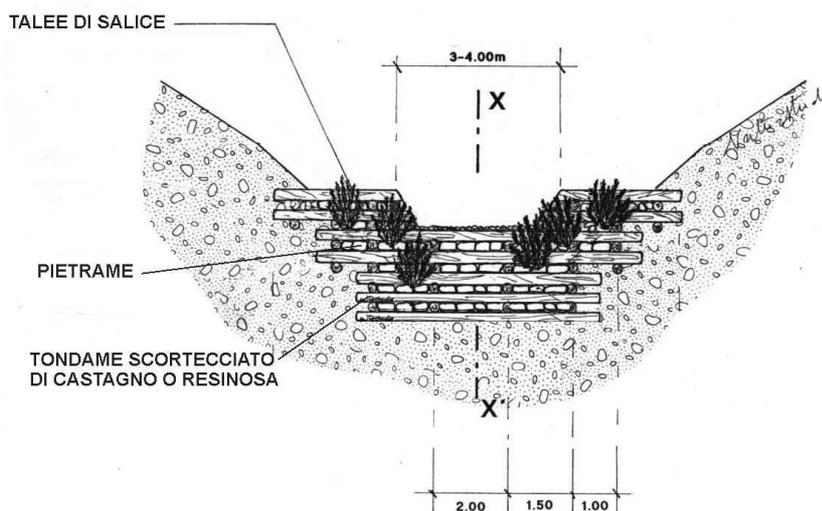




COMUNE DI LECCO

Allegato al Regolamento di Polizia Idraulica sul reticolo idrico minore

INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI OPERE ED INTERVENTI IN ALVEO E NELLA FASCIA DI ASSERVIMENTO IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO IDRICO MINORE
Linee guida



Il presente documento, che ha valore di linee guida, potrà subire variazioni sulla base della normativa vigente in materia, e di spunti e proposte di carattere tecnico, in linea con gli obiettivi del Regolamento di polizia idraulica, a cui il presente documento è connesso, senza costituire variante allo stesso e dunque senza che sia attivata la procedura prevista dalla L.R. 12/2005 e s.m.i.

INDICE

1. FINALITÀ E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
2. COSA SI INTENDE PER RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE (RF)	3
2.1 VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE	3
2.2 ALTERNATIVA ZERO – SCELTA DEL NON INTERVENTO.....	3
3. RISCHIO IDRAULICO: RF ED APPROCCIO CLASSICO	4
5. ORIENTAMENTI ALLE TECNICHE DI INTERVENTO.....	6
6. RUOLO DELLA VEGETAZIONE IN ALVEO	6
7. LA RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE (RF) E L' INGEGNERIA NATURALISTICA (IN)	7
8. COME USARE L'INGEGNERIA NATURALISTICA (IN)	7
8.1 PRINCIPI GUIDA	7
8.2 CRITERI PER LA PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA	8
9. ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DI ALVEI NATURALI E OPERE IDRAULICHE	9
10. MISURE DI MITIGAZIONE.....	10
10.1 INTERVENTI IN CORSI D'ACQUA NON REGIMATI.....	10
10.2 INTERVENTI AGGIUNTIVI IN CORSI D'ACQUA REGIMATI	10
10.3 INTERVENTI SU OPERE EDILIZIE	10
10.4 ATTRAVERSAMENTI ESISTENTI	11
11. BIBLIOGRAFIA	12

1. Finalità e campo di applicazione

Il presente allegato tecnico è stato redatto dall'A.C., con lo scopo di fornire degli indirizzi per la realizzazione delle opere ed interventi di cui agli artt. 8-9 del Regolamento Comunale di Polizia Idraulica, assentibili nei modi e con le condizioni di cui al Regolamento stesso, da effettuarsi nella fascia di rispetto dei corsi d'acqua, così come definita all'art. 2 dello stesso.

Tale strumento, non costituisce una norma cogente, ma è da considerarsi quale linea guida, per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale in linea con le aspettative di cui all'art.1 del Regolamento di Polizia Idraulica Comunale e con i principi e criteri propri della Riqualficazione Fluviale (RF).

2. Cosa si intende per Riqualficazione Fluviale (RF)

L'idea di base della RF consiste nel contribuire ad uno sviluppo che sia *"meno insostenibile"*, con la convinzione che *"fiumi che stanno meglio servono meglio anche ad altri obiettivi"*. La sua vision è il conseguimento del massimo di naturalità possibile senza rinunciare ai benefici umani (risorse, sicurezza, fruizione) tenendo conto sia dei conflitti che delle sinergie tra i diversi obiettivi.

Riqualficare è sì un obiettivo ambientale, ma è anche un importante mezzo per altre finalità: ricreative, di fruizione del corso d'acqua, di tipo economico-produttivo (avere acqua ed averla pulita..) e soprattutto, di sicurezza dal rischio idraulico e dal dissesto idrogeologico. Per questo uno studio di RF che sia efficiente ed efficace deve essere condotto con la sinergia di una pluralità di competenze.

Lo scopo complessivo della RF è, come si è detto, ottenere un *corso d'acqua che stia meglio*. Questo implica, naturalmente, prima di tutto evitare di peggiorarne lo stato attuale, poi cercare di migliorarlo nella massima misura possibile.

In sintesi deve essere chiaro che riqualficazione non significa *"restauro delle condizioni naturali"*(che è invece la rinaturazione), e nemmeno realizzare in modo *"più verde"* gli interventi tradizionali (opere idrauliche), impiegando tecniche a basso impatto ambientale (che è invece l'ingegneria naturalistica); la RF è un'altra cosa e consiste in un *processo di miglioramento multiobiettivo* che può portare a ridisegnare il paesaggio, per passare da una situazione degradata ad una desiderabile, ottenendo soprattutto in un contesto antropizzato una soluzione di miglior compromesso.

