

POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Dipartimento di Ingegneria Ambientale, Idraulica, Infrastrutture
Viarie e del Rilevamento



Interventi di riduzione del rischio idraulico in comune di Renate Confronto economico - idraulico - ambientale

Relatore: Prof. Alberto BIANCHI

Elaborato di Laurea di:

Chiarangela PEREGO Matricola 739841

Anno accademico 2011 - 2012

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare in primo luogo il Prof. Alberto Bianchi per la sua cortesia, per la sua disponibilità e per avermi dato la possibilità di realizzare questo lavoro di laurea.

Intendo inoltre ringraziare il Dipartimento di Riqualificazione Fluviale del Parco Regionale della Valle del Lambro, in particolare l'Ing. Minà e l'Ing. Baldo per l'aiuto, la gentilezza e la pazienza mostratami durante tutto il lavoro svolto insieme.

Un ringraziamento sentito va anche alla mia famiglia, al completo, per il sostegno con cui mi ha spronata e con cui mi ha sempre incoraggiato ad andare avanti.

E' soprattutto a loro che devo questo traguardo importante.

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	6
INDICE DELLE TABELLE	9
INDICE DEGLI ALLEGATI	11
1. IL TORRENTE BEVERA	15
1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELLA BEVERA DI RENATE	17
1.2. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEL TORRENTE BEVERA NEL COMUNE DI RENATE.....	21
1.3. EVENTI DI PIENA STORICI	24
2. STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DEL TORRENTE BEVERA	28
2.1. ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E STIMA DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA	29
2.2. COSTRUZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PIOGGIA	32
2.3. SCELTA DEL MODELLO DI DEPURAZIONE DELLE PIOGGE E CALCOLO DELLA PIOGGIA NETTA.....	40
2.4. COSTRUZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA	48
2.5. SVILUPPO DEL MODELLO IDROLOGICO - IDRAULICO	50
2.6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE E SCELTA DEGLI EVENTI DI PIENA DI PROGETTO	60
3. SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE.....	64
3.1. PRIMA SOLUZIONE PROGETTUALE: CONSOLIDAMENTO AREE DI NATURALE ESPANSIONE	65
3.1.1. La struttura arginale	69
3.1.2. Il rialzo del muro di via Aldo Moro.....	72
3.1.3. Altre opere	73
3.1.4. Quadro economico	75
3.2. SECONDA SOLUZIONE PROGETTUALE: REALIZZAZIONE CANALE DIVERSIVO.....	76
3.2.1. La struttura arginale	79

3.2.2. Il canale in scogliera inerbita e terra armata	81
3.2.3. Quadro economico	85
3.3. TERZA SOLUZIONE PROGETTUALE: CANALIZZAZIONE DELLA ROGGIA VALLETTA.....	86
3.3.1. La struttura arginale	89
3.3.2. La canalizzazione della Roggia Valletta	91
3.3.3. Quadro economico	95
4. CONFRONTO ECONOMICO ED IDRAULICO - AMBIENTALE TRA LE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE	96
4.1. L'ANALISI COSTI BENEFICI.....	98
4.1.1. Metodologia utilizzata per l'analisi costi benefici	99
4.1.2. Applicazione dell'analisi costi benefici alle soluzioni progettuali	105
4.2. LA VALUTAZIONE IDRAULICO – AMBIENTALE: ANALISI MULTICRITERI	117
4.2.1. Metodologia utilizzata per l'analisi multicriteri.....	118
4.2.2. Applicazione dell'analisi multicriteri alle soluzioni progettuali	122
5. CONCLUSIONI	124
APPENDICE	127
1. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO.....	127
1.1 Computo metrico estimativo: prima soluzione progettuale	128
1.2 Computo metrico estimativo: seconda soluzione progettuale	141
1.3 Computo metrico estimativo: terza soluzione progettuale	152
2. ANALISI MULTICRITERI	162
2.1 Analisi multicriteri: prima soluzione progettuale	162
2.2 Analisi multicriteri: seconda soluzione progettuale	163
2.3 Analisi multicriteri: terza soluzione progettuale	164
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	165

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Le principali Bevere: Bevera di Molteno, Bevera di Tabiagio, Bevera di Bulciago e Bevera di Renate	16
Figura 2 Il Torrente Bevera in un tratto di alveo naturale	17
Figura 3 Vista di valle della tombinatura nel comune di Renate	19
Figura 4 Il Rio Prebone e la Roggia Valletta	20
Figura 5 Principali criticità del torrente Bevera nel comune di Renate	22
Figura 6 Immagini dell'esondazione del torrente Bevera e del fiume Lambro del 2002	25
Figura 7 Immagini relative all'esondazione del torrente Bevera nell'Agosto 2010 nel comune di Renate	26
Figura 8 Quadro d'insieme delle principali aree allagate nell'evento del 2010.....	27
Figura 9 Cartografia del bacino del Lambro suddivisa in celle omogenee: individuazione cella di riferimento	30
Figura 10 Stralcio della tabella dei parametri a ed n riferiti alla cella prescelta.....	30
Figura 11 Curve di probabilità pluviometrica.....	31
Figura 12 Intensità di pioggia e pioggia cumulata dell'evento del 11 - 12 agosto 2010.....	34
Figura 13 Intensità di pioggia e pioggia cumulata dell'evento del 14 - 15 agosto 2010.....	34
Figura 14 Individuazione evento critico	35
Figura 15 Ietogrammi di progetto.....	37
Figura 16 Ietogrammi di progetto ragguagliati all'area mediante il coefficiente di riduzione areale $R=0.95$	39
Figura 17 Tessitura del terreno	45
Figura 18 Uso del suolo	46
Figura 19 schema e rappresentazione del sistema idrologico - idraulico.....	51
Figura 20 Schematizzazione modello idraulico Monticello Brianza via Bocconi.....	56

Figura 21 Schematizzazione modello idraulico Monticello Brianza via Nuova	57
Figura 22 Schematizzazione modello idraulico Renate.....	58
Figura 23 Vista tridimensionale del modello idraulico di Renate	59
Figura 24 Idrogramma entrante e uscente per evento $T_r=100$ anni	61
Figura 25 Livelli massimi del profilo di moto vario per evento $T_r= 100$ anni	62
Figura 26 Idrogramma entrante e uscente per evento $T_r=200$ anni	62
Figura 27 Livelli massimi del profilo di moto vario evento $T_r=200$ anni.....	63
Figura 28 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: prima soluzione progettuale	66
Figura 29 Schema di funzionamento indicativo della zona di naturale espansione alla quota 302.00 m slm	68
Figura 30 Sezione tipologica del rilevato arginale prevista nell'area di Renate	69
Figura 31 Sezione tipo del muro di via Aldo Moro.....	72
Figura 32 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: seconda soluzione progettuale	77
Figura 33 Sezione tipo delle arginature previste per la seconda soluzione progettuale	79
Figura 34 Sezione tipo del canale previsto per la seconda soluzione progettuale	81
Figura 35 Sezione tipo della tombinatura prevista per la seconda soluzione progettuale.....	84
Figura 36 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: terza soluzione progettuale	87
Figura 37 Sezione tipo delle arginature previste per la terza soluzione progettuale	89
Figura 38 Sezione tipo del canale con sponde in cemento armato previsto per la terza soluzione progettuale.....	92
Figura 39 Schema della dimensioni del muro di sponda	93
Figura 40 Sezione tipo della tombinatura prevista per la terza soluzione progettuale.....	94
Figura 41 Stima della curva frequenza di superamento-danno	100
Figura 42 Curva portata - livello idrico	107
Figura 43 Curva livello <i>idrico - frequenza di superamento</i>	108
Figura 44 Aree inondate per assegnato tempo di ritorno	109
Figura 45 Curve USACE per la valutazione dei danni alle strutture di edifici residenziali.....	110

Figura 46 Andamento del danno percentuale in funzione dell'altezza di allagamento per terreni agricoli secondo James e Lee (1971).....	111
Figura 47 Curva <i>danno - livello idrico</i>	112
Figura 48 Curva <i>danno - frequenza di superamento</i> stato di fatto	113
Figura 49 Curva <i>danno - frequenza di superamento</i> prima soluzione progettuale	114
Figura 50 Curva danno - frequenza di superamento seconda e terza soluzione progettuale.....	115
Figura 51 Esempio di scheda di valutazione	119

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Valori caratteristici Ietogrammi di progetto.....	37
Tabella 2 Coefficienti per il ragguglio delle precipitazioni sull'area.....	38
Tabella 3 Valori caratteristici degli Ietogrammi raggugliati all'area mediante il coefficiente di riduzione areale $R=0.95$	39
Tabella 4 Suddivisione dei terreni secondo la loro tessitura per la scelta della classe (metodo CN) ...	42
Tabella 5 Suddivisione per uso suolo dei terreni per la scelta del CN	43
Tabella 6 Classi AMC per il metodo CN	44
Tabella 7 Valori del parametro CN	46
Tabella 8 Tempi di corrivazione	47
Tabella 9 Livelli e portate al colmo nelle sezioni caratteristiche per evento $T_r=100$ anni	62
Tabella 10 Livelli e portate al colmo nelle sezioni caratteristiche per evento $T_r=200$ anni	63
Tabella 11 Quadro tecnico - economico della prima soluzione progettuale	75
Tabella 12 Quadro tecnico - economico della seconda soluzione progettuale	85
Tabella 13 Quadro tecnico - economico terza soluzione progettuale	95
Tabella 14 Periodi di riferimento per diversi settori produttivi	105
Tabella 15 Riepilogo costi totali delle soluzioni progettuali	105
Tabella 16 Riepilogo dei costi annui relativi alle soluzioni progettuali	107
Tabella 17 Entità del danno in funzione del tempo di ritorno	111
Tabella 18 Riepilogo dei valori del beneficio annuo per ogni soluzione progettuale	115
Tabella 19 Riepilogo dei costi e dei benefici per ogni soluzione progettuale.....	116
Tabella 20 VAN, TIR, RBC, IRA, PPA e T_r calcolati per ogni soluzione progettuale.....	116
Tabella 21 Griglia di valutazione degli interventi per determinare il $Voto_A$	120
Tabella 22 Griglia di valutazione degli interventi per determinare il $Voto_c$	121
Tabella 23 Voti relativi ad ogni obiettivo e $Voto_A$ di ogni soluzione progettuale	123
Tabella 24 Riepilogo delle valutazioni per ogni soluzione progettuale.	123

Tabella 25 Valori del VAN e del PPA per ogni soluzione progettuale riferiti a diversi scenari di vulnerabilità	126
--	-----

INDICE DEGLI ALLEGATI

Allegato 1: Planimetria stato di progetto: prima soluzione progettuale

Allegato 2: Planimetria stato di progetto: seconda soluzione progettuale

Allegato 3: Planimetria stato di progetto: terza soluzione progettuale

SOMMARIO

La tutela dell'ambiente interessa ormai numerose discipline del sapere e dell'attività umana: sul piano giuridico, con l'emanazione di leggi e regolamenti e con l'applicazione di vincoli e controlli; sul piano tecnico, con interventi volti alla mitigazione di rischi e impatti; sul piano scientifico, con lo studio e l'interpretazione della dinamica dei fenomeni e degli equilibri dell'ecosistema. Non meno importante risulta infine il piano umanistico e sociale che attiene all'evoluzione della cultura, dell'educazione e della formazione in materia ambientale.

In questo contesto si inserisce la disciplina dell'Ingegneria naturalistica che coniuga i criteri di base dell'ingegneria tradizionale con tecniche volte alla salvaguardia dell'ambiente e dell'ecosistema.

Il seguente elaborato di laurea ha lo scopo di dimostrare che la scelta di adottare tecniche di ingegneria naturalistica per un progetto di riduzione del rischio idraulico risulta più vantaggiosa sia per quanto riguarda l'aspetto ambientale ed ecologico sia per quanto riguarda l'aspetto economico.

Per far ciò si è preso come caso di studio un progetto sviluppato in via preliminare dal Parco Regionale della Valle del Lambro e in via definitiva dalla società AEQUA a cui fa capo l'Ing. Giuseppe Baldo a cui è stato conferito l'incarico di elaborare anche il progetto esecutivo.

Il bacino del Fiume Lambro presenta criticità idrauliche di notevole complessità sia a livello di bacino, che si manifestano nei periodi di prolungata piovosità (principalmente maggio e

novembre), sia a livello locale di sottobacino dovute alle piogge improvvise ed intensissime quali quelle dell'agosto 2010. Proprio a causa degli eventi del 2010 nel Comune di Renate si sono verificati fenomeni di esondazione del Torrente Bevera che hanno provocato danni alle zone residenziali site in prossimità del fiume.

A seguito di questo evento è stato sviluppato un progetto di riduzione del rischio idraulico basato su tecniche di ingegneria naturalistica; gli interventi previsti consentono di assecondare e potenziare i fenomeni di laminazione già esistenti, in linea con le indicazioni contenute nelle direttive dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, e che queste dinamiche, essenziali per l'abbattimento dei colmi di piena e dei corrispondenti livelli, si svolgano in condizioni di sicurezza per la popolazione ed i centri urbani.

Partendo da questo progetto e da un attento studio idrologico idraulico si sono sviluppate altre due soluzioni progettuali basate invece su tecniche di ingegneria idraulica più tradizionali.

La prima soluzione prevede la formazione di un canale diversivo in grado di derivare parte della portata del torrente con lo scopo di abbassare i livelli nel tratto adiacente al centro abitato che nello stato di fatto presenta grossi problemi di insufficienza idraulica. Se per quanto riguarda la tipologia delle opere ci si è riferiti a tecniche di ingegneria idraulica tradizionali, per la realizzazione si è scelto di adottare tecniche di ingegneria naturalistica, prevedendo sponde in scogliera rinverdita e terre rinforzate.

La terza soluzione progettuale prevede invece la canalizzazione di uno dei due affluenti del Torrente Bevera, la Roggia Valletta. Il contributo di portata dovuto ai due affluenti, nel comune di Renate, comporta il raddoppio dei livelli nel tratto a valle, che è proprio il tratto che scorre nel centro abitato. La canalizzazione, anche in questo caso, aggira le zone residenziali per poi reimmettersi nella Bevera più a valle, in un tratto idraulicamente sufficiente a far defluire le portate di piena. In questo caso ci si è affidati completamente a opere tradizionali, prevedendo la costruzione di sponde in cemento armato per la realizzazione del canale.

Per ogni soluzione è stato redatto il computo metrico estimativo che ha portato al calcolo del costo complessivo di ogni progetto.

Avendo quindi a disposizione i tre progetti e i relativi costi è stato possibile effettuare un confronto sia puramente economico, attraverso un'analisi costi benefici, sia sugli aspetti paesistico, ambientali ed ecologici.

Per l'analisi costi benefici si è tenuto conto, oltre al costo totale dell'opera, anche dei costi relativi alla manutenzione delle opere durante il loro ciclo utile di vita. Per quanto riguarda i benefici, non essendoci guadagni concreti derivanti dalle opere progettate, è stata fatta un'analisi del danno provocato dalle esondazioni sui territori circostanti ed è stato considerato come beneficio il danno evitato a seguito della realizzazione delle opere stesse.

Invece, il confronto sugli aspetti paesistico ambientali è stato sviluppato attraverso una valutazione degli impatti attesi in riferimento ad ogni soluzione progettuale: sono state valutate le opere sia per quanto riguarda l'influenza sull'habitat naturale, sia sulla valorizzazione dell'ambiente circostante sia, non ultimo, sugli aspetti di protezione idraulica.

Concludendo, a seguito dei risultati derivanti dai due confronti effettuati, è stato possibile determinare quale delle soluzioni proposte risulti più vantaggiosa sia sotto l'aspetto economico sia sotto l'aspetto ambientale, verificando di conseguenza se l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica premi su entrambi i fronti.

1. IL TORRENTE BEVERA

Il Torrente Bevera è uno dei principali affluenti del Fiume Lambro.

Premessa fondamentale quando si parla di questo torrente, è ricordare che le Bevere non sono una, ma molte, forse decine. Rappresentano un dedalo di rogge, roggette e torrenti che drenano acqua dalle colline orientali della Brianza, da Colle a Monticello giù dolcemente verso il Lambro, tutti torrenti che, appunto, finiscono il loro corso nel Lambro attraverso quattro Bevere principali (Figura 1):

- Bevera di Molteno: da Colle Brianza a Rogeno, sino alla confluenza col Lambro in zona Baggero;
- Bevera di Tabiago: Interessa essenzialmente il territorio di Nibionno e frazioni (Cibrone, Tabiago) e, dalle sorgenti, il Comune di Costamasnaga;
- Bevera di Bulciago: i rilievi collinari sulla Bevera in riferimento interessano i comuni di Sirtori, Barzago, Bulciago, Barzanò, Nibionno, Veduggio;
- Bevera di Renate (Bevera di Naresso): Interessa i Comuni di Barzanò, Monticello, Renate, Besana, Briosco (in frazione Fornaci). La confluenza di questa Bevera nel Lambro avviene in zona Briosco, a sud delle Fornaci.



Figura 1 Le principali Bevere: Bevera di Molteno, Bevera di Tabiago, Bevera di Bulciago e Bevera di Renate

Buona parte della Brianza deve la sua storia, i suoi ricordi e la sua economia agricola a queste Bevere che costituivano un vero e proprio punto di riferimento per la civiltà contadina dei secoli scorsi, che campava grazie ad acque un tempo limpidissime e oggi a rischio di sopravvivenza. Oggi purtroppo si è perso il sapore di queste emozioni e forse ci si accorge dell'esistenza di queste piccole meraviglie naturali solo in caso di dissesti causati quasi sempre dalla mano dell'uomo.

Il seguente lavoro di laurea analizza soluzioni progettuali indirizzate alla riduzione del rischio idraulico della Bevera di Renate, proprio nel tratto del comune di Renate.

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELLA BEVERA DI RENATE

La Bevera di Renate sorge nel comune di Barzanò in frazione Dagò e dopo aver attraversato i comuni di Monticello Brianza, Besana in Brianza, Renate e Briosco sfocia nel Fiume Lambro in corrispondenza della Località Fornaci nel comune di Briosco.

Nel primo tratto il corso d'acqua è intubato e torna in superficie in corrispondenza della zona produttiva di Dagò. In linea di massima la Bevera presenta situazioni di degrado e forte compromissione delle caratteristiche naturali nei tratti urbani e nelle zone produttive. Il torrente risulta in più zone artificializzato e costretto in sezioni idrauliche il più delle volte insufficienti. Al contrario, nei tratti non antropizzati la qualità dell'habitat e delle acque è notevolmente migliore.



Figura 2 Il Torrente Bevera in un tratto di alveo naturale

Nel tratto che va dall'attraversamento di via Bocconi nel comune di Monticello Brianza all'attraversamento di via Immacolata nel comune di Besana in Brianza troviamo un'alternanza di tronchi prevalentemente naturali e tronchi ad altissima artificializzazione. Un esempio è quello che attraversa la zona produttiva di Monticello Brianza, in località Cortenova, in cui il corso d'acqua è stato riportato alla luce dalla tombinatura che era stata realizzata in tempi più remoti per consentire prese e restituzioni da parte delle attività produttive della zona.

L'intervento per riportare in superficie il corso d'acqua, ultimato circa 20 anni fa, non ha però tenuto conto delle sue esigenze ecologiche, ed è stato realizzato mediante artificializzazione di fondo e sponde. Naturalmente questa scelta tecnica comporta un notevole scadimento della qualità dell'habitat ed alcuni problemi di bilancio dei sedimenti al termine della parte canalizzata. Negli ultimi 100 metri infatti, laddove il fondo torna naturale e può essere soggetto a dinamiche più naturali, si è verificato un fenomeno di erosione e trasporto verso valle del materiale di fondo che ha portato all'esposizione delle fondazioni dei muri costruiti in sponda.

