



RICERCA APPLICATA IN AMBITI CONNESSI ALLA PREVENZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NEL COMUNE DI DERUTA

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

INTERVENTI PREVISTI

Gruppo di lavoro:

Prof. Ing. Diana Salciarini (Resp. Scientifico)

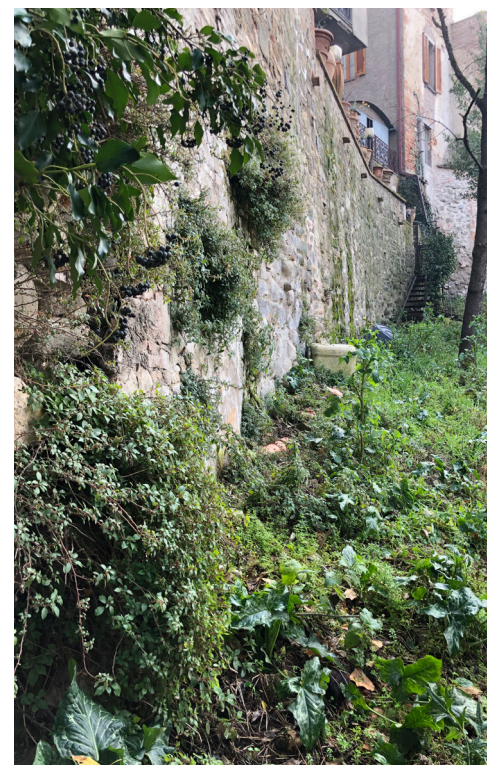
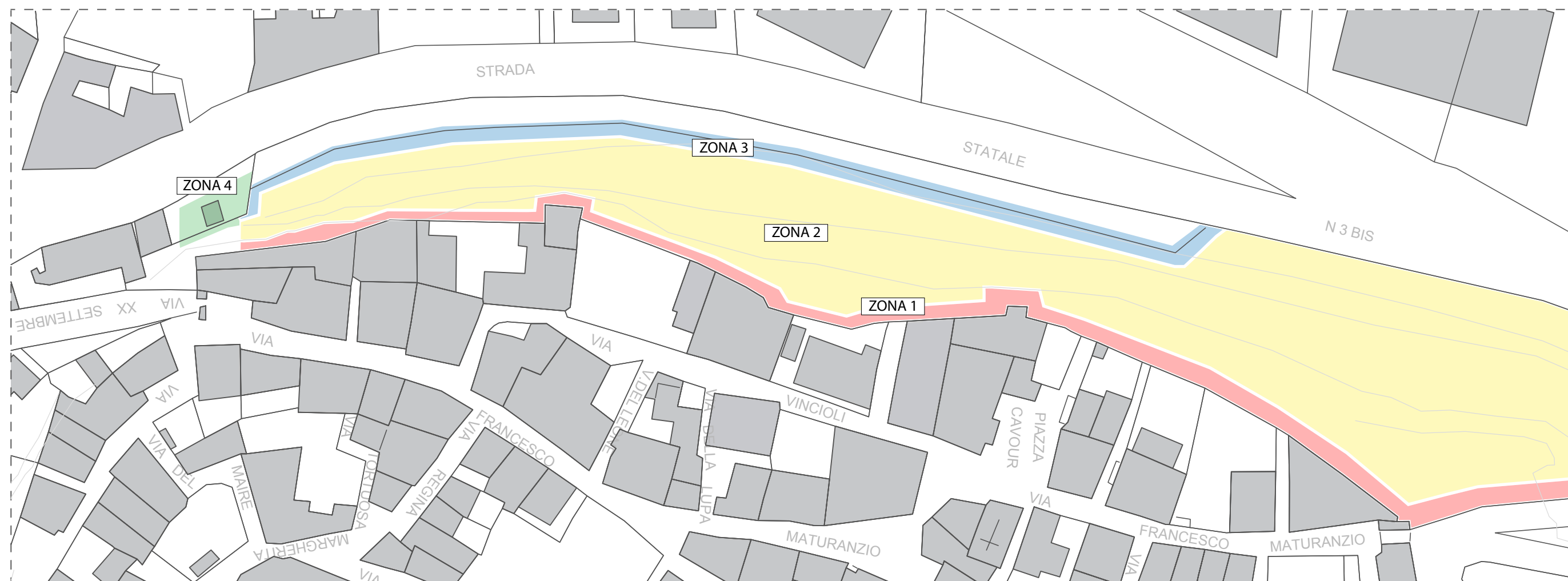


Dott. Ing. Ludovica Di Pietro

Dott. Ing. Bruno Regnicoli Benitez

Dott. Ing. Arianna Lupattelli





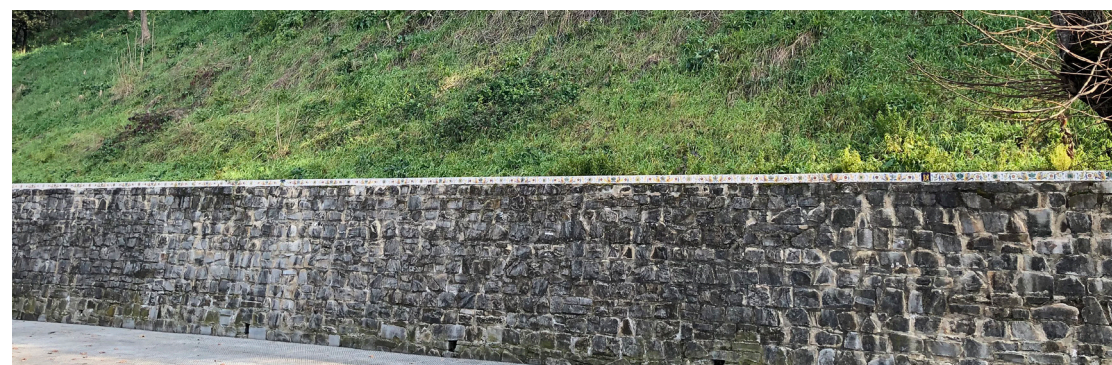
ZONA 1



ZONA 2



ZONA 4



ZONA 3

LEGENDA

- ZONA 1 DI INTERVENTO
- ZONA 2 DI INTERVENTO
- ZONA 3 DI INTERVENTO
- ZONA 4 DI INTERVENTO

0 12.5 25 50 m

STATO ATTUALE

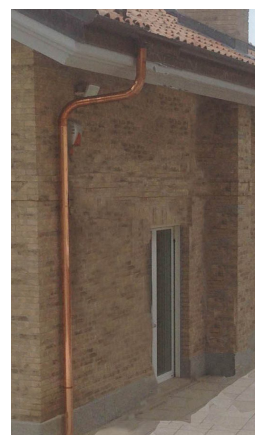


PROBLEMATICHE RISCONTRATE

- 1) pluviali di diverso materiale (plastica, lamiera zincata, rame ecc.)
- 2) gruppi di pluviali che convogliano in un unico punto;
- 3) rete fognaria esistente non del tutto rilevabile.

