



COMUNE di Sant'Agata di Puglia

(Provincia di Foggia)

Piazza XX Settembre, 7 - cap.71028

www.comune.santagatadipuglia.fg.it



0	21.07.2016	PER EMISSIONE					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	VISTO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Art. 23 D.Lgs. 50/2016

DESCRIZIONE :

Relazione Tecnica Illustrativa

Tav.

A

MESSA IN SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE
PUBBLICHE E PRIVATE MEDIANTE
SISTEMAZIONE IDRAULICHE DEL "TORRENTE FRUGNO"

SCALA

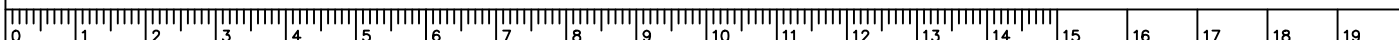
DATA

LUGLIO 2016

Il progettista - UTC

Il RUP

PROPRIETA' RISERVATA : A TERMINE DI LEGGE LA SOCIETA' SI RISERVA LA PROPRIETA' DEL PRESENTE DISEGNO CHE PERTANTO NON PUO' ESSERE
RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI, SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA DITTA STESSA.





1. PREMESSE

Il presente progetto prevede la “Messa in Sicurezza delle Infrastrutture Pubbliche e Private mediante Sistemazione Idrauliche del Torrente Frugno”, in Agro del Comune di Sant'Agata di Puglia (FG), localizzando gli interventi lungo il suo alveo a partire dalla sua foce che si innesta nel torrente Calaggio fino alla prossimità del comune di Accadia per una lunghezza dell'asta principale di circa 10 Km.

La sistemazione dell'alveo variano sostanzialmente in funzione del punto dove verrà localizzato l'intervento. Il Frugno si presenta, di norma a profilo longitudinale e trasversale irregolare, prevalentemente sottoposto ad azione erosiva, gli interventi più comuni consistono in opere di difesa a carattere locale (rivestimenti, massicciate, muri, pennelli, briglie, ecc.) o in opere di correzione (rettifiche di tracciato, arginature, ecc.), la cui efficacia può essere locale o estendersi su segmenti relativamente lunghi. Poiché queste opere devono contrastare l'azione di correnti piuttosto veloci, che trasportano materiale anche grossolano, devono avere strutture massicce.

Le opere in progetto riguardano interventi mirati al contenimento dei livelli della piena duecentenaria, a protezione di infrastrutture e punti critici.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Il "Torrente" FRUGNO Provincia di Foggia, nasce presso Anzano di Puglia a quota 877 metri s.l.m. sul versante opposto al torrente Fiumarella, e un affluente di sinistra del torrente Calaggio presso le rovine del Convento di S. Antuono a quota 252 metri s.l.m., la sua asta principale ha una lunghezza complessiva di 21 Km con un Bacino Idrografico di circa 63 Km².

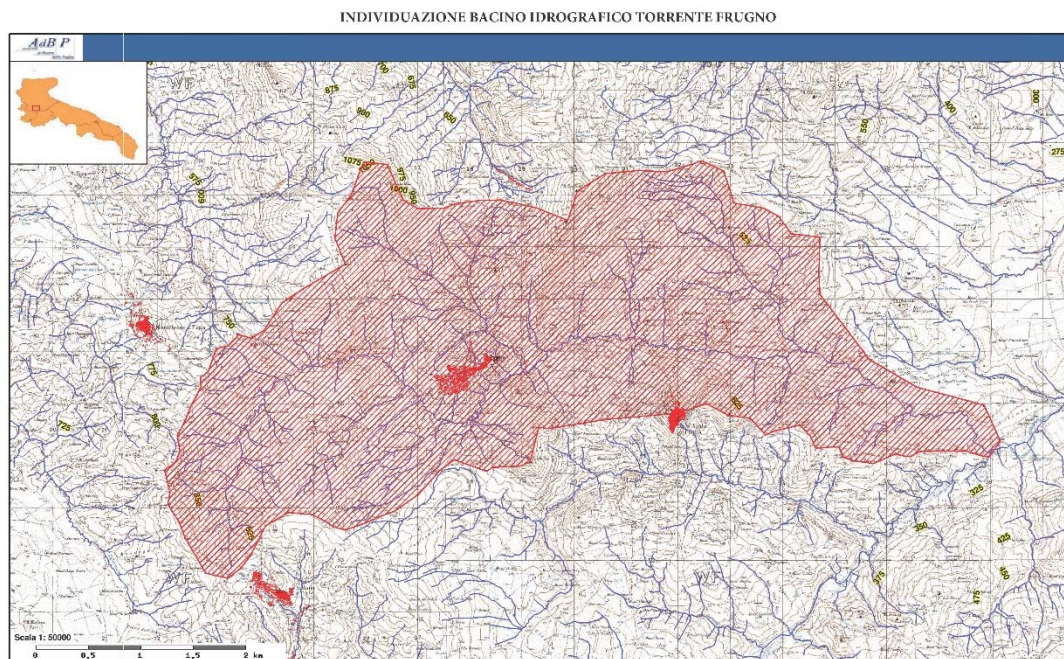
Si rileva la morfologia in pendenza del sito, in senso longitudinale secondo l'andamento dell'alveo del torrente Frugno: la variazione altimetrica complessiva, tra l'area di monte e la foce del torrente Frugno all'innesto al torrente Calaggio è di circa 625 metri con pendenza media del 3%. Pertanto l'andamento dell'alveo è di tipo torrentizio.