A valle di questo tratto artificializzato, che si estende per qualche centinaia di metri oltre l'attraversamento di via Immacolata nel comune di Besana in Brianza, il torrente riacquista naturalità, anche se sono presenti elementi di criticità dati dalla presenza di due sfioratori di piena per i quali non è stato osservato malfunzionamento, ma il cui impatto è visibile per la presenza di rifiuti e di fosse scavate dalla forza dell'acqua immessa attraverso questi manufatti.

Il successivo tratto di Bevera, che va dall'ingresso del torrente nel comune di Renate fino all'attraversamento ferroviario della linea Monza – Molteno – Lecco, è quello preso in considerazione nel seguente lavoro.

La Bevera entra nel comune di Renate dove riceve i contributi del Rio Prebone e della Roggia Valletta, entrambi in destra idrografica ad una distanza di una ventina di metri l'uno dall'altra.

Un'ulteriore compromissione idraulica e paesaggistica del Torrente Bevera è rappresentata dalla canalizzazione e tombinatura situata nel centro urbano del comune di Renate tra la via Aldo Moro e l'attraversamento ferroviario (Figura 3).



Figura 3 Vista di valle della tombinatura nel comune di Renate

L'ambito fluviale viene costretto in una ristrettissima fascia delimitata da argini o da muri verticali; successivamente il corso d'acqua viene canalizzato per circa 70 metri, per 30 dei quali viene tombinato, quindi si inoltra in un ultimo segmento caratterizzato da notevoli criticità. Oltre al deterioramento paesaggistico e naturale questo tratto è caratterizzato da una gravi problemi di insufficienza idraulica.

Come abbiamo accennato la Bevera riceve il contributo di due affluenti: il Rio Prebone e la Roggia Valletta (Figura 4).

Il Rio Prebone, che è il primo affluente della Bevera percorrendola da monte verso valle, sorge tra Cascina Campagnola e Cascina Motta in comune di Barzanò e si riversa nella Bevera in prossimità del confine tra Monticello Brianza e Renate.

Tutto il corso del Rio Prebone, a parte i primi 300 metri, è compreso nel PLIS (Parchi Locali di Interesse Sovracomunale) La Valletta. Nasce intubato e dopo qualche decina di metri riaffiora in superficie; nel primo tratto mantiene un habitat buono attraversando zone con

ambiti agrari di un certo pregio paesaggistico. Più a valle l'habitat è molto buono ed anche la qualità dell'acqua è buona.

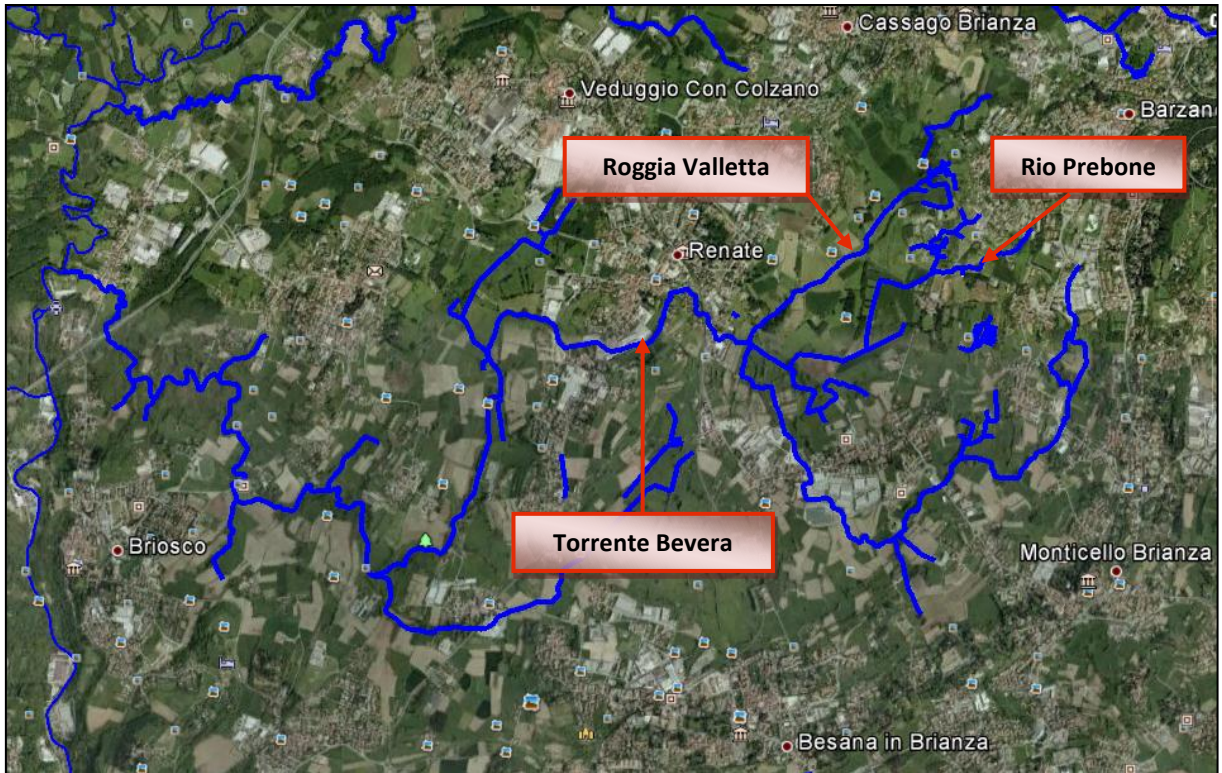


Figura 4 Il Rio Prebone e la Roggia Valletta

La Roggia Valletta sorge, invece, a tergo della Cascina Maria nel comune di Cremella e si immette nella Bevera presso Cascina Bonacina in comune di Cassago, sul confine con Renate.

Tutto il corso della Roggia della Valletta è compreso nel PLIS La Valletta.

Nel suo primo tratto, nonostante attraversi zone con ambiti agrari e boschivi anche di un certo pregio paesaggistico, l'habitat è compromesso dalla presenza di discontinuità d'alveo (attraversamenti carrabili realizzati con tubi) e di manufatti fognari (sfioratori di piena).

Più a valle si assiste persino ad una pesante artificializzazione d'alveo, con massi non cementati, che in ogni caso banalizza in maniera estrema l'habitat fluviale. Il tratto che segue riguadagna naturalità e riassume i caratteri più tipici del paesaggio agrario della Brianza tutelati dall'area protetta del PLIS.

1.2. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEL TORRENTE BEVERA NEL COMUNE DI RENATE

A causa della forte antropizzazione e della poca cura che si è avuta nei riguardi del Torrente Bevera sono sorti negli anni non pochi problemi di carattere idraulico che compromettono la sicurezza dei territori lambiti dal corso d'acqua. In particolare a Renate, nel tratto preso in esame in questo lavoro di laurea, sono state individuate diverse problematiche che compromettono la sicurezza idraulica della zona residenziale di via Aldo Moro.

Alcune problematiche del torrente Bevera a Renate erano già state analizzate, almeno per il tratto che va dall'ingresso del torrente nel comune di Renate fino al ponte di via Garibaldi, in uno studio del 2003 a firma del Geol. Filippo Valentini redatto per conto del Comune. Da tale studio si evince come una criticità fondamentale del torrente sia l'attraversamento di via Garibaldi che, restringendo la sezione necessaria allo smaltimento di portate di picco, causerebbe un rigurgito a monte con innalzamento dei livelli e conseguente uscita dall'alveo di ordinario deflusso. Una seconda criticità sarebbe stata individuata nello stato manutentivo dell'alveo e delle sponde che necessiterebbero di una pulizia ordinaria per rimuovere ostacoli ed immondizia accumulatisi nel tempo e diminuire la scabrezza della sezione idraulica. Queste criticità darebbero luogo ad un generalizzato allagamento a monte della zona urbana, fatto sicuramente positivo per la laminazione dei fenomeni di piena, ma solo fintantoché non interessa abitazioni e provoca danni a cose e persone.

Dai sopralluoghi effettuati dal personale del Dipartimento di Riqualificazione Fluviale del Parco della Valle del Lambro, ripercorrendo il fiume nei mesi di novembre e dicembre con lo scopo di individuare le problematiche che hanno dato origine alle esondazioni avvenute nell'agosto 2010 in via Aldo Moro, sono state evidenziate le seguenti criticità (Figura 5):

- tratti a pendenza molto bassa;
- tratti con sezioni trasversali insufficienti;
- confluenza di affluenti del Torrente Bevera.

In alcuni tratti l'alveo del torrente presenta una pendenza molto bassa in cui la corrente rallenta notevolmente provocando un apprezzabile innalzamento del livello dell'acqua, fino anche di quasi un metro in regime di morbida.

Il tratto più problematico è quello che costeggia lateralmente le villette di via Aldo Moro: qui la pendenza molto bassa, oltre che la sezione idraulica piuttosto piccola, può essere causa di allagamenti che talvolta interessano anche gli edifici residenziali. Subito a valle, cioè all'altezza dell'attraversamento privato a monte del ponte di via Garibaldi, la pendenza aumenta e la corrente torna ad avere velocità più elevate.

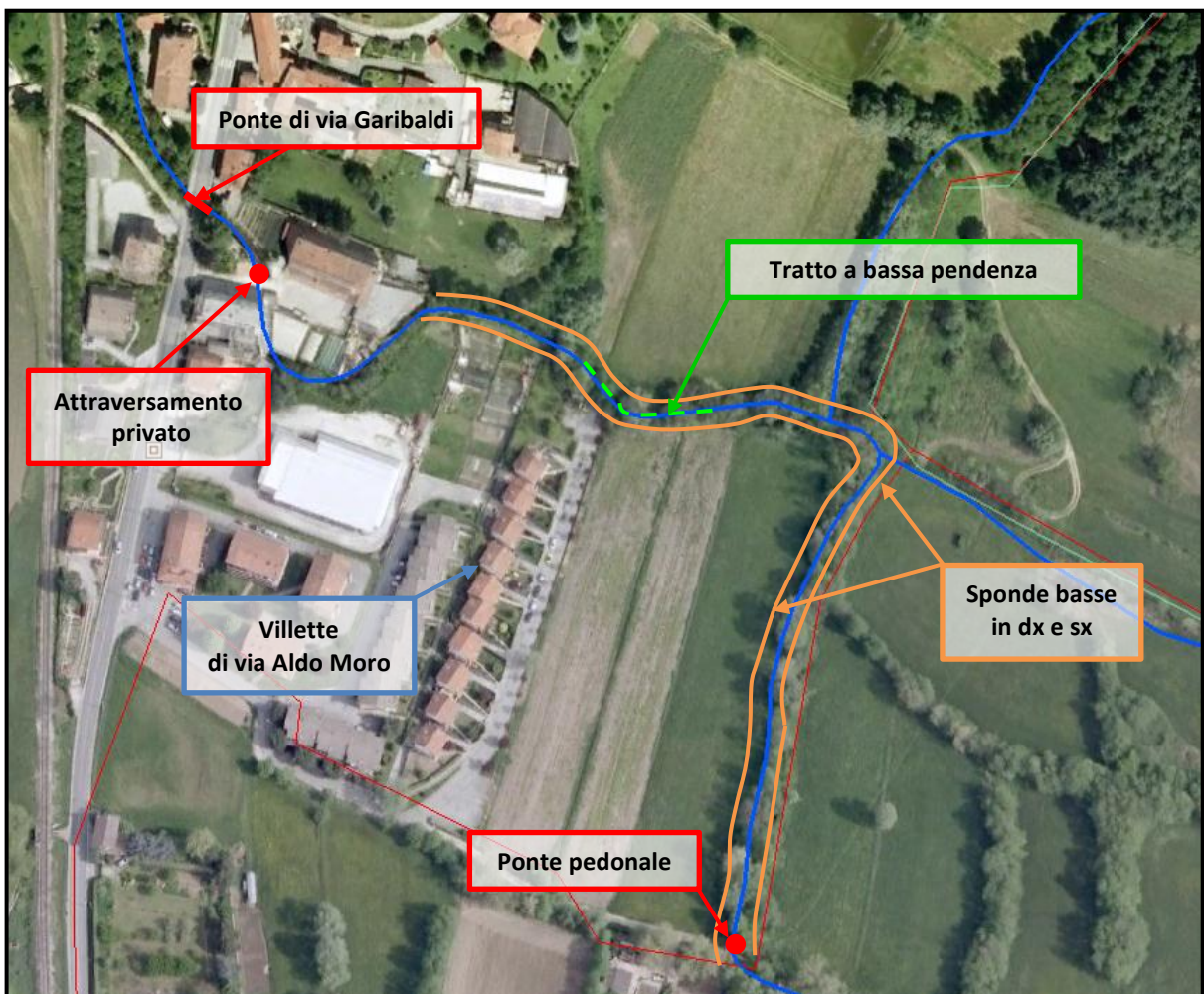


Figura 5 Principali criticità del torrente Bevera nel comune di Renate

Sono inoltre presenti lungo l'asta fluviale diversi attraversamenti carrabili e pedonali che, diminuendo la sezione trasversale dell'alveo in fase di piena, potrebbero ostacolare il deflusso dell'acqua. Nel comune di Renate troviamo:

- il ponte pedonale in calcestruzzo a monte di via Aldo Moro
- il ponte di via Garibaldi

Dai sopralluoghi effettuati dal personale del Dipartimento di Riqualificazione Fluviale del Parco della Valle del Lambro è stato evidenziato che il primo attraversamento presente a Renate è insufficiente, ma trascinabile senza particolari complicazioni (ponte a monte di via Aldo Moro), mentre il ponte di via Garibaldi risulta non adeguato, ovvero determina una dinamica di rigurgito a monte secondo quanto notato dallo stesso studio di Valentini.

Altri casi di insufficienza della sezione idraulica sono dati dalla esiguità dell'altezza spondale. Questa si manifesta principalmente laddove il torrente è esondato allagando le zone circostanti.

Come esposto nel precedente paragrafo qualche decina di metri a monte di via Aldo Moro in Bevera confluiscono due rogge dette Roggia Valletta e Rio Prebone: il loro apporto aumenta significativamente e puntualmente la portata del torrente, condizione che diventa critica per la sezione immediatamente a valle della confluenza.

1.3. EVENTI DI PIENA STORICI

I documenti storici ci dicono che già nell'antichità il problema delle repentine piene del Fiume Lambro era particolarmente sentito, poichè esse causavano l'allagamento delle case e dei campi circostanti.

Da allora molte altre piene si sono succedute, molte modifiche sono state fatte al fiume ed al territorio in cui esso si sviluppa e scorre, ma soprattutto molte cose sono cambiate nel rapporto tra il fiume e l'uomo che spesso conosce il fiume e si accorge della sua presenza solo per le conseguenze delle sue esondazioni.

Si ricordano, infatti, diversi eventi di piena, circa una decina tra la fine degli anni '20 e l'inizio degli anni '80, arrivando poi a quelli ancora vivi nella memoria del 2002, 2009 e l'evento dell'agosto 2010.

Anche il modo in cui si manifestano le piene è cambiato nel corso del tempo, risentendo dell'evoluzione del territorio e del suo utilizzo. La forte urbanizzazione, la conseguente impermeabilizzazione del territorio e la presenza di numerosi collettori fognari che scaricano direttamente nel fiume hanno di fatto modificato il regime dei deflussi.

Sempre più spesso si registrano fenomeni di piena conseguenti a precipitazioni brevi e di forte intensità, caratterizzati da repentini aumenti dei flussi idrici che esondano anche solo per alcune ore e che coinvolgono porzioni relativamente limitate di territorio, comportando però, in ogni caso, notevoli danni alle città.

Le immagini di Figura 6 illustrano le condizioni del Fiume Lambro a seguito dell'esondazione del novembre 2002, che verrà ricordato negli annali della meteorologia lombarda come il più piovoso della recente storia. A partire da circa metà mese una serie di perturbazioni provenienti dal Nord Africa scaricò sulla Lombardia un enorme quantitativo di pioggia.



Figura 6 Immagini dell'esondazione del torrente Bevera e del fiume Lambro del 2002

Nel giro di qualche ora vennero allagate varie zone della Brianza; ad Agliate la parte bassa del paese venne sommersa e a Briosco la Bevera di Renate esondò allagando i campi circostanti.

Il comune di Renate ebbe i problemi maggiori nell'agosto 2010, quando un evento temporalesco di notevole intensità mandò in crisi numerosi affluenti del Fiume Lambro, in particolare la Bevera di Renate.

Nel giro di quattro giorni, dall'11 al 15 agosto, si verificarono due eventi temporaleschi di diversa intensità che causarono danni su tutto il territorio Brianzolo.

L'evento in generale ha avuto sul reticolo superficiale due diverse intensità di risposta:

- a livello di asta principale, cioè del Fiume Lambro, esclusivamente sublacuale, si sono verificati diffusi e temporanei disagi. Questi sono stati localizzati nelle zone a maggior frequenza di allagamento: Parco di Monza, frazione S. Giorgio a Villasanta, quartieri Molino Peregallo e Fornaci a Briosco, località Gaggio di Nibionno, mentre la frazione di Agliate di Carate Brianza è stata protetta dal sistema di paratie mobili collocate ad hoc. È da osservare che le criticità maggiori si sono verificate a valle del comune di Carate Brianza, come effetto cumulato di situazioni localizzate più nella parte centrale e meridionale dell'alta Valle del Lambro: in ogni caso non si sono verificati particolari conseguenze e disagi;
- a livello di aste secondarie, cioè degli affluenti del Fiume Lambro, si sono verificati episodi localizzati di notevole impatto e frequenza di accadimento molto bassa. Si

può affermare con certezza che questi eventi siano stati più intensi e dannosi, anche in termini economici, di quelli accaduti lungo l'asta principale.

I danni maggiori si sono verificati sulla Bevera di Renate. Tali danni sono stati provocati dall'esondazione del torrente all'ingresso della zona industriale di Monticello (località Cortenuova), dove sono stati allagati numerosi capannoni, e dell'area urbana di Renate, presso le villette a schiera di via Aldo Moro, dove sono stati invasi dall'acqua tutti i piani interrati e alcuni piani terra degli edifici con pesanti disagi per i residenti e notevoli danni economici (Figura 7).



Figura 7 Immagini relative all'esondazione del torrente Bevera nell'Agosto 2010 nel comune di Renate

Secondo la dinamica ricostruita la Bevera sarebbe esondata due volte: la prima volta la mattina del 12 agosto verso le ore 4.00, la seconda volta nella notte tra il 14 e il 15 agosto.

Nel primo evento, quello di intensità maggiore, gli allagamenti sono stati diffusi e principalmente sono state quattro le aree interessate (Figura 8):

- l'area agricola a monte delle villette di via Aldo Moro a Renate;
- l'area industriale di Monticello Brianza a valle del ponte di via Nuova;
- l'area agricola di Monticello Brianza subito a monte del ponte di via Nuova;
- l'area boschiva di Monticello Brianza a monte del ponte di via Luigi Bocconi;

delle quali la prima, quella di Renate, è stata la più estesa e, dalle ricostruzioni effettuate, quella che è stata esondata per prima.

