

Sorgenti pietrificanti: interventi tecnici di riqualificazione

Gli interventi di riqualificazione sono volti al ripristino di ambiti modificati in passato dall'intervento umano. Per l'habitat "sorgenti pietrificanti" gli interventi antropici sono riconducibili a quattro tipologie:

- captazione di acque sotterranee, con costruzione di caselli di presa sulle pozze sorgive e trasferimento parziale o totale delle acque agli acquedotti;
- regimazione delle acque meteoriche a monte delle sorgenti, con conseguenti modifiche delle caratteristiche di flusso e quindi creazione di solchi di erosione accelerata ed erosioni di sponda;
- calpestio e/o asportazione in corrispondenza di percorsi viari e pedonali, sia "normali" (sentieri, strade forestali, età) sia finalizzati alla didattica ed alla fruizione nell'ambito dell'habitat;
- rilascio di inquinanti nel bacino di alimentazione delle sorgenti pietrificanti, ovvero presenza di scarichi sul suolo o nel sottosuolo recapito di reflui provenienti da civili abitazioni, opifici, allevamenti.

Le prime tre minacce determinano deterioramenti fisici dell'habitat, sia diretti (allontanamento dell'acqua sorgiva, erosione dei depositi) sia indiretti (aumento delle torbidità delle acque, che inibisce i processi di travertinizzazione). La quarta causa invece peggioramento dello stato qualitativo delle acque sorgive, che può determinare l'interruzione del processo di travertinizzazione o addirittura la corrosione dei depositi esistenti.

Gli interventi di riqualificazione necessitano preliminarmente l'eliminazione o l'attenuazione della causa del deterioramento dell'habitat e segnatamente l'asportazione parziale o totale dei caselli, una diversa regimazione delle acque a monte degli ammassi, la diminuzione degli apporti di inquinanti in falda per allontanamento dei reflui, la loro depurazione o ancora l'allontanamento delle attività che li producono. Per quanto

riguarda la rete viaria, l'allontanamento non è indispensabile, in quanto spesso sono sufficienti misure di attenuazione.

Gli interventi di rinaturalizzazione hanno come obiettivo primario lo sviluppo ed il miglioramento degli aspetti naturalistici-ambientali locali, avendo cura di preservare gli ammassi travertinici presenti e di favorire le condizioni per la ripresa o l'incremento dei processi di travertinizzazione.

Quest'ultimo obiettivo viene raggiunto mediante la regimazione dei corsi d'acqua, in modo tale da creare alternanza di bacini di calma e di cascatelle. Queste morfologie favoriscono la creazione di nuovi punti di "strippaggio" dell'anidride carbonica dalle acque con conseguente precipitazione di carbonato di Calcio e formazione di travertini; la presenza di vasche di calma ha inoltre lo scopo di garantire habitat necessari per l'abbeverata e la riproduzione della fauna, soprattutto minore.

La progettazione degli interventi di rinaturalizzazione non è solo finalizzata al miglioramento delle condizioni di formazione del travertino ma anche allo sviluppo degli aspetti naturalistici e paesaggistici. Obiettivi primari sono non solo la funzionalità delle opere ma soprattutto l'inserimento degli interventi nel contesto naturale.

Tecniche di intervento

Per gli interventi in questi ambiti è opportuno ricorrere a tecniche di ingegneria naturalistica in quanto esse garantiscono una maggiore durabilità, un inserimento paesaggistico più consono e una minore alterazione dei parametri chimici delle acque, in particolare del sistema carbonatico calcio, comune ai travertini e ai cementi.

Nelle opere di ingegneria naturalistica si utilizzano materiali naturali quali legname, pietrame, essenze vegetali. La scelta specifica dei materiali deve essere effettuata tenendo conto delle specifiche dei luoghi, possibilmente riutilizzando materiali presenti in sito. In particolare il pietrame deve essere litologicamente uguale o simile a quello della roccia in posto; le specie da piantumare vanno scelte tra quelle autoctone, con caratteristiche tali da essere adeguate per le condizioni in cui vengono messe a dimora e possibilmente con apparato radicale tale da favorire la stabilizzazione delle terre.

È inoltre opportuno che nella progettazione delle opere si ponga particolare attenzione per l'aspetto estetico finale degli interventi, prediligendo ove possibili morfologie irregolari e naturaliformi.

I possibili interventi per il ripristino e la riqualificazione di questi ambienti sono così riassumibili:

- abbattimento di infrastrutture di origine antropica (caselli di captazione e di distribuzione);
- realizzazione di opere trasversali lungo i corsi d'acqua finalizzate alla regimazione dei deflussi ed allo strippaggio di anidride carbonica;
- realizzazione di opere longitudinali lungo i corsi d'acqua finalizzati alla protezione delle sponde e quindi alla diminuzione dell'erosione e del trasporto solido;
- realizzazione di aree umide;
- realizzazione di percorsi didattici.

Abbattimento dei caselli di captazione

L'abbattimento dei caselli di presa delle sorgenti viene realizzato con il fine di ripristinare la situazione naturale precedente alla loro costruzione.