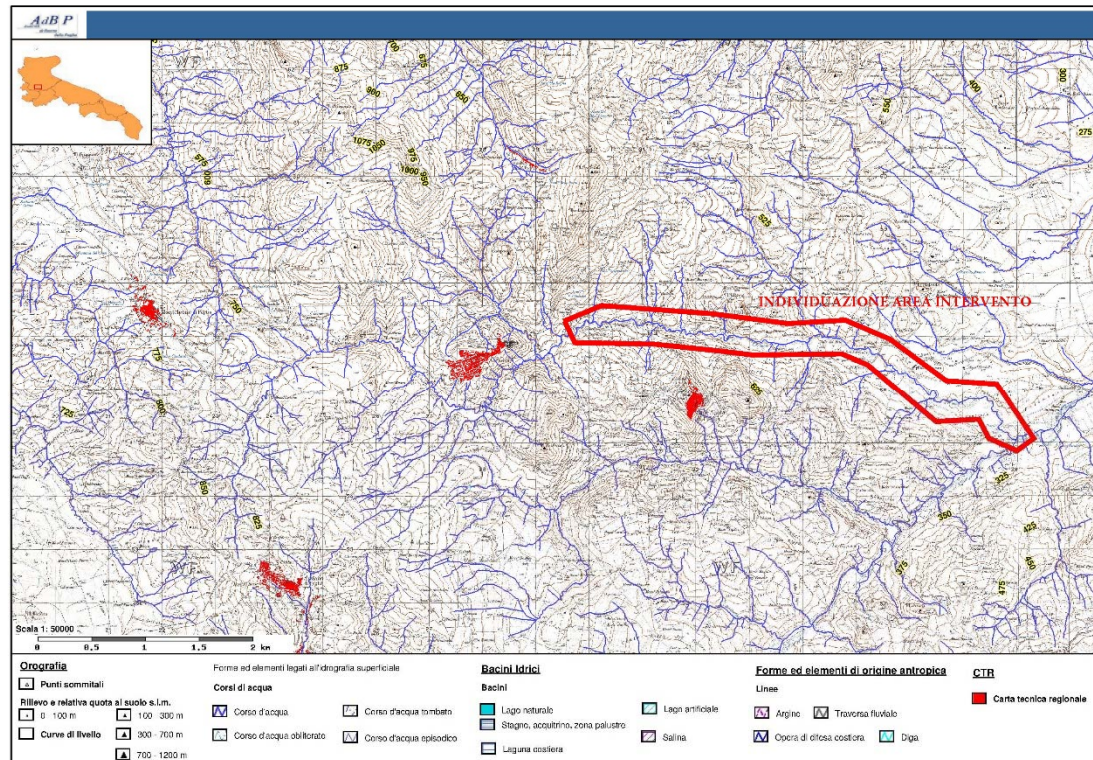
Costeggiato dalla strada Candela-Accadia S.P.137 e S.P.101.

L'area destinata al presente progetto prevede la “Sistemazione Idraulico Forestale del Bacino Torrente Frugno”, in Agro del Comune di Sant'Agata di Puglia (FG), localizzando gli interventi

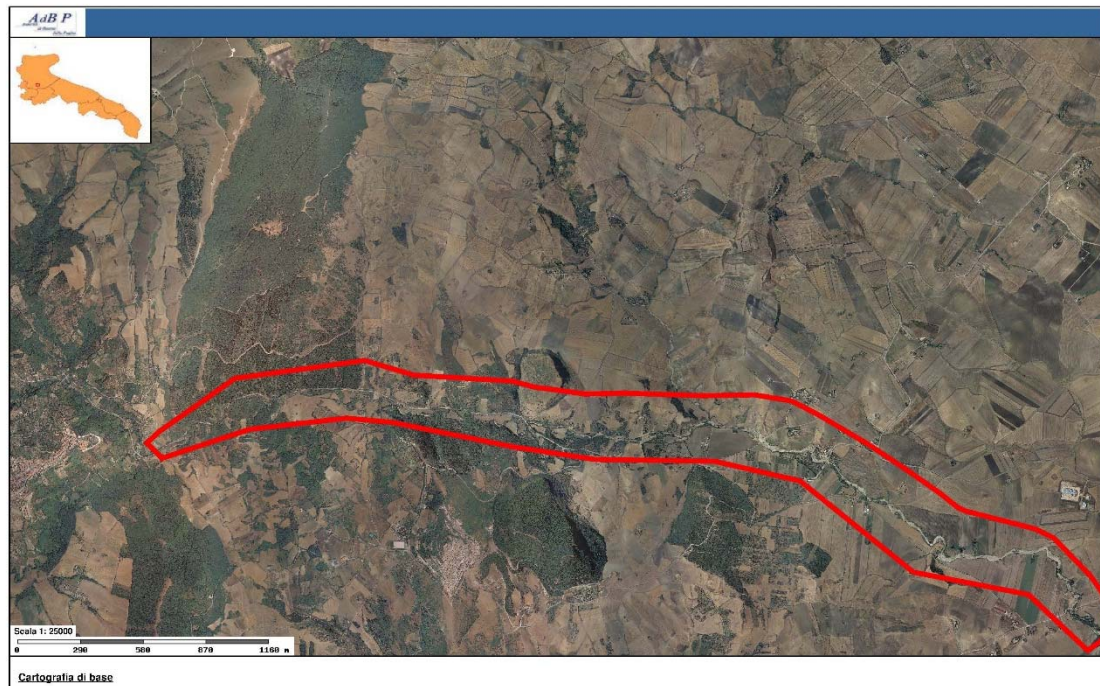
lungo il suo alveo a partire dalla sua foce che si innesta nel torrente Calaggio fino alla prossimità del comune di Accadia per una lunghezza dell'asta principale di circa 10 Km.

Il mutamento dell'assetto idraulico connesso con il presente progetto, nei confronti di un evento di piena duecentennale, rappresenta pertanto un primo tassello da apporre per la messa in sicurezza del territorio comunale, e delle infrastrutture che si intersecano con l'andamento dell'alveo.





ORTOFOTO GENERALE - INDIVIDUAZIONE AREA INTERVENTO



3. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO:

La fase di individuazione e valutazione del rischio termina con la realizzazione di specifiche mappe atte ad individuare le aree suscettibili al rischio.

Una volta nota la fonte del rischio e le aree esposte è necessario procedere con la fase di mitigazione del rischio, intesa come l'insieme delle attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi individuati durante l'attività di previsione.

È possibile intervenire in situazioni di rischio idrogeologico con interventi di tipo strutturale (Creazione di zone di laminazione, sistemazione argini, adeguamento della rete idrografica, rimozione ostacoli al deflusso, ecc.) o non strutturale (limitazione edificabilità nelle zone a rischio, piani di protezione civile, ecc.). Gli interventi strutturali hanno in genere costi elevati, e sono giustificabili solo in condizioni di rischio eccezionale. Con tali interventi è possibile ridurre la pericolosità del rischio con due criteri: intervenendo sulle cause predisponenti (ad esempio mediante opere di bonifica e di sistemazione idrogeologica del territorio), oppure intervenendo direttamente sui fenomeni esistenti al fine di prevenire la loro riattivazione o limitare la loro evoluzione, mediante interventi di stabilizzazione.