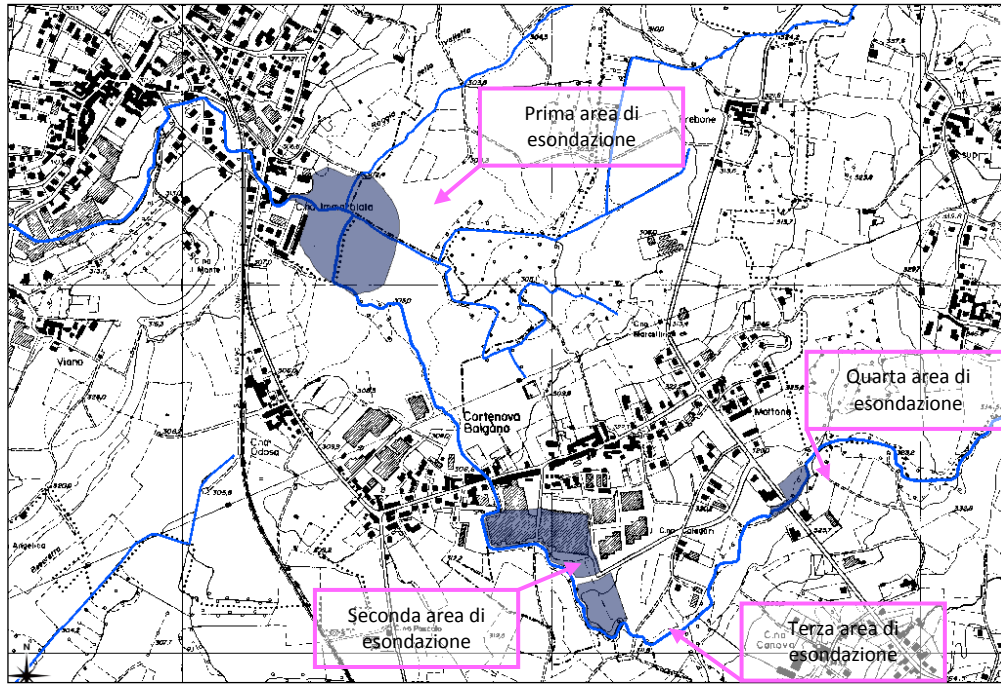


Figura 8 Quadro d'insieme delle principali aree allagate nell'evento del 2010

Considerati i danni prodotti dall'evento e riconosciuta l'insufficienza idraulica del tratto della Bevera coinvolto, la Regione Lombardia ha affidato al Parco Regionale della Valle del Lambro l'analisi, lo studio e la prima ideazione delle opere di regimazione della Bevera di Renate. Successivamente l'incarico della realizzazione del progetto definitivo è stato affidato alla società Aequa a cui fa capo l'Ing. Giuseppe Baldo.

2. STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DEL TORRENTE BEVERA

Con lo scopo di sviluppare i progetti tesi alla riduzione del rischio idraulico nel comune di Renate e del comune di Monticello Brianza è stato condotto, in sede di progetto definitivo, lo studio idrologico – idraulico del Torrente Bevera.

Partendo dai dati pluviometrici, attraverso un modello afflussi – deflussi si sono costruiti gli idrogrammi di progetto necessari da introdurre nei modelli idraulici dello stato di fatto e dello stato di progetto.

Attraverso i risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche è stato possibile dimensionare in sicurezza le opere idrauliche.

Per il lavoro di laurea i risultati dello studio idrologico e idraulico di maggior interesse sono quelli relativi alla zona di Renate, ma per una maggior chiarezza e completezza è stato riportato l'intero studio.

2.1. ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E STIMA DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Le curve di probabilità pluviometrica esprimono la relazione fra le altezze di precipitazione h e la loro durata t , per un assegnato valore del periodo di ritorno T . Tale relazione viene spesso indicata anche come curva di possibilità climatica o, anche, linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP).

Diverse formule sono utilizzate per descrivere questa relazione. In Italia viene generalmente utilizzata una legge di potenza monomia del tipo:

$$h(T, \vartheta) = a(T) \cdot \vartheta^{n(T)}$$

dove h è l'altezza di precipitazione, ϑ = durata della precipitazione.

Il coefficiente a (coefficiente pluviometrico orario, espresso in mm/h), che rappresenta l'altezza di una pioggia intensa di durata unitaria, è fortemente dipendente dal tempo di ritorno T , mentre il coefficiente n (esponente di scala, adimensionale) ha una dipendenza meno evidente da T .

Per la determinazione delle suddette curve ci si basa sull'analisi delle curve di frequenza (CDF), costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore, adattando a ciascuna di esse, attraverso la stima dei parametri, un predefinito modello probabilistico (TCEV, Gumbel, etc.).

Non avendo a disposizione una serie temporale di dati di pioggia riferiti alle stazioni pluviometriche presenti nella zona di interesse, la costruzione delle curva di probabilità pluviometrica è stata eseguita con il metodo proposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e contenuto nel "Piano per l'Assetto Idrogeologico" (P.A.I.) [1].

Il P.A.I., nell'allegato 3 della Direttiva 2 del piano in cui viene definita la piena di progetto, fornisce una cartografia nella quale il bacino è diviso in celle omogenee di cui sono noti i

valori dei parametri delle curve di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

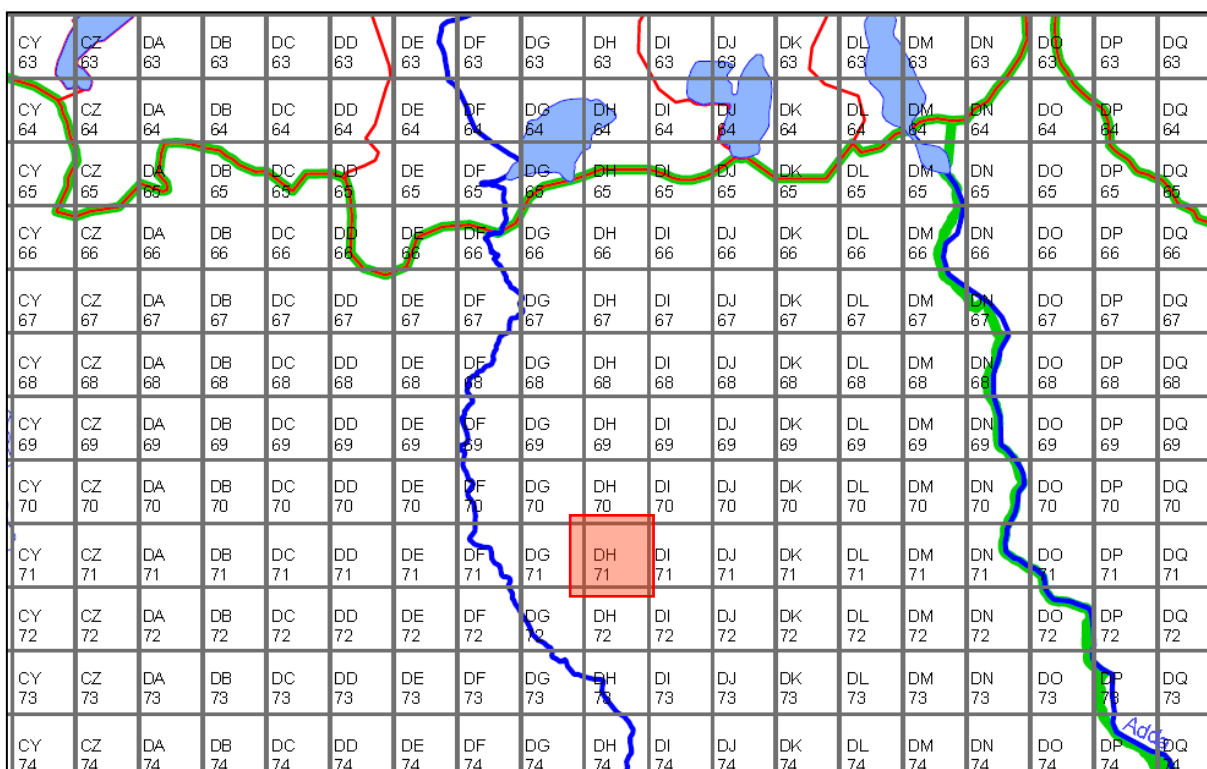


Figura 9 Cartografia del bacino del Lambro suddivisa in celle omogenee: individuazione cella di riferimento

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DH69	523000,00000	5063000,00000	62,62	0,292	81,33	0,292	89,28	0,291	99,79	0,291
DH70	523000,00000	5061000,00000	60,93	0,289	79,00	0,287	86,65	0,286	96,79	0,286
DH71	523000,00000	5059000,00000	59,62	0,285	77,24	0,282	84,67	0,281	94,53	0,280
DH72	523000,00000	5057000,00000	56,70	0,280	76,07	0,276	83,36	0,274	93,06	0,273
DH73	523000,00000	5055000,00000	58,10	0,275	75,37	0,269	82,58	0,267	92,22	0,265

Figura 10 Stralcio della tabella dei parametri a ed n riferiti alla cella prescelta

Scelta la cella di riferimento per i due comuni interessati dal progetto, ovvero Monticello Brianza e Renate, ed i relativi coefficienti a e n per i vari tempi di ritorno è stato possibile costruire le CPP applicando la legge sopra menzionata.

I dati così ottenuti, per ogni tempo di ritorno considerato, sono stati riportati su un grafico in cui in ascissa troviamo la durata della precipitazione e in ordinata l'altezza di pioggia corrispondente (Figura 11).

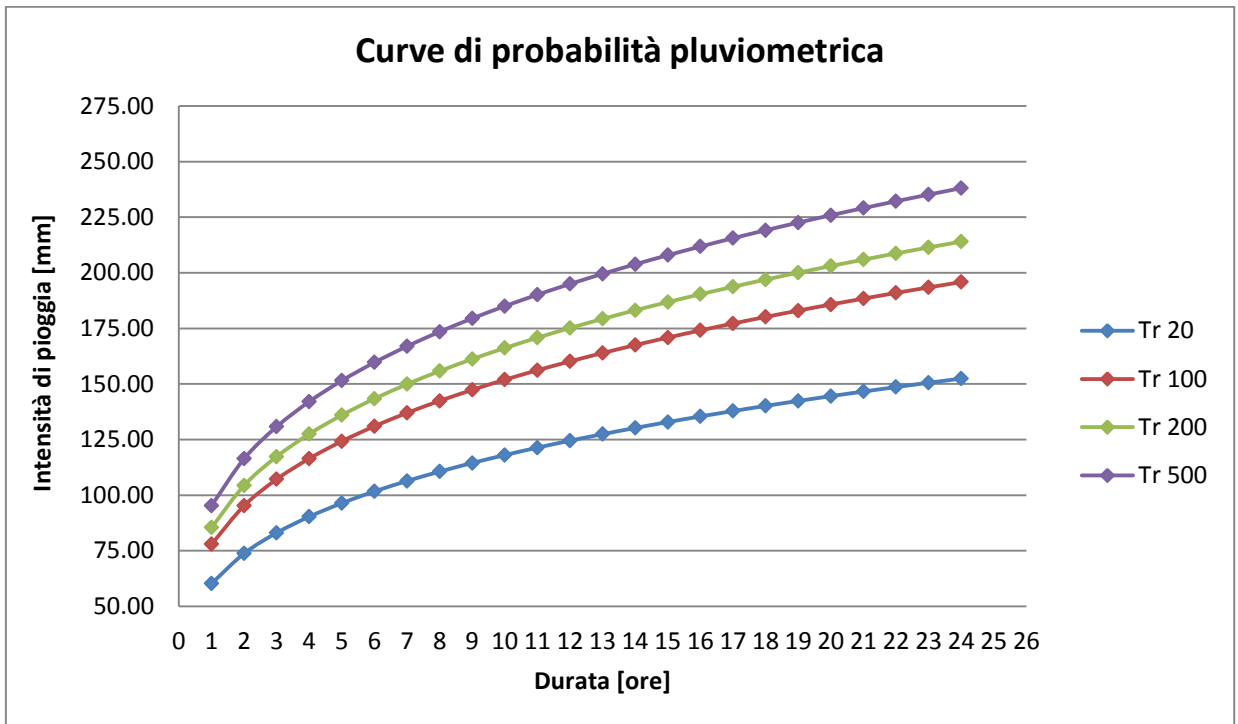


Figura 11 Curve di probabilità pluviometrica

2.2. COSTRUZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PIOGGIA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica non è ancora sufficiente, poiché non fornisce l'andamento nel tempo dell'altezza di pioggia, ma solamente l'altezza associata alla durata dell'evento.

Nella maggior parte delle situazioni, per maggiore praticità, vengono adottati i cosiddetti ietogrammi di progetto (o sintetici), che forniscono, a partire dall'altezza di precipitazione, l'andamento dell'intensità nel tempo.

Il più semplice ietogramma sintetico e il più frequentemente utilizzato, è quello costante, per il quale l'intensità di precipitazione è costante e quindi uguale all'intensità media dell'altezza di pioggia.

Un altro ietogramma molto spesso utilizzato è quello triangolare, caratterizzato da un andamento lineare crescente fino ad un picco e, quindi, linearmente decrescente fino ad annullarsi alla durata della pioggia. La posizione del picco è espressa da un coefficiente k :

$$k = \frac{t_p}{\vartheta}$$

dove t_p è il tempo di picco.

Le equazioni che rappresentano l'andamento dell'intensità nel tempo sono:

$$i(t) = \begin{cases} 2 a \theta^{n-2} \left(\frac{t}{k}\right) & \text{per } t \leq t_p \\ 2 a \theta^{n-2} \left(\frac{\vartheta - t}{1 - k}\right) & \text{per } t \geq t_p \end{cases}$$

mentre quelle che esprimono l'altezza di pioggia valgono

$$p(t) = \begin{cases} a \theta^{n-2} \left(\frac{t^2}{k} \right) & \text{per } t \leq t_p \\ a \theta^{n-2} \left(\theta^2 - \frac{(\vartheta - t)^2}{1 - k} \right) & \text{per } t \geq t_p \end{cases}$$

Caratteristica degli ietogrammi triangolari è di avere, in corrispondenza del picco, un'intensità pari al doppio di quella media

$$i(t_p) = 2a\theta^{n-1}$$

Esiste poi un ulteriore tipo di ietogramma sintetico: lo ietogramma Chicago sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 [2] con riferimento alla fognatura di Chicago.

La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di probabilità pluviometrica.

Analizzando i due eventi dell'11 - 12 e 14 - 15 agosto 2010 e ricostruendone l'andamento temporale si nota la forma pressoché triangolare dello ietogramma (Figura 12 e Figura 13).

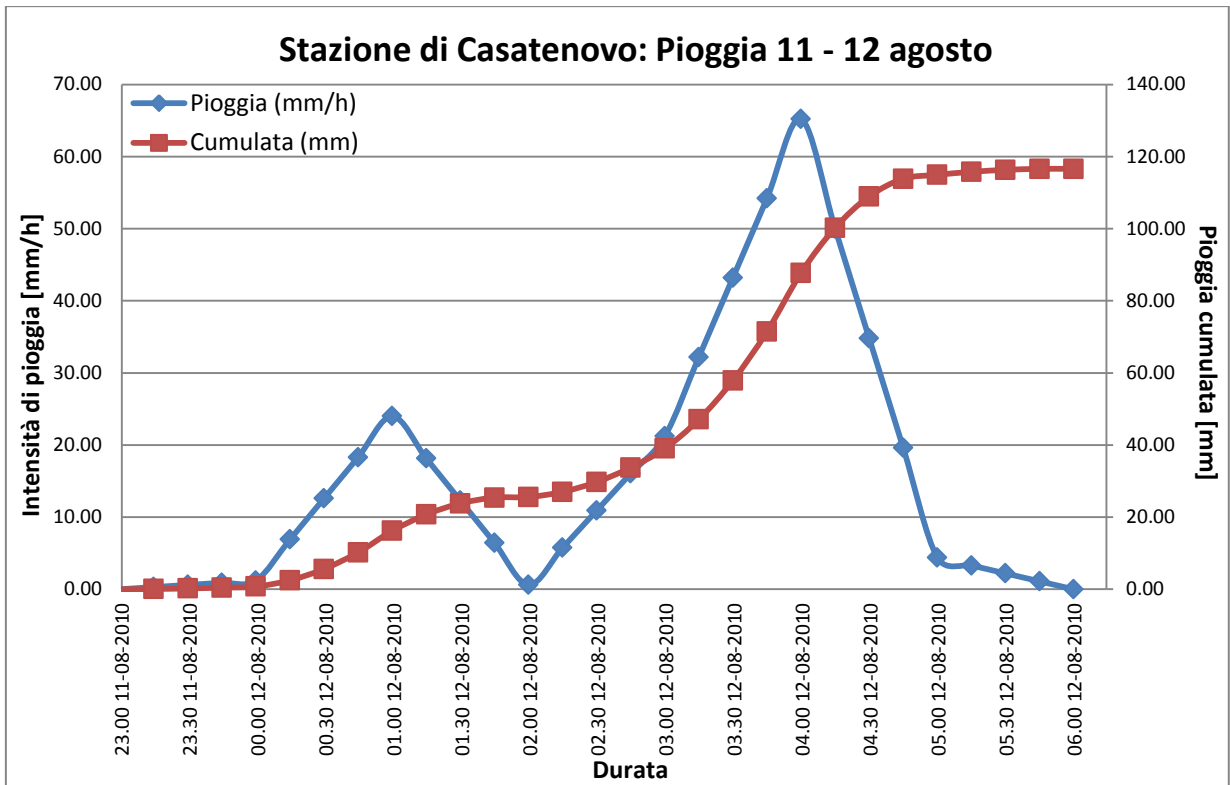


Figura 12 Intensità di pioggia e pioggia cumulata dell'evento del 11 - 12 agosto 2010

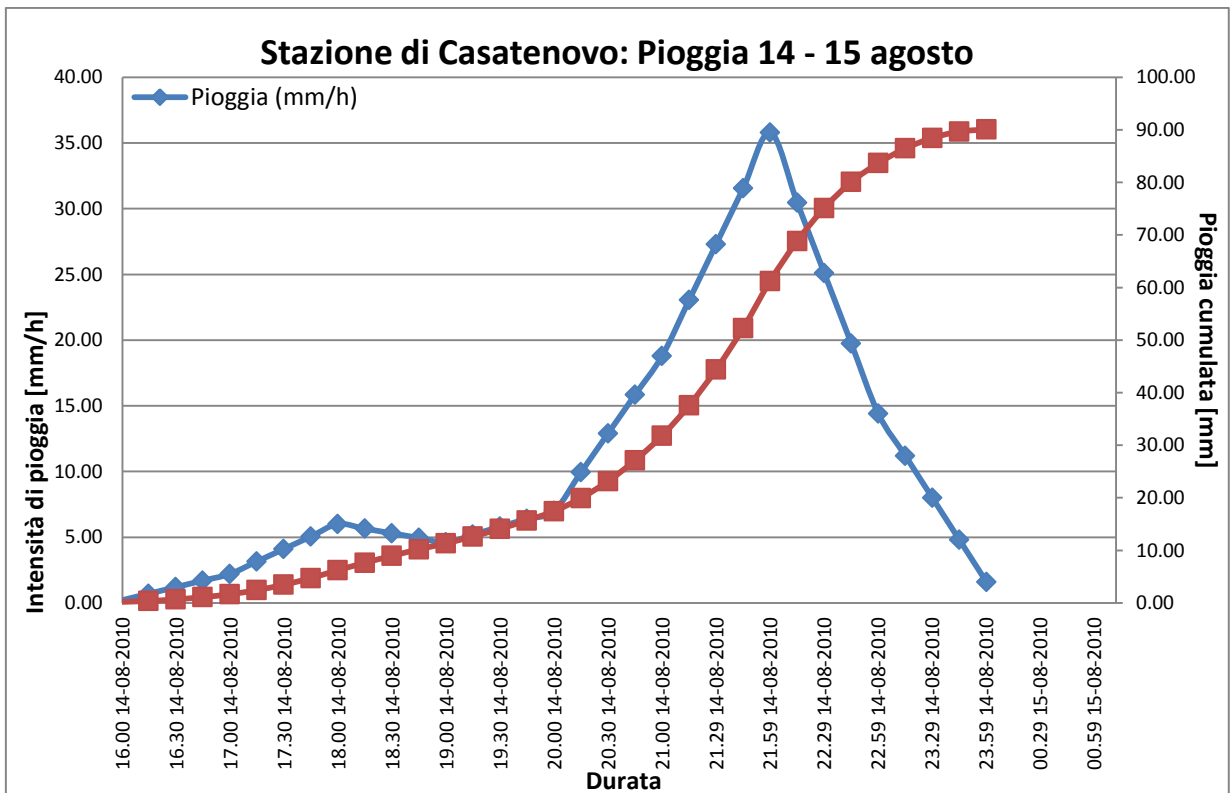


Figura 13 Intensità di pioggia e pioggia cumulata dell'evento del 14 - 15 agosto 2010

È stato quindi deciso di costruire ietogrammi sintetici triangolari sia per la loro semplicità che per la similitudine con gli eventi misurati.