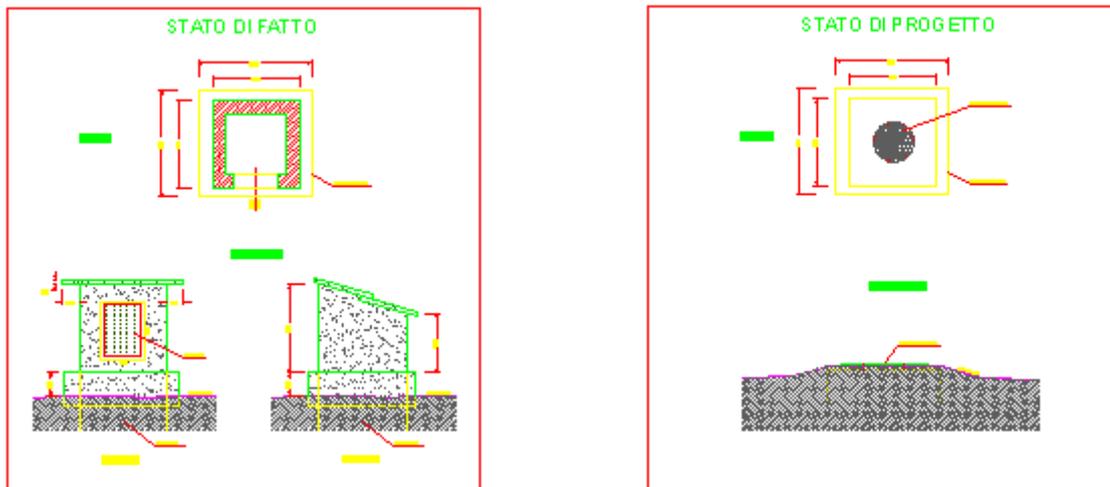
L'intervento è finalizzato non solo all'abbattimento delle infrastrutture in calcestruzzo ma anche a conservare inalterato il flusso di risorgenza delle acque. Per la progettazione dell'intervento è assai utile avere a disposizione il progetto di realizzazione dei caselli. In genere tali progetti sono di difficile reperibilità; si suggerisce di effettuare l'indagine bibliografica negli archivi della società acquedottistica (se esistente), del comune di pertinenza e negli Uffici del Genio Civile (ora della Provincia di competenza). Quest'ultima sede è di interesse in quanto ogni captazione sorgiva fino al 1995 doveva essere autorizzata dal Genio Civile, dietro presentazione di specifico progetto.

In mancanza di specifico progetto è opportuno effettuare rilevamenti dello stato di fatto con tecniche topografiche classiche; in questi ambiti è inoltre probabile la presenza di tubazioni interrato, che possono essere rilevate per via indiretta (metodi geofisici) e diretta (scavi). Gli eventuali collegamenti idraulici possono essere appurati mediante test con traccianti fluorescenti o chimici.

La demolizione delle strutture fuori terra può avvenire seguendo le tecniche edili classiche, completate con particolari attenzioni ed accorgimenti per la cantierizzazione e per lo smaltimento del materiale demolito.

Per le opere in sotterraneo l'intervento è più delicato, in quanto tecniche invasive possono compromettere l'equilibrio del flusso idrico. In genere si suggerisce di non demolire le strutture in sotterraneo e di riempirle con ciottolame grossolano drenante in modo da favorire una riemersione diffusa delle acque e non localizzata. Le captazioni così riempite vengono successivamente ricollegate con il versante mediante stramazzi in pietrame e legname.

Nelle figure successive vengono proposti i disegni di progetto dei caselli prima e dopo l'abbattimento e un'immagine di un intervento effettuato.



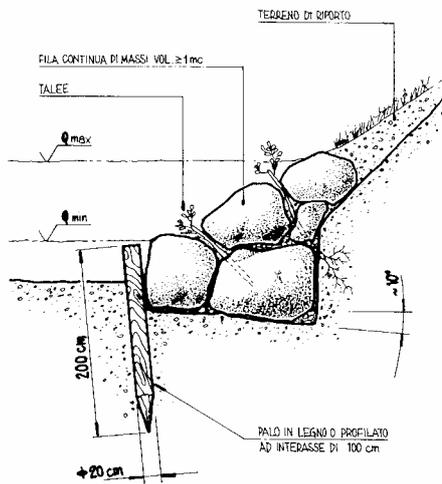
Le operazioni di abbattimento possono modificare il regime di ruscellamento superficiale comportando la necessità di intervenire con sistemazioni idrauliche lungo le aste torrentizie a valle dei punti di risorgenza.

Gli interventi di ripristino vengono solitamente eseguiti accoppiati ad interventi di sistemazione quali ponticelli piattaforme e passerelle in legno in modo da rendere più facilmente accessibile il contesto valorizzato. Il miglioramento dell'accessibilità spesso viene integrato con la posa di cartelli didattici. Le aree più sensibili dal punto di vista naturalistico vengono invece protette mediante posa di staccionate in legno semplici e doppie.

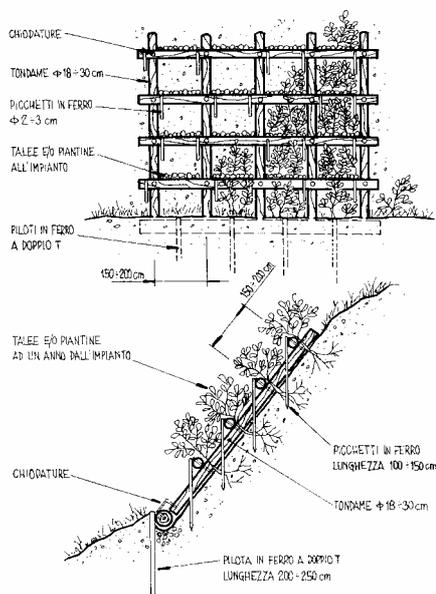
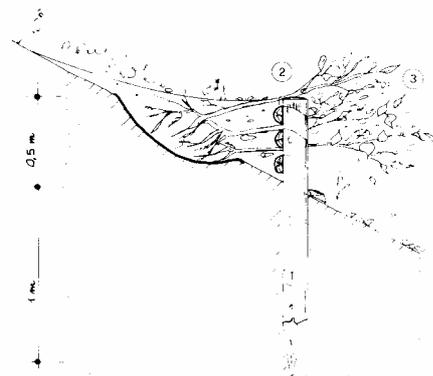
Protezione di sponde in erosione

L'erosione delle sponde dei corsi d'acqua travertinizzanti può produrre agli ammassi di travertino danni diretti (erosione o seppellimento sotto coltri di terreno franato) e indiretti, ovvero incremento del trasporto solido. Il trasporto solido è un fattore che rallenta o inibisce del tutto la formazione di travertino in alveo.