Il ritorno allo stato naturale precedente all'intervento umano (che è invece la rinaturazione) certo è auspicabile ma da perseguire solo dove e quando le condizioni lo permettono, perché altrimenti questa prospettiva indipendentemente dalle condizioni in cui si opera, (spesso, come detto, un contesto urbanizzato), renderebbe la RF insensata e non mantenibile nel tempo.

2.1 Valutazione delle alternative

La valutazione delle alternative di piano/progetto proposte, è una valutazione di merito oltre che tecnica, infatti deve porsi l'obiettivo di capire *"quanto buona sia la scelta proposta"*, dal punto di vista della fattibilità, efficacia, efficienza e sostenibilità (ambientale, sociale, economica, finanziaria...). E' importante chiarire se la proposta:

- 1) soddisfa gli obiettivi posti;
- 2) ha delle ripercussioni in zone diverse da quelle interessate dall'intervento (ad esempio più a valle);
- 3) è conveniente nell'ambito di un'analisi di tipo costi-benefici;

Per questo è opportuno operare attraverso due strumenti: uno studio interdisciplinare (di carattere geologico, idrologico, idraulico, geomeccanico, geotecnico, meteorologico, botanico, ecc...) ed una valutazione costi-benefici, effettuata senza limitarsi all'aspetto esclusivamente monetario e al sito di intervento (soluzione puntuale), ma ragionando in un'ottica estesa a scala di bacino ed in un orizzonte temporale di lungo periodo, considerando altresì quegli obiettivi che non sono strettamente monetizzabili, (fruizione, ricreazione, naturalità, biodiversità e paesaggio).

2.2 Alternativa zero – scelta del non intervento

Non sempre riqualficare significa intervenire; in alcuni casi è più semplice e conveniente aspettare che la natura recuperi i suoi equilibri, piuttosto che realizzare un nuovo assetto; invece può essere utile indirizzare il processo ad esempio tramite la demolizione di taluni elementi artificiali.

In ogni caso anche le evoluzioni naturali devono essere monitorate sia per ottenere condizioni desiderabili (compatibili con obiettivi di carattere economico e sociale) rispetto alle condizioni di partenza (soprattutto in un contesto urbanizzato), sia per cogliere i segnali di un eventuale discostamento dalle condizioni di naturalità.

L'ideale comunque è intervenire il meno possibile, ovvero solo dove è veramente necessario, semplicemente creando le condizioni adeguate di contesto, con l'impiego di tecniche a basso impatto ambientale e "lasciando fare alla natura".

Infatti bisogna tenere presente che le opere di difesa idraulica, oltre che realizzate, devono essere anche mantenute e ripristinate in occasione di eventi rilevanti, nonché ricostruite ed integrate nuovamente con nuove opere, soprattutto in conseguenza del fatto che il punto di massima destabilizzazione su cui si concentra la potenza erosiva, sta nella zona di discontinuità tra zona protetta e zona non protetta.

3. Rischio idraulico: RF ed approccio classico

Come già anticipato, riqualificare non è un "abbellimento" né un obiettivo ambientale secondario da affrontare solo dopo aver risolto il problema del rischio; al contrario la RF è la direzione davvero sostenibile da intraprendere anche per risolvere il problema stesso del rischio.

L'approccio classico si basa sul contenimento delle piene entro stretti argini per allontanare l'acqua il più in fretta possibile ma, come dimostrato dall'esperienza, questa non risulta essere una scelta sostenibile; infatti il contesto attuale in cui ci si trova ad operare è il risultato delle seguenti azioni:

- irresponsabile edificazione nelle aree di pertinenza fluviale o a rischio frana (senza la quale non ci sarebbe rischio!);
- sottrazione all'alveo dello spazio di esondazione naturale che consentiva altresì la dissipazione dell'energia della corrente, con il risultato di accelerare i deflussi e intensificare i picchi di piena a valle per la mancata laminazione naturale;
- alterazione del trasporto solido per sottrazione di materiali interti con effetto di canalizzazione;
- realizzazione di manufatti in alveo: strozzature idrauliche, luci troppo basse, pile in alveo;
- impermeabilizzazione e conseguente riduzione della frazione di acque meteoriche che si infiltra nel suolo, aumentando così lo scorrimento superficiale.

Si tenga altresì presente che la "messa in sicurezza" così come viene intesa dalle tecniche classiche è riferibile all'evento di piena di progetto (di portata Q, solitamente con tempo di ritorno T=100 anni), ma eventi di piena peggiori sono comunque idrologicamente possibili, e sempre più probabili a causa dei mutamenti climatici, e con conseguenze peggiori.

Nella realtà quindi non è possibile eliminare il rischio, ma quello che bisogna fare è cercare di "ridurre il rischio globale e recuperare le funzioni naturali dei corsi d'acqua in modo compatibile con le attività umane, mirando a (si veda per maggior dettaglio il successivo Par. 4):

- ridurre l'esposizione evitando di costruire nelle fasce di asservimento idraulico dei corsi d'acqua;
- restituire spazio ai fiumi e recuperare la naturalità come mezzo primario per ridurre il rischio, prima di ogni intervento di artificializzazione;
- riorganizzare l'assetto fisico del corso d'acqua per ricostituire i processi geomorfologici, anche smantellando, ove possibile, opere esistenti.

4. Obiettivi della RF : approccio tecnico integrato e linee d'azione

Nel presente paragrafo si propone un quadro generale delle classi di obiettivi della RF nel contesto di riferimento in cui agisce il Regolamento di Polizia Idraulica Comunale, ed una serie di azioni ad essi connesse, da intraprendere per raggiungere taluni obiettivi.