Gli interventi di tipo strutturale presuppongono opere di ingegneria o opere di manutenzione straordinaria al fine di migliorare le condizioni del territorio e ridurre al minimo la probabilità di accadimento di un evento calamitoso. Naturalmente la sostanziale differenza è dettata dalle scale spaziali e temporali dei processi fisici coinvolti, dall'approccio scientifico finalizzato alla previsione ed alla mitigazione del rischio, di frane e inondazioni. Le inondazioni sono ben definite nello spazio, potendo avvenire solo in corrispondenza di corsi d'acqua di specifiche caratteristiche, sono provocate dal mutuo interagire dei, più o meno complessi, fenomeni di formazione e concentrazione dei deflussi all'interno di una rete fluviale, in funzione dell'estensione dei bacini coinvolti.

Si rimarcano gli obiettivi dell'intervento tesi a realizzare, in particolare della portata di piena di riferimento ($TR=200$ anni), sì da ridurre il rischio idraulico nei territori del comune di Sant'Agata di Puglia situati a valle, consentendo in alveo il deflusso compatibile con la capacità di smaltimento del Frugno.



Pertanto, come è ormai prassi consolidata è preferibile, predisporre da parte dell'Amministrazione Comunale un adeguato Capitolo del Piano di Protezione Civile che regoli le procedure da porre in atto durante un evento di piena. Le procedure di cui sopra dovranno prevedere, in caso di allerta meteo e di allarme piena, l'interdizione all'accesso alle aree sede d'intervento, nonché la sorveglianza ed il presidio degli organi di immissione, sfioro e restituzione, sì da allontanare le persone dalle zone a rischio.

Data la complessità del problema e sopra tutto la morfologia del territorio, è stata prevista come opera di mitigazione del rischio una sistemazione delle arginature, con sistemazione dell'alveo in corrispondenza dei ponti presenti lungo la S.P.137 e S.P.101, che consente la difesa dell'area di interesse ed eviti fenomeni di scalzamento e sifonamento delle fondazioni dei ponti e la protezione delle infrastrutture che attraversano l'alveo (condotte Idriche, Telefonia, ENEL, ..)

4. VALUTAZIONE PRELIMINARE E MAPPE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Le mappe di pericolosità e rischio, elaborate entro il termine di scadenza 22 giugno 2013 ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, contengono le aree in cui possono verificarsi fenomeni alluvionali e la relativa determinazione del rischio sulla base delle informazioni di dettaglio derivante principalmente dalle carte tecniche regionali.

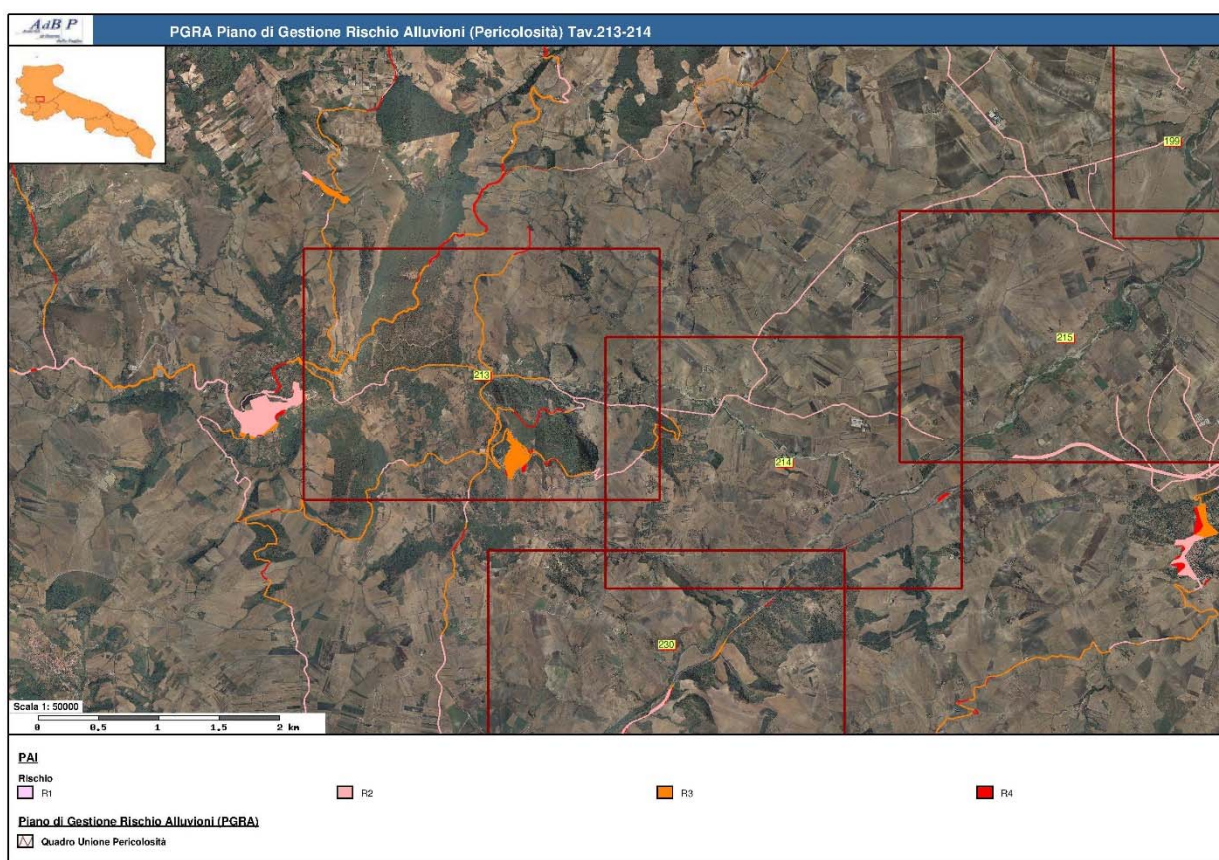
In merito all'utilizzo delle mappe come strumento conoscitivo per la pericolosità idraulica è opportuno precisare quanto segue:

1) le mappe della Direttiva Alluvioni non sostituiscono il Piano di Assetto Idrogeologico, il quale resta l'unico strumento normativo di vincolo sul territorio, attraverso i seguenti articoli del Titolo II

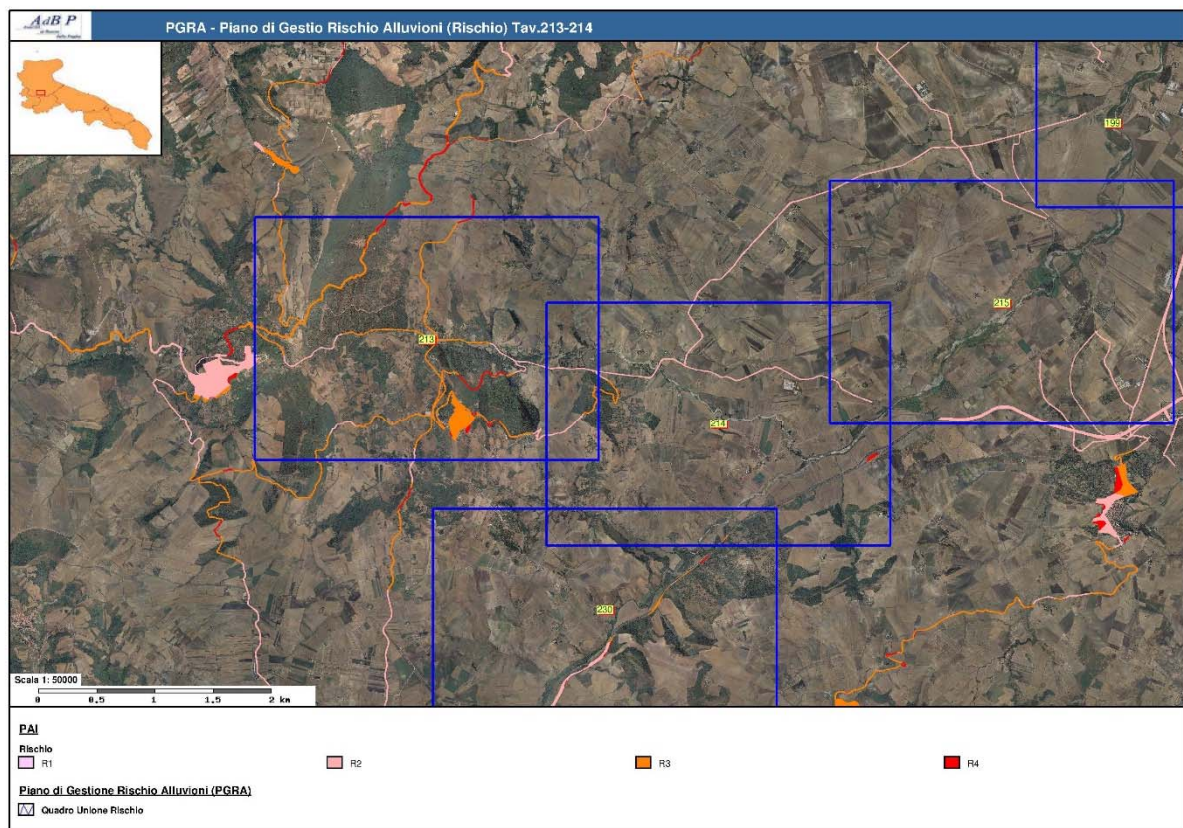
- Assetto Idraulico delle Norme Tecniche di Attuazione:

- art. 4. Disposizioni generali,
- art. 6. Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali,
- art. 7. Interventi consentiti nelle aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.),
- art. 8. Interventi consentiti nelle aree a media pericolosità idraulica (M.P.),
- art. 9. Interventi consentiti nelle aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.),
- art. 10. Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale.

A conclusione della lettura delle mappe di pericolosità e rischio, nonché dalle attività conoscitive in essere presso questa Autorità di Bacino per il continuo processo di aggiornamento delle aree a pericolosità idraulica, anche a partire dai recenti eventi alluvionali, è possibile ricavare le aree a rischio significativo sulla base delle quali identificare gli interventi per la messa in sicurezza del territorio. Le aree a rischio significativo (v. allegato D) sono raggruppamenti di elementi esposti di rilevante importanza - quali tessuti urbani, insediamenti produttivi, infrastrutture strategiche di pubblica utilità - insistenti in zone soggette a pericolosità idraulica, sia individuate nelle mappe di pericolosità e rischio, sia determinate attraverso analisi geomorfologiche o idrauliche.



PGRA - Piano di Gestione Rischio Alluvione (Pericolosità) Tav. 213-214



PGRA – Piano di Gestione Rischio Alluvione (Rischio) Tav. 213-214

5. ANALISI DELLE CRITICITÀ CONNESSE ALLE INTERFERENZE TRA LA RETE INFRASTRUTTURALE E IL RETICOLO IDROGRAFICO

Le attività (con scadenza dicembre 2015), in accordo con gli indirizzi del PPA dell'Asse II del PO FESR 2007 – 2013, approvato con D.G.R. della Puglia n. 850/2009 e modificato con D.G.R. della Puglia n. 1969/2010, relativamente all'Azione 2.3.6 - "miglioramento del sistema dell'informazione, del monitoraggio e del controllo nel settore della difesa del suolo", intendono restituire un quadro completo, coerente ed aggiornato delle criticità connesse all'interferenze del reticolo idrografico con i principali assi viabili (ferrovie, autostrade, strade statali e provinciali).

Nello specifico si è giunti a censire, in modo sistematico, nel territorio della Regione Puglia, 1417 opere di attraversamento fluviale, per ognuna delle quali è disponibile la geometria desunta da rilievi topografici di dettaglio realizzati ovvero acquisiti appositamente mediante affidamento di servizi con procedure di evidenza pubblica.

Acquisite le caratteristiche geometriche degli attraversamenti, la fase successiva consiste nell'individuazione delle opere che presentano potenzialmente maggiore criticità.