Gli interventi di protezione spondale vengono realizzati con pietrame e legname realizzando piccole scogliere o palizzate rinverdite. Le figure seguenti mostrano alcuni schemi tipologici di protezione spondale.



PALIZZATA IN LEGNAME CON TALEE



Opere trasversali

La realizzazione di opere trasversali al corso d'acqua ha due finalità:

- aumento dei fenomeni di travertinizzazione grazie allo strippaggio di CO₂ che determina la precipitazione di carbonato di Calcio;
- variazione dei profili di corrente, con conseguente diminuzione dell'erosione.

Nel primo caso si privilegia la realizzazione di salti e cascatelle, nel secondo briglie di vario genere. In ogni caso è necessario dimensionare le opere ed a tal fine vanno raccolte informazioni circa il regime del corso d'acqua su cui si interviene ed in particolare vanno misurati o ricavati i dati di portata di magra e di piena.

Gli interventi volti a creare cascatelle (Fig 37) sono solitamente di piccole dimensioni e realizzati con elementi trasversali in legno o con piccole soglie in pietrame. A valle e a monte dei salti si realizzano delle piccole pozze al fine di permettere la decantazione di eventuali particelle trascinate dalla corrente.

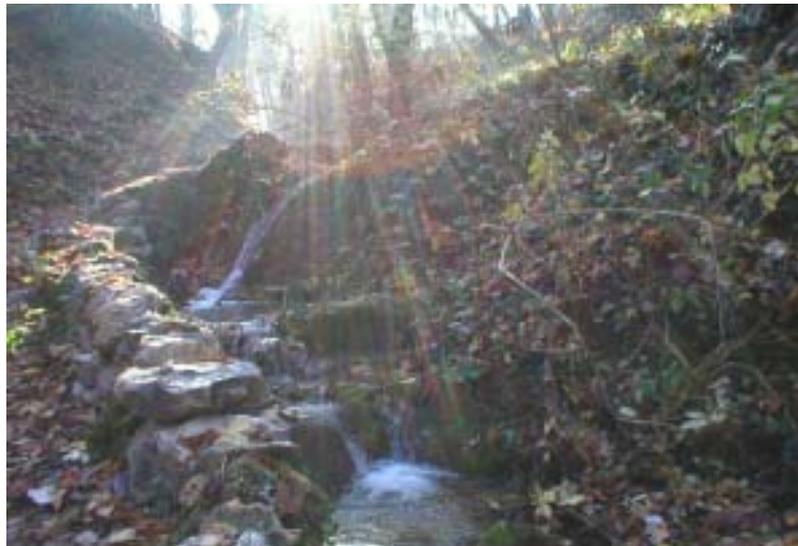
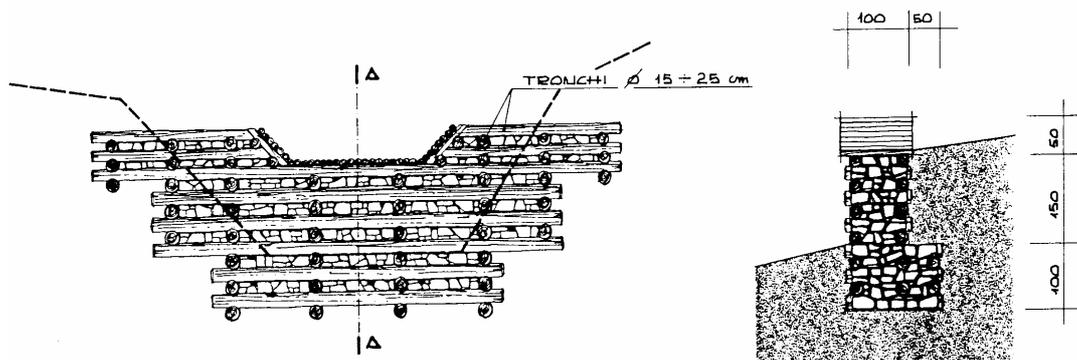


Fig. 37 – Interventi su corso d'acqua per la creazione di cascatelle

Gli interventi finalizzati alla diminuzione della velocità della corrente idrica vengono realizzati con strutture composite in legno e pietrame. In questi contesti vengono realizzate delle piccole briglie in legno e pietrame poste di traverso al torrente. La struttura realizzata viene ancorata al torrente mediante picchetti o piloti in ferro.

Ove la sezione del torrente è piccola e i profili di corrente veloci con limitati battenti d'acqua si posano delle soglie in pietrame o tronchi in legname sagomati.

Nelle figure successive vengono presentati alcuni schemi tipologici ed alcuni interventi realizzati.



SOGLIA IN PIETRAMO

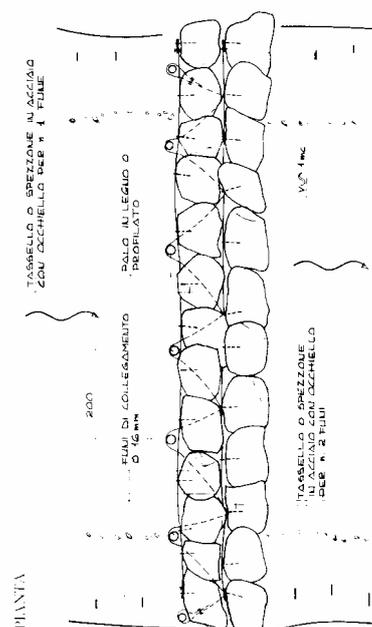


Fig. 38 – Esempi di interventi realizzati



Ripristino di vecchie aste torrentizie

La messa in opera di caselli di captazione e gli interventi antropici di modellazione degli alvei possono determinare situazioni di abbandono di alvei naturali; negli interventi di riqualificazione può risultare necessario il ripristino dei vecchi alvei, che in genere deve avvenire con tecniche tali da garantire in tempi brevi un aspetto naturiforme.