Si tenga presente che la suddivisione per obiettivi è una scelta comoda per la schematizzazione del problema, ma comunque una singola azione può servire per più scopi:

OBIETTIVO 1 - Ridurre il rischio idraulico e il dissesto idrogeologico:

1. Evitare ed eliminare la presenza di beni a rischio:
 - vincolando il territorio (fasce di asservimento idraulico, zone di inedificabilità);
2. Restituire spazio ai fiumi per esondare e divagare:
 - rallentando la corrente per laminare le piene e ridurre il potere erosivo;
 - evitando, spostando o eliminando arginature, rettifiche, difese spondali (naturalmente non dove insensato);
 - evitando ove possibile interventi di difesa "dove non vale la spesa";

3. Recuperare l'equilibrio geomorfologico del corso d'acqua (sedimentazione – erosione):
 - con interventi di piantumazione (specie autoctone) per stabilizzare i versanti;
 - evitando la rimozione dei “sovralluvionamenti” quando non è strettamente necessario;
 - utilizzando la vegetazione per valorizzarne il ruolo stabilizzatore;
 - eliminando (ove possibile e sensato) gli sbarramenti (traverse, soglie, briglie) in alveo, per mobilitare i sedimenti e ripristinare il trasporto solido;
4. Aumentare la capacità di laminazione e l'infiltrazione diffusa nel bacino (per ridurre i picchi di piena):
 - realizzando bacini di ritenzione delle acque meteoriche urbane (vasche volano);
 - riducendo l'impermeabilizzazione del suolo urbano e antropizzato e creando superfici urbane drenanti (parcheggi, piazze, “tetti verdi”);
5. Realizzare interventi strutturali di protezione e regimazione (arginature, difese spondali, scolmatori di piena, soglie, briglie,...) solo dove indispensabili e massimizzandone la compatibilità ambientale;
6. Convivere con il rischio, attraverso (si veda per maggior dettaglio il successivo paragrafo 10):
 - la predisposizione di un efficiente sistema di monitoraggio e previsione degli eventi di piena;
 - l'adozione di accorgimenti costruttivi adeguati per gli edifici situati in area inondabile;
 - la manutenzione delle opere di ingegneria civile (ponti, strade, opere idrauliche e di difesa) in modo che conservino la loro funzionalità;
 - la manutenzione controllata degli alvei (si veda il successivo paragrafo 9).

OBIETTIVO 2: Soddisfare gli usi economico produttivi dei corsi d'acqua, per mantenere o raggiungere un buon livello di qualità dell'acqua:

1. Migliorare la capacità di autodepurazione del corpo idrico:
 - aumentando il tempo di residenza e la superficie depurante, restituendo sinuosità ai tratti rettificati, ricreando aree di divagazione e spagliamento;
 - esaltando la sinuosità laterale (meandri) e verticale (successione buche-raschi) in modo da favorire la ripetuta infiltrazione delle acque superficiali in subalveo e la loro successiva riemersione;
 - favorendo la riossigenazione grazie ad una maggior diversificazione morfologica ed idraulica;
2. Ridurre i carichi inquinanti al fiume (disciplina degli scarichi):
 - favorendo il risparmio idrico domestico;
 - passando dalla logica “prelievo-inquinamento-scarico” a quella del “ciclo chiuso”;
 - eliminando le fognature miste;
 - migliorando la gestione delle infrastrutture di captazione, adduzione, stoccaggio e distribuzione, evitando perdite e sprechi (es. sfiori);
 - ricostituendo e mantenendo un'adeguata copertura vegetale delle sponde e dell'alveo, per favorire i fenomeni di filtrazione degli inquinamenti diffusi.

OBIETTIVO 3: Soddisfare le esigenze di ricreazione e di fruizione dei corsi d'acqua, in sinergia con quelle del fiume, poiché si oppongono alla sua artificializzazione:

1. Ripristinare un assetto fisico più naturale:
 - evitando l'alterazione e la drastica diminuzione di portata dei corsi d'acqua limitando al minimo i punti di rigidità (opere di difesa, regimazione e sfruttamento);
 - evitando la rimozione spinta della vegetazione riparia (azione di consolidamento e filtro, oltre che abbellimento);
 - creando continuità ed evitando la frammentazione per evitare il congestionamento locale e l'impatto ambientale (es: piste ciclabili e sentieri pedonali di raccordo che si sviluppino il più possibile lungo tutta l'asta del corso d'acqua);
2. Instaurare un regime idrologico soddisfacente:
 - garantendo il deflusso minimo vitale (DMV) e permettendo una variabilità della portata associata ai cicli naturali;
 - mantenendo o ricreando condizioni di equilibrio dinamico in modo che non risulti sbilanciata la capacità di trasporto solido (eccessiva sedimentazione o erosione);
3. Mantenere o raggiungere un buon livello di qualità dell'acqua (vedi Obiettivo 2);
4. Migliorare lo stato delle comunità ittiche:
 - rimuovendo ostacoli agli spostamenti longitudinali (briglie e sbarramenti) o realizzando passaggi per pesci in corrispondenza di essi;
 - assicurando la presenza della vegetazione riparia e acquatica (quale fonte di cibo e rifugio ideale per le specie acquatiche);
 - mantenendo e ricreando le condizioni idrodinamiche e geomorfologiche necessarie a garantire gli habitat per i pesci;

5. Ripristinare, conservare, valorizzare gli elementi naturali, storico-architettonici e socio culturali (vedi Obiettivo 4).