A tal fine si procede all'implementazione del modello idraulico a partire dalle geometrie dell'opera di attraversamento. La procedura adottata consente di ricavare in maniera speditiva sia il valore della portata di riferimento sia la criticità dell'attraversamento mediante il calcolo dell'Indice di Danneggiabilità Idraulica.

Lo studio si compone delle seguenti fasi:

- individuazione delle sezioni fluviali del reticolo idrografico del territorio pugliese aventi area contribuyente maggiore o uguale di 25 km²;
- censimento e georeferenziazione delle opere di attraversamento che hanno diretta interferenza con il reticolo idrografico, classificate in rapporto all'asse di trasporto cui fanno riferimento (ferrovia, autostrada, strada statale, strada provinciale);
- rilievo topografico delle sezioni di attraversamento e determinazione delle principali caratteristiche geometriche ed idrauliche del corso d'acqua;
- analisi idrologica di tipo speditivo per ciascuna sezione considerata, propedeutica alla successiva analisi idraulica

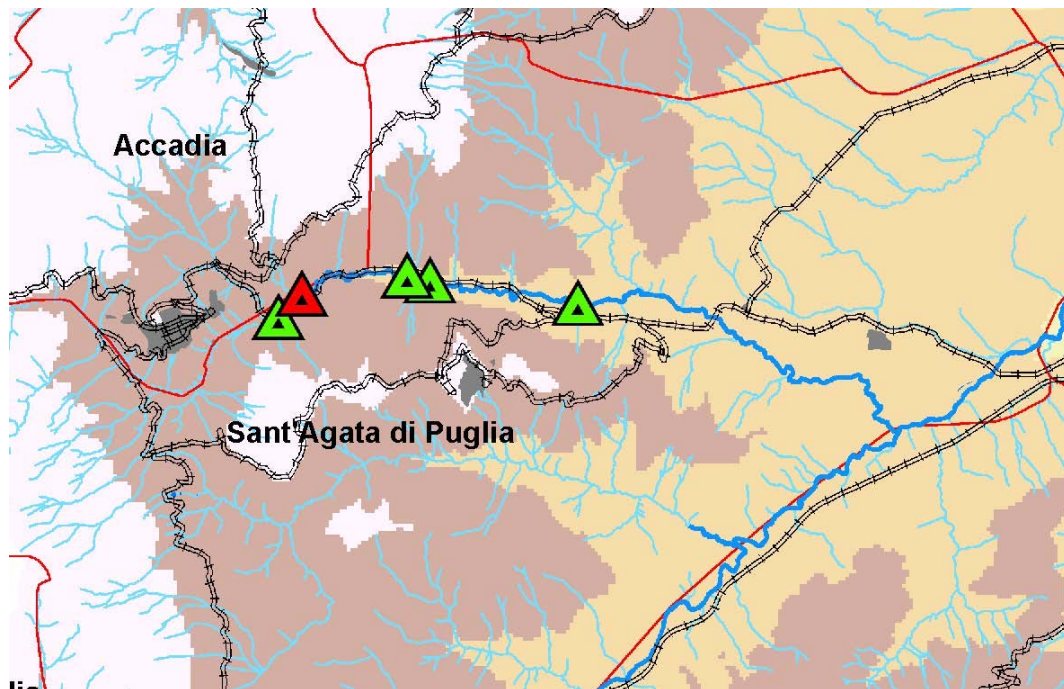


Figura Rilevata dal PGRA Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (Opere di attraversamento idraulico critiche per l'ambito territoriale omogeneo "Fiumi Settentrionali" Tav. 3.3.2

Dalla tavola si individuano tutti gli attraversamenti presenti sulle strade con delle criticità di pericolo di fatti gli attraversamenti sono oggetto di fenomeni di erosione e sifonamento.



Ponte sulla S.P.101 Contrada Bastia

6. ANALISI IDROLOGICA E MORFOLOGICA

L'analisi morfologica effettuata su base CTR Regionale ha permesso di individuare il bacino tributario del Torrente Frugno, la cui superficie risulta di 62,80 Km², in sintesi riportiamo i seguenti elementi principali, mentre la metodologia adottata è il metodo del Curve Number (CN).

BACINO TORRENTE FRUGNO	
A = Area di Bacino [Km ²]	62.80
Hmax = H massima del bacino [m]	877
Hmin = H minima del bacino [m]	252
L= Lunghezza dell'asta princ.[Km]	21
ia = pendenza media astaprinc.	0,0298

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method", detto comunemente Curve Number), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P > I_a$ il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

S_0 è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A,B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 1 - Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	$0 < P < 50$
II (Umidità media)	$50 < P < 110$
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

Tabella 2 - Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III), in quanto trattasi di aree non urbanizzate.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il GRUPPO C (Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione).

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri S ed Ia a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo" t_L (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto t_L/t_c è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m³/s) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m³, ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_P}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_P t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm, il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km², si ottiene:

$$Q_P = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come "tc".

Le massime portate al colmo degli idrogrammi teorici calcolati, si verificano per la durata della pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino. Le portate massime si riducono ai seguenti valori:

TR = 200 anni	$Q_{\max} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$
---------------	---------------------------------------

7. MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HECRAS versione 5.0, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System.

Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati. Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche) e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare. HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 200 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica.

8. PROFILO DI MOTO PERMANENTE

Le simulazioni sono state condotte utilizzando **valori di portate variabili lungo il percorso delle aste fluviali e in funzione dei bacini afferenti alle sezioni interessate.**

In particolare, allo scopo di definire le effettive condizioni di deflusso delle piene, sono stati calcolati i valori di portata parziali relativi a bacini intermedi afferenti a sezioni corrispondenti a punti singolari dell'asta fluviale; in questa maniera, la portata finale è pari alla sommatoria delle portate cumulate derivanti dai bacini parziali identificati lungo l'asta.

9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELL'ALVEO

Con il termine torrente si indica il tratto di un corso d'acqua caratterizzato da:

- Bacino relativamente poco esteso
- Pendenze elevate
- Portate modeste caratterizzate da una elevata variabilità temporale
- Trasporto solido costituito da materiale di grosse dimensioni

La sistemazione dei torrenti

- Stabilità dei versanti

- Interventi volti a ridurre i fenomeni erosivi sul bacino, specie quelli localizzati
- Terrazzamenti, seminagione di essenze adeguate, opere di drenaggio
- Stabilità delle sponde
- Muri di sponda, scogliere longitudinali
- Protezione in pietrame, gabbionate, etc
- Briglie
- Stabilità dell'asta
- Interventi sul profilo del corso d'acqua, con l'obiettivo di modificare i fenomeni di erosione e trasporto solido
- Briglie
- Soglie di fondo

Il conseguimento di un'efficace difesa idraulica del territorio presuppone l'adozione, da parte degli organi competenti, di adeguati piani di intervento, mirati essenzialmente alla riduzione del rischio idrogeologico e basati su idonee opere di difesa idraulica ed adeguate scelte di pianificazione territoriale al fine di conseguire un'opportuna integrazione tra interventi strutturali, regolamentazione dell'uso del suolo, previsione e gestione delle piene.

Nell'ambito degli interventi di sistemazione dei corsi d'acqua torrentizi è possibile individuare, in linea generale, due tipologie di opere:

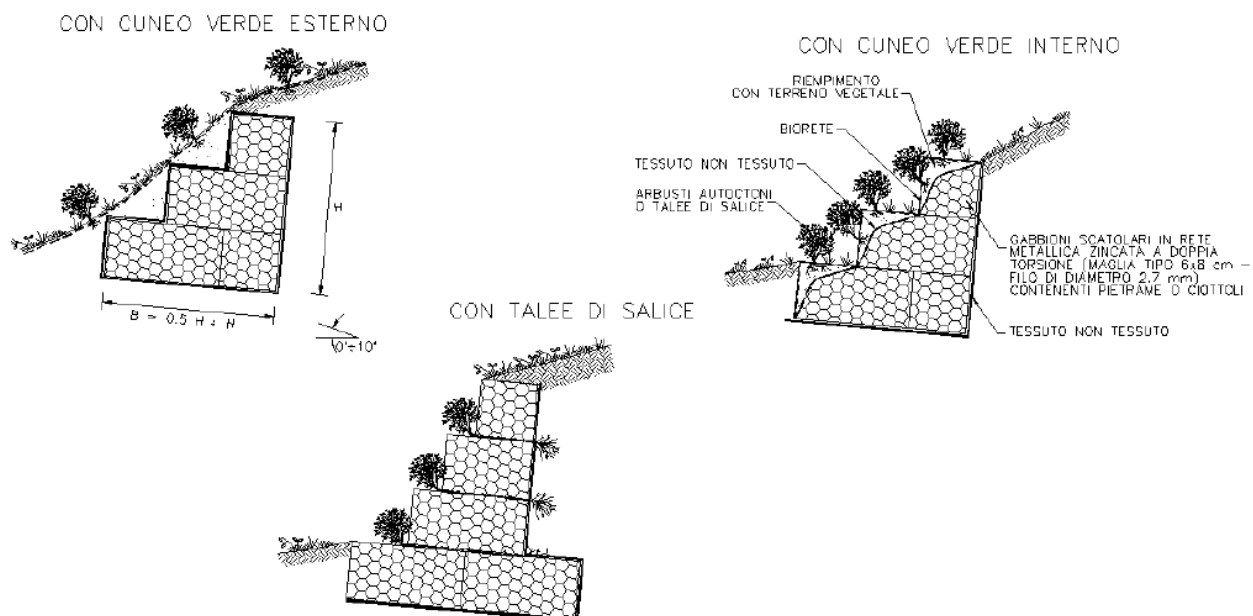
- **opere estensive:** dirette alla ricostruzione della copertura vegetale e ad assicurare la stabilità dei versanti che insistono sul reticolo idrografico, mediante le tecniche della bioingegneria e dell'ingegneria naturalistica;
- **opere intensive:** realizzate in corrispondenza dei corsi d'acqua che si vogliono sistemare, dimensionate secondo i criteri ed i metodi dell'ingegneria civile.

Tali opere, in particolare, si suddividono in:

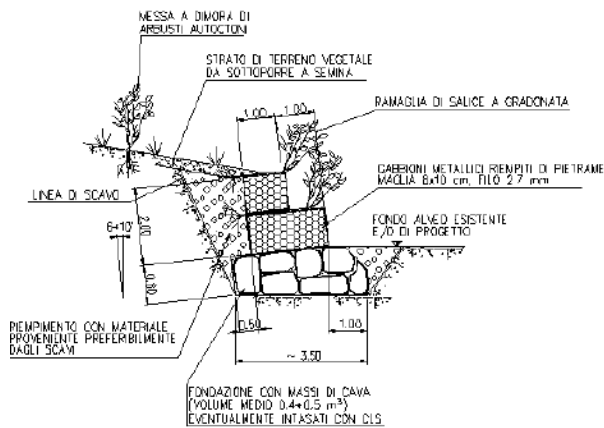
- **opere trasversali**, alle quali viene affidato il compito di definire una nuova pendenza del corso d'acqua in modo da limitarne il trasporto solido e i conseguenti fenomeni erosivi;
- **opere longitudinali**, (a sviluppo prevalente nella direzione della corrente fluviale), o difese spondali, volte ad evitare l'erosione delle sponde del corso d'acqua specie quando questa possa compromettere la stabilità dei versanti. Peraltro, va evidenziato come talvolta la difesa delle sponde può essere ottenuta anche mediante opere trasversali (pennelli) le quali, protraendosi verso l'alveo mantengono lontano dalle sponde il vivo della corrente,

definendo così la nuova linea di sponda. A questi interventi è possibile, inoltre affiancare le arginature, pur se, come evidenziato, la necessità di contenere le portate di piena all'interno dell'alveo.

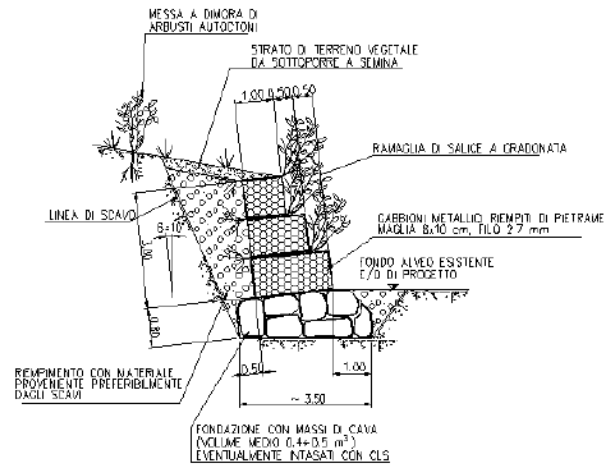
Una prima tipologia di intervento di difesa longitudinale è rappresentata dai muri di sponda: questi possono essere realizzati in pietrarame eventualmente anche a secco o in calcestruzzo armato o le gabbionate. Come per i muri di sponda, anche per i gabbioni è opportuno prevedere un opportuno approfondimento della struttura, in modo da evitare fenomeni di scalzamento al piede in occasione delle piene. Una efficace soluzione può essere garantita con la realizzazione di una fondazione diretta, purché il piano di posa si trovi ad un quota tale da non subire lo scalzamento provocato dall'azione erosiva del corso d'acqua, ovvero disponendo dei materassi in modo da avere un più uniforme piano d'appoggio. In quest'ultimo caso un corretto dimensionamento della fondazione prevede una estensione verso l'alveo pari ad almeno 1.5+2 volte il valore della massima erosione ipotizzabile, in modo da consentire alla struttura di deformarsi senza provocare insaccamenti del pietrarame o fenomeni di scivolamento della platea stessa.



TIPOLOGIA PER ALTEZZA DI DIFESA PARI A 2 m



TIPOLOGIA PER ALTEZZA DI DIFESA PARI A 3 m



Un aspetto importante da considerare Gli interventi di riprofilatura dei fiumi provocano un forte impatto a carico degli habitat acquatici. I danni più significativi derivano dalla regolarizzazione del moto e dall'alterazione dei biotopi fluviali.

La vegetazione è un elemento fondamentale dei fiumi; essa assolve numerose funzioni, tra le quali:

- gli apparati radicali delle piante favoriscono la stabilità delle sponde e, approfondendosi in alveo, formano rifugi per i pesci;
- il detrito organico che cade in acqua costituisce una delle componenti trofiche utilizzate dagli organismi acquatici invertebrati;
- la vegetazione di riva limita lo sviluppo della vegetazione acquatica;
- l'ombreggiamento delle chiome protegge le acque dall'eccessiva illuminazione e dal riscaldamento, mantenendole fresche ed ossigenate;
- le acque di dilavamento del suolo vengono filtrate e depurate;

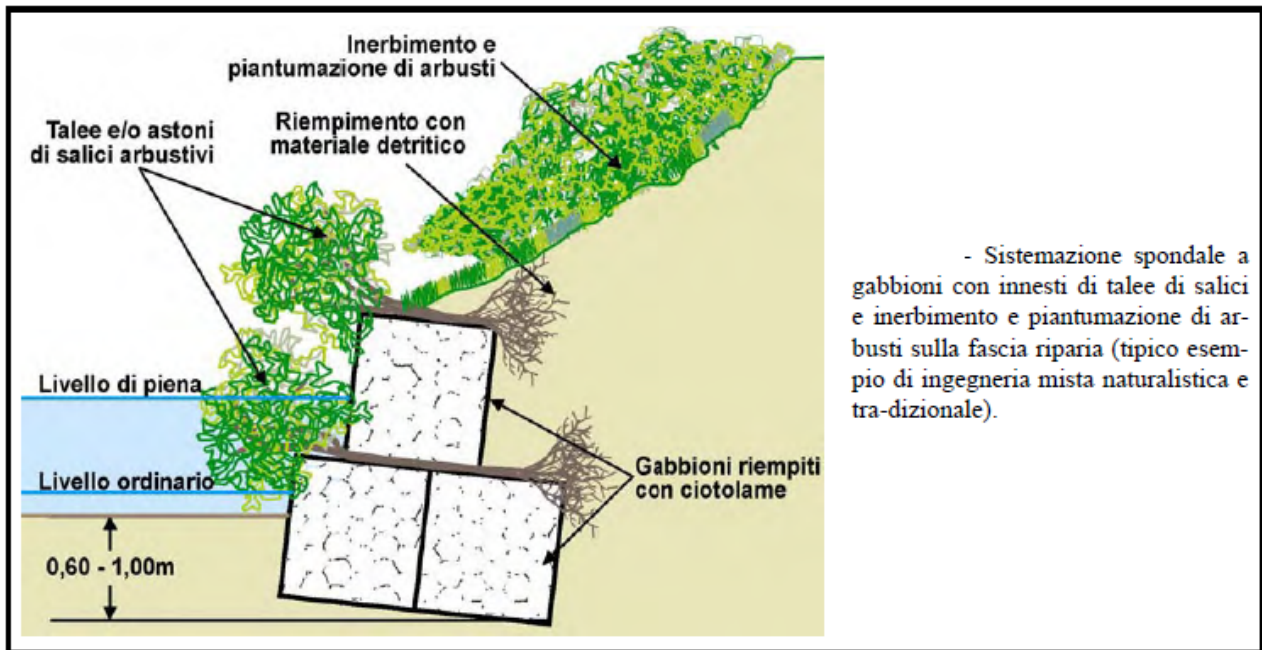
· la vegetazione riparia costituisce un ambiente favorevole per insetti ed uccelli, nell'ambito del quale si creano le condizioni per la riproduzione e la nidificazione.

Le cenosi arboree autoctone, strettamente correlate ai corsi d'acqua sono le seguenti:

saliceto arbustivo di greto; alneto di ontano nero e bianco, sui greti ciottolosi dei fiumi; le branche dei salici arbustivi, salice ripaiolo, salice rosso e salice barbuto sono impiegate, come talee ed astoni, nelle opere di ingegneria naturalistica;

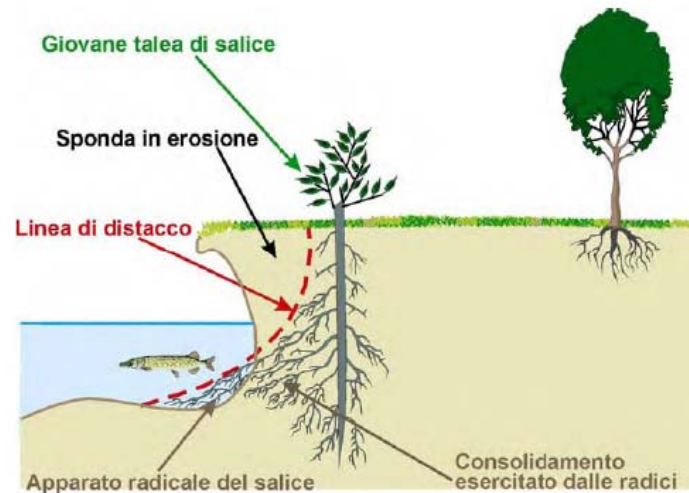
Per limitare i danni è necessario, pur ampliando la sezione del corso d'acqua, evitare gli spianamenti dell'alveo, differenziandolo in due stadi, rispettivamente di magra e di piena. Nel primo, ottenuto mantenendo per quanto possibile l'alveo naturale, le portate normali devono defluire con sufficienti battenti idrici, capaci di mantenere le comunità acquatiche. L'alveo di piena, in grado di accogliere i deflussi di maggiore portata, deve essere ricavato ad un quota più elevata rispetto a quello di magra. Le sponde devono essere rinaturalizzate mediante vegetazione autoctona ripariale, arborea e arbustiva.

Nell'ambito delle opere permeabili assume rilevanza la dimensione degli inerti costituenti le strutture. I gabbioni e le burghe, riempiti con pietrame di piccola e media pezzatura offrono rifugi per organismi di piccole dimensioni. Le scogliere e le primate, realizzate alla rinfusa con materiale lapideo o blocchi in calcestruzzo di grandi dimensioni, permettono la formazione di tane di dimensioni eterogenee, favorendo la diversificazione dell'ittiofauna. L'estensione delle opere contribuisce all'aggravamento del danno connesso alla tipologia costruttiva, influenzando negativamente sulla funzionalità fluviale. La naturale evoluzione dell'alveo si blocca e la biodiversità delle comunità acquatiche si riduce. L'impatto è più grave se le arginature interessano entrambe le sponde. L'effetto negativo delle opere di contenimento longitudinale viene amplificato se contemporaneo alla ricalibrazione dell'alveo ed ancor più nel caso di asportazione di materiale litoide. È opportuno, soprattutto nelle zone di fondovalle dove le comunità ittiche sono più complesse e vulnerabili, abbinare alle opere di contenimento massi e deflettori, così da diversificare la dinamica fluviale e favorire la creazione di microambienti più eterogenei.

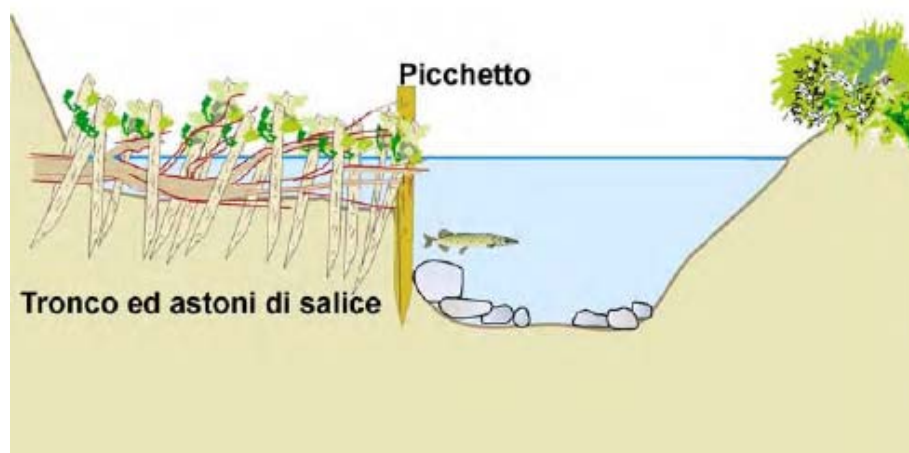


È consigliabile procedere alla schermatura mediante introduzione di talee di salici arbustivi tra gli elementi. Per favorire l'attecchimento occorre che il materiale di propagazione venga a contatto con il terreno retrostante l'opera. È buona norma inserire anche vegetazione igrofila arborea a monte dei gabbioni. Le dimensioni dei massi impiegati per il riempimento devono essere quanto più possibili eterogenee, così da formare interstizi di dimensioni varie in grado di accogliere fauna ittica diversificata per specie e stadio di sviluppo. Poiché gli interstizi che si creano nella struttura sono, nella maggior parte dei casi, di dimensioni limitate, è opportuno disporre, qualora le condizioni idrauliche lo permettano, i gabbioni sfalsando gli elementi di base.

Nel Torrente ove si voglia mantenere la naturalità dell'alveo ed in assenza di pericoli per le infrastrutture, è possibile preservare le sponde senza ricorrere ad opere longitudinali complesse. In tali casi può essere sufficiente impiegare talee ed astoni di salice, infissi in prossimità dell'alveo, che permettono di limitare l'erosione spondale mediante l'ampio apparato radicale della specie. Le radici stesse, una volta accresciute, costituiranno un ottimo rifugio per l'ittiofauna e gli animali acquatici.



Anche la ricostruzione di tratti di sponda danneggiati può avvenire utilizzando semplici tecniche di ingegneria naturalistica, quali ad esempio la graticciata.



La sistemazione prevede l'impiego di materiali reperibili in loco quali picchetti, ramaglia e talee di salice. La corrente, intercettando la struttura, rallenta la propria velocità sedimentando materiale ed interrando gradualmente l'area erosa. Ove le condizioni idrauliche lo permettano è quindi preferibile ricorrere a tecniche semplici, come quelle descritte, per le quali esistono numerose varianti ed adattamenti in relazione alle condizioni particolari d'impiego. Le due tipologie riportate tra le tante utilizzate ed ampiamente descritte in letteratura, dimostrano che talora è possibile intervenire sfruttando le dinamiche naturali che caratterizzano gli habitat fluviali.