Il ripristino di vecchie aste torrentizie viene effettuata con l'accoppiamento di diversi tipi di intervento: protezione spondali, impermeabilizzazioni del fondo, realizzazione di vasche ed elementi trasversali.

L'intervento principale consiste nell'impermeabilizzazione del fondo in modo da garantire una portata minima vitale al corso d'acqua. L'intervento può essere effettuato scavando in corrispondenza del vecchio alveo e posando un geotessuto composto da 2 strati riempiti per circa 1-2 cm di bentonite. Il geotessuto bentonitico viene ancorato al terreno mediante apposite graffe e successivamente ricoperto di terreno e pietrame.

A seguito di queste azioni si provvede dove necessario alla realizzazione di difese spondali e alla posa di elementi trasversali che comportino una diminuzione della corrente e conseguentemente del trasporto solido.

Nelle figure successive vengono presentati degli schemi tecnici di ripristini e un intervento eseguito.

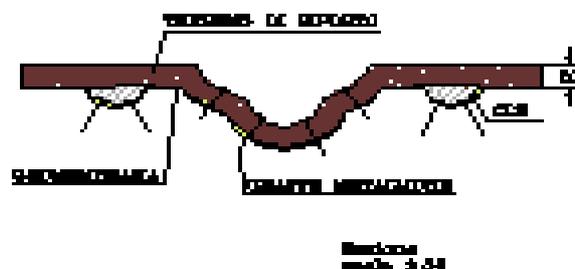




Fig. 39 – Ripristino di un alveo abbandonato

Realizzazione di piccoli stagni ed ambienti umidi

Questi interventi sono finalizzati alla diminuzione del trasporto solido dei corsi d'acqua e, ove necessario, alla creazione di aree necessarie per l'abbeverata e la riproduzione della fauna.

Le opere riguardano tre settori distinti:

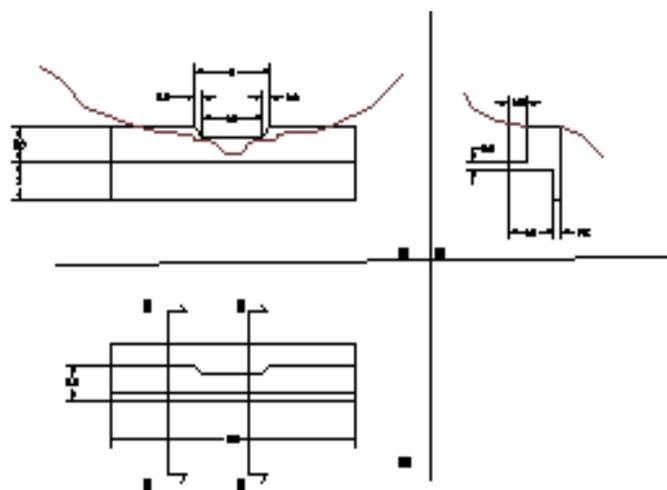
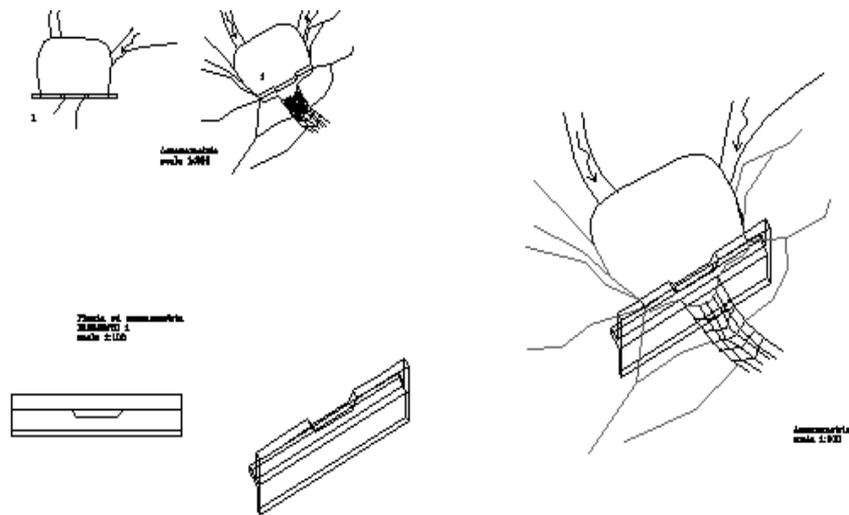
- fondo;
- sponde;
- soglia.

Il fondo viene impermeabilizzato ponendo in opera geotessuti bentonitici (nabento); questa operazione può essere evitata nel caso venga accertata l'impermeabilità del sottofondo.

Le sponde vengono realizzate secondo forme irregolari, date anche dalla posa di massi solidarizzati e legname; possono essere completate con piccole rampe d'accesso in terra in modo che possano essere facilmente utilizzate da Anfibi.

L'emissario viene realizzato con una soglia in pietrame adeguatamente dimensionata in funzione del regime di ruscellamento in magra ed in piena.

Nelle figure successive vengono presentati alcuni schemi realizzati ed un intervento effettuato.