OBIETTIVO 4: *Intervenire sull'assetto estetico-paesaggistico-urbanistico in modo sinergico con le esigenze di riqualificazione dei corsi d'acqua, fermo restando il principio di "recuperare sempre ove possibile, intervenire solo quando necessario".*

1. Attuare gli interventi (quali recupero, ripristino, rivalorizzazione, restauro, rivitalizzazione e anche demolizione), attraverso:
 - demolizione di strutture impattanti (es. muri di sponda inutili, briglie in cemento, ...) che eventualmente possono essere sostituite con opere realizzate con tecniche a minore impatto ambientale (ingegneria naturalistica);
 - rimozione delle tombature dei corsi d'acqua, per riportarli a cielo aperto;
 - abbandono della logica dell'intervento basato sull'emergenza (accorgersi del problema solo quando i corsi d'acqua o le falde si inquinano ai livelli di guardia o quando i fiumi esondano);
 - progettazione tesa al recupero di situazioni degradate (ripristino della morfologia fluviale originaria, aumento della vegetazione riparia); la stessa sarà particolarmente significativa all'interno delle aree urbane, in quanto si potranno creare nuove condizioni di fruibilità dei fiumi da parte dei cittadini;

5. Orientamenti alle tecniche di intervento

La RF si pone l'obiettivo (metodologico) di superare l'ottica localistica ed adottare un approccio che non si opponga ai processi fluviali ma che miri a guidarli, contenerli, riequilibrarli, lasciando ad essi il compito di ripristinare la loro dinamica e ricreare gli habitat. Anche quando l'antropizzazione del territorio ci costringe ad intervenire con opere, occorre tenere presente che esistono possibilità tecniche che consentono di ottenere i risultati desiderati dal punto di vista idraulico, rispettando e migliorando i processi fluviali.

Aspetto fondamentale è che la RF, anche quando limitata ad un breve tratto fluviale, non può prescindere dalla valutazione dello stato e delle dinamiche a livello di bacino, perché la morfologia e la dinamica dell'alveo (anche a livello locale), sulla base delle quali sono progettati gli interventi puntuali, sono il risultato di dell'azione di variabili chiave (portata solida e liquida) che a loro volta sono condizionate da litologia, morfologia e uso del suolo nel bacino.

Si possono distinguere principalmente quattro categorie di strategie di intervento, riassunte nella tabella seguente, in funzione principalmente della scala spaziale.

Strategie	Interventi	Costi	Benefici ambientali	Incertezze/impatto ambientali
Misure a scala di bacino	Aumento dell'apporto di sedimenti dalle sponde (per il riequilibrio di alvei in incisione); corrispondente riduzione (per alvei in sedimentazione).	Elevati	Risolutivi delle cause di instabilità, ma possono richiedere anni per realizzarsi	Non disponibili strumenti previsionali completi
Progetti a scala di tratto	Ricreare geometria non uniforme dell'alveo; recupero o realizzazione di canali secondari; allargamento della sezione d'alveo; incremento delle sinuosità.	Da medi ad elevati	Potenzialmente molto elevati (creazione di habitat, stabilità)	Qualche rischio di erosione o sedimentazione; possibili impatti nei tratti contigui non riqualificati
Interventi localizzati	Inserimento di strutture in alveo (briglie, pennelli, soglie...); ripristino dei sedimenti di fondo alveo; ingegneria naturalistica; rimozione di opere di difesa; inserimento della vegetazione.	Relativamente bassi	Limitati poiché le misure sono locali	Legate alla presenza di strutture in alveo
Non intervenire	Studio geomorfologico che evidenzia la tendenza naturale del corso d'acqua, per definire le condizioni di applicabilità della strategia.	Bassi in genere, devono essere considerati però quelli relativi ai piani di monitoraggio	A breve termine la crescita di una fascia vegetazionale, a lungo termine il recupero morfologico e lo sviluppo di habitat	Sono disponibili pochi modelli di simulazione

6. Ruolo della vegetazione in alveo

La vegetazione, nel contesto in esame, ha un ruolo molto importante perché:

- aumenta la scabrezza dell'alveo e rallenta il deflusso riducendo i picchi di piena;
- consolida le sponde contrastandone l'erosione e riducendo la franosità dei versanti, grazie all'azione dell'apparato radicale;
- riduce la forza battente delle piogge, trattenendo con le radici le particelle di terreno ed impedendone il dilavamento e inoltre aumenta la resistenza al taglio dei terreni;
- svolge una funzione di filtrazione dei solidi sospesi e degli inquinamenti di origine diffusa (fitodepurazione);

Anche se in occasione di piene catastrofiche, vengono trascinati negli alvei ingenti quantità di alberi sradicati e ramaglie che vanno ad ostruire le luci dei ponti e le sezioni di valle, e posto che in presenza di tali fenomeni il taglio della vegetazione alveare e riparia sarebbe comunque del tutto impotente e addirittura controproducente perché diminuirebbe di molto la scabrezza dell'alveo, aumentando la velocità di deflusso, si conferma comunque che la vegetazione costituisce di per sé un fattore di sicurezza, poiché in caso di piene minori, interventi di sfoltimento e di rinfoltimento localizzati, possono risolvere alcune problematiche ricorrenti ma altrettanto importanti da gestire.

- Occorre pertanto operare nel seguente modo: effettuare nei tratti di attraversamento di centri abitati a rischio, il taglio selettivo degli esemplari troppo alti o pericolanti (mantenendo la vegetazione allo stadio arbustivo flessibile), per accelerare il deflusso delle piene, riducendo i livelli idrici e le esondazioni;
- rinfoltire la vegetazione nei tratti a monte dei centri abitati producendo un effetto laminante delle piene che può compensare l'accelerazione dei deflussi conseguente al sopracitato taglio selettivo.
- nella manutenzione dei ponti, effettuare il taglio selettivo della vegetazione in corrispondenza delle luci e immediatamente a monte, per ridurre il rischio di ostruzione delle stesse,

Per la RF (e nell'impiego delle tecniche di IN, di cui al successivo paragrafo 8) la vegetazione ha un ruolo fondamentale per la buona riuscita dell'intervento, pertanto è buona norma utilizzare delle tipologie vegetali che garantiscano, con un buon margine di certezza, un corretto sviluppo, scegliendo specie:

- autoctone, originarie cioè dell'ambiente in cui devono essere inserite (o piante locali, già naturalmente insediate nel contesto in esame);
- compatibili con l'ambiente e non dannose alle altre specie naturalmente presenti, nel rispetto di tutto l'ecosistema;
- pioniere, ossia capaci di colonizzare e resistere in ambienti non favorevoli e/o sterili;
- con specifiche caratteristiche biotecniche (resistenza a trazione delle radici, resistenza alla sommersione e all'inghiainamento).