Atteso che solitamente si fa valere l'ipotesi che la portata critica per un bacino sia determinata da una pioggia di durata pari al suo tempo di corrivazione, questo è stato calcolato per il bacino del Torrente Bevera con chiusura in corrispondenza della sezione adiacente alla via Aldo Moro a Renate. Per avere un riferimento di massima sul valore del tempo di corrivazione, questo è stato calcolato sia con la formula di Giandotti, sia con la formula di Pasini.

I valori ottenuti con le due formule risultano pari a 174 minuti (Giandotti) e 158 minuti (Pasini), approssimabili entrambi ad un valore pari a 3 ore.

A questo punto, è possibile ricavare informazioni utili per l'individuazione degli eventi critici da utilizzare per il calcolo degli idrogrammi di progetto da usare per le simulazioni.

Per prima cosa è possibile stabilire quale evento reale tra i due analizzati risulta il più critico per il bacino della Bevera (Figura 14).

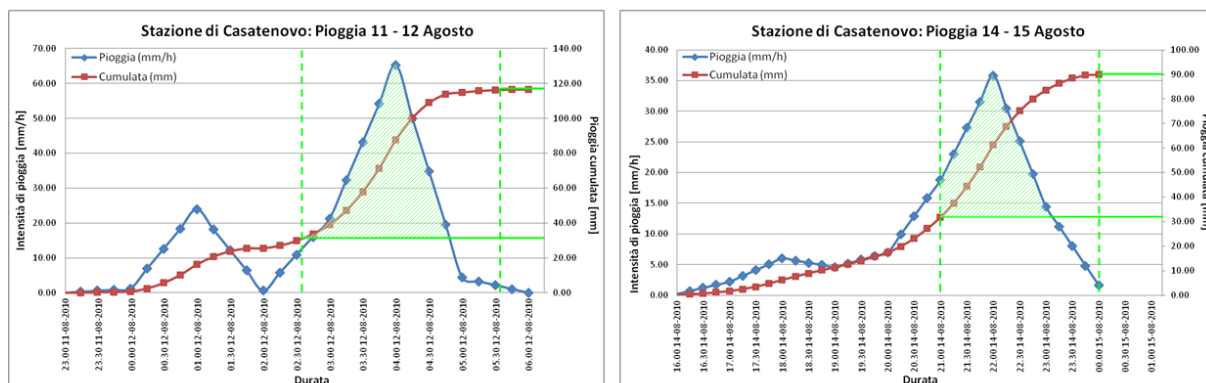


Figura 14 Individuazione evento critico

Si deduce che nell'evento dell'11-12 agosto in 3 ore sono caduti circa 90 mm di pioggia, mentre nell'evento del 14-15 agosto ne sono caduti circa 70 mm.

Da questi risultati è possibile risalire al tempo di ritorno di ciascun evento; all'evento tra l'11 e il 12 agosto corrisponde un tempo di ritorno compreso tra i 50 ed i 100 anni, mentre l'evento successivo ha un tempo di ritorno inferiore ai 20 anni.

Alla luce di queste considerazioni possiamo considerare l'evento di pioggia dell'11/12 agosto come l'evento piovoso reale più critico.

Inoltre conoscendo il tempo di corrivazione e determinate le curve di probabilità pluviometrica è stato possibile costruire eventi di pioggia con diversi tempi di ritorno da utilizzare per le successive simulazioni idrauliche di progetto.

Con lo scopo di dimostrare che l'evento critico è realmente l'evento di durata pari al tempo di ritorno del bacino sono state costruite piogge con diversi valori di durata. In particolare piogge di durata pari a 1,3,5,7 ore. Per ognuno di essi è stata svolta l'analisi idrologica ed è stato determinato l'idrogramma di piena. I risultati hanno evidenziato che l'evento di durata pari a 3 ore è l'evento critico per il bacino in esame.

Gli ietogrammi costruiti hanno pertanto una forma triangolare, giustificata dal comportamento dei due eventi reali analizzati, e durata 3 ore.

Partendo dal valore della pioggia cumulata dedotta dalle curve di possibilità pluviometrica, attraverso un metodo iterativo, si sono costruiti ietogrammi triangolari con tempi di ritorno rispettivamente di 20-100-200-500 anni, rappresentati nel grafico di Figura 15.

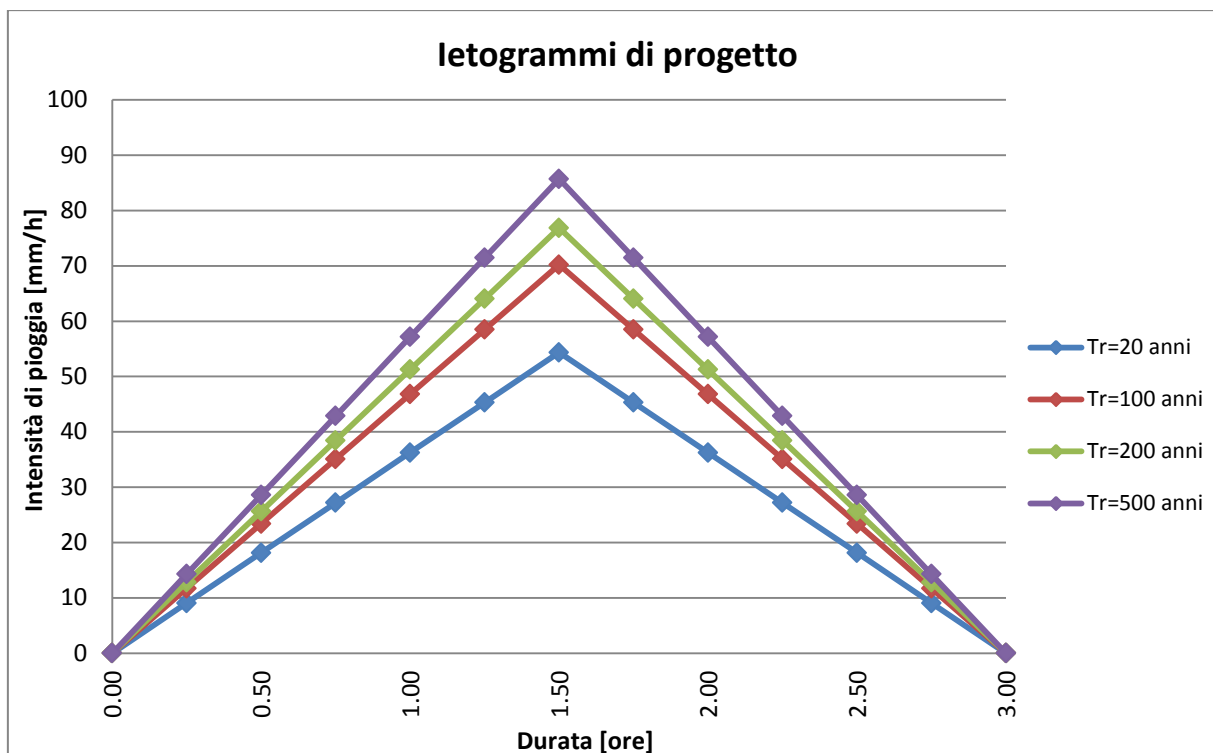


Figura 15 Ietogrammi di progetto

Durata di pioggia: 3 ore		
	Intensità picco di pioggia [mm/h]	Pioggia cumulata [mm]
Tr 20 anni	54.36	81.54
Tr 100 anni	70.19	105.29
Tr 200 anni	76.86	115.29
Tr 500 anni	85.72	128.58

Tabella 1 Valori caratteristici Ietogrammi di progetto

Per una migliore analisi idrologica è opportuno tener conto, soprattutto nei casi di episodi piovosi intensi, di un effetto di riduzione dell'intensità delle precipitazioni dovuto ad una grande variabilità spaziale dell'evento sull'intero bacino.

Infatti in questi eventi l'intensità di precipitazione va attenuandosi con l'allontanarsi dal centro di scroscio e per ragguagliare il valore in tal punto a tutta l'area considerata si suole applicare un coefficiente R (o ARF, Areal Reduction Factor) alle altezze di pioggia calcolate con le CPP.

Tra le varie formulazioni disponibili in letteratura è stata scelta quella proposta da Columbo [3], valida per piogge di durata compresa tra 0.25 e 25 ore e tarata sull'area milanese.

Si ha:

$$R = \alpha - \beta \cdot \ln(A) - \gamma \cdot A^2$$

dove A è l'area del bacino in kmq ed i coefficienti $\alpha \beta \gamma$, funzioni della durata θ , sono forniti dalle espressioni:

$$\alpha = -8,262 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^2 + 7,545 \cdot 10^{-4} \cdot \theta + 0,9704$$

$$\beta = -2,836 \cdot 10^{-5} \cdot \theta^2 + 1,270 \cdot 10^{-4} \cdot \theta + 0,03862$$

$$\gamma = -7,878 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-0,06801 \cdot \theta}$$

Per poter sviluppare con più precisione il sistema idrologico - idraulico utilizzato per la modellazione idraulica del comportamento della Bevera sono stati individuati 3 sottobacini: il primo con chiusura in prossimità della via Bocconi nel comune di Monticello Brianza (BEV1), il secondo con chiusura in prossimità della via Nuova sempre a Monticello Brianza (BEV2) e il terzo con chiusura in prossimità della via Aldo Moro in comune di Renate (BEV3). Tutti i calcoli idrologici e idraulici sono riferiti ai bacini suddivisi.

I risultati ottenuti dal calcolo del coefficiente R sono riportati in Tabella 2.

		A (kmq)	θ	α	β	γ	R
Bacino Torrente Bevera	BEV1	1.750	3.00	0.9726	0.0369	0.0049	0.95
	BEV2	0.850	3.00	0.9726	0.0369	0.0049	0.98
	BEV3	0.670	3.00	0.9726	0.0369	0.0049	0.99
Bacino Rio Prebone		2.050	3.00	0.9726	0.0369	0.0049	0.94
Bacino Roggia Valletta		2.305	3.00	0.9726	0.0369	0.0049	0.91

Tabella 2 Coefficienti per il ragguglio delle precipitazioni sull'area

Si è scelto di utilizzare il valore pari a 0.95 come coefficiente di riduzione complessivo per tutti i bacini analizzati.

Le piogge risultanti sono riportate nel grafico di Figura 16.

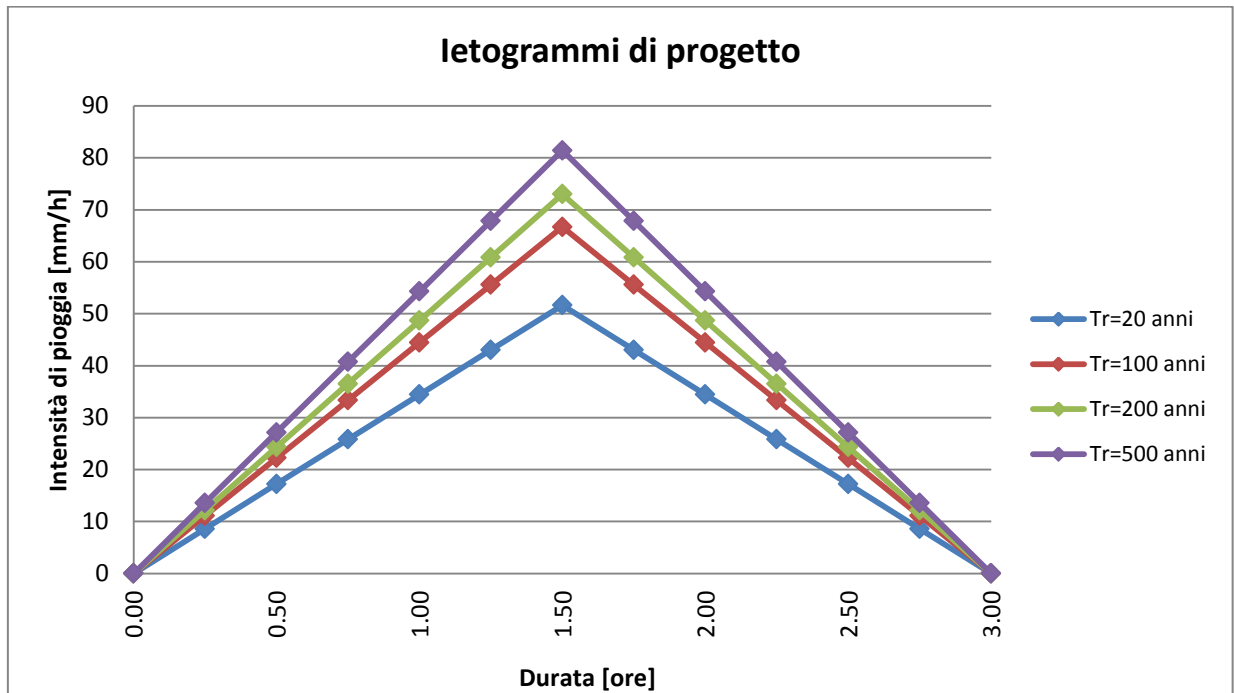


Figura 16 Ietogrammi di progetto raggugliati all'area mediante il coefficiente di riduzione areale $R=0.95$

Durata di pioggia: 3 ore		
	Intensità picco di pioggia [mm/h]	Pioggia cumulata [mm]
Tr 20 anni	51.64	77.46
Tr 100 anni	66.68	100.03
Tr 200 anni	73.02	109.53
Tr 500 anni	81.43	122.15

Tabella 3 Valori caratteristici degli ietogrammi raggugliati all'area mediante il coefficiente di riduzione areale $R=0.95$

2.3. SCELTA DEL MODELLO DI DEPURAZIONE DELLE PIOGGE E CALCOLO DELLA PIOGGIA NETTA

Non tutta l'acqua precipitata durante un evento di pioggia concorre al deflusso superficiale; parte di essa viene sottratta ad esso da fenomeni di intercettazione vegetale o di piccole depressioni, dall'evapotraspirazione e dall'infiltrazione.

Nell'applicare un modello afflussi - deflussi è necessario quindi quantificare queste perdite per poter valutare quella che viene comunemente denominata pioggia netta efficace, ossia l'aliquota di pioggia che da luogo al deflusso superficiale.

A questo scopo è possibile adottare modelli di pioggia netta più o meno sofisticati, quali

- il metodo del coefficiente di afflusso ϕ costante;
- la legge di Horton;
- il metodo SCS – CN.

Tra i tre modelli citati è stato scelto di utilizzare il modello del Curve Number (CN) elaborato dal Soil Conservation Service (SCS) statunitense. Si tratta di un modello di depurazione delle piogge semplice e sintetico che consente di tenere in considerazione tutte le varie forme di dispersione del volume precipitato che non concorrono al deflusso superficiale.

Il modello del coefficiente d'afflusso costante sarebbe stato troppo sommario mentre per il modello di Horton non si avevano dati sufficienti riferiti al bacino considerato.

In un evento pluviale, il volume specifico di pioggia P , si suddivide in tre componenti:

- il volume specifico di imbibizione I_a
- il volume specifico di infiltrazione F
- il volume specifico di deflusso superficiale Q .

Il volume specifico di deflusso superficiale Q è direttamente proporzionale a quello di pioggia al netto dell'imbibimento iniziale ($P-I_a$) ed il volume specifico di infiltrazione F è fisicamente limitato da una soglia superiore di saturazione S detta volume specifico di massima potenziale ritenzione del suolo.

La costante di proporzionalità è pari al rapporto tra il volume specifico di infiltrazione, F , e il suo valore limite, S .

$$\frac{Q}{(P - I_a)} = \frac{F}{S}$$

Combinando questa equazione con l'equazione di continuità:

$$P = I_a + F + Q$$

si ottiene:

$$Q = \frac{[P - I_a]^2}{[P - I_a + S]}$$

Considerato che sia il volume S che quello infiltrato I_a , per piccoli bacini, possono essere sostituiti dalle espressioni:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad I_a = 0.2 \cdot S$$

il bilancio globale può essere scritto tutto in funzione della pioggia specifica P e del parametro CN , dipendente unicamente dalla pedologia e dall'uso del suolo:

$$Q = \frac{\left(P - 0.2 \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \right)^2}{\left(P + 0.8 \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \right)}$$

La procedura per la stima del CN consiste in:

1. scelta della classe di tessitura del terreno (Tabella 4);

Descrizione	Tipo
<i>Scarsa potenzialità di deflusso</i> Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde	A
<i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa</i> Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A; ma il gruppo nel suo insieme mantiene alta capacità di infiltrazione anche a saturazione.	B
<i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta</i> Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D, il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione	C
<i>Potenzialità del deflusso molto alto</i> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche sottili orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie	D

Tabella 4 Suddivisione dei terreni secondo la loro tessitura per la scelta della classe (metodo CN)

2. individuazione di un primo CN, riferito a condizioni normali di umidità del suolo, sulla base della classe di tessitura del terreno considerando anche l'uso del suolo, secondo la Tabella 5;

Tipo di copertura	Classe del suolo			
	A	B	C	D
Suolo coltivato				
<i>Senza interventi di conservazione</i>	72	81	88	91
<i>Con interventi di conservazione</i>	62	71	78	81
Suolo da pascolo				
<i>Cattive condizioni</i>	68	79	86	89
<i>Buone condizioni</i>	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni	30	58	71	78
Suoli boscosi o forestali:				
<i>Suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie</i>	45	66	77	83
<i>Sottobosco e copertura buoni</i>	25	55	70	77
Suolo da pascolo				
<i>Buone condizioni con almeno il 75% dell'area a copertura erbosa</i>	39	61	74	80
<i>Condizioni normali, con copertura erbosa intorno 50%</i>	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media				
<i>65%</i>	77	85	90	92
<i>38%</i>	61	75	83	87
<i>30%</i>	57	72	81	86
<i>25%</i>	54	70	80	85
<i>20%</i>	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade:				
<i>Pavimentate con cordoli e fognature</i>	98	98	98	98
<i>Inghiaiate o selciate con buche</i>	76	85	89	91
<i>In terra battuta</i>	72	82	87	89

Tabella 5 Suddivisione per uso suolo dei terreni per la scelta del CN

3. eventuale correzione del primo CN individuato considerando le condizioni di umidità del suolo antecedenti all'evento. Ci si può avvalere per questo di valori tabulati, ovvero di abachi; in tabella 6 vengono riportati in funzione delle condizioni precedenti di umidità del terreno (Antecedent Moisture Condition, AMC) i valori per condizioni di suolo asciutto (I) (assenza di pioggia nei 5 giorni precedenti), standard (II) o molto umido (III) (notevoli precipitazioni nei 5 giorni precedenti).

CLASSE AMC		
I	II	III
100	100	100
87	95	98
78	90	96
70	85	94
63	80	91
57	75	88
51	70	85
45	65	82
40	60	78
35	55	74
31	50	70
22	40	60
15	30	50
9	20	37
4	10	22
0	0	0

Tabella 6 Classi AMC per il metodo CN

Se il valore del CN non è compreso nella gamma dei valori riportati nella tabella dell'AMC è possibile calcolarli attraverso le seguenti equazioni:

$$C_I = \frac{C_{II}}{2.38 + 0.0138 \cdot CN_{II}} \qquad C_{III} = \frac{C_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$

Seguendo tale procedura è stata effettuata la scelta del CN analizzando le caratteristiche di permeabilità del bacino del Torrente Bevera e la scelta è stata effettuata per ogni sottobacino individuato. La stessa analisi è stata condotta per il bacino del Rio Prebone e per il bacino della Roggia Valletta.