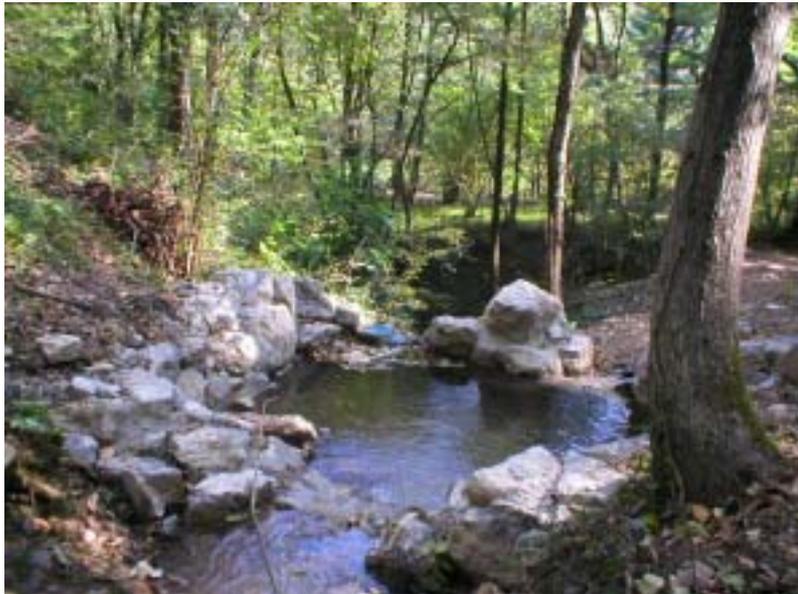


Fig. 40 – Soglia in pietrame

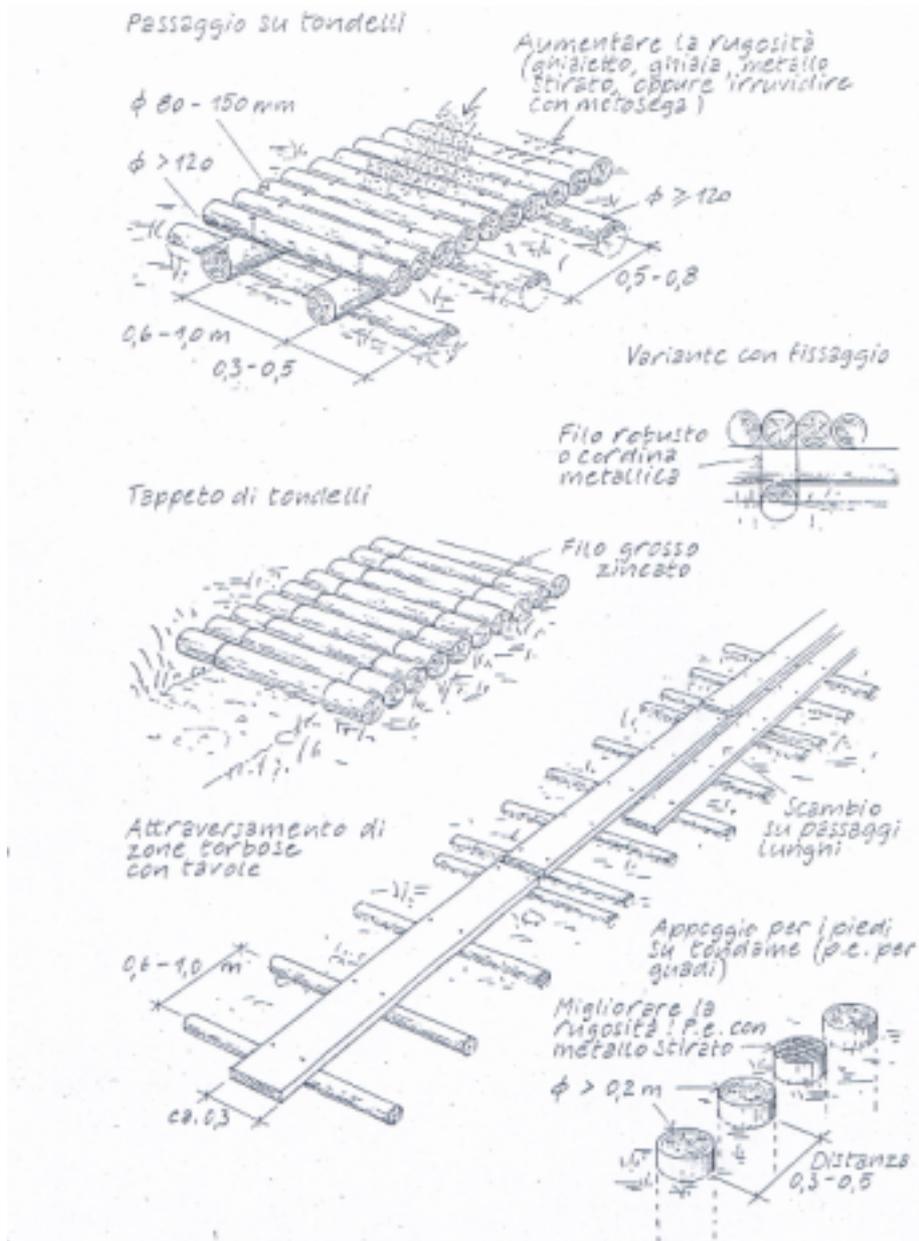
Percorsi pedonali

Frequentemente gli interventi di rinaturalizzazione sono accompagnanti da iniziative didattico divulgative che stimolano la visita delle aree a travertino da parte di scolaresche e gruppi numerosi. L'afflusso dei turisti ed in particolare il calpestio può determinare compromissioni dell'habitat; per evitarlo è opportuno progettare dei percorsi pedonali sopraelevati rispetto ai travertini, con sovrappassi e ponticelli in caso di attraversamento di corsi d'acqua e di balaustre a protezione degli ambienti umidi o esposti. A questo riguardo è esemplare il caso del Parco di Plitvice, in Croazia, dove le barriere di travertino vengono visitate annualmente da centinaia di migliaia di visitatori, che seguono percorsi pedonali che si sviluppano per svariati chilometri.