7. La Riquilificazione Fluviale (RF) e l'Ingegneria Naturalistica (IN)

Molti confondono la RF con l'IN: tuttavia la prima è al tempo stesso un *approccio e un obiettivo*, mentre la seconda è una *tecnica*, spesso utile, ma a volte priva di connessioni con la RF.

L'*Ingegneria Naturalistica* è definita come l'insieme di quei metodi di consolidamento ed antierosivi che, prevedono l'utilizzo di piante vive (in prevalenza specie autoctone), o parti di esse (semi, radici, talee), da sole o in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietrame o terreno), materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) o materiali artificiali non biodegradabili (reti zincate, geogriglie, georeti, geotessili) con finalità di protezione idraulica del territorio e contestuale ricostruzione della naturalità dell'habitat e della biodiversità.

Infatti ove risulta necessario un intervento, le tecniche di IN consentono di ottenere una soluzione di compromesso, di mitigazione ambientale, con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale e migliorare l'inserimento paesaggistico di opere o interventi che hanno finalità specifiche (es. una scarpata realizzata con tecniche di IN che ha finalità di consolidamento). E' comunque evidente il vantaggio di utilizzare tecniche che consentono un inserimento ambientale adeguato e lo sfruttamento delle caratteristiche biologiche dei materiali vivi usati, piuttosto che tecniche classiche ad elevato impatto ambientale.

L'IN è utilizzata per risolvere problemi di tipo ingegneristico (protezione contro l'erosione, stabilizzazione, consolidamento), pertanto non deve essere vista come una sorta di "cosmesi ambientale" ma piuttosto come una vera e propria tecnica ingegneristica capace di risolvere molte delle problematiche legate alla riduzione del rischio idraulico anche meglio dei metodi tradizionali, invertendo la tendenza alla cementificazione e rettificazione dell'alveo e salvaguardando la vegetazione, non solo come elemento paesaggistico e di conservazione ambientale, ma anche quale mezzo di protezione delle sponde dall'azione erosiva della corrente. Si devono però tenere presenti i limiti tecnici di applicabilità dell'IN, e considerare che la scelta e la collocazione degli interventi è funzione di una pluralità di parametri tra cui la velocità di deflusso (correlata con la pendenza del fondo) e il diametro del trasporto solido.

In tal senso si riporta un estratto del Codice Deontologico dell'AIPIN (Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica), secondo cui *"l'impiego di tecnologia e materiali non naturali è possibile nei casi di necessità strutturale e/o funzionale normalmente in abbinamento con materiale vivente. Deve comunque essere adottata la tecnologia meno complessa a pari risultato, considerando anche l'ipotesi del non intervento."*

8. Come usare l'ingegneria naturalistica (IN)

8.1 Principi guida

Per un buon intervento di Ingegneria Naturalistica è necessario:

1. programmare, progettare e realizzare gli interventi in materia di tutela del suolo e di prevenzione dei rischi idrogeologici anche in funzione della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente;
2. adottare metodi di esecuzione tali da compromettere nella maniera minima possibile e comunque in modo non irreversibile le funzioni biologiche dell'ecosistema in cui si va ad operare, compatibilmente con il soddisfacimento delle necessarie condizioni di sicurezza e di efficacia, rispettando i valori ambientali, ecologici e paesaggistici;
3. prestare particolare attenzione e cura al recupero ambientale, nelle fasi di progettazione e di esecuzione dell'intervento, puntando a ricostituire gli elementi naturali che caratterizzano, o caratterizzavano, l'ecosistema presente nell'ambito interessato dall'intervento, stabilendone specificatamente le modalità ed i tempi di esecuzione;
4. impiegare il più possibile il materiale vegetale vivo (autoctono) quale elemento che stabilizza e consolida;

8.2 Criteri per la progettazione delle sistemazioni idrauliche con tecniche di ingegneria naturalistica

La progettazione delle sistemazioni idrauliche va affrontata partendo dalla constatazione che un corso d'acqua non è un canale ove far transitare il fluido il più rapidamente possibile, bensì un ecosistema complesso nel quale le varie componenti viventi e non viventi entrano in tipiche relazioni ed ove la recisione di un legame può mettere in crisi l'intero sistema.

Partendo da questa considerazione prioritaria, la progettazione di un intervento su un corso d'acqua può riassumersi nei seguenti passi:

1. Individuazione della problematica da risolvere (consolidamento, stabilizzazione, erosione, rinaturazione);
2. Analisi interdisciplinare/transdisciplinare di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico, idrologico, idraulico, floristico-vegetazionale e faunistico, riferita ad ambiti territoriali adeguatamente estesi intorno all'area di interesse, finalizzata ad una caratterizzazione dello stato di fatto (circa la valutazione dello stato iniziale di naturalità dell'alveo si riporta la tabella seguente):

Nulla	alveo completamente cementificato sul fondo e sulle sponde e totalmente privo di vegetazione.
Estremamente bassa	alveo cementificato, ma con deposito di sedimento sul fondo, ove gli interventi di manutenzione hanno asportato completamente la copertura vegetale.
Bassa	alveo cementificato, ma con deposito di sedimento, ove l'assenza di manutenzione ha consentito la presenza di vegetazione erbacea
Medio – bassa	alveo non cementificato occupato da vegetazione
Media	Tratto di alveo cementificato solo in corrispondenza della savanella del fondo, ove persiste un popolamento arboreo
Alta	Alveo e sponde naturali