IPOTESI DI INTERVENTO

1) **Rimozione e sostituzione dei pluviali non idonei con discendenti in materiale conforme al sistema costruttivo dell'edificato** - Al fine di preservare l'identità del centro storico del Borgo ed esaltarne le peculiarità, si suggerisce l'utilizzo di materiali che rispettino le caratteristiche costruttive del luogo, come ad esempio il rame o materiali plastici di idonea colorazione.



esempio di pluviale in rame

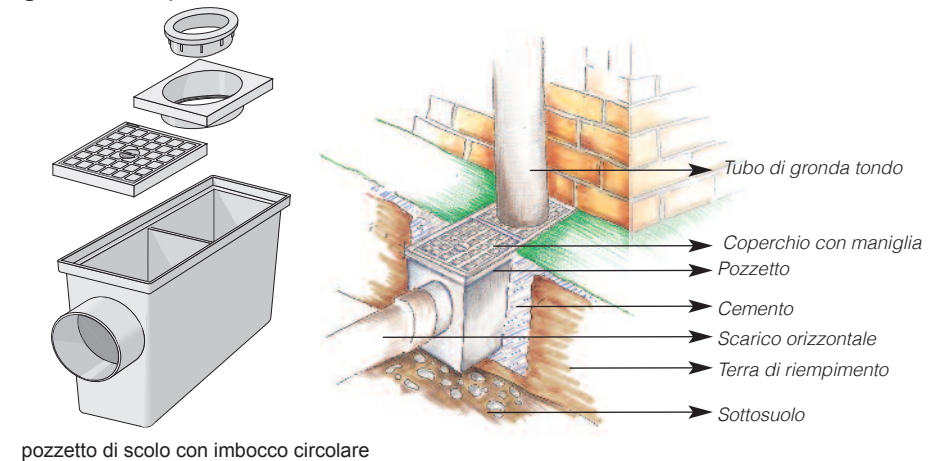


esempio di pluviale in pvc

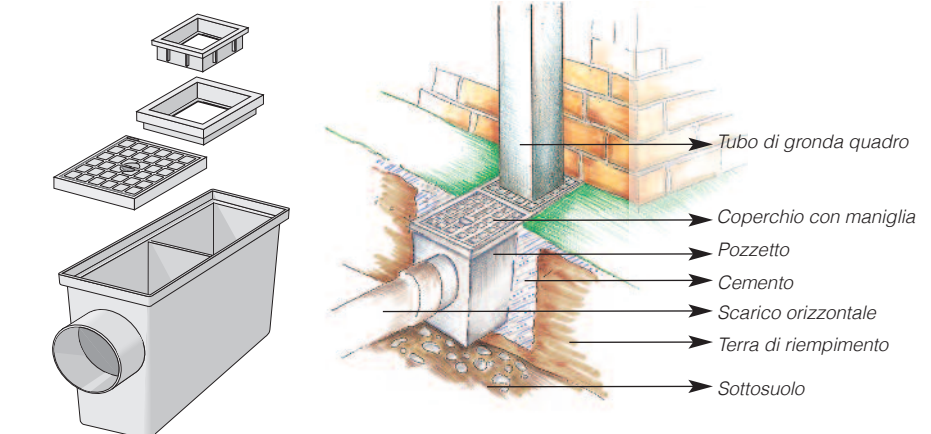


esempi di colorazioni idonee

2) **Riduzione del percorso dei pluviali** - si prevede che ciascun pluviale corra verticalmente rispetto alle mura urbane convogliando in pozzetti di scolo.

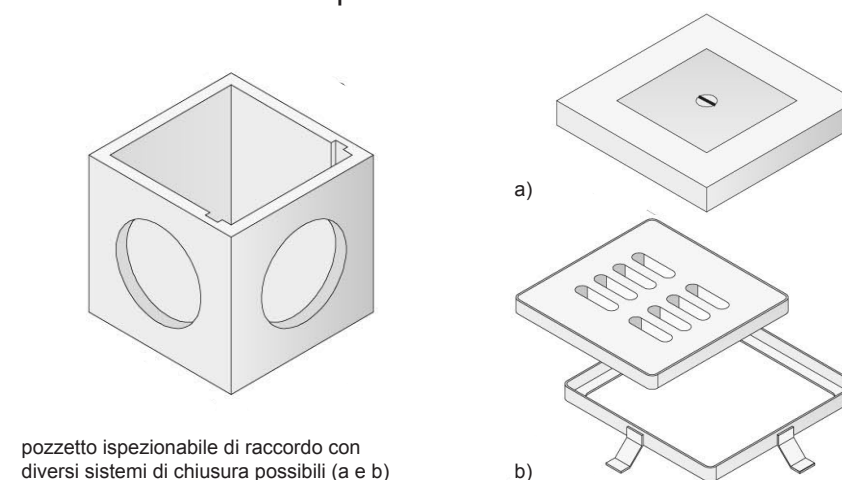


pozzetto di scolo con imbocco circolare



pozzetto di scolo con imbocco quadrato

3) **Realizzazione di un sistema di tubazioni che convogliano in pozzetti ispezionabili e raccordo con la rete fognaria esistente** - per lo smaltimento delle acque provenienti dai pluviali e immesse nei pozzetti di scolo, è prevista una serie di tubazioni che corrono parallelamente alle mura urbane e che finiscono in una serie di pozzetti ispezionabili. Questi ultimi saranno d'incremento ai pozzetti già esistenti. Il posizionamento di massima dei pozzetti è stato effettuato mediante un'analisi delle pendenze del terreno.