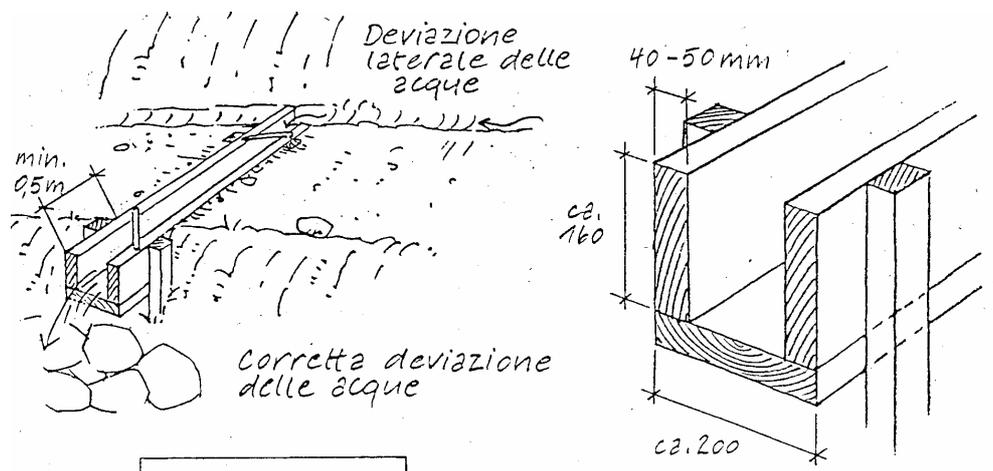
Fig. 41 – Esempi di percorsi pedonali nel parco dei laghi di Plitvice (Croazia)

A titolo di esempio citiamo alcune costruzioni per l'attraversamento di zone umide: passaggio su tondelli, tappeti di tondelli, attraversamenti di zone torbose con tavole ed appoggi per piedi su tondame. Queste semplici opere d'ingegneristica, prodotte con l'assemblaggio di tronchi (chiodature o filo di ferro), permettono il superamento di aree umide nel rispetto dell'ecosistema.

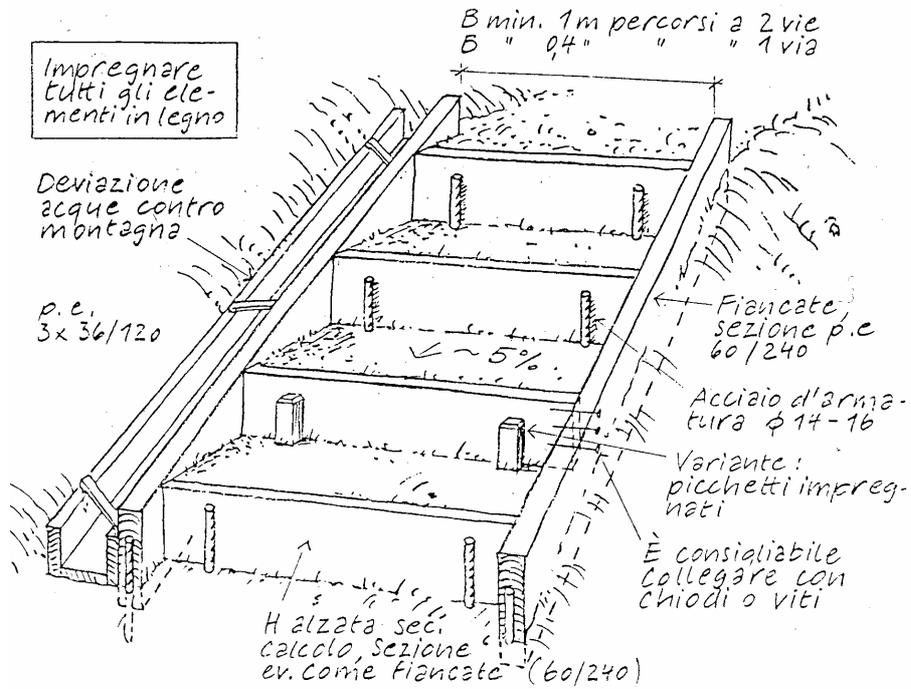


Il miglioramento della percorrenza dei sentieri viene predisposta con opere accessorie volte a regimare le acque e a rendere meno impegnativi tratti in forte pendenza. A tal fine vengono predisposti rispettivamente delle canaline tagliaacqua e delle gradonature. Queste ultime vengono realizzate mediante piccoli scavi e risagomature che prevedono il posizionamento di elementi in legno trasversali debitamente graffiati nel terreno con picchetti e piloti in ferro.

Nelle figure successive vengono presentati alcuni esempi tipologici.