3. Esame, in particolare, per gli interventi in ambito fluviale della portata, della dinamica del trasporto solido e della pendenza del corso d'acqua in esame, per un tratto significativo, al fine di verificare la fattibilità dell'intervento in ordine anche a possibili alterazioni negative del naturale deflusso delle acque e delle condizioni complessive di equilibrio del corso d'acqua stesso; è necessario pertanto definire un quadro a scala di bacino delle caratteristiche:
 - a. *idrologiche ed idrauliche* (regime delle portate, scabrezza),
 - b. *morfologiche* (rilievo delle sezioni, profilo piano-altimetrico),
 - c. *sedimentologiche* (trasporto solido, granulometria),
 sulla base dei dati disponibili integrati eventualmente con apposite campagne di rilievi.
4. Rielaborazione dei dati raccolti e delle equazioni descrittive i principali processi fisici, con un sufficiente grado di dettaglio per consentire una corretta rappresentazione dei fenomeni considerati (es., formazione e propagazione delle onde di piena, evoluzione morfologica degli alvei), ed in particolare si dovrà provvedere a:
 - a. individuazione dei livelli idrici e di piena necessari per la stabilità della struttura e per la sopravvivenza e la resistenza delle componenti vive;
 - b. realizzazione di sezioni topografiche di dettaglio (la scelta di una tecnica è influenzata anche dalle variazioni di pendenza);
 - c. conoscenza degli strati litologici presenti per valutare la capacità biotecnica delle piante di realizzare la stabilizzazione od il consolidamento della scarpata.
5. Individuazione della tecnica, che richieda il minimo impiego di materiale, sia naturale che sintetico, prediligendo i materiali biodegradabili e le opere più semplici, idonea alla risoluzione dello specifico problema:
 - a. di rinverdimento, per la protezione dei versanti in erosione, e funzionale alla diminuzione del trasporto solido a valle;

- b. di diminuzione dell'energia cinetica tramite la riduzione della pendenza (ove sia necessario ridurre la pendenza longitudinale dell'alveo, al posto delle briglie in calcestruzzo in molti casi si possono impiegare le briglie in legname e pietrame eventualmente combinate con elementi vivi);
 - c. di eliminazione dei tratti rettificati dell'alveo che possono comportare un aumento dell'erosione a monte e del deposito a valle, con conseguente pericolo di esondazione.
6. Redazione del progetto che, oltre alla descrizione degli interventi, dovrà contenere una relazione (con grado di approfondimento commisurato all'importanza degli interventi proposti) concernente:
- a. le finalità e gli obiettivi dell'intervento;
 - b. gli aspetti idrologici caratterizzanti il regime delle portate di piena del corso d'acqua;
 - c. gli aspetti geomorfologici per la definizione dell'alveo tipo attuale e delle caratteristiche del trasporto solido;
 - d. gli aspetti idraulici, al fine di individuare - sulla base dei dati sopra elencati - le aree inondabili, la definizione delle aree di allagamento naturale, le altezze d'acqua, la velocità, il trasporto solido;
 - e. gli aspetti naturalistici e ambientali;
 - f. un prospetto, legato strettamente alla componente "viva" ed al fatto che il periodo di realizzazione degli interventi coincide con il periodo di riposo vegetativo delle specie utilizzate, che contenga:
 - le fasi gestionali dell'opera con indicazione dei tempi entro i quali la stessa raggiungerà presumibilmente gli effetti attesi;
 - il programma di monitoraggio dello stato di conservazione dell'opera;
 - il programma di manutenzione scaglionato nel tempo e piano delle cure colturali da eseguire successivamente alla realizzazione dei lavori;
 - g. le modalità di conduzione dei lavori e l'organizzazione del cantiere, con indicazione dei mezzi meccanici utilizzati, della localizzazione delle discariche autorizzate ai conferimenti dei materiali di risulta, della destinazione degli eventuali beni demaniali reperiti (litoidi, legname).

Si rimanda alla bibliografia citata per gli approfondimenti di carattere idrologico, idraulico e per le caratteristiche tecniche delle opere di ingegneria naturalistica.

9. Attività di manutenzione di alvei naturali e opere idrauliche

Per manutenzione si intende la combinazione di tutte le azioni volte a mantenere o riportare un'entità in uno stato in cui possa svolgere le funzioni richieste. Pertanto nell'effettuare la manutenzione dei corsi d'acqua l'obiettivo non deve essere quello di fare una "massima semplificazione delle sezioni idrauliche", producendo altresì effetti negativi in termini di diminuzione di scabrezza, ma bisogna tener conto della componente di naturalità delle sezioni stesse che deve essere preservata.

Partendo dal presupposto che qualsiasi opera necessiti di interventi manutentori, ed in particolare le opere a verde, anche gli interventi di IN sono classicamente soggetti a periodici interventi di sfalcio, pulizia e potatura. E' compito degli addetti ai lavori, in fase di progettazione e realizzazione, fare in modo che le opere, che sono per loro natura soggette ai dinamismi evolutivi delle piante, necessitino della minor assistenza possibile pur garantendone il buon successo nel tempo.

Come meglio precisato al successivo paragrafo 10, la manutenzione è da annoverarsi tra le attività necessarie alla mitigazione del rischio idraulico, ed è dunque condizione imprescindibile nella realizzazione di qualsivoglia tipologia di opera/intervento.

Poca e mirata manutenzione dunque, che non vuol dire però nessuna manutenzione; infatti occorre operare una distinzione a seconda dell'oggetto dell'intervento, in termini di sfalcio della vegetazione:

- a. Opere idrauliche (paratoie, ponti, briglie, soglie, traverse,...): sono ammessi interventi più decisi quando si tratta di mantenere in buono stato "oggetti artificiali" di cui devono essere garantite le funzionalità;
- b. Alvei e le sponde dei corsi d'acqua: poiché non devono essere trattati come "vie di deflusso rapido delle acque" (alla stregua di una condotta fognaria), ma nella loro natura di ecosistemi, gli interventi dovranno essere mirati a:
 - tagli selettivi che incrementino lo sviluppo delle specie autoctone, eliminando quelle infestanti;
 - salvaguardare la vegetazione riparia per sfruttarne la capacità di intercettare gli inquinanti diffusi;
 - mantenere la vegetazione presente in modo tale da renderla non pericolosa dal punto di vista della sicurezza idraulica attraverso tagli selettivi e diradamenti mirati, mantenendo le associazioni vegetali in condizioni "giovanili", con massima tendenza alla flessibilità ed alla resistenza alle sollecitazioni della corrente;
 - salvaguardia della fauna, effettuando i tagli in alveo preferibilmente nel periodo tardo autunnale ed invernale escludendo tassativamente il periodo marzo-giugno in cui è massimo il danno all'avifauna nidificante.

10. Misure di mitigazione

Con il termine di misure di mitigazione, nello specifico riferendosi al rischio idraulico (già anticipato ai par. 3 e 4), si intendono gli interventi e le azioni atte alla riduzione degli effetti negativi prodotti da un determinato evento di piena assunto come riferimento.

Poiché il rischio non è mai annullabile, la strada da intraprendere è quella di adottare accorgimenti di tipo costruttivo/manutentivo per le infrastrutture e gli insediamenti in aree soggette a possibili esondazioni.

Di seguito sono elencate alcune tipiche misure di mitigazione del rischio idraulico, suddivise in base al contesto in cui si opera.

10.1 Interventi in corsi d'acqua non regimati

Nel contesto in esame sono applicabili, tra le altre, le seguenti misure di mitigazione:

- a) rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili;
- b) restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantumazione di essenze autoctone (per quanto è possibile, gli interventi non devono essere realizzati contemporaneamente su entrambe le sponde, in modo da facilitare la colonizzazione spontanea della sponda opposta e conservare l'ecosistema fluviale preesistente);
- c) ripristino della sezione di deflusso, inteso come eliminazione, nelle tratte critiche per il deflusso delle portate idriche, dei materiali litoidi, trasportati e accumulati in punti isolati dell'alveo, pregiudizievoli al regolare deflusso delle acque; la sistemazione degli stessi di norma deve avvenire nell'ambito dello stesso alveo e solo in casi eccezionali o di manifesto sovralluvionamento può essere prevista l'asportazione dall'alveo del materiale estratto, nel rispetto delle vigenti normative (competenza dell'autorità idraulica regionale);
- d) ripristino della funzionalità di tratti coperti dei corsi d'acqua (ponti, tombotti, ecc..) sia per riportarli a luce libera sia per garantire il regolare deflusso delle acque sotto le luci dei ponti, con rimozione del materiale di sedime e vario accumulato nei sottopassi stradali, nei tombini, nei sifoni, sulle pile od in altre opere d'arte;
- e) sistemazione e protezione spondale, intese come risagomatura e sistemazione di materiale litoide collocato a protezione di erosioni spondali;
- f) sostituzione di elementi di gabbionata metallica deteriorata od instabile od altra difesa artificiale deteriorata od in frana, utilizzando ove possibile tecniche di ingegneria naturalistica;
- g) rinaturazione delle protezioni spondali con tecnologie di ingegneria naturalistica, allo scopo di favorire il riformarsi della stratificazione vegetazionale.

10.2 Interventi aggiuntivi in corsi d'acqua regimati

Nel contesto in esame sono applicabili, tra le altre, le seguenti misure di mitigazione:

- a) manutenzione delle arginature, intesa come taglio di vegetazione sulle scarpate, interventi di conservazione e ripristino del parametro, manutenzione di opere d'arte e manufatti connessi al sistema arginale (chiaviche, scolmatori, botti a sifone ecc.);
- b) taglio di vegetazione e rimozione di depositi alluvionali su banchine in terra, intesi come sfalcio di vegetazione infestante e rimozione dei depositi alluvionali che riducono la sezione idraulica del corso d'acqua;
- c) rinnovo di pavimentazioni di banchine, inteso come rimozione e ripristino di tratte di pavimentazione fatiscenti con materiali e/o tecniche a minore impatto ambientale;
- d) manutenzione di briglie e salti di fondo, con idonei interventi a salvaguardia di possibili fenomeni di aggiramento o scalzamento o erosione dell'opera da parte delle acque, svuotamento periodico di briglie selettive e interventi di mitigazione dell'impatto visivo;
- e) opere di sostegno delle sponde e dei versanti latitanti il corso d'acqua a carattere locale e piccole opere idrauliche di modeste dimensioni realizzate attraverso l'utilizzo di materiali reperiti in loco (legno e pietrame) e l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica;
- f) manutenzione e ripristino di opere di drenaggio superficiale e rete di scolo sui versanti;
- g) manutenzione delle opere di ingegneria naturalistica.

10.3 Interventi su opere edilizie

Nel contesto in esame sono applicabili, tra le altre, le seguenti misure di mitigazione:

- a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevati rispetto al livello della piena di riferimento;
 - realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna;
 - disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
 - progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
 - progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
 - favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo;
 - realizzare valvole a tenuta bidirezionale per le condutture (idriche, fognarie, ecc...);
 - realizzare impianti elettrici, serbatoi di combustibili, impianti di riscaldamento, condizionamento "a prova di piena";
- b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni:
- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione (qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, si consideri la velocità media nella sezione; si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione);
 - opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
 - fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi;
- c) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- d) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione:
1. vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento;
 2. uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori.
- e) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili con l'acqua.

10.4 Attraversamenti esistenti

Nel caso di ponti esistenti, dovrà essere condotta una verifica sul fatto che l'attraversamento non provochi ostruzioni e condizionamenti delle modalità di deflusso dell'alveo di piena incompatibili con le condizioni di sicurezza dell'area circostante e con le caratteristiche delle opere di difesa.