La tessitura è ricavabile dalla carta pedologica, di cui viene riportato uno stralcio in Figura 17 e dalla quale si evidenziano due tipi fondamentali:

- materiali fini riconducibili ad ambienti deposizionali di tipo lacustre;
- depositi grossolani immersi in matrice fine (sabbie e limi).

Il primo ha una permeabilità teorica più bassa (classe di suolo B), il secondo più alta (classe di suolo C).

È presente un terzo tipo di tessitura (classe A), ancora più grossolana e permeabile, ma in misura decisamente trascurabile.

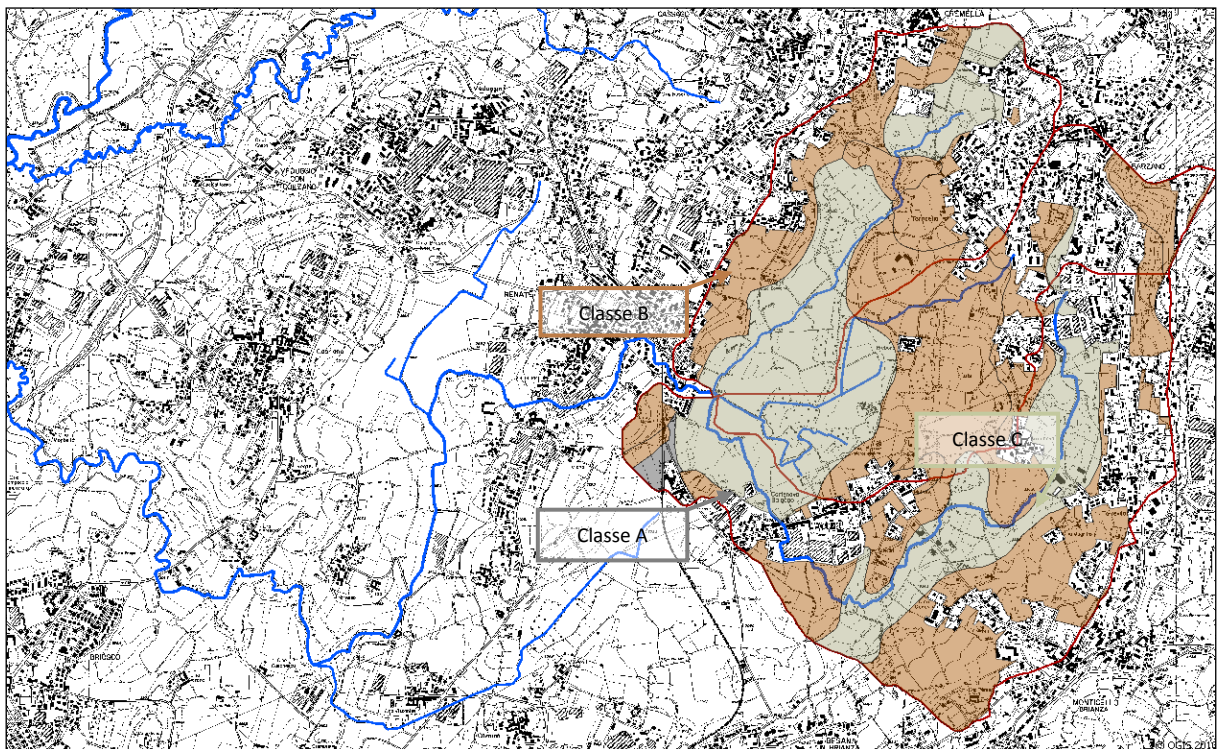


Figura 17 Tessitura del terreno

Si fa notare incidentalmente che la zona immediatamente a monte di Renate, dove i tre corsi principali si incontrano, è costituita da una conca formata da terreni sostanzialmente impermeabili.

L'uso del suolo è anch'esso ricavabile da carte tematiche dalle quali si desumono principalmente tre tipi di utilizzo (Figura 18):

- seminativo;
- urbanizzato residenziale e misto;
- bosco di latifoglie e ceduo

in ordine decrescente di superficie occupata.

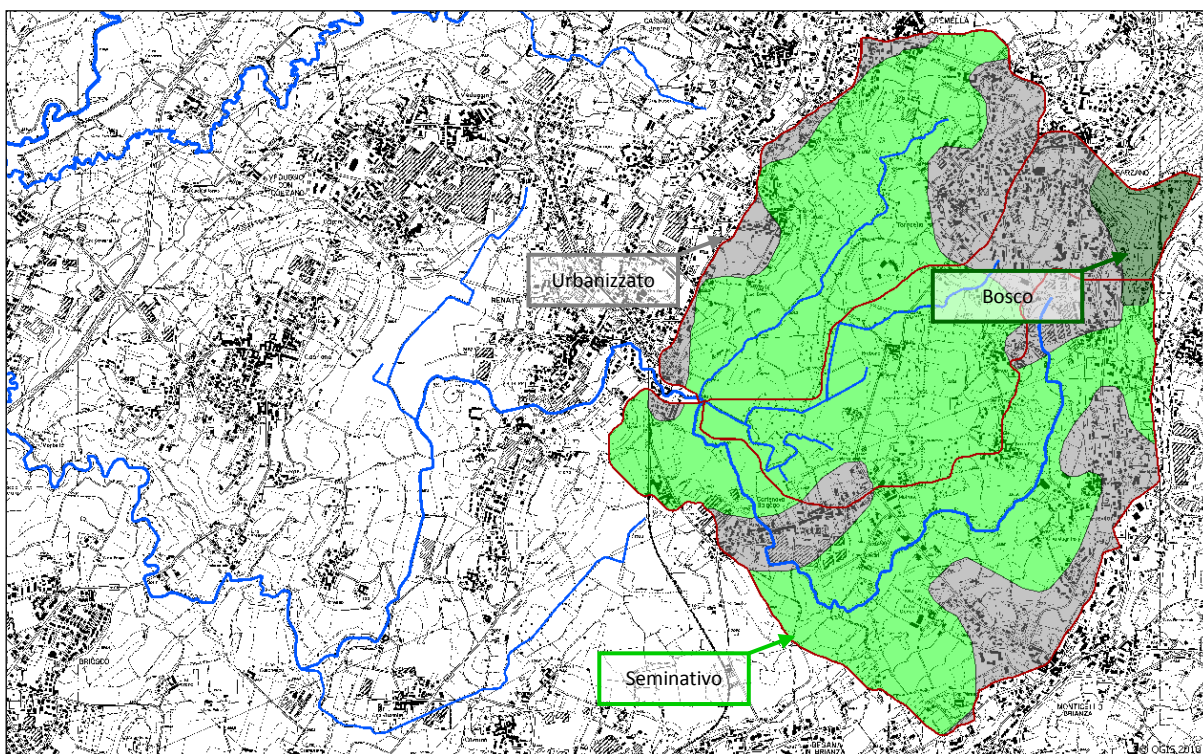


Figura 18 Uso del suolo

La sintesi dei risultati ottenuti per i bacini considerati è riportata in Tabella 7.

	Bacino Torrente Bevera			Bacino Rio Prebone	Bacino Roggia Valletta
	BEV1	BEV2	BEV3		
CN I (secco)	66	61	64	57	60
CN II (medio)	82	79	81	76	78
CN III (saturo)	91	90	91	88	89

Tabella 7 Valori del parametro CN

Per la determinazione dell'idrogramma di piena dell'evento dell'11 – 12 agosto 2010 sono stati utilizzati i valori del CN(I) per tener conto del fatto che nei giorni precedenti l'evento si sono verificate delle piogge che, probabilmente, hanno modificato l'umidità del suolo e di conseguenza la permeabilità del terreno. Per quanto riguarda il calcolo degli idrogrammi relativi agli eventi stimati, invece, sono stati utilizzati i valori del CN(II).

Un'ulteriore passaggio essenziale per il calcolo degli idrogrammi di piena di progetto è il calcolo del tempo di corrivazione. A tale scopo è stata utilizzata la formula di Pasini:

$$T_c = \frac{0.108}{\sqrt{i_m}} (A_b \cdot L_a)^{1/3} \quad (\text{ore})$$

dove:

i_m è la pendenza media dell'asta principale del bacino (-);

A_b è l'area del bacino (km²);

L_a è la lunghezza dell'asta principale del bacino (km).

I valori del tempo di corrivazione calcolato per ogni sottobacino è riportato nella tabella 8.

	Bacino Torrente Bevera			Bacino Rio Prebone	Bacino Roggia Valletta
	BEV1	BEV2	BEV3		
T_c [ore]	1.40	0.94	1.66	1.23	1.46
T_c [min]	84.21	56.22	99.79	73.86	87.32

Tabella 8 Tempi di corrivazione

2.4. COSTRUZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

L'ultimo passaggio necessario a quantificare la portata al colmo di piena è la costruzione dell'idrogramma di piena corrispondente.

Il bacino idrografico si può descrivere come un dispositivo che trasforma le precipitazioni in portate, ovvero gli afflussi in deflussi. Lo studio della trasformazione afflussi-deflussi è uno dei campi di più difficile interpretazione nell'ambito dell'idrologia, in quanto è un processo fortemente non lineare, variabile temporalmente, spazialmente distribuito e perciò non facilmente descrivibile mediante modelli semplici.

Esistono diversi metodi per individuare la risposta idrologica di un bacino ad una determinata precipitazione, la cui scelta è condizionata dai dati a disposizione e dalla natura del problema da trattare.

In mancanza di dati sperimentali con i quali tarare e verificare l'applicazione di modelli complessi è stato scelto di applicare un modello lineare – stazionario basato sull'ipotesi che il bacino abbia caratteristiche di proporzionalità tra cause ed effetti.

In base a tale ipotesi, indicando con $q(t)$ la pioggia netta caduta sino all'istante t , è dato l'integrale di convoluzione:

$$q(t) = \int_0^t p(\tau)u(t - \tau)d\tau$$

dove la funzione $u(t)$ è il cosiddetto "idrogramma unitario istantaneo" (IUH), che rappresenta l'idrogramma di piena che si origina nel bacino in occasione di un evento di durata infinitesima, di intensità infinita e volume unitario.

L'IUH è uno strumento fisico che racchiude al suo interno tutta la complessa fenomenologia di formazione delle piene nel bacino oggetto di studio; anche in questo caso la teoria a cui si riferisce assume come semplificazione che la risposta del bacino idrografico sia lineare e invariante nel tempo.

Per lo studio idrogeologico del progetto definitivo è stato scelto di calcolare l'IUH attraverso il metodo del serbatoio lineare dove l'IUH rappresenta il comportamento di un serbatoio con costante di invaso k , che ha forma analitica:

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{\frac{t}{k}}$$

e la costante di invaso è stata stimata secondo la formula:

$$k = 0.7 \cdot T_c$$

in cui T_c rappresenta il tempo di corrivazione del bacino.

La scelta di adottare il metodo del serbatoio lineare anziché il modello di Nash deriva da considerazioni effettuate sulla morfologia del bacino. Analizzando l'evento dell'agosto 2010, si è notato che il deflusso della portata di piena per il bacino della Bevera è maggiormente assimilabile a quello di un serbatoio lineare.

Per la costruzione degli idrogrammi di piena dei bacini considerati, è stato utilizzato il programma URBIS, un modello afflussi - deflussi sviluppato dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano a cura di P. Mignosa e di A. Paoletti [4].

Gli idrogrammi ottenuti sono stati utilizzati come dati in ingresso del modello idrologico - idraulico sviluppato al fine di verificare la bontà idraulica delle opere progettate.

2.5. SVILUPPO DEL MODELLO IDROLOGICO - IDRAULICO

Un'analisi completa ed esaustiva di tutto il tratto di Bevera in esame, che va dalla zona di via Bocconi a Monticello Brianza fino al ponte di via Garibaldi nel comune di Renate, necessiterebbe di un unico modello idraulico continuo. I tempi ristretti e la difficoltà riscontrate nel rilievo di alcuni tratti, non hanno permesso di realizzare un modello unico e si è dovuto ripiegare su tre modelli distinti, uno per ogni tratto interessato dal progetto (Figura 19).

Per determinare gli idrogrammi di piena da introdurre come condizione al contorno di monte in ogni modello idraulico si è ricorso anche al modello idrologico, ottenendo quindi tre modelli misti idrologici – idraulici.

Partendo dalla prima zona, ovvero la zona adiacente alla via Bocconi a Monticello Brianza, si costruisce l'idrogramma attraverso il modello idrologico del sottobacino BEV1 che costituisce la condizione al contorno di monte del modello idraulico (MOD1) che a sua volta elabora un profilo di moto vario e restituisce per la sezione di chiusura l'idrogramma uscente.

Quest'ultimo viene traslato fino alla sezione iniziale del secondo modello idraulico (MOD2), corrispondente al tratto di Bevera che scorre nella zona industriale in via Nuova a Monticello Brianza, e sommato ad un idrogramma, calcolato con il modello idrologico (BEV2), che tiene conto dell'apporto di deflusso dovuto alla parte di bacino compresa tra i due tratti non inclusa nel modello idraulico.

L'idrogramma risultante rappresenta la condizione al contorno di monte del secondo modello idraulico (MOD2) che, a sua volta, elabora il profilo di moto vario e restituisce l'idrogramma per la sezione di chiusura. Per il bacino idrografico BEV3 e per il modello idraulico del tratto di Renate (MOD3) si procede come nel caso precedente.

Il modello idraulico di Renate prevede anche l'apporto di portata proveniente dai due affluenti della Bevera: il Rio Prebone e la Roggia Valletta. Per questi due corsi d'acqua l'idrogramma è stato calcolato con il modello idrologico (rispettivamente PREB e VALL).

Il terzo modello idraulico restituisce in uscita l'idrogramma e i livelli che si instaurano a valle del tratto interessato dal progetto.

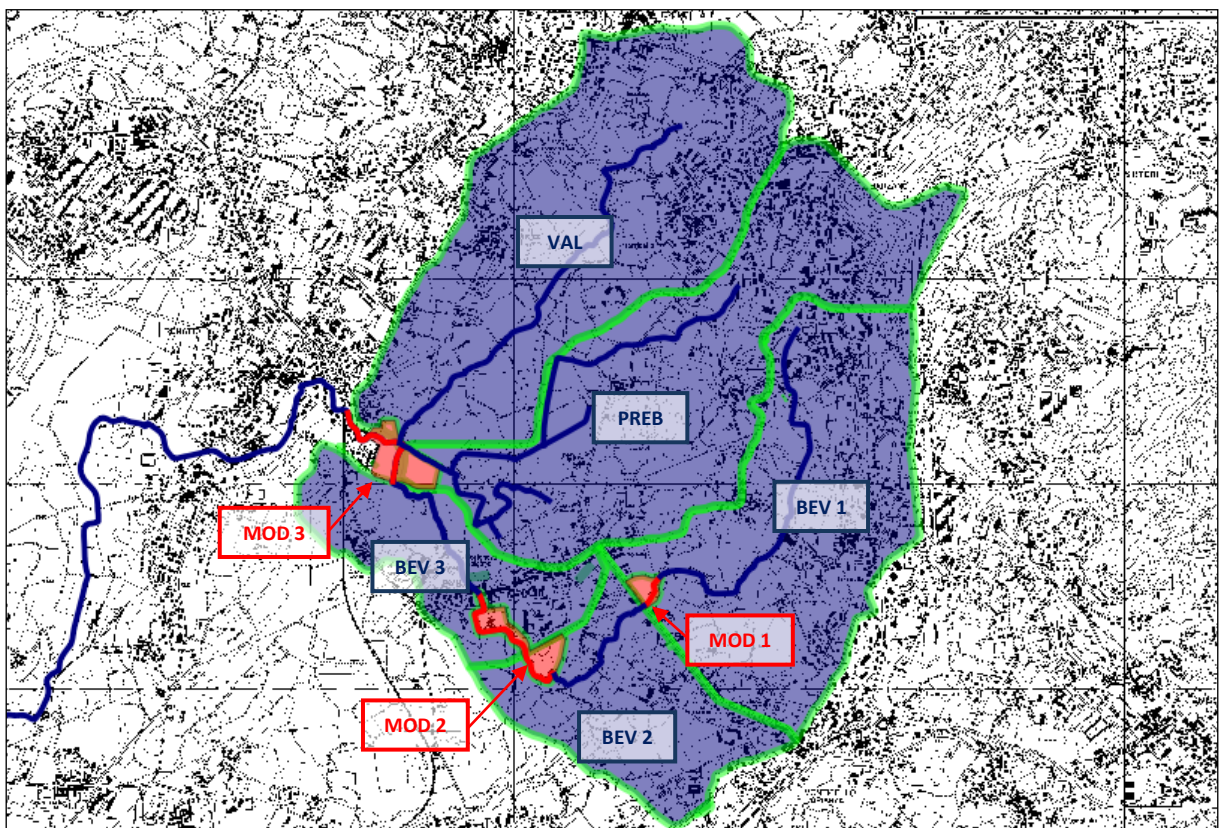
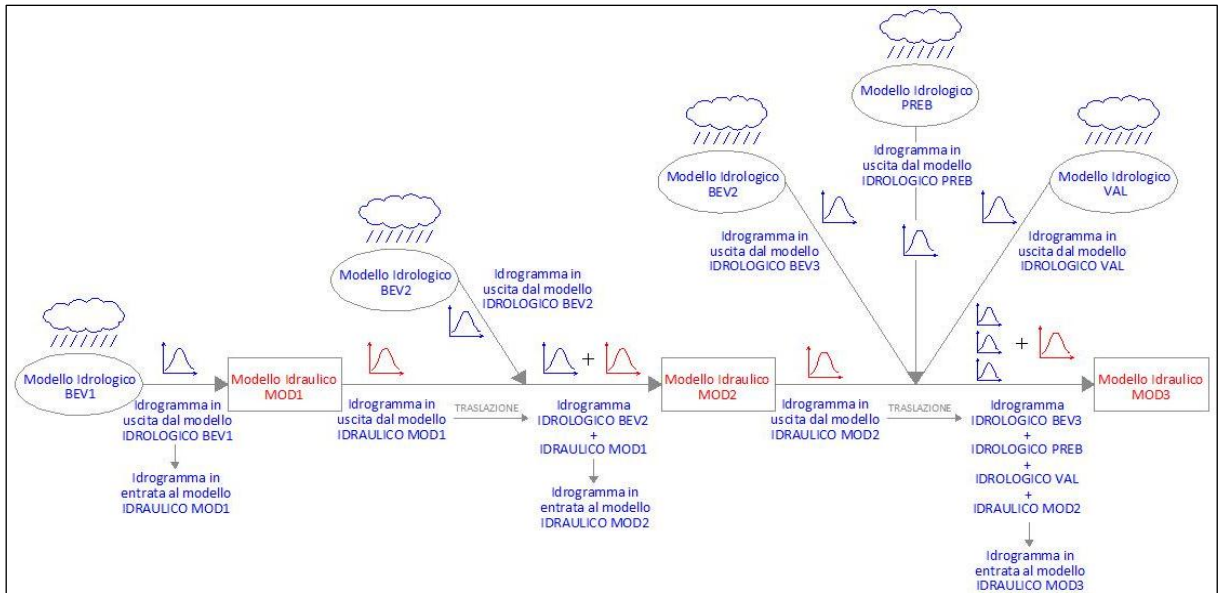


Figura 19 schema e rappresentazione del sistema idrologico - idraulico

Per le simulazioni idrauliche è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS River Analysis System, Versione 4.1 elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineers [5].

Il codice di calcolo HEC-RAS è strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti pubblici e privati negli Stati Uniti, ed ormai adottato anche da molti Enti pubblici italiani. Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di simulazione idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario e analisi del trasporto solido in letto mobile.

Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni della portata, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica di portata nota, per effetto della capacità di laminazione naturale dell'alveo, della sua resistenza d'attrito, della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse). Il modello calcola i profili di moto vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma, è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo.

Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning.

Le perdite considerate sono quelle d'attrito, valutate secondo Manning per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni valutate tramite un coefficiente moltiplicativo della variazione dell'altezza cinetica. L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il programma richiede, per la determinazione del profilo idraulico, i seguenti dati:

- descrizione completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali e relativo loro posizionamento plano-altimetrico;

- descrizione geometrica di opere trasversali (ponti e relativi rilevati di accesso, tombini scatolari, traverse fluviali, soglie di fondo, briglie etc.) e/o longitudinali in alveo;
- caratterizzazione della resistenza al moto in alveo e golene mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning;
- definizione dei coefficienti di contrazione/espansione, per effetto di perturbazioni al moto prodotte da opere trasversali presenti in alveo;
- condizioni al contorno di valle che può essere definito da: idrogramma dei livelli di piena, idrogramma delle portate di piena, la curva di deflusso per una certa sezione, l'altezza di moto uniforme proveniente dall'equazione di Manning. Oppure, se si tratta di simulazioni in moto uniforme, si definisce la portata (che rimane costante per tutta la simulazione);
- condizione al contorno di partenza del calcolo del profilo secondo tre possibili metodologie: introduzione di una altezza d'acqua nota di valle o di monte, a seconda che il moto avvenga in corrente lenta o veloce; calcolo eseguito a partire dall'altezza critica; calcolo eseguito a partire dalla pendenza di fondo alveo.

Il programma è basato sostanzialmente sull'integrazione, in termini finiti, dell'equazione dell'energia di una corrente:

$$\frac{\Delta E}{\Delta S} = i - j$$

dove:

ΔE è la variazione dell'energia specifica della corrente tra due sezioni di calcolo [m];

ΔS è la distanza tra le due sezioni di calcolo [m];

i è la pendenza del fondo alveo;

j è la cadente piezometrica.

In particolare HEC-RAS utilizza lo "standard step method" per integrare la precedente equazione discretizzata nella forma seguente:

$$Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta H$$

dove:

Z è la quota assoluta del pelo libero [m];

α è il coefficiente di velocità;

V è la velocità media [m/s];

g è l'accelerazione di gravità [m/s²];

ΔH è la perdita di carico tra due sezioni successive [m].

Si osserva che la definizione delle suddette grandezze è indipendente dal pedice e che quest'ultimo caratterizza esclusivamente le sezioni di calcolo: le grandezze con pedice 1 si riferiscono alla sezione 1 e sono tutte quantità note mentre le grandezze con pedice 2 si riferiscono alla sezione 2 e sono tutte quantità incognite.

Il termine ΔH rappresenta la perdita di carico tra due sezioni d'alveo ed è calcolato come somma del termine relativo alle perdite distribuite nel tronco e del termine relativo alle perdite concentrate per contrazione o espansione della corrente dovute alla variazione di larghezza della sezione trasversale:

$$\Delta H = LJ + K \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

L è la distanza fra le due sezioni [m]

J è la cadente della linea dell'energia [m/m]

K è il coefficiente di espansione o contrazione.

La cadente J è calcolata tramite l'espressione di Chézy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R}$$

che, utilizzando per l'indice di resistenza C la forma proposta da Manning, si trasforma nella:

$$J = n^2 \frac{V^2}{R^{4/3}}$$

dove:

n è il coefficiente di scabrezza di Manning [$s/m^{1/3}$]

V è la velocità media nella sezione [m/s]

R è il raggio idraulico della sezione [m].

L'equazione differenziale del moto viene integrata per via numerica, attraverso un ciclo di iterazioni che viene ripetuto più volte per affinare la soluzione.

Al fine di fornire al codice di calcolo una ricostruzione il più fedele possibile alla realtà della geometria del corpo d'acqua e delle zone adiacenti che si vogliono rappresentare, è risultato necessario eseguire appositi rilievi topografici.

Nell'estate del 2011, per poter sviluppare il progetto preliminare, sono stati eseguiti i rilievi planoaltimetrici delle aree individuate per l'esondazione naturale. Per ricostruire in maniera accurata la morfologia del terreno, sono stati collimati centinaia di punti per ogni zona. Si sono potuti così quantificare i volumi a disposizione per le aree di esondazione previste dal progetto preliminare.

I rilievi finalizzati alla ricostruzione della geometria dell'alveo della Bevera sono stati eseguiti nel mese di dicembre 2011, collimando per ogni sezione della Bevera circa 5 punti

caratteristici corrispondenti alle sponde e al fondo dell'alveo. I rilievi coprono i tratti della Bevera e le zone adiacenti ad essa interessate dal progetto.



Figura 20 Schematizzazione modello idraulico Monticello Brianza via Bocconi

Il primo rilievo è stato effettuato nella zona di via Bocconi a Monticello Brianza; sono state rilevate 13 sezioni d'alveo (Figura 20) del tratto di torrente che affianca il campo adiacente alla via Bocconi.

Dalla ricostruzione effettuata attraverso i dati acquisiti durante il rilievo, risulta che il tratto è in generale a debole pendenza, occasionalmente a pendenza nulla o addirittura in contropendenza; il regime naturale è pertanto quello di corrente lenta.

Il secondo rilievo è stato effettuato sempre nel comune di Monticello Brianza in località Cortenova. Si è trattato di un rilievo più complesso soprattutto per l'estensione dell'area considerata. Il tratto di Bevera rilevato ha inizio nella zona dei campi di via Nuova e termine qualche metro oltre il ponte di via Immacolata nel comune di Besana in Brianza.

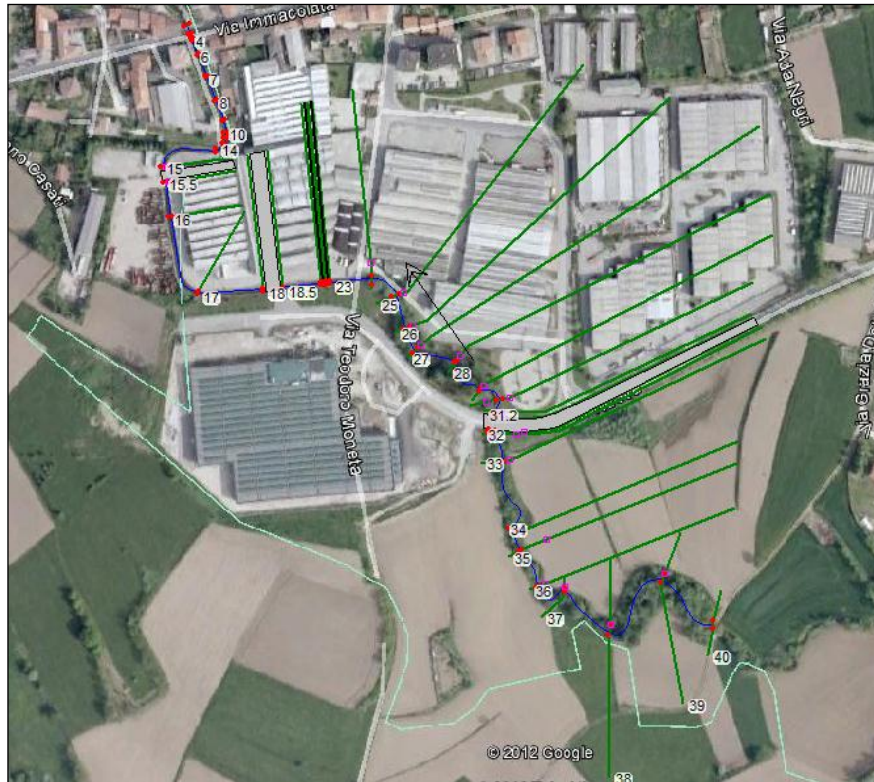


Figura 21 Schematizzazione modello idraulico Monticello Brianza via Nuova

Il tratto è stato schematizzato attraverso 40 sezioni trasversali (Figura 21). Il primo tronco è naturale con sezioni dell'alveo di magra trapezoidali. Nel tratto in cui la Bevera attraversa la zona industriale di Cortenova la sezione di forma rettangolare risulta artificializzata e si mantiene all'incirca costante fino all'ultima sezione.

Il terzo ed ultimo rilievo effettuato è quello nel comune di Renate. La zona rilevata ha inizio in corrispondenza del tratto di Bevera adiacente ai campi di via Aldo Moro, in prossimità di una curva a gomito verso destra, e termine una trentina di metri a valle del ponte di via Garibaldi.

La geometria dell'alveo è stata descritta mediante 53 sezioni trasversali (Figura 22); il corso d'acqua in esame risulta a debole pendenza, in media pari a circa l'1%, con degli avvallamenti in corrispondenza del ponte di via Garibaldi e nei pressi di via Aldo Moro; pertanto lungo il tronco si instaura un profilo di corrente lenta.



Figura 22 Schematizzazione modello idraulico Renate

Il tratto di Bevera analizzato è sostanzialmente diviso in due parti; una prima parte, che corre lungo i campi presenti nella zona, è un tratto naturale con delle sezioni di magra trapezoidali.

In corrispondenza dalla via Aldo Moro il torrente corre adiacente a una zona abitata e in destra la sponda risulta cementata. Nell'area urbanizzata la Bevera scorre anche all'interno di una tombinatura e a valle di essa vi è un lungo tratto artificializzato, di forma rettangolare, che arriva al ponte di via Garibaldi; a valle del ponte l'alveo ritorna naturale con sezioni trasversali all'incirca trapezoidali.

Le sezioni anche in questo caso sono state estese ricoprendo tutta la zona di possibile esondazione della Bevera.

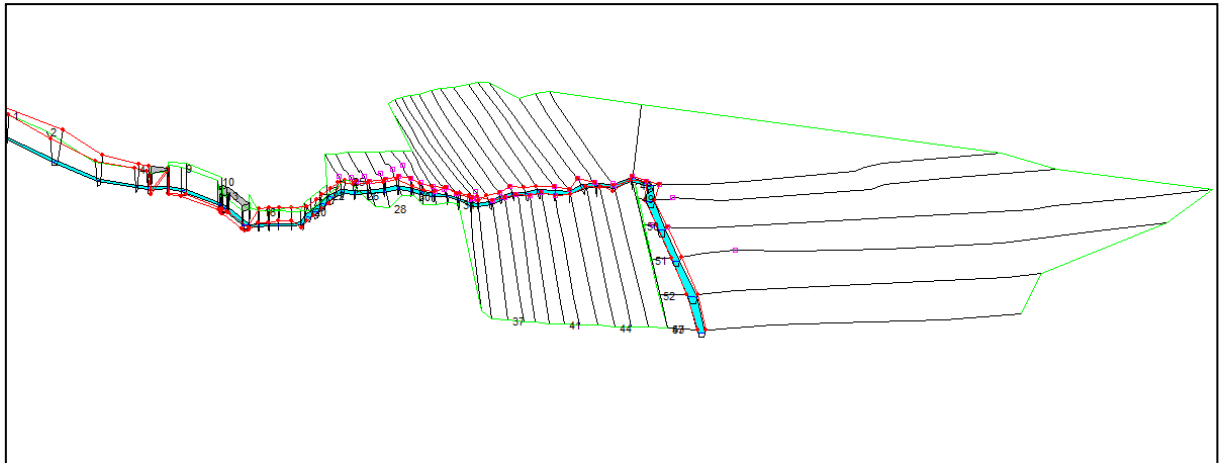


Figura 23 Vista tridimensionale del modello idraulico di Renate

L'alveo di magra è stato modellato utilizzando un coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.03 \text{ s/m}^{1/3}$; per le aree esterne all'alveo, con coltivazioni, boschi e vegetazione, si è invece assunto un coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.05 \text{ s/m}^{1/3}$. Per i tratti con le sponde cementate è stato invece assunto un coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.016 \text{ s/m}^{1/3}$ e per quelli in muratura è stato assunto un coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.02 \text{ s/m}^{1/3}$.

La tombinatura presente nell'area urbana di Renate è stata modellata assimilandola ad un lungo ponte. La sezione rettangolare ha una larghezza di 3,6 m, un'altezza di 2.7 m e si estende per un tratto di circa 20 m. A valle di questa tombinatura vi è un'ulteriore riduzione della sezione dovuta ad un ponte situato a ridosso della tombinatura stessa. Questo ponte ha una larghezza di 2,9 m e un'altezza dell'intradosso di 2,3 m.

Il ponte di via Garibaldi, in cemento armato e muratura, invece ha una sezione ad arco con larghezza della base di circa 4 m e un'altezza in corrispondenza della chiave di volta di 2,10 m.

2.6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE E SCELTA DEGLI EVENTI DI PIENA DI PROGETTO

Il caso di studio esaminato in questo elaborato di laurea interessa solamente i problemi di insufficienza idraulica del tratto di Bevera del comune di Renate.

Pur avendo necessariamente sviluppato la simulazione idraulica dell'intero tratto di Bevera, compreso quello nel comune di Monticello Brianza, i risultati necessari per la definizione delle soluzioni progettuali sono quelli del modello idraulico di Renate.

Attraverso la simulazione è possibile studiare il comportamento idraulico di tale zona nelle condizioni di stato di fatto e progettare opere idonee a garantire la sicurezza idraulica per il territorio circostante.

Per la scelta della piena di progetto a cui far riferimento per la progettazione delle opere idrauliche è stata presa in considerazione la normativa del PAI, essendo piuttosto lacunosa la normativa Comunale a cui di norma bisognerebbe riferirsi.

Tuttavia anche il PAI, che prescrive l'assunzione della piena di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, per quanto riguarda i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione, come il Torrente Bevera, è meno chiaro e vincolante.

Ciò si può ben evincere dalle indicazioni fornite per alcune tipologie di opere, quali gli attraversamenti, regolate nella Direttiva 4 [6] e per i quali *“il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche deve normalmente rispettare i seguenti valori:*

- *per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, non inferiore a quello assunto per la delimitazione della Fascia B;*
- *per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali non inferiore a 100 anni.*

In casi eccezionali, quando si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza molto modesta, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario

verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera stessa in rapporto alla stessa piena."

In assenza di indicazioni così specifiche per le opere di difesa idraulica si può estendere analogo ragionamento alla loro progettazione.

In ragione di ciò le simulazioni idrauliche dello stato di fatto sono state condotte per l'evento dell'agosto 2010, paragonabile ad uno con tempo di ritorno di 100 anni, e per l'evento costruito con tempo di ritorno di 200 anni.

Nella Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27 e nella Tabella 18 e Tabella 19 sono riportati gli idrogrammi in entrata e in uscita dal modello idraulico realizzati per il tratto di Bevera nel comune di Renate, i livelli e le portate al colmo in sezioni caratteristiche ed il profilo di moto vario sia per l'evento centennale sia per quello bicentennale.

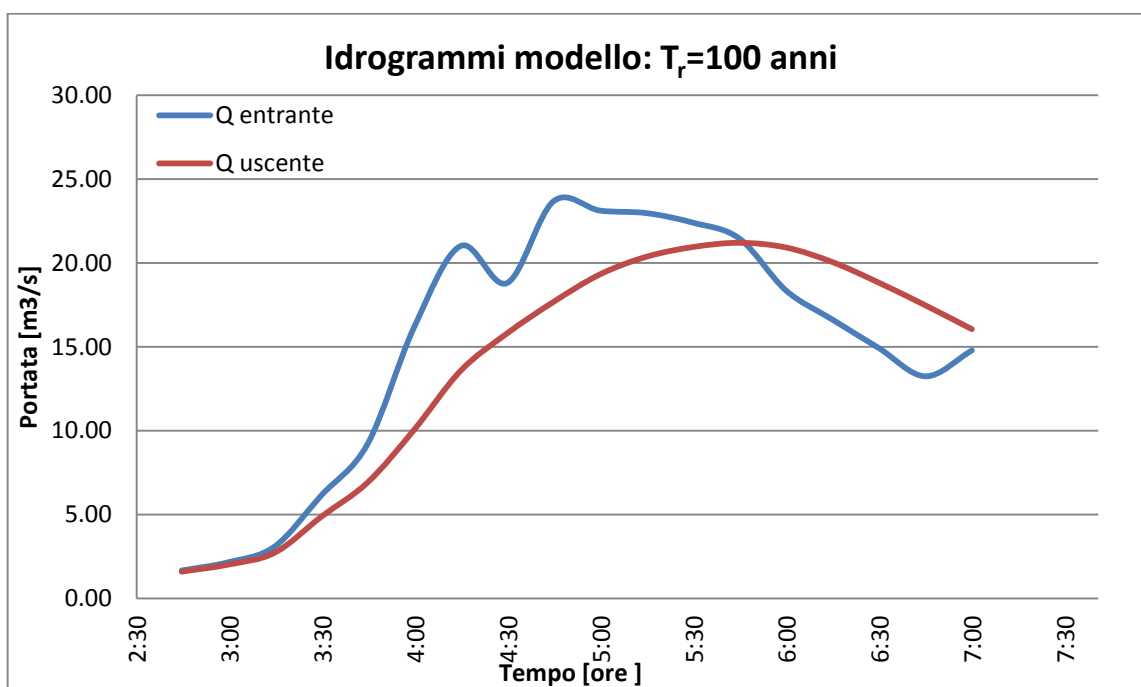


Figura 24 Idrogramma entrante e uscente per evento $T_r=100$ anni

Risultati modello: evento $T_r=100$ anni			
	<i>sui campi</i>	<i>via Aldo Moro</i>	<i>valle</i>
LIVELLO [m]	302.62	302.62	300.57
PORTATA [m ³ /s]	23.68	21.29	21.20

Tabella 9 Livelli e portate al colmo nelle sezioni caratteristiche per evento $T_r=100$ anni

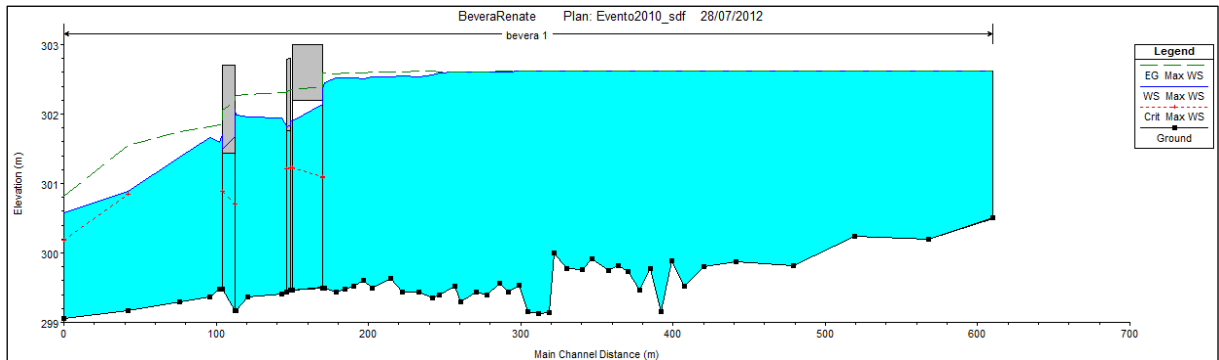


Figura 25 Livelli massimi del profilo di moto vario per evento $T_r=100$ anni

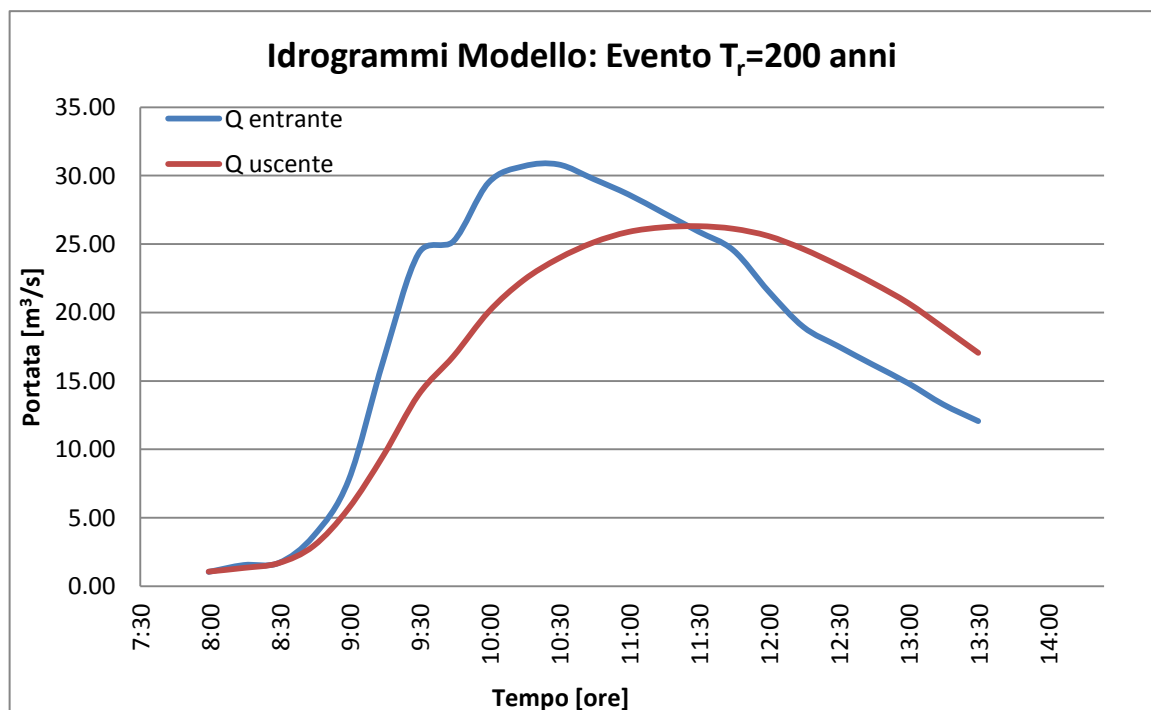


Figura 26 Idrogramma entrante e uscente per evento $T_r=200$ anni

Risultati modello: evento $T_r=200$ anni			
	<i>sui campi</i>	<i>via Aldo Moro</i>	<i>valle</i>
LIVELLO [m]	303.44	303.44	300.77
PORTATA [m ³ /s]	30.82	26.58	26.33