Esempio esecuzione tipo A



Esempio esecuzione tipo B

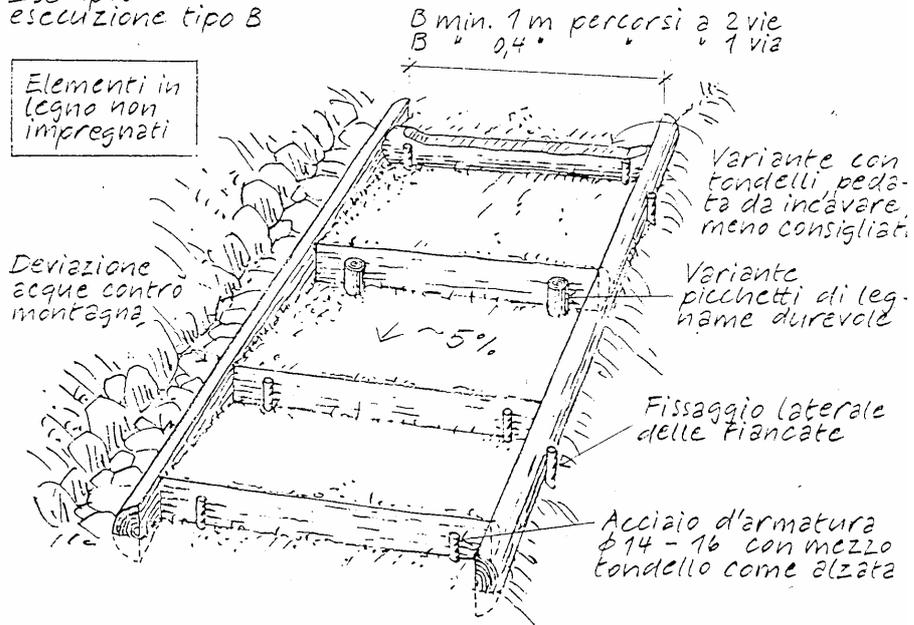
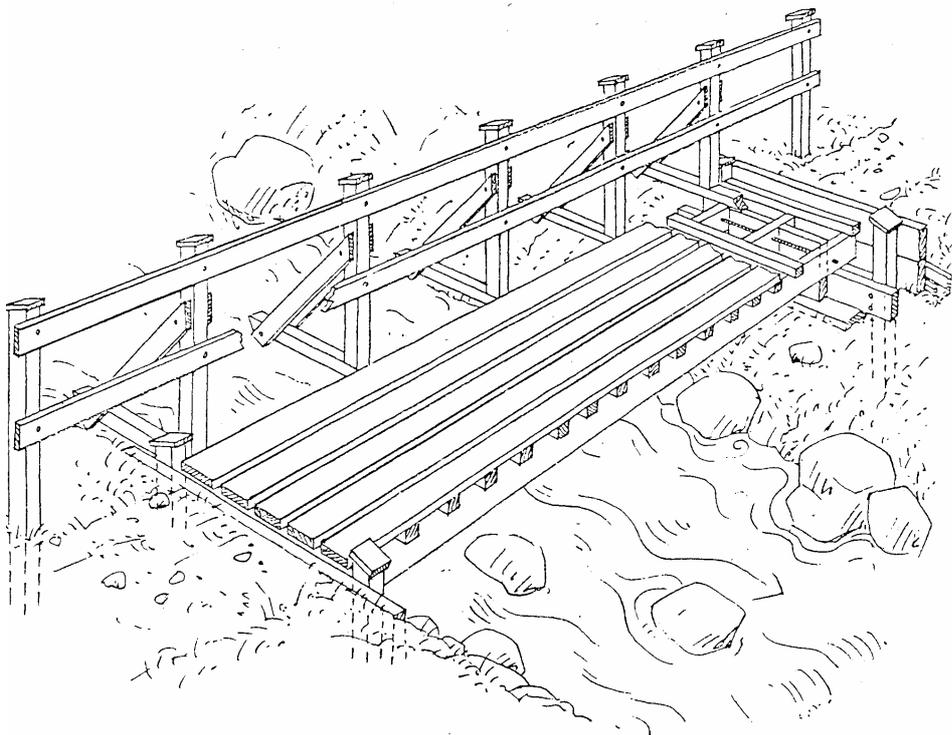
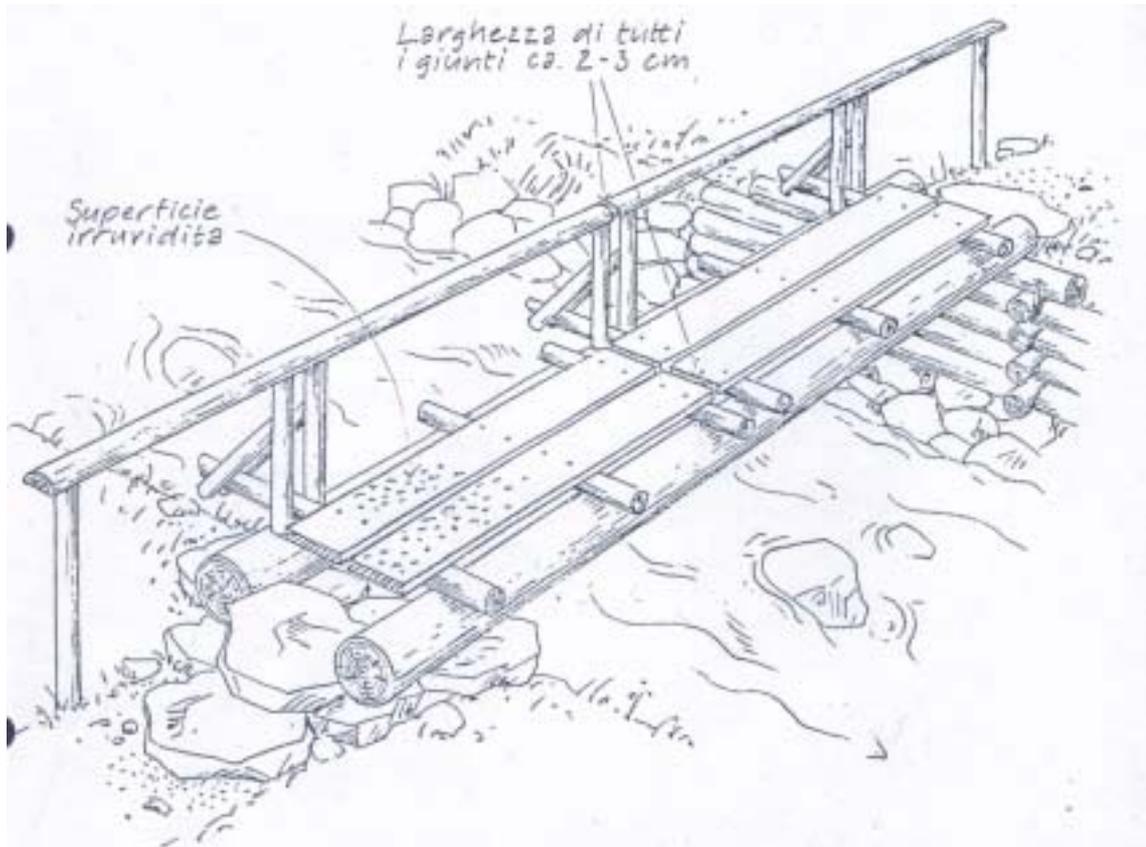


Fig. 11.2. SCALINATE NEL TERRENO

In contesti dove la morfologia locale si presenta irregolare e necessitano attraversamenti di piccoli corsi d'acqua, questi ultimi vengono realizzati mediante la costruzione di ponticelli in legno. Le strutture in legno, generalmente costituite da 1 sola campata, vengono poggiate su piccole opere di fondazione poste sulle sponde dei ruscelli. Gli appoggi vengono protetti dalle azioni erosive della corrente mediante malte cementizie e vernici impregnanti. Ove possibile si procede ad una piantumazione di specie arbustive (salici e ontani) adatte ai contesti umidi. Una corretta manutenzione degli arbusti unitamente al progressivo accrescimento dei sistemi radicalari garantiscono un incremento della stabilità spondale nel tempo ed una minimizzazione dei fenomeni erosivi.

Le forme dei ponticelli possono essere regolari o irregolari. Il legname può essere fornito in tondi o mezzi tondi oppure in assi squadrate.





A titolo esemplificativo viene proposto qui di seguito il progetto di rinaturalizzazione “Grotte di Valganna” in cui è stato predisposto l’abbattimento di alcuni caselli sorgentizi, la rinaturalizzazione di un’area umida e la realizzazione di interventi di sistemazione idraulica al fine di migliorare le condizioni di travertinizzazione.

Progetto Grotte di Valganna



Fig 42 – Grotte di Valganna (Varese)

Il fine del progetto è stata la tutela e la salvaguardia dell'habitat delle sorgenti petrificanti sito in località "Grotte di Valganna". L'intervento di rinaturalizzazione, effettuato con tecniche di ingegneria naturalistica, ha interessato un'area di circa 3 ha.

Tutti gli interventi sono stati finalizzati al ripristino dell'habitat originale, in modo da favorire la formazione di travertini e la colonizzazione degli ambienti umidi da parte di briofite peculiari (p.e. *Cratoneurium* sp.).

Tali interventi predisposti e realizzati sono stati i seguenti:

- abbattimento caselli di captazione e rinaturalizzazione delle emergenze sorgive;
- interventi di rinaturalizzazione di contesti umidi abbinati ad opere di regimazione idraulica;
- interventi atti a migliorare le condizioni di sviluppo e accrescimento dei travertini;
 - diminuzione trasporto solido

- incremento dei punti di strippaggio CO₂
- realizzazione di un sentiero didattico, con punti di sosta e passerelle.

Al fine di meglio identificare gli interventi di rinaturalizzazione vengono qui di seguito raggruppate le tipologie degli interventi. Vengono proposte una serie di foto rappresentative dei lavori eseguiti.



Fig. 43 - Abbattimento caselli di captazione e rinaturalizzazione sorgenti



Fig. 44 - Laghetti con rampe di accesso anfibi

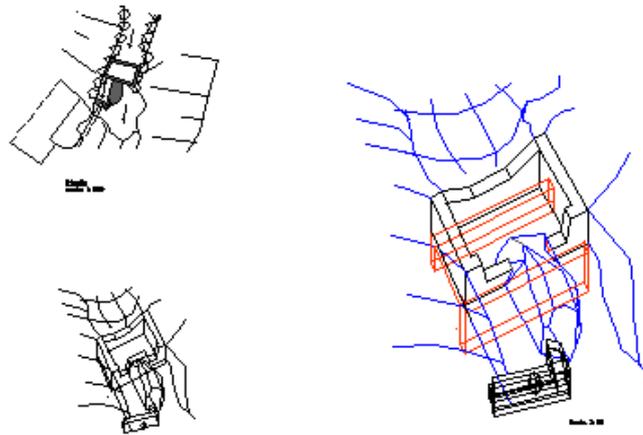


Fig. 45 - Vasche e ripartitori

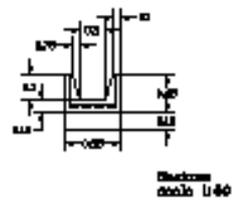
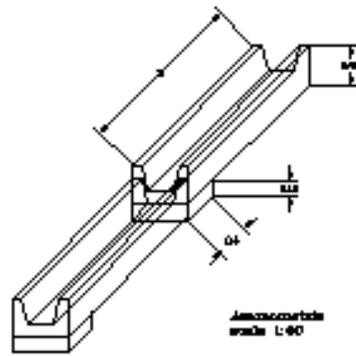


Fig. 46 - Ripristino vecchi alvei



Fig. 46 - Difese spondali



Fig. 47 - Difese spondali



Fig. 48 - Soglia in pietrame



Fig. 49 - Soglia in legno

Fig. 50 - Interventi di miglioramento della sentieristica

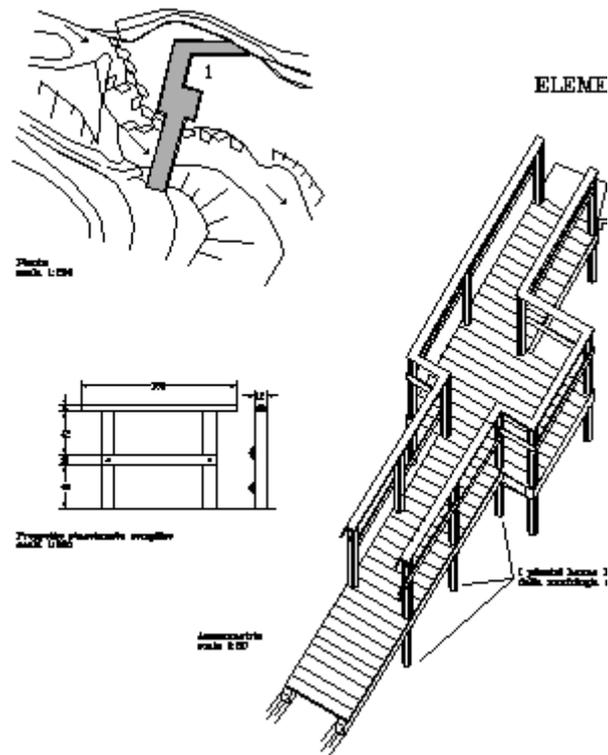


Fig. 51 – Ulteriori esempi di interventi di miglioramento della sentieristica