La verifica dovrà essere condotta per valutare:

- gli effetti del restringimento dell'alveo attivo e/o di indirizzamento della corrente;
- effetti di rigurgito a monte;
- compatibilità locale con opere idrauliche esistenti.

Qualora la verifica di compatibilità idraulica faccia emergere delle criticità sull'intorno, il tecnico dovrà valutare:

- le condizioni di esercizio transitorio della struttura, sino alla realizzazione degli interventi di adeguamento progettati;
- i criteri di progettazione degli interventi correttivi e di adeguamento necessari.

L'analisi delle condizioni di esercizio transitorio va allegata alla concessione demaniale dell'opera e deve essere trasmessa agli organi locali di protezione civile affinché se ne tenga conto nell'ambito della redazione dei piani di previsione e prevenzione.

L'analisi delle condizioni di esercizio provvisorio deve contenere:

- la programmazione di interventi periodici di manutenzione dell'opera e dell'alveo del corso d'acqua in corrispondenza del ponte, per mantenere la massima capacità di deflusso, comprensiva dell'indicazione dei soggetti responsabili;
- la definizione di specifiche operazioni, correlate alla sicurezza idraulica, da compiere nell'ambito dello svolgimento delle funzioni periodiche di vigilanza e ispezione sullo stato di conservazione dell'opera, come definite dalla circolare n. 34233 del 25.02.1991 del Ministero dei Lavori Pubblici;
- la definizione degli scenari di piena probabili per le portate superiori a quelle per cui l'opera è compatibile, con particolare riferimento alle piene con tempo di ritorno di 200 e 500 anni (100 per i corsi d'acqua non "fasciati"); nell'ambito di tali scenari devono essere evidenziati in specifico i centri abitati e le infrastrutture circostanti coinvolte;

- la definizione del soggetto responsabile per la sorveglianza e la segnalazione degli stati idrometrici di guardia e di superamento delle condizioni di sicurezza;
- il riconoscimento della necessità eventuale di aggiornamenti periodici circa le condizioni di funzionalità idraulica dell'opera;
- l'installazione, in una sezione adeguata in prossimità del ponte, di un idrometro con l'evidenziazione del livello di guardia e di quello di superamento delle condizioni di sicurezza, per il quale deve essere sospesa l'agibilità del ponte;
- la definizione dei tempi medi di preannuncio della piena e dei tempi medi di crescita dell'onda di piena;
- la definizione dei limiti idraulici di completa funzionalità dell'opera.

Nel caso in cui la verifica idraulica evidenzi elementi di inadeguatezza, deve essere predisposto un "progetto di adeguamento" contenente gli elementi correttivi necessari a rimuovere l'incompatibilità esistente.

Tale progetto è bene che sia sviluppato con un grado di dettaglio sufficiente a chiarire inequivocabilmente le linee di intervento, ovvero ad un livello di "studio di fattibilità" comprensivo dell'indicazione degli importi economici, ai fini dell'inserimento, da parte dell'Autorità di bacino, negli elenchi del quadro dei fabbisogni propedeutici alla programmazione finanziaria triennale.

Nel progetto devono essere ben evidenziati i rapporti causa/effetto, cioè il collegamento tra la criticità e l'intervento scelto per la sua riduzione/rimozione, nel rispetto dei vincoli derivanti dall'interesse storico-monumentale se presenti.

11. BIBLIOGRAFIA

- *Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica* - Regione Lombardia, d.g.r. n. 6/48740 del 29/02/2000 pubblicato sul BURL n. 19, 1 S.O. del 9/05/2000;
- *Direttiva per la definizione degli interventi di cui all'art. 36 delle norme del PAI (Allegato alla deliberazione n. 8/2006 del 5/04/2006)* – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- *Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)* – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- *Direttive n. 2 e 4 approvate con deliberazione n. 2 del 11/05/1999 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, (agg. con deliberazione n.10 del 5/04/2006)* – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- *D.G.R. N. VIII/5324 del 2/08/2007 "Linee guida di Polizia Idraulica" della Regione Lombardia;*
- *D.G.R. N. VIII/1566 del 22/12/2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n.12" e relativi allegati tecnici;*
- *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti – Associazione Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) – 2001;*
- *Le Piene Fluviali* – U. Maione (Ed. La Goliardica Pavese s.r.l.);
- *La riqualificazione fluviale in Italia* - C.I.R.F. Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale (Ed. Mazzanti);
- *La sistemazione dei bacini idrografici* – Vito Ferro (Ed. Mc Graw Hill);
- *Rischio idraulico ed idrogeologico* – A.M. Caivano (Ed. EPC);
- *La progettazione di opere idrauliche in zona montana* – U. Maione, A.Brath, P. Mignosa (Ed. BIOS);
- *Opere di sistemazione idraulico-forestale a basso impatto ambientale* – V.Ferro, G. Dalla Fontana, S.Pagliara, S.Puglisi, P.Scotton – (Ed. Mc Graw Hill);
- *Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica* – Ministero dell'Ambiente;
- *Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni* - Provincia di Terni;
- *Manuale di Ingegneria Naturalistica - applicabile al settore idraulico* – Regione Lazio - Assessorato per l'Ambiente - Dipartimento Ambiente e Protezione Civile;
- *Sistemazioni in ambito fluviale* - Quaderni di Ingegneria Naturalistica (Il Verde Editoriale);
- *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra* - Schiechl, Stern (1992) – (Ed. Castaldi);
- *Ingegneria naturalistica - Manuale delle costruzioni idrauliche* - Schiechl, Stern (1996) – (Ed. Arca);
- *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio* - Prov. Autonoma di Trento;
- *Bioingegneria forestale* - SCHIECHTL H. M – (Ed.i Castaldi-Feltre);
- *I salici nell'uso pratico* - SCHIECHTL H. M – (Ed. Arca);
- *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica* - Regione Piemonte.