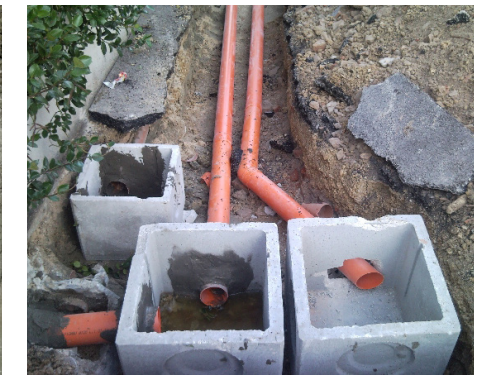
pozzetto ispezionabile di raccordo con diversi sistemi di chiusura possibili (a e b)

Vengono proposte due soluzioni per l'allontanamento dell'acqua dai pozzetti di scolo verso i pozzetti ispezionabili:

A) **Tubazioni interrato** - come prima alternativa si considera una rete di tubazioni interrata, parallela alle mura del centro storico, ispezionabile solo in corrispondenza dei pozzetti descritti in precedenza.



tubi in pvc di raccordo tra pozzetti



B) **Canalette di drenaggio** - la seconda alternativa prevede l'impiego di canalette di drenaggio per lo smaltimento dell'acqua, in diverso materiale (calcestruzzo prefabbricato, pvc e acciaio). Queste hanno il vantaggio di costituire, oltre che un sistema di drenaggio delle acque provenienti dai pozzetti, anche un sistema di raccolta delle acque meteoriche.

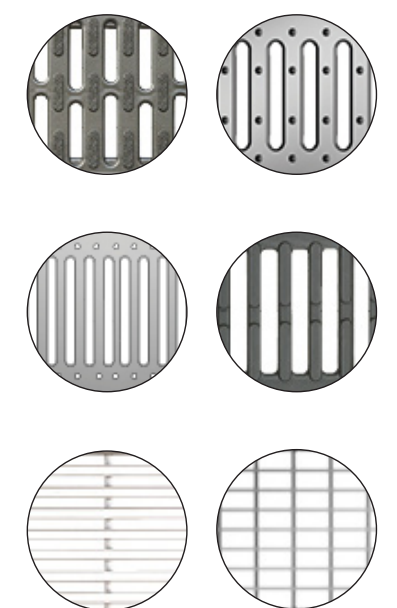
Di contro vi può essere l'aspetto economico, in quanto senz'altro maggiormente onerose rispetto alle tubazioni classiche interrate, e la necessità di effettuare una manutenzione ordinaria al fine di evitarne l'intasamento (attraverso terriccio, fogliame ecc.)



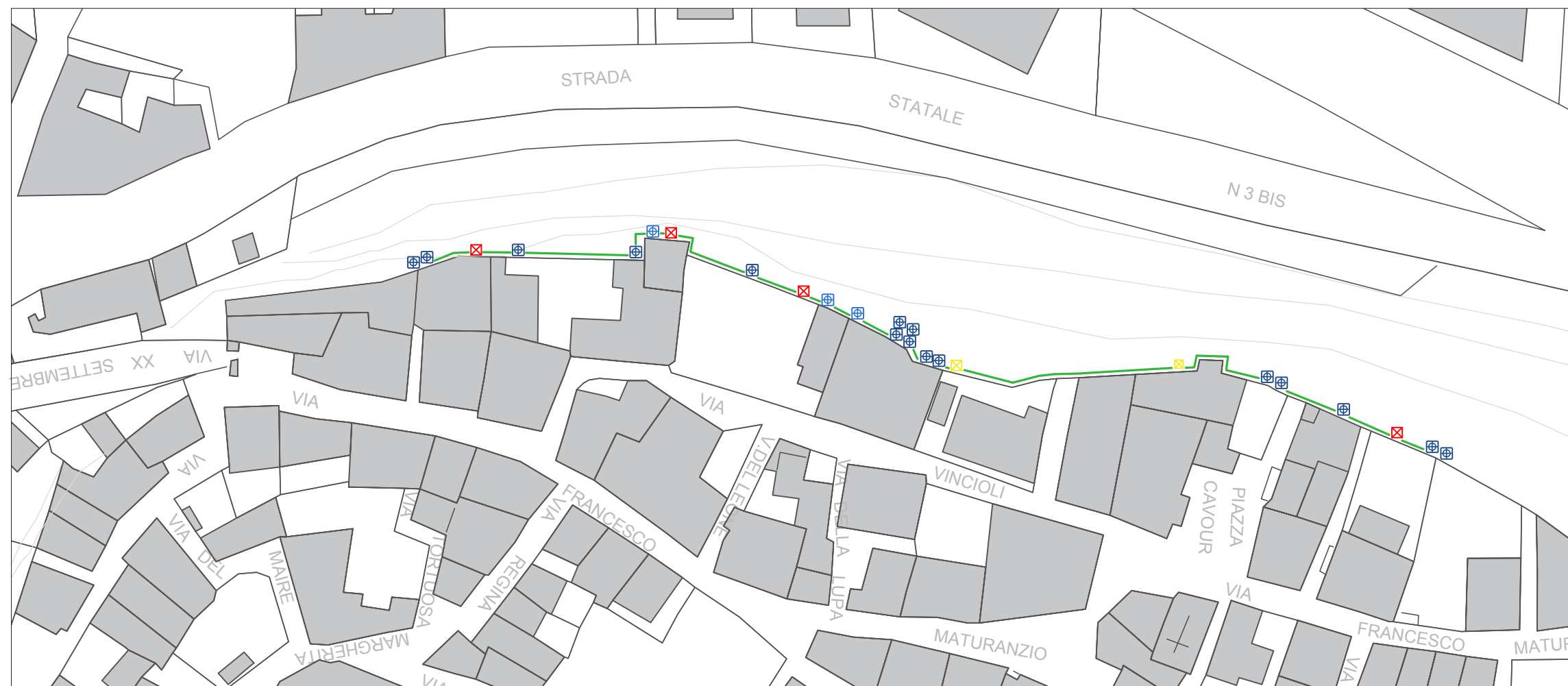
canaletta di scolo in pvc con grigliato in acciaio








canaletta di scolo in cls con grigliato in acciaio



tipi di grigliati per il sistema di chiusura

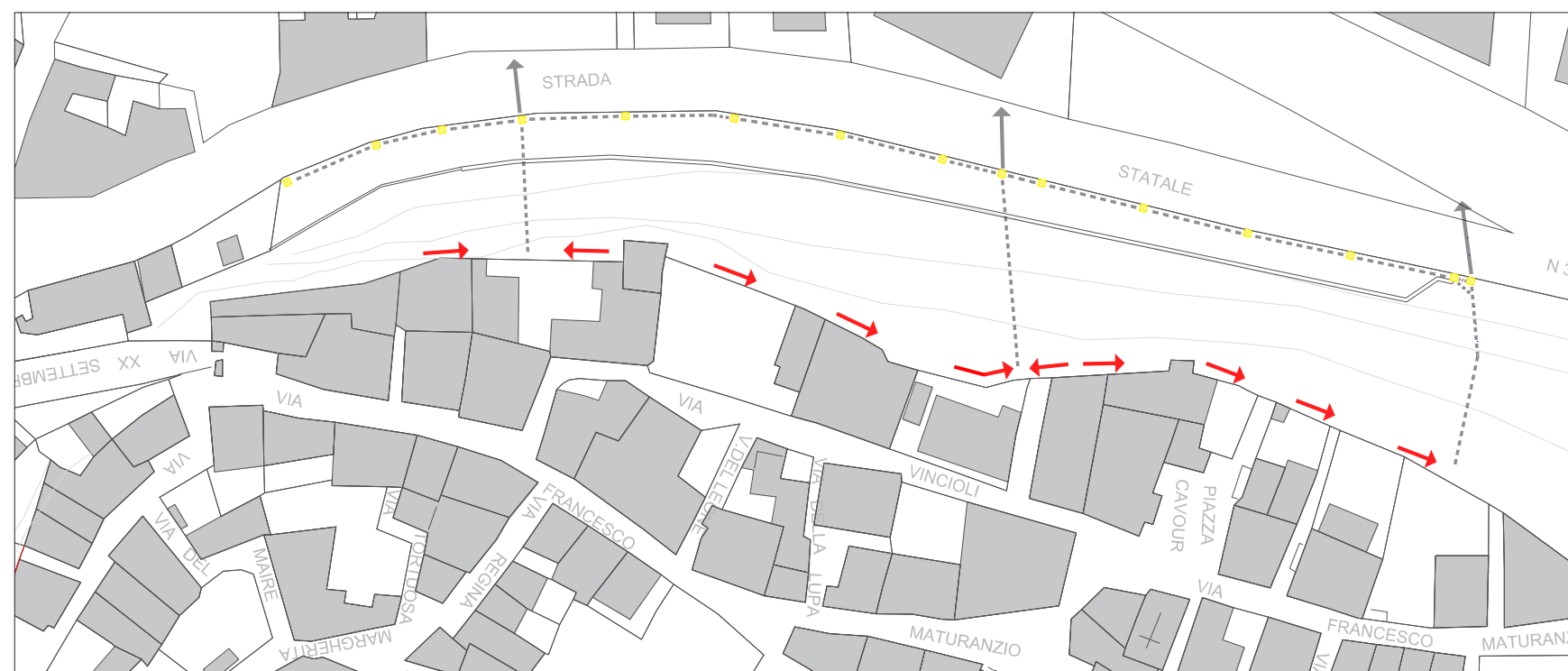


LEGENDA DELLA SIMBOLOGIA

-  Pluviale esistente con pozzetto di scolo
-  Pluviale con modifica dell'attacco a terra con pozzetto di scolo
-  Pozzetto di ispezione esistente
-  Pozzetto di ispezione di progetto
-  Tubazione interrata o canaletta di scolo



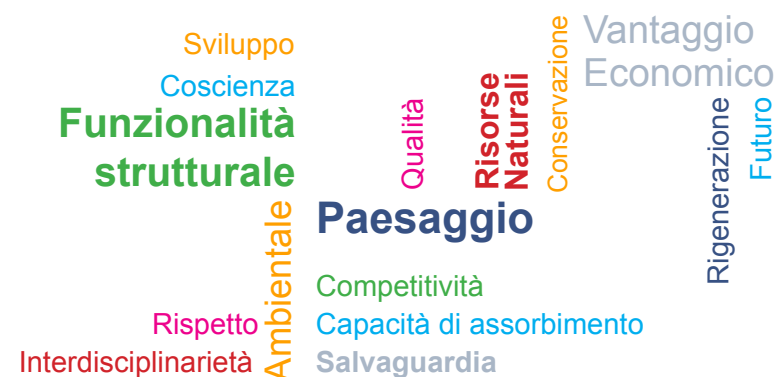
SCHEMA DELL'ALLACCIO CON LA FOGNATURA ESISTENTE



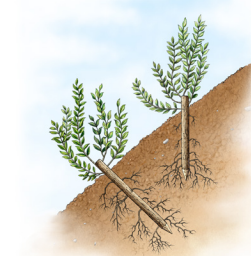
Lo schema sopra riportato indica le linee di scarico del nuovo sistema di regimazione delle acque previsto ai piedi delle mura urbiche. Prima di poter redigere un qualsiasi progetto sarà necessario effettuare un **rilievo della rete fognaria esistente**, in modo da proporre un accurato piano di smaltimento delle acque. Nella planimetria sono stati riportati i percorsi dell'acqua verso i tre punti di raccolta principali. Tali percorsi possono essere realizzati attraverso un sistema di canalizzazione dell'acqua (sia esso in tubazioni interrate, che in canalette drenanti fuori terra) con un'adeguata pendenza. I pozzetti intermedi, come da ipotesi di progetto, vengono impiegati nel caso in cui vi siano interruzioni e/o problematiche legate al sistema. Grazie ad essi, infatti, sarà possibile intervenire in ma-

niera tempestiva, individuando in modo rapido il tratto che presenta problemi e ripristinandone l'attività. Inoltre, per ciò che riguarda i pluviali, come già riportato nella TAV. 6a, si suggerisce di modificare alcuni percorsi, che risultano troppo lunghi e deturpanti per le mura urbiche ed inserire a livello dell'attacco a terra di ciascun pluviale, dei pozzetti di scolo, come da p.to 2. In base a queste considerazioni sono stati riportati sulla mappa i nuovi punti di arrivo dei pluviali modificati.

INGEGNERIA NATURALISTICA...cos'è?

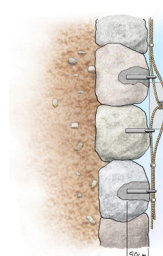


Materiali impiegati a) Vegetale

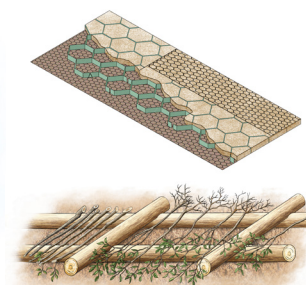


specie arboree e arbustive

b) Inerte



legno, pietra, materiali sintetici...

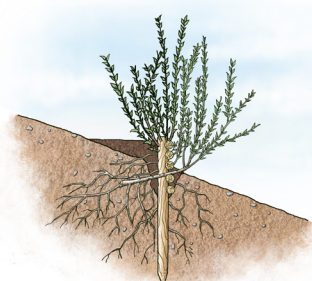


Nella zona centrale del versante vengono proposti interventi di ingegneria naturalistica, disciplina tecnico-scientifica volta ad utilizzare le potenzialità dei materiali naturali in associazione ad altri prodotti (non cementizi) nella realizzazione di interventi di consolidamento, antierosione e rinaturalizzazione. A seguito di una **riprofilatura del versante**, si sceglie di utilizzare tre diverse soluzioni in base alla zona e alla pendenza del versante:

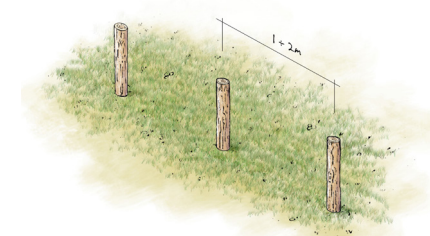
- **Ipotesi 1 - grata viva**: indicata per la **zona più bassa** del versante con funzione stabilizzante;
- **Ipotesi 2 - palizzata viva**: indicata per la **zona centrale**;
- **Ipotesi 3 - rivestimento antierosivo**: indicato per la **sommità** del versante con maggiore pendenza.

IPOTESI 1 - PALIZZATA VIVA

Struttura composta unicamente da materiale vegetale, ottenuta mediante una serie di tronchi orizzontali sovrapposti in file e sorretti da tronchi verticali infissi nel terreno. Tra i tronchi è presente del materiale vegetale vivo. Si realizza in moduli dislocati sul versante che seguono l'andamento delle curve di livello.

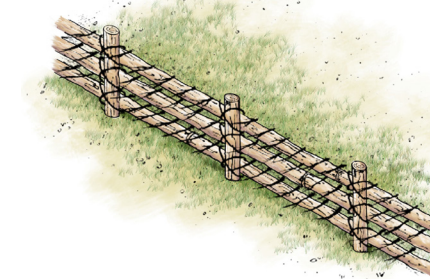


Fasi di realizzazione



1. preparazione preliminare del sito di intervento
2. infissione verticale di tronchi posti a 1-2 m l'uno dall'altro e sporgenti dalla superficie topografica

3. posa e fissaggio di tronchi in file orizzontali sovrapposte a monte di quelli infissi precedentemente



4. riempimento con materiale inerte di riporto e con materiale vegetale vivo, posto a contatto con il substrato e sporgente esternamente dalla struttura per 10-15 cm



esempi di realizzazione di palizzata viva



IPOTESI 2 - RIVESTIMENTO ANTIEROSIVO

Elementi antierosivi, realizzati in materiale naturale biodegradabile (bioreti, biostuoie, biofelti...) o geosintetico (geotessili, geostuoie, geocelle...), adatte a pendii e scarpate da consolidare anche con pendenze elevate. La loro struttura svolge un'azione di protezione della parte superficiale del terreno esposta ad azione erosiva, garantendo la filtrazione e la permeabilità. Associando tali rivestimenti con tecniche di inerbimento e piantumazione di specie erbacee, viene garantito un aumento di stabilità dello strato corticale.

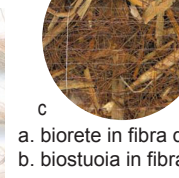
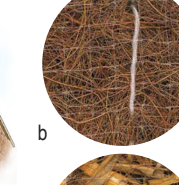
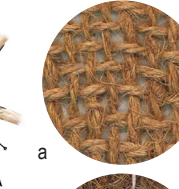
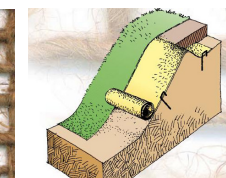
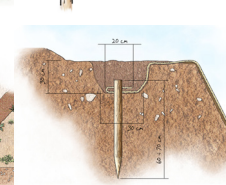
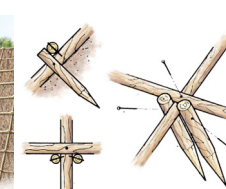
Rivestimenti biodegradabili



esempi di realizzazione



posa in opea e sistemi di fissaggi



a. biorete in fibra di cocco
b. biostuoia in fibra di cocco
c. biostuoia in paglia

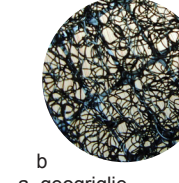
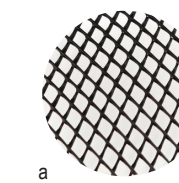
Rivestimenti sintetici



esempi di realizzazione di geogriglie



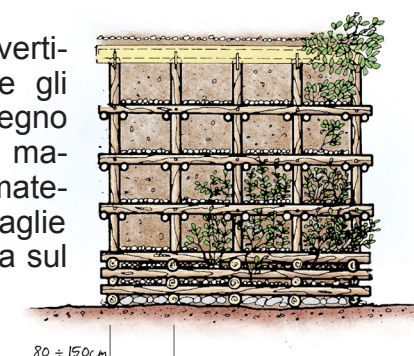
esempi di realizzazione di geocelle



a. geogriglie
b. geostuoie

IPOTESI 3 - GRATA VIVA

Struttura di tronchi orizzontali e verticali, disposti perpendicolarmente gli uni agli altri a formare un sostegno reticolare di contenimento sia del materiale inerte di riporto che del materiale vegetale vivo. L'opera a maglie quadrate o rettangolari è adagiata sul terreno in posto.



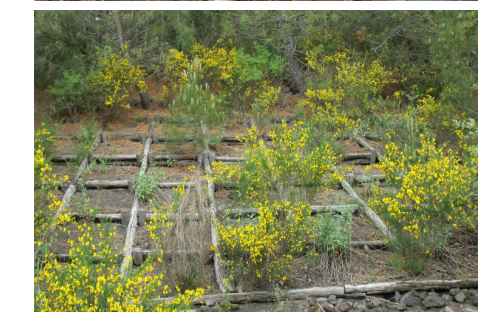
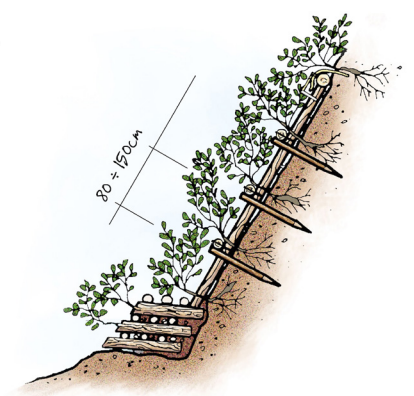
80 x 150 cm

Caratteristiche tecniche

- svolge una funzione di sostegno e consolidamento del versante
- garantisce il drenaggio
- adatta per pendii con pendenze elevate

Ambiti di impiego tipici

- zone laterali a infrastrutture stradali



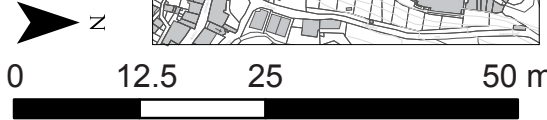
esempi di realizzazione di grata viva





LEGENDA DELLA SIMBOLOGIA

- Rivestimento antierosivo
- Grata viva
- Palizzata viva



Lo schema sopra riportato indica le aree in cui si ipotizza di intervenire tramite opere di Ingegneria Naturalistica. Il progetto di massima prevede: una prima fascia, adiacente al centro storico in cui viene previsto un **rivestimento antierosivo**, scelto tra le varie opzioni descritte nella TAVOLA 7a; una seconda zona a valle del versante (sud-ovest) in cui viene adottato il sistema della **grata viva**, con funzione stabilizzante in quanto area a maggiore pendenza; infine, nella parte centrale del versante si prevedono file sovrapposte di **palizzate vive**. Si precisa che, preliminarmente alla messa in opera di questi interventi, il versante dovrà essere sottoposto ad un'azione di riprofilatura ed eliminazione di avvallamenti e/o depressioni del terreno. Di fondamentale importanza risulterà poi la **manutenzione** costante e periodica delle opere, al fine di aumentarne l'efficacia nel tempo. Le operazioni di manutenzione si dividono in ordinaria - comprensiva di operazioni di potatura e irrigazione - e straordinaria - come disinfezione, riempimento di svuotamenti, irrigazione di soccorso.

ASPETTO ECONOMICO secondo le voci elenco prezzi prezziario Regione Umbria 2018

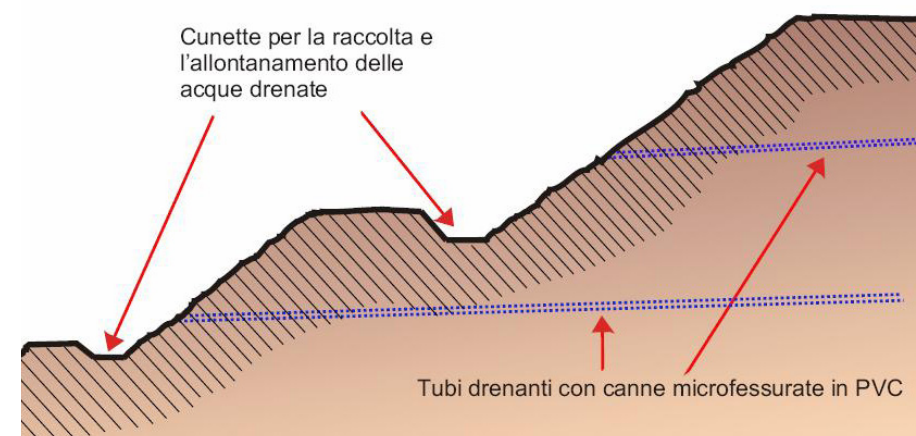
	prezzo	costo minimo manodopera
PALIZZATA IN LEGNAME CON TALEE - voce 17.2.330	26,80 €/m	4,84 €
BIOTESSILE E BIOSTUOIA PER LA PROTEZIONE DELLE SCARPATE E SUPERFICI PIANE DALL'EROSIONE - voce 17.3.220.0		
-In paglia con peso di g/mq 450 circa, fornita in rotoli - voce 17.3.220.1	5,20 €/mq	0,99 €
-In cocco con peso di g/mq 600 circa, fornita in rotoli - voce 17.3.220.2	6,80 €/mq	1,29 €
-In juta con peso di g/mq 600 circa, fornita in rotoli - voce 17.3.220.4	4,26 €/mq	0,81 €
GEOSTUOIA PER RINVERDIMENTO E PROTEZIONE SCARPATE - voce 17.3.210.0		
-Con resistenza a trazione in senso longitudinale oltre kN/m 10 - Per spessore da mm 1 a mm 14 - voce 17.3.210.4	16,10 €/mq	3,05 €
-Con resistenza a trazione in senso longitudinale oltre a 10 kN/m - Per spessore da mm 14,1 a mm 22 - voce 17.3.210.8	18,20 €/mq	3,45 €
GRATA VIVA SU SCARPATA (prezziario Regione Lazio)	80,87 €/mq	23,49€

La tabella qui riportata descrive i principali prezzi delle opere di ingegneria naturalistica previsti, di gran lunga più vantaggiosi rispetto agli interventi di ingegneria tradizionale. Il loro vantaggio è riscontrabile sia dal punto di vista economico, in quanto il prezzo si riferisce per la maggior parte all'acquisto dei materiali impiegati piuttosto che all'incidenza di noli e manodopera; sia dal punto di vista ambientale, combinando la funzionalità strutturale dell'opera alla rigenerazione e/o alla salvaguardia del paesaggio in cui essa viene inserita.

I prezzi sopra riportati si riferiscono ad alcune ipotesi di prodotto, non sono da intendersi come interventi esecutivi.

Nella zona bassa del versante è proposta un'opera di drenaggio mediante **dreni suborizzontali**. Tale tipologia di intervento ha l'obiettivo di modificare il regime delle acque sotterranee in modo da consolidare il versante riducendo le pressioni interstiziali che possono provocare movimenti franosi con superfici di scorrimento anche relativamente profonde.

L'intervento è realizzato attraverso una serie di **perforazioni** sub-orizzontali in cui vengono inseriti dei **tubi microfessurati**, al fine di ridurre le pressioni interstiziali che agiscono in modo destabilizzante nel pendio (all'aumento delle pressioni interstiziali corrisponde una riduzione di resistenza a taglio del terreno). Queste tubazioni funzionano come sistemi a gravità innescando un moto di filtrazione a superficie libera.

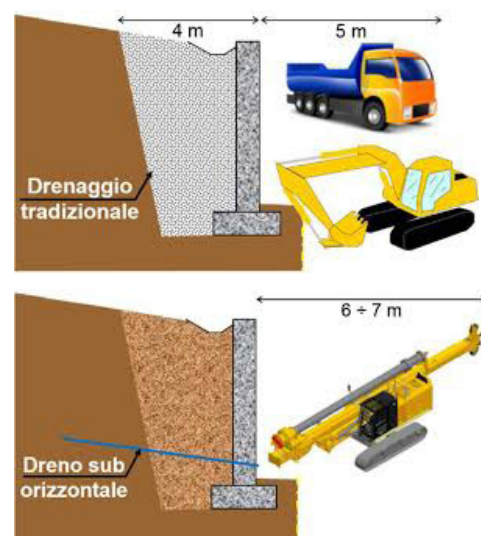


Fasi di realizzazione

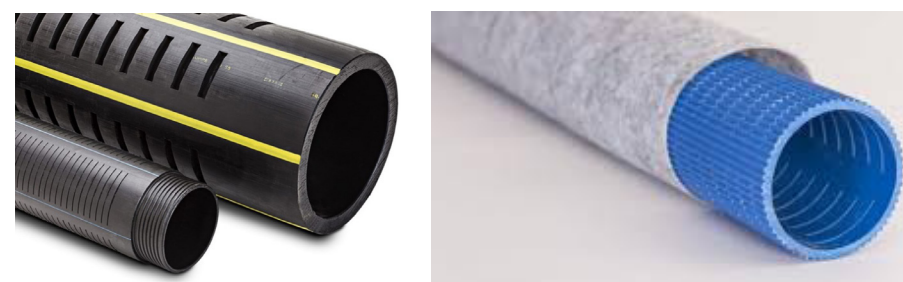
1. Perforazione - viene eseguito un foro per rotazione o rotoperforazione di diametro compreso tra 50 e 100 mm, con un'inclinazione verso l'alto compresa tra i 5° e i 10°. Viene utilizzata acqua come fluido di spurgo, oppure la pulizia del foro viene eseguita con aria compressa laddove l'acqua possa provocare l'erosione delle pareti del foro.

La perforazione viene eseguita con l'ausilio di un eventuale rivestimento provvisorio che garantisce il sostegno delle pareti del foro nel caso in cui il tipo di terreno lo renda necessario.

Il sistema di posa in opera dei dreni sub-orizzontali è di gran lunga migliore rispetto a quello dei sistemi di drenaggio tradizionale: le quantità di materiale da movimentare, l'ingombro delle attrezzature necessarie per l'installazione, i tempi e i costi di realizzazione dei drenaggi tradizionali vengono notevolmente abbattuti da soluzioni alternative quali **macchine perforatrici** e **spingitubo**.



2. Installazione - quando la perforazione raggiunge la quota di progetto, si procede all'estrazione dei macchinari di perforazione e alla posa dei tubi microfessurati. Nel caso di utilizzo di rivestimento provvisorio si procederà prima alla posa della tubazione e successivamente all'estrazione del rivestimento. I **tubi** sono **generalmente in PVC**, materiale che garantisce una durabilità maggiore, e sono **forati o finestrati** con diametri compresi tra 40 mm e 80 mm e spessori di 3-6 mm. I tubi vengono rivestiti con **geotessili** in modo da evitare l'intasamento dei fori.



Le profondità massime alle quali possono lavorare i tubi drenanti sono dell'ordine di 100 m, ma in alcuni casi si possono raggiungere lunghezze anche maggiori. I tubi possono essere disposti in direzione fra loro parallela, con interasse compreso tra 3 e 20 m, o disposti a raggiera su uno o più ordini.

Caratteristiche di posa:

- si prevedono tubi di drenaggio di una lunghezza variabile compresa tra i 20 e i 30 metri;
- l'interasse sarà compresa tra i 3 e i 10 metri;
- si prevede **un singolo livello** al di sopra del muro di contenimento alla base del versante ed una sistemazione e pulizia dei già esistenti fori a livello del muro per consentirne il riutilizzo;
- bisognerà prevedere opere di **manutenzione ordinaria costante**.

Vantaggi:

- buona **capacità drenante** e ampio raggio d'influenza
- facilità e velocità di posa in opera, **costi** di esecuzione **ridotti**.

Le indicazioni circa le dimensioni e le caratteristiche dei dreni rappresentano solo un'ipotesi a cui dovrà seguire una specifica modellazione geotecnica e idraulica nelle successive fasi di progettazione. L'efficienza dell'intervento è legata sia alla quantità di acqua drenata che al mantenimento nel tempo della capacità di drenare ed è tipicamente maggiore nei terreni a grana fine. Dal punto di vista tecnico, l'efficienza aumenta:

- al diminuire dell'interasse tra i dreni;
- all'aumentare del diametro e della lunghezza dei dreni;
- all'aumentare del numero di livelli drenanti.



macchina perforatrice



esempi di realizzazione

STATO ATTUALE



I dissesti localizzati nel versante occidentale del colle di Deruta sono rappresentati, oltre che da franamenti più o meno superficiali del terreno, anche da fenomeni di crollo all'interno dei cunicoli situati nella parte bassa, uno dei quali presenta la volta puntellata. Uno dei principali fattori di rischio, oltre al crollo di elementi lapidei sulla strada comunale, è rappresentato dal fatto che il collasso delle volte potrebbe causare cedimenti strutturali degli edifici a monte delle cavità.

QUADRO CONOSCITIVO DELLE CAVITÀ ANTROPICHE

Nell'ambito di un intervento di stabilizzazione e conservazione del sistema ipogeo è necessaria una prima fase diagnostica suddivisa nel modo seguente:

1) **Ricerca storico-culturale e archeologica** - in primo luogo deve essere prevista una apposita fase di approfondimento di carattere storico, bibliografico e cronachistico che permetterà la miglior comprensione del sistema ipogeo ed una iniziale valutazione della suscettibilità a dissesto del sito.



2) **Campagna di indagini visive dirette** - tale fase potrà effettuarsi tramite tecniche di indagine speleologiche, indagini televisive o laser in foro che permetteranno la visione diretta degli spazi ipogei e di acquisire le necessarie misure e dati di rilievo geostrutturale.

3) **Campagna di indagini geognostiche dirette** - la fase di indagini geognostiche di tipo diretto (sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi a distruzione di nucleo, prelievo e prove di laboratorio di campioni indisturbati) consentirà l'identificazione della successione lito-stratigrafica del sottosuolo e delle calotte, la stima delle caratteristiche geotecniche dei terreni e di monitorare i parametri geologici-geotecnici;



strumento per la realizzazione di un carotaggio continuo

4) **Campagna di indagini geognostiche indirette** - tale fase sarà effettuata tramite indagini geofisiche che permetteranno la mappatura e la ricostruzione dell'andamento della rete di cavità presente nel sottosuolo, in particolare dove le metodologie dirette risulteranno inefficaci.

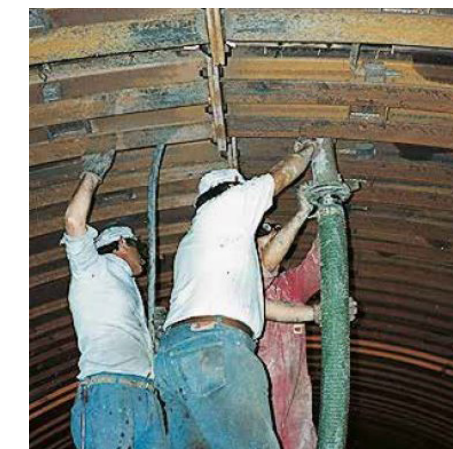
5) **Determinazione sistema ipogeo e zone a maggior rischio** - nel corso delle fasi sopra descritte verrà a delinearsi il quadro conoscitivo globale della rete di cunicoli dal quale saranno individuate le zone sottoposte a rischi di stabilità strutturale da sottoporre ad intervento.

Risulta opportuno sottolineare come l'utilizzo di sole indagini di tipo diretto o solo indagini indirette non permetta la completa valutazione dello stato fisico del sistema ipogeo. Infatti, le indagini dirette saranno condizionate dalla effettiva possibilità di esplorazione in relazione alla presenza o meno di accessi e alla condizione di sicurezza per i tecnici; le indagini indirette eseguite singolarmente non permetteranno di fornire risposte univoche circa la stabilità delle calotte e di arrivare a valutazioni del rischio affidabili.

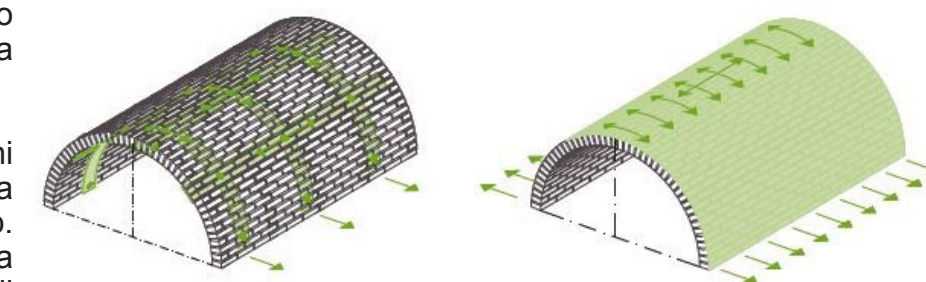
PROPOSTE DI INTERVENTO:

Terminata la fase diagnostica, in base all'estensione del sistema ipogeo, sarà opportuno suddividere le porzioni di cavità di interesse storico-culturale, nelle quali saranno previsti interventi di consolidamento seguiti da restauro, da quelle prive di interesse, nelle quali saranno previsti esclusivamente interventi di consolidamento e stabilizzazione.

Di seguito sono elencate alcune possibili tipologie di intervento, ribadendo che la decisione potrà essere presa solo in una fase progettuale più avanzata. Una tecnica è quella del riempimento di porzioni dei cunicoli con impasti di aggregato granulare e pasta cementizia, adottabile per le zone prive di interesse storico-culturale e alle quali deve essere fornito supporto strutturale.



Nel caso delle cavità oggetto di recupero e riutilizzo è opportuno prevedere un nuovo sistema strutturale che si inserisca a ridosso della superficie rocciosa esistente. La causa dei fenomeni di crollo all'interno della cavità è la mancata presenza di un sistema che supporti efficacemente i carichi sovrastanti; per queste ragioni si potrebbe procedere alla realizzazione di supporti mediante centine.



Per le zone dove sono esistenti paramenti in muratura è possibile prevedere un rinforzo e consolidamento mediante placcaggio intradosale con rete diffusa composta da materiali in fibra naturale e acciaio inox, con successiva applicazione di malte per lo strato di finitura. In alternativa al sistema diffuso, che permette la ridistribuzione dei carichi omogeneamente, possono essere utilizzati sistemi a fasce trasversali e longitudinali.

Tuttavia, tutte le proposte di intervento citate dipendono dalla condizione strutturale delle cavità antropiche delle quali è necessaria una indagine approfondita.

ASPETTO ECONOMICO secondo le voci elenco prezzi prezzario Regione Umbria 2018

	prezzo	costo minimo manodopera
PLUVIALE IN LAMIERA ZINCATA - della sezione di cm 8x8 o diametro mm 80, spessore mm 8/10 - voce 8.1.10.2	21,10 €/m	8,50 €
PLUVIALE IN RAME - della sezione di cm 8x8 o diametro mm 80, spessore mm 8/10 - voce 8.1.40.2	34,70 €/m	10,60 €
TUBAZIONI PER SCARICO IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ, POSATE CON STAFFAGGI IN VERTICALI O ORIZZONTALI ALL'INTERNO DI FABBRICATI - Dxs=90x3,4 - voce 8.2.10.6	31,70 €/m	8,90 €
POZZETTO CON COPERCHIO O CADITOIA IN CALCESTRUZZO - dimensioni interne 60x60 - voce 18.4.50.3	133,00 cad	24,40 €
POZZETTO PER CADITOIA STRADALE IN GHISA - dimensioni interne 60x60 - voce 18.4.40.3	121,00 cad	22,20 €
TUBAZIONI PN10-SDR17 IN PE100 RC - POLIETILENE AD ELEVATISSIMA RESISTENZA ALLA FESSURAZIONE - tubazione diametro esterno mm 140 - voce 18.1.146.5	21,00 €/m	3,41 €

I prezzi sopra riportati si riferiscono ad alcune ipotesi di prodotto, non sono da intendersi come interventi esecutivi.