Tabella 10 Livelli e portate al colmo nelle sezioni caratteristiche per evento $T_r=200$ anni

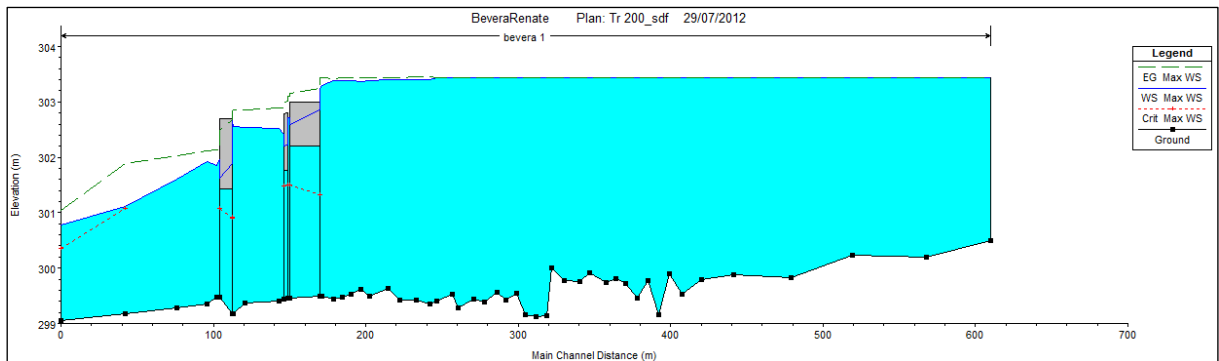


Figura 27 Livelli massimi del profilo di moto vario evento $T_r=200$ anni

Alla luce di questi risultati è possibile dimensionare le opere di difesa idraulica in modo tale da mettere in sicurezza la zona residenziale del comune di Renate già vittima di diversi eventi alluvionali che hanno provocato l'esonazione del Torrente Bevera.

3. SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE

La prima soluzione progettuale per la riduzione del rischio idraulico nella zona residenziale a monte dell'intersezione del Torrente Bevera con via Aldo Moro in comune di Renate è quella contenuta nel progetto definitivo di *"Realizzazione degli interventi di ripristino e manutenzione lungo il Fiume Lambro ed affluenti in comuni vari. Comune di Renate e comune di Monticello Brianza"* redatto dallo studio di progettazione Aequa a cui fa capo l'Ingegnere Giuseppe Baldo.

La seconda e la terza soluzione progettuale sono state invece sviluppate appositamente per questo elaborato di laurea col fine di poter operare un confronto tra le alternative sia di carattere economico che di carattere idraulico – ambientale.

3.1. PRIMA SOLUZIONE PROGETTUALE: CONSOLIDAMENTO AREE DI NATURALE ESPANSIONE

Le finalità del progetto consistono nella riduzione del rischio idraulico che caratterizza le zone in cui si sono verificati i danni maggiori durante l'evento dell'agosto 2010, nel rispetto dei vincoli ambientali e paesaggistici e del territorio in generale, attraverso l'individuazione e la riconferma di aree di naturale allagamento già esistenti.

Come già esposto in precedenza il progetto prevede interventi sia nel comune di Renate sia nel comune di Monticello Brianza.

In particolare nel comune di Renate è prevista la ridefinizione di alcune linee d'argine a protezione della zona urbana di via Aldo Moro e di via Immacolata per garantirne la sicurezza idraulica.

L'area studiata per la realizzazione degli interventi in Comune di Renate è quella riportata in Figura 28.

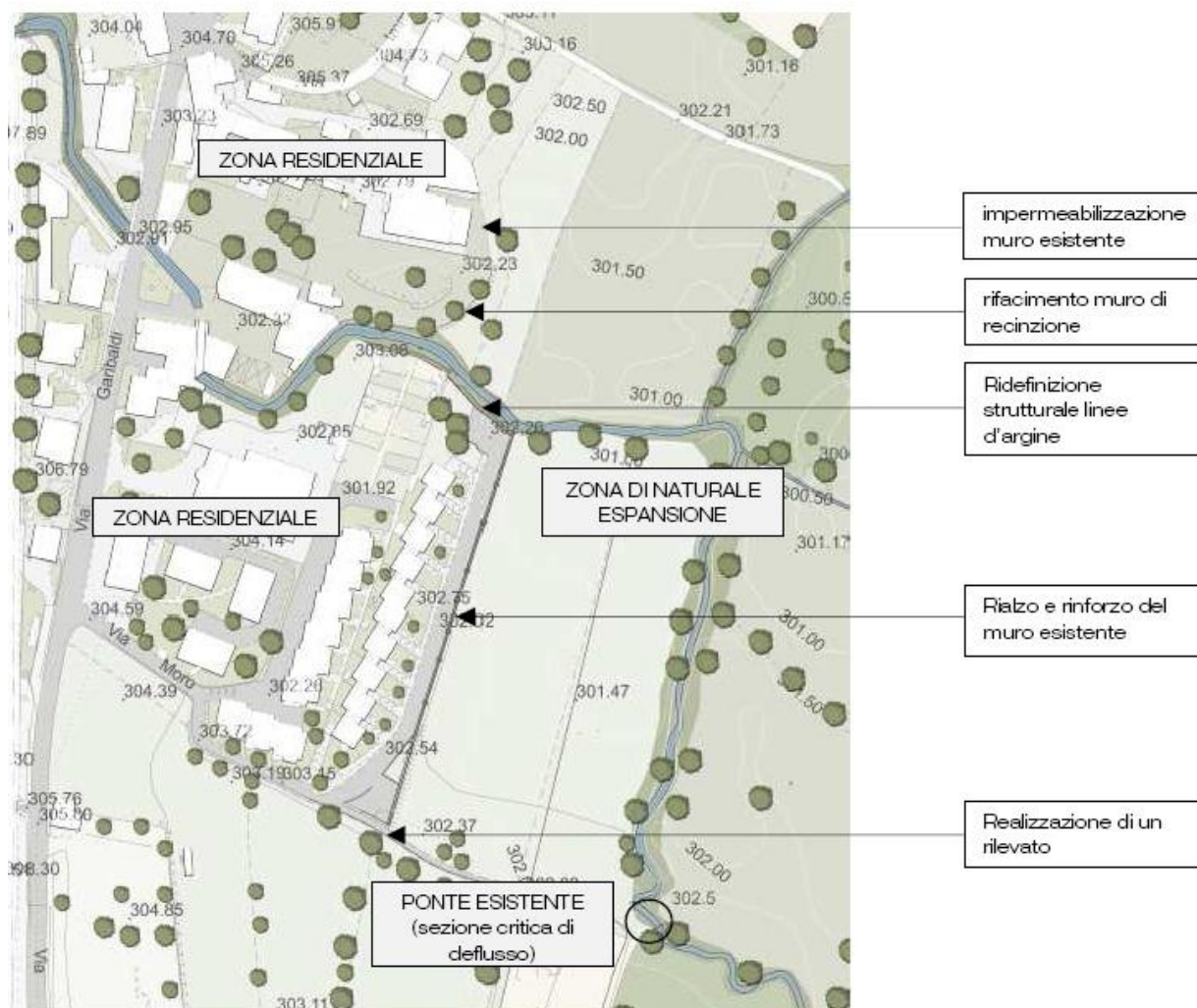


Figura 28 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: prima soluzione progettuale

Come si vede in parte nell'immagine, il torrente attraversa un'ampia area verde prima di entrare nella zona residenziale di Renate e, in particolare, quella compresa tra via Aldo Moro e via Garibaldi. Il passaggio, che avviene con discontinuità tra le due parti, risulta essere costituito da un restringimento quasi improvviso in quanto la sezione del fiume è probabilmente stata ridotta nel corso degli anni a seguito dell'urbanizzazione diffusa. Tale restringimento rende problematico il deflusso della portata verso valle. Per questo la zona, soggetta agli allagamenti dell'agosto 2010, è stata individuata come prioritaria per intervenire con opere di adeguamento e di riduzione del rischio idraulico.

Per la progettazione si è assunto come livello di riferimento la quota raggiunta dall'acqua, nella sezione in corrispondenza delle villette di via Aldo Moro, nel corso dell'evento dell'agosto 2010 in corrispondenza del colmo di piena, pari a circa 302,50 m s.l.m..

La Variante al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico [7] impone che l'intero sistema di difese idrauliche dell'asta fluviale del Fiume Lambro sia dimensionato, in coerenza con gli obiettivi generali del PAI, con riferimento ad una piena di progetto con tempo di ritorno di 200 anni.

In accordo con gli uffici regionali, per il reticolo idrico minore, al quale appartiene anche il Torrente Bevera, si sono assunti per il dimensionamento una piena con tempo di ritorno di almeno 100 anni e un franco minimo di 1.00 m. La piena dell'agosto 2010 risulta essere paragonabile ad un evento di circa 100 anni. Il franco va considerato al netto dei futuri cedimenti, praticamente inevitabili nei rilevati di terra, o di eventuali subsidenze in atto per varie cause. Cedimenti e subsidenze devono essere preventivamente valutati, anche se è sempre possibile intervenire in seguito con modesti interventi correttivi. Pertanto per gli interventi da attuarsi in comune di Renate si è assunto come livello di sicurezza rispetto all'evento assunto come di riferimento quello pari a 303,50 m s.l.m. in tutta l'area interessata dagli interventi.

La configurazione proposta per la definizione della zona di espansione naturale esistente, come mostrato in Figura 28, comprende:

- l'adeguamento della quota delle opere di difesa spondale in destra e in sinistra idraulica nel tratto compreso tra via Aldo Moro e via Garibaldi;
- l'adeguamento della quota del muro posto lungo via Aldo Moro in sinistra idraulica;
- l'adeguamento del muro di recinzione corrispondente alla proprietà sita al mappale 220 Foglio 7 in sinistra idraulica;
- l'adeguamento delle fasce di rispetto fluviale in destra e in sinistra idraulica secondo quanto previsto dal Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 e successive modifiche ed integrazioni;
- la realizzazione di accessi agli argini;
- la realizzazione di un rilevato lungo l'accesso ai fondi agricoli in corrispondenza del muro di via Aldo Moro;
- la realizzazione di un rilevato lungo l'accesso di via Aldo Moro in sinistra idraulica a chiusura della zona di naturale allagamento alla quota di sicurezza;
- la pulizia del tratto di corso d'acqua interessato dagli interventi;

- la pulizia e risagomatura del fosso posto lungo il tratto iniziale di via Aldo Moro.

Il funzionamento della zona di naturale espansione verrà quindi ottimizzato con gli interventi in progetto, che comporteranno in generale un miglioramento della situazione esistente, grazie al rialzo della quota di contenimento ad ovest e quindi alla protezione fornita alla zona residenziale del comune di Renate.

Il funzionamento della zona di espansione è legato alla presenza di un restringimento già esistente in corrispondenza di un ponticello posto a monte. Non si prevede quindi la formazione di ulteriori restringimenti dell'alveo in quanto si ritiene tale sezione già sufficiente a indurre l'esondazione controllata dei volumi in esubero in transito nel torrente durante gli eventi di piena. In caso di piena infatti si avrà l'inondazione dell'area a tergo delle linee di protezione realizzate con gli interventi in progetto, nei modi e con gli effetti già citati. Le curve di livello esistenti permetteranno l'allagamento naturale controllato e il deflusso dei volumi al diminuire del livello di piena nel torrente (Figura 29).

Non si avranno variazioni del regime del corso d'acqua, delle caratteristiche idrochimiche, sull'ecosistema fluviale, della circolazione idrica sotterranea in quanto l'area di naturale espansione si allagherà solo durante gli eventi di piena di maggiore entità, garantendo il franco minimo per gli eventi di tempo di ritorno pari a quello dell'evento assunto come di riferimento.

Gli interventi sul muro lungo via Aldo Moro e sui muri di recinzione in destra idraulica si inseriscono invece in un contesto urbano, come potenziamento di opere esistenti.

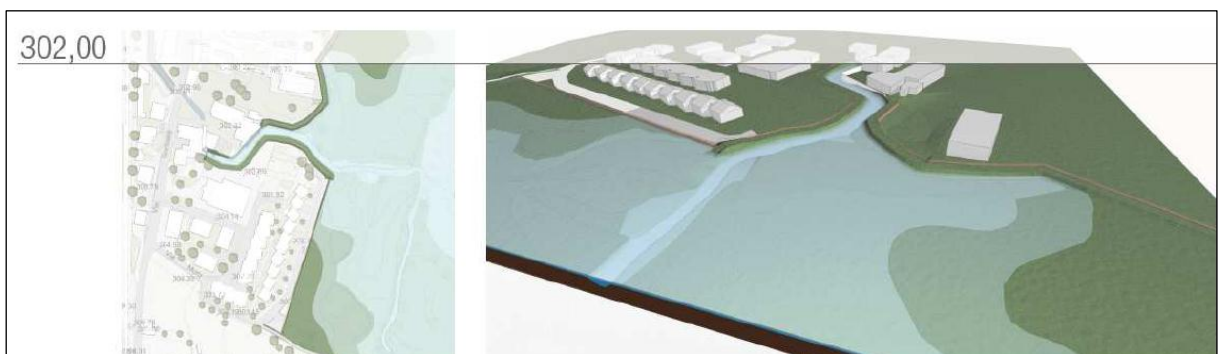


Figura 29 Schema di funzionamento indicativo della zona di naturale espansione alla quota 302.00 m slm

Il dettaglio degli interventi proposti dal progetto definitivo sono riportati nell'Allegato 1.

3.1.1. La struttura arginale

I tratti arginati oggetto di intervento assumeranno in generale la conformazione riportata in Figura 30 mediante il rialzo in terra fino alla quota di 303,00 m s.l.m. sul coronamento e fino alla quota 303,50 m s.l.m. sulla sommità di un muro laterale sul quale si colloca, a protezione dall'ingresso di persone non autorizzate dalle zone di pertinenza fluviale alle proprietà private e viceversa, una recinzione metallica di altezza circa pari ad 1 m. Non ritenendo infatti la struttura arginale attuale adeguata a sostenere una sopraelevazione importante, sarà realizzato un nuovo muro alla distanza di circa 4 m dal ciglio di sponda.

Nella Figura 30 è riportato un estratto della tavola relativa alle sezioni di progetto che illustra una sezione arginale prevista nell'area di Renate.

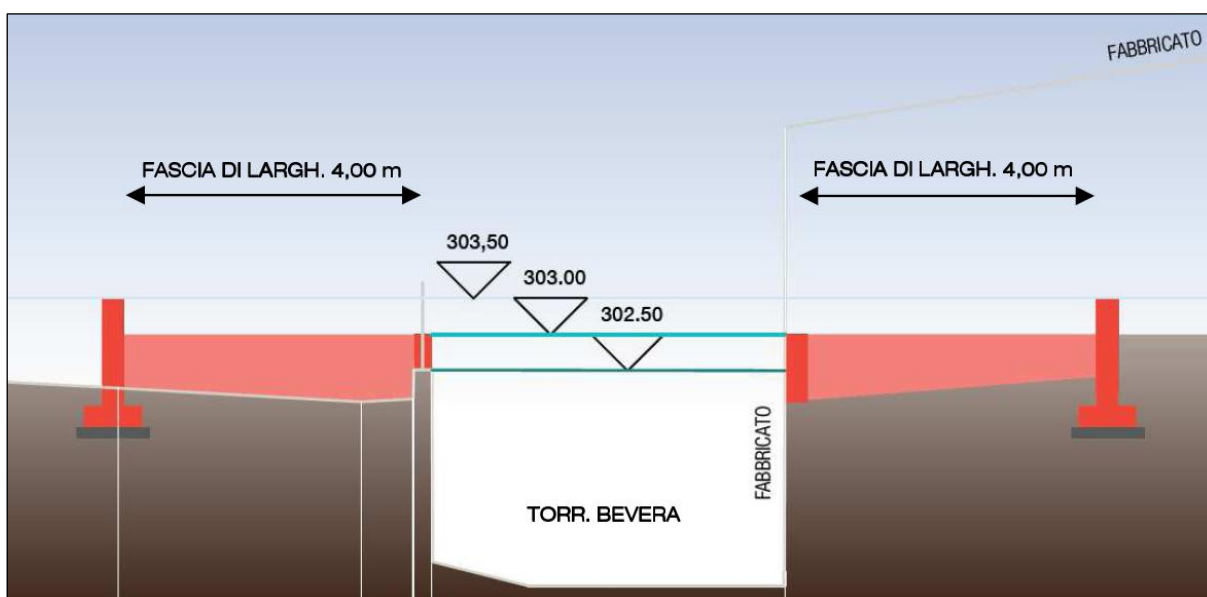


Figura 30 Sezione tipologica del rilevato arginale prevista nell'area di Renate

Tale struttura arginale sarà quindi adatta a contenere la piena di caratteristiche simili a quelle della piena registrata nell'agosto 2010 con un franco di circa 1 m. La sommità arginale, rialzata a quota 303,00 m, sarà oggetto di risagomatura con una larghezza utile pari a 4 m per il passaggio dei mezzi di servizio per la manutenzione ordinaria e straordinaria, anche in considerazione del tratto tombinato presente più a valle in prossimità di via

Garibaldi. Tale risagomatura è possibile grazie agli accordi stipulati tra l'Ente Parco e i proprietari privati che hanno ceduto l'area necessaria al fine di assicurare tale passaggio per i mezzi di servizio e/o di emergenza.

Il sovralzato arginale sarà da realizzarsi in materiale idoneo alla costruzione di corpi arginali. Il materiale dovrà essere sufficientemente impermeabile per impedire il rapido progresso verso valle della linea di saturazione e dotato di buona resistenza meccanica per assicurare la stabilità dei paramenti. Dovrà inoltre essere dotato di plasticità medio-bassa per evitare rigonfiamenti e fessurazioni da ritiro al variare dell'umidità. La realizzazione avverrà per strati di 30-35 cm con un efficace dosaggio dell'umidità in modo da ottenere un materiale con bassa permeabilità, un buon coefficiente di attrito ed elevata densità.

Dovrà inoltre essere ben curato il collegamento del nuovo rilevato con il rilevato sottostante per mezzo di scoticamenti, solcature o gradonature. L'argine sarà di forma trapezia, protetto per l'intera lunghezza da geostuoie e inerbito mediante semina di miscele di specie erbacee ed arbustive idonee alla protezione.

La percorribilità del coronamento sarà garantita da un bauletto di misto granulare stabilizzato.

Verranno inoltre garantiti quattro ingressi alla sommità arginale:

- uno da via Garibaldi attraverso la proprietà sita al mappale 155 Foglio 7;
- uno da via A. Moro dal piazzale di proprietà comunale;
- uno dai fondi agricoli siti al mappale 100 Foglio 7, in sinistra idraulica;
- uno dai fondi agricoli a nord in destra idraulica.

Ciascuno sarà raccordato alla quota della sommità arginale pari a 303,00 m attraverso una rampa di salita/discesa larga 4 m di adeguata pendenza e protetta da ambo i lati, se necessario, con pali di legno o simili a formare una staccionata di protezione. I primi tre ingressi saranno inoltre presidiati da un cancello di accesso a battente, carraio, in acciaio zincato per motivi di sicurezza. Il cancello sarà costituito da un riquadro in tubolare zincato saldato con riempimento in pannelli o in tubolari quadri o tondi, installabile secondo il tipo di apertura desiderato, e caratterizzato da uno speciale trattamento protettivo costituito da zincatura e seguente rivestimento in polveri di PE per conferire al sistema una elevata resistenza alla corrosione degli agenti atmosferici.

Contestualmente alla realizzazione dell'accesso all'argine da via Aldo Moro verrà inoltre realizzata una riqualificazione del piazzale esistente con l'installazione di panchine e la messa a dimora di specie arboree ed arbustive all'interno di aiuole. Tale soluzione permetterà di mitigare l'impatto visivo della rampa di accesso all'argine.

3.1.2. Il rialzo del muro di via Aldo Moro

In sinistra idraulica si prevede inoltre il rialzo del muro sito lungo via Aldo Moro fino alla quota 303,50 m s.l.m. per l'intera sua lunghezza (Figura 31). Il muro sarà opportunamente raccordato agli accessi dal piazzale di via Aldo Moro e dai fondi agricoli ad est al fine di garantire una difesa continua a presidio della zona residenziale che si vuol proteggere.

Il rialzo del muro sarà inoltre realizzato con giunti di tipo idroespansivo e sigillante a base di bentonite sodica e specifici leganti polimerici idroespansivi, di dimensione circa pari a 25x20 mm², da impiegare nelle riprese di getto per assicurare una connessione sicura e permanente a tenuta ermetica. Esternamente verrà opportunamente impermeabilizzato per garantire la tenuta idraulica anche della parte esistente.

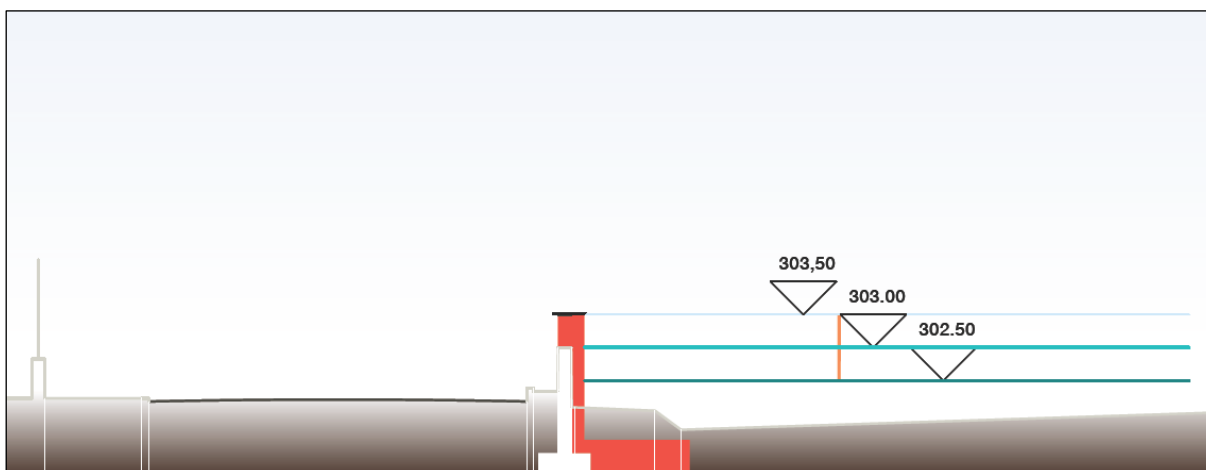


Figura 31 Sezione tipo del muro di via Aldo Moro

L'innalzamento sarà inoltre mitigato con un rivestimento in pietra o mattoni o simili dalla parte del parco, mentre dalla parte della zona residenziale sarà trattato con pittura murale resistente agli alcali, agli agenti atmosferici e all'abrasione. Dove il muro finisce più a sud si prevede la realizzazione di un rilevato posto in corrispondenza della linea del muro sulla strada di accesso ai fondi agricoli, al fine di "chiudere" la zona di naturale espansione durante gli eventi di piena. Il muro, attualmente a quota 303,00 m s.l.m., per essere rialzato dovrà essere opportunamente rinforzato.

3.1.3. Altre opere

Accanto agli interventi sopra descritti, in destra idraulica si prevede il rifacimento della recinzione della proprietà sita al mappale 86 Foglio 7 sostituendola con il muro arginale a quota 303,50 m s.l.m. che continua dal tratto di rifacimento dell'argine e l'impermeabilizzazione del muro di recinzione della proprietà sita al mappale 220 Foglio 7. La tecnica utilizzata per l'impermeabilizzazione del muro, che dovrà garantire la perfetta tenuta all'acqua ed essere di lunga durata, sarà oggetto di approfondimento in sede di redazione del progetto esecutivo, ma conforme alle disposizioni dettate dai regolamenti vigenti. Tale muro verrà inoltre rivestito con le medesime modalità previste per il muro di via Aldo Moro (pietra o mattoni o simili).

In sinistra idraulica invece si prevede la realizzazione di un rilevato lungo l'accesso di via Aldo Moro a chiusura della zona di naturale allagamento alla quota di sicurezza (312,00 m s.l.m.) al fine di garantire la sicurezza idraulica della zona residenziale per la quota considerata.

Si provvederà anche alla pulizia dell'alveo del tratto interessato dagli interventi attraverso la rimozione del materiale grossolano depositato sul fondo, il decespugliamento, il taglio degli arbusti presenti nell'alveo e sulle sponde e l'asportazione degli individui ammalorati per diminuire la scabrezza dell'alveo e migliorarne quindi la capacità di deflusso. Si provvederà altresì alla risagomatura del fosso che scorre lungo la parte iniziale di via Aldo Moro per ripristinare la sezione idraulica originaria e permettere quindi l'invaso e l'allontanamento delle acque meteoriche raccolte.

Per assicurare lo scarico delle acque meteoriche, in sede di redazione del progetto esecutivo verrà inoltre rilevata l'eventuale presenza di scarichi privati regolarmente concessi attualmente defluenti direttamente nel torrente al fine di mantenere il libero deflusso delle acque meteoriche, realizzando scarichi dotati di valvola a clapet che attraverseranno la struttura arginale con una pendenza indicativa di 0,01 e sezione interna variabile in funzione del coefficiente udometrico adottato.

Saranno inoltre rilevati eventuali collegamenti di tubazioni e scarichi tra la zona dell'area di naturale espansione e la zona residenziale protetta con i nuovi interventi in progetto per

evitare passaggi dell'acqua durante gli eventi di piena e quindi un possibile aggiramento della struttura arginale realizzata a protezione della zona residenziale.

3.1.4. Quadro economico

Al fine di valutare la fattibilità economica degli interventi e confrontare le alternative progettuali è necessario redigere il computo metrico estimativo delle opere. Per quanto riguarda il progetto delle aree di spandimento naturali il computo metrico estimativo è parte integrante del progetto definitivo ed è riportato in Appendice.

In tabella 11 è invece riportato il quadro tecnico economico che, oltre a esplicitare i costi relativi alle opere, riporta anche:

- i costi relativi alla sicurezza come percentuale delle somme relative agli interventi, pari al 3% dell'importo;
- i costi per gli espropri;
- una percentuale pari al 2% per eventuali imprevisti e arrotondamenti;
- l'IVA al 21% sui costi dell'intervento e sulla sicurezza;
- i costi per le spese tecniche e gli oneri pari al 10% dei costi totali più gli espropri.

QUADRO TECNICO-ECONOMICO	
OPERE A BASE D'APPALTO IN COMUNE DI RENATE	
Interventi in comune di Renate	€ 331.874
Opere a verde	€ 1.667
Sicurezza 3%	€ 9.956
Totale	€ 343.497
Espropri	€ 16.200
Imprevisti e arrotondamenti	€ 71.939
Iva 21%	€ 72.134
Spese tecniche + oneri	€ 35.970
Totale somme a disposizione	€ 196.243
Totale complessivo	€ 539.740

Tabella 11 Quadro tecnico - economico della prima soluzione progettuale

L'importo totale delle spese relative alla prima proposta è di circa € 540.000.

3.2. SECONDA SOLUZIONE PROGETTUALE: REALIZZAZIONE CANALE

DIVERSIVO

Se la prima proposta progettuale è stata concepita nel pieno rispetto dell'ambiente naturale della Bevera riducendo al minimo le opere e cercando di ottimizzare l'intervento nell'ottica idraulico ambientale, con la seconda proposta si è voluto ritornare un po' a concetti di ingegneria idraulica tradizionale, cercando però di non trascurare del tutto l'aspetto ambientale.

Fermo restando le problematiche del Torrente Bevera nel comune di Renate che ne evidenziano l'insufficienza idraulica della sezione trasversale a ridosso della zona residenziale di via Aldo Moro si è pensato di proporre come soluzione un canale diversivo in grado di convogliare le portate in esubero durante un evento di piena e di adeguare gli argini portando l'intero tratto della Bevera, dalla sezione a monte dei campi di via Aldo Moro alla sezione a valle del ponte di via Garibaldi in condizioni di sicurezza idraulica.

Non prevedendo alcuna laminazione in questa zona tutta la portata che transita da monte deve necessariamente defluire nell'alveo della Bevera che nello stato di fatto è in grado di far transitare, nella sezione in corrispondenza della via Aldo Moro, una portata massima di circa $17 \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando che la portata di piena del Torrente Bevera, per un tempo di ritorno bicentennale, è pari a circa $20 \text{ m}^3/\text{s}$ e calcolando che a monte dell'ingresso nella zona residenziale la Bevera riceve l'apporto dei due affluenti, il Rio Prebone e la Roggia Valletta, per ridurre al minimo i rilevati arginali è necessario deviare parte di portata su un canale diversivo.

Come per la precedente alternativa le opere sono state dimensionate per contenere in sicurezza, ovvero con un franco minimo di 1.00 m, una piena con tempo di ritorno di 100 anni ed in grado di contenere sempre in sicurezza, ma con un franco minore, la piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

In Figura 32 è riportato uno schema delle principali opere progettate, mentre la planimetria di progetto più dettagliata è riportata nell'Allegato 2.

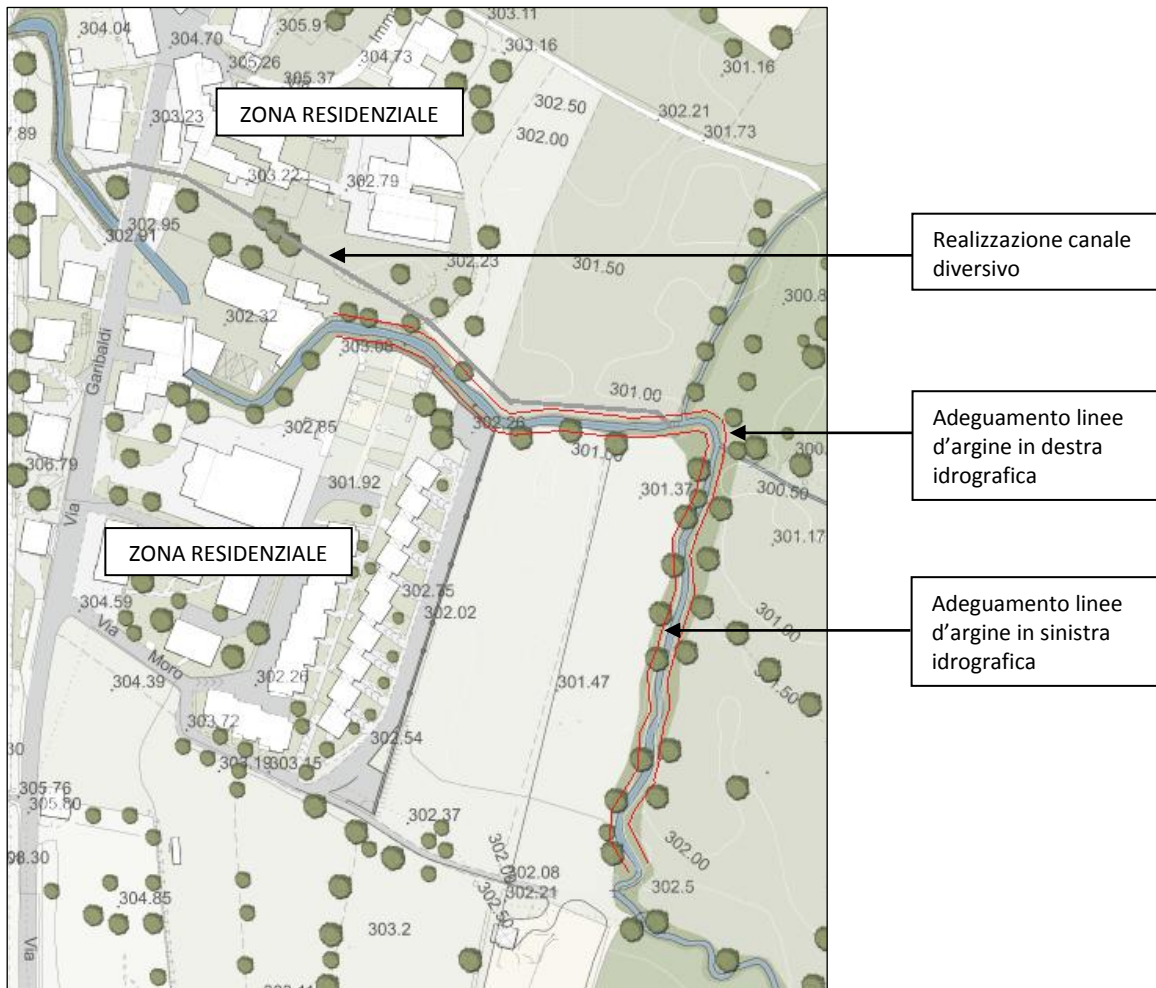


Figura 32 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: seconda soluzione progettuale

Le opere progettuali ideate comprendono:

- l'adeguamento della quota delle opere di difesa spondale in sinistra idraulica nel tratto che va dall'ingresso del torrente nella zona dei campi adiacenti alla via Aldo Moro fino alla sezione in corrispondenza della proprietà mappale 97 Foglio 7 compresa;
- l'adeguamento della quota delle opere di difesa spondale in destra idraulica nel tratto che va dall'ingresso del torrente nella zona dei campi adiacenti alla via Aldo Moro fino alla sezione in cui ha inizio il muro di sponda cementato;
- la creazione di un canale diversivo in scogliera di massi inerbita e in terra armata con inizio in corrispondenza della sezione a valle della confluenza della Roggia Valletta e fine a valle dell'attraversamento di via Garibaldi.

Pur essendo opere di notevoli dimensioni si è cercato di progettarle in un'ottica idraulico – ambientale utilizzando materiali naturali con un basso impatto visivo per i rilevati arginali e utilizzando tecniche di ingegneria naturalistica per la realizzazione del canale.

3.2.1. La struttura arginale

L'adeguamento della struttura arginale esistente lungo il Torrente Bevera prevede un rialzo in terra fino alla quota di coronamento pari a di 303.00 m s.l.m.

Tali argini sono in grado di contenere in sicurezza una piena con tempo di ritorno pari a 100 anni, che raggiunge una quota di 302 m s.l.m., e contenere con un franco idraulico minimo la piena bicentennale che raggiunge un livello di 302.70 m s.l.m..

La conformazione tipo dei nuovi rilevati arginali è riportata nella Figura 33.

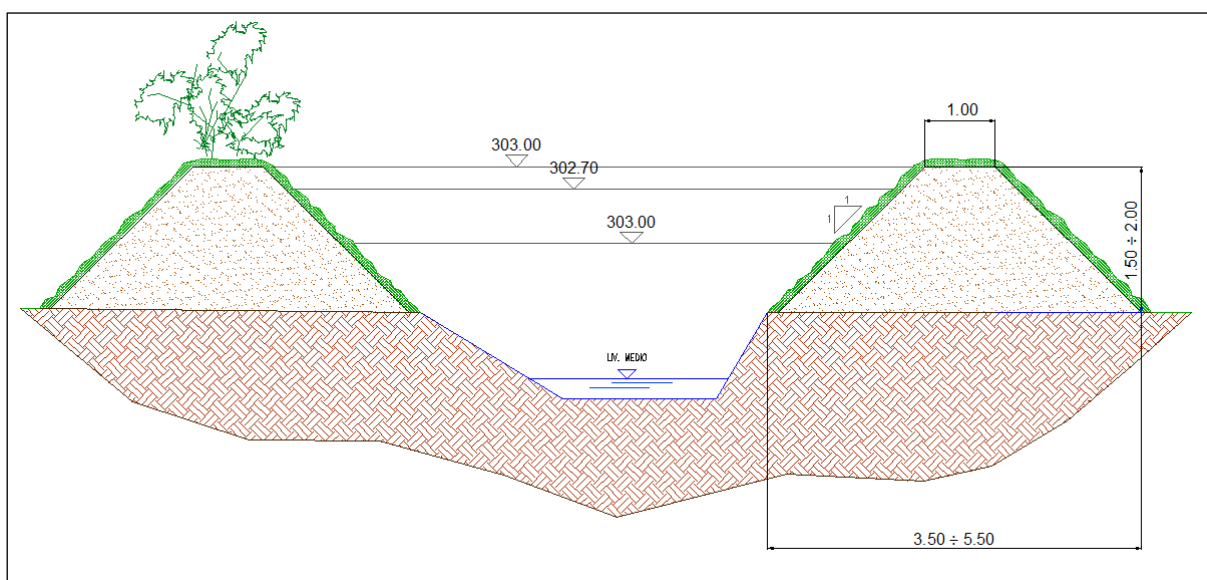


Figura 33 Sezione tipo delle arginature previste per la seconda soluzione progettuale

Come per la precedente ipotesi, il materiale per la costruzione del sovrizzo arginale dovrà essere sufficientemente impermeabile per impedire il rapido progresso verso valle della linea di saturazione e dotato di buona resistenza meccanica per assicurare la stabilità dei paramenti. Dovrà inoltre essere dotato di plasticità medio-bassa per evitare rigonfiamenti e fessurazioni da ritiro al variare dell'umidità. La realizzazione avverrà per strati di 30-35 cm con un efficace dosaggio dell'umidità in modo da ottenere un materiale con bassa permeabilità, un buon coefficiente di attrito ed elevata densità.

L'argine avrà sezione trapezia, con larghezza sommitale di 1 m e le sponde inclinate a 45° e protette per l'intera lunghezza da geostuoie. Le sponde saranno inoltre inerbite mediante semina di miