitat per le specie acquatiche; b) il corazzamento del fondo e la risultante scarsità di ghiaia di granulometria adatta sottraggono habitat essenziali per la deposizione di uova ed hanno

perciò ripercussioni particolarmente dannose sui popolamenti ittici; c) l'asportazione di barre può avere profondi impatti sugli habitat acquatici, creando una sezione larga e piatta, sfavorevole sia in condizioni di magra (minor velocità, maggior riscaldamento) sia in condizioni di piena (scomparsa di ripari dalla corrente) d) l'instabilità dell'alveo può risultare in una distruzione della vegetazione riparia che, a sua volta, causa perdita di habitat, di ombreggiamento e di risorse alimentari per gli organismi acquatici; e) la riduzione della frequenza di inondazione causa la perdita di aree umide e degli habitat associati, tra cui importanti *nursery* per l'ittiofauna.

2) Altri effetti quali: a) incremento di torbidità a valle durante le attività estrattive, con effetti negativi sulle popolazioni di invertebrati e di pesci (es. seppellimento delle uova e degli stadi vitali fissati al substrato); b) il rumore delle attività estrattive e il traffico di mezzi pesanti scoraggiano la vita selvatica nelle zone riparie; c) impatti legati alla costruzione e alla presenza di infrastrutture tecnologiche e di viabilità; d) degradazione estetica del paesaggio (creazione di aree denudate esteticamente spiacevoli, suolo compattato con depressioni, cumuli di materiale, solchi).

3) La distruzione della zona iporreica (Fig.1.4) annulla le capacità autodepurative (Fig.1.5) del fiume, ed intacca in modo significativo la catena alimentare della fauna ittica.

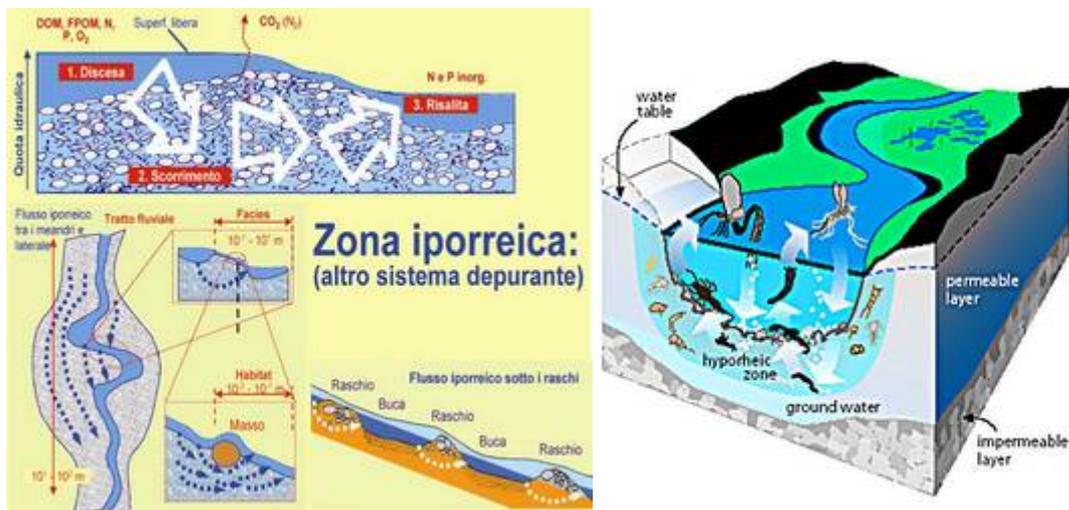


Fig. 1.4 – La zona iporreica

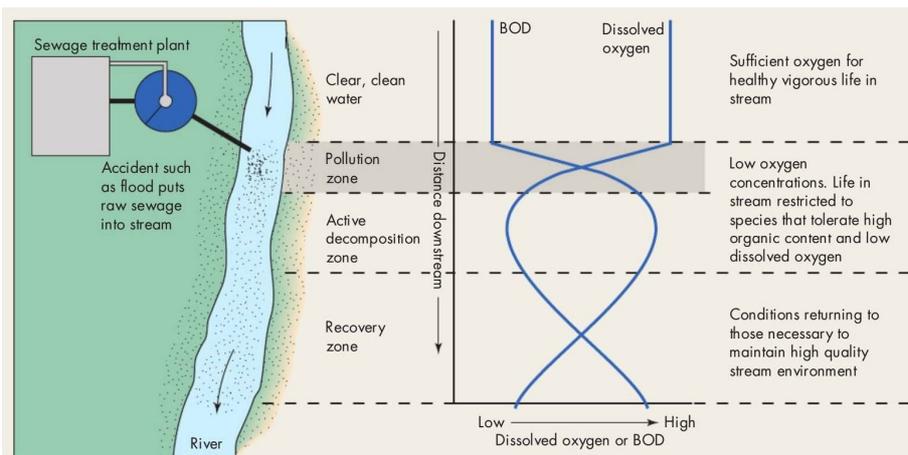


Fig.1.5 - Capacità autodepurativa di un fiume

### La progettazione fluviale “tridimensionale”

Come è stato illustrato nel precedente paragrafo, le pratiche progettuali che sino ad oggi prevalentemente sono state utilizzate per la gestione fluviale hanno considerato solamente la componente longitudinale del fiume (elevata velocità della corrente e basso attrito nell'alveo), una progettazione che possiamo definire “monodimensionale”.

Le opere di “canalizzazione” dell'alveo escludono le unità morfologiche laterali e verticali della dinamica fluviale. La componente del tempo è stata solo presa in esame per i cicli idrologici, portate e relativi tempi di ritorno, ma non è mai considerata per le valutazioni delle dinamiche evolutive della morfologia fluviale, per considerare tutte le componenti spaziali e temporali del fiume necessita di conseguenza definire una progettazione “tridimensionale” (fig.1.6).

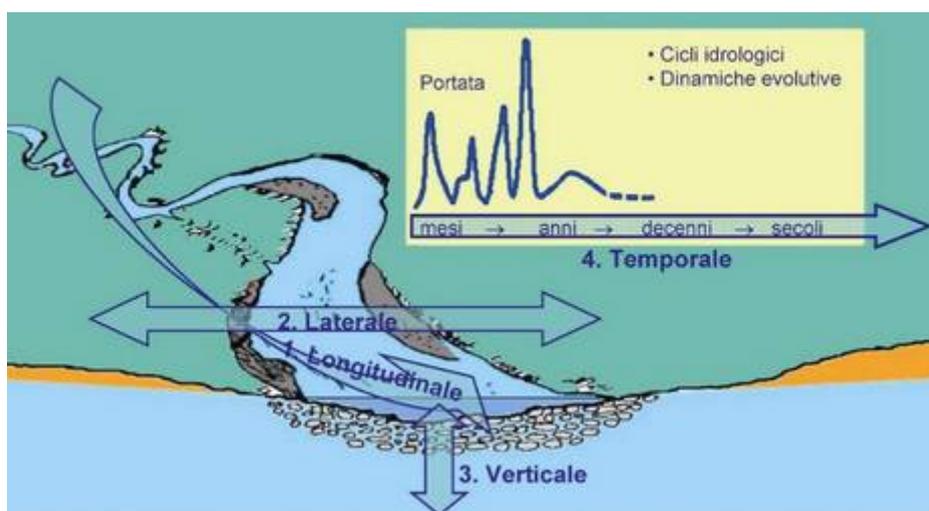


Fig.1.6 – Sistema fluviale tridimensionale (in IDRAIM, 2016)

La componente laterale della dinamica fluviale considera innanzitutto il ruolo delle barre fluviali (fig.1.7). Queste unità morfologiche rappresentano, oltre importanti ecosistemi di alveo, importanti in quanto rappresentano gli “stoccaggi temporanei” del trasporto dei sedimenti dalle zone di rilievo alla costa, rappresentando quindi il sistema sedimentologico di riferimento per definire e caratterizzare la dinamica in alveo del fiume (Fig.1.8).

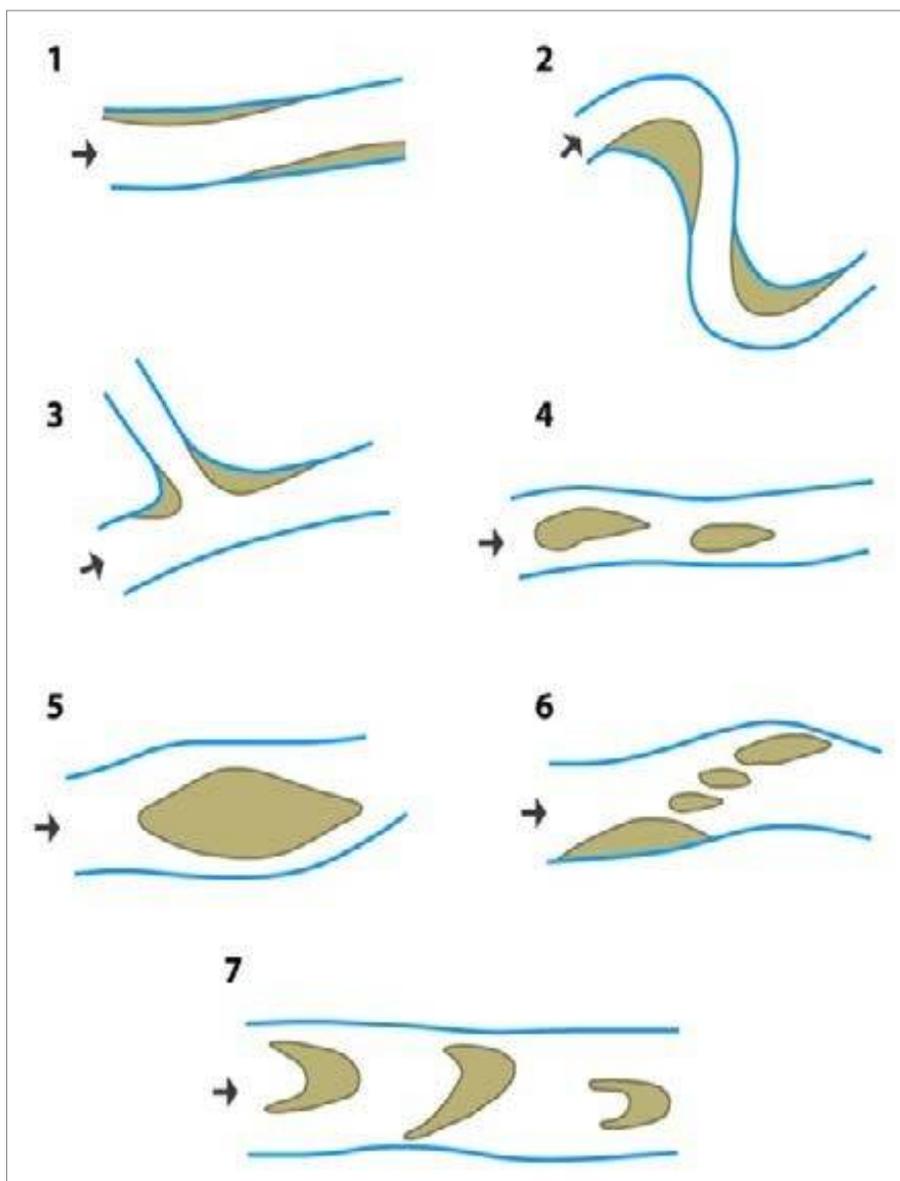


Fig.1.7 - Classificazione dei principali tipi di barre (da Kellerhals et al.1976). 1. Barre laterali; 2. Barre di meandro; 3. Barre di confluenza; 4. Barre longitudinali; 5. Barre a losanga; 6. Barre diagonali; 7. Barre linguoidi o dune

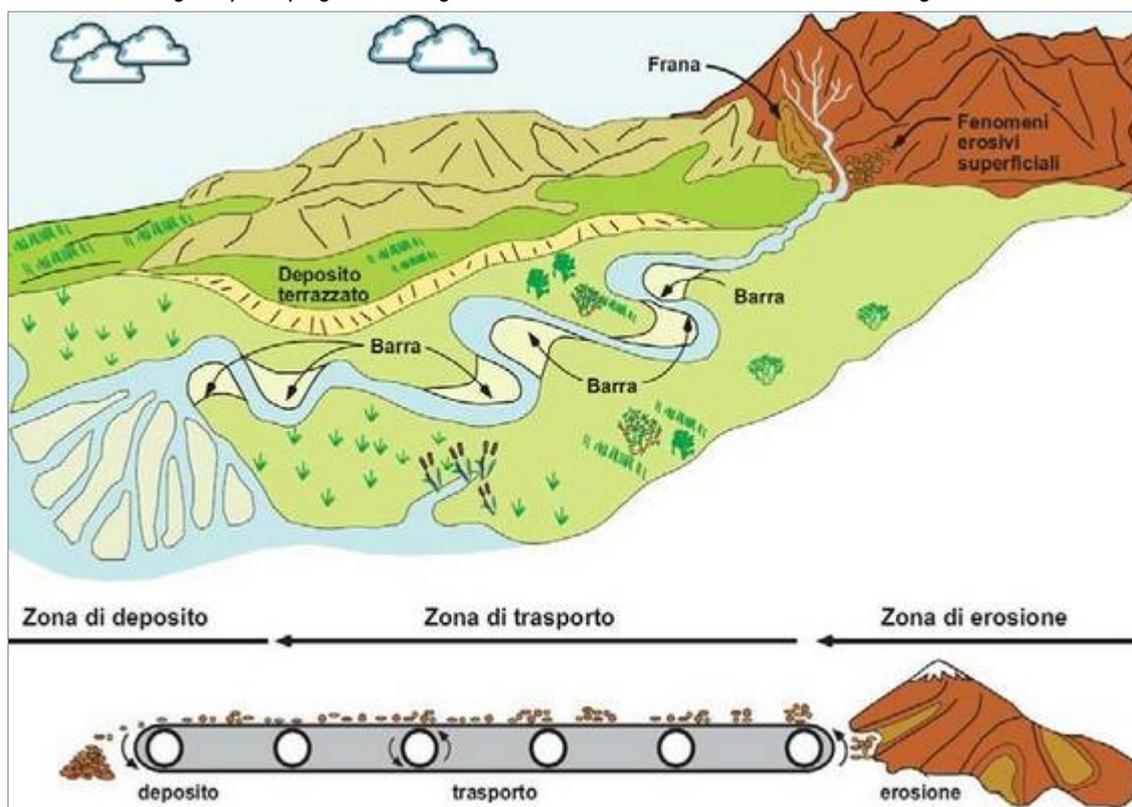


Fig.1.8 - Il corso d'acqua paragonato ad un nastro trasportatore di sedimenti  
(da ADBPO, 2008a, modificato da Kondolf, 1994).

Procedendo nella caratterizzazione laterale troviamo le sponde con la vegetazione riparia (Fig.1.9), con importanti funzioni:

- forniscono l'alveo di tronchi e di accumuli legnosi, arricchiscono grandemente il mosaico di habitat, funzionano da strutture di ritenzione della materia organica, forniscono una riserva alimentare di lunga durata, inducono la corrente a scavare buche (questione di vita o di morte per gli organismi acquatici nei periodi di secca) e influenzano l'evoluzione morfologica (alvei secondari, barre, isole, zone di calma)
- attraverso l'azione combinata dell'ombreggiamento (contenimento della produzione primaria fotosintetica) e degli apporti alimentari vegetali, determinano la stessa composizione delle comunità di macroinvertebrati (in particolare i rapporti tra gruppi trofici: trituratori, raccoglitori, raschiatori, erbivori, predatori);
- attraverso l'ombreggiamento e l'evapotraspirazione, rinfrescano le acque e ne riducono le escursioni termiche quotidiane e stagionali, contribuendo ad accrescerne l'ossigeno disciolto e a contrastarne l'eutrofizzazione;

- filtrando le acque di dilavamento dei versanti dal loro carico di sedimenti (e di inquinanti ad essi adsorbiti, es. fosfati) e contenendo l'erosione dei terreni ripari, contribuiscono alla limpidezza delle acque fluviali;
- attraverso la denitrificazione delle acque di scorrimento ipodermico che, dai versanti, alimentano i corsi d'acqua (intercettate dagli estesi apparati radicali), proteggono le acque dall'eutrofizzazione;
- forniscono habitat di pregio per anfibi, rettili, uccelli e mammiferi che frequentano gli ambienti fluviali e che, nel loro insieme, costituiscono un altro sistema autodepurante dei fiumi;
- svolgono un ruolo di regolatori e stabilizzatori del paesaggio e del clima, contribuendo anche alla formazione di microclimi;
- riducendo la velocità della corrente, contribuiscono ad aumentare i tempi di corrivazione e a ridurre i picchi di piena (in altre parole, aumentano localmente il rischio d'esondazione, ma lo riducono globalmente a scala di bacino);



Fig.1.9 - Bayley, 1995, American Institute of Biological Sciences

Alle fasce di vegetazione riparia segue la piana inondabile, (floodplain), definibile come una superficie pianeggiante adiacente al corso d'acqua e costruita da sedimenti trasportati nelle attuali condizioni di regime, che svolge un ruolo chiave nel mantenimento dell'equilibrio geomorfologico. La piana inondabile riceve le acque di piena, riduce il tirante idrico in alveo, quindi, la forza erosiva, contrastando così l'incisione verticale dell'alveo; consentendo l'erosione delle sponde rifornisce l'alveo di sedimenti (contrastando, anche in questo modo, l'incisione

dell'alveo e l'erosione dei litorali) e permette la formazione/evoluzione delle barre e delle isole fluviali, nonché la migrazione dei meandri e i processi di rimodellamento morfologico. L'unità morfologica della piana inondabile è costituita da sedimenti permeabili, assorbe le acque di piena favorendo la ricarica degli acquiferi che, a loro volta, alimentano il fiume nei periodi asciutti.

Tale superficie è geneticamente legata principalmente alle variazioni laterali del corso d'acqua, in particolare all'accrescimento delle barre di meandro (almeno in fiumi a canale singolo sinuoso - meandriformi). In un corso d'acqua naturale, in condizioni di equilibrio dinamico, la piana inondabile è normalmente soggetta a essere inondata per portate con tempi di ritorno dell'ordine di 2÷5 anni. Il terrazzo rappresenta invece una piana inondabile formata in condizioni diverse dalle attuali, abbandonata per processi di abbassamento del fondo, che si trova quindi in posizione più elevata rispetto alla piana inondabile attuale e può essere raggiungibile da piene per portate con tempi di ritorno superiori ai 5 anni. Occorre comunque precisare che la piana inondabile attiva svolge una fondamentale anche per le piene con tempi di ritorno  $t_c > 5$  anni in quanto rallenta la velocità della corrente idrica evita le forti erosioni e attenua il picco di piena a valle. In letteratura il terrazzo è spesso inteso come una superficie non più soggetta a eventi alluvionali, a differenza della piana inondabile che è una superficie soggetta a inondazioni indipendentemente dalla loro frequenza.

In condizioni naturali, la piana inondabile (Fig.1.10) è costellata di elementi morfologici modellati dalle piene: bracci morti, lanche, zone umide, alvei abbandonati, rilievi e bassure e una copertura vegetale strettamente dipendente dalla frequenza e durata della sommersione, dalla vicinanza alla superficie freatica e dalla sequenza degli eventi di piena (con la loro azione di "ringiovanimento" morfologico ed ecologico). Molto più realisticamente, nei nostri contesti territoriali la piana inondabile è occupata dall'attività agricola e generalmente disconnessa dalla dinamica fluviale.

Alla luce di quanto sinora esposto il nuovo approccio progettuale proposto da queste linee guida, si basa sulla riattivazione delle connessioni tra le unità morfologiche laterali per ristabilire le dinamiche idromorfologiche ed ecologiche, contemporaneamente si ripristineranno le connessioni verticali con la zona iporreica e la falda idrica sotterranea (Fig.1.11).

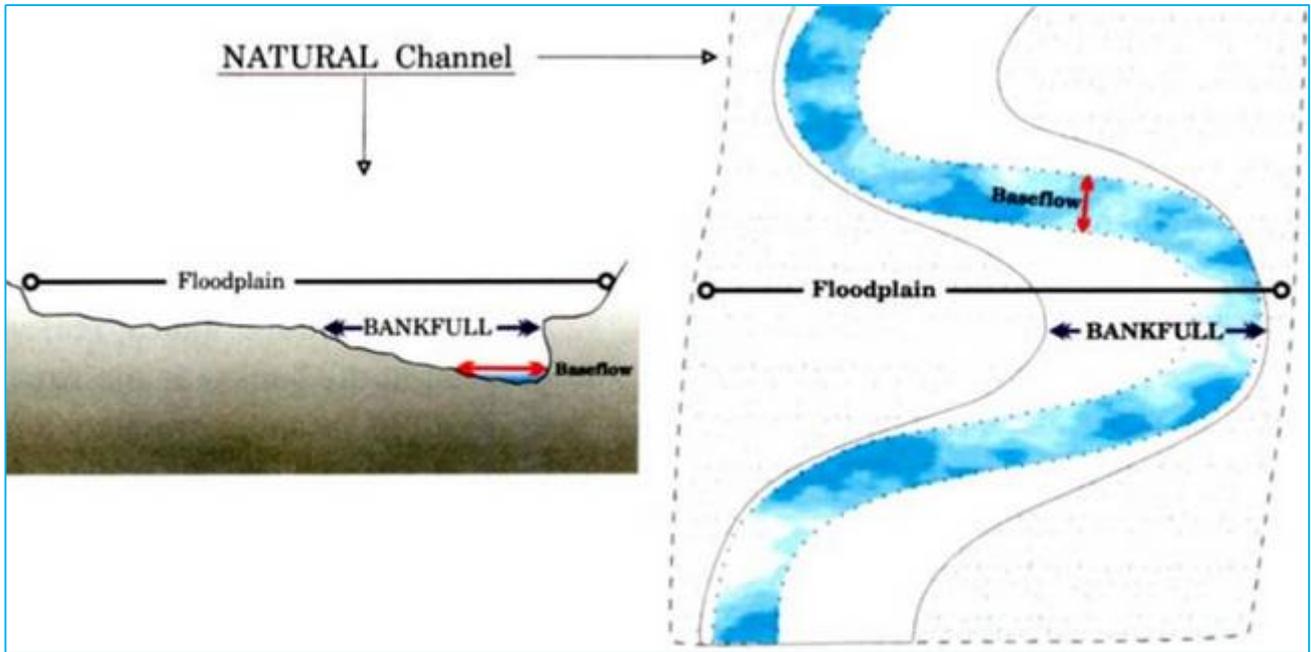


Fig.1.10 – Unità morfologiche fluviali

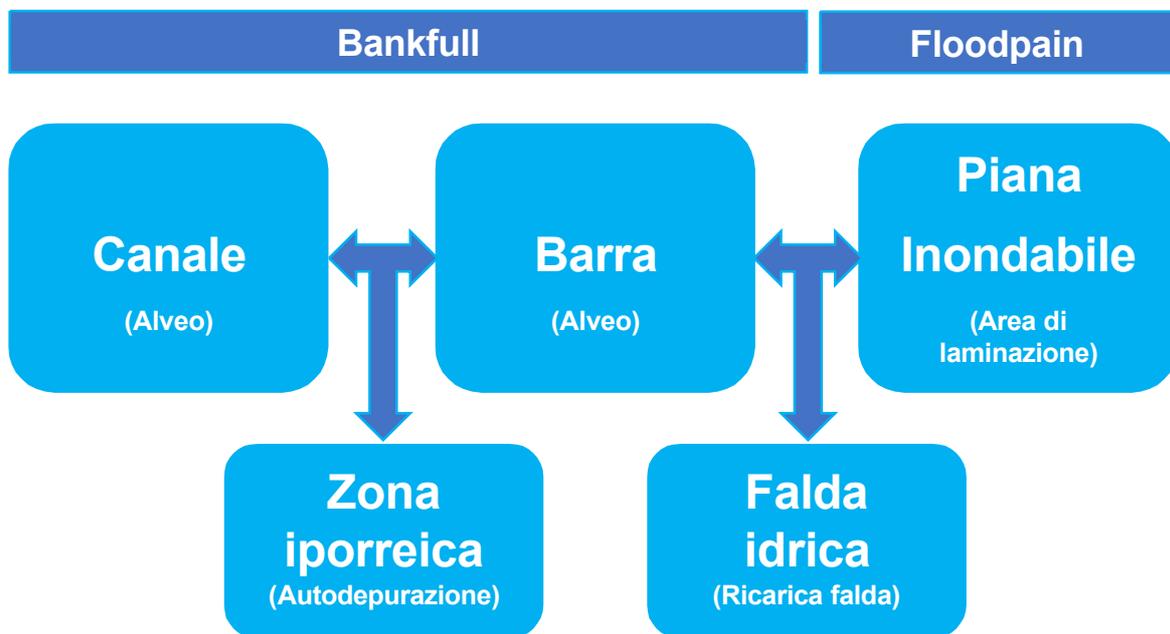


Fig.1.11- Schema per la connessione delle unità morfologiche fluviali laterali e le connessioni idrogeologiche verticali utilizzato per le linee guida

La riattivazione delle connessioni idromorfologiche laterali realizzano la laminazione delle piene fluviali (Fig1.12), nello schema in figura si rileva la differenza tra un sistema connesso con le unità morfologiche perifluviali laterali (sistema tridimensionale), con un picco di piena minore di valle rispetto a quello di monte, ed un sistema di alveo isolato dalle unità morfologiche laterali, con il picco di piena che rimane inalterato durante il percorso in un determinato tratto fluviale (sistema monodimensionale).

Il nuovo approccio progettuale sfrutta la conoscenza della morfodinamica ed idrodinamica fluviale per la progettazione dei sistemi di connessione laterale, di fatto comunque dobbiamo prendere atto delle forti alterazioni subite dai fiumi, le opere di intervento dovranno quindi essere concepite per attivare processi che si dovranno mantenere ed autosostenersi il più possibile in modo autonomo. Questo è un ulteriore principio della nuova progettazione, gli interventi dovranno essere coerenti con la dinamica fluviale in modo da innescare ed attivare i processi morfodinamici che interessano ogni tratto fluviale.

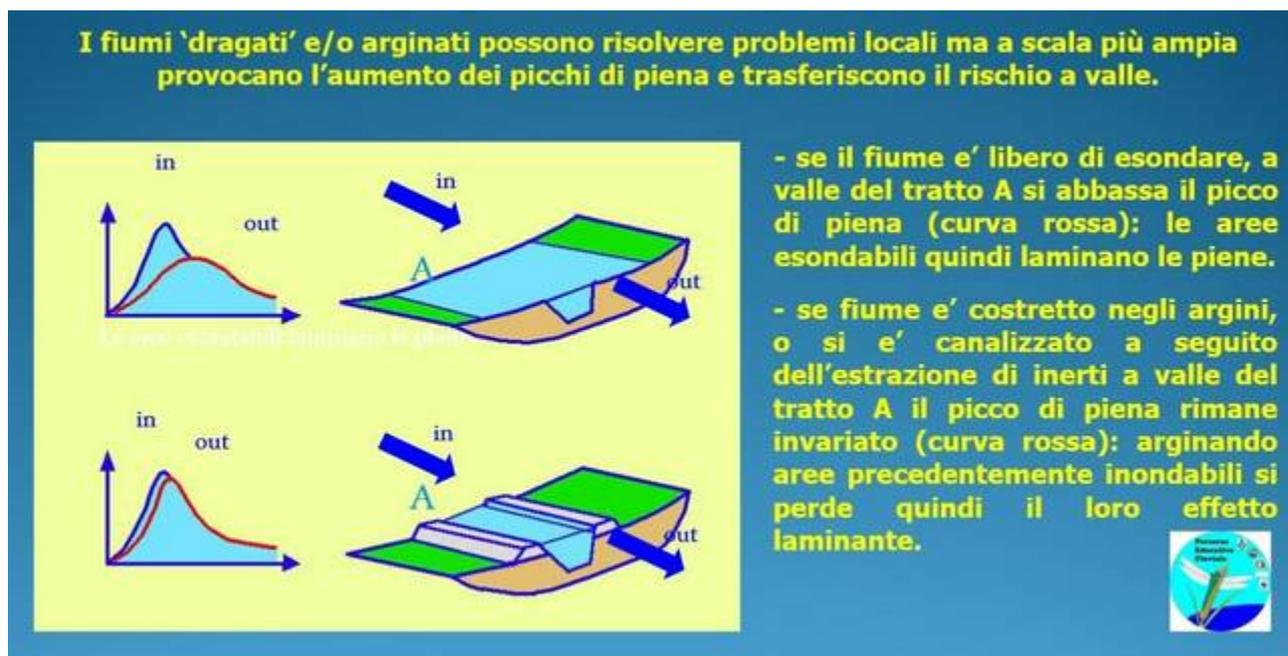


Fig.1.12

## 2 - IL FIUME MODELLO DI SÉ STESSO

Per realizzare una progettazione coerente con la dinamica fluviale serve innanzitutto comprendere i processi di modellazione di un fiume. Troppo spesso si impongono ai fiumi modelli di progettazione imposte da esigenze esclusivamente funzionali allo sfruttamento delle risorse oppure da concezioni culturali antropocentriche. L'evoluzione culturale ambientale con lo sviluppo delle conoscenze scientifiche, oggi ci consentono di affermare il principio fondamentale che il fiume è il modello di sé stesso. Tale principio risulta esplicitato dalla definizione dei corsi d'acqua di tipo non confinato o semi-confinato, con connessioni laterali con la piana inondabile ed il terrazzo alluvionale, di dimensioni da intermedie a grandi, sviluppano un alveo alluvionale a fondo mobile, cioè modellato all'interno di sedimenti alluvionali (in precedenza da esso stesso trasportati e depositati). Rispetto ai torrenti montani, confinati, con grado di morfodinamica limitato all'erosione generalmente verticale, una caratteristica fondamentale di un alveo alluvionale mobile è quella di essere libero di auto-modellarsi, cioè di "scegliere la propria forma, essere il "modello di se stesso" sia in senso altimetrico che planimetrico, a differenza degli alvei confinati. La configurazione plano-altimetrica dell'alveo è quindi il risultato dell'interazione tra processi responsabili della sua formazione (variabili guida del sistema, ovvero portate liquide e solide) e condizioni al contorno (forma del fondovalle, sedimenti che lo compongono, presenza o meno di vegetazione) (Fig.2.1)

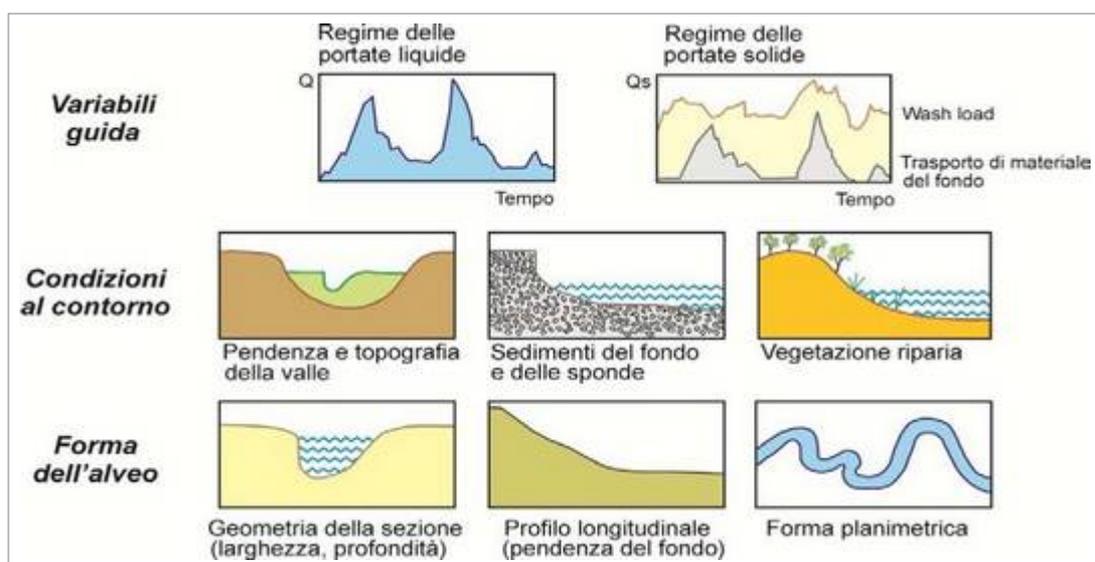


Fig. 2.1 - La forma di un alveo alluvionale come risultato dell'interazione tra variabili guida e condizioni al contorno (da Thorne, 1997, in IDRAIM, 2016.).

## **Morfologia**

La forma planimetrica del corso d'acqua è determinata da una combinazione di forme che si assemblano e si succedono sia in senso laterale che longitudinale. Il corso d'acqua può essere caratterizzato dalla presenza di un canale unico (alveo a canale singolo o monocursale) o di più canali (alveo a canali multipli o pluricursale). Possono essere inoltre presenti canali secondari ai margini dell'alveo, all'interno della piana inondabile o sul lato interno di una barra (canali di taglio). Le superfici deposizionali tipiche di alvei a fondo mobile che ne caratterizzano fortemente la morfologia sono le barre, costituite da sedimenti analoghi a quelli presenti sul fondo, ma emersi per gran parte dell'anno. Si tratta di forme estremamente dinamiche in occasione degli eventi di piena tali da determinare un trasporto solido al fondo. Le isole e le barre "alte", ovvero superfici rialzate dal canale che ha subito una erosione verticale, sono invece superfici più stabili, emergenti anche in condizioni di portate formative (portate a piene rive o di bankfull) che presentano vegetazione pluriennale arborea e arbustiva. Si tratta cioè di superfici con caratteristiche morfologiche tessiturali e vegetazionali identiche a quelle della piana inondabile solo che, a differenza di quest'ultima, sono delimitate su entrambi i lati da porzioni di alveo (un canale principale o secondario).

La definizione della morfologia fluviale in alvei alluvionali a fondo mobile si basa principalmente sul modo in cui le diverse forme fluviali si assemblano tra di loro e determinano un caratteristico pattern complessivo. Le classificazione partono dalla distinzione basilare in alvei rettilinei (straight), meandriiformi (meandering) e a canali intrecciati (braided), successive classificazioni dettagliano in modo ancora più analitico la forma planimetrica e i parametri che la caratterizzano. La classificazione di Schumm (1977) (Fig.2.2), è particolarmente significativa nel mettere in risalto il controllo esercitato sulle forme dal trasporto solido, che rappresenta il principale processo responsabile della morfologia fluviale.

Altri schemi di classificazione mettono in risalto come non esistano limiti drastici tra le varie morfologie, quanto piuttosto un *continuum* di forme.

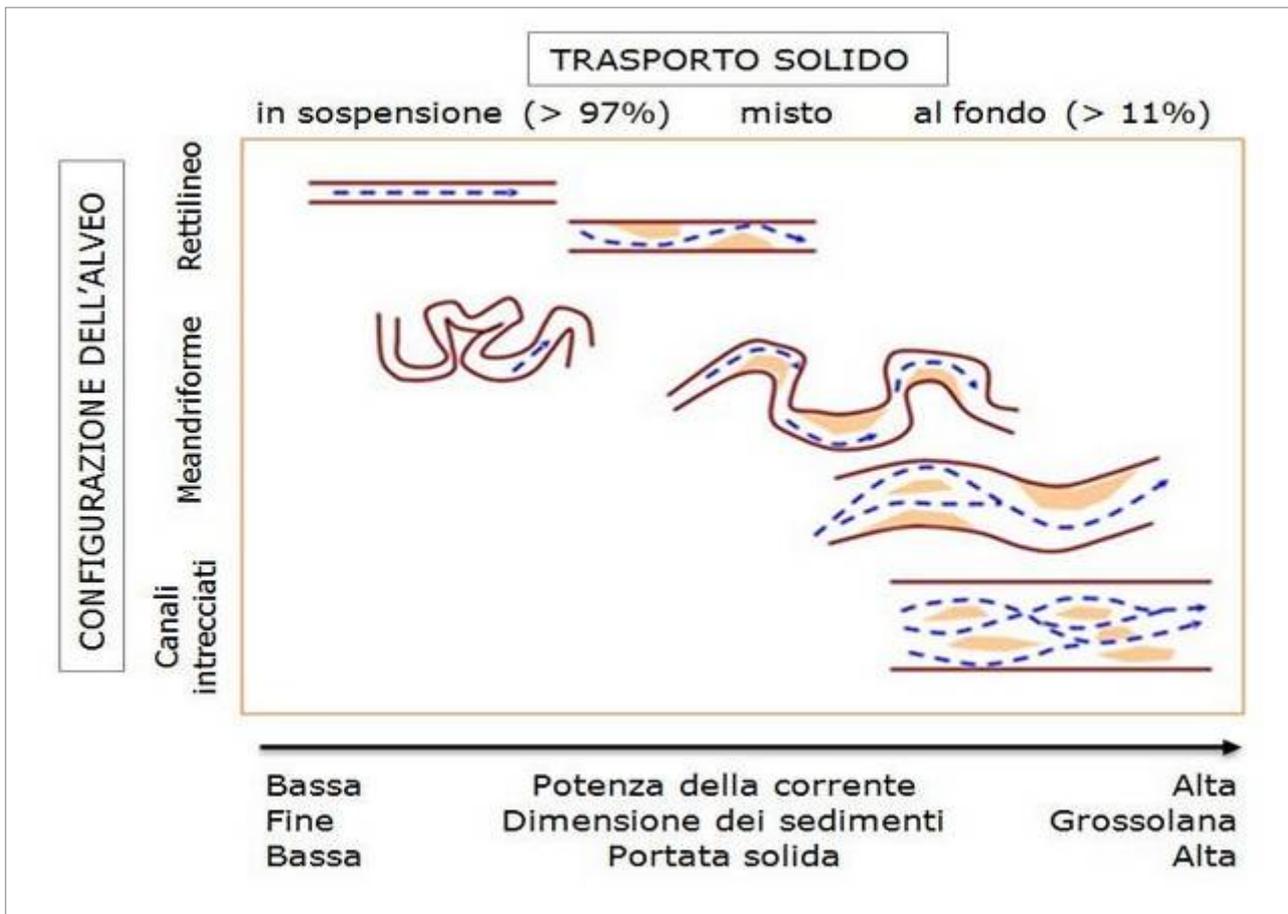


Fig.2.2 - Classificazione delle morfologie fluviali secondo Schumm (1977, mod.)

## Sedimenti

Lo studio dei caratteri sedimentari di un alveo fluviale, e in particolare delle granulometrie presenti sul fondo, riveste una particolare importanza perché fornisce indicazioni sul tipo e sulle dimensioni del materiale coinvolto nel trasporto solido. Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti del letto variano anche notevolmente in senso longitudinale e trasversale, sia procedendo da monte verso valle (per i processi di abrasione e di azione selettiva della corrente e in rapporto agli apporti laterali degli affluenti), che in relazione alle diverse unità morfologiche che compongono l'alveo (canale, barra, *riffle*, *pool*, ecc.). In molti alvei fluviali, il cui fondo è costituito da sedimenti eterogenei sufficientemente grossolani (ghiaia, ciottoli), esiste inoltre una differenziazione granulometrica anche in senso verticale dal momento che tende a svilupparsi un livello superficiale di dimensioni granulometriche superiori rispetto al livello

sottostante. Tale caratteristica del fondo prende il nome di *corazzamento* si distinguono uno *strato superficiale corazzato (armour)* e un *sottostrato (subarmour)* (Fig.2.3).

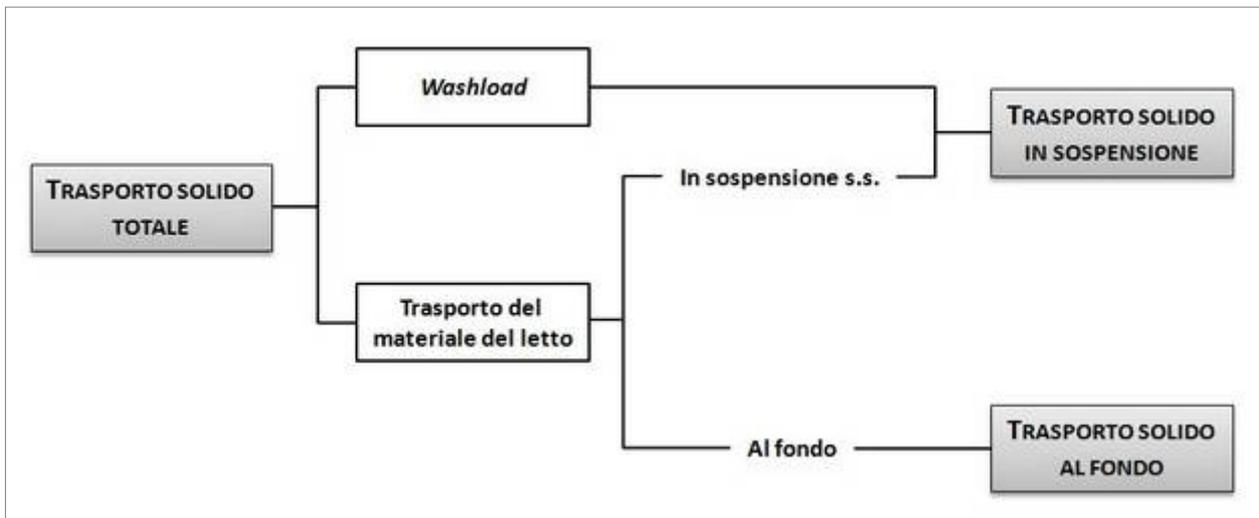


Fig. 2.3

### **Variazioni morfologiche**

Nell'analisi evolutiva delle forme fluviali, per definire le tendenze attuali, vale a dire per stabilire se un alveo è stabile o in equilibrio dinamico, è più appropriato restringere ulteriormente la scala temporale agli ultimi 15÷20 anni circa. Un alveo si può definire in equilibrio dinamico se, in riferimento a tale intervallo temporale, mantiene mediamente invariata la sua forma e le sue dimensioni caratteristiche (larghezza e profondità della sezione, pendenza, dimensione dei sedimenti). Al contrario, un alveo si può definire instabile quando, in riferimento alla stessa scala temporale, varia significativamente le sue dimensioni o la sua forma.

Si può quindi immaginare che il fiume si assesti intorno ad una forma in "equilibrio dinamico" che risulta dall'interazione tra variabili guida e condizioni al contorno. L'alterazione di una delle variabili in gioco può determinare una perturbazione delle condizioni di equilibrio: il fiume in tal caso risponde a tale perturbazione movendosi verso una nuova condizione di equilibrio. Durante l'intervallo di tempo richiesto affinché il fiume non si riassesti intorno a questa nuova condizione, esso attraverserà una fase di instabilità, sarà cioè soggetto a variazioni significative della sua forma. Le risposte dell'alveo (o aggiustamenti morfologici) possono avvenire nell'arco di brevi intervalli di tempo e limitate estensioni spaziali, o durante intervalli di tempo più lunghi

(da decine a migliaia di anni) e coinvolgere un intero sistema fluviale, in funzione della intensità, estensione e tipo di disturbo.

L'instabilità di un tratto di un fiume può anche essere considerata come il risultato di un'alterazione dell'equilibrio dinamico tra potenza della corrente  $\Omega (= \gamma QS)$  disponibile per trasportare sedimenti e quantità e dimensioni dei sedimenti che provengono da monte e alimentano il tratto dell'alveo fluviale. Tale concetto è ben espresso dalla relazione di (Lane, 1955) (Fig.2.4):

$$Q S \approx Q_s D_{50}$$

dove Q rappresenta la portata liquida, S la pendenza del fondo,  $Q_s$  la portata solida e  $D_{50}$  il diametro medio dei sedimenti del fondo.

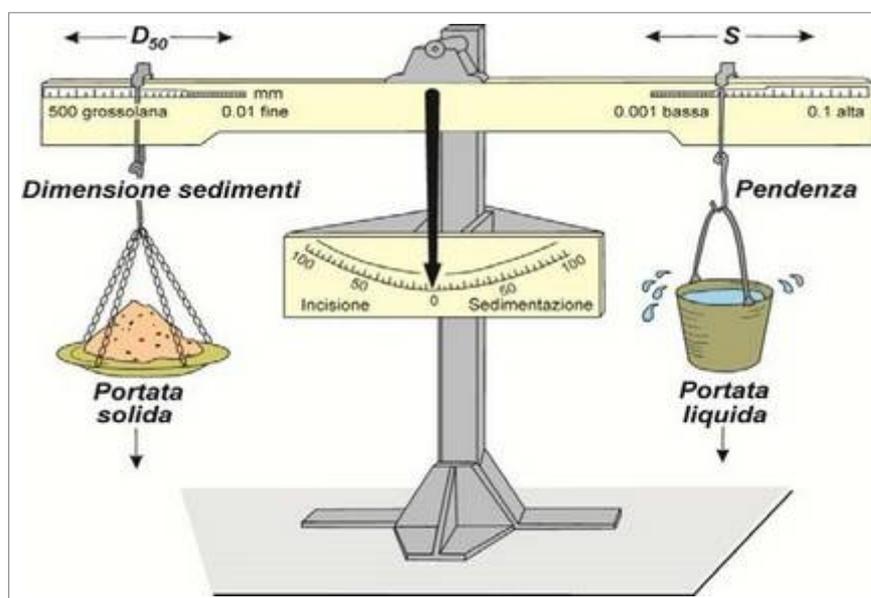


Fig.2.4 - Modello concettuale delle risposte di un alveo fluviale ad alterazioni dell'equilibrio dinamico (da Lane, 1955, mod.).

Numerosi sono i fattori che possono intervenire e modificare questo equilibrio. Tra di essi, si può innanzitutto fare una distinzione tra fattori naturali (quali variazioni climatiche e idrologiche, movimenti tettonici, fenomeni vulcanici, variazioni del livello del mare, ecc.) e fattori antropici. Questi ultimi si possono a loro volta distinguere in due gruppi: (a) interventi a scala di bacino (rimboschimenti, disboscamenti, sistemazioni idraulico-forestali, urbanizzazione); (b) interventi diretti in alveo (tagli di meandro, canalizzazioni, dighe, escavazione di inerti). Per quanto riguarda gli interventi a scala di bacino, essi agiscono principalmente sulle variabili guida,

andando cioè potenzialmente a perturbare il regime delle portate liquide o, più frequentemente, di quelle solide. Gli interventi diretti in alveo possono modificare direttamente la forma (ad es., un taglio di meandri), creando così una forma instabile, o perturbare il regime delle portate liquide e solide (ad es., nel caso di una diga) per il tratto immediatamente a valle dell'intervento stesso.

Un'importante differenza tra fattori naturali e antropici è la scala temporale su cui essi manifestano i loro effetti. I fattori naturali agiscono generalmente in maniera lenta, causando il più delle volte variazioni pressoché impercettibili alla scala della vita umana. Esistono naturalmente delle eccezioni: un evento catastrofico naturale (ad es., un'eruzione vulcanica) può causare improvvisi e drastici riaggiustamenti nel sistema fluviale. Viceversa, i fattori antropici agiscono generalmente in una più breve scala temporale, causando modifiche dirette o inducendo variazioni ben percettibili alla scala della vita umana.

Un alveo fluviale reso instabile da uno o più tipi di disturbi, naturali o antropici, può rispondere e modificarsi attraverso i seguenti tipi di variazioni morfologiche: a) variazioni altimetriche; b) variazioni di larghezza; c) variazioni della configurazione morfologica.

Per quanto riguarda le variazioni altimetriche del fondo, si può inquadrare il problema attraverso la cosiddetta bilancia di Lane. Alterazioni dell'equilibrio generate da un incremento dell'energia della corrente (o potenza), una riduzione della portata solida o delle dimensioni dei sedimenti, possono causare un abbassamento generalizzato della quota del fondo, definito incisione (incision o degradation). Viceversa, nel caso di una riduzione di energia della corrente o di un incremento della quantità o dimensioni dei sedimenti trasportati, si verifica normalmente un innalzamento generalizzato della quota del fondo, indicato con il termine di sedimentazione (aggradation). Tali processi possono interessare tratti molto lunghi, fino ad un intero sistema fluviale, e possono alternarsi sistematicamente in tratti diversi del bacino. L'incisione tende infatti a migrare verso monte attraverso il meccanismo di erosione regressiva (nickpoint migration), mentre a valle si possono avere fasi successive di sedimentazione indotte dal materiale prodotto dall'incisione ed eventualmente dall'allargamento indotto dall'instabilità delle sponde nei tratti a monte. Questi fenomeni differiscono dai processi di erosione o di sedimentazione localizzata i quali sono invece legati a variazioni locali e sono limitati a brevi tratti (ad es., a monte e a valle di una briglia).

### 3 - EVOLUZIONE – TRASFORMAZIONE DELLA MORFOLOGIA DEL FIUME ESINO

Nel corso degli 150 anni, la morfologia e la dinamica della maggior parte dei fiumi italiani hanno subito delle profonde trasformazioni, sia a causa delle variazioni climatiche che a causa di vari interventi antropici. Gli interventi antropici hanno avuto un peso significativo durante tutto il '900, a partire dagli anni '20, il massiccio prelievo di legno aveva disboscato gran parte dei rilievi, in questa fase si assisterà ad una forte produzione di sedimenti che trasformeranno gli alvei in morfologia a canali intrecciati, questa dinamica sedimentologica interesserà la costa con un forte avanzamento delle spiagge attraverso una ingente deposizione di sedimenti. Dopo anni '30 inizierà una massiccia opera di riforestazione per risolvere i diffusi dissesti franosi sui versanti, e contemporaneamente una fase di un nuovo uso del suolo favorita dal progressivo utilizzo del petrolio per fini energetici con l'abbandono della risorsa legno, La morfologia fluviale si stabilizza sul precedente equilibrio. Dagli gli anni '50-'60 il nuovo sviluppo economico porterà ad azioni importanti di trasformazione delle condizioni fluviali: costruzione di dighe, prelievo di sedimenti dagli alvei, interventi di canalizzazione, variazioni di uso del suolo. Tali interventi modificheranno il regime delle portate liquide e di quelle solide, oltre ad aver condizionato altri aspetti, come ad esempio la mobilità laterale, fondamentali nella dinamica di un alveo fluviale, progressivamente l'alveo si approfondisce e si restringe con unico canale in alveo (Fig.3.1).

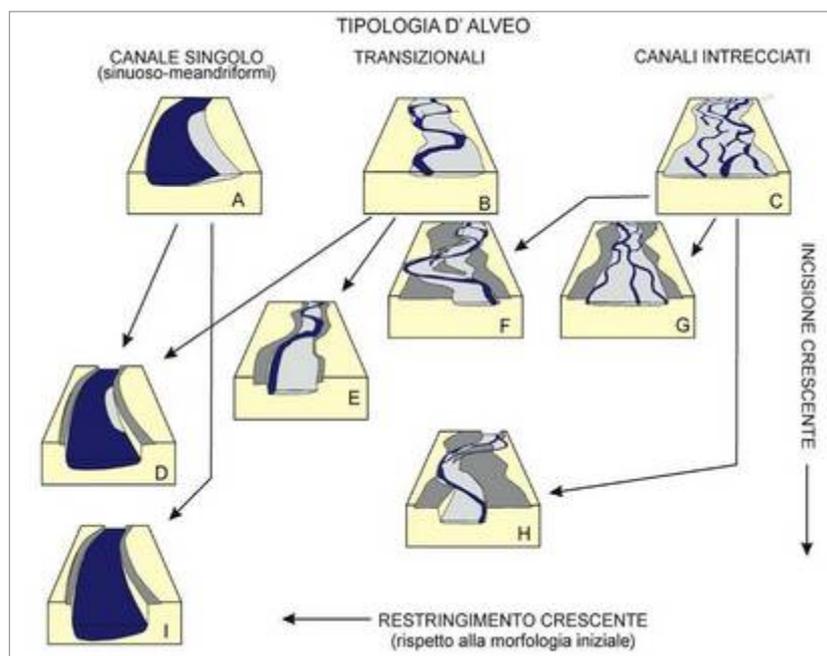


Fig.3.1 - Schema di classificazione delle variazioni morfologiche di fiumi italiani (da Surian & Rinaldi, 2003).

Quindi le modificazioni delle condizioni al contorno instaureranno processi fluviali con aggiustamento morfologico rappresentati dal restringimento e dall'incisione dell'alveo. In questa nuova fase la larghezza dell'alveo ha subito generalmente una riduzione superiore al 50%, fino a valori dell'85÷90%, mentre l'abbassamento del fondo è stato dell'ordine di alcuni metri ma, localmente, anche di 10÷12 m. Le cause di tali variazioni così intense nella morfologia degli alvei sono state individuate nel prelievo di sedimenti dagli alvei, generalmente il fattore più rilevante, nella costruzione di dighe, in vari interventi di canalizzazione, in variazioni di uso del suolo a scala di bacino (in particolare l'aumento della copertura boschiva) e nelle sistemazioni idraulico-forestali (Fig.3.2).

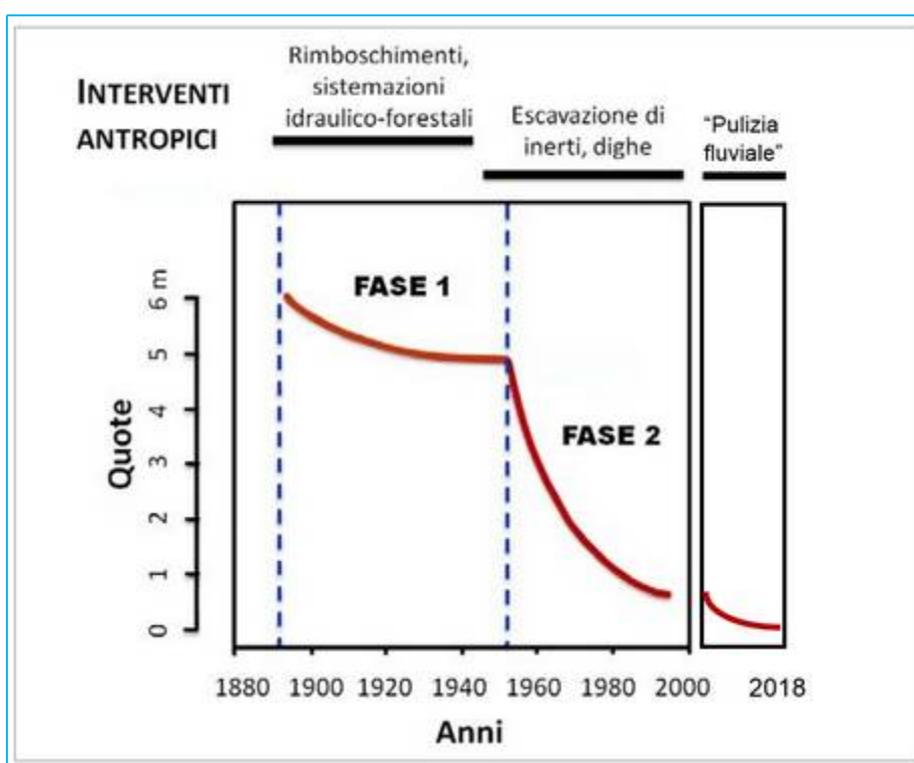


Fig.3.2 - Tipico andamento temporale della quota del fondo in risposta a disturbi antropici durante gli ultimi 100 anni circa osservato per vari fiumi italiani (da Rinaldi & Surian, 2005).

Estrapolazione 2018 'Pulizia fluviale' modificato da A. Dignani

Contestualizzando le valutazioni delle trasformazioni morfologiche al Fiume Esino, possiamo definire un modello concettuale di aggiustamento morfodinamico: come evidenziato l'alveo si presenta inizialmente a canali intrecciati negli anni '50-'60 (fase A Fig.3.3), passando alla morfologia all'alveo transizionale negli anni '70-'80 si giunge alla successiva fase con i

fenomeni di incisione-restringimento con planimetria con canale singolo sinuoso alternato con barre laterali (fase B Fig.3.3),

L'ultima fase di trasformazione fluviale si attua negli ultimi 15-20 anni, per mezzo delle c.d. "pulizie in alveo", attraverso la mobilitazione dei sedimenti dal centro alveo verso le sponde, con l'asportazione della vegetazione di sponda e di barra, l'alveo si approfondisce ulteriormente (fase C Fig.3.3).

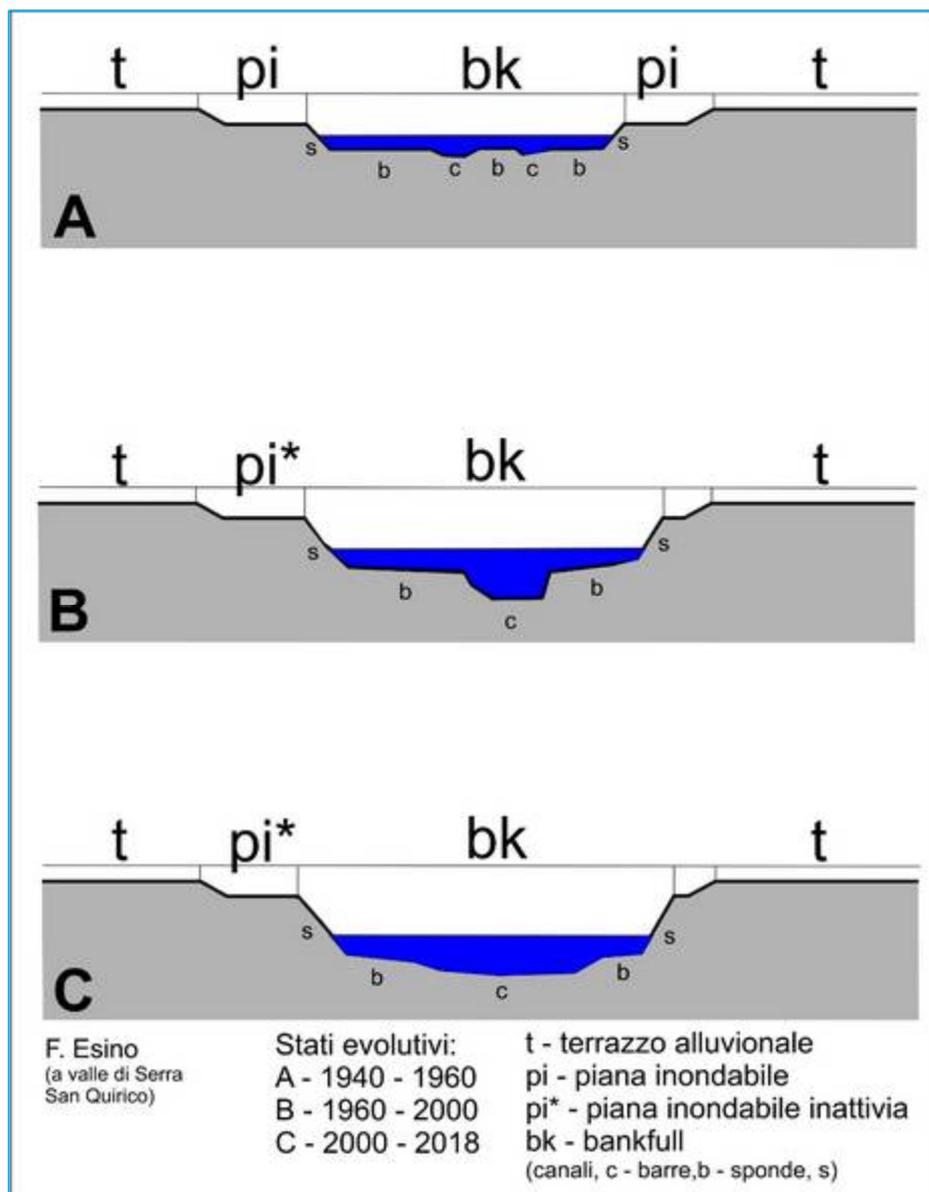


Fig.3.3 – Elaborazione A. Dignani

Analizzando le trasformazioni di incisione dell'alveo avvenute nel F. Esino il primo fattore che emerge è la perdita di funzione fluviale della piana inondabile. Come in precedenza illustrato la

piana inondabile si definisce tale per la funzione di area di laminazione delle piene per tempi di ritorno di  $t_c = 2 - 5$  anni, rappresentando una connessione idraulica ed ecologica direttamente collegata con le unità morfologiche dell'alveo.

Esaminando lo Studio per la mitigazione del rischio idrogeologico del F. Esino – Consorzio di Bonifica Marche (Fig.3.4) attualmente la piana inondabile è inserita nella modellazione idraulica con tempi di ritorno  $t_c = 50$  anni, da questo prendiamo atto che di fatto non può più essere definita piana inondabile attiva ma risulta ora inserita nella unità morfologica ed idraulica del terrazzo alluvionale.

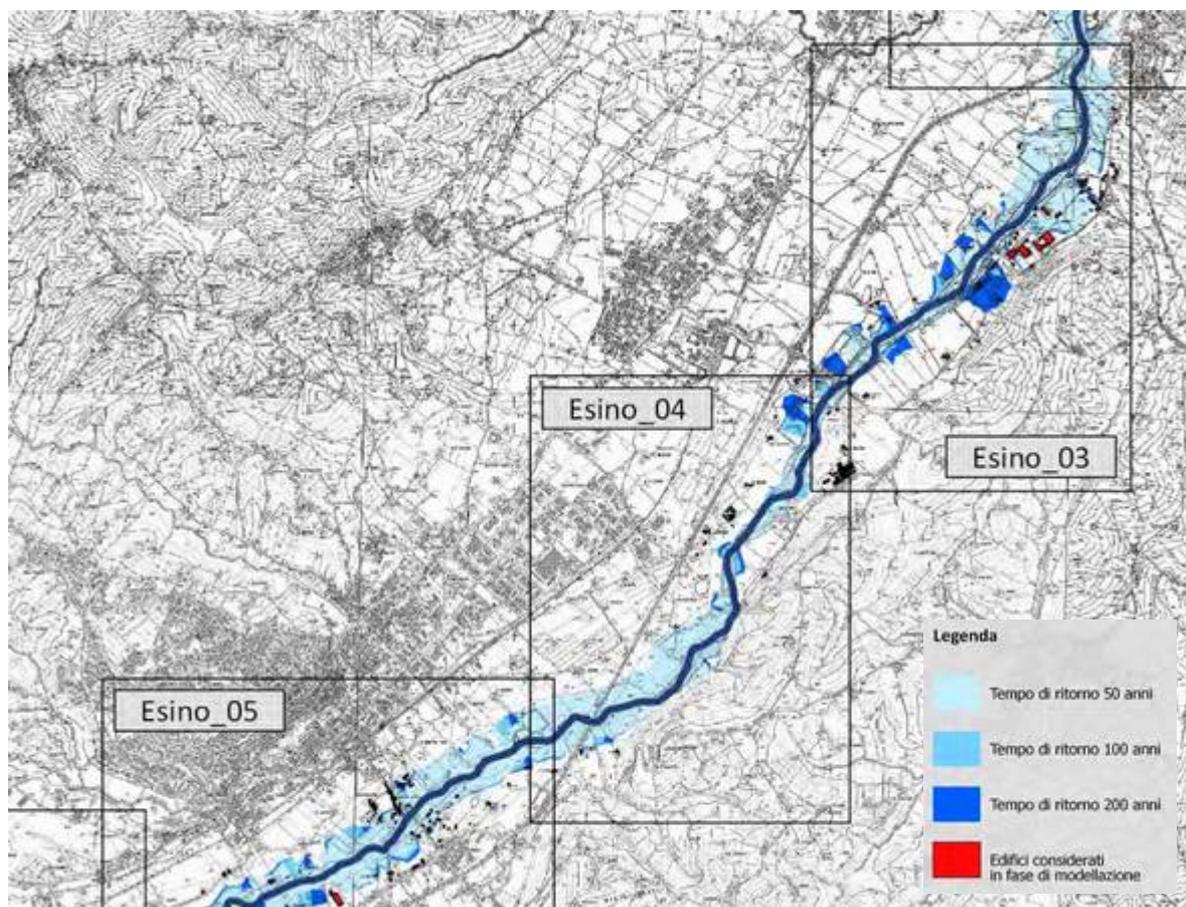


Fig. 3.4 - Studio per la mitigazione del rischio idrogeologico del F. Esino – Consorzio di Bonifica Marche (2018)

Le trasformazioni storiche e recenti hanno prodotto un approfondimento dell'alveo rispetto alla piana inondabile ed al terrazzo alluvionale. Le portate delle piene transitano quasi esclusivamente all'interno del bankfull, possiamo presumere che forse solo in occasioni di

grandi piene, c.d. piene catastrofiche, si attivi la capacità di laminazione della piana inondabile, gran parte della morfodinamica, erosioni, deposizioni, avviene ora all'interno dell'alveo.

Rileviamo quindi che tutte le portate con tempi di corrivazioni inferiori a 50 anni,  $t_c < 50$  anni, transitano di fatto all'interno del bankfull, senza laminazione di portate e dissipazione energetica dovuta alla bassa scabrezza delle sponde, a causa soprattutto delle rettifiche di alveo, dell'asportazione della vegetazione ripariale, dell'utilizzo di difese spondali rigide come le varie tipologie di gabbionate, direttamente verso la foce. In questo scenario occorre considerare, come la carta delle pressioni antropiche ci mostra, che la maggior parte della popolazione, delle infrastrutture, del bacino dell'Esino si trovano a valle della città di Jesi (Fig.3.5), che l'attuale assetto idromorfologico quindi non trova realisticamente situazioni di reale mitigazione del rischio idraulico attraverso la laminazione delle piene a monte.

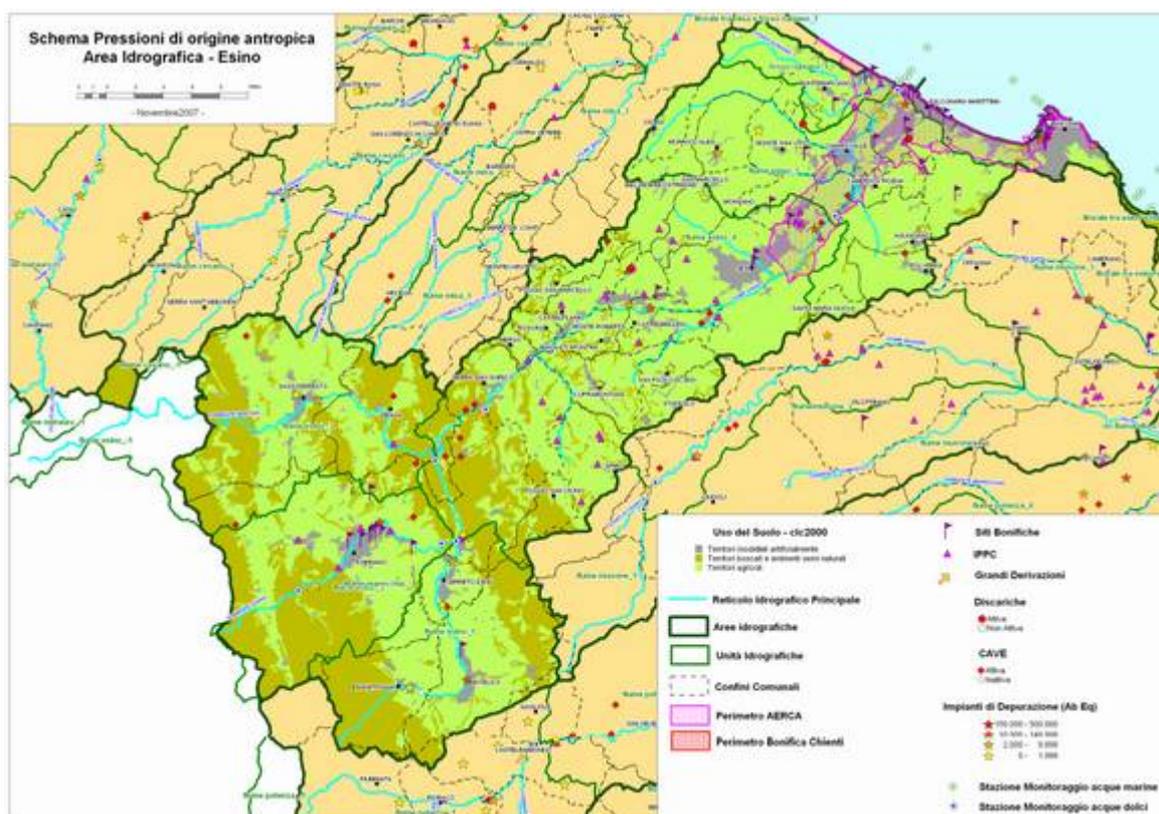


Fig.3.5 - Schema delle pressioni di origine antropica F. Esino – Piano di Tutela delle acque Regione Marche

## 4 - LE AREE DI LAMINAZIONE

### *L'approccio progettuale*

Come discusso in precedenza la definizione delle metodologie progettuali dovranno adeguarsi alla concezione che il fiume è il “modello di sé stesso”.

La progettazione secondo tale modello si basa sulla effettiva connessione tra le unità morfologiche in modo da soddisfare contemporaneamente le funzionalità ecologica, le dinamiche fluviali e le esigenze idrauliche, in un inserimento operativo condizionato dalle caratteristiche del territorio circostante. Gli ambienti di riferimento della progettazione sono quindi: il canale, le barre attive, le barre/canale vegetate, la fascia di vegetazione spondale, la piana inondabile, il terrazzo alluvionale (Fig.4.1)

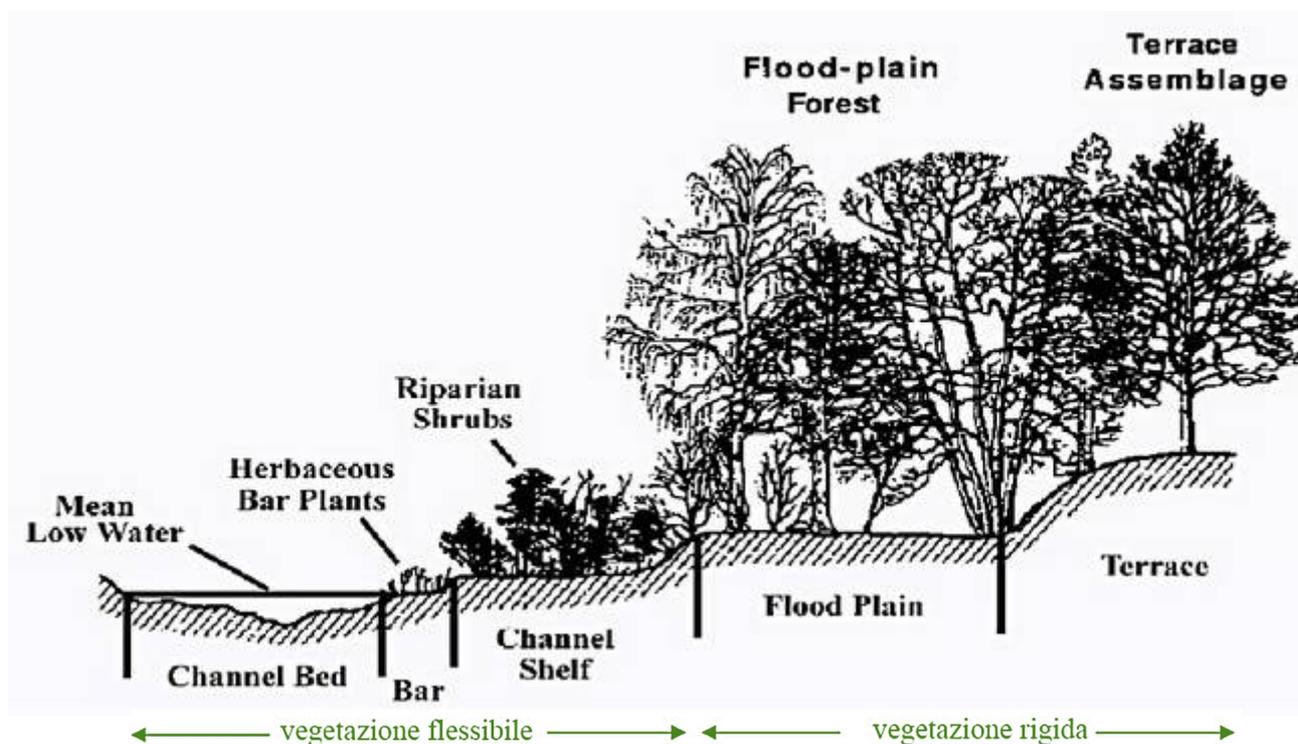


Fig.4.1

Questo approccio metodologico viene tradotto secondo una precisa sequenza di analisi e studi per l'impostazione progettuale:

- I. Caratterizzazione, analisi e rilievo delle unità morfologiche e dello stato della vegetazione (rilievo topografico-rilievo GPS RTK, rilievo laser scanner, rilievo geomorfologico, analisi sedimentologica, rilievo botanico, censimento dei manufatti presenti) (Fig.4.2)
- II. Analisi con modelli dei processi evolutivi del sistema fluviale a scala di tratto fluviale, individuazione delle potenziali tendenze di aggiustamento fluviale in riferimento soprattutto alle interferenze causate dalle pressioni antropiche e manufatti in alveo: analisi morfodinamica ed idrodinamica evolutiva con modelli e metodi geostatistici (Fig. 4.3).

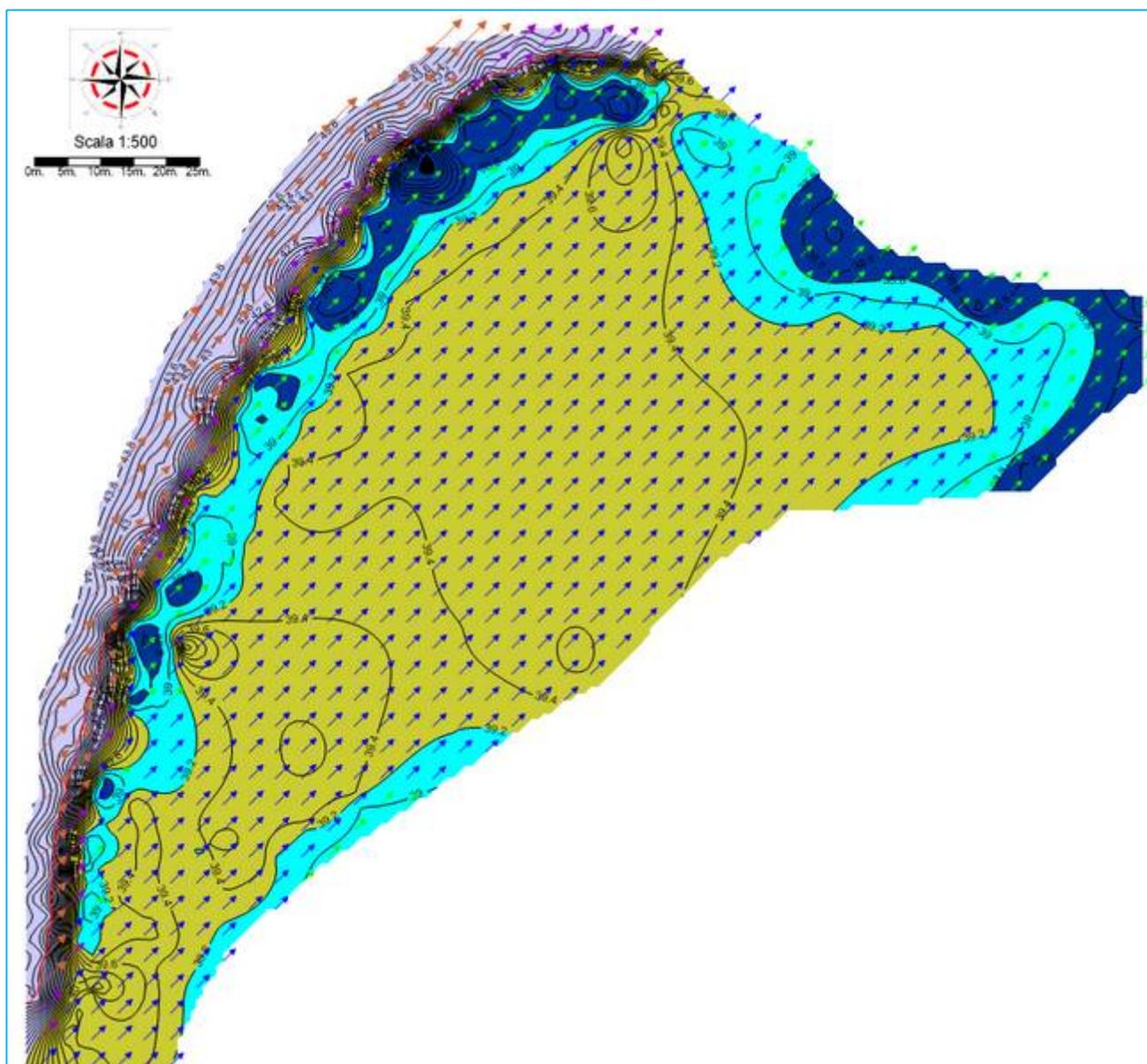


Fig.4.2 – Rilievo GPS RTK e 'analisi morfodinamica ed idrodinamica  
(da Progetto di difesa spondale Riserva Ripa bianca di Jesi - Dignani, 2015)

<b>Tab. 1 - Un esempio di modalità di analisi nei diversi aspetti di gestione fluviale</b>		
	<b>Caratterizzazione</b>	<b>Analisi dei Processi</b>
<b>Gestione Idraulica</b>	<p>Analisi storica delle variazioni planimetrica e del letto d'alveo.</p> <p>Analisi idrologica, geomorfologica e sedimentologica del tratto fluviale.</p> <p>Individuazione delle aree inondabili (piana inondabile, terrazzo).</p> <p>Caratterizzazione fisica dei siti interessati dalle opere idrauliche (casse di espansione, derivazioni, dighe, briglie, etc.).</p>	<p>Previsione delle variazioni laterali e verticali dell'alveo.</p> <p>Definizione della fascia di mobilità fluviale.</p> <p>Riattivazione della funzionalità delle aree inondabili.</p> <p>Sostenibilità (mantenimento della funzionalità) nel tempo delle opere idrauliche con la dinamica fluviale.</p>
<b>Gestione delle Sponde e degli Argini</b>	<p>Analisi storica delle variazioni planimetriche e del letto d'alveo.</p> <p>Analisi geomorfologica e sedimentologica del tratto fluviale.</p> <p>Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica locale.</p>	<p>Previsione delle variazioni laterali e verticali dell'alveo.</p> <p>Definizione della fascia di mobilità fluviale.</p> <p>Individuazione dei meccanismi di rottura, previsione del tipo di dissesto e determinazione del volume di sedimenti interessato dal dissesto.</p>
<b>Gestione dei sedimenti</b>	<p>Analisi storica delle variazioni del letto d'alveo.</p> <p>Caratterizzazione fisica dei versanti del bacino idrografico.</p> <p>Caratterizzazioni granulometriche, di portata liquida, di pendenza d'alveo.</p>	<p>Definizione delle tendenze storiche di variazione del letto di alveo (erosione, sedimentazione, equilibrio).</p> <p>Realizzazione di modelli previsionali sul grado di erodibilità dei versanti e la relativa produzione di sedimenti/anno.</p> <p>Realizzazione di modelli previsionali sulla potenziale portata solida per tratto fluviale.</p>
<b>Gestione della vegetazione</b>	<p>Individuazione delle caratteristiche superficiali granulometriche e geotecniche dei suoli.</p> <p>Rilievo dei profili pedo-stratigrafici e geotecnici locali.</p>	<p>Definizione delle condizioni superficiali di potenziale erosione al variare della vegetazione (determinazione delle condizioni di innesco di erosione).</p> <p>Definizione delle condizioni profonde di potenziale erosione al variare della vegetazione (determinazione del volume di sedimenti erodibili).</p>
<b>Gestione ecologica</b>	<p>Individuazione e caratterizzazione degli habitat (pools, isole, meandri, ecc.).</p>	<p>Variazioni degli habitat con il variare della dinamica fluviale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- perdita di habitat;</li> <li>- creazione di nuovi habitat.</li> </ul>
<b>Gestione delle opere infrastrutturali ed urbanistiche</b>	<p>Caratterizzazione fisica delle aree, dei siti interessati.</p>	<p>Sostenibilità (mantenimento della funzionalità) nel tempo delle opere con la dinamica fluviale.</p>

Fig.4.3 – Da “L’analisi fisica come base della riqualificazione fluviale” (Dignani, 2007)

Un esempio di progettazione con l'analisi dei processi è rappresentato dal progetto definitivo esecutivo per la messa in sicurezza della strada di accesso alla Riserva Ripa bianca e di un manufatto idraulico. Il progetto prevede la difesa spondale con recupero ecologico della sponda (intervento A), per rendere maggiormente efficace l'intervento di messa in sicurezza di realizzano un secondo intervento a valle (intervento B), con creazione di habitat fluviali, al fine di ottenere la gestione del locale processo di mobilità laterale per il tratto interessato dal progetto del fiume Esino. (Fig.4.4)

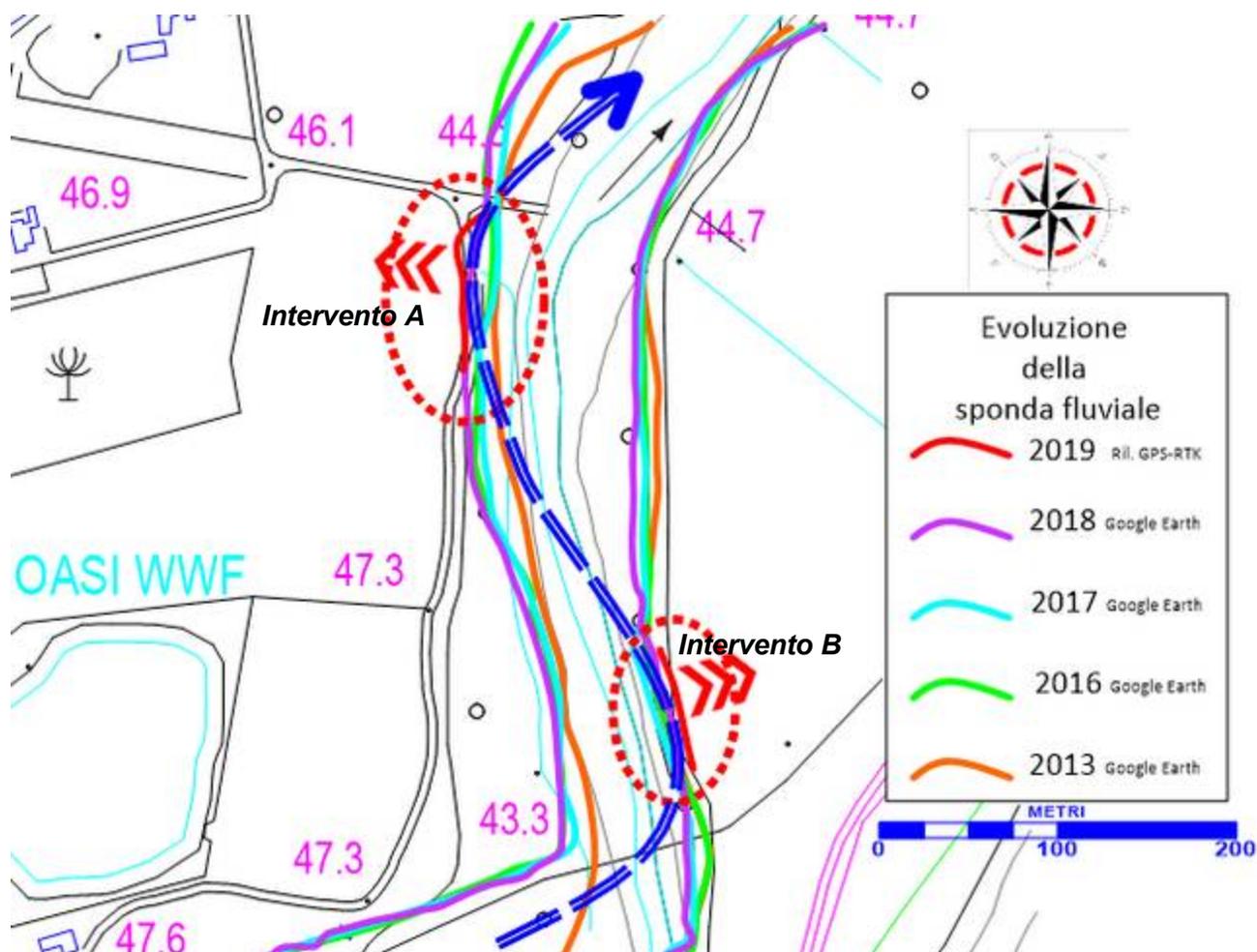


Fig.4.4 – Analisi Geomorfologica del Progetto definitivo esecutivo “Sistemazione erosioni di sponda tratto fiume Esino presso Riserva Ripa bianca Jesi (AN) (Dignani, 2020)

## **Elementi tecnici della progettazione**

La progettazione sarà finalizzata alla creazione di una nuova connessione ecologica ed idraulica tra l'alveo e la zona perifluviale/piana inondabile con un tempo di ritorno di circa 5 anni. Per verificare se e in quale misura esista una connessione tra le unità morfologiche serve una analisi speditiva sul campo per rilevare tracce o forme (erosioni, accumuli di sedimenti) recenti dovute alla tracimazione del corso d'acqua.

Nel caso sia necessario, occorre innanzitutto ripristinare la connessione idraulica, fare in modo che l'area sia occupata dalle piene a tempo di ritorno 1-5 anni.

Le soluzioni possono essere:

- abbassare con modeste trasformazioni di terreno, la quota del piano campagna
- innalzare il tirante idrico (livello medio del corso d'acqua rispetto al fondo),

In generale, è opportuno integrare i due metodi, realizzando un vero proprio progetto integrato di riqualificazione fluviale anche per avere un aumento del tempo di corrivazione a scala di bacino.

Una analisi geomorfologica ed una analisi ecologica definirà uno schema coerente tra le unità morfologiche e gli habitat fluviali tipici del corso d'acqua esaminato (Fig. 4.5).

La trasformazione morfologica comporta di fatto un aumento complessivo della sezione di deflusso, permette inoltre la realizzazione dei meccanismi di autodepurazione del corso d'acqua (effetto tampone – fitodepurazione).

La modellazione del terreno, per la connessione idraulica consiste nell'abbassamento, modesto, nell'ordine indicativamente di 0.5 – 2.5 m, dal piano campagna, una trasformazione morfologica si può realizzare attraverso una superficie piana, una superficie curva oppure due livelli distinti di superfici (Fig.4.6).

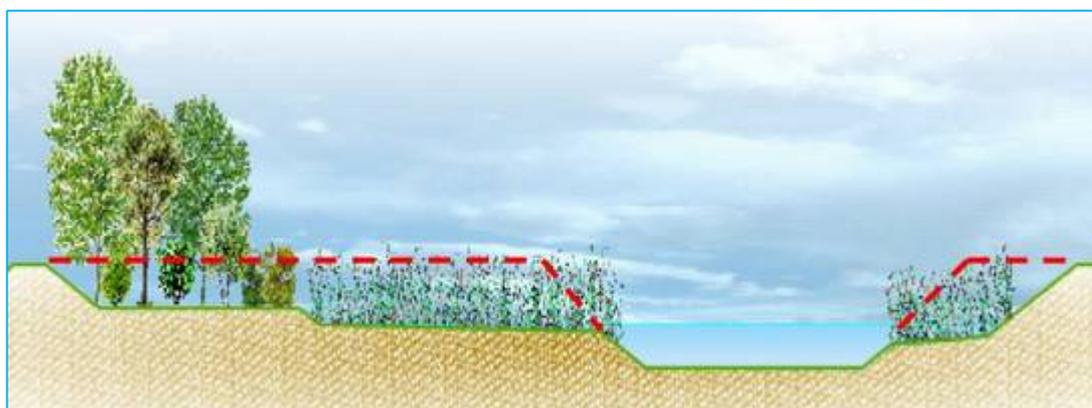


Fig.4.5 – Simulazione di progetto per un'area di laminazione realizzata con modellamento morfologico

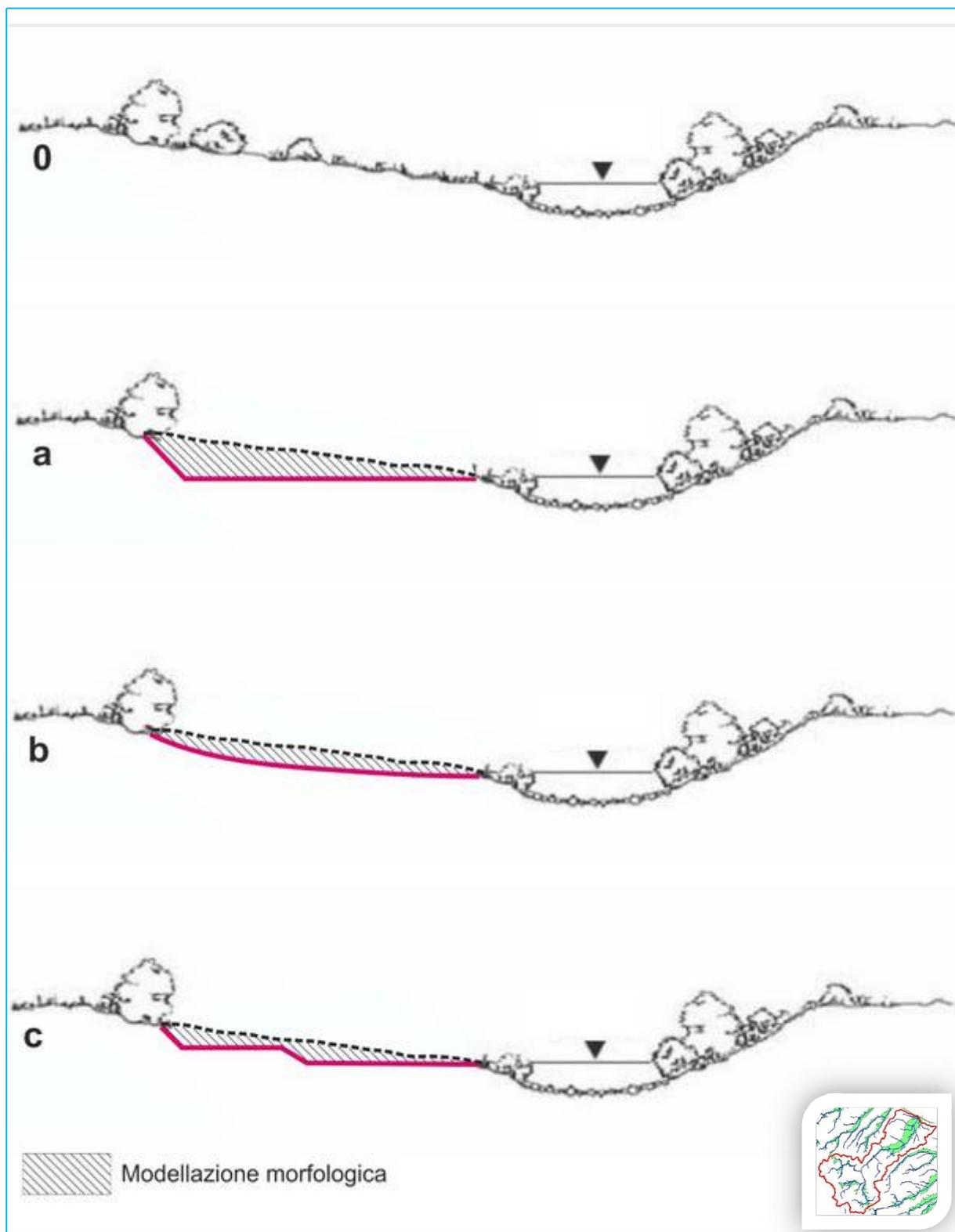


Fig.4.6 – Modellamento morfologico per realizzare un'area di laminazione.  
0 – Stato iniziale; a – superficie piana; b – superficie curva; c – area a due livelli

Per innalzare il tirante idraulico occorre operare in modo coerente con le forme d'alveo rilevate attraverso l'analisi geomorfologica. La condizione fondamentale sarà quella di non creare discontinuità longitudinale sedimentologica ed ecologica lungo il corso d'acqua. Il metodo dell'utilizzo delle rampe (Fig.4.7) potrebbe essere sostenibile per ambiente fluviale, si avrebbe quindi un generale rallentamento della velocità della corrente idrica, maggiore tempo di corrivazione e minori picchi di piena, una maggiore efficienza per la ricarica delle falde sotterranee, una maggiore diversificazione morfologica ed ecologica del sistema fluviale.

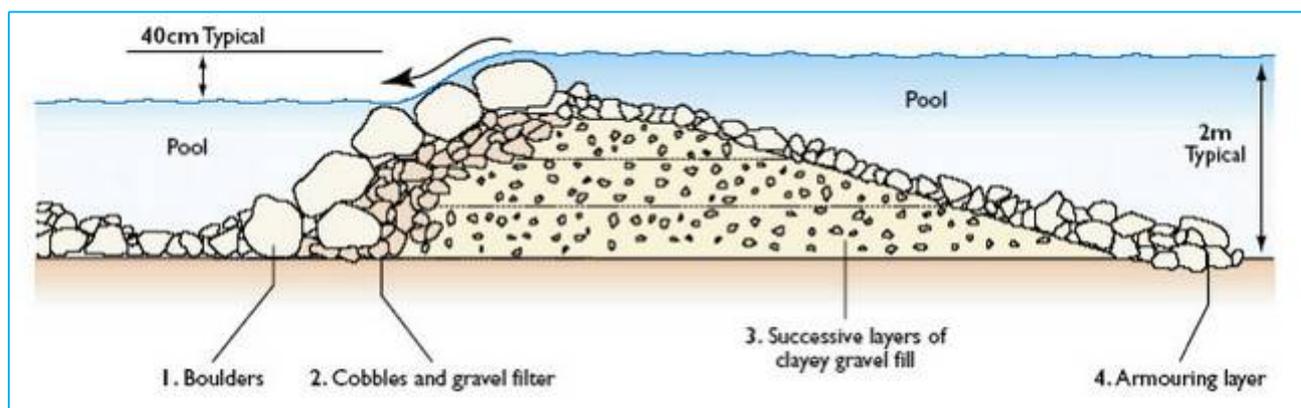


Fig. 4.7

In alternativa oppure in integrazione all'utilizzo della rampa si può considerare l'utilizzo dei repellenti (Fig.4.8), disposti a favore o contro la corrente idrica, realizzati con massi o materiale vivo (talee, astoni), oppure con tecniche integrate tra materiale inerte e vivo o morto (tronchi) (Fig.4.9).

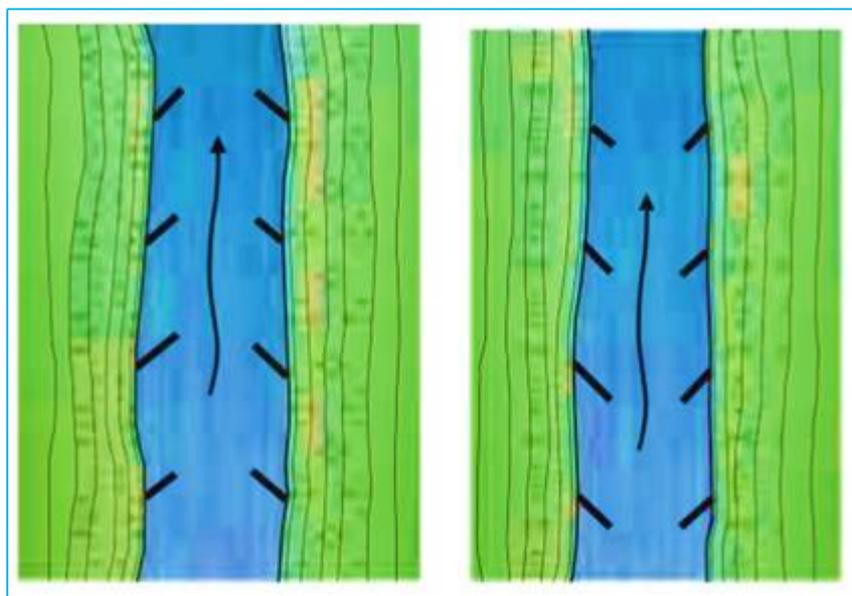


Fig.4.8



Fig. 4.9

Sulla base della larghezza dell'alveo in modo integrato con la trasformazione morfologica, per mezzo dell'abbassamento topografico, dell'area perifluviale, per favorire la connessione idraulica, si può considerare l'utilizzo dei pennelli. I pennelli generano un locale rallentamento della velocità della corrente, quindi un limitato innalzamento del tirante idrico. Per i pennelli realizzati su alveo a fondo mobile, quindi interamente costituito da sedimenti fluviali, risulta opportuno l'utilizzo integrato tra i materiali inerti (massi), materiali morti (pali) e vivi (astoni, talee). Questa combinazione di massi non collegati e pali/astoni/talee caratterizza l'opera nel suo insieme per una sua elevata plasticità, capace di adattarsi rapidamente agli aggiustamenti del letto d'alveo.

Le forme, le disposizioni, la lunghezza, il numero dei pennelli, saranno definite sulla base delle analisi morfodinamiche ed idrodinamiche di alveo/sponda svolte a scala di tratto fluviale e di macro-unità morfologiche fluviali.

Si possono comunque definire progettualmente due tipologie di pennelli: a favore di corrente idrica o in coerenza con l'idrodinamica dell'alveo.

Tra le forme di pennelli utilizzabili si ricordano i pennelli a coerenza di corrente idrica (Fig.4.10),

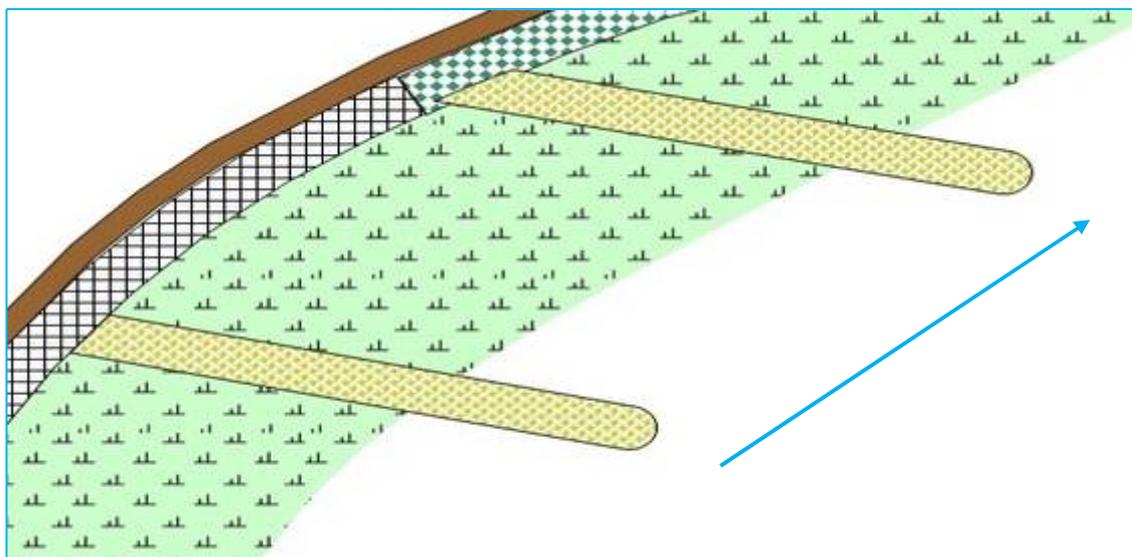


Fig.4.10 - Progetto di difesa spondale Riserva Ripa bianca di Jesi (Dignani, 2016)

pennelli a coerenza idrodinamica (Fig.4.11).

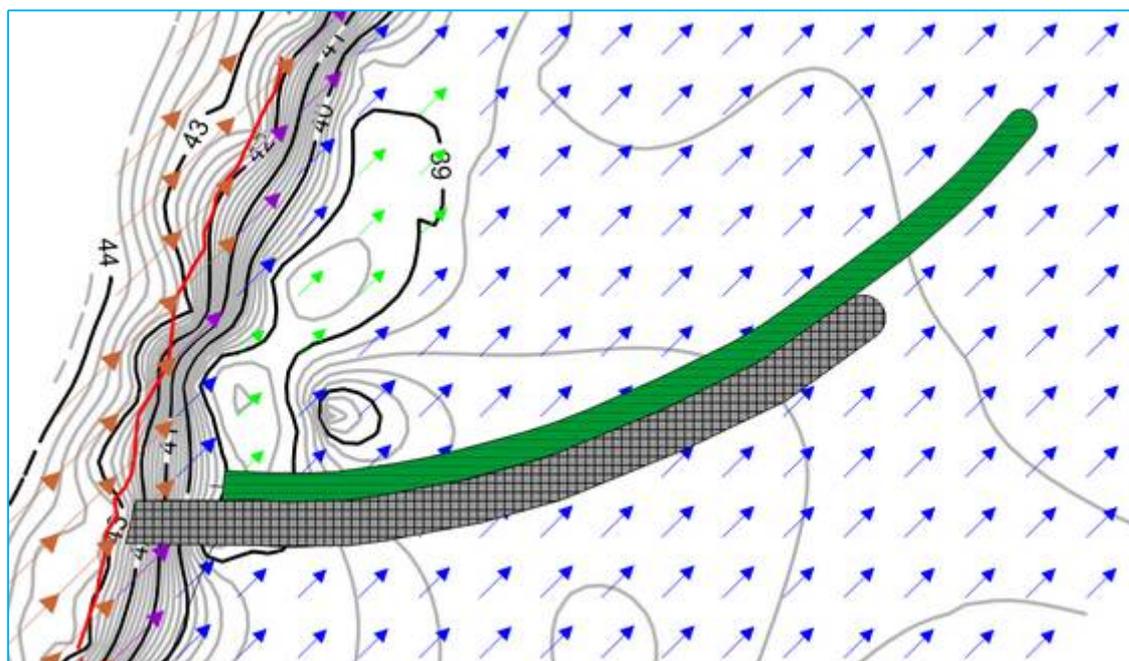


Fig.4.11 – Analisi Vettoriale della topografia.  
Progetto di difesa spondale Riserva Ripa bianca di Jesi (Dignani, 2015a)

Nel considerare la connessione ecologica e per favorire il rallentamento della corrente idrica, si possono prevedere azioni nelle barre vegetate e nella pianura inondabile, ripristinata o di nuova realizzazione.

Nella progettazione dei pennelli e della modellazione morfologica, si possono inserire nelle barre vegetate o nelle sponde, stagni temporanei o permanenti, canali e bracci morti, queste unità morfologiche risultano efficaci per diminuire la velocità del flusso idrico del fiume. Gli stagni, come i canali ed i bracci morti, oltre ad avere un valore inestimabile per molte specie (in particolare anfibi), se inserite nelle barre possono essere siti rifugio per pesci durante le piene e accrescono notevolmente la produttività ittica di un fiume. Sono facilmente realizzabili mediante modesti scavi. La frequenza d'inondazione delle pozze può essere accresciuta realizzando una soglia sfiorante, per consentire l'alimentazione dello stagno anche da parte delle piene con basso tempo di ritorno. (Fig.4.12)

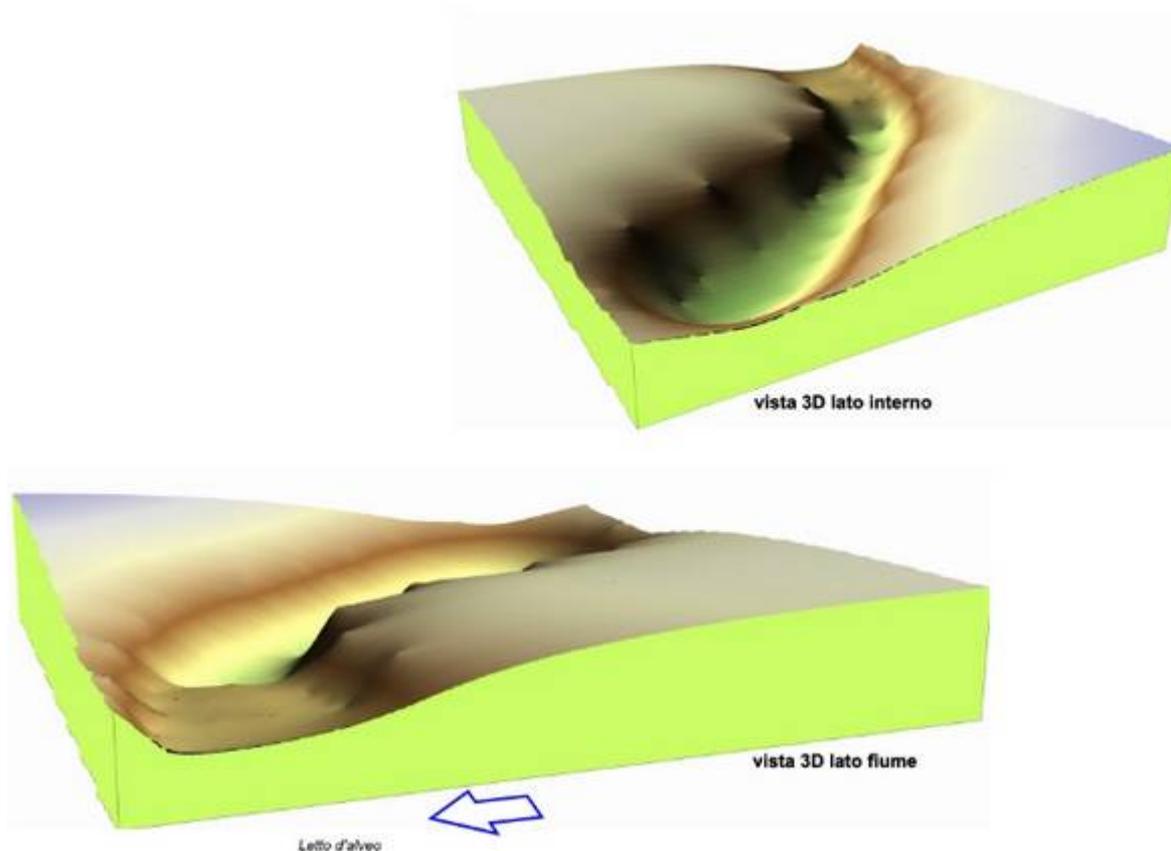


Fig.4.12 – Canale morto - pozza su barra alta vegetata.

Progetto di Riqualificazione fluviale F. Foglia (Dignani, Pandolfi, 2014)

Altre tecniche per aumentare la scabrosità in alveo in particolare nelle barre alte e vegetate sono gli accumuli di tronchi e grossi rami, assemblati in modo disordinato, simile a quelli naturali stabili, con alcuni tronchi “fissi” ancorati con pali verticali in legno o metallo, oppure incastrati entro una trincea e zavorrati (Fig.4.13).

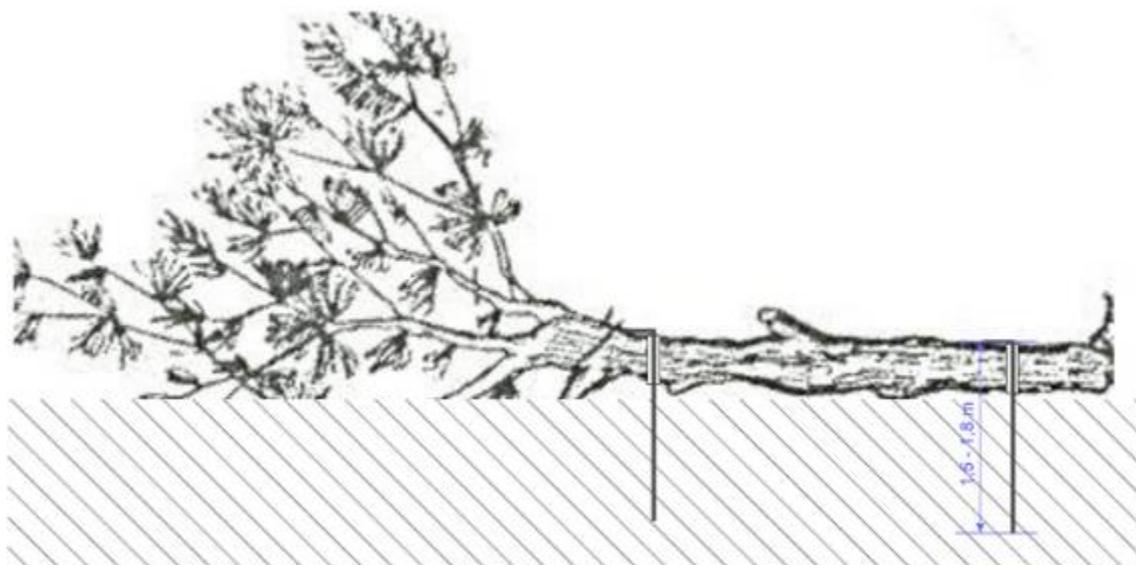


Fig.4.13 - Tronco chiodato. Da Progetto di Riqualficazione fluviale F. Foglia (Dignani, Pandolfi, 2014)

Nella zona di transizione tra la barra e la piana inondabile l'azione progettuale deve prevedere la riqualficazione delle sponde, unità morfologica fondamentale per gestire i processi in alveo. Le sponde si presentano spesso denudate di vegetazione, su un alveo approfondito, in un complessivo stato geotecnico precario, predisposto, in occasione di una piena, ad una prossima instabilità con conseguente franamento in alveo.

Nel campo di tali processi, sono ormai possibili analisi sempre più sofisticate alla scala spaziale del singolo profilo di sponda ed alla scala temporale del singolo evento di piena, ad esempio includendo gli effetti delle variazioni di pressioni interstiziali. È possibile inoltre effettuare una completa ricostruzione dei principali processi che avvengono durante l'evento di piena (erosione fluviale, movimenti di massa) simulando le deformazioni della base della sponda dovute all'erosione fluviale. Infine, comincia ad essere possibile includere i principali effetti della vegetazione sui movimenti di massa, quali l'incremento di resistenza al taglio legato alle radici e sovraccarico (Rinaldi, 2006, Fig.4.14)

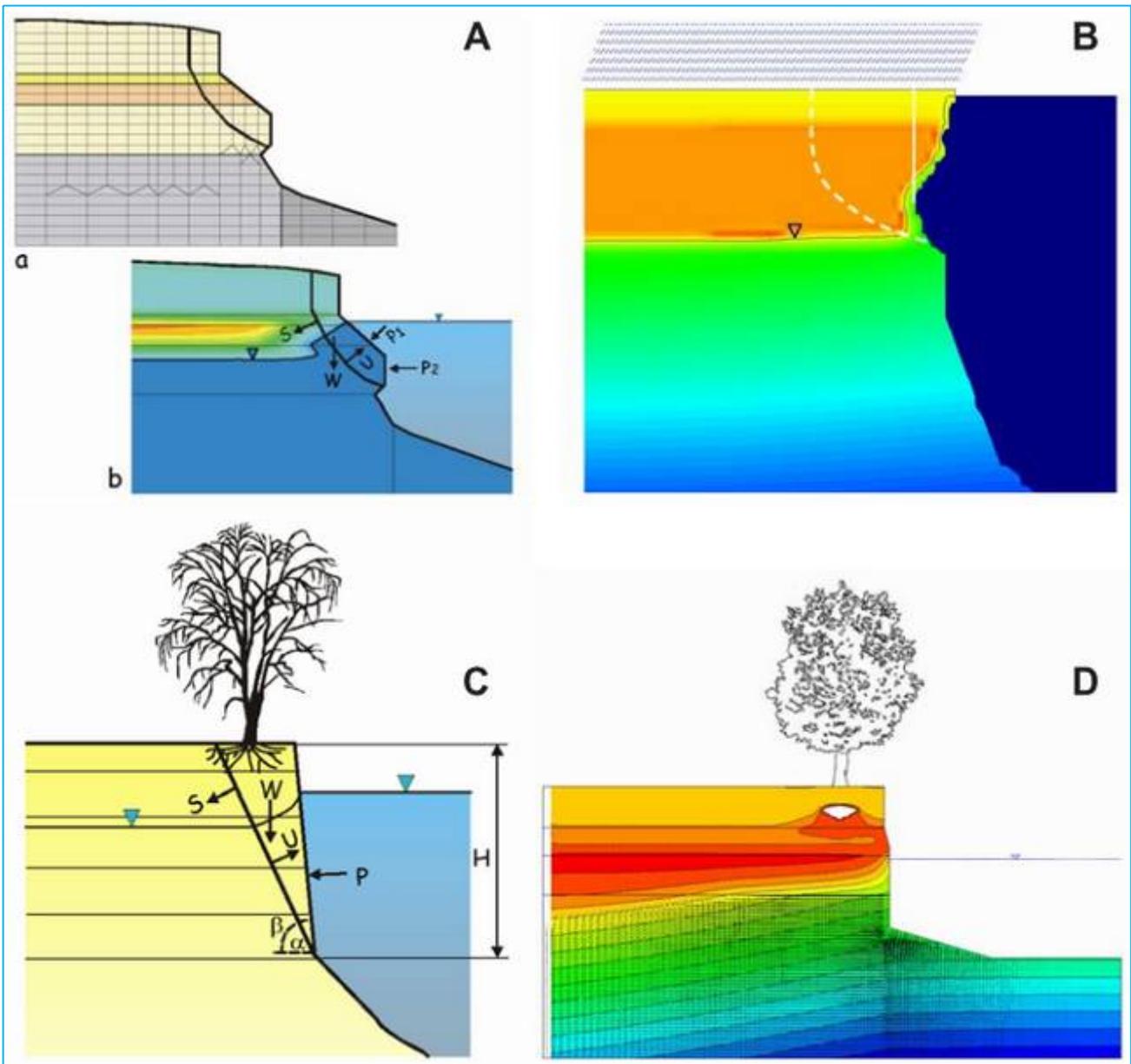


Fig. 4.14 Modellazione della stabilità di sponde fluviali. A) Modellazione della filtrazione agli elementi finiti (a) e di stabilità (b) B) modello di erosione fluviale – filtrazione – stabilità; C) ARS Bank Stability Model che include alcuni effetti della vegetazione; D) modello di erosione – filtrazione – stabilità con inclusi alcuni effetti della vegetazione. (in Rinaldi, 2006)

Per intervenire efficacemente messa in sicurezza delle sponde si procede secondo il seguente schema metodologico:

**Analizzare e definire il processo geomorfologico in atto nel tratto fluviale, definire l'ecologia del tratto fluviale, il tipo di instabilità della sponda è diretta conseguenza del processo fluviale e della vegetazione presente o assente.**

**Individuare gli interventi in alveo e/o in sponda di sostegno idrodinamico e morfodinamico per gestire il processo geomorfologico in atto nel tratto fluviale**

**Definire la tecnica e la metodologia di intervento per la messa in sicurezza della sponda in erosione**

Per la sistemazione della sponda si può operare attraverso l'aumento delle forze di resistenza al piede di sponda, tra le opere utilizzabili si ricorda l'impiego di: scogliere rinverdite, palificata viva, palizzata viva (Fig.4.15a).

Tra opere che invece diminuiscono le tensioni di taglio: la cordonata viva, la grata viva, la riforestazione.

Una opera che agisce simultaneamente sulla diminuzione delle tensioni di taglio e l'aumento delle forze di resistenza è la copertura diffusa con scogliera al piede (Fig.4.14b).

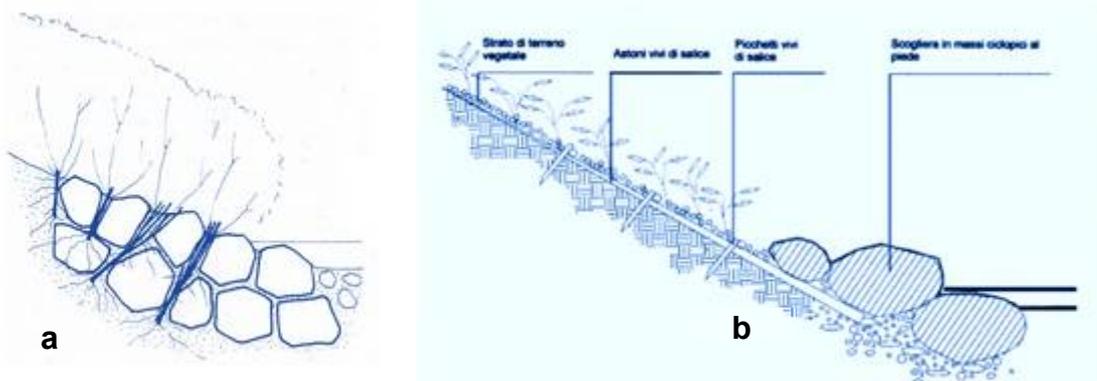


Fig.4.15 – a) Da *Ingegneria Naturalistica - Manuale delle costruzioni idrauliche* (Schiechtl-Stern, 1994)

b) Da *Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo* (Bacci, Bardi, Dignani, 2000)

Per la messa in sicurezza della sponda dove prevale una forza incidente della corrente con alto angolo (circa  $60^\circ - 90^\circ$  rispetto alla direzione della sponda) sono da preferire le scogliere rinaturalizzate con materiale verde (Fig. 4.16).

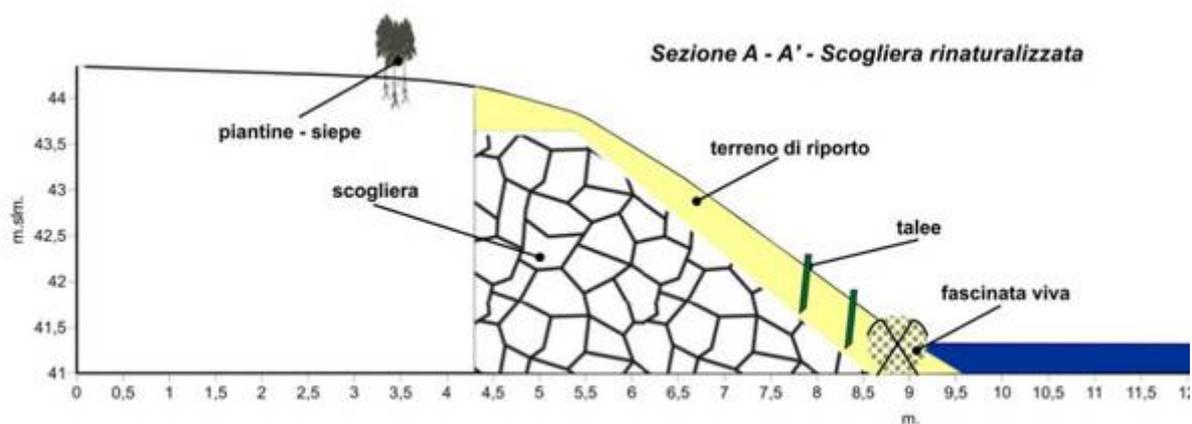


Fig.4.16 – Progetto di difesa spondale – Riserva Ripa bianca di Jesi (Dignani, 2015b)

Nella pianificazione delle difese spondali a scala di tratto fluviale, nei casi di mobilità laterale, si definisce l'assetto dei processi morfodinamici e successivamente, sulla base delle esigenze di messa in sicurezza/ripristino delle condizioni ecologiche, si procede alla programmazione degli interventi per mezzo delle difese spondali deformabili e delle difese rigide quindi alla scelta puntuale della specifica metodologia tecnica di intervento (Fig.4.17)

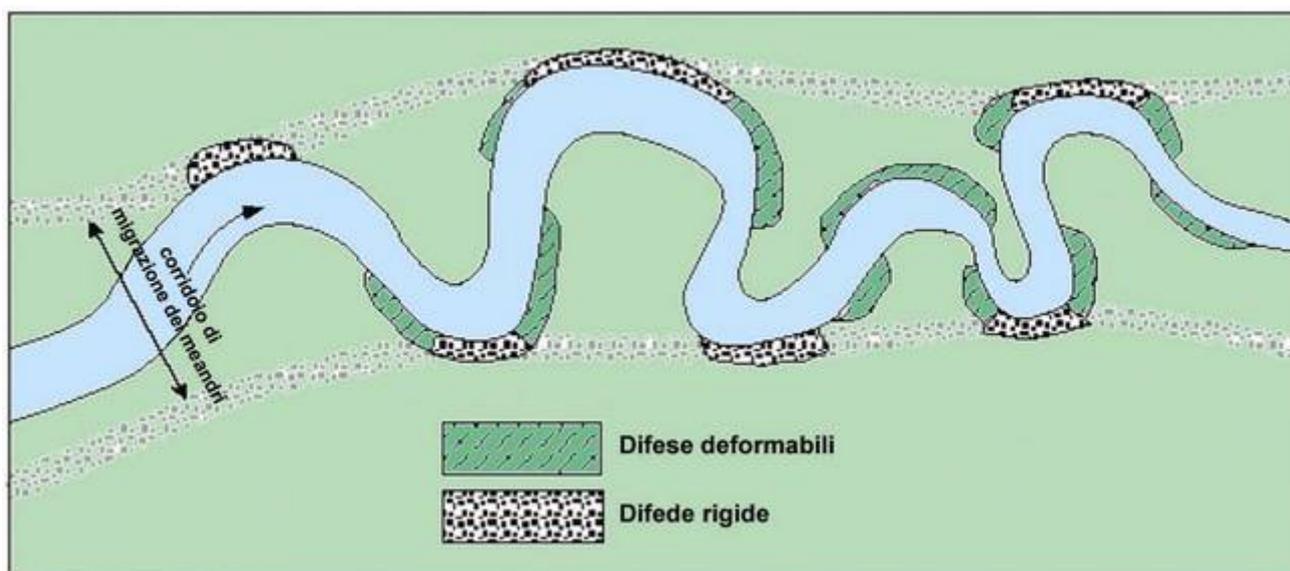


Fig.4.17 – da © WASHINGTON STATE, 2002; © Washington Dept. of Fish and Wildlife mod. (in Cirf 2006)

### **Composizione territoriale del progetto**

Nella scelta territoriale e di conformazione dell'area di laminazione bisognerà selezionare tre le pianure fluviali (Fig.4.18,a,b) le aree che possano soddisfare i principi di coerenza geomorfologica e idrodinamica.

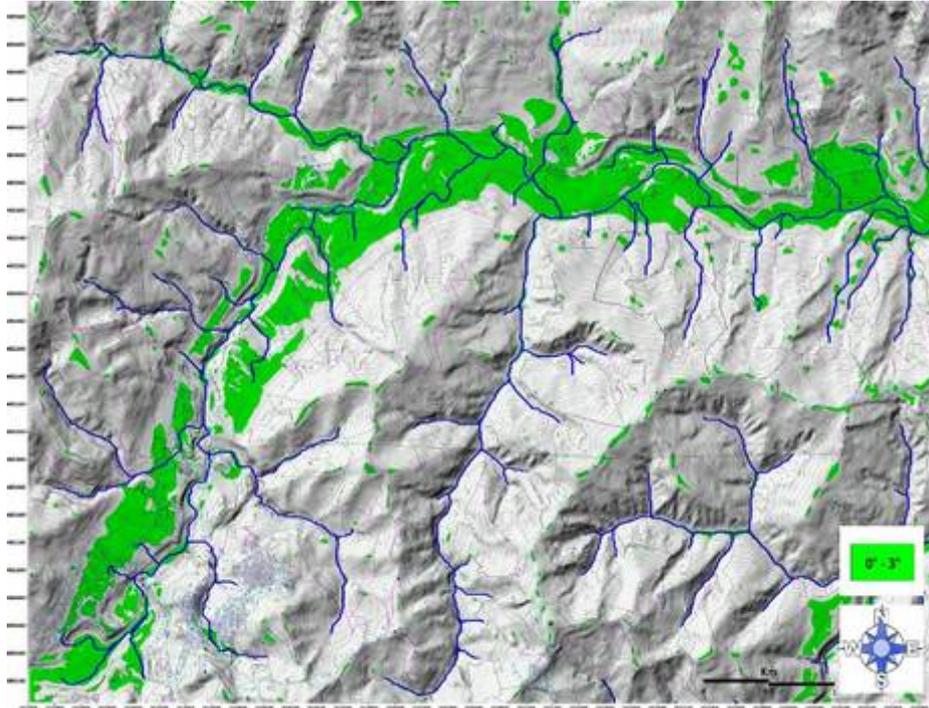


Fig.4.18 a – Aree pianeggianti. (Dal Progetto di Riqualificazione fluviale F. Foglia. Dignani, Pandolfi, 2014)

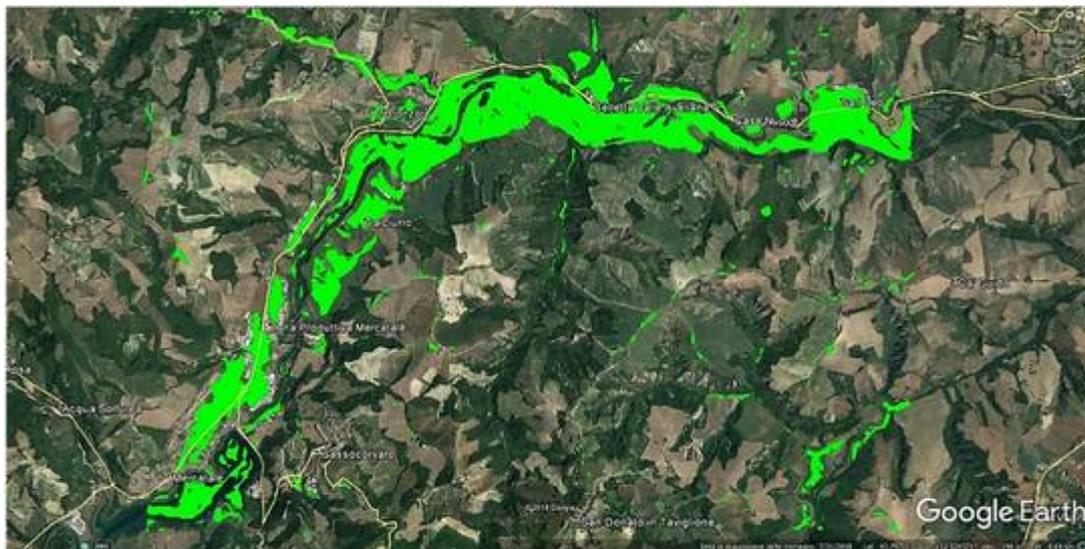


Fig.4.18 b – Aree pianeggianti su Google Earth.

(Dal Progetto di Riqualificazione fluviale F. Foglia Dignani, Pandolfi, 2014, modificato)

La coerenza geomorfologica verifica la congruità del progetto con la successione delle unità morfologiche fluviali; la successiva verifica idrodinamica stabilisce la conformità del sito per il mantenimento della sua funzionalità (Fig.4.19) in uno scenario morfodinamico del fiume (Fig.4.20).



Fig. 4.19

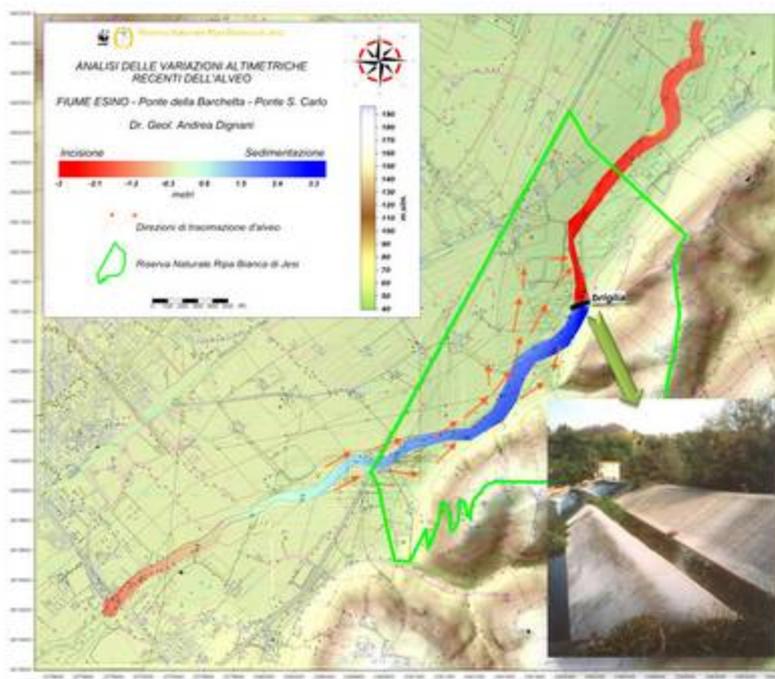


Fig. 4.20 - Analisi morfodinamica ed idrodinamica. (Da - Analisi geomorfologica fluviale del fiume Esino nella Riserva Naturale Regionale Ripa Bianca di Jesi, Dignani, 2013)

Come riferimento progettuale si definiscono i principali casi di conformazione di aree di laminazione per coerenza (Fig.4.21) e non coerenza (Fig.4.22) morfodinamica ed idrodinamica.

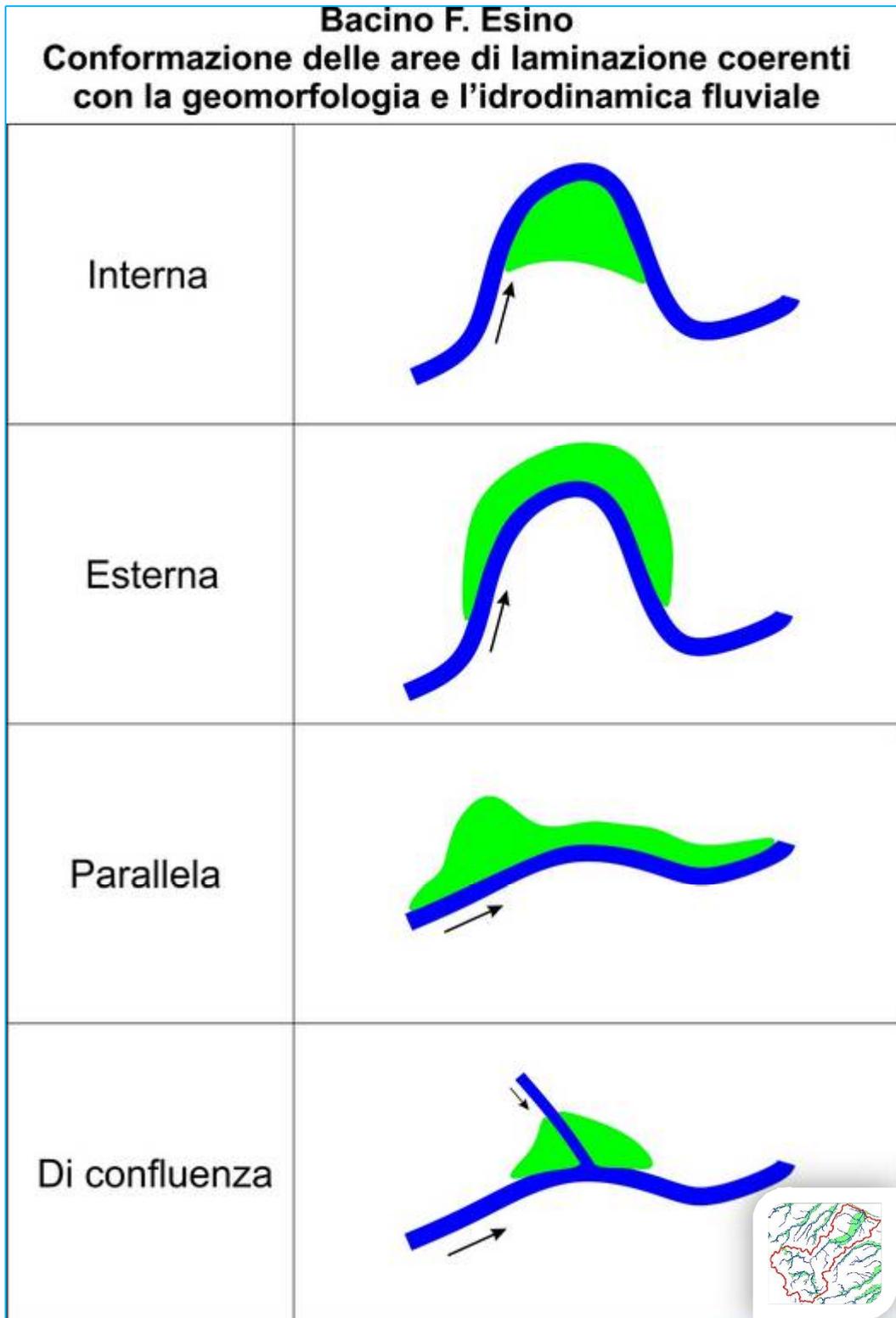


Fig.4.21

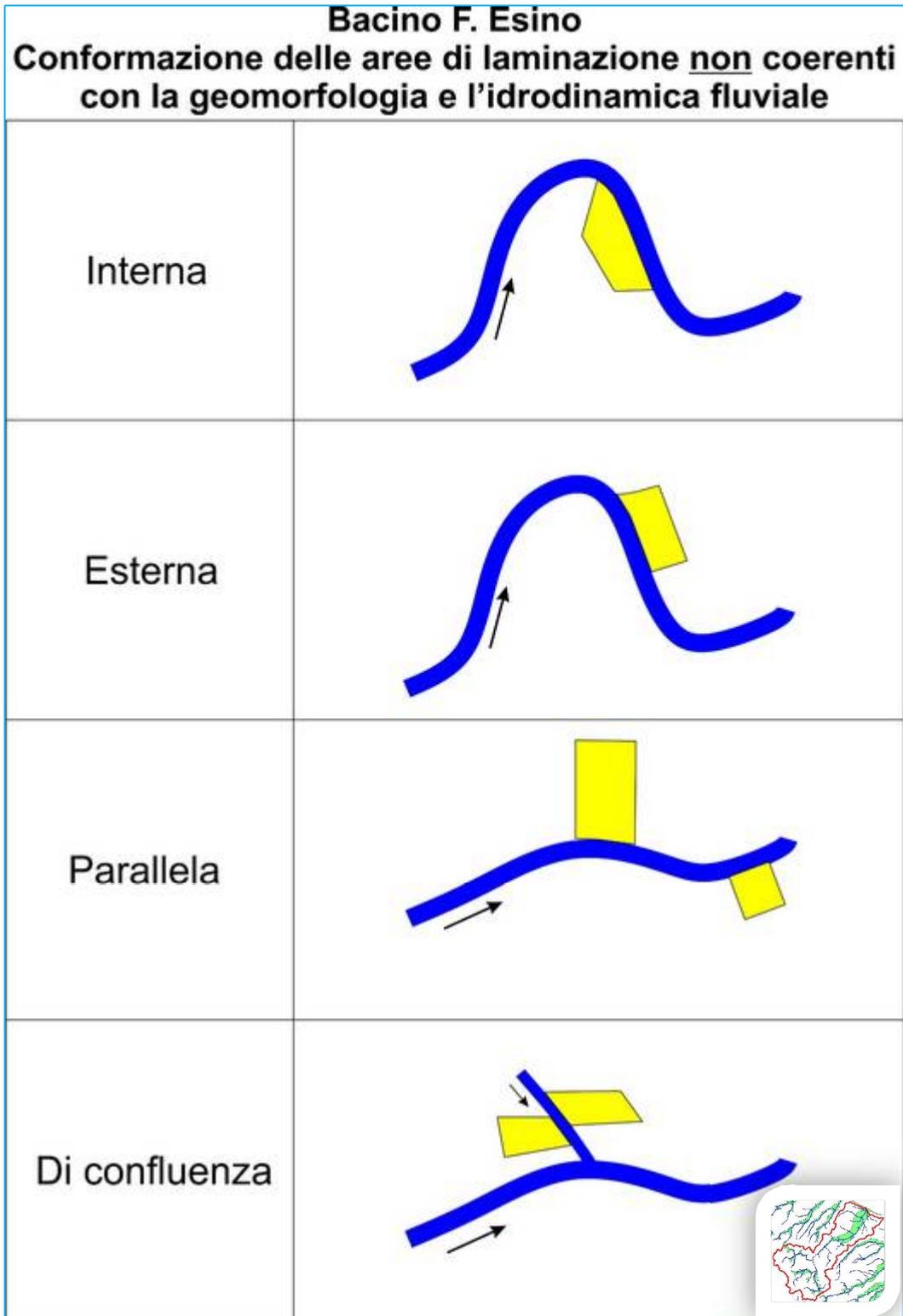


Fig.4.22

Si presentano ora degli esempi di analisi/progetti di aree di laminazione.

Il primo, progettata e realizzata nella Riserva Naturale Ripa bianca di Jesi, un'area di laminazione di tipo "di confluenza" (in verde nella figura) realizzata all'incontro del fosso di versante con il Fiume Esino in destra idrografica. L'area, su terreno demaniale, in precedenza coltivata a seminativo, è stata rinaturalizzata come area di laminazione ad habitat area umida per potenziare la biodiversità della riserva, nella sua funzione di laminazione delle piene del fosso in confluenza con il F. Esino, interviene con l'aumento del tempo di ritorno del bacino del versante (Fig.4.23).

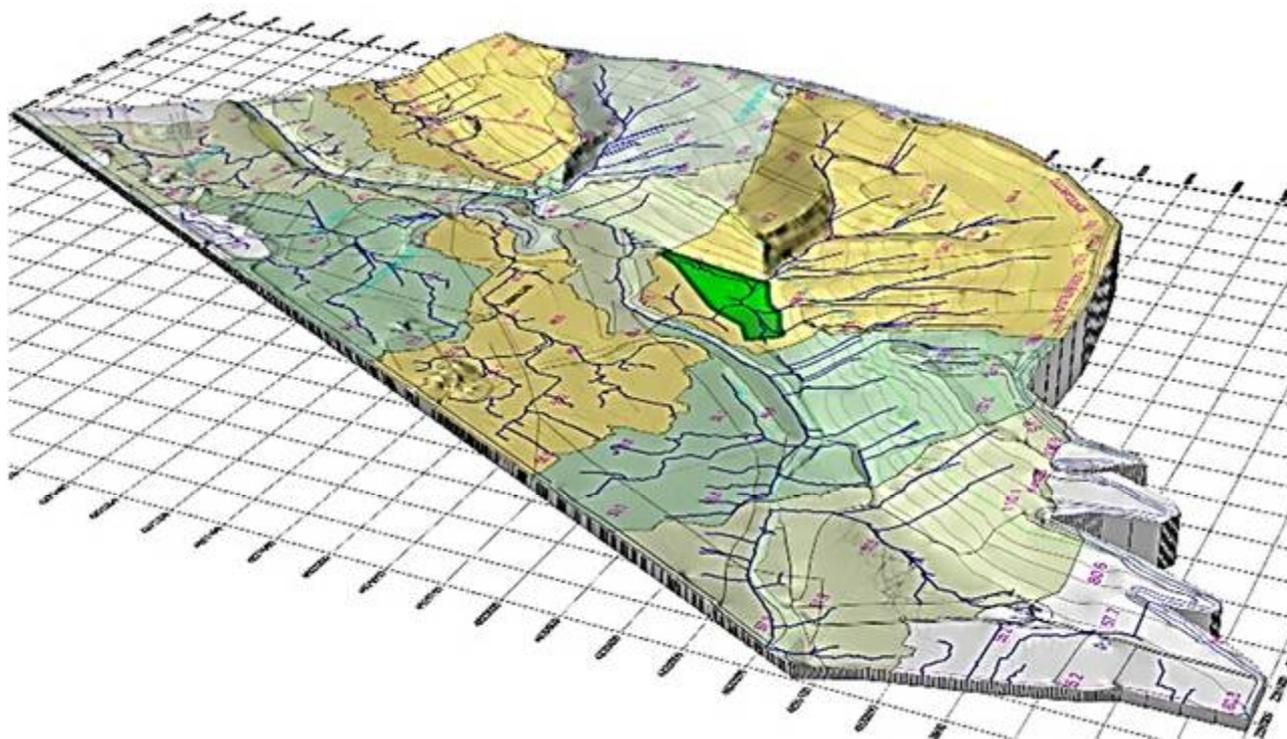


Fig.4.23 - Progetto area di laminazione "di confluenza" con utilizzo ad area umida (area in verde) nella Riserva Ripa bianca di Jesi (Belfiori, Dignani et al., 2012)

Per completare l'analisi di una area di laminazione, questa può essere esaminata anche dal punto di vista di impatto visivo, per l'eventuale impatto paesaggistico e naturalistico attraverso l'analisi dei luoghi di visualizzazione possibili per un determinato ambito territoriale.

Nella Fig. 4.24 l'analisi dei luoghi di visualizzazione dell'area di laminazione realizzata nella Riserva Ripa bianca di Jesi descritta nel caso della Fig. 4.23.

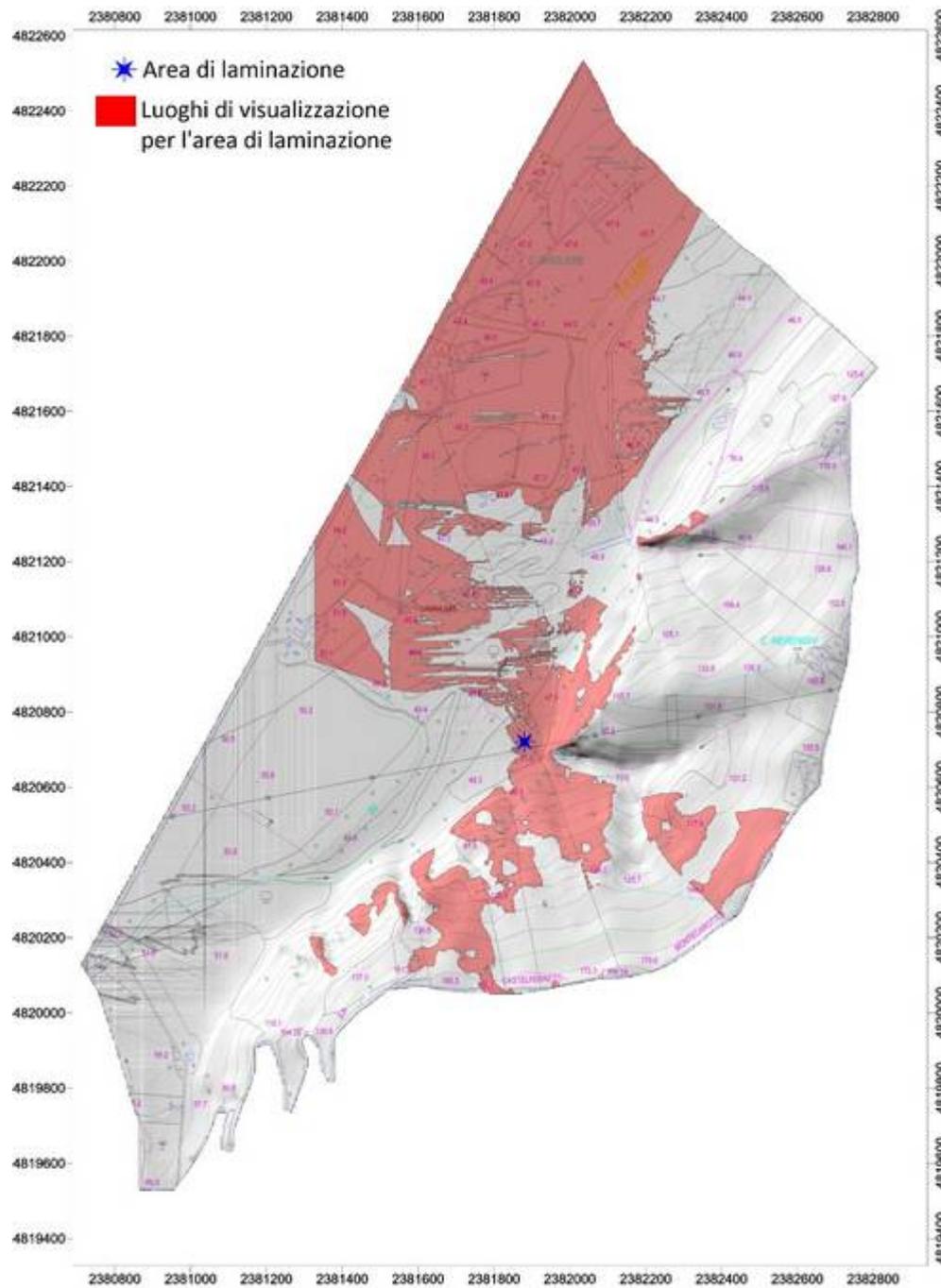


Fig. 4.24 – Progetto di riqualificazione ambientale delle aree di laminazione naturale del F. Esino nella Riserva Ripa bianca di Jesi (Belfiori, Dignani et al., 2010, modificato da A. Dignani)

Il secondo esempio riguarda l'analisi Geomorfologica fluviale realizzata sul Fiume Ete Vivo per la riattivazione della piana inondabile. Si definiscono nello studio le aree di laminazione "parallele" "interne" "esterne", per la mitigazione del rischio idraulico alla foce in R4. L'analisi ha valutato la fattibilità della riattivazione delle aree di laminazione attraverso la rimozione / spostamento degli argini fluviali (Fig.4.25).

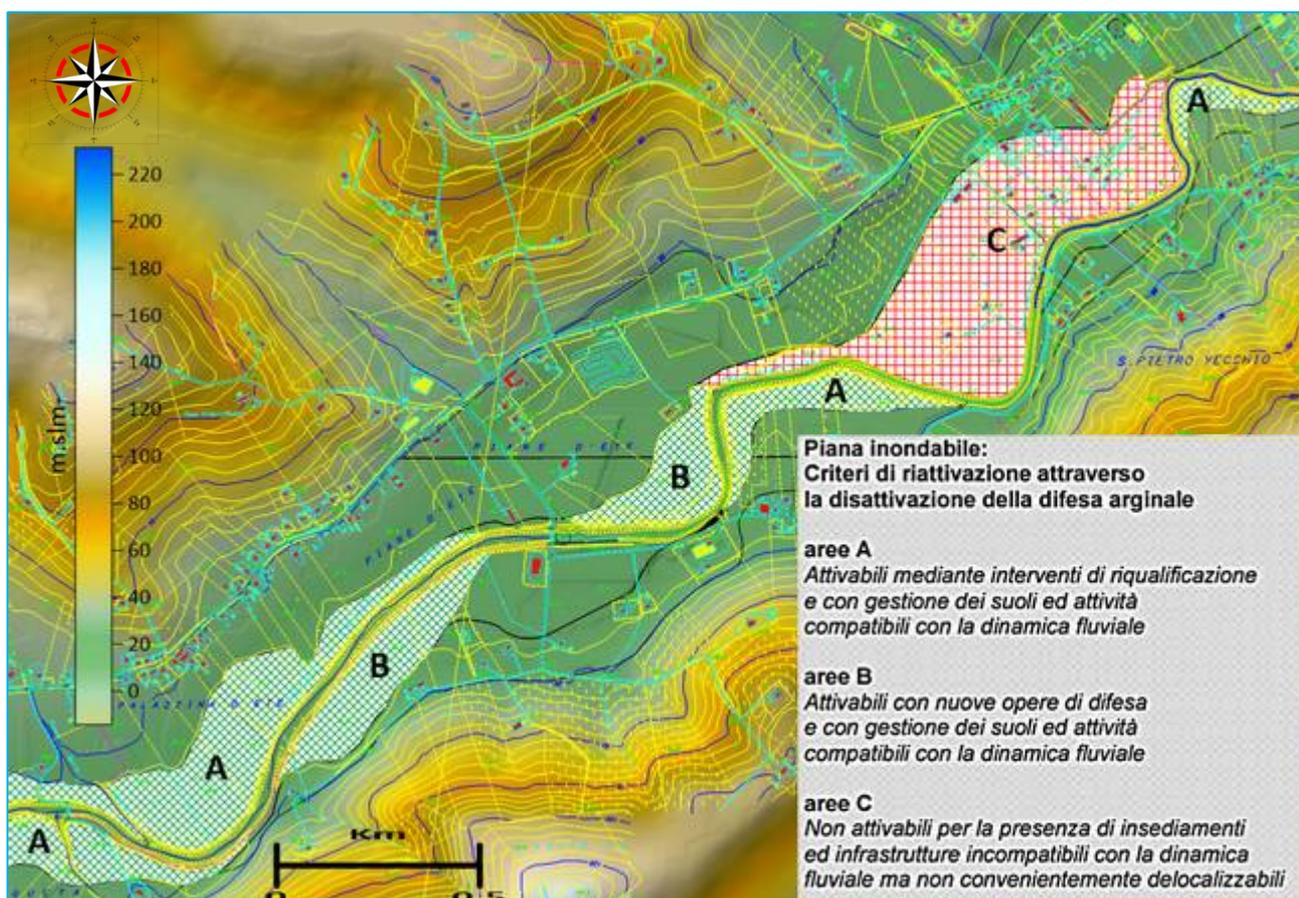


Fig.4.25 – Aree di laminazione "parallele" "interne" "esterne" – (da Studio e programma delle attività di mitigazione del rischio idraulico e di riqualificazione fluviale del fiume Ete vivo. Dignani, 2006, modificato)

Nel terzo esempio si vuole evidenziare nella progettazione di un'area di laminazione, l'importanza dell'utilizzo dell'analisi idrodinamica nella valutazione del moto della corrente idrica.

La valutazione si realizza in modo integrato tra le osservazioni sul campo e le simulazioni per mezzo della cartografia digitale disponibile o realizzata per mezzo di rilievo GPS RTK,

L'analisi idrodinamica è finalizzata alla comprensione delle variazioni morfologiche in risposta alla dinamica idrica, valutazioni che dovranno essere interpretate progettualmente per gli interventi di sistemazione e messa in sicurezza dell'area.

L'esempio di riferisce al Progetto di riqualificazione ambientale delle aree di laminazione naturale del F. Esino nella Riserva Ripa banca realizzato nel 2010 (Fig. 4.26).

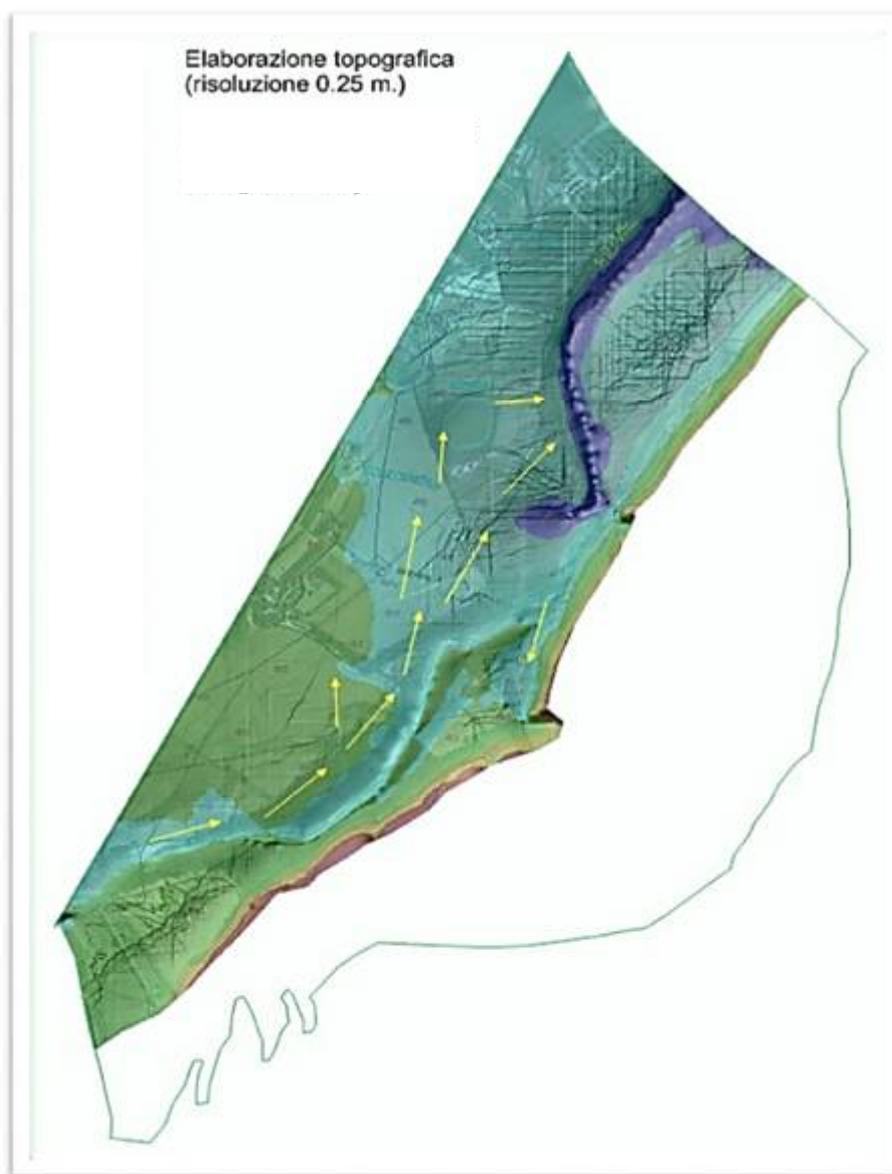


Fig.4.26 – Analisi idrodinamica dal Progetto di riqualificazione ambientale delle aree di laminazione naturale del F. Esino nella Riserva Ripa bianca di Jesi (Belfiori, Dignani et al., 2010)

Un ulteriore esempio è rappresentato dall'idea progettuale definita dalla Riserva Ripa Bianca nel “Quadro Generale delle Opere per la Riqualificazione Fluviale e la Mitigazione del Rischio Idrogeologico” (Fig. 4.27). L'area di laminazione, in parte esistente ed in parte da realizzare, è inserita nel progetto per stabilizzare l'erosione verticale dell'alveo, in particolare l'area di laminazione determinerebbe una migliore funzione idraulica del fiume e con la creazione di habitat di area umida si realizzerebbe il potenziamento della biodiversità dell'area protetta.



Fig. 4.27 – Da “Quadro Generale delle Opere per la Riqualificazione Fluviale e la Mitigazione del Rischio Idrogeologico” nella Riserva Ripa bianca di Jesi” (Belfiori, Dignani 2019)

Le aree di laminazione possono essere previste nei casi di gestione di un sovralluvionamento locale indotto da una briglia o da altro manufatto idraulico. La gestione delle piene fluviali ed allo stesso tempo il garantire la funzionalità del manufatto idraulico può avvenire attraverso la realizzazione di aree di laminazione plurifunzionali.

Come esempio si raffigura il caso delle aree di laminazione progettate per la gestione della funzionalità della Briglia Enel di Ripa bianca (Fig.4.28).

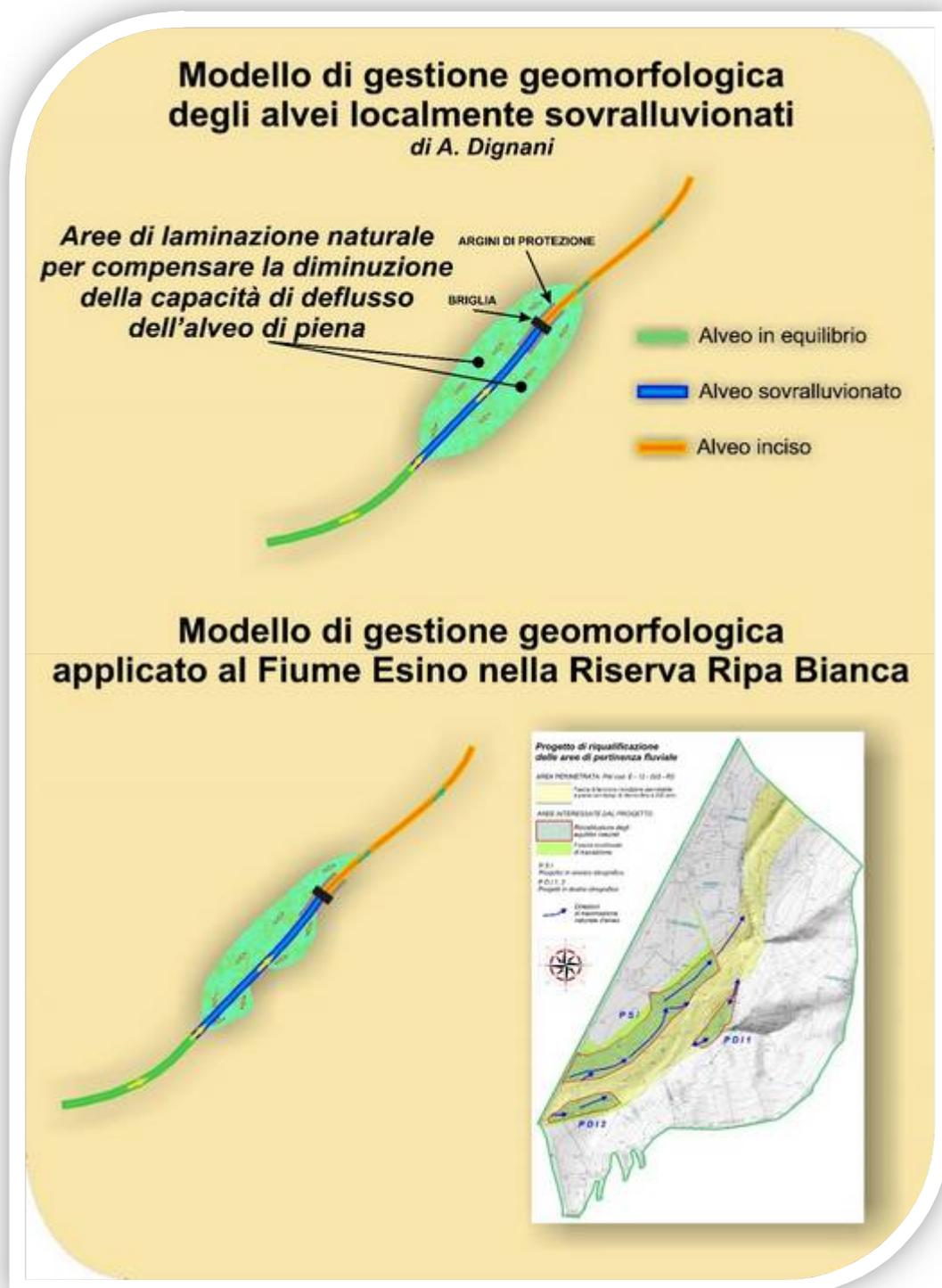


Fig. 4.28 – Da “Un modello di gestione geomorfologica del sovralluvionamento locale indotto dalla briglia Enel nella Riserva Naturale Regionale Ripa Bianca di Jesi (AN)” (Belfiori, Dignani 2011)

## Le aree di laminazione plurifunzionali

Nelle aree riattivate/ricostruite a piana inondabile occorre affermare il principio di plurifunzionalità, ovvero utilizzare l'area, oltre che per laminare le piene, anche per altri scopi naturalistici ed economici:

- aree umide (biodiversità) (Fig.4.29),
- ricarica delle falde sotterranee, accumulo idrico per l'agricoltura (Fig. 4.30)

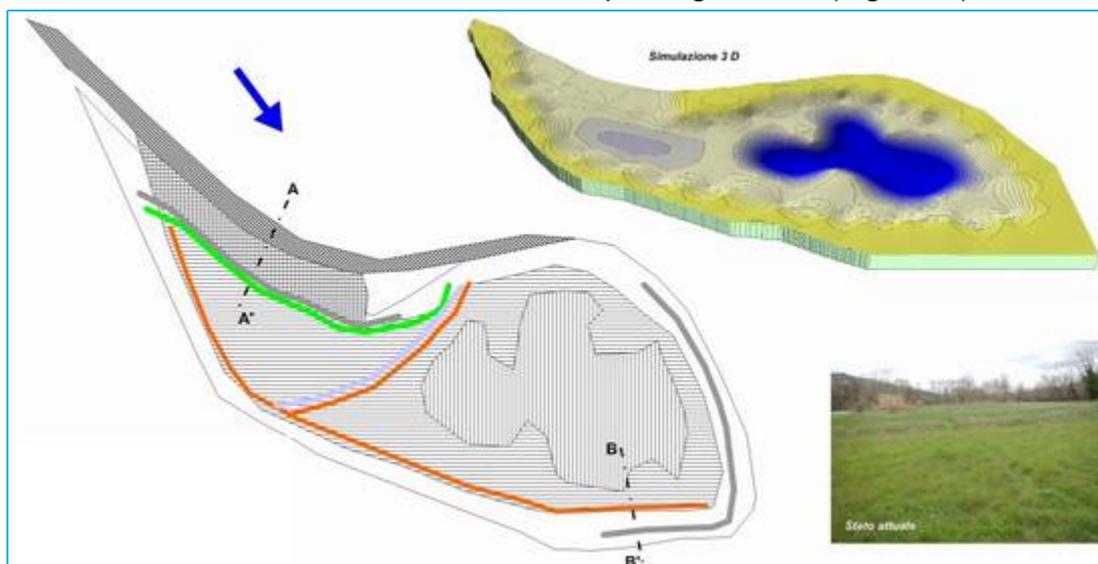


Fig.4.29 - Area umida su piana inondabile.

Progetto di Riqualificazione fluviale F. Foglia (Dignani, Pandolfi, 2014)



Fig. 4.30

In molti casi le aree vocate per la laminazione delle piene sulle unità morfologiche di piana inondabile si trovano in terreni agricoli, risulta quindi di estrema importanza il coinvolgimento attivo nei processi di decisione progettuale degli agricoltori per la realizzazione:

- di coltivazioni compatibili con la temporanea sommersione (Fig.4.31a);
- di sistemi di depurazione delle acque (fascia tampone, fitodepurazione) (Fig.4.31a);
- della filiera energetica a scala locale (Fig.4.31b).

Risulta quindi opportuno l'approccio alla multifunzionalità dell'area di laminazione come anche definita nel caso della servitù di allagamento sulle aree interessate dalla periodica espansione delle acque per le quali non si procede tramite ablazione del diritto di proprietà. (L. R. Regione Marche del 18 dicembre 2017, n. 35).

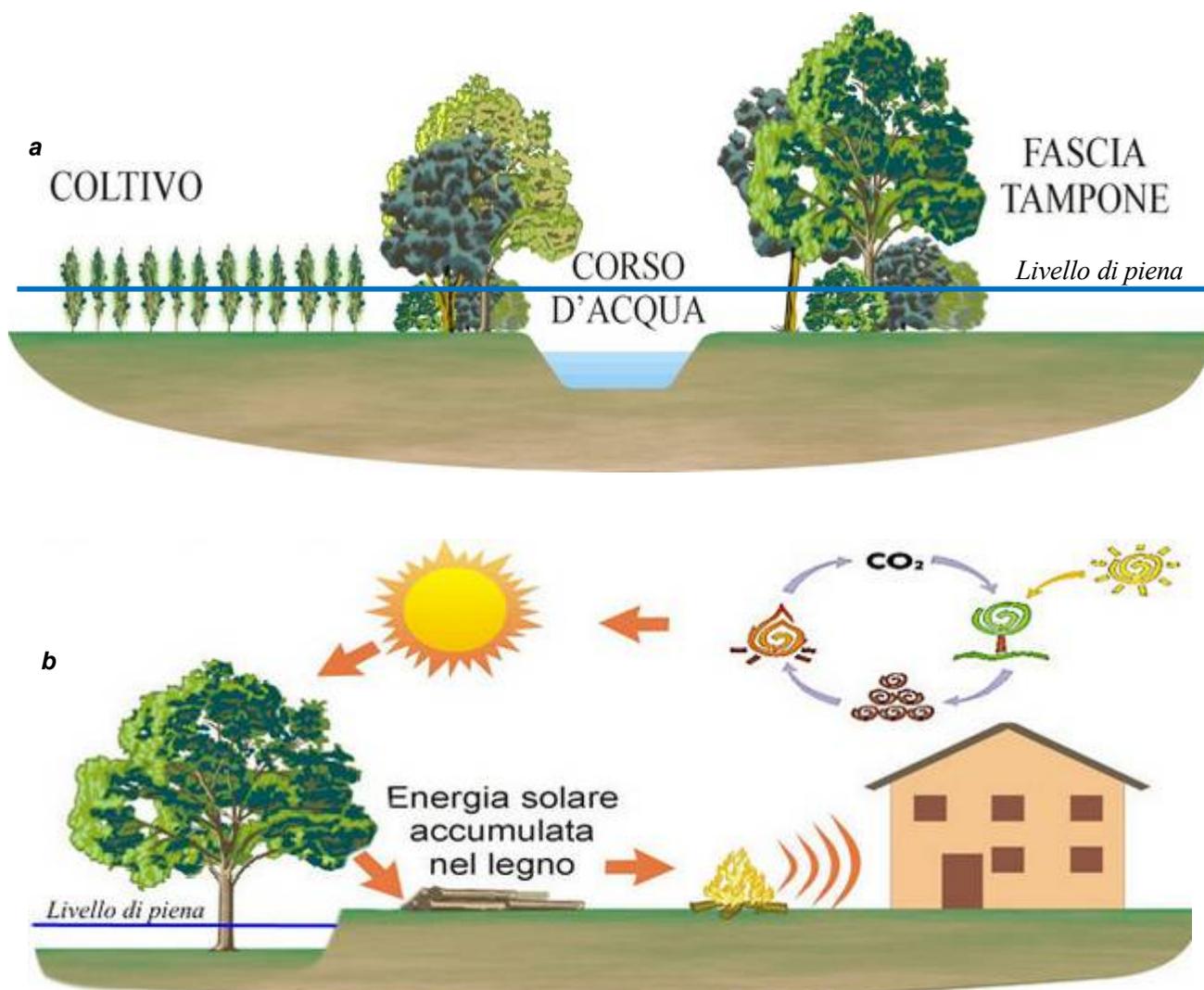


Fig.4.31

## 5 - IL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

### Analisi morfologica del reticolo

Nelle analisi del reticolo si procede con una preliminare caratterizzazione analitica secondo schemi e formule che descrivono le peculiarità geomorfologiche ed idrauliche come riportato nell'Allegato A in coda.

Gli alvei della zona medio - alta del bacino idrografico sono di dimensioni da piccole a intermedie, generalmente presentano pendenze relativamente elevate e alto grado di confinamento, seppure localmente possano esistere condizioni di confinamento parziale o anche nullo. Tali corsi d'acqua sono comunemente definiti torrenti montani o talora alvei confinati. Essi si differenziano dai corsi d'acqua di pianura per alcune caratteristiche distintive quali: (a) pendenze del fondo elevate; (b) elevata resistenza al moto determinata dalla

presenza di sedimenti

grossolani; (c)

regime delle portate

con forte

stagionalità; (d)

morfologia

dell'alveo con forte

variabilità spaziale,

a causa del forte

controllo da parte di

versanti, conoidi e

substrato roccioso,

e bassa variabilità

temporale, in

quanto solo eventi

di una certa

intensità sono in

grado di modificare

il fondo.

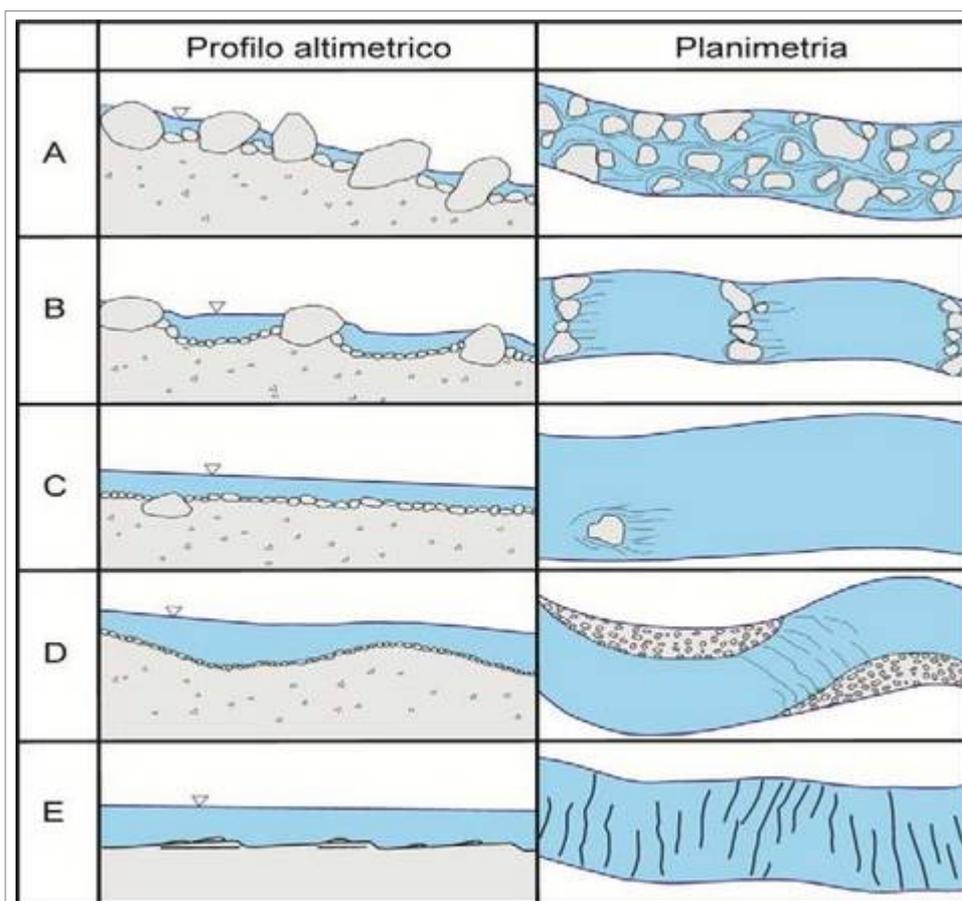


Fig. 5.1 - Classificazione dei corsi d'acqua montani (A) Cascade; (B) a gradinata (*step-pool*); (C) letto piano (*plane bed*); (D) *riffle-pool*; (E) *dune-ripple*. (in IDRAIM; 2016)

Una prima classificazione delle morfologie di torrenti montani fu proposta da Grant et al. (1990), ma successivamente la classificazione di Montgomery & Buffington (1997) ha avuto più larga diffusione (Fig. 5.1). Secondo tale classificazione vengono distinte le seguenti cinque tipologie: (1) cascade; (2) a gradinata (step-pool); (3) letto piano (plane bed); (4) pool-riffle; (5) dune-ripple.

Una applicazione della classificazione della morfologica d'alveo è rappresentata dalla analisi realizzata per la “Proposta di istituzione su un tratto del fiume Potenza di una zona di pesca a gestione speciale” del May Fly Club – Sibilla - Sezione dell’Unione Nazionale Pescatori a Mosca (U.N.Pe.M.)” (Fig.5.2).

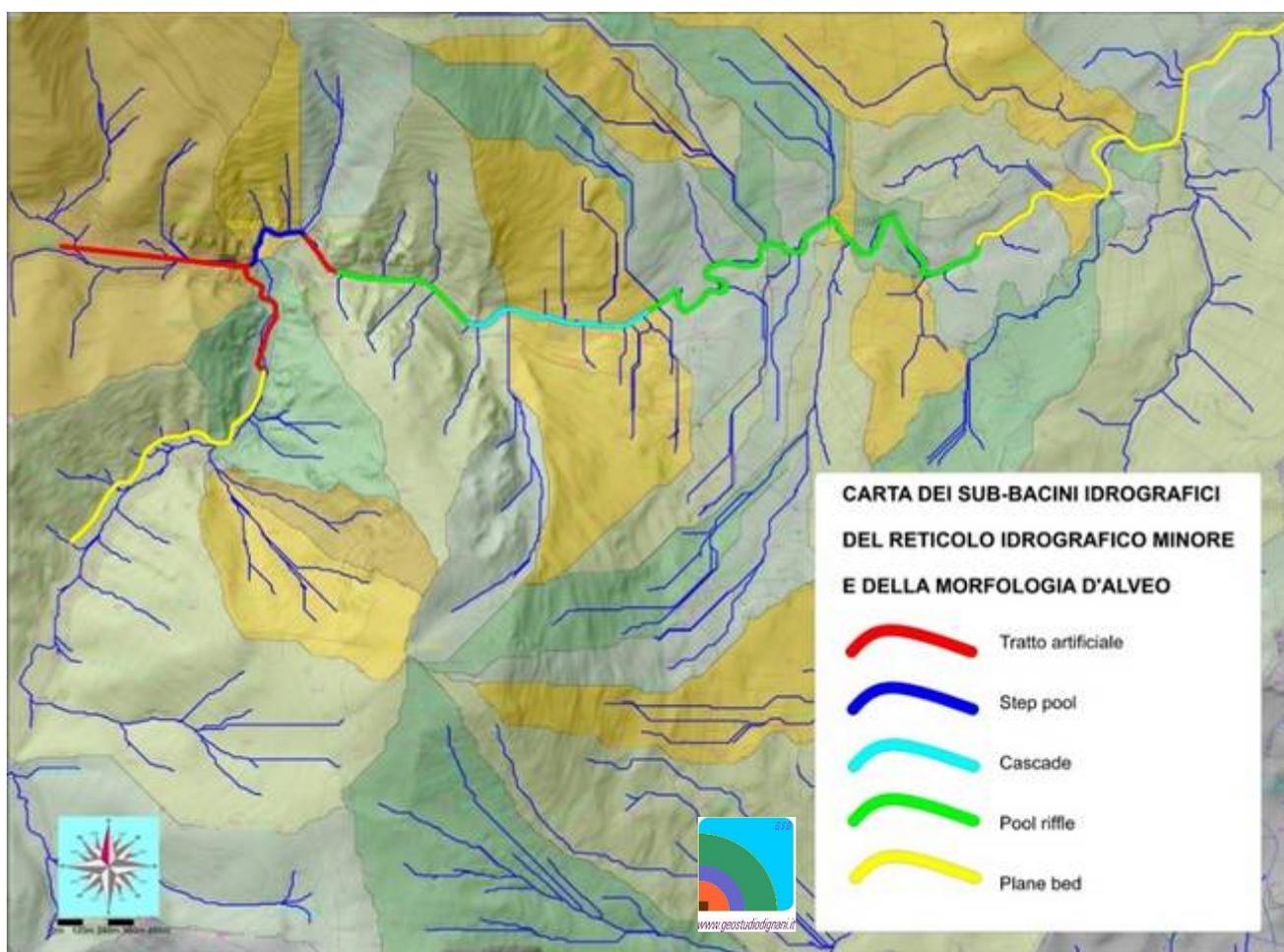


Fig.5.2 – Analisi geomorfologica fluviale F. Potenza (Dignani, 2016)

Nei casi di corsi d'acqua di tipo non confinato o semiconfinato di dimensioni da intermedie a grandi, questi si sviluppano un alveo alluvionale (a fondo mobile) modellandosi all'interno di sedimenti alluvionali. Una caratteristica fondamentale di un alveo alluvionale mobile è quella di essere libero di auto-modellarsi, cioè di “scegliere la propria forma” sia in senso altimetrico che

planimetrico, a differenza degli alvei confinati (talvolta definiti semi-alluvionali). La configurazione plano-altimetrica dell'alveo è il risultato dell'interazione tra processi responsabili della sua formazione (variabili guida del sistema, ovvero portate liquide e solide) e condizioni al contorno (forma del fondovalle, sedimenti che lo compongono, presenza o meno di vegetazione). Il corso d'acqua può essere caratterizzato dalla presenza di un canale unico (alveo a canale singolo o monocursale) o di più canali (alveo a canali multipli o pluricursale). Possono essere inoltre presenti canali secondari ai margini dell'alveo, all'interno della piana inondabile o sul lato interno di una barra (canali di taglio), svariate classificazione descrivono questa variabilità morfologica, una delle più usate è quella di Church (1992) (Fig.5.3).

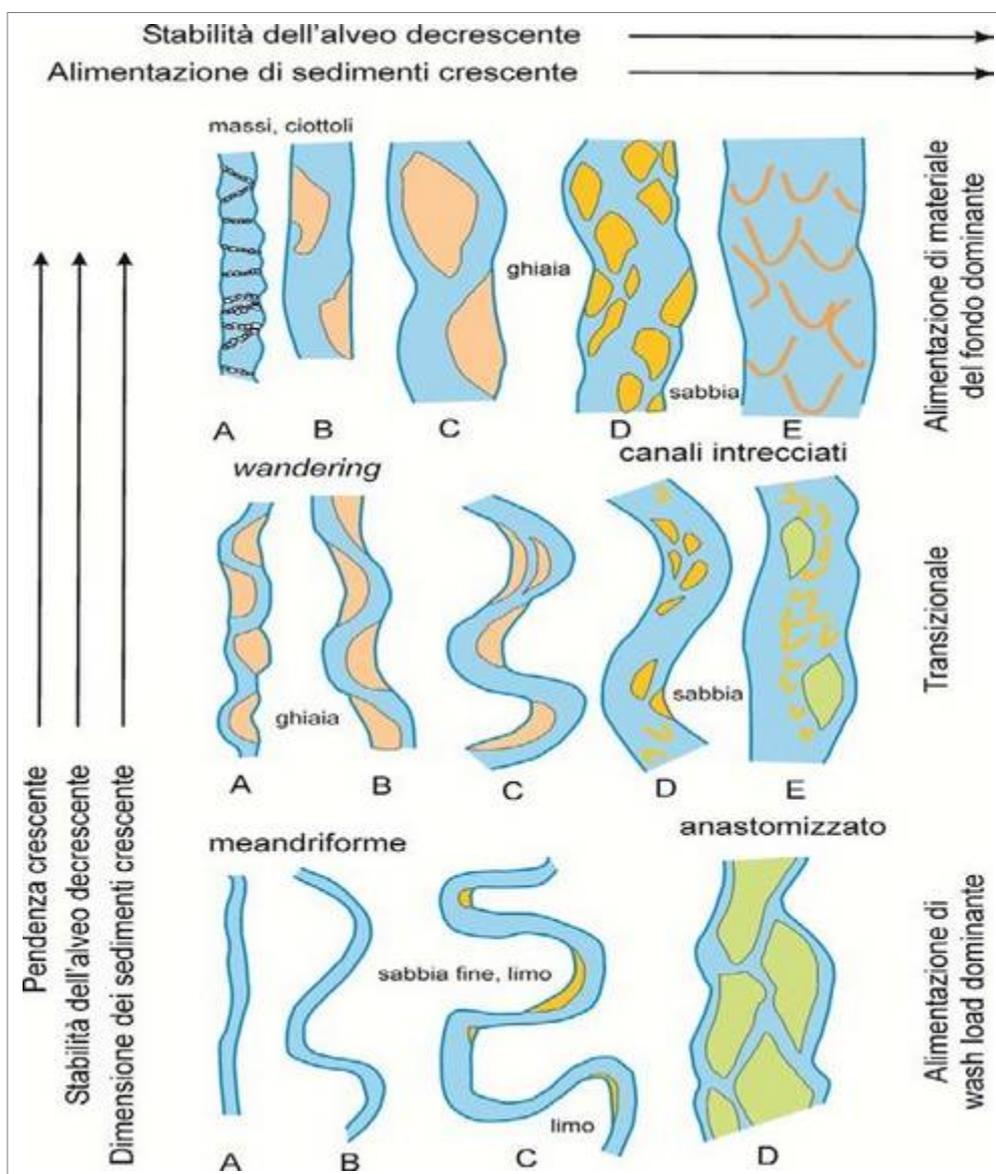


Fig.5.3 - Classificazione dei corsi d'acqua non confinati (in IDRAIM; 2016)

## **Analisi del deflusso superficiale**

Nei processi morfodinamici di versante risulta essenziale l'analisi del deflusso superficiale. Il deflusso superficiale rappresenta la fase dinamica delle precipitazioni tra l'arrivo al suolo e l'intercettazione delle acque meteoriche in un corso d'acqua.

Il processo di versante che interessa il deflusso superficiale risulta fondamentale per comprendere le cause scatenanti i dissesti franosi e d'erosivi, comprenderne la dinamica quindi contribuisce in modo determinante per le progettazioni di difesa del suolo.

Il deflusso superficiale si può classificare in base all'andamento relativo alla coerenza della direzione (fig.5.4):

### *Divergente (D):*

Deflusso divergente da una sommità morfologica o un elemento lineare, una dorsale. In queste aree si rilevano forti erosioni del suolo fino ad arrivare al substrato. Tipica modalità di erosione è costituita dall'impatto (splash erosion), erosione dovuta all'impatto diretto delle gocce di pioggia sul suolo

### *Parallelo (P):*

Deflusso lungo il versante in modo parallelo generando una erosione laminare (sheet erosion) il ruscellamento superficiale genera una sottile lama d'acqua che provoca una erosione areale sul versante. Il persistere di questo fenomeno su terreno argillosi causa le tipiche deformazioni plastico-viscose rappresentate dalle ondulazioni sul versante, su terreni sabbiosi estese frane superficiali di tipo traslativo.

### *Convergente(C):*

Il deflusso converge verso un'area per poi concentrarsi in una linea di drenaggio. L'evoluzione erosiva comincia per rigagnoli (rill erosion), l'acqua comincia a scorrere in linee sub-parallele di scorrimento preferenziale (ruscellamento concentrato) formando dei rigagnoli (dimensioni decimetriche). Successivamente l'erosione evolve generando fossi (gullies erosion), l'approfondimento progressivo dei rigagnoli produce una incisione a solchi che tendono ad approfondirsi e ramificarsi.

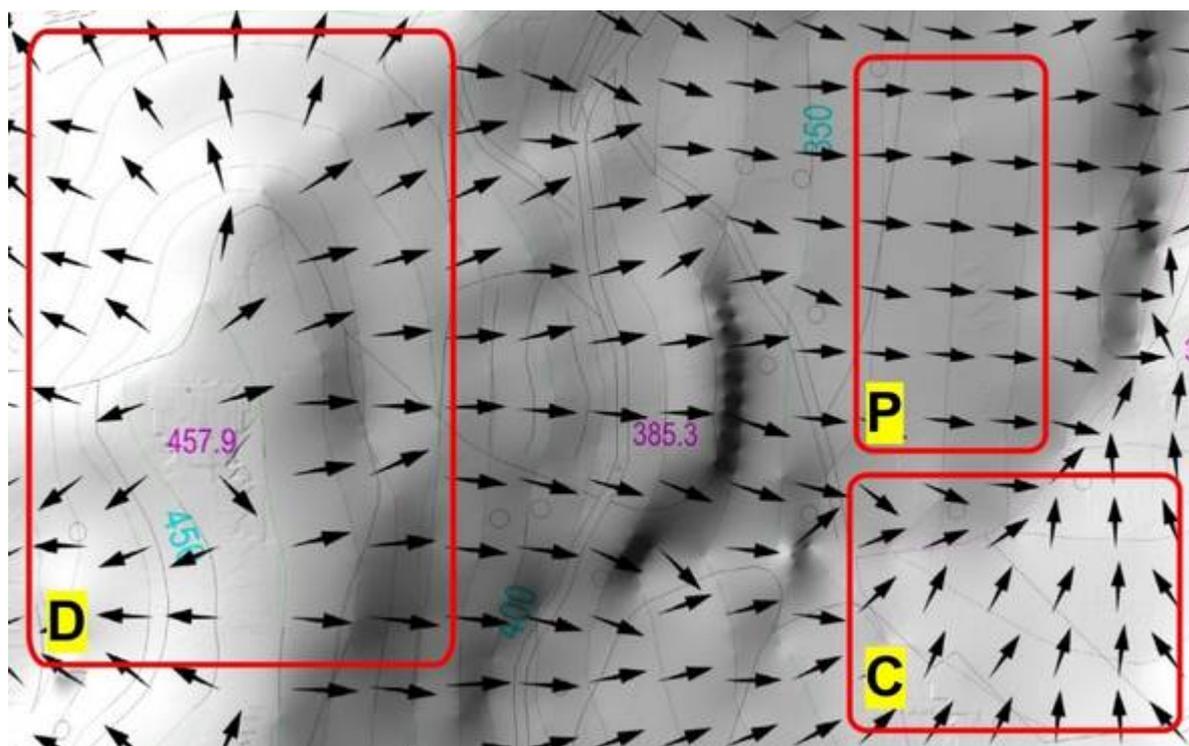


Fig. 5.4 – Comune di Urbino - (Lav. priv. Dignani, 2017)

Una ulteriore analisi per definire i deflussi idrici superficiali è l'individuazione per mezzo di cartografie digitali, delle forme di versante con deflusso idrico superficiale divergente (D) e flusso convergente (C) (Fig.5.5).

L'analisi della variazione della forma di versante lungo direzione di massima pendenza descrive morfologie di versante convesse verso l'alto che indicano un deflusso idrico sostenuto con dinamiche di erosione del suolo sulla superficie, e morfologie di versante concave verso l'alto che invece indicano un deflusso ridotto con possibilità di ristagno idrico sulla superficie e conseguenti fenomeni di infiltrazione idrica nel sottosuolo. (Fig.5.6)

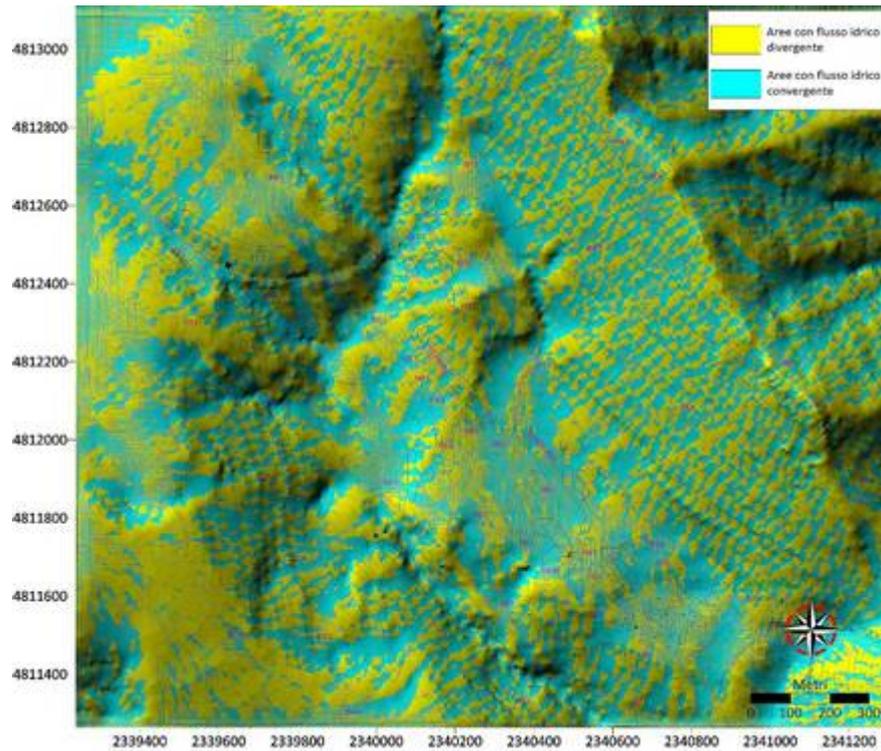


Fig. 5.5 – Da *The Landslide-Dammed Paleolake Of Montelago (North Marche Apennines, Italy): Geomorphological Evolution And Paleoenvironmental Outlines*. (Savelli et al. 2013, modificato da A. Dignani)

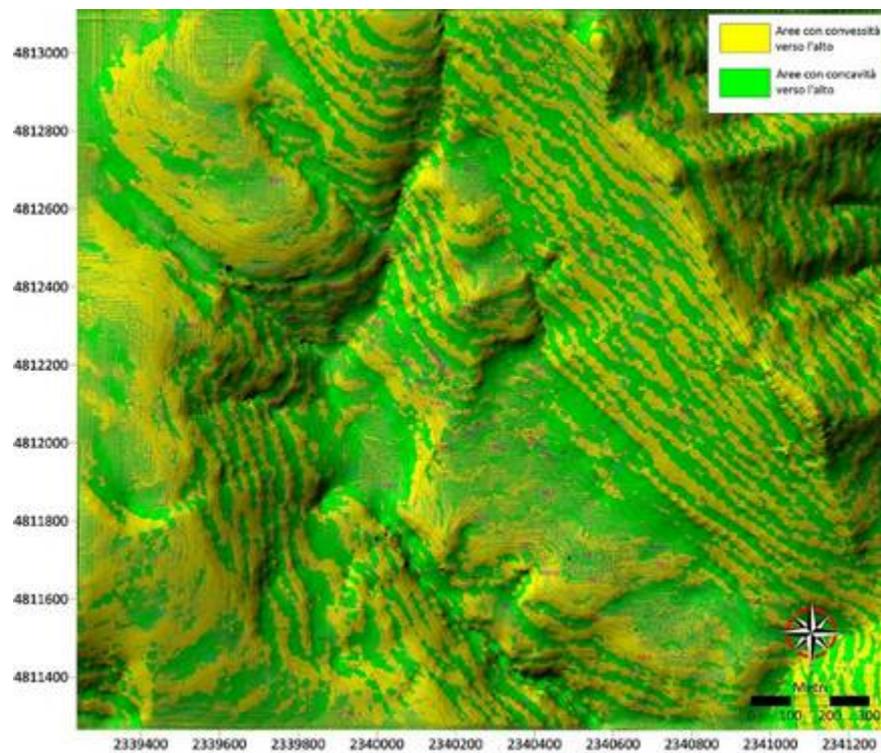


Fig. 5.6 – Da *The Landslide-Dammed Paleolake Of Montelago (North Marche Apennines, Italy): Geomorphological Evolution And Paleoenvironmental Outlines* (Savelli et al. 2013, modificato da A. Dignani)

Le analisi del reticolo risultano necessarie per programmare gli interventi progettuali all'interno di un bacino idrografico in modo congruo secondo le vulnerabilità del territorio, in questo modo l'azione progettuale concretizza la messa in sicurezza del dissesto attraverso la prevenzione per mezzo della sostenibile gestione delle acque superficiali.

La sintesi analitica delle indagini per la progettazione degli interventi di difesa del suolo è rappresentata dalla analisi sovrapposte, tra il reticolo idrografico, il deflusso superficiale e il dissesto, secondo la sua classificazione di pericolosità e quindi della tipologia del dissesto in esame. (Fig. 5.7).

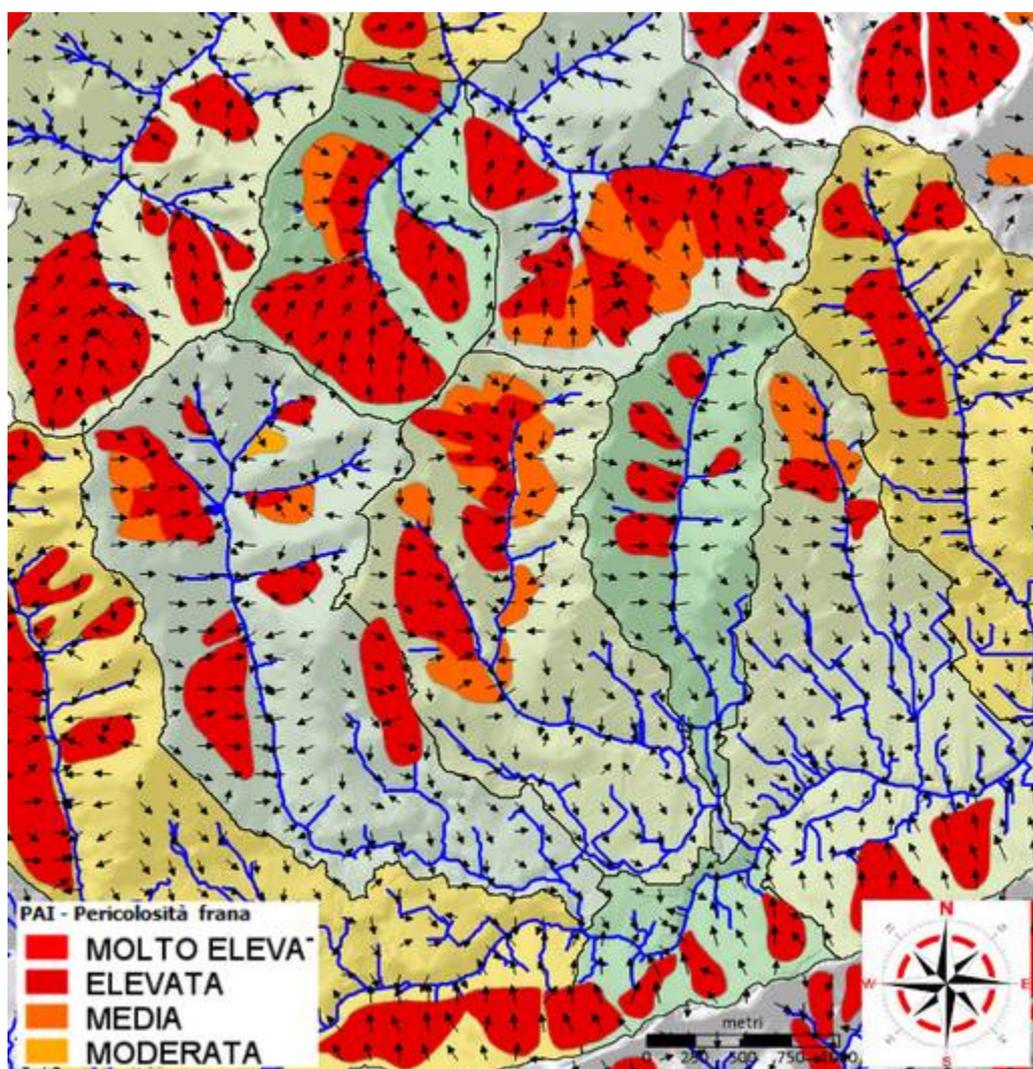


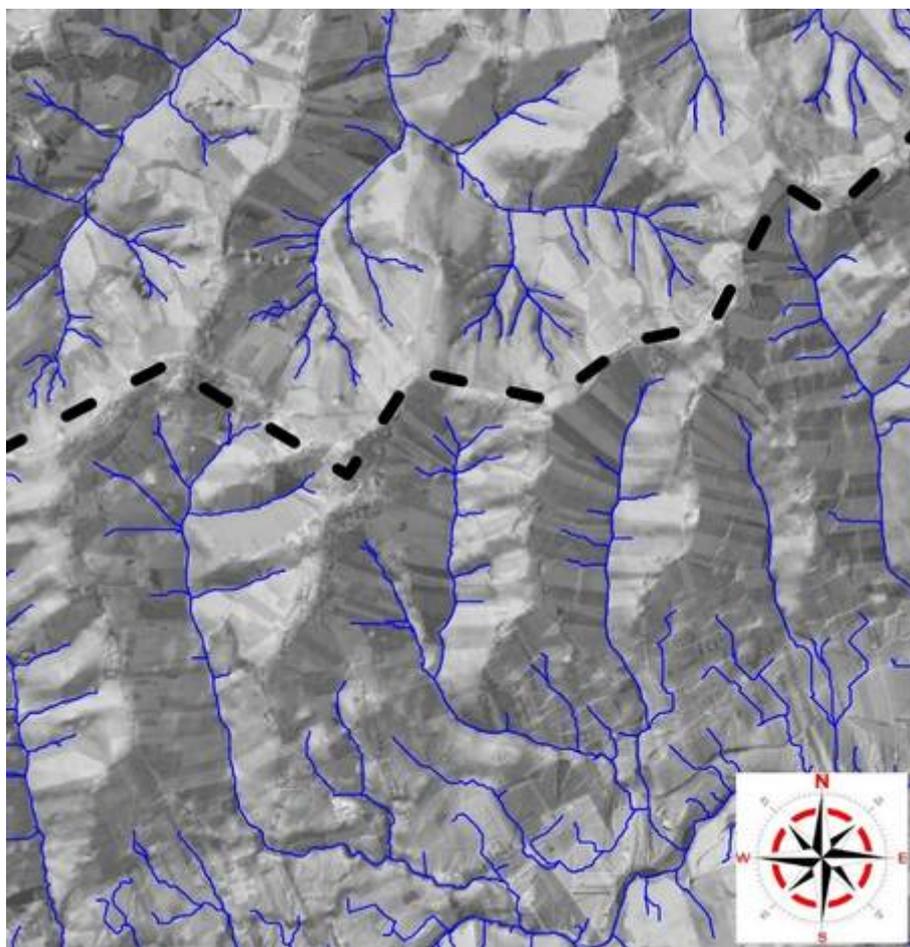
Fig. 5.7 - Da Variante Generale Piano Regolatore Comunale Santa Maria Nuova - Analisi del Sottosistema geologico-geomorfologico (Dignani, 2016, modificato)

## **Ricostruire il reticolo idrografico**

Il territorio, nel corso degli ultimi decenni, ha subito significative trasformazioni, di uso del suolo, della copertura della vegetazione, della gestione delle acque superficiali e profonde.

Per una gestione innovativa e sostenibile del territorio risulta necessario progettare un nuovo sistema di gestione delle acque superficiali. Il ripristino di un reticolo idrografico, restaurando il precedente o creandone uno nuovo, soddisfa l'esigenza di una sostenibile gestione delle acque superficiali per la messa in sicurezza del territorio.

Il primo approccio, il ripristino del reticolo consiste, nel riattivare /ricostruire il vecchio reticolo attraverso l'analisi delle cartografie storiche (IGM, volo GAI, Ortofoto, foto satellitari) in comparazione con le attuali cartografie (Foto 5.8)



*Fig. 5.8 – Analisi del reticolo con Ortofoto 1988 (Da Variante Generale Piano Regolatore Comunale Santa Maria Nuova - Analisi del Sottosistema geologico-geomorfologico, A. Dignani, 2016, modificato)*

Un secondo approccio è rappresentato dalla realizzazione di un nuovo reticolo elaborato/creato per mezzo della cartografia digitale secondo diversi livelli di dettaglio (Fig.5.9)

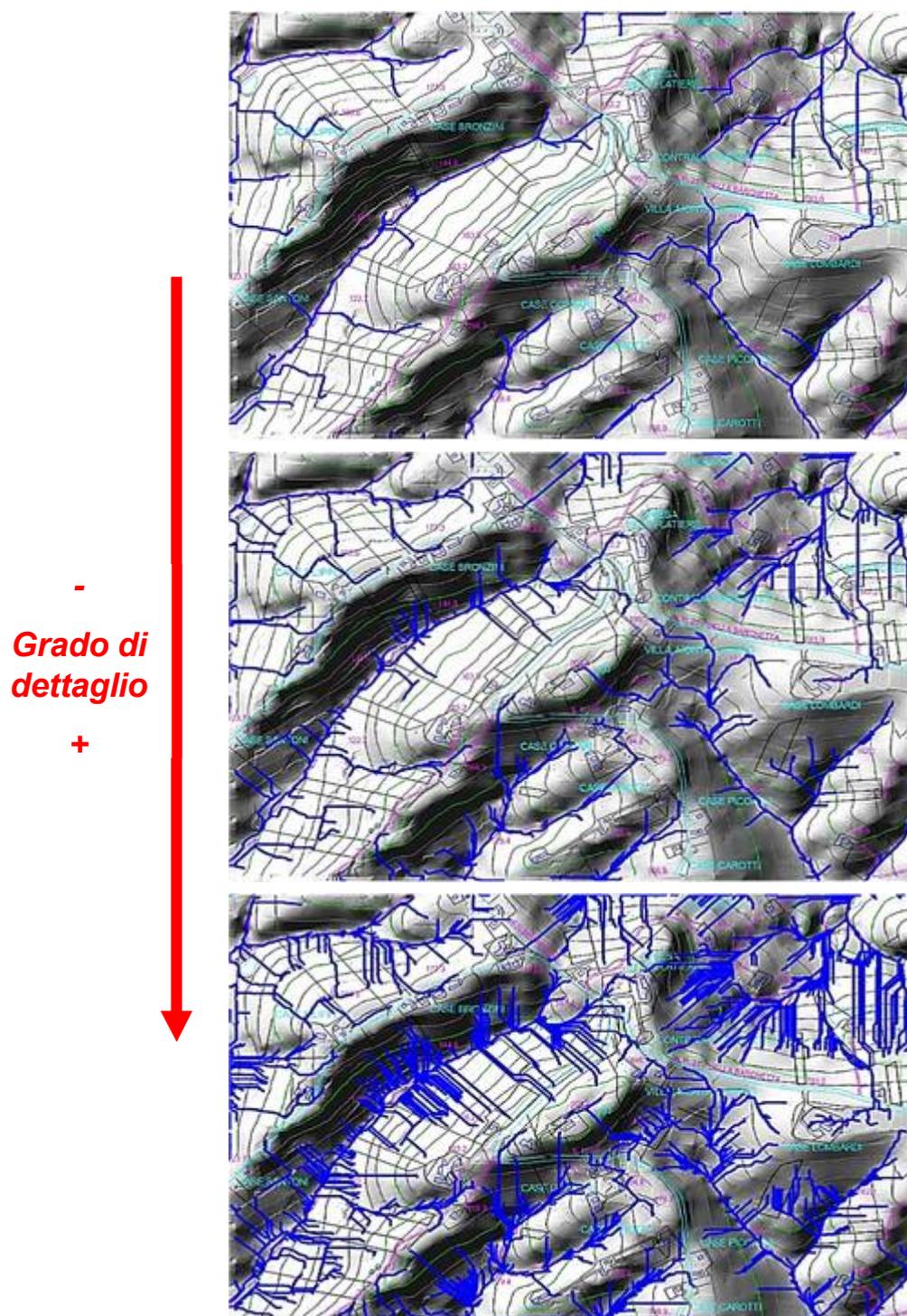


Fig.5.9 – Analisi Geomorfologica - Comune di Jesi (lav. priv. Dignani,2018)

## Progettare la difesa Morfologica e la difesa Idraulica – L'analisi

Per calibrare adeguatamente i progetti di sistemazione del reticolo idrografico minore sulla base dei prevalenti processi geomorfologici, dobbiamo distinguere i corsi d'acqua in fossi di versante (rill e gullies) e fossi/torrenti di pianura alluvionale (Fig.5.10). I primi si presentano generalmente con significative pendenze, sono a bassa sinuosità o rettilinei, I fossi di pianura alluvionale sono generalmente affluenti dei corsi d'acqua principali hanno una pendenza non elevata, la sinuosità è significativa in prossimità delle zone pianeggianti, presentano diffuse alterazioni antropiche, a volte sono ampie le zone a vegetazione ripariale.

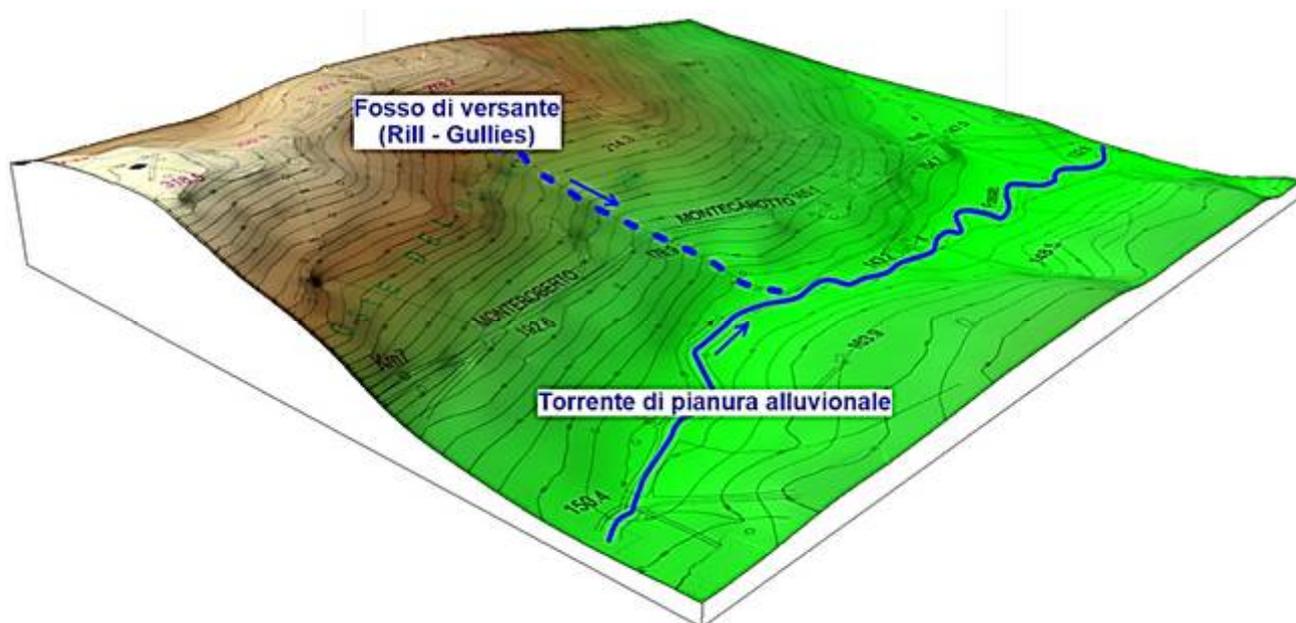


Fig. 5.10 – da Sistemazione dei fossi e dei torrenti con le tecniche di Ingegneria Naturalistica (Dignani,2013)

I fossi di versante, per le particolari morfologie, sono soggetti a portate estremamente variabili e stagionali, l'acqua scorre con notevole velocità e quindi con alta capacità erosiva, l'alveo si presenta stretto ed approfondito con frane di sponda che possono ostruire la sezione.

Una analisi preliminare alla progettazione consiste nel calcolo della pendenza del fosso.

Il calcolo si può effettuare con rilievo topografico GPS-RTK oppure per mezzo di cartografie digitali (Fig.5.11), in modo cautelativo si possono definire le classi di pendenza sulla base della criticità di instabilità morfologica: 5°-15° moderatamente critica; 15°-30° critica; >30° molto critica (Fig.5.12).

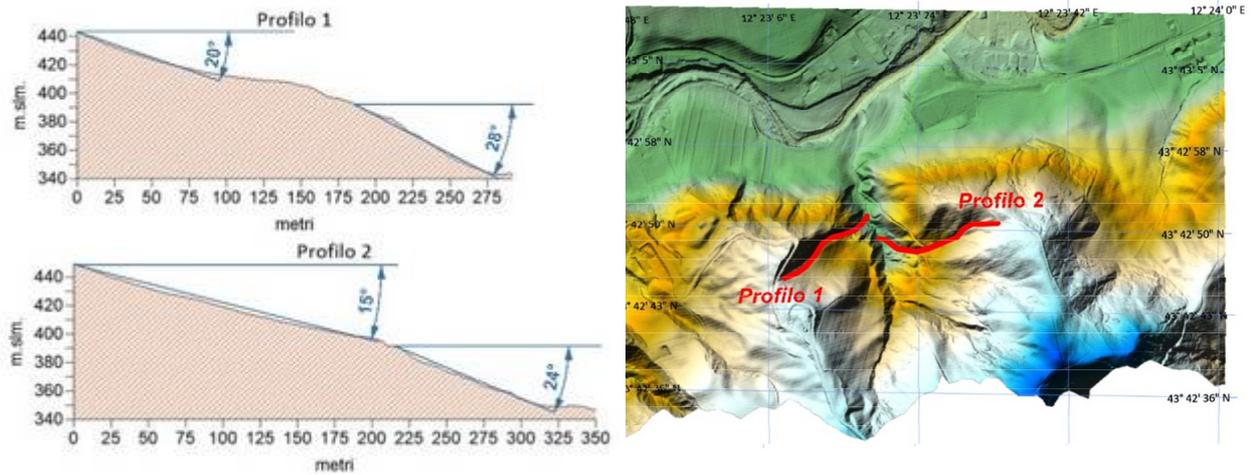


Fig.5.11 Analisi Geomorfológica - Fiume Foglia (lav. priv. Dignani, 2017)

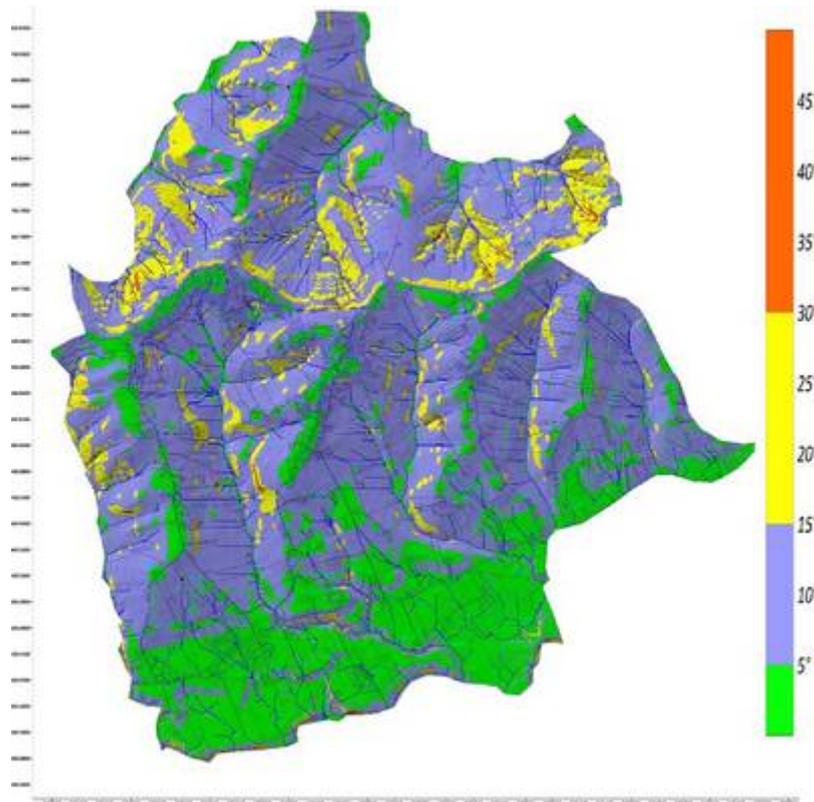


Fig.5.12 - Da Variante Generale Piano Regolatore Comunale Santa Maria Nuova - Analisi del Sottosistema geologico-geomorfologico. (Dignani, 2016, modificato)

Una ulteriore analisi di caratterizzazione riguarda la definizione microclimatica, da sviluppare per la gestione della vegetazione nel reticolo idrografico, è rappresentata dallo studio della

esposizione morfologica rispetto ai quadranti azimutali (Fig. 5.13) e l'analisi delle direzioni e delle velocità dei venti (Fig. 5.14).

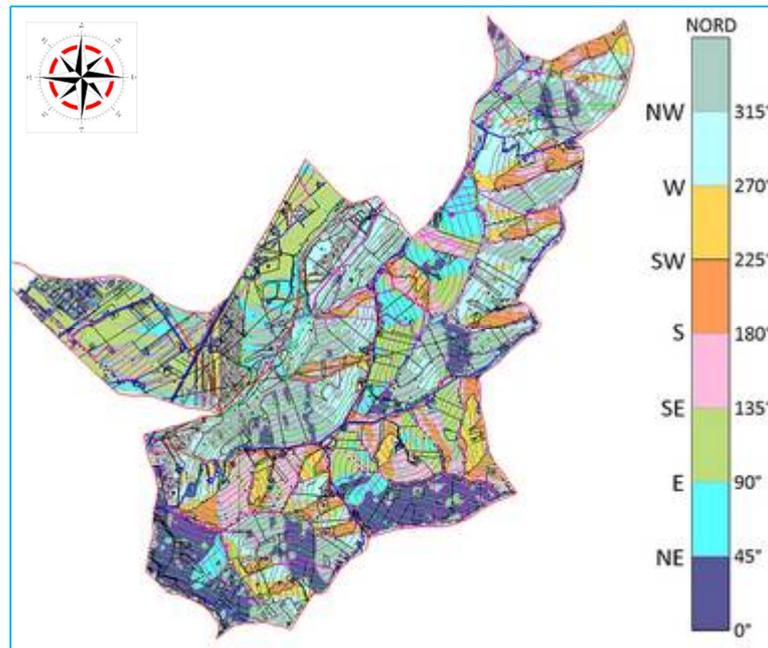


Fig.5.13 – Carta delle esposizioni azimutali

(da Relazione Bando Accordo Agro Ambientale Comune di Jesi, Riserva Ripa Banca, 2019)

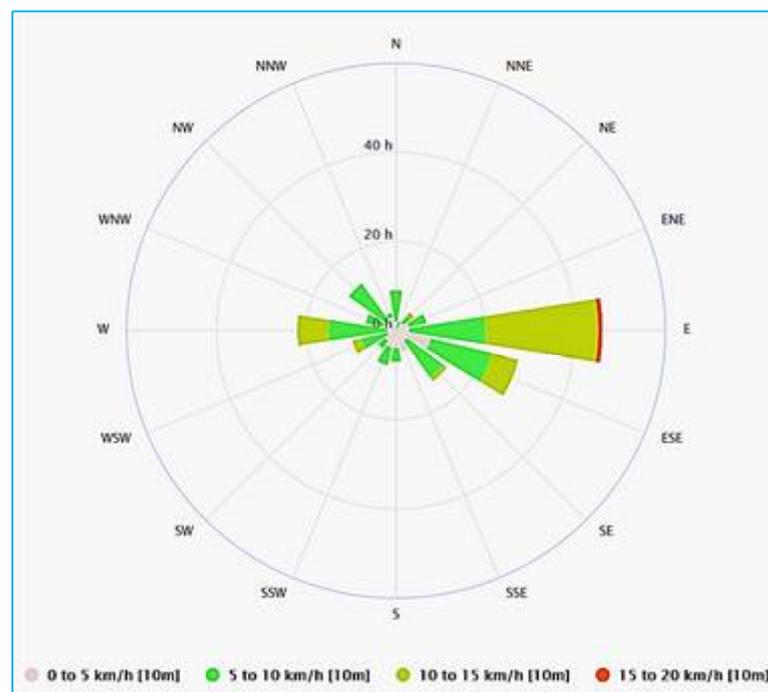


Fig.5.14 – Diagramma a Rose direzione - velocità del vento (lav. priv. Dignani, 2015)

Nelle scelte progettuali per la difesa morfologica dei fossi e torrenti il fattore che maggiormente condiziona la messa in sicurezza è la pendenza del torrente. Il parametro che riassume le condizioni di pendenza e quelle di scabrezza (granulometria, presenza di vegetazione) è la velocità della corrente idrica. La velocità può essere determinata con misura in sito per mezzo di Correntometro (Fig.5.15), oppure con simulazioni con software idraulici, il valore determinato è utilizzato per avere una prima valutazione per le possibili soluzioni progettuali (Fig.5.16).



Fig.5.15 – Analisi velocità idrica in un torrente con Correntometro (da [www.geostudiodignani.it](http://www.geostudiodignani.it))

Velocità della corrente		>6 m/s	Da 3 a 6 m/s		<3 m/s	
Diametro medio trasporto solido		Tutti i diametri	>20 cm	Da 5 a 20 cm	Da 1 a 5 cm	<1 cm
Natura del fondo		Ghiaia, ciotoli, massi	Ghiaia e ciotoli		Sabbia, ghiaia	Limo, sabbia
Tipologia interventi	<b>Stabilizzazione versanti</b>	A			/	/
	<b>Rivestimento/consolidamento sponde</b>	B	C	D	E	/
	<b>Modifiche morfologia corso d'acqua</b>	/	F	F	G	H
	<b>Rinaturazione e ricostruzione biotopi umidi</b>			Parziale	Buona	Ottimale
	<b>Provvedimenti uso faunistico</b>	L		M	M	/

#### Legenda

- A = cordonata, cuneo filtrante, fascinata, gabbionata, geocella a nido d'ape, gradonata, grata viva su scarpata, materasso verde, messa a dimora di arbusti, messa a dimora di talee, muro cellulare rinverdito, palificata viva, palizzata, rivestimenti in rete metallica e stuoia, semina, semina potenziata, stuoie su versante, viminata;
- B = blocchi incatenati, muro a secco rinverdito, muro cellulare rinverdito, opere rigide in cls, gabbionata spondale rinverdita;
- C = B + rampa a blocchi;
- D = gabbionata spondale, materasso rinverdito, muro cellulare rinverdito, palificata viva spondale, pennello vivo;
- E = biostuoia, biofiltro, blocchi incatenati, copertura diffusa con ramaglia viva, fascinata viva, gabbionata rinverdita, geocomposito in rete metallica e geostuoia tridimensionale, geostuoia tridimensionale sintetica bitumata, geostuoia tridimensionale sintetica, gradonata viva, grata viva, graticciata di ramaglia, materasso rinverdito, messa a dimora di talee legnose, muro a secco rinverdito, muro cellulare rinverdito, palificata viva, pennello vivo, piantagione di arbusti, rampa a blocchi, ribalta viva, rulli spondali, semina, idrosemina, semina a spessore, terre rinforzate verdi, trapianto di cespi e rizomi, traversa viva, viminata viva;
- F = ampliamento sezione, casse di espansione;
- G = F + recupero vecchi meandri;
- H = G + impaludamento area foce;
- L = rampa a blocchi;
- M = L + scale di risalita.

Fig.5.16 – da Linee guida alla progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nelle Marche (AIPIN Marche, 2010)

Nella difesa morfologica delle sponde, sia dei fossi diversante che dei torrenti di pianura alluvionale, risulta necessaria una analisi stratigrafico-geotecnica per la progettazione degli interventi di messa in sicurezza.

L'indagine stratigrafico-geotecnica deve innanzitutto verificare il rapporto tra coltre e substrato, deve poi parametrizzare le proprietà geomeccaniche del terreno della sponda.

In considerazione delle particolari condizioni morfologiche gli strumenti di indagine dovranno essere particolarmente adatti al trasporto su sentieri.

Come strumentazione si consiglia, per l'analisi sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectra Ratio) anche in modo congiunto con la MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) con Tromino 3G (profondità di indagine decine di metri), il Penetrometro Statico a spinta manuale (prof. indagine 1.8 m.), lo Scissometro MOD. S100 da cantiere con prove in foro (prof. indagine 0.75 m). (Fig.5.17).

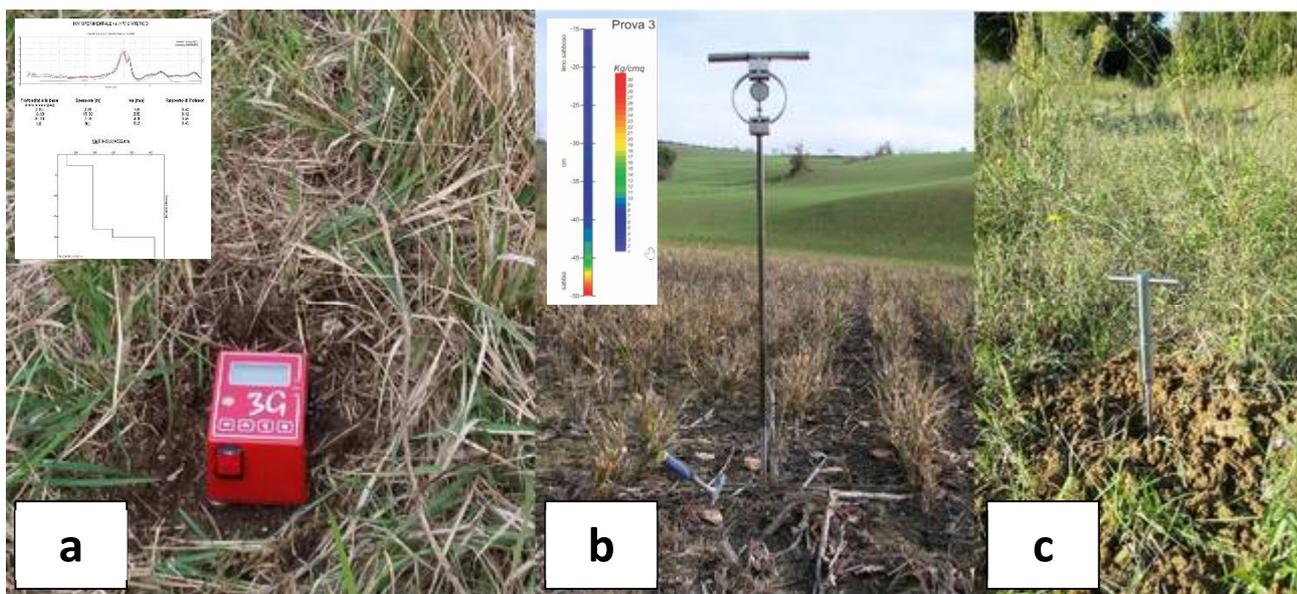


Fig.5.17 – a) Tromino; b) Penetrometro Statico a spinta manuale; c) Scissometro (da [www.geostudiodignani.it](http://www.geostudiodignani.it))

Le sponde si presentano spesso denudate di vegetazione, su un alveo approfondito, in un complessivo stato geotecnico precario predisposto, in occasione di una piena, ad una prossima instabilità con conseguente franamento in alveo.

Come visto in precedenza, anche in questi casi si presentano le medesime condizioni per le analisi di stabilità di scarpata fluviale.

Anche in questi casi avremo tre tipi di superficie per l'instabilità spondale: franamento con superficie di distacco a geometria circolare (A), a geometria spirale logaritmica (B), a linea retta o poligonale ad alto angolo (C) (Fig. 5.18).

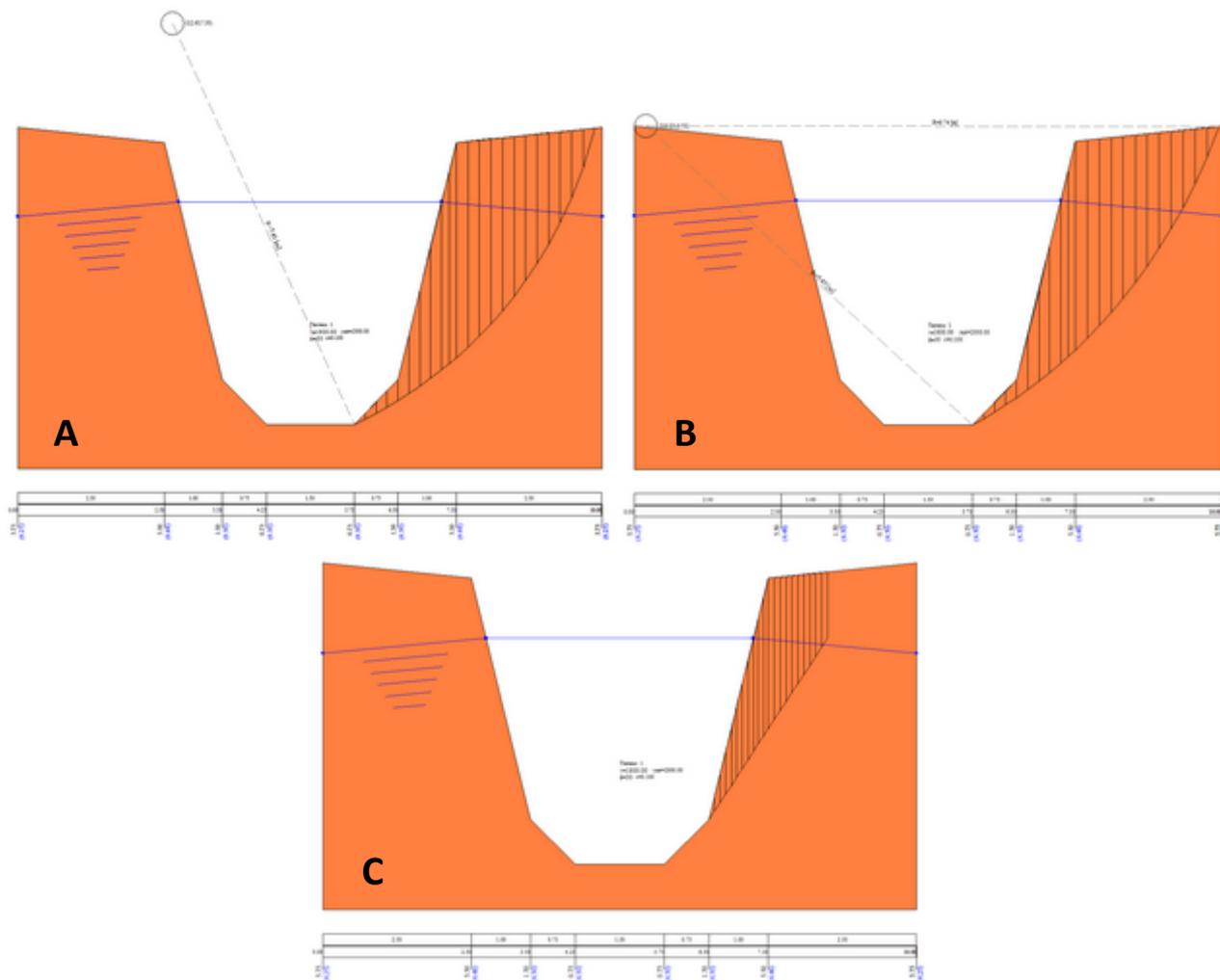


Fig. 5.18 – Analisi di stabilità di sponda. Comune di Osino (lav. priv. Dignani, 2018)

Generalmente le frane di sponda con superfici circolari e spirale logaritmica di generano su terreni omogenei granulometricamente medio fini (sabbie, limi) mentre quello a linea retta o poligonale ad alto angolo su sponde altre con granulometria grossolana (ghiaia) con presenza di fratture di decompressione nella zona sommitale.

La stabilità di una sponda viene verificata con il metodo dell'equilibrio limite che consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata

secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:  $F = \tau_f / \tau$

I metodi dell'equilibrio limite, a causa della non omogeneità dei terreni, dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.) (Fig.5.19).

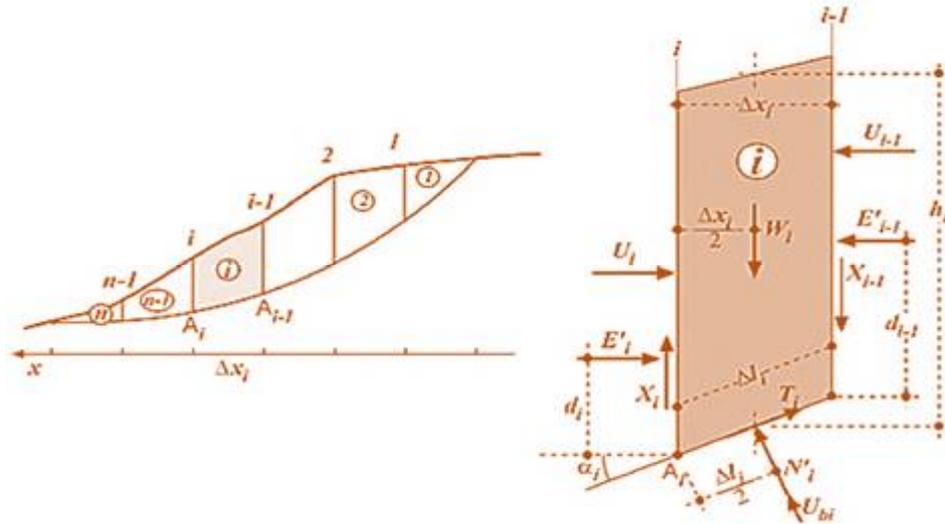


Fig. 5.19

I casi che si possono affrontare con il metodo dell'equilibrio limite descrivono situazioni con comportamento geotecnico sostanzialmente omogeneo della sponda.

Nei casi di sponde che presentano stratificazioni con notevole differenza in reazione erosiva, i meccanismi di arretramento seguono i processi geotecnici controllati della resistenza della singola porzione di strato (fig.5.20).

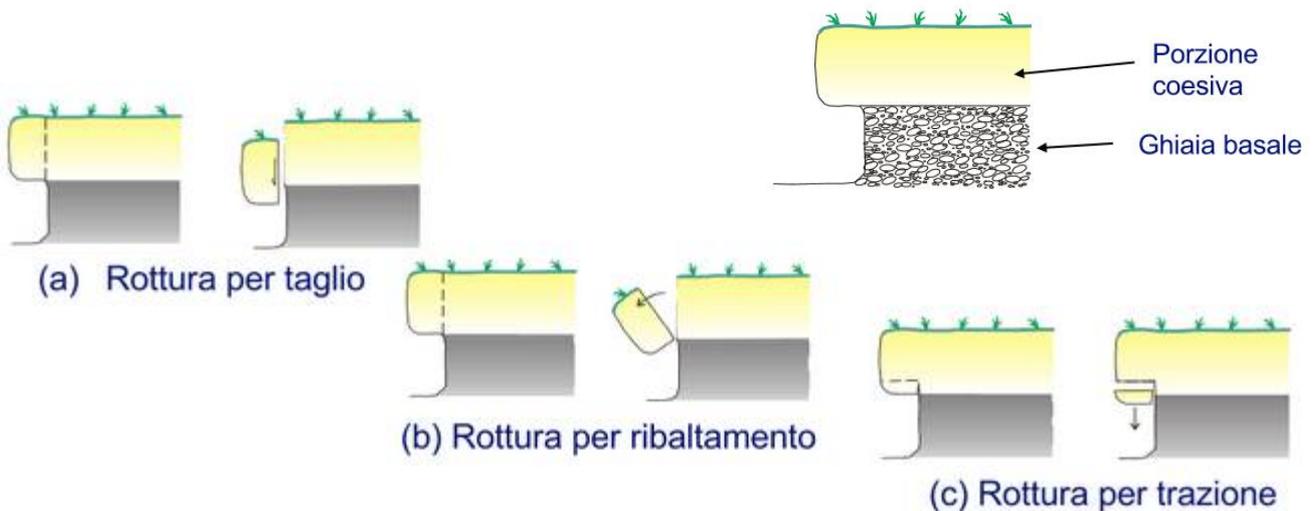


Fig. 5.20 – (Rinaldi, 2012)

### Progettare la difesa Morfologica e la difesa Idraulica - Gli interventi

Per la messa in sicurezza dei fossi e torrenti si vuole evidenziare, l'importanza della copertura della vegetazione nella stabilizzazione delle scarpate. La presenza delle piante, in particolar modo degli apparati radicali, impedisce l'incremento delle pressioni interstiziali durante le piene, aumenta la coesione (c) del terreno, aumenta la resistenza disponibile nelle superfici di potenziale scivolamento, abbassa il livello freatico (Fig. 5.21).

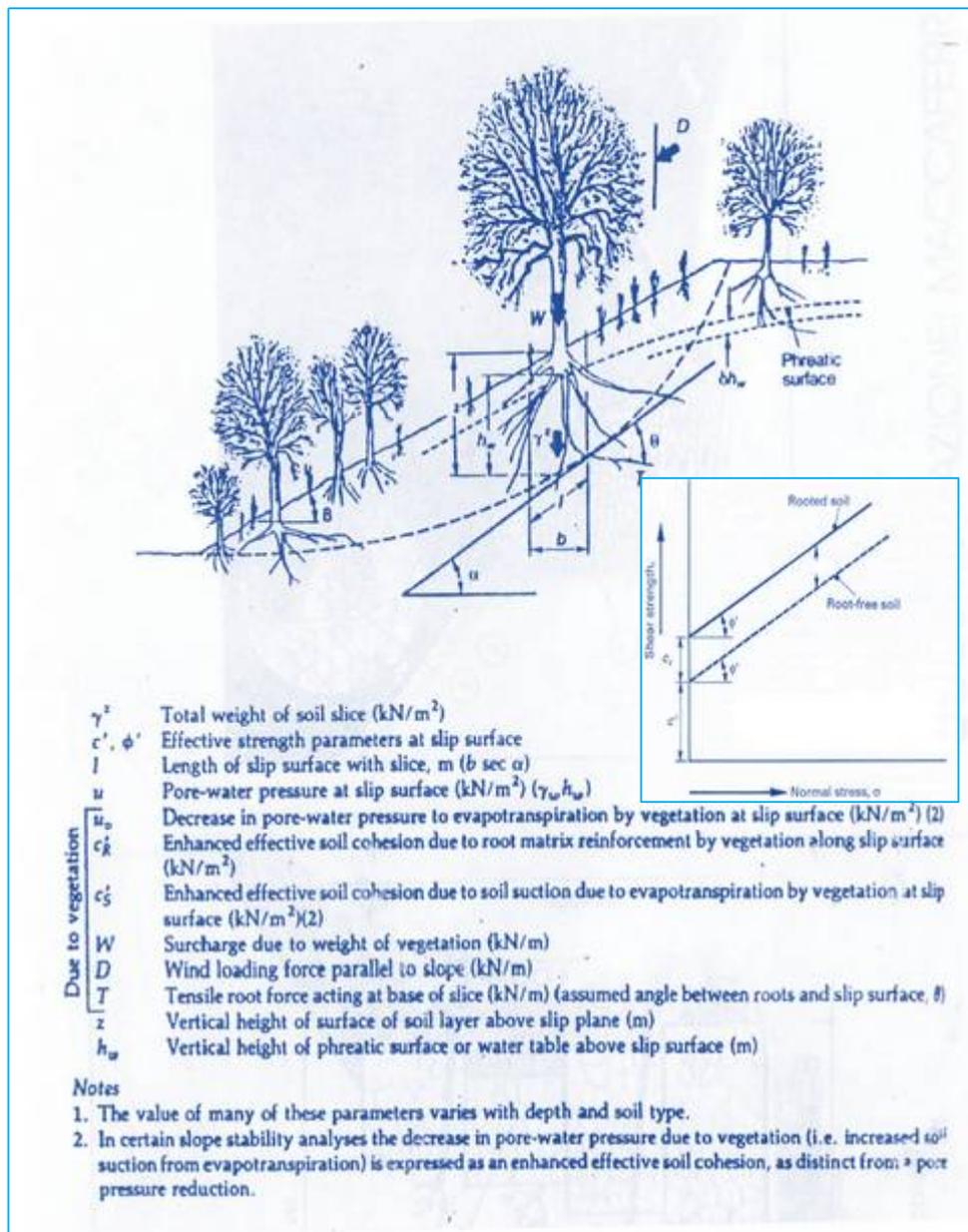


Fig. 5.21 – Da Coppin & Richards (in Corso di Specializzazione Elementi di Geologia per Ingegneria Naturalistica - Bolzano, 1997)

Per i processi di infiltrazione idrica verticale per la tutela delle sponde e scarpate fluviali, è rappresentato il progetto per la realizzazione di una fascia inerbita di 10 metri dal ciglio di scarpata, nella Riserva Ripa bianca, progetto realizzato attraverso il PSR Misura 12, (Belfiori, 2018).

Il progetto nasce al fine di incrementare la disponibilità di siti di alimentazione e riproduzione per le specie faunistiche legate agli agroecosistemi, va creata all'interno delle aree coltivate, una fascia inerbita di 10 m di ampiezza (Fig.5.23).

Nella gestione delle fasce si dovranno rispettare i seguenti criteri:

- seminare le seguenti essenze: miscuglio di trifogli (*Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L.), medica (*Medicago sativa* L.), lupinella (*Onobrychis viciifolia* Scop.), sulla (*Hedysarum coronarium* L.) e colza (*Brassica napus* L. v. *oleifera* DC.);
- sfalciare la superficie inerbita una sola volta nell'anno, dopo il 31 luglio di ogni anno;
- non ottenere alcuna produzione agricola dalle superfici inerbite, compreso l'utilizzo diretto con il pascolo;
- divieto di diserbo chimico e di utilizzo dei fanghi di depurazione.

Il progetto ha coinvolto i proprietari e conduttori dei terreni agricoli all'interno della Riserva Naturale Ripa Bianca (Fig. 5.22)

Lunghezza	Indennizzo	Superficie minima azienda			Realizzazione 26/05/2018	05/10/2018
3406	4427.8	22.139	tel/amil	UPA	SI	SI
299	388.7	1.9435	tel/mail		??	SI
821	1067.3	5.3365	mail		NO	NO
1038	1349.4	6.747	mail		Lasciata la fascia incolta ma non seminata	NO
913	1186.9	5.9345	tel/mail	UPA	NO	NO
2441	3173.3	15.8665	??		??	NO
1532	1991.6	9.958	tel/mail	Coldiretti	SI	SI
384	499.2	2.496	tell	CIA	SI	SI
10834	14084.2	70.421				6534

Fig. 5.22



Fig. 5.23 – Da Relazione Misura 12 PSR (Belfiori, 2018)

Nei processi morfologici dei fossi di versante predominano i fenomeni erosivi, verticale e laterale, causato dalla sempre crescente velocità, andando verso valle, di scorrimento dell'acqua dal versante. Lo scopo progettuale risulta quello di diminuire la velocità, cioè la forza dell'acqua sul suolo che causa l'erosione, per questo sono da considerare l'utilizzo delle seguenti modalità tecniche di Ingegneria Naturalistica (I.N.) per la difesa morfologica (Fig.5.22):

- Riprofilatura trasversale con tecniche I.N. anti-erosive (Fig.5.24)
- Riprofilatura longitudinale con tecniche I.N. anti-erosive (Fig.5.25)
- Difesa al piede delle sponde con tecniche I.N. (Fig.5.26)
- Rivestimento rinforzato delle sponde con tecniche I.N. (Fig.5.27)
- Riqualficazione della fascia vegetazionale arboreo-arbustiva riparia

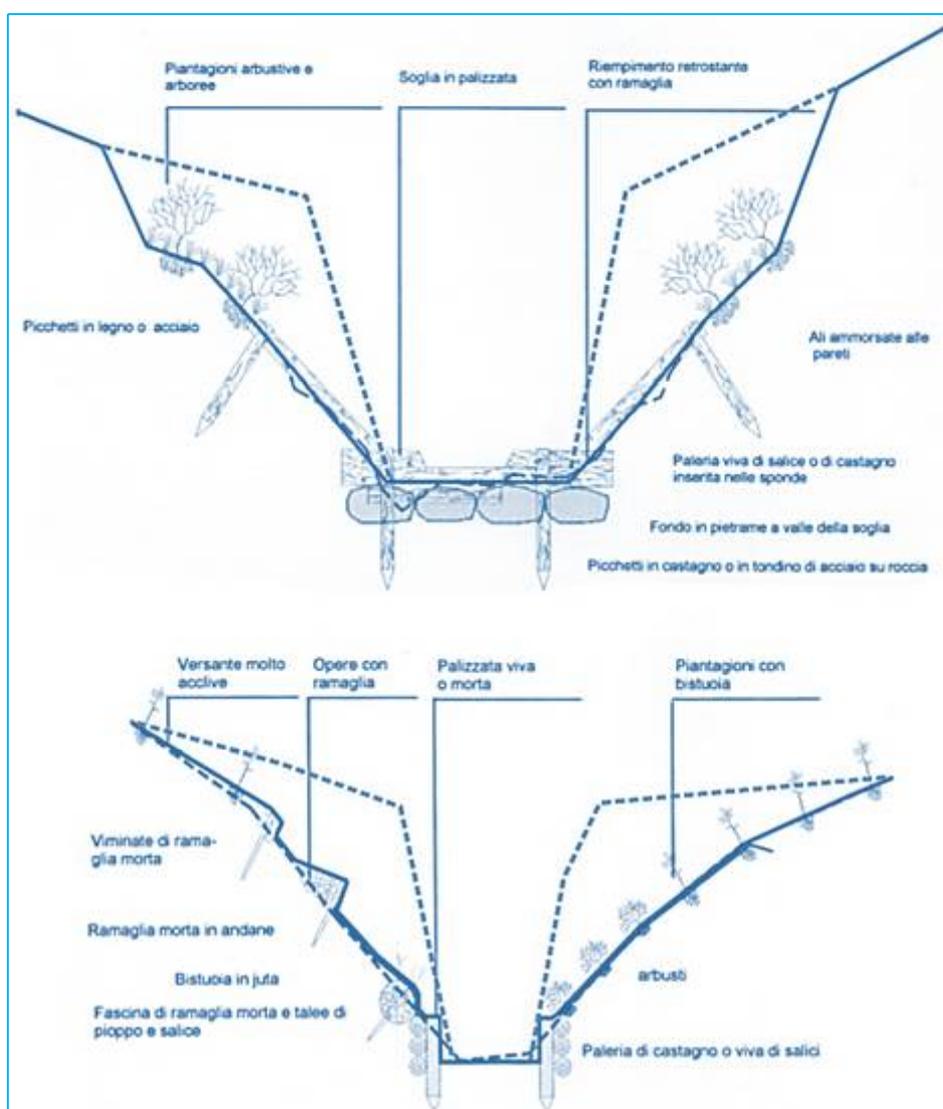


Fig.5.24 - Da Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo (Bacci, Bardi, Dignani, 2000, modificato da A. Dignani)

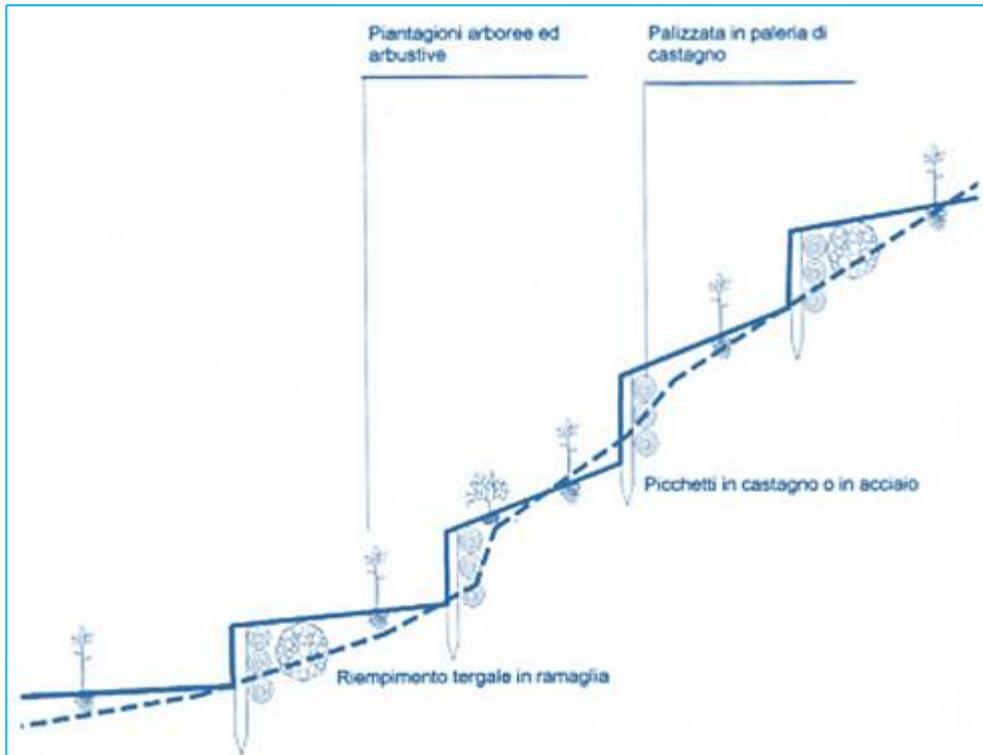


Fig.5.25 - Da Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo (Bacci, Bardi, Dignani, 2000)



Fig.5.26 - Palificata latina in Progetto di riqualificazione della scarpata fluviale con opere di Ingegneria Naturalistica - Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi – (Dignani, 2011)



*Fig.5.27 – Interventi di Ingegneria Naturalistica – Rivestimento rinforzato in juta in combinazione con Palificata Doppia Parete, da: Dal sistema aperto-integrato per il turismo sostenibile al “Parco Geomorfologico del Lago di Montelago”: la valorizzazione di un’unità di paesaggio come supporto per l’economia locale (Dignani, 2009).*

La sistemazione dei torrenti e dei fossi risulta caratterizzata dall’utilizzo coesistente delle diverse tipologie di tecniche di Ingegneria Naturalistica per la estrema variabilità delle pendenze sia longitudinali che delle scarpate. Risulta pertanto opportuno associare le tecniche di intervento in una analisi complessiva dell’intero tracciato del corso d’acqua.

Nei torrenti di pianura alluvionale la morfodinamica degli alvei risulta caratterizzata per la forte interferenza con i diversi manufatti realizzati in alveo. In queste situazioni predominano i fenomeni di instabilità di sponda, da gestire come visto in precedenza con le Tecniche di Ingegneria Naturalistica, ed i fenomeni di tracimazione di alveo, da gestire con le aree di laminazione. I torrenti di pianura alluvionale si caratterizzano per portate estremamente variabili durante l’anno, che interferiscono con i manufatti antropici come le briglie, i ponti, i guadi, di conseguenza l’assetto geomorfologico fluviale spesso si descrive come una alternanza di sovralluvionamenti (sedimentazione in alveo) ed incisioni (erosioni in alveo), rispettivamente a monte ed a valle dei manufatti in alveo.

Le analisi di monitoraggio di questi alterati assetti geomorfologici, per esempio con il supporto della geostatistica, con il censimento delle opere in alveo, si dovranno combinare con le analisi dei processi morfodinamici di alveo per ottenere una carta delle pericolosità del corso d’acqua (Fig. 5.28).

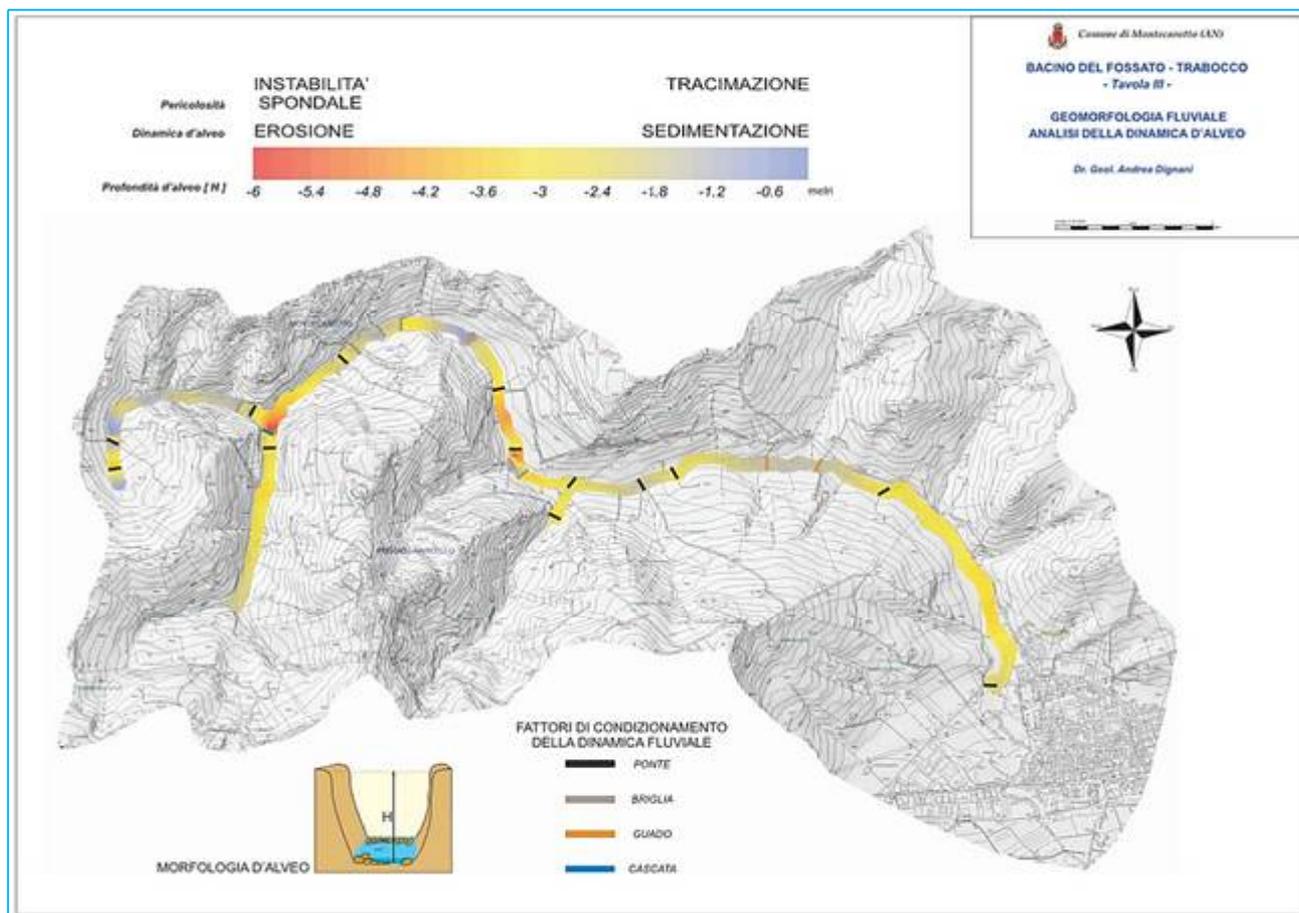


Fig.5.28 – Da Analisi geologiche, geomorfologiche, idromorfologiche del Bacino del Fossato. Comune di Montecarotto (Dignani, 2009)

Come analizzato, i manufatti in alveo determinano significativi impatti ecologici idraulici e geomorfologici, attraverso un assetto territoriale per la rinaturalizzazione fluviale, dovrebbero essere programmate la sostituzione di tali manufatti, in particolare:

- muri di cemento, attraverso la rinaturalizzazione delle sponde (Fig.5.29a),
- briglie di c.a. con rampe in pietrame (Fig. 5.29b),
- gabbionate con le difese di sponda a basso impatto ambientale (Fig. 5.30).

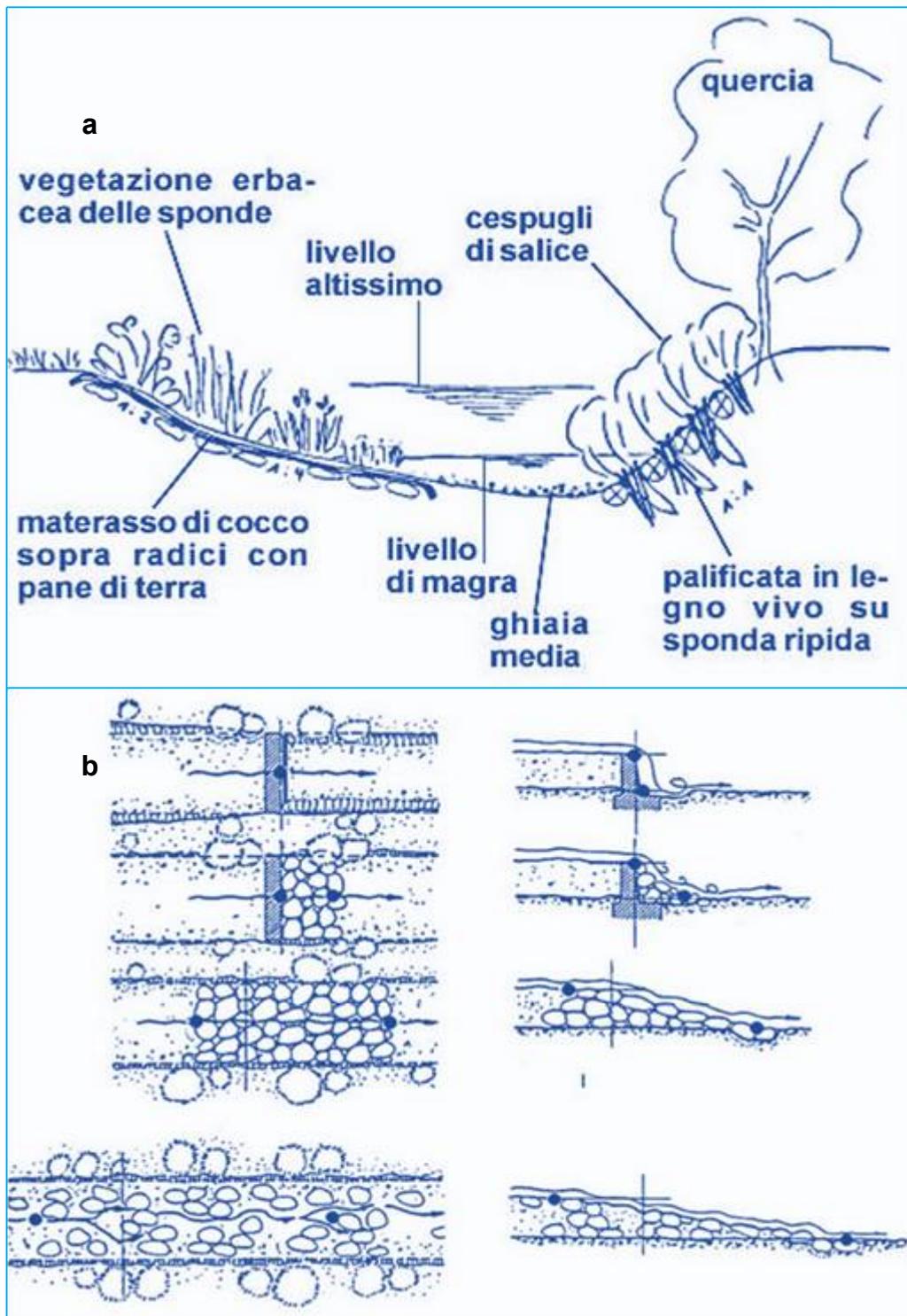


Fig.5.28 a, b – Da Sistemazione dei fossi e dei torrenti con le tecniche di Ingegneria Naturalistica (Dignani, 2013)

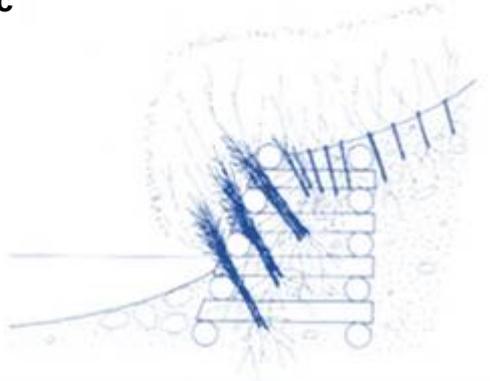
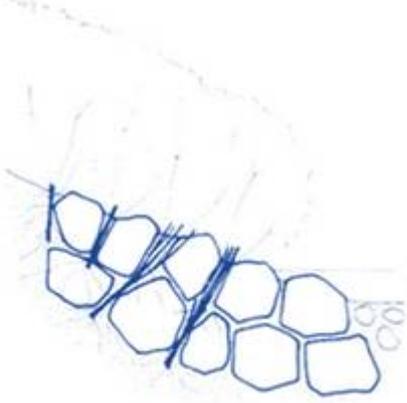
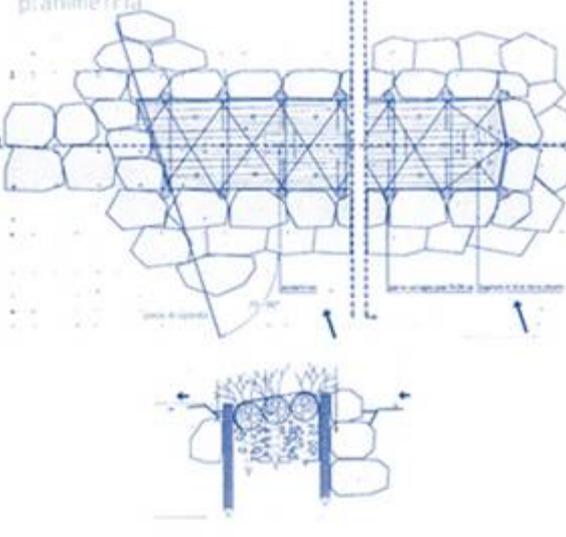
<p><b>C</b></p> 	<p><b>Palificata di sostegno doppia</b></p>	<p><u><b>Ipotesi di sostituzione della gabbionata con una palificata di sostegno doppia con una protezione al piede con scogliera rinverdita e pennelli vivi</b></u></p>
	<p><b>Scogliera rinverdita con massi di piccola pezzatura ed ampi vuoti per le talee</b></p>	
<p>planimetria</p> 	<p><b>Pennello vivo con massi di protezione</b></p> <p><u>dimensionamento:</u>  <math>D &lt; L &lt; W/4</math>  D = profondità alveo  L = lunghezza minima dei pennelli  W = larghezza alveo  <math>S_p =</math> spaziatura = 3L</p>	

Fig.5.29 – Da Indagine geomorfologica fluviale, analisi territoriale, indicazioni progettuali.

Erosione di sponda Fiume Nevola. (Dignani, 2008)

Nella gestione della difesa idraulica, i fossi ed i torrenti possono interessare abitazioni singole o piccoli centri abitati, ne consegue quindi l'esistenza di un significativo rischio idraulico, le tecniche necessarie per la difesa idraulica per singoli edifici sono rappresentate dalle arginature a coronella (Fig.5.31).



*Fig.5.30 – Argine a coronella a protezione del Centro visite della Riserva Naturale Ripa bianca di Jesi.  
(Bacci, Dignani, 1999)*

Nella difesa idraulica di sub-bacino, per la mitigazione del rischio idraulico, si potrebbero utilizzare una combinazione tra gestione delle aree di laminazione e le casse di espansione in linea (Fig. 5.32).

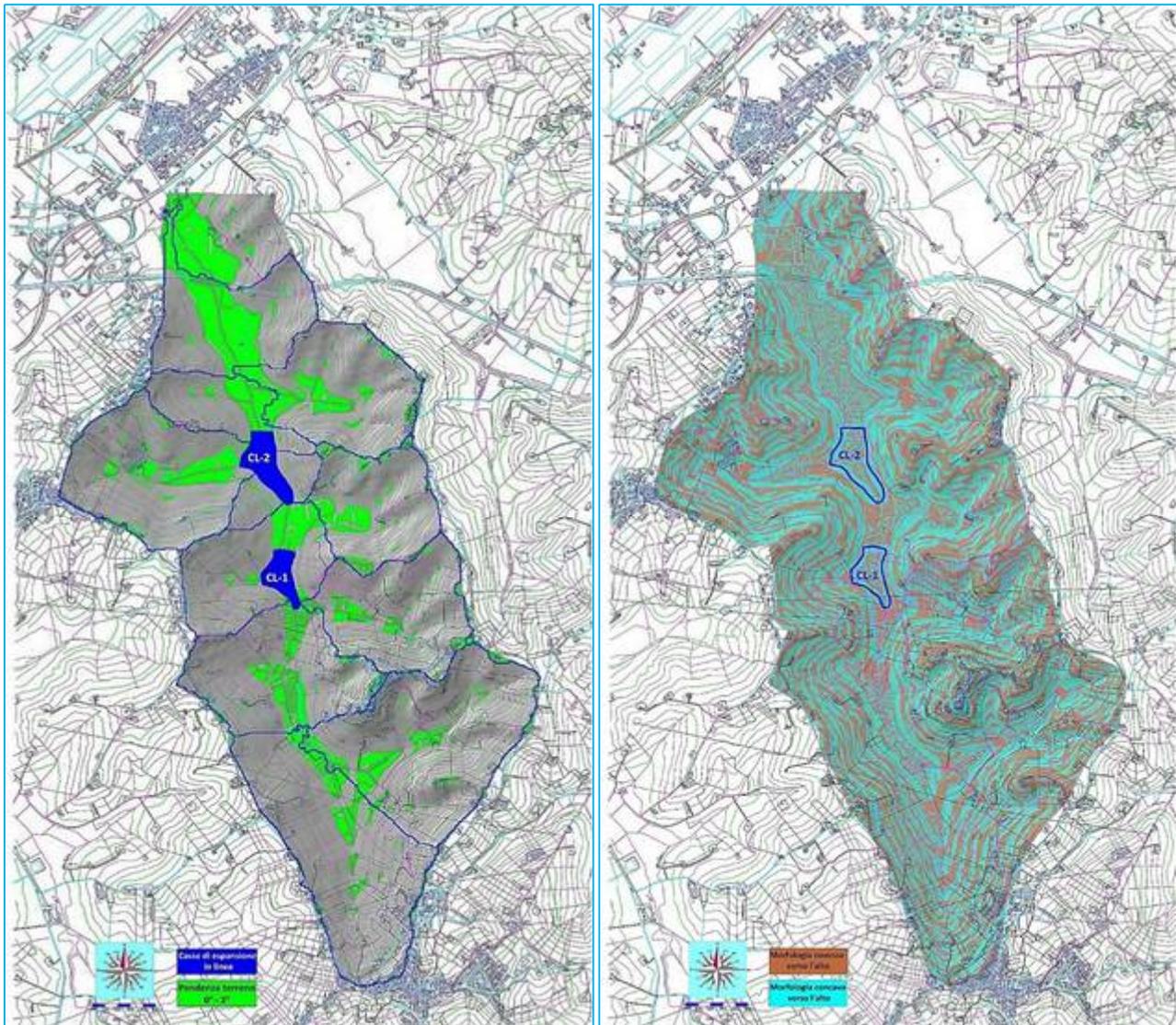


Fig. 5.32 – Analisi Geomorfologica di sub bacino – Dal Progetto Preliminare di mitigazione del rischio idraulico con casse di espansione in linea per l'abitato di Castelferretti (Falconara M-Bacino F. Esino) del Fosso dei Cannetacci, (Dignani 2010, modificato,)

## 6 - LA RI-CONNESSIONE SOCIALE

Un fiume limitato, definito, costretto dentro un alveo “canalizzato”, con un deflusso idrico sempre più impetuoso, un fiume senza unità morfologiche ed habitat di transizione tra l'alveo ed il territorio circostante, è un fiume disconnesso dalla società e dalla socialità.

Nella riqualificazione fluviale, ovvero la ricostruzione delle unità morfologiche ed habitat fluviali, attraverso la riattivazione/ricostruzione delle aree di laminazione e la riqualificazione del reticolo idrografico minore, risulta opportuno inserire anche un progetto di ri-connessione sociale con gli attori che vivono nel bacino del fiume.

Nella definizione della gestione della riqualificazione sociale si può definire un sistema fruitivo a scala di sub-bacino idrografico basato sulle principali linee di azione operative:

- ❖ Diversificare l'offerta fruitiva, creando sinergie con il territorio (beni artistici, siti archeologici, centri visita, centri didattici, centri sportivi), attivando circuiti di visita, improntando le campagne di comunicazione a promuovere intere bio-aree piuttosto che singoli bio-elementi. Contestualmente diluire i flussi nello spazio e nel tempo ("spalmandoli" su tutte le stagioni), evitando di congestionare tratti di fiume. In questo senso il comprensorio balneare della costa adriatica e quello dei monti appenninici dell'interno possono integrarsi e diventare paniere di interesse tanto per la comunità locale quanto per il visitatore forestiero. Tra le diverse attività tipiche della fruizione fluviale rientrano la pesca gestita in modo sostenibile, i percorsi a piedi (walking, jogging e running), i percorsi in bicicletta, le ippovie, la canoa, la creazione di spiagge fluviali stagionali estive, l'educazione ambientale in tutte le espressioni (per bambini, adulti, comitive, turisti), la valorizzazione degli aspetti scientifici del territorio (geoturismo).
- ❖ Integrare la fruizione ricreativa e didattica, affidandosi ad esperti del settore. Predisporre una adeguata campagna di promozione del progetto (comunicazione, informazione), predisporre siti di comunicazione (centri visita, ecomusei, tabellonistica). Questo è senz'altro un passo fondamentale in un contesto come quello nazionale dove la fruizione è uno dei pochi (ma principali) strumenti per ricreare una cultura ambientale quale presupposto per uno sviluppo sostenibile in cui ognuno si possa sentire responsabile e utile.

- ❖ Valorizzare l'intermodalità dei trasporti per il raggiungimento dell'area fruibile. In linea con l'osservazione precedente, questa linea d'azione mira a valorizzare l'esistente sistema di mobilità, che vede nell'asse ferroviario l'elemento su cui cercare di costruire l'accessibilità ai siti.
- ❖ La progettazione prevede che la connessione (ciclovia, sentiero, ecc.) rispetti la verifica idraulica, ovvero non sia soggetta a sommersioni durante le piene. La progettazione deve anche verificare la stabilità morfologica, ovvero non che non si verifichino erosioni all'interno della fascia di mobilità funzionale dell'alveo (Rinaldi, Simoncini, 2006). Per l'aspetto della sicurezza morfologica servirà identificare la fascia di mobilità fluviale oltre la quale posizionare in sicurezza le connessioni permanenti e prevedere l'accesso al fiume con connessioni temporanee di facile ripristino e adattamento all'interno della fascia di mobilità fluviale (Fig.6.1)

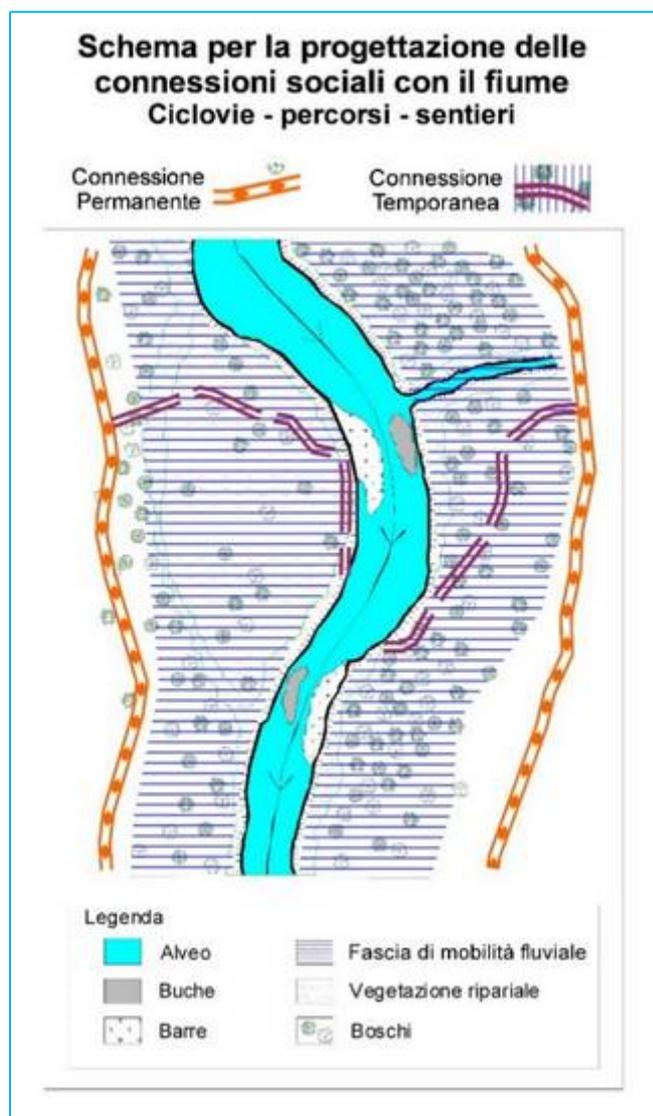


Fig. 6.1 - Elaborazione Dignani, Belfiori

Tra gli aspetti positivi del turismo rientrano la generazione di nuove economie (produzione di occupazione e di reddito, richiamo di investimenti), l'avvicinamento della collettività ai beni naturali (il fiume, con le sue valenze anche storiche e artistiche), l'informazione e la sensibilizzazione delle comunità e delle autorità locali sullo stato di salute del proprio fiume, la creazione di alti benefici sociali (con la realizzazione, ad esempio, di nuove infrastrutture al servizio della collettività e l'interscambio culturale tra residenti e forestieri).

Mentre tra gli aspetti negativi troviamo la distruzione di habitat importanti (soprattutto nel caso di ecosistemi dotati di un'elevata fragilità intrinseca), il degrado del paesaggio, la generazione di rischio idraulico (nuovi edifici o strutture in territori di pertinenza fluviale), la pressione e competizione nell'uso delle risorse e dei servizi (il fruitore turista in antagonismo con la comunità locale), la perdita di tradizioni e identità culturali (la società fluviale contemporanea, soprattutto in aree non ancora fortemente urbanizzate, in molti casi rimane ancora radicata al rapporto tradizionale con il proprio corso d'acqua).

A prescindere dal tipo di fruizione, si possono riassumere alcuni accorgimenti importanti da tenere in considerazione nella progettazione/organizzazione e realizzazione/esecuzione di attività fruitive legate al fiume:

- 1) considerare la fruizione al pari degli altri obiettivi rinaturalizzazione fluviale, da valutare in modo integrato; sulla base di un'analisi socioeconomica del contesto e degli attori, nonché dei valori ambientali in gioco, identificare un'immagine obiettivo chiara prima di procedere con uno specifico progetto di fruizione; contare su una solida base scientifica nell'intervento;
- 2) evitare di trasformare i corsi d'acqua in "parchi giochi" artificiali; deciderne, invece, sulla base della valutazione integrata dei singoli tratti, un destino diversificato (zonizzazione), comprendente zone di accesso facilitato (per tutti) fino a zone di protezione integrale, secondo la realtà ambientale,
- 3) evitare di scegliere per la fruizione i siti più incontaminati,
- 4) diversificare l'offerta fruitiva, creando sinergie con il territorio (beni artistici, siti archeologici, centri visita, centri didattici, centri sportivi), attivando circuiti di visita, improntando le campagne di comunicazione a promuovere interi siti di interesse collettivo come le aree protette,
- 5) ottimizzare il progetto fruitivo con l'accessibilità (viabilità di avvicinamento e di accesso) e le infrastrutture necessarie, privilegiando il recupero e il restauro di strutture esistenti alla costruzione di nuove. Dove si rende necessario un intervento strutturale, utilizzare risorse materiali e manodopera locali. Realizzare un'accessibilità in grado di convivere con il rischio

di piene e con le magre: prevedere opere limitate e semplici, che comportino modesti interventi (anche dal punto di vista economico) e facilità di ripristino dopo gli eventi. La fruizione deve essere progettata in modo da minimizzare l'impatto sull'ambiente e valorizzare il fiume e il suo habitat come vera fonte di sensazioni ed emozioni (non piste ciclabili cementate, ma naturali sentieri).

- 6) integrare fruizione ricreativa e didattica, affidandosi ad esperti del settore. Formare i fruitori al nuovo ruolo di "guardie ecologiche" del fiume e di modello comportamentale;
- 7) diluire i flussi nello spazio e nel tempo ("spalmandoli" su tutte le stagioni); evitare di congestionare tratti di fiume;
- 8) predisporre una adeguata campagna di promozione del progetto (comunicazione, informazione), per non produrre cattedrali nel deserto in ambienti che avrebbero potuto essere lasciati integri;
- 9) valorizzare l'intermodalità dei trasporti per il raggiungimento dell'area fruibile, secondo i concetti di fruizione sostenibile in una scala che integri al tempo stesso il localismo del progetto e il globalismo del pensiero;
- 10) prevedere il controllo degli atti vandalici e del degrado cui possono andare incontro aree naturali rese accessibili, pianificando la gestione dell'area dopo la realizzazione/attivazione del progetto di fruizione.



Fig. 6.2 – Fruizione nel fiume Acheron (Epiro, Grecia) (foto Dignani, 2019)



## **Fasi operative di analisi / progettazione (Fig. 7.2)**

### Fase 1,

In questa fase operativa oggetto di tali Linee guida, sono state svolte le seguenti analisi territoriali elaborate per definire il contesto territoriale dell'intero bacino idrografico.

Il fine dell'attuale livello operativo è quello di avere una indicazione sulla metodologia della progettazione territoriale ed ambientale, in riferimento alle caratteristiche di insieme dell'intero bacino per predisporre le scelte per il livello di analisi di sub-bacino per la Fase 2.

### Fase 2

Il secondo livello operativo fornirà le informazioni per definire l'assetto territoriale per la progettazione preliminare. Per la definizione dell'assetto territoriale, si eseguiranno le analisi, geomorfologiche, idrologiche, idrauliche, idrogeologiche, agronomiche e botaniche, per la descrizione delle caratteristiche territoriali al fine di definire le azioni per la riattivazione e/o nuova realizzazione delle aree di laminazione e per la riqualificazione del reticolo idrografico minore. In questa fase si dovranno integrare alle strategie di assetto territoriale le direttive UE e parallelamente tarare lo studio sulla base dello strumento amministrativo di attuazione previsto.

Sempre in questa fase si valuteranno le potenzialità e le vulnerabilità per una fruizione sostenibile, si stabiliranno quindi le possibili tipologie di fruizione attraverso una ricognizione tra i soggetti interessati ad un coinvolgimento attivo.

Per ottimizzare l'analisi della Fase 2 si opereranno modelli di assetto territoriale all'interno di sub bacini definiti sulla base della rappresentatività dei sistemi morfologici del Bacino (Fig.7.11).

### Fase 3

L'ultimo livello operativo rappresenta è quello esecutivo, per mezzo delle analisi geomorfologica, ecologica, botanica, idraulica, sismico-stratigrafica, eseguite alla scala di tratto fluviale, si realizzerà il progetto integrato esecutivo di riqualificazione territoriale e fluviale.

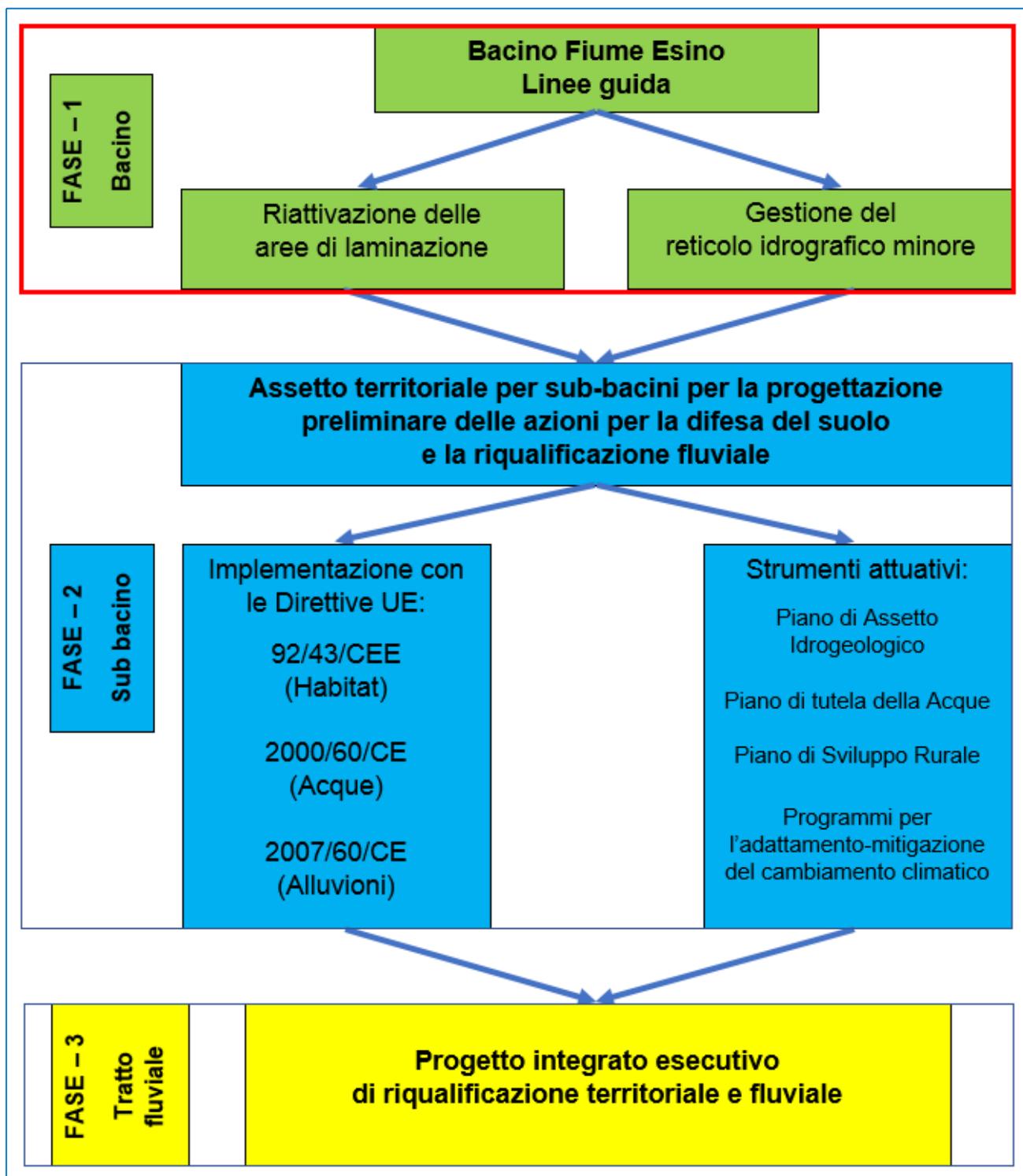


Fig. 7.2 –Le fasi della progettazione

## Analisi del Bacino del Fiume Esino

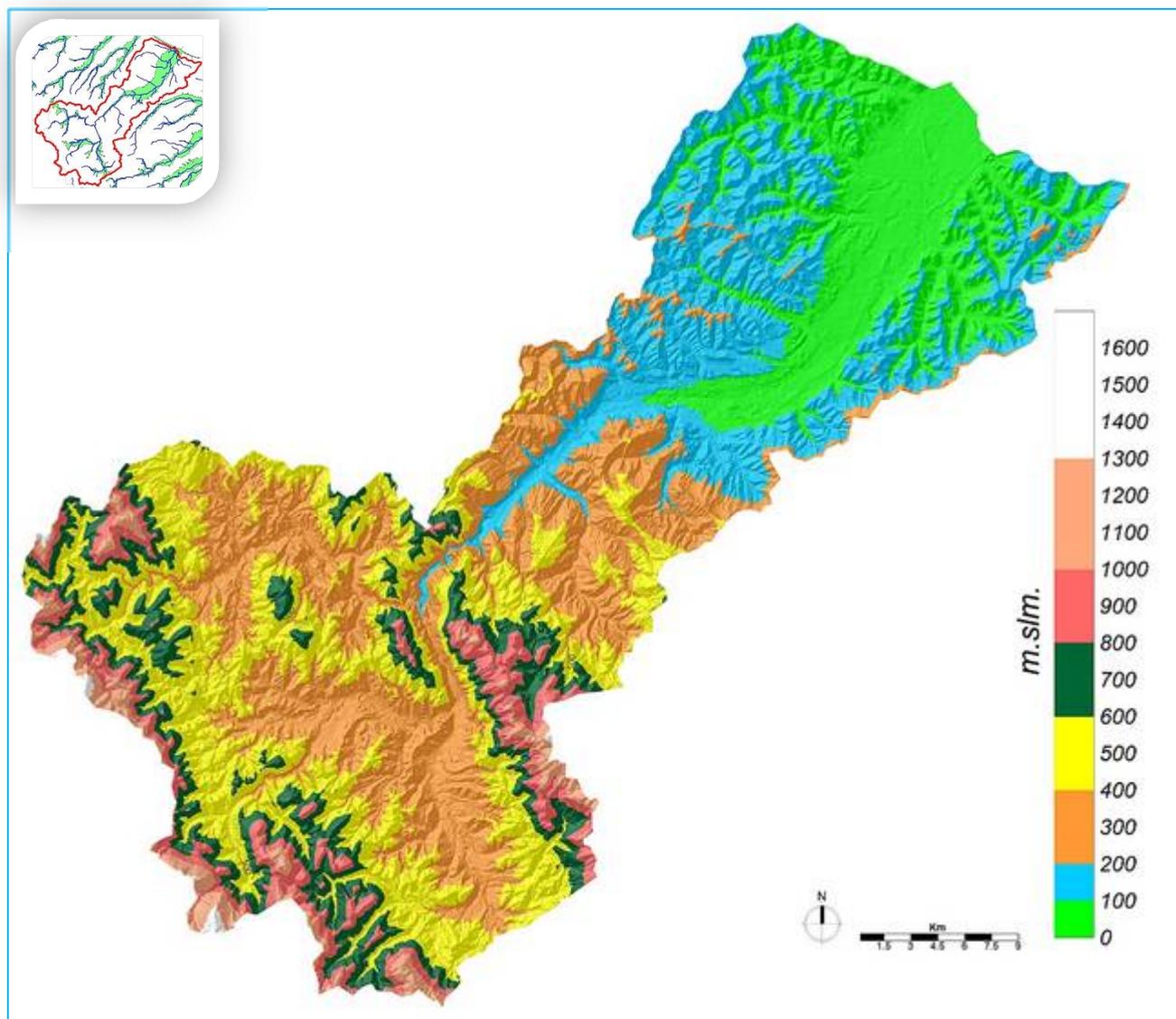
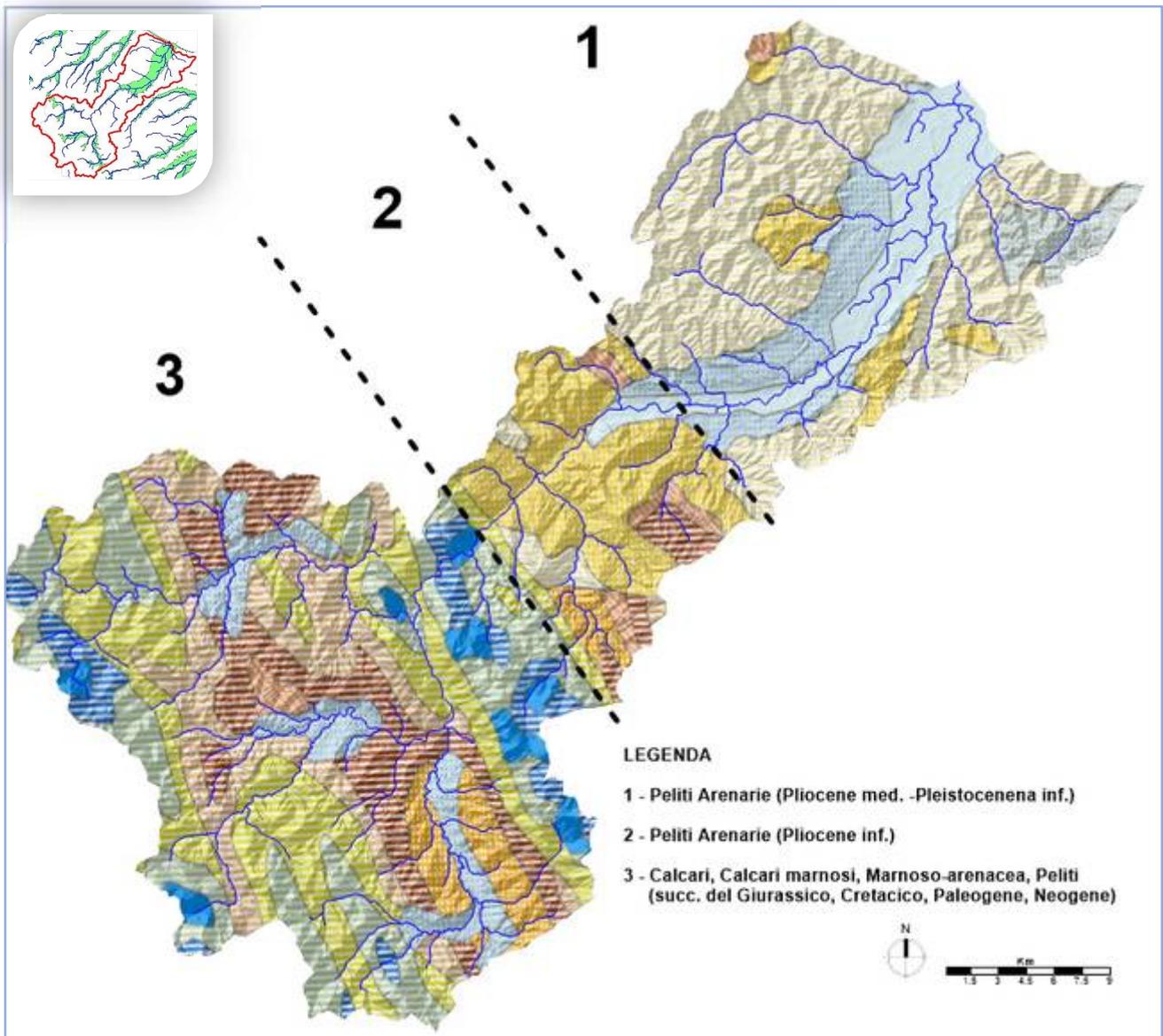


Fig.7.3 - Bacino idrografico F. Esino – Carta altimetrica



Fdig.7.4 - Bacino idrografico F. Esino – Carta geologica

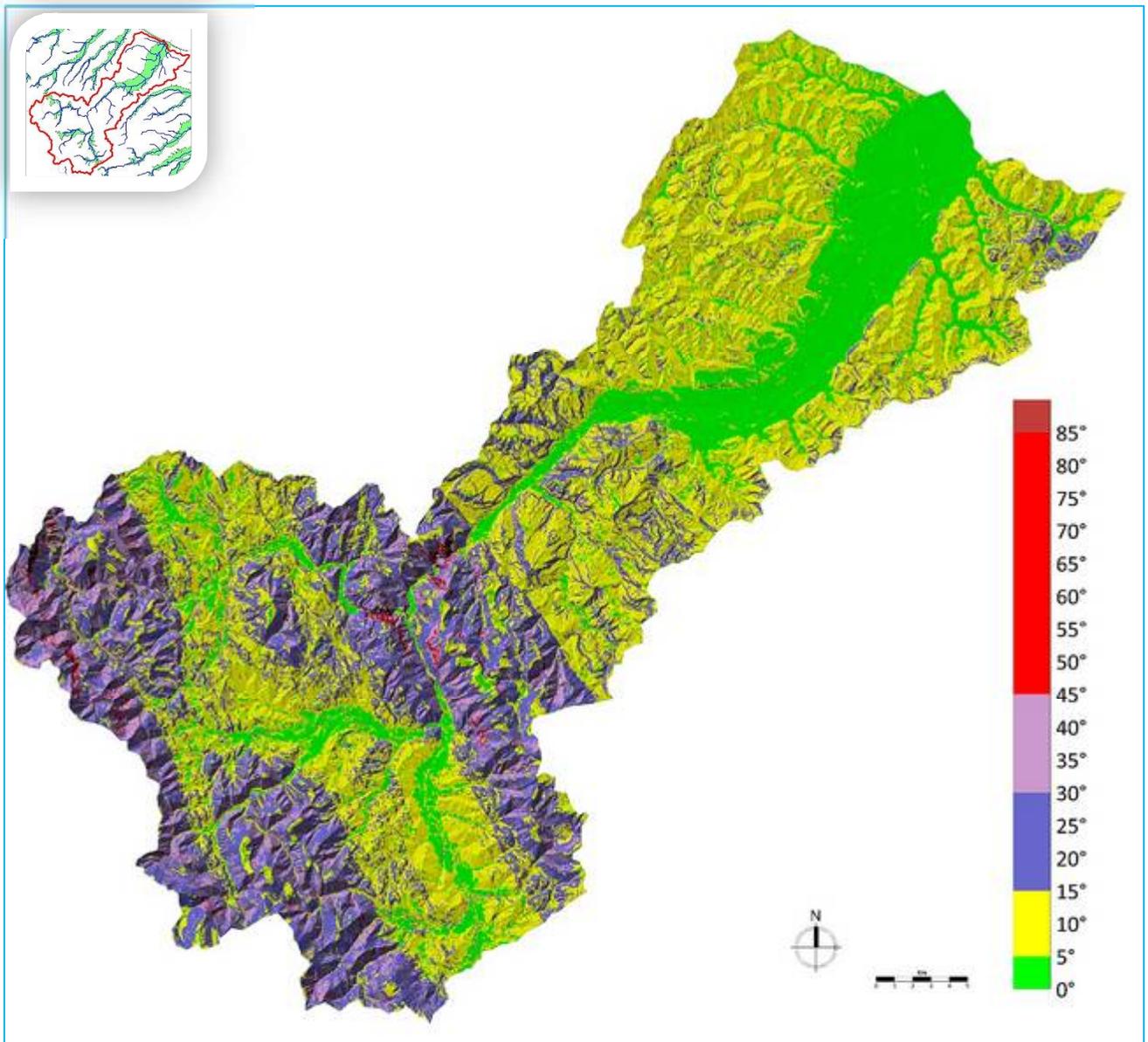


Fig.7.5 - Bacino idrografico F. Esino – Classi di pendenza

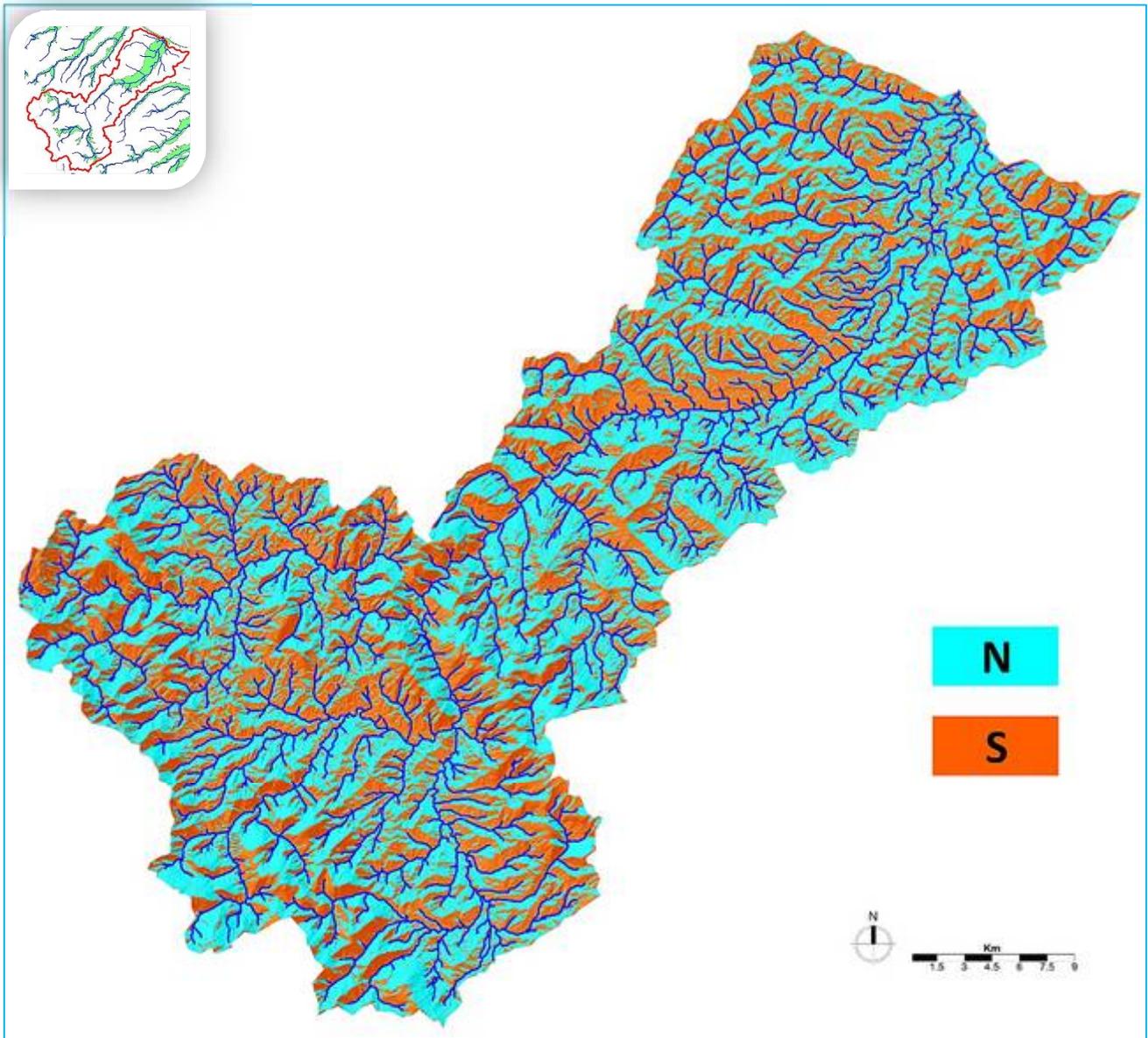


Fig.7.6 - Bacino idrografico F. Esino – Reticolo idrografico e Carta dell'esposizione azimutale

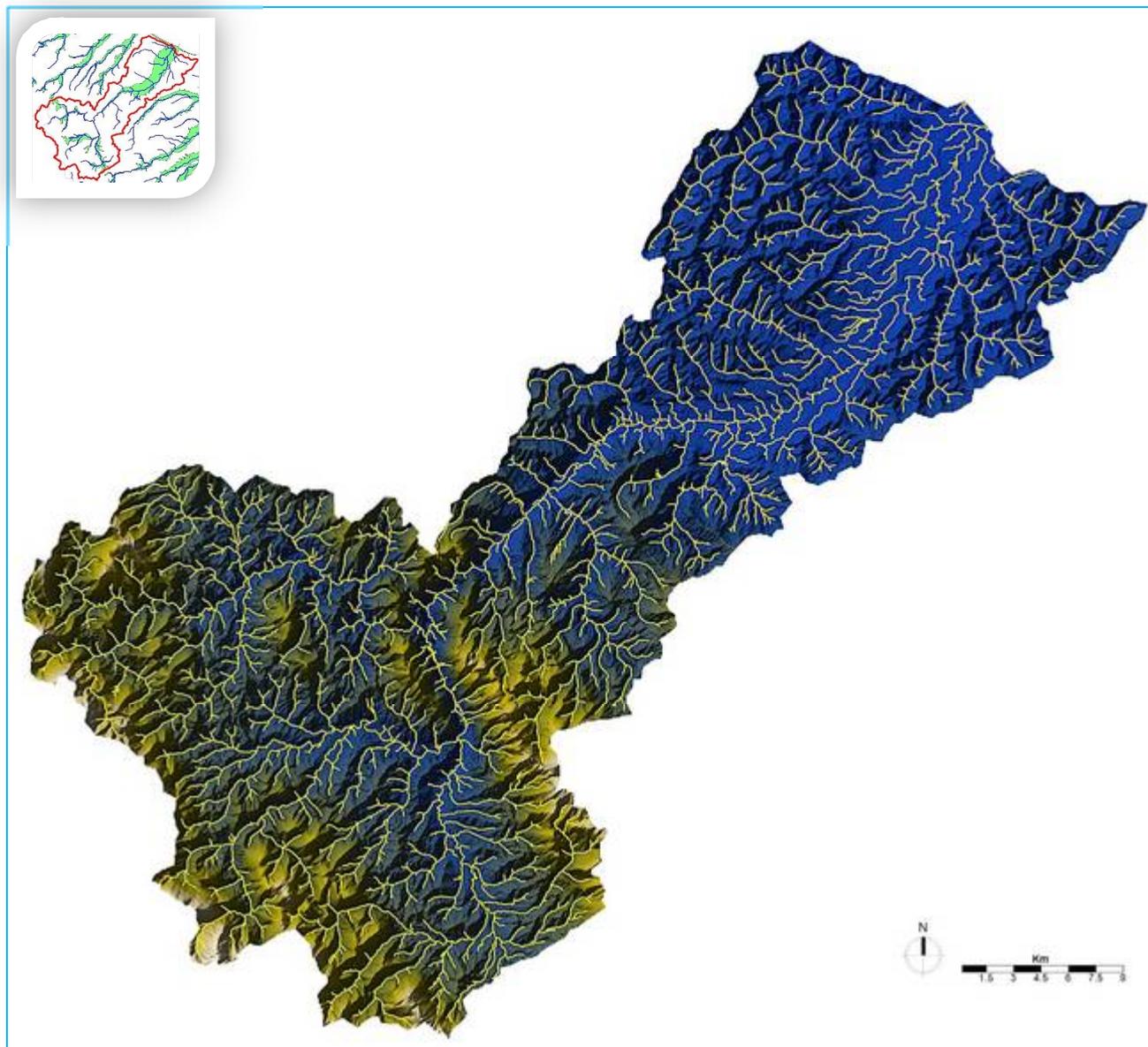


Fig.7.7 - Bacino idrografico F. Esino – Carta del reticolo idrografico e morfologia

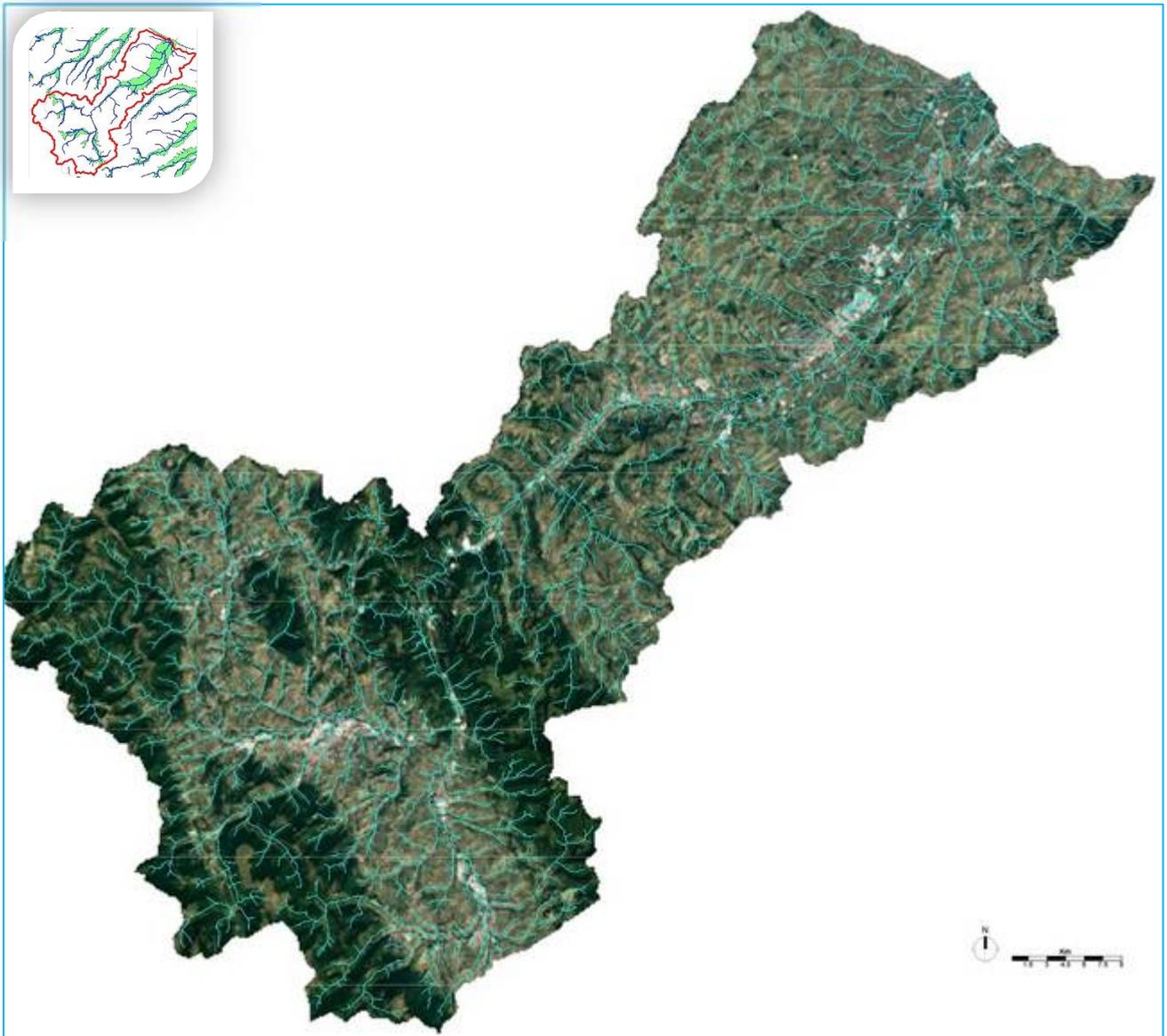


Fig.7-8 - Bacino idrografico F. Esino – Carta del reticolo idrografico in Google Earth 2018

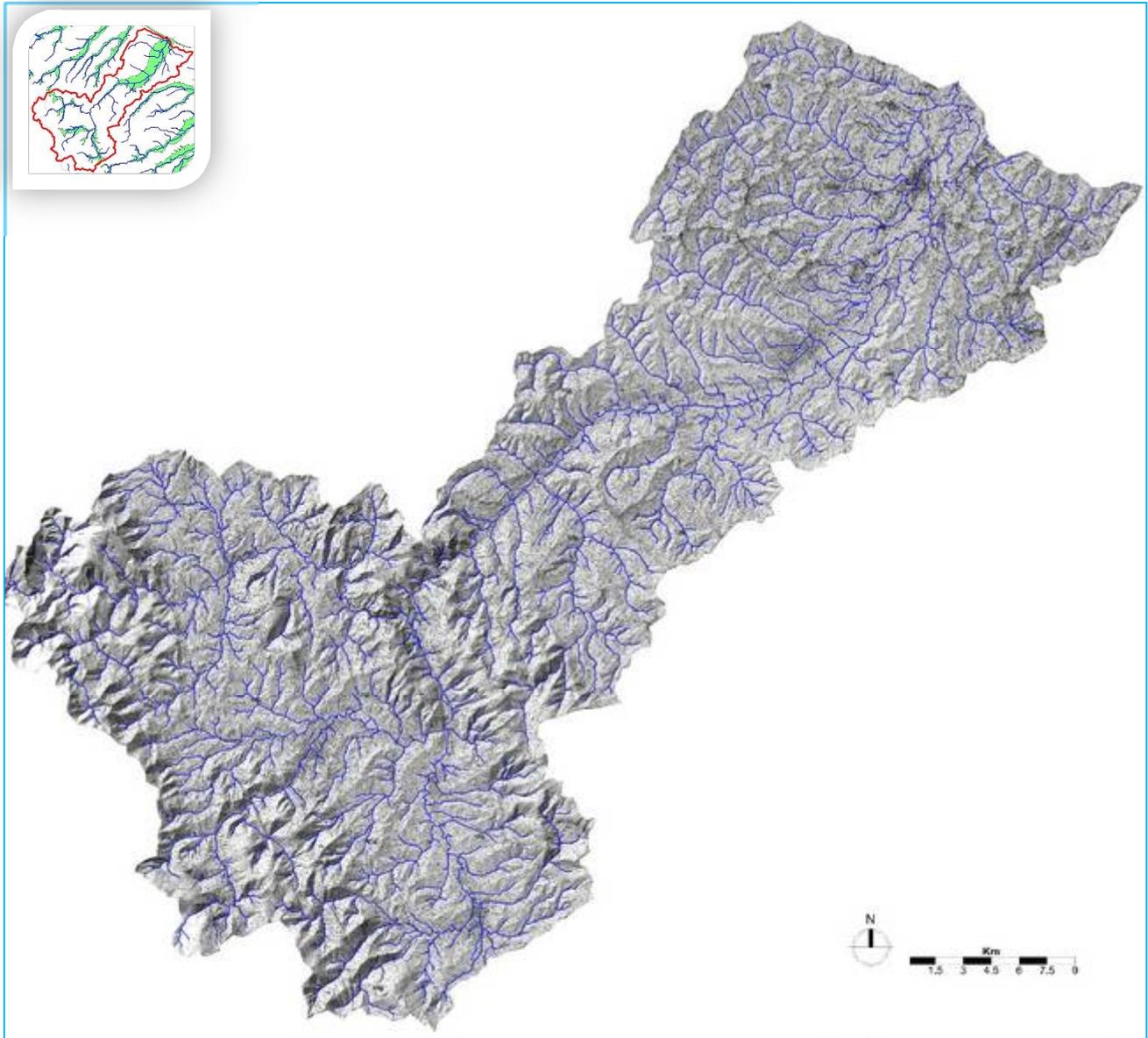


Fig.7.9 - Bacino idrografico F. Esino – Reticolo idrografico e sistema viario e urbano

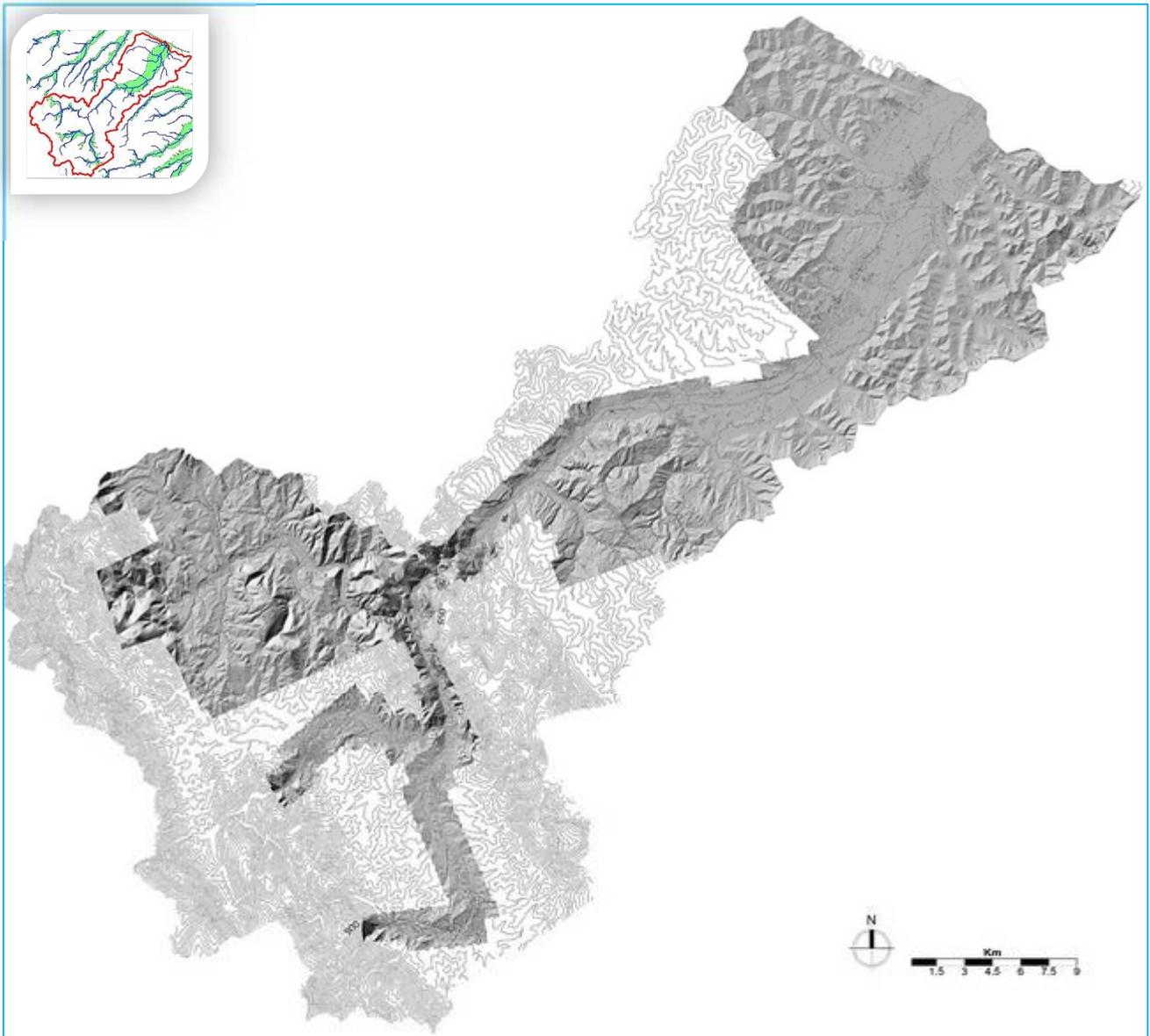


Fig.7.10 - Bacino idrografico F. Esino – Copertura cartografia DTM LIDAR 1X1 m

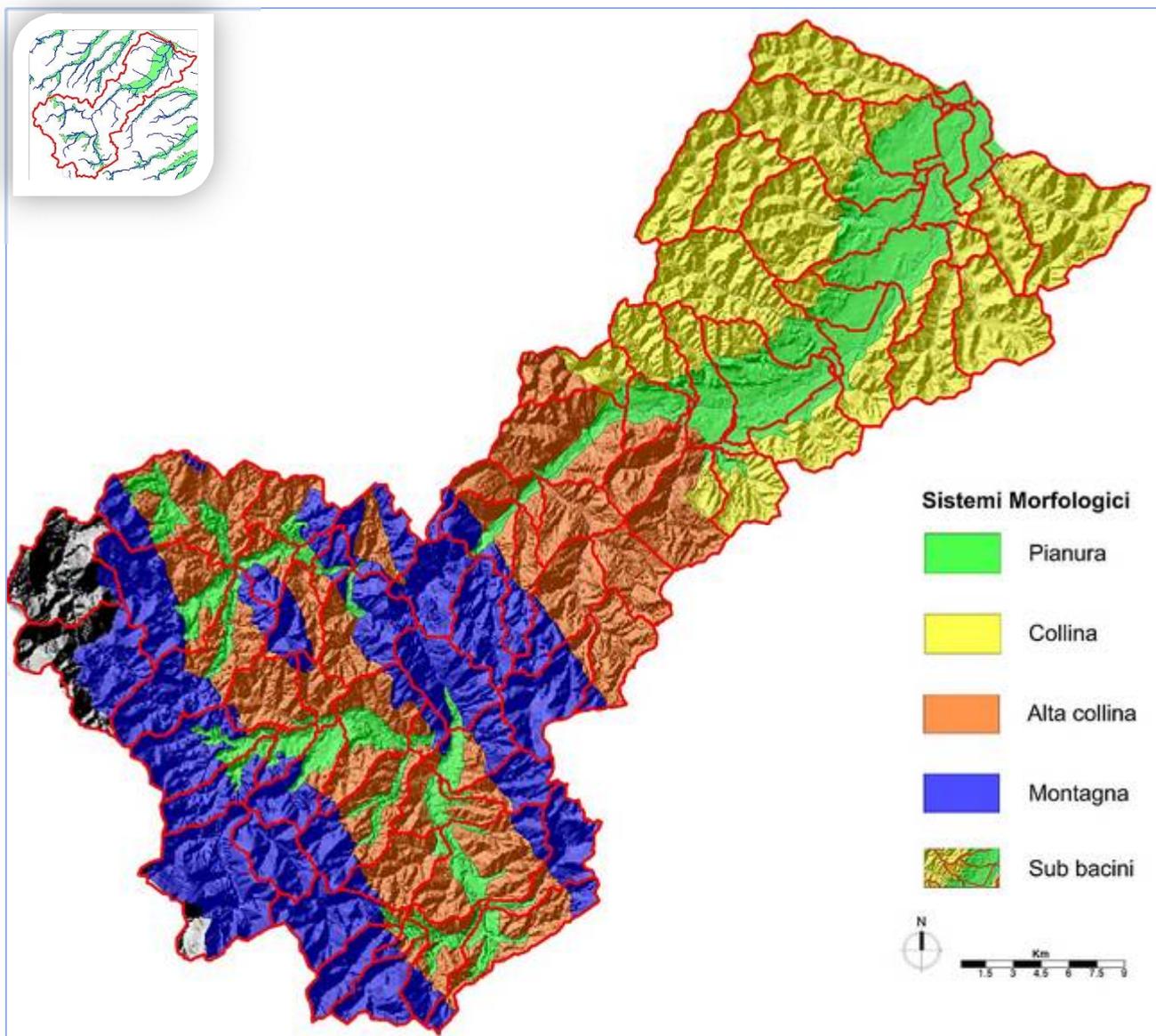


Fig.7.11 -- Bacino idrografico F. Esino – Carta dei sub-bacini nei sistemi morfologici identificati per l'analisi di Assetto Territoriale della Fase 2 (Fig.7.2)

## 8 - IL FIUME CLIMA-SOSTENIBILE

### ***Il rischio idraulico***

Nella definizione delle Linee guida si è cercato di inquadrare la questione del rischio idraulico nella conoscenza dell'assetto geomorfologico ed ecologico fluviale.

Infatti, l'aspetto di gestione idraulica del fiume non può prescindere da quello morfodinamico ed ambientale trovando una reciproca interconnessione ed una mediazione con le attività antropiche che interagiscono con il sistema fluviale.

Come analizzato, la gran parte della pressione antropica del bacino del fiume Esino si localizza nella media-bassa vallesina, ed allo stesso tempo anche il rischio idraulico viene identificato in modo crescente andando verso la foce a Falconara (Fig.8.1)

A questo punto è bene ricordare il concetto di rischio come il valore atteso del danno associato a un dato sistema, in un tempo prestabilito, nel caso di rischio Idraulico si parla ovviamente di danno causato da una possibile inondazione.

Il concetto è quello di sommare il danno atteso (probabilità dell'evento per il danno corrispondente) su tutti gli eventi possibili all'interno di un intervallo definito (nel caso di portate di piena, per ottenere il rischio totale, l'intervallo spazia da zero a infinito).

La definizione espressa è sostanzialmente la seguente: il rischio è quella parte del danno potenziale (D) associato ai beni che, appunto, si rischia di perdere (nulla se la vulnerabilità V dei beni è nulla, tutto se è massima, un valore intermedio se è intermedia), posto che esista la possibilità di occorrenza di eventi dannosi (pericolosità P da alta –se gli eventi sono frequenti, cioè se quel sito è soggetto ad eventi con tempi di ritorno bassi– fino a nulla, per tempi di ritorno infiniti, cioè un sito che non va mai sott'acqua):

$$R = D \cdot V \cdot P$$

dove:

*R: Rischio;*

*D: Danno potenziale o valore a rischio;*

*V: Vulnerabilità (susceptibilità dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento di inondazione);*

*P: Pericolosità*

Come si rileva Danno e Vulnerabilità rientrano nella gestione pianificatoria urbanistica del territorio mentre la Pericolosità nella gestione morfodinamica idraulica ecologica del fiume.

Dalle considerazioni svolte quindi bisogna evitare di trasferire alti picchi di piena con ridotti tempi di corrivazione verso la foce al fine di abbassare il Rischio complessivo.

L'individuazione delle aree di laminazione continue e diffuse in tutti i corsi d'acqua con una gestione sostenibile del reticolo idrografico minore del bacino, contribuirà in modo significativo alla diminuzione del rischio nelle aree di valle attualmente colpite dal rischio alluvione.

Al contrario interventi progettuali che tendono a confinare tutte le portate nel bankfull, privato di barre, vegetazione ripariale, con alveo canalizzato, e sponde sistemate con tipi di gabbionate, trasferiscono senza dissipazione energetica, senza mitigazione dei picchi di piena, le portate del fiume Esino a valle.

Nelle linee guida realizzate si propone una metodologia progettuale, per mezzo delle definizioni scientifiche più sviluppate, di costruire un nuovo assetto del territorio per gestire-mitigare il rischio idraulico nelle aree di valle.

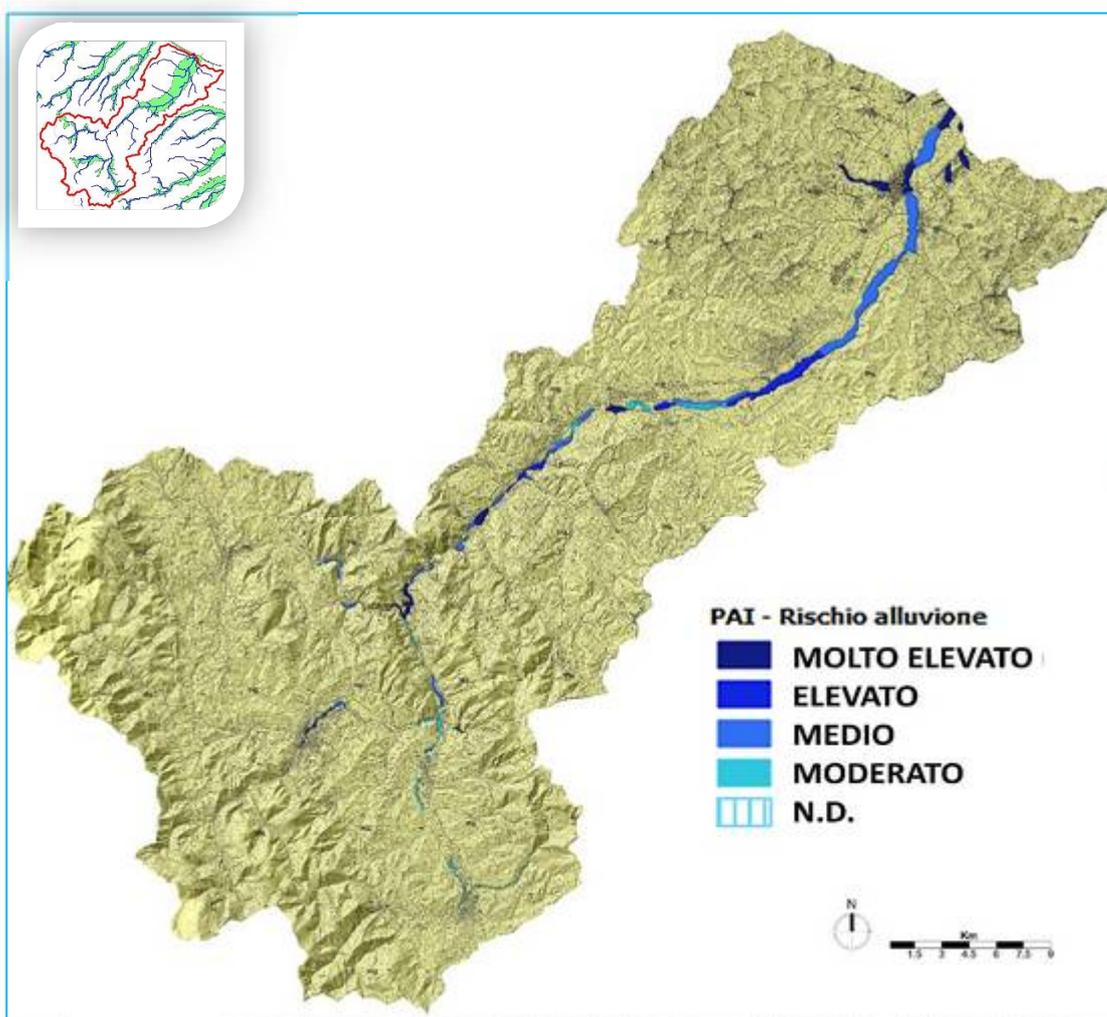


Fig.8.1 - Bacino idrografico F. Esino – Cartografia delle aree a rischio alluvione (aree in blu)

## Il cambiamento climatico

Nella storia dell'umanità la concentrazione di CO<sub>2</sub>, cioè di biossido di carbonio, il principale elemento che regola la temperatura della terra, nell'atmosfera, non è mai stata alta come nel 2019. Secondo il rapporto internazionale «State of the Climate», ormai si è arrivati ad un record di 412 ppm (dato di settembre 2019) parti per milione, la cifra più alta degli ultimi 800mila anni. Due i fattori che contribuiscono a questo nuovo record, da un lato l'aumento di combustione del carbone/petrolio che assieme ai vastissimi incendi che hanno interessato recentemente molte foreste del pianeta con un significativo costante incremento medio delle temperature (fig.8.2).

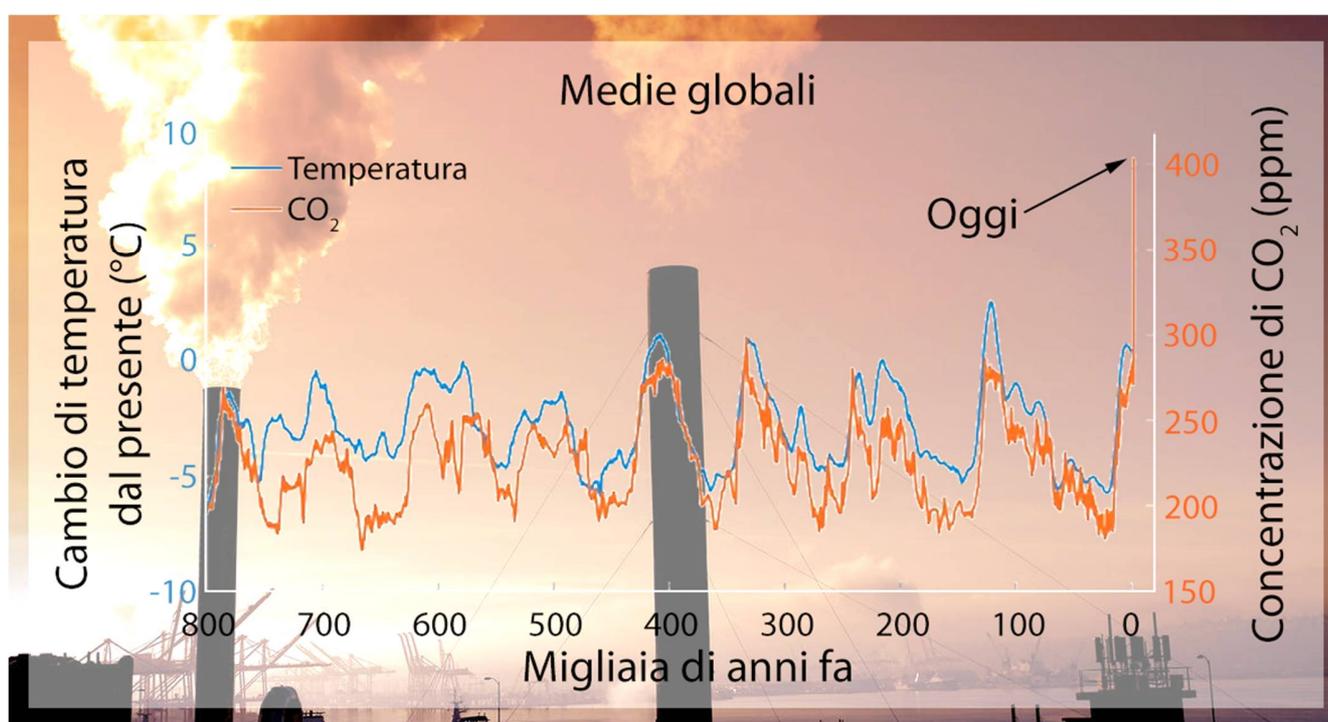


Fig.8.2

Una importante e grave conseguenza del cambiamento climatico è rappresentata dall'aumento dei dissesti idrogeologici ovvero l'insieme dei processi morfologici che hanno un'azione fortemente distruttiva in termini di degradazione del suolo e quindi indirettamente nei confronti dei manufatti. Tale fenomeno si manifesta attraverso l'incremento di fenomeni franosi e ed erosivi nei versanti, si presenta inoltre con un incremento delle esondazioni fluviali in conseguenza delle modificazioni delle precipitazioni atmosferiche specie in caso di eventi meteorologici anomali o estremi. In Italia il rischio idrogeologico è diffuso in modo capillare e si

presenta in modo differente a seconda dell'assetto geomorfologico del territorio: frane, esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio, trasporto di massa lungo le conoidi nelle zone montane e collinari, esondazioni, erosioni nelle zone collinari e di pianura (Fig.8.3).

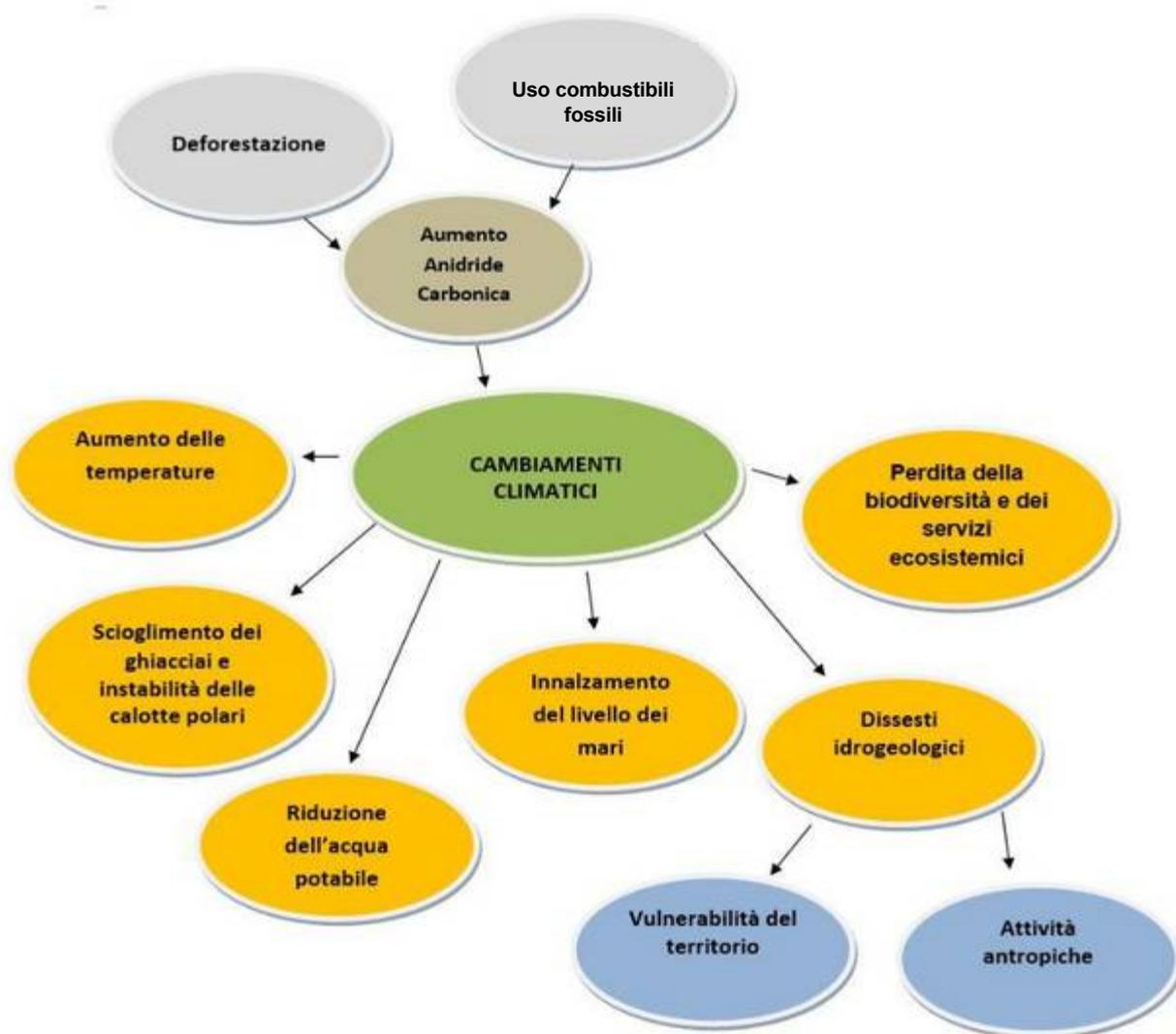


Fig.8.3

In questo momento di consapevolezza del cambiamento climatico, si constata un opportuno e sollecito atto approvato dal Consiglio della Regione Marche. Sono state approvate, nella seduta n.140 del 01/10/2019, due mozioni abbinatae per il Riconoscimento dello Stato di Emergenza per i cambiamenti climatici, entrambi gli atti di indirizzo sottolineano gli effetti del surriscaldamento globale e l'importanza di incentivare comportamenti virtuosi per la tutela dell'ambiente, alla regione si chiede di coordinare e rafforzare ulteriormente le azioni per il

contrasto del cambiamento climatico, promuovendo politiche e programmi eco-sostenibili e investendo nell'economia circolare.

Il Riconoscimento dello Stato di Emergenza Climatica della Regione Marche nasce dalla constatazione anche dello stato critico dei sistemi geomorfologici della Costa, dei Versanti e dei Fiumi.

- Costa – La costa marchigiana è in stato di arretramento da circa 30 anni, le cause derivano dal cambiamento dell'uso del suolo delle aree appenniniche e dai prelievi di ghiaia dai fiumi. Negli anni '50 la foce dell'Esino risultava avanzata rispetto ad oggi di circa 350 metri, attualmente con l'accentuata erosione della costa in atto, la dinamica marina interessa edifici, strutture turistiche e strade. Con l'innalzamento del livello marino e con una sempre maggiore energia termica nel Mare Adriatico per via del riscaldamento climatico, è prevedibile nel prossimo futuro un significativo aumento della energia delle mareggiate.
- Versanti – I versanti risentono dei cambiamenti climatici in particolare per le condizioni predisponenti per i diffusi substrati argillosi, per le alte pendenze dei versanti e per il critico stato dei suoli soggetti all'erosione del forte ed incontrollato deflusso idrico superficiale. Per questo stato del territorio si hanno perdita di suolo e produttività agricola, precarie condizioni delle strutture viarie di collina e rischio per l'incolumità degli abitanti soprattutto delle zone rurali.
- Fiumi – Il cambiamento climatico sull'ambiente fluviale, nelle Marche si manifesta soprattutto per il fenomeno che i giornalisti definiscono con il termine bomba d'acqua per indicare le più violente ondate di maltempo. In realtà la parola bomba d'acqua non è presente nel glossario meteorologico, bensì è un termine giornalistico coniato dai mass-media italiani come libera traduzione del vocabolo inglese cloudburst (letteralmente 'esplosione di nuvola'), non è altro che un violento nubifragio in cui la quantità di pioggia caduta supera i 30 millimetri all'ora.

I nubifragi possono innescarsi anche come temporali autorigeneranti, fenomeno temporalesco che si auto-alimenta a causa del contrasto tra due masse d'aria con caratteristiche termiche e igrometriche differenti: una caldo-umida presente alle basse quote e un'altra più fredda e secca alle quote superiori della troposfera.

I nubifragi hanno causato sistematiche e dannose alluvioni (F. Ete Morto, F. Foglia, F. Esino, etc.), in questa sintetica descrizione si vuole ricordare, come esempio che ci coinvolge

direttamente, il fenomeno del cloudburst accaduto in modo drammatico, nell'alluvione del Misa a Senigallia il 3 maggio 2014 con, purtroppo, 4 morti e decine di milioni di euro di danni (Fig.8.4)

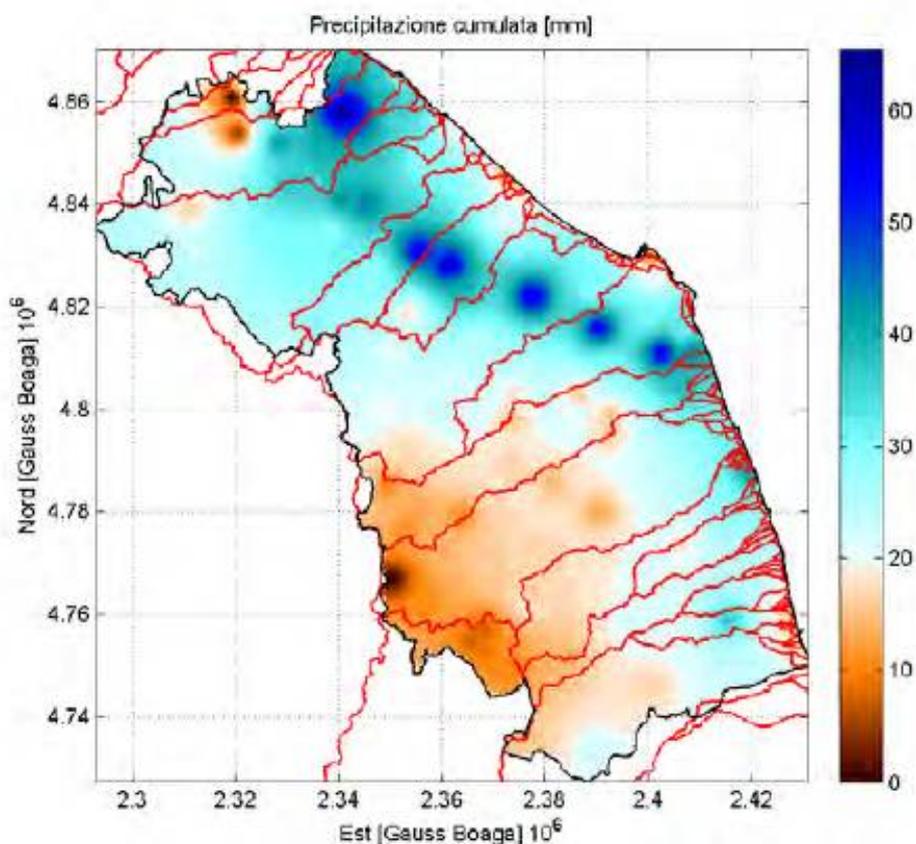


Fig.8.4 - Mappa di precipitazione cumulata sull'intero territorio regionale dalle 00:00 alle 06:00 ora solare del 03/05/2014, ottenuta interpolando i dati dei pluviometri in telemisura della Rete MIR (Protezione Civile Marche)

Dai cambiamenti climatici apprendiamo la lezione che il territorio delle Marche sarà sempre di più colpito da forti perturbazioni climatiche estreme localizzate, dinamiche ad alta energia come le forti mareggiate ed i violenti nubifragi.

In questo scenario, solo un sistema territoriale complesso e ben strutturato nelle sue componenti geomorfologiche, ecologiche e sociali, può assorbire con limitati danni, una forte perturbazione climatica, per il nostro adattamento climatico dobbiamo quindi dotarci di un sistema ambientale e territoriale adeguatamente resiliente.

## **Aumentare la resilienza dell'ambiente fluviale**

Resilienza significa qualcosa più che resistenza e capacità di reazione, è in effetti la capacità consapevole di predisporre e programmare nelle linee generali l'assorbimento (o meglio la metabolizzazione) di eventi più o meno traumatici, e adattarsi al meglio a un diverso contesto in cui continuare a sviluppare. Nessun rapporto diretto e lineare, come si dovrebbe intuire, con la chiusura a riccio nella, probabilmente vana, attesa di tempi migliori o di salvatori dall'esterno, e neppure con lo sguardo verso al passato, al «prima era meglio», Forse la parola chiave di tutto è individuabile nel termine «consapevolezza» ovvero capacità di leggere e sintetizzare l'ambiente e l'interazione che è stata/potrebbe essere messa in atto con esso. Il che pone in primo piano la conoscenza più che puro istinto di sopravvivenza: resilienza è sapere, non credere. Capire che la propria cosiddetta «vulnerabilità» innanzitutto nasce su due fronti, uno interno e uno esterno, e deve parimenti svilupparsi in reazione allo stesso modo.

La resilienza non implica il ripristino dello stato iniziale ma quello della funzionalità attraverso il mutamento e l'adattamento. Alcuni principi o proprietà ecosistemiche che rendono i sistemi complessi più resilienti sono: la diversità, la modularità e l'organizzazione, i flussi d'informazione e reazione (feedback), la memoria ecosistemica, (Fig.8.5).



Fig. 8.5

Nel panorama di analisi, documenti tecnico-politici, rapporti di ricerca, che hanno come oggetto la resilienza dei sistemi complessi, si possono ricondurre le analisi a tre principali approcci a seconda della differente declinazione del concetto di resilienza (Fondazione Cariplo, 2015):

- a. resilienza e sostenibilità: il concetto è inteso quale via per garantire una effettiva sostenibilità dello sviluppo dei sistemi socio-ecologici;
- b. resilienza e adattamento: il concetto è utilizzato come elemento di innovazione degli attuali modelli di sviluppo delle città e dei territori e come chiave per innescare risposte di adattamento in relazione ai cambiamenti climatici e alla riduzione delle risorse naturali e alla qualità delle comunità locali;
- c. resilienza e rischi territoriali: concetto chiave per l'innovazione delle strategie di gestione dei rischi territoriali, integrando gli obiettivi della riduzione dei rischi e della pericolosità con una pluralità di obiettivi connessi alla qualità territoriale

Con il concetto di rischio idraulico, nelle ricerche e nelle esperienze più innovative mirate alla mitigazione dei rischi territoriali, il concetto di resilienza ha assunto un ruolo centrale nella costruzione di strategie che integrano gli obiettivi della riduzione dei rischi e della pericolosità con una pluralità di obiettivi legati alla qualità territoriale. Il concetto di resilienza nella gestione dei rischi territoriali è oggi consolidato, e vi sono anche rilevanti focus interpretativi teorici, come l'evoluzione del concetto e della relazione tra resilienza e vulnerabilità. Nei testi recenti lo studio della resilienza, pur riferita al tema dei rischi territoriali, comprende obiettivi più generali: un sistema più resiliente rispetto ai rischi territoriali è e deve essere, in generale, un sistema ambientale-territoriale di maggiore qualità complessiva. Il richiamo teorico alla resilienza ecosistemica è esplicito, dove per resilienza si intende la capacità e l'abilità di uscire, a seguito di un evento calamitoso, da una fase di stallo, a una condizione non necessariamente uguale a quella iniziale pre-evento. La capacità di un ambiente fluviale di essere resiliente consiste in gran parte dell'organizzazione e delle relazioni esistenti prima dell'evento: quanto più il sistema sarà flessibile tanto più sarà rapida la ripresa delle normali attività in un'ottica di miglioramento e consapevolezza. Nella costruzione delle strategie per la resilienza rispetto ai rischi territoriali, i concetti propri della resilienza ecosistemica più utilizzati sono: diversità morfologica ed ecologica, capacità di risposte/organizzative veloci, capacità di accumulare risorse, interconnessioni tra le dimensioni e le scale gerarchiche del sistema fluviale/perifluviale.

Questi approcci concettuali devono poi essere tradotti ed interpretati in approcci progettuali, il metodo quindi seguito per la definizione delle Linee Guida è stato quello di creare un sistema fluviale complesso, "tridimensionale" (v.pag.12) ed allo stesso tempo coerente con i propri principi di auto sostenibilità idromorfologica.

Un sistema fluviale caratterizzato da una diversità ecologica e morfologica, a partire dalle zone di monte, assorbe le grandi variabilità di precipitazioni indotte dal cambiamento climatico, allo stesso tempo realizza un sistema di deflusso idrico che previene le incertezze deterministiche dei modelli idraulici a causa delle modificazioni dei regimi pluviometrici.

Un sistema fluviale diversificato e reso complesso mitiga l'impatto del cambiamento climatico come l'accesso alle risorse idriche, le forti condizioni termiche estive, la produzione alimentare delle campagne, la biodiversità con particolare riferimento alla pesca d'acqua dolce, la produzione di energia e molte operazioni commerciali (Fig.8.6).

La resilienza del salice può in definitiva, essere il concetto ideale di gestione resiliente di un fiume.

Il salice è una pianta autoctona dei corsi d'acqua; essendo flessibile, durante le inondazioni si piega senza ostacolare il passaggio dell'acqua rallentandola per poi rialzarsi passata la piena; grazie al suo apparato radicale resistente riesce a consolidare efficacemente le sponde; e proprio per queste sue caratteristiche è spesso utilizzato negli interventi di ingegneria naturalistica. Favorisce condizioni di ombreggiatura sui corpi idrici, riducendo il rischio di eutrofizzazione delle acque. È quindi una specie simbolo che promuove un concetto di riqualificazione fluviale mirata a rafforzare gli ecosistemi e la biodiversità e a favorire per i corsi d'acqua soluzioni flessibili, naturali e più sicure (dal X Tavolo Nazionale Contratti di fiume | Milano 15-16 ottobre 2015).

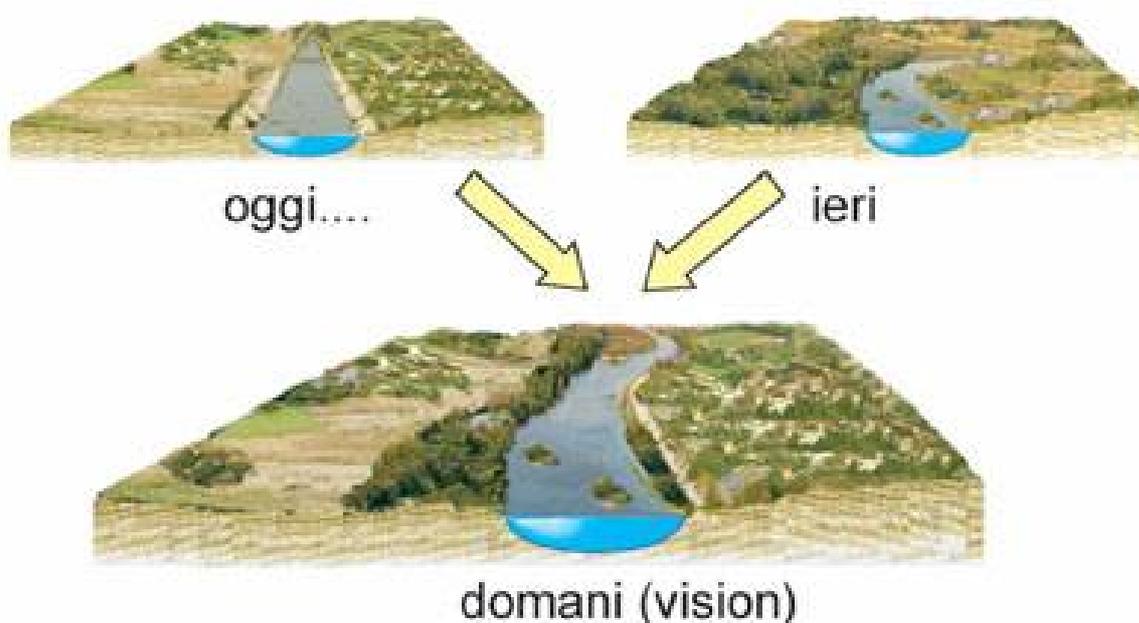


Fig.8.6 – Vision sistema fluviale (da Cirf, 2006)

## ALLEGATO A

### MORFOMETRIA DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

#### *Patterns dei reticoli idrografici*

Dendritico: di forma arborescente sviluppantesi uniformemente in ogni direzione, con un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte; è tipico di terreni omogenei, impermeabili e limitata acclività (Fig 1).

Pinnato: si differenzia da quello dendritico per l'esigua lunghezza dei collettori secondari; è tipico di terreni omogenei, impermeabili e morfologia pianeggiante (Fig.1).

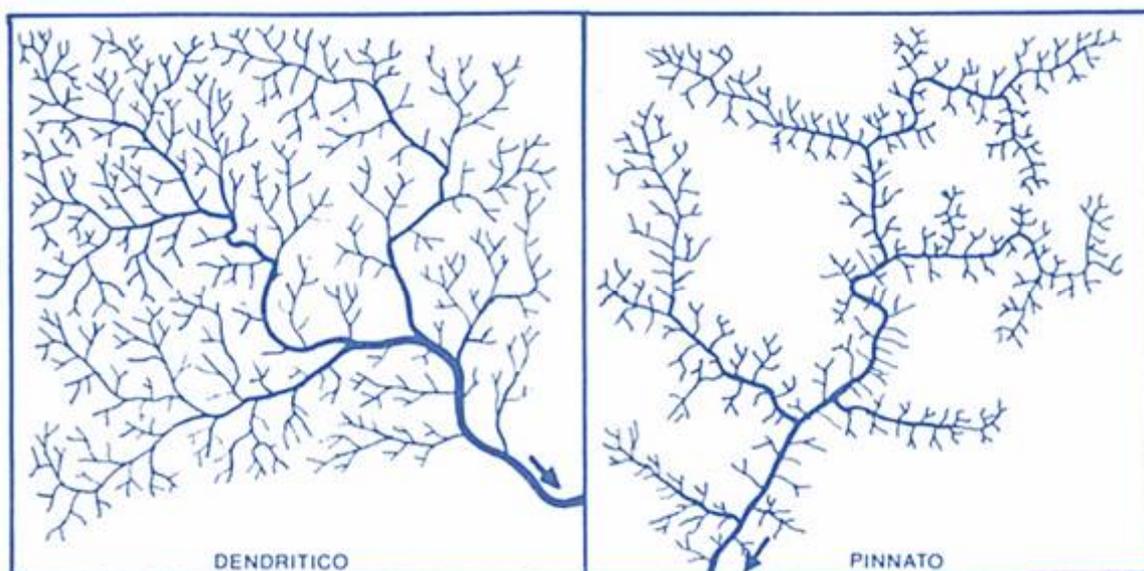


Fig. 1

Subdendritico: si differenzia dal dendritico per la direzione preferenziale ad andamento più o meno parallelo di alcuni rami; indica un certo controllo tettonico di un sistema di fratture più o meno parallele (Fig.2).

Divergente: da un ramo principale si dividono più collettori e da questi altri rami secondari, a formare un ventaglio; caratterizza i delta e i conoidi (Fig.2).

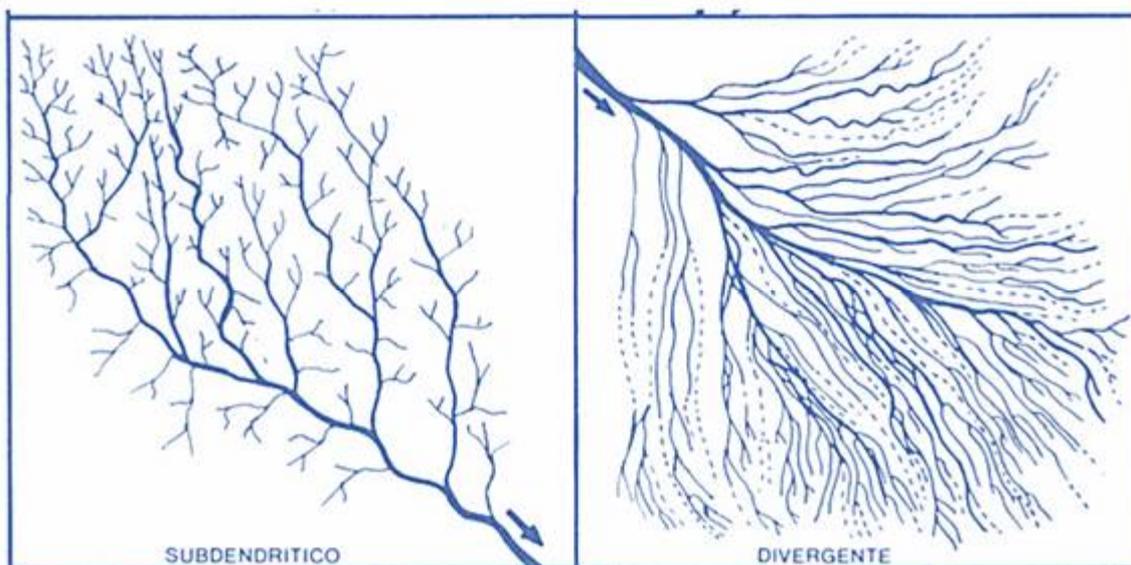


Fig..2

Parallelo: è costituito da collettori subparalleli fra loro; caratterizza terreni impermeabili, con un controllo strutturale di fratture subparallele e a sensibile acclività (Fig.3).

Convergente: al contrario del divergente, mostra una serie di rami dirigentisi verso uno stesso tratto di confluenza; caratterizza terreni poco permeabili a sensibile acclività (Fig.3).

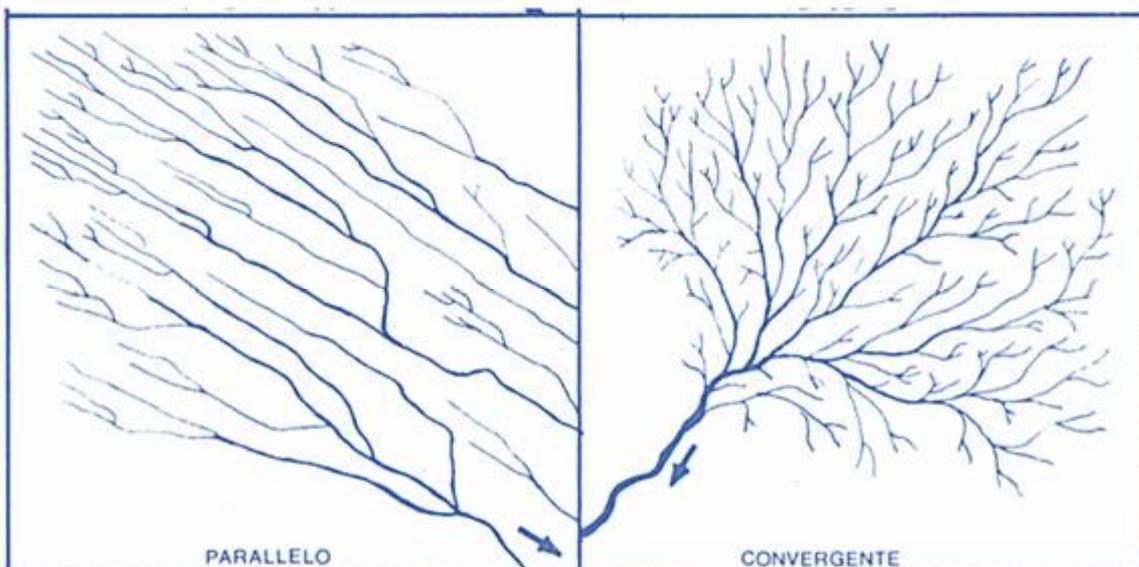
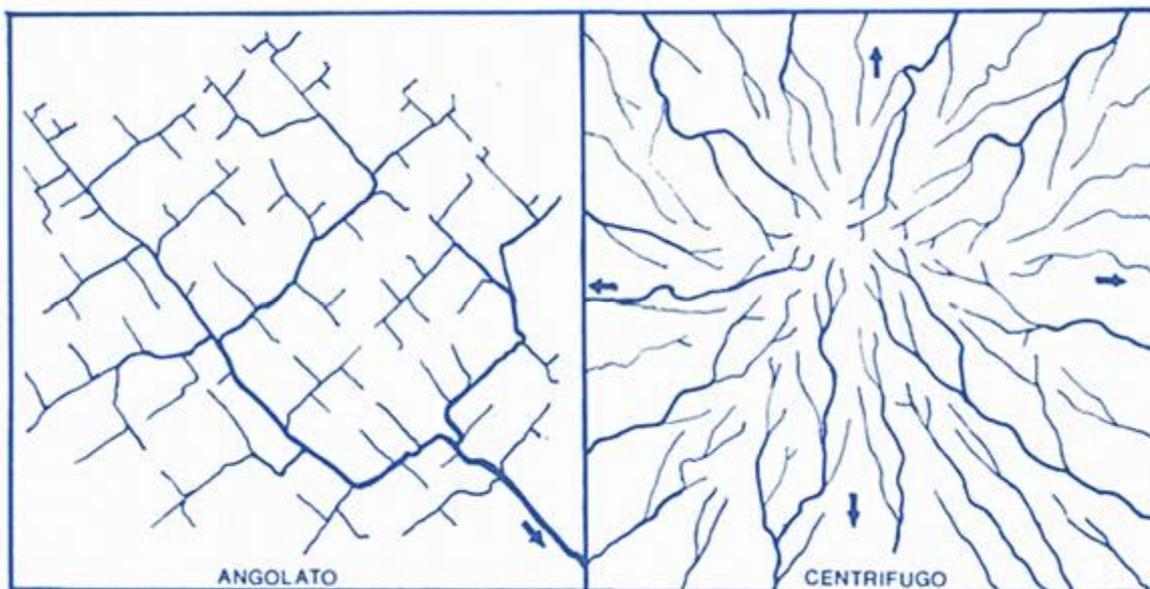


Fig.3

**Angolato:** mostra una ramificazione con due direzioni prevalenti; indica un controllo strutturale di due famiglie di discontinuità (Fig.4).

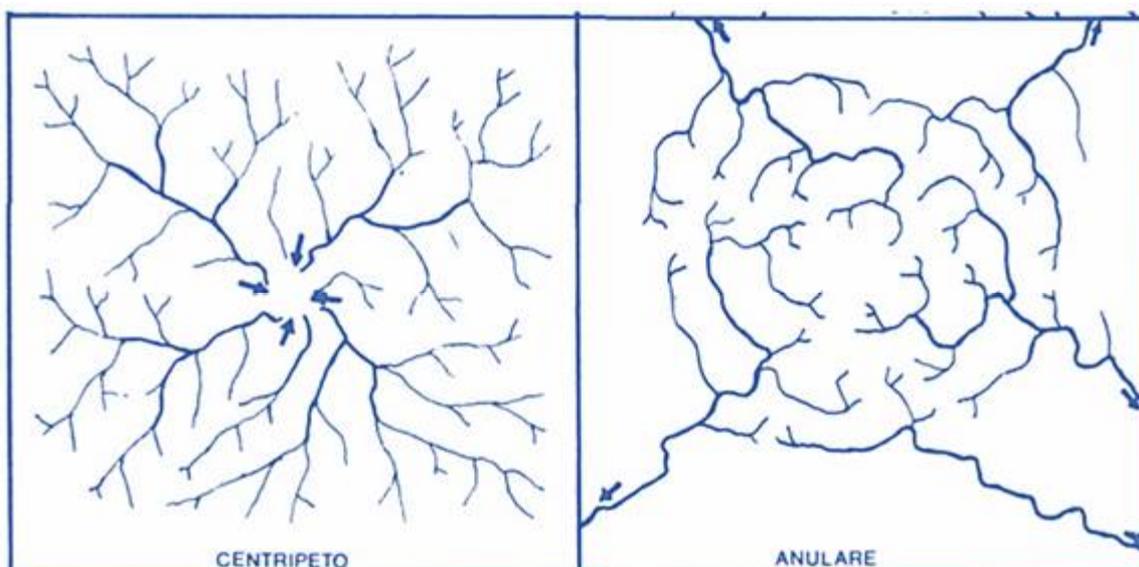
**Centrifugo:** i collettori si irradiano da un'area, che può costituire un cono vulcanico, un domo tettonico, una cupola diapirica, ecc. (Fig.4)



(Fig.4)

**Centripeto:** al contrario del precedente, i collettori si dirigono a raggiera verso una stessa area; questa può essere una depressione tettonica, carsica, vulcanica, ecc. (Fig.5).

**Anulare:** i rami fluviali mostrano in prevalenza andamenti concentrici; si forma su rilievi a gradinata, determinati da alternanze di litotipi a diversa erodibilità (Fig.5).



(Fig.5)

Un esempio di analisi realizzato nella dorsale di Santa Maria Nuova (AN) nella quale si rileva un reticolo a Nord nel bacino del F. Esino con pattern di tipo convergente condizionato dalla formazione delle Argille Azzurre, mentre a Sud, nel bacino del F. Musone un reticolo con pattern di tipo parallele con forte condizionamento geologico strutturale delle arenarie di tetto (Fig. 6)

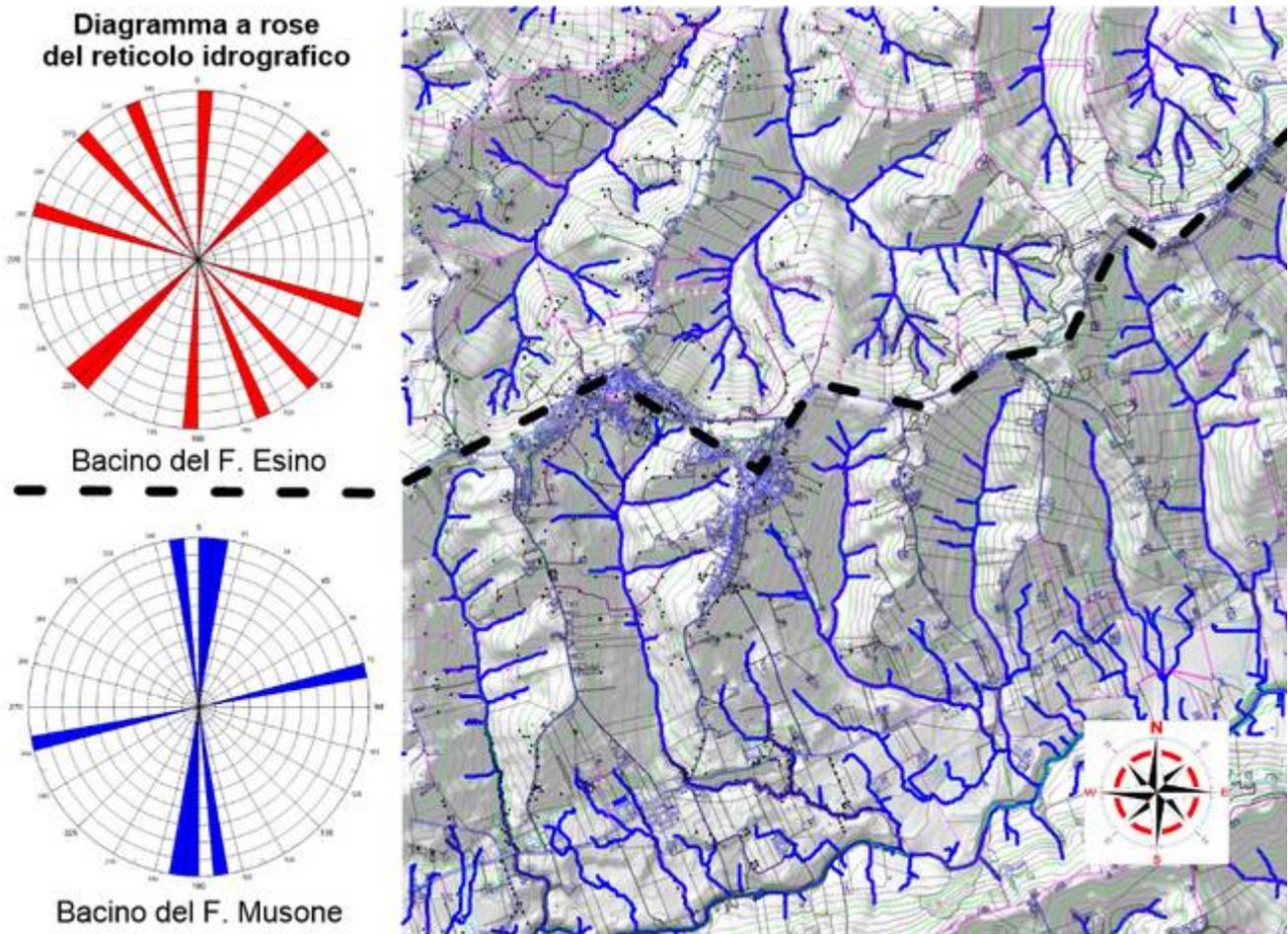


Fig.6 - Da Variante Generale Piano Regolatore Comunale Santa Maria Nuova - Analisi del Sottosistema geologico-geomorfologico (Dignani, 2016)



### Il bacino idrografico

La superficie racchiusa tra le linee di displuvio o spartiacque prende il nome di Bacino idrografico, questi può essere superficiale (topografico) o profondo idrogeologico (freatico) (Figg.8,9)

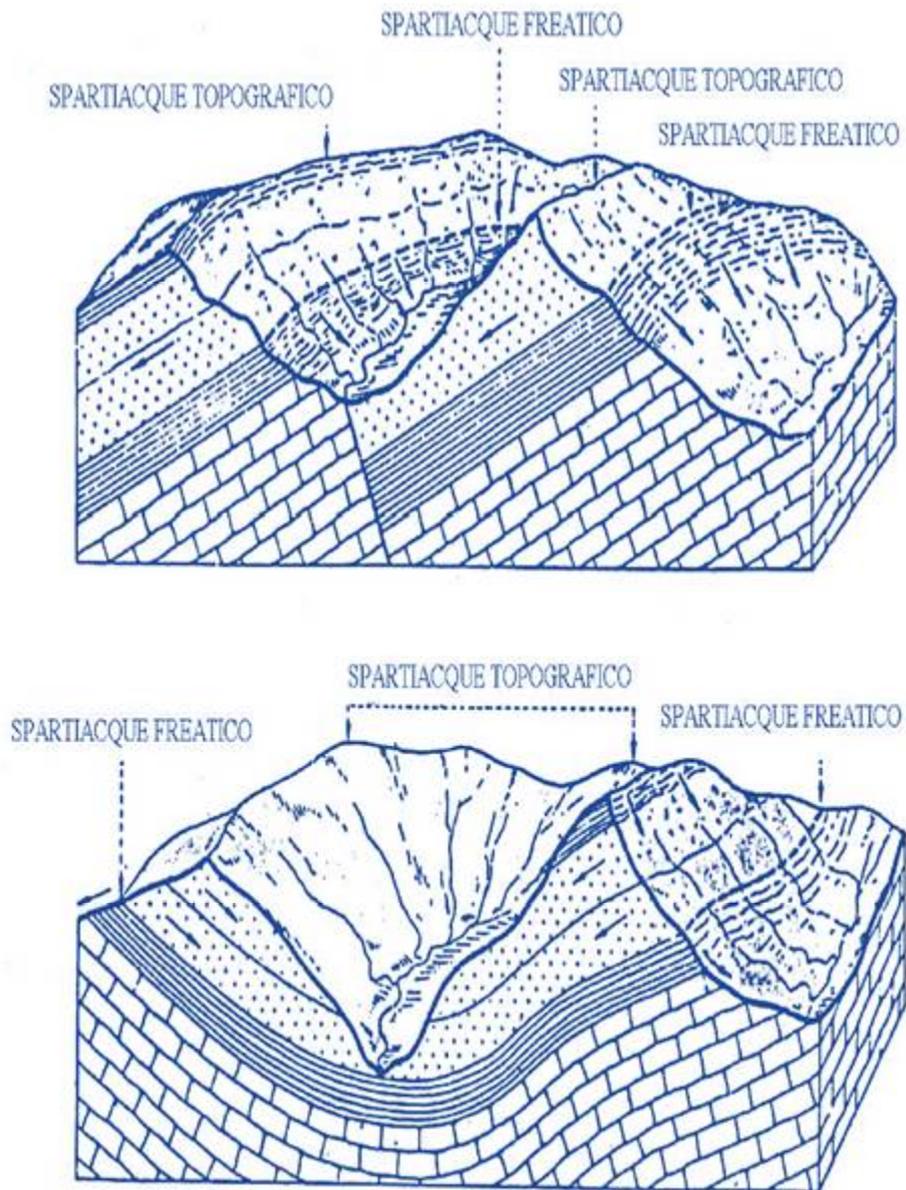


Fig.5.8

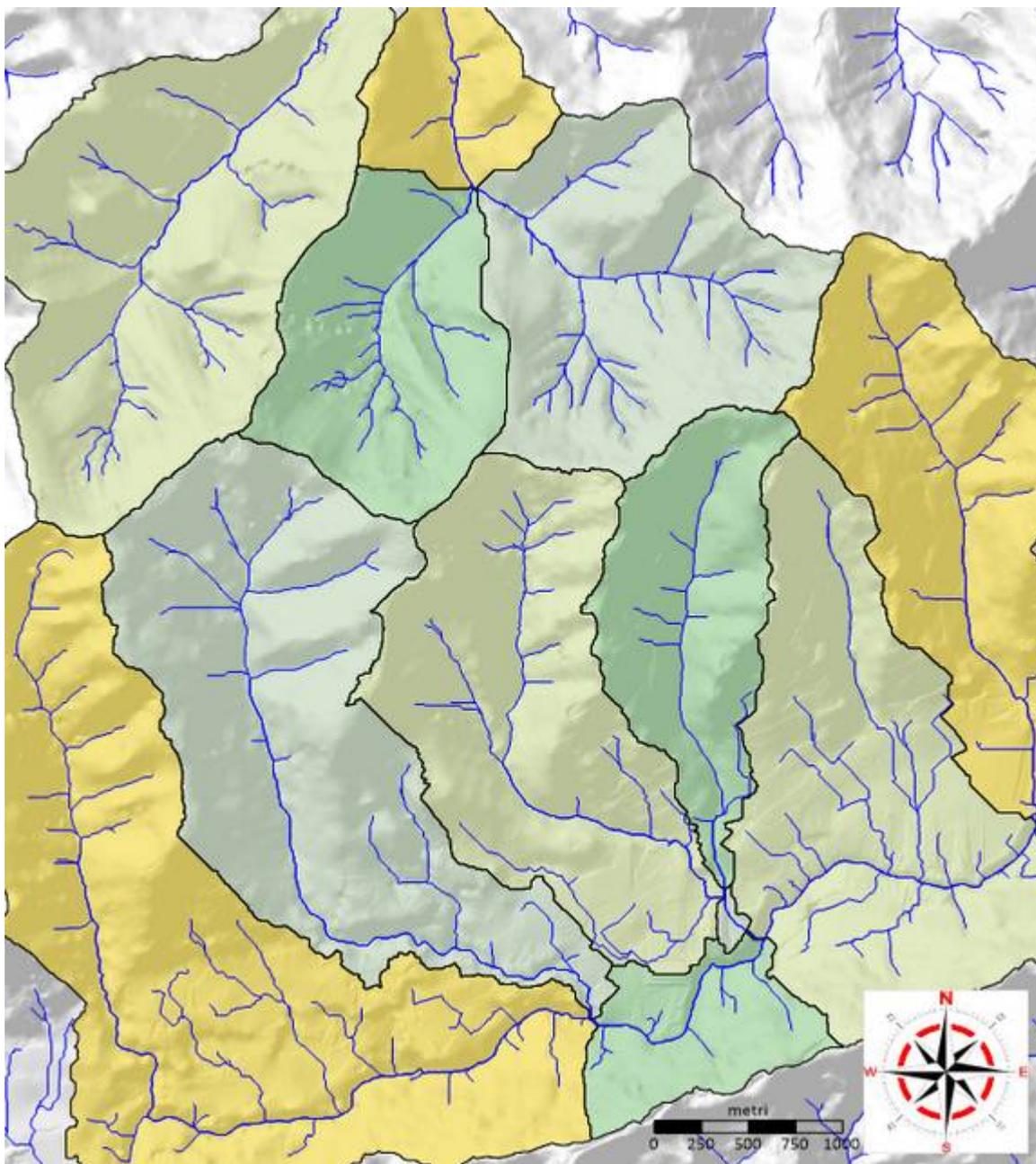


Fig.9 - Definizione di bacini idrografici (Da Variante Generale Piano Regolatore Comunale Santa Maria Nuova - Analisi del Sottosistema geologico-geomorfologico. Dignani, 2016)

Come il reticolo idrografico, anche il bacino idrografico può essere classificato in base alla gerarchizzazione dello stesso reticolo idrografico (Fig.10).

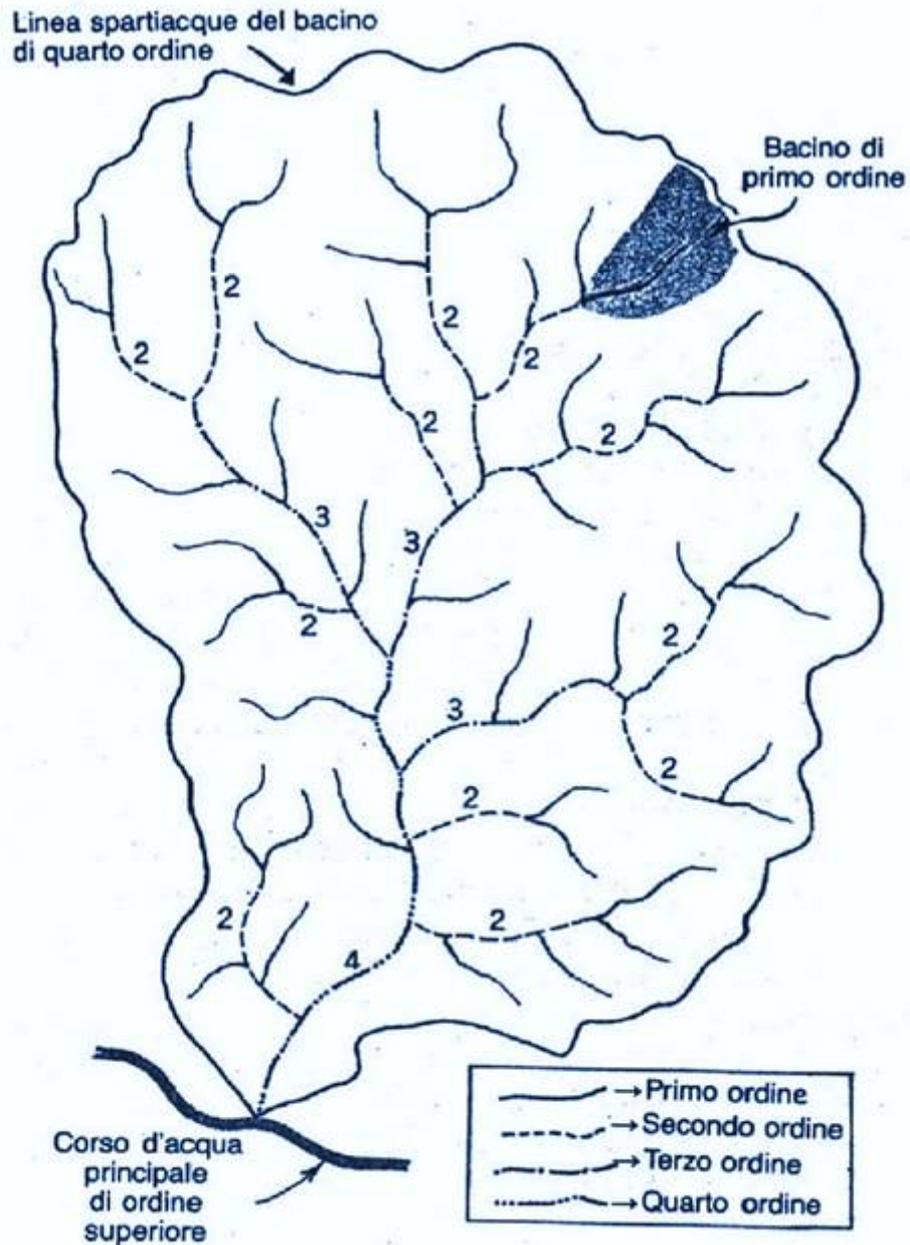


Fig.10

Nella gerarchizzazione dei reticoli idrografici se si indica con  $u$  il numero d'ordine dei segmenti idrografici e con  $N_u$  il numero di segmenti di ordine  $u$ , si trova che  $N_u$  diminuisce regolarmente con l'aumentare di  $u$  \*.

L'organizzazione del reticolo idrografico e quindi il suo grado di gerarchizzazione possono essere espressi mediante vari parametri quantitativi.

Il parametro di base è il rapporto di biforcazione

$$R_b = \frac{N}{N_{u+1}}$$

Prima legge di Horton o legge dei numeri dei corsi d'acqua: in un dato bacino idrografico i numeri che esprimono la quantità dei segmenti fluviali di ciascun ordine tendono a formare una serie geometrica, a partire da un dato segmento di ordine superiore ed a crescere secondo un rapporto costante di biforcazione

La relazione tra ordini e numeri è una funzione esponenziale negativa:

$$N_u = R_b (k-u)$$

dove  $N_u$  è il numero di segmenti di ordine  $u$ ,  $R_b$  il rapporto di biforcazione,  $k$  l'ordine del corso d'acqua principale, dei segmenti idrografici  $u$  il numero d'ordine

Il *tempo di risposta caratteristico del bacino* è dato dall'intervallo temporale trascorso fra l'inizio dell'evento di precipitazione e l'arrivo del colmo di piena alla sezione di chiusura, dipendente dalle dimensioni del bacino, dallo sviluppo del reticolo idrografico, dal regime fluviale, ecc.

Il *tempo di ritardo idrologico in un bacino* viene, invece, rappresentato dall'intervallo temporale che separa il baricentro dell'idrogramma di piena (depurato della portata di base che sarebbe defluita nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento), da quello del pluviogramma netto, ovvero decurtato della parte di pioggia persa per assorbimento e infiltrazione, mentre si parla di tempo di picco per individuare il momento in cui si raggiunge il colmo della piena.

Il comportamento idrologico di un bacino è, per quanto accennato, chiaramente influenzato dalla sua morfologia.

Le caratteristiche geomorfologiche possono essere distinte in planimetriche e orografiche: le prime esprimono le dimensioni geometriche orizzontali (per es. l'estensione ed il perimetro), la forma, l'organizzazione e lo sviluppo del reticolo fluviale, mentre le seconde esprimono il rilievo (per es. l'altezza media) e le pendenze (sia dei versanti che delle aste fluviali).

Tutte queste caratteristiche sono solitamente descritte tramite parametri di tipo globale relativi cioè all'intero bacino, ma possono essere anche ottenuti o sostituiti da parametri di tipo

distribuito relativi a varie celle di dimensione variabile in cui si suddivide il bacino tramite una schematizzazione "a griglia" (raster), facendo riferimento ad un modello digitale del terreno (DTM).

La superficie di drenaggio è misurata tramite l'area A della proiezione orizzontale del bacino delimitato dallo spartiacque topografico.

Il perimetro P è la lunghezza del contorno del bacino.

La lunghezza L del bacino si assume in genere uguale alla lunghezza dell'asta fluviale principale, misurata lungo l'effettivo percorso dell'acqua, a partire dalla sezione di chiusura del bacino e fino allo spartiacque (non essendo sempre individuabile oggettivamente tale lunghezza, è utile introdurre la cosiddetta lunghezza media cumulata, come somma delle lunghezze medie delle aste di ciascun ordine gerarchico).

Per caratterizzare la forma dei bacini idrografici sono stati proposti vari indici, normalmente legati fra loro, di cui si riportano alcuni esempi:

#### Fattore di forma (Horton)

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Un fattore di forma è dato anche dal rapporto fra la lunghezza L della linea d'impluvio principale e il diametro della circonferenza che racchiude una superficie equivalente all'area del sistema idrografico considerato.

#### Fattore di circolarità (Miller)

$$R_c = 4 \pi \frac{A}{P^2}$$

Il rapporto o fattore di circolarità è il rapporto tra l'area A del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P.

Coefficiente di uniformità è il rapporto

$$1/\sqrt{Rc}$$

Rapporto di allungamento

$$E = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}}$$

Il rapporto di allungamento è il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area A e la lunghezza L dell'asta fluviale principale.

L'andamento altimetrico di un bacino può essere descritto dalla *curva ipsografica*, che si ottiene riportando in un diagramma cartesiano i punti le cui ordinate e ascisse rappresentano rispettivamente la quota e la superficie totale delle porzioni di bacino che si trovano a quote superiori a questa (Fig.11)

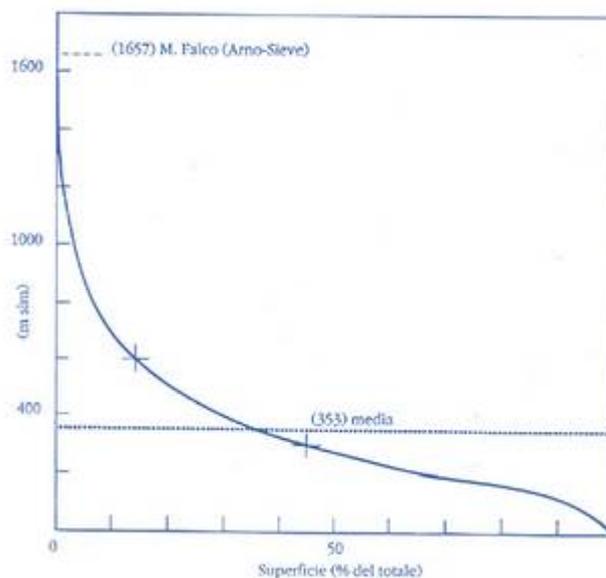


Fig.11

La forma della curva ipsografica dà delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino. Da essa è possibile ricavare: la quota media del bacino l'altezza media (altezza corrispondente alla linea di compenso della curva) l'altezza mediana (altezza alla quale corrisponde nella curva la metà della superficie del bacino).

Un primo indice della *pendenza media del bacino* è quello che si ricava adoperando il metodo di Alvard-Horton: si tratta di misurare la lunghezza totale  $L_v$  delle linee di livello di assegnata equidistanza  $D_h$  e di calcolare la pendenza media

$$I_m = \frac{D_h L_v}{A}$$

Il metodo del reticolato consiste invece nel sovrapporre un reticolato a maglie quadrate alla rappresentazione topografica del bacino, misurare in corrispondenza di ogni nodo del reticolato la minima distanza intercorrente tra due curve di livello, calcolare il rapporto tra la differenza di quota tra le due isoipse e tale distanza minima, ottenendo così una pendenza locale. La media aritmetica delle pendenze locali sarà la pendenza media del bacino.

Il più semplice è il rapporto tra il rilievo del bacino prima definito e la lunghezza

Calcolo semplificato della pendenza media di un bacino sulla base del profilo longitudinale

Un altro è dato dalla pendenza della retta di compenso che individua, intersecando la curva del profilo longitudinale del corso d'acqua, un'area sovrastante ed una sottostante uguali fra di loro (Fig.12)

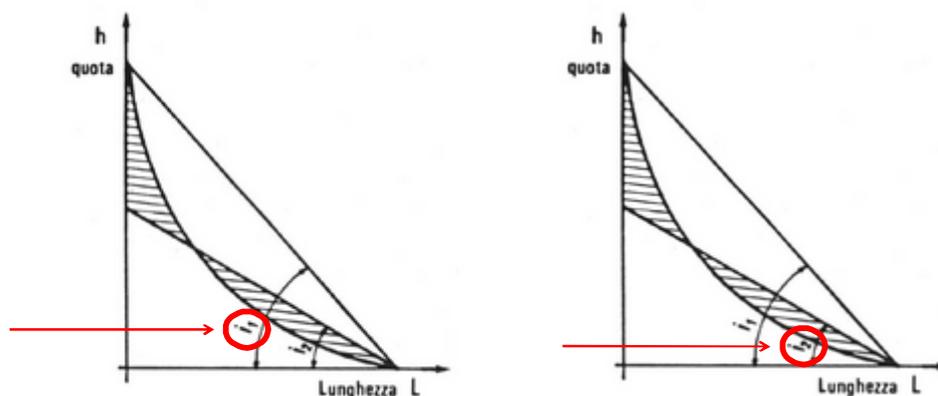


Fig.12

Nella definizione del bacino idrografico una importante dato di analisi è rappresentato dal *tempo di corrivazione* (tempo teoricamente richiesto ad una goccia d'acqua per giungere dal punto più distante alla sezione di chiusura del bacino) che è un parametro caratteristico di ciascun bacino e sta alla base di alcuni tradizionali metodi per il calcolo della massima piena. Il tempo di corrivazione può risultare dipendente da lunghezza, area, quota media, pendenza media del bacino e dall'intensità di precipitazione, ed è minore in bacini di ridotte dimensioni e a carattere montano.

Ricordiamo le principali formule:

- **Formula di Giandotti**

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_{media} - h_{min}}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

A = area del bacino (km<sup>2</sup>)

L = lunghezza dell'asta principale (km)

$h_{media}$  = quota media del bacino (m s.l.m.)

$h_{min}$  = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)

Questa espressione è ottimale per bacini di superficie compresa tra 170 e 70000 km<sup>2</sup>

- **Formula di Pezzoli**

$$t_c = \frac{0,055 L}{\sqrt{i}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

L = lunghezza dell'asta principale (km)

i = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

- **Formula di Viparelli**

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

L = lunghezza dell'asta principale (km)

V = velocità media di deflusso all'interno dei canali, con valori suggeriti dall'autore compresi tra 1 e 1,5 m/s. il valore di V utilizzato nel presente lavoro è di 1,5 m/s.

- **Formula di Puglisi**

$$t_c = 6 L^{2/3} (h_{max} - h_{min})^{-1/3}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$h_{max}$  = quota massima del bacino (m s.l.m.)

$h_{min}$  = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

- **Formula di Tournon**

$$t_c = \frac{0,396 L}{\sqrt{i}} \left( \frac{S}{L^2} \sqrt{\frac{i}{i_v}} \right)^{0,72}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$i$  = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

$S$  = area del bacino (km<sup>2</sup>)

$i_v$  = pendenza media del versante (adimensionale)

- **Formula di Ventura**

$$t_c = 0,127 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$S$  = area del bacino (km<sup>2</sup>)

$i$  = pendenza media dell'asta principale (adimensionale)

- **Formula di Kirpich (1940)**

$$t_c = 0,000325 L^{0,77} i_v^{-0,385}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$i_v$  = pendenza media del versante (adimensionale)

### Il coefficiente di deflusso

Non tutto il volume d'acqua che precipita sulla superficie del bacino contribuisce alla formazione dei deflussi superficiali perché parte di esso si infiltra nel terreno o si invasa momentaneamente nelle depressioni superficiali.

Sono stati proposti diversi metodi per stimare il coefficiente di deflusso, ossia il rapporto tra la quantità d'acqua defluita da una sezione di chiusura e la quantità d'acqua affluita nel bacino sotto forma di precipitazione.

Il metodo proposto da Kennessey (1930) presuppone che il calcolo del coefficiente di deflusso medio di un bacino sia la somma di tre componenti legati, rispettivamente, *all'acclività topografica media del bacino (Ca), alla sua copertura vegetale (Cv) ed alla permeabilità media del terreno (Cp)*.

Generalmente una maggiore acclività media contribuisce ad un aumento del deflusso, a discapito dell'infiltrazione e dell'evapotraspirazione.

La presenza, invece, di una fitta copertura vegetale ostacola il deflusso superficiale rallentandolo e favorendo, quindi, l'infiltrazione. Inoltre, bisogna considerare la perdita per effetto dell'evapotraspirazione. I terreni che hanno una buona permeabilità riducono il deflusso superficiale contribuendo ad aumentare la perdita per infiltrazione.

Inoltre, il coefficiente di deflusso è influenzato dalle condizioni meteo climatiche dell'area esaminata: infatti il coefficiente di deflusso è fortemente influenzato dalla distribuzione degli eventi meteorici nell'arco dell'anno, piuttosto che dai valori delle altezze di precipitazione e della temperatura. Generalmente, una maggiore quantità d'acqua caduta sul bacino associata a temperature elevate comporta una maggiore evapotraspirazione, con conseguente diminuzione del deflusso superficiale; diversamente, se alla stessa quantità d'acqua sono associate basse temperature il deflusso superficiale sarà maggiore.

L'acqua compie un ciclo chiuso il cui motore è rappresentato dall'energia solare e dalla forza di gravità. L'espressione che viene utilizzata per la stima del bilancio idrogeologico (Fig.13):

$$P = ETR + R_g + I_g$$

dove:

$P$  = quantitativi di precipitazione [mm/a];

$ETR$  = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione reale [mm/a];

$R_s$  = quantitativi d'acqua di ruscellamento superficiale [mm/a];

$l_e$  = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace [mm/a].

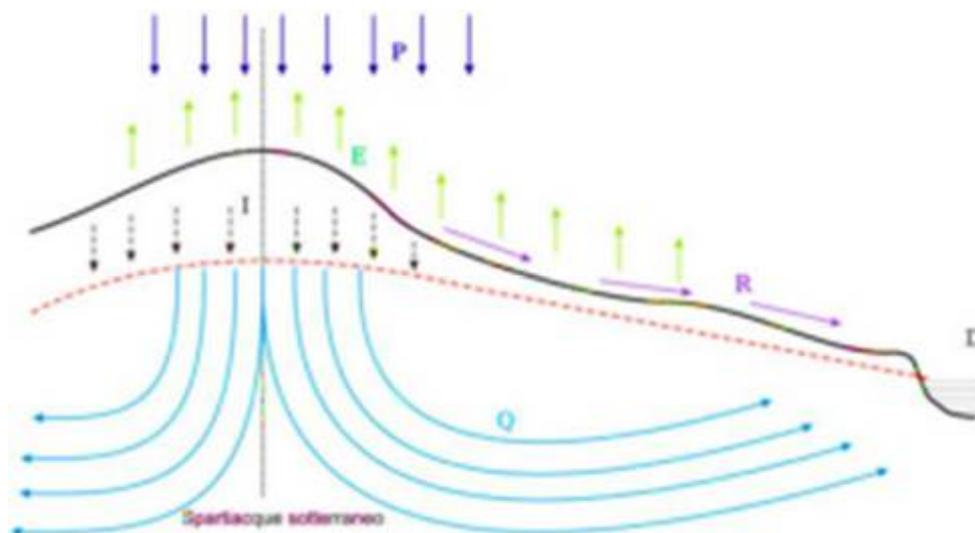


Fig. 13

### *Stima della portata di massima piena*

#### Metodi empirici

L'impostazione concettuale delle formule empiriche, per la determinazione della portata di massima piena, si basa sul concetto di omogeneità idrologica fra bacini idrografici.

Le principali limitazioni di tali formule sono legate non tanto alle metodologie impiegate per il loro sviluppo, che spesso non sono molto differenti da quelle tuttora impiegate, quanto ai pochi dati disponibili all'epoca in cui sono state ricavate.

Alcune di queste formule che hanno avuto un ruolo rilevante nel passato, conservano ancora oggi un certo interesse per valutazioni speditive e di prima approssimazione.

Le formule di Forti (1922) si riferiscono a bacini idrografici inferiori a 1000 Km<sup>2</sup> sui quali la pioggia massima giornaliera mai registrata è inferiore rispettivamente a 200 mm/g e 400 mm/g:

$$q_{max} = 2.35 \frac{500}{A + 125} + 0.5$$

$$q_{max} = 3.25 \frac{500}{A + 125} + 1$$

Per i bacini montani soggetti a piogge elevatissime e superficie del bacino fino a 150 Km<sup>2</sup> De Marchi (1939) ho proposto la formula:

$$q_{max} = 6 \frac{500}{A + 125} + 5$$

Pagliaro (1926) per i bacini con area compresa tra 20 e 1000 Km<sup>2</sup> ha proposto la formula :

$$q_{max} = \frac{2900}{A + 90}$$

La relazione di Scimeni (1928) per bacini inferiori a 1000 Km<sup>2</sup>

$$q_{max} = \frac{600}{A + 10} + 1$$

La relazione di Giandotti (1940), ricavata nei bacini liguri con superficie di bacino tra 2 e 940 Km<sup>2</sup>

$$q_{max} = \frac{532.50}{A + 16.20} + 5$$

### Metodo analitico

Il metodo analitico differisce dalle formule empiriche in quanto esso fornisce, sulla base di uno schema di bilancio idrologico, in cui figura la precipitazione di assegnato periodo di ritorno  $T$  che determina l'evento di piena, la portata di assegnata frequenza probabile.

Il metodo proposto viene anche conosciuto come Metodo Razionale e trova frequente applicazione soprattutto per la stima della portata di massima piena di piccoli bacini. Facendo riferimento al metodo razionale, la portata di massima piena di assegnato periodo di ritorno può essere calcolata dalla relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot h_T \cdot A \cdot k}{t_c}$$

In cui  $A$  è la superficie del bacino espressa  $\text{Km}^2$ ,  $h$  l'altezza di precipitazione espressa in  $\text{mm}$  che cade sulla superficie del bacino dedotta dalla legge di pioggia di fissato periodo di ritorno  $T$ , in corrispondenza di una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  espresso in ore. Inoltre, si indica con  $f$  il coefficiente di deflusso, rapporto tra gli afflussi meteorici ed i corrispondenti deflussi superficiali e  $k$  un fattore di uniformità che tiene conto della non uniformità delle unità di misura utilizzate. Nell'ipotesi di adottare le grandezze con le unità di misura citate si pone  $k=0.2777$ .

### Metodo probabilistico mediante distribuzione a doppia componente TCEV

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni idrologici. Alla base di questa ipotesi sta la difficoltà, con i modelli usuali, di interpretare statisticamente i valori eccezionali, denominati outliers, estremamente più elevati degli altri. La peculiarità del modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) è proprio quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità di Gumbel, la prima, denominata componente base, ha lo scopo di interpretare i valori meno elevati ma più frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) interpreterà i valori più rari ma mediamente più rilevanti.

### Idrogramma di piena

Oltre alla stima della portata di massima piena, molte volte torna utile conoscere, in una sezione di chiusura, l'andamento della portata in funzione del tempo, tale grafico prende il nome di idrogramma di piena (Fig.14)

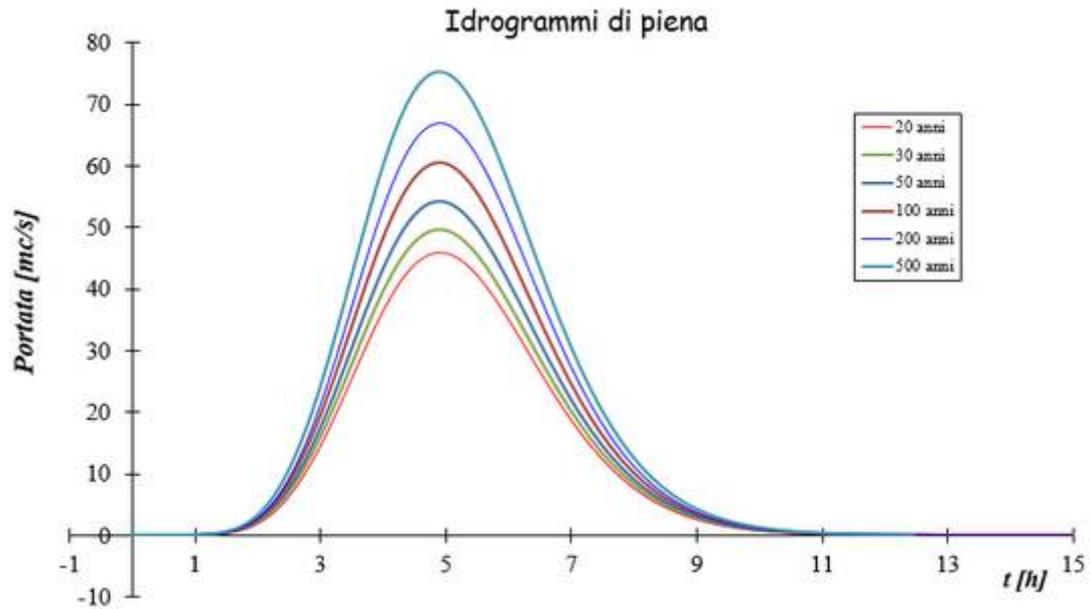


Fig.14

## **ALLEGATO B**

### **RICONNESSIONE SOCIALE – ESPERIENZE**



## **RISERVA NATURALE RIPA BIANCA DI JESI**

### *La storia della riserva*

Fino agli anni Ottanta, l'area dove oggi è presente la Riserva era del tutto lontano dall'apparire come una zona di interesse naturalistico. Nei pressi dell'area calanchiva era situata la discarica di rifiuti del Comune di Jesi; poco lontano era attiva la cava "San Biagio" dove si estraeva ghiaia con ruspe e camion al lavoro; il restante paesaggio era costituito da campi coltivati che arrivavano a ridosso del fiume Esino. Visitare oggi la Riserva è un'esperienza concreta di come dei luoghi fortemente antropizzati possano recuperare il loro aspetto naturalistico originario e ricreare un equilibrio ecosistemico tale da diventare area ricca di biodiversità e soggetta a tutela ambientale. Agli inizi degli anni '90, nel momento in cui le attività umane sono diminuite e la discarica bonificata, una colonia di nitticore si è insediata spontaneamente prima sul fiume e poi sulle rive del lago della cava, la cui attività nel frattempo era cessata. Primo ad accorgersene fu Sergio Romagnoli che, assieme ad altri soci WWF e naturalisti jesini, intraprese una battaglia per la conservazione della colonia di ardeidi individuata. La tutela dell'area è iniziata nel 1997 con l'istituzione da parte del Comune di Jesi dell'area didattica-naturalistica "Sergio Romagnoli", nel frattempo tragicamente scomparso. L'area, estesa per una superficie di 18 ettari, è stata affidata in gestione al WWF Italia ed inserita nel sistema nazionale delle Oasi WWF.

Nel corso degli anni l'area protetta ha ottenuto numerosi riconoscimenti: Oasi di Protezione della Fauna Provinciale, Centro di Educazione Ambientale, Sito di Interesse Comunitario e Zona di Protezione Speciale. Finalmente nel gennaio del 2003 è stata istituita la Riserva Naturale Regionale Generale Orientata Ripa Bianca di Jesi con estensione di 310 ettari, all'interno della quale è presente l'area didattica-naturalistica "Sergio Romagnoli".

La Riserva, a metà strada tra i Parchi Regionali del Monte Conero e della Gola della Rossa e Frasassi, è attraversata dal corso del fiume Esino e rappresenta una delle più importanti zone umide delle Marche con la presenza di circa 150 specie di uccelli, alcune delle quali vere e proprie emergenze naturalistiche regionali e nazionali. Ripa Bianca è una testimonianza concreta di come attraverso un'attenta gestione e interventi mirati di riqualificazione ecologica si può ottenere, anche partendo da una realtà territoriale degradata, un ambiente ricco di biodiversità e piacevole da visitare.

### *Attività di fruizione e educazione*

#### **VISITE GUIDATE**

Il CEA ha realizzato un volantino contenente **le proposte di visita guidata per l'anno 2017-2018**, che è stato diffuso nelle scuole di ogni ordine e grado della provincia.

Nel corso dell'anno **140 classi e 2924 alunni** hanno aderito alle proposte educative e svolto attività di mezza od intera giornata all'interno della Riserva Naturale Ripa Bianca di Jesi. Il numero di alunni che hanno usufruito delle proposte del CEA è aumentato in maniera rilevante rispetto gli scorsi anni grazie alla presenza sia del sentiero a piedi nudi, l'area del Microcosmo e l'area didattica dell'Archeologia, che ha reso possibile l'ampliamento del numero di gruppi ospitabili al giorno (da 2 a 3 gruppi/giorno), sia della diversificazione delle proposte educative con nuovi temi (orienteeering, preistoria, archeologia, geologia).

Il CEA ha svolto inoltre visite guidate di mezza giornata a richiesta per gruppi organizzati, sul tema biodiversità e area protetta, per un totale di **41 gruppi e 830 persone**. Molte richieste sono arrivate per le visite guidate per gruppi di famiglie nel fine settimana.

#### **PACCHETTI DIDATTICI**

Sono stati svolti dei **pacchetti educativi** con le scuole del territorio. Il pacchetto comprende un incontro in classe di approfondimento, una visita guidata esperienziale a Ripa Bianca e un laboratorio creativo a scuola. Le classi che hanno aderito a questi pacchetti sono state in **totale 5 classi con un coinvolgimento di 130 alunni**. Nel dettaglio sono state svolti progetti educativi con la Scuola d'infanzia di Osimo e la Scuola d'infanzia di Corinaldo.

### *POMERIGGI VERDI, COMLEANNI IN NATURA E LABORATORI PER FAMIGLIE.*

In questa annualità abbiamo proposto varie attività per bambini e famiglie, tra le quali la possibilità di festeggiare il proprio compleanno all'aperto e usufruendo del Centro Natura della Riserva: diverse famiglie hanno accolto questa proposta con entusiasmo ed abbiamo organizzato circa 15 compleanni in natura.

### *CAMPI ESTIVI*

Sono stati organizzati, nel mese di giugno 2018, dei campi estivi settimanali per bambini dai 6 agli 11 anni, immersi per una settimana nella natura selvatica di Ripa Bianca. Sono stati organizzati 2 turni da una settimana l'uno e sono stati coinvolti in totale 45 bambini.

### *ALTERNANZA SCUOLA LAVORO e TIROCINI*

Nel mese di luglio il CEA ha ospitato 8 studenti in alternanza lavoro provenienti quattro dal Liceo Classico "Vittorio Emanuele II" di Jesi (modulo di 90 ore) e gli altri quattro dal Liceo Scientifico Leonardo da Vinci di Jesi (modulo di 60 ore). Nel 2018 il CEA ha ospitato nel mese di marzo uno stage formativo di una studentessa del corso di formazione di "Guida Naturalistica o Ambientale Escursionistica"

### *ART BONUS*

In collaborazione con il Comune di Jesi, a seguito del ritrovamento di diversi pali di legno, datati attorno alla metà del sedicesimo secolo, è stato attivato un progetto di Art Bonus per il loro restauro. I pali sono stati depositati presso le strutture del Museo Civico Archeologico di Jesi e del Territorio

### *VOLONTARIATO WWF*

In collaborazione con l'Associazione WWF Marche Ancona-Macerata, tramite apposita convenzione, è stata attivata una attività di continuativa di volontariato per le attività di manutenzione della Riserva, il supporto alle aperture del week end e le attività di censimento dell'avifauna.

## *AFNI*

L'Associazione Fotografi Naturalisti Italiani (AFNI), sezione Marche, ha avviato con il CEA "Sergio Romagnoli" una collaborazione da diversi anni che anche nel 2018 ha visto da parte dell'associazione il supporto all'apertura per le attività di fotografia naturalistica il sabato mattina dalle ore 07.30 a 12.00 e la collaborazione per fornire immagine per le attività di divulgazione del Centro di Educazione Ambientale.

## *CONTRATTO FIUME*

Il CEA ha offerto il supporto alle attività di organizzazione e divulgazione del Contratto di Fiume dell'Esino che vede il Comune di Jesi quale comune capofila e la Riserva come soggetto coordinatore. In particolare, nel 2018 sono il CEA ha collaborato all'organizzazione presso la città di Jesi dei convegni "Stati Generali del Contratti di fiume nelle Marche, il 10 gennaio 2018, e "Ambiente e sicurezza nella gestione delle aree fluviali", il 21 aprile 2018 e presso la città di Senigallia del convegno "Contratti di fiume – Giornata di confronto" il 21 novembre.

## *FORMAZIONE*

Il CEA "Sergio Romagnoli" ha organizzato in collaborazione con il Comitato EDEN - Agricoltura Consapevole il corso di formazione per la creazione e manutenzione di un Orto Sinergico all'interno della Riserva Naturale Ripa Bianca di Jesi.



Volontariato



Educazione

Attività

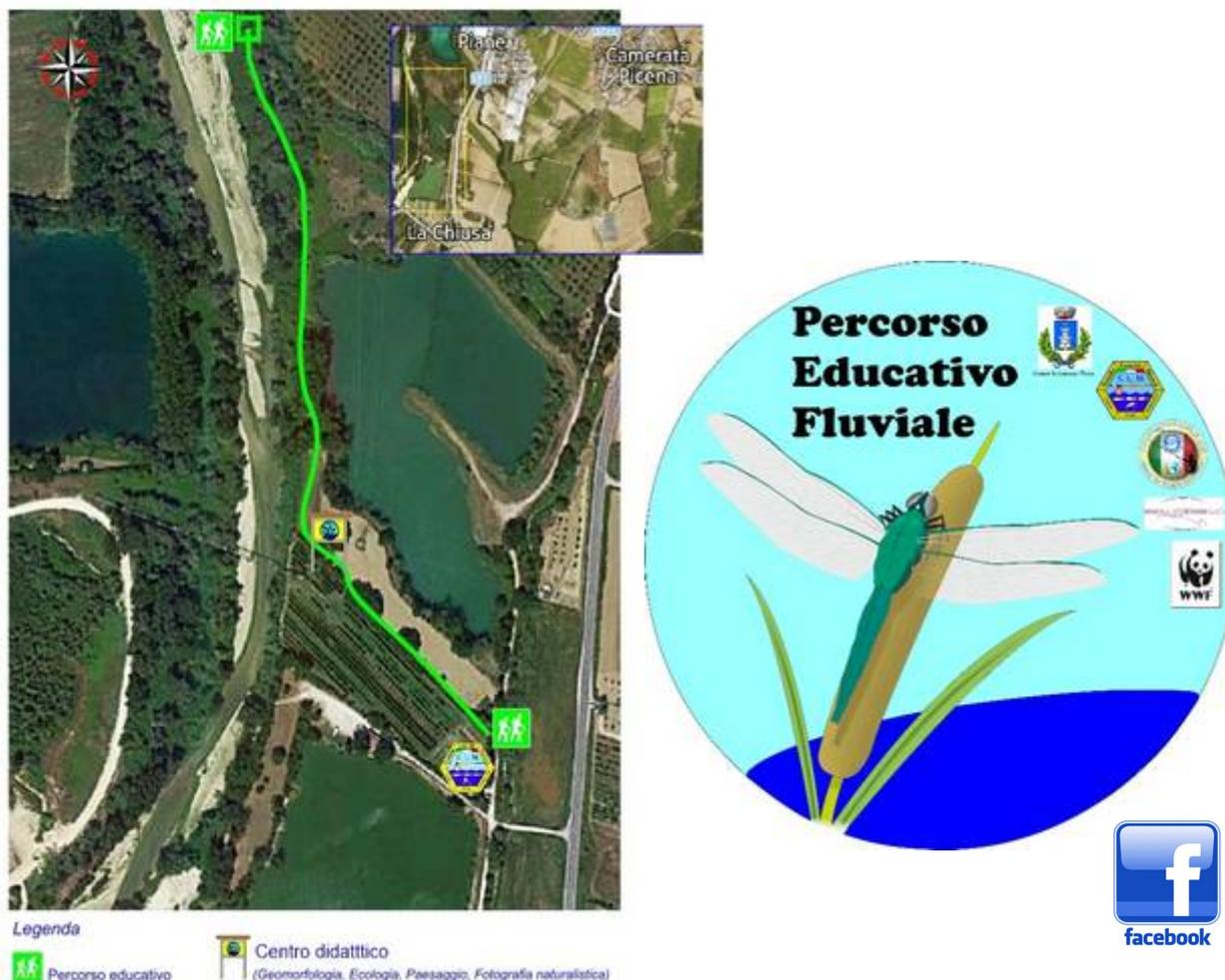
Attività

### **Percorso Educativo Fluviale (Comune Camerata Picena, AN)**

Il Percorso Educativo Fluviale nasce nel 2014 da una idea del Geologo Andrea Dignani, Responsabile scientifico, e di Lucio Santoni, Responsabile didattico, della Scuola Lancio Mosca e con il costruttivo contributo del Comune di Camerata Picena.

Il Percorso ha la finalità di realizzare una azione costante educativa ambientale, per informare sensibilizzare bambini e adulti sul valore naturalistico e sociale del sistema fluviale.

Il Percorso, tracciato sulla sponda destra del fiume Esino, è preso come sistema educativo di riferimento dalle scuole di Camerata Picena e altri istituti della Provincia di Ancona, una occasione per fare didattica ambientale ma anche passeggiate ed eventi ricreativi per adulti e bambini. Lungo il percorso una aula didattica all'aperto con pannelli divulgativi e uno stagno didattico per informarsi vivendo realmente il fiume con i suoi colori, suoni, odori.



*Mapa e logo*



*Il centro didattico*



*Lo stagno didattico*



*Le attività*

## **Bibliografia**

AA.VV. (2016) – *Corso Esperto di Idraulica fluviale* (120 p.) IPA – Fi

AA.VV (2015) – *Corso di modellistica idraulica e idrologica* (150 p.) RUWA

AA.VV (2010) – *Corso Cantieri didattici: Palificata viva Latina - Quaderni di Campo n.2 Esperienza di Ingegneria Naturalistica nelle aree protette abruzzesi.* (60 p.) Ed. WWF, AIPIN Abruzzo, Regione Abruzzo

AA.VV (2010) - *Linee guida alla progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nelle Marche* (120 p.) - AIPIN Marche

AA.VV. (2009) - *Il Trabocco tra scienza e realtà.* (65 p.) Regione Marche, Comune di Montecarotto (AN), Legambiente Marche.

AA.VV (2006) - *La riqualificazione fluviale in Italia – Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio* (830 p.) CIRF – Mazzanti Editori VE

AA.VV (2006) – *La gestione naturalistica del reticolo idrico di pianura* (62 p.) – WWF Italia, Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

AA.VV (2001) - *Manuale di Riqualificazione Fluviale: due significative esperienze in Gran Bretagna* (50 p.) Ed. Mazzanti Editori - CIRF – (Mestre- VE)

AA.VV (1997) – *Corso di specializzazione Elementi di Geologia per l'Ingegneria Naturalistica* (280 p.) AIPIN Bolzano

Bacci M., Bardi S., Dignani A. (2000) ed. WWF Italia – Regione Marche *Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo - Progetto pilota per il Fiume Giano di Fabriano e per la frana di Massaprofoglio di Muccia* (92 p.) – *Supplemento alla Rivista WWF Attenzione* (Roma).

Belfiori D. (2018) – *Progetto per la realizzazione delle Fasce inerbite – PSR Misura 12 – Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi*

Belfiori A., Dignani A. (2011) - *Un modello di gestione geomorfologica del sovralluvionamento locale indotto dalla briglia ENEL nella Riserva naturale regionale ripa bianca di Jesi (AN)* (pp. 27-32) - *Rivista CIRF*

Comune di Jesi, Riserva Naturale Ripa Bianca (2019) – *Relazione Bando Accordo Agro Ambientale PSR Regione Marche*

Comune di Montecarotto (AN) - *Analisi geologiche, geomorfologiche, idromorfologiche del Bacino del Fossato* (2009) – Consulente A.Dignani

Consorzio di Bonifica Marche (2020) - *Progetto definitiva Progetto definitivo esecutivo “Sistemazione erosioni di sponda tratto fiume Esino presso Riserva Ripa bianca Jesi (AN)* (Dignani, 2020)

Comunità Montana dell'Esino Frasassi – *Progetti d'Ingegneria Naturalistica e gestione idrologia nell'area di Montelago di Sassoferrato* (2008) – Progettisti A.Dignani, S.Cofani, M.Fortunati

Consorzio di Bonifica Marche (2018) - *Studio per la mitigazione del rischio idrogeologico del F. Esino*

Consorzio di Bonifica Marche – *Fiume Foglia Progetto di Riqualificazione fluviale tra Diga di Mercatale e loc. S. Leo.* (2014) Progettisti A.Dignani, M.Pandolfi

Consorzio di Bonifica Integrale dei Fiumi Foglia Metauro Cesano – Fiume Foglia Linee guida progettuali per la Riqualificazione fluviale (2013) Consulenti: M.Pandolfi, A.Dignani, A.Fazi

Dignani A. (2016) – *Analisi geomorfologica fluviale F. Potenza - May Fly Club – Sibilla - Sezione dell'Unione Nazionale Pescatori a Mosca (U.N.Pe.M.)*.

Dignani A. (2015) – *Per una nuova definizione territoriale di ambito fluviale (pp. 129-137). In Sguardi nel territorio, per una nuova geografia delle Marche. Ed. Quaderni del Consiglio Regionale delle Marche.*

Dignani A. (2014) - *La Riqualificazione Fluviale per la qualità delle acque superficiali e profonde (pp. 11-12). In Marche Agricole, n.4, aprile 2014, mensile della Confagricoltura di Ancona*

Dignani A. (2013) - *Analisi geomorfologica fluviale del fiume Esino nella Riserva Naturale Regionale Ripa Bianca di Jesi (An) (pp. 22-26) in Gm n.52, rivista ufficiale dell'Ordine dei Geologi delle Marche*

Dignani A. (2013) - *La sistemazione delle scarpate stradali con le tecniche di Ingegneria Naturalistica. (pp. 3-5) In Marche Agricole, n.3 marzo 2013, mensile della Confagricoltura di Ancona.*

Dignani A. (2013) - *Sistemazione dei fossi e dei torrenti con le tecniche di Ingegneria Naturalistica. (pp. 4-7) In Marche Agricole, n.2 febbraio 2013, mensile della Confagricoltura di Ancona.*

Dignani A. (2013) - *Analisi territoriale e progettazione delle opere di sistemazione del suolo con l'ingegneria naturalistica. (pp. 4-6) In Marche Agricole, n.1 gennaio 2013, mensile della Confagricoltura di Ancona.*

Dignani A., Brunelli C. – (2010) *Progetto preliminare per la mitigazione del rischio idraulico nell'abitato di Castelferretti, Falconara M. (AN)*

Dignani A. (2009) - *Dal sistema aperto-integrato per il turismo sostenibile al "Parco Geomorfologico del Lago di Montelago": la valorizzazione di un'unità di paesaggio come supporto per l'economia locale*

Dignani A. – (2008) *Indagine geomorfologica fluviale, analisi territoriale, indicazioni progettuali. Erosione di sponda Fiume Nevola – Provincia di Ancona*

Dignani A. (2007) - *L'analisi fisica come base della riqualificazione fluviale (pp.39-42) in Alberi e Territorio n. IV 6/2007 - Edagricole – Il Sole 24 ore.*

Dignani A. (2004) - *Riqualificazione fluviale e reti ecologiche (pp. 53-55) in "Verso una rete ecologica" (AA.VV.) WWF Italia*

Fondazione Cariplo – *Resilienza tra territorio e Comunità (2015)*

Provincia di Macerata – *Progetto per la realizzazione di un'area umida nell'Oasi della Protezione della Fauna "Lago Le Grazie" Tolentino. Progettisti A.Dignani, C.Brunelli (2007)*

Provincia di Ancona – *Progetto di difesa spondale fiume Nevola. Progettista A.Dignani collab. C.Brunelli, M.Fortunati (2006).*

Provincia di Ascoli Piceno – *Studio e programma delle attività di mitigazione del rischio idraulico e di riqualificazione fluviale del fiume Ete vivo. Consulente A.Dignani collab. C.Brunelli (2006)*

Regione Marche - *Legge Regionale del 18 dicembre 2017, n. 35*

Regione Marche – *Piano di Tutela delle Acque (2007)*

Regione Marche – *Piano di Assetto Idrogeologico (2004)*

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2011-2016) IDRAIM – sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua (400 p.) - Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua di (ISPRA)

Rinaldi M. (2006) - La prospettiva geomorfologica e le applicazioni nella gestione degli alvei fluviali.

Rinaldi M. & Simoncini C. (2006) - Studio geomorfologico del Fiume Magra e del Fiume Vara finalizzato alla gestione dei sedimenti e della fascia di mobilità

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi - Quadro Generale delle Opere per la Riquilificazione Fluviale e la Mitigazione del Rischio Idrogeologico” D. Belfiori, A.Dignani (2019)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi - Progetto Preliminare per la difesa e messa in sicurezza del manufatto idraulico del fosso collettore Fontedamo e della strada di accesso alla riserva naturale ripa bianca – Progettista Dignani (2019)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi – Progetto preliminare di difesa spondale - Messa in sicurezza Centro visite Riserva. Progettista A.Dignani (2016)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi - Progetto di difesa spondale - Messa in sicurezza Strada e parcheggio delle Riserva. Progettista A.Dignani (2015a)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi - Progetto di difesa spondale - Messa in sicurezza strada di accesso Riserva. Progettista A.Dignani (2015b)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi – Progetto di riqualificazione ambientale delle aree di laminazione naturale del F. Esino. Progettisti: D.Belfiori, A.Dignani, C.Brunelli, C.Scoccianti (2012)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi - Progetto di riqualificazione della scarpata fluviale con opere di Ingegneria Naturalistica. Messa in sicurezza strada di accesso Riserva. Progettista A.Dignani (2011)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi – Progetto di Massima. Progetto di riqualificazione ambientale delle aree di laminazione naturale de lfiume Esino. Progettisti: D.Belfiori, A.Dignani, C.Brunelli, C.Scoccianti, A.Sorbi (2010)

Riserva Naturale Regionale Ripa bianca di Jesi – Progetto per la realizzazione di un argine a coronella. Progettisti M.Bacci A.Dignani (1999)

Schiechtl-Stern (1994) - Ingegneria Naturalistica - Manuale delle costruzioni idrauliche

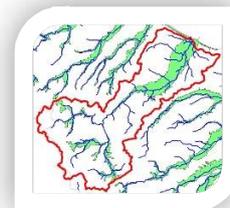
Tesi di Laurea magistrale presso l'Università di Urbino: Analisi morfodinamica di un tratto del fiume Esino (Ripa Bianca) per la valutazione dell'aggiustamento geomorfologico dell'alveo. (2018) – Relatore Prof. Olivia Nesci, Co-Relatore Dott. Andrea Dignani, Laureato Francesco Barchiesi

Tesi di Laurea triennale presso l'Università di Urbino: Analisi sperimentale della portata del Fiume Esino in una sezione a Jesi Ancona, Marche (2014) - Relatore Prof. Olivia Nesci, Co-Relatore Dott. Andrea Dignani, Laureato Francesco Barchiesi.

Info:

[www.riservaripabianca.it](http://www.riservaripabianca.it)

[www.geostudiodignani.it](http://www.geostudiodignani.it)



Il presente testo è tutelato dai diritti d'autore dall'art. 2578 C.C. e dall'art. 99 della legge 633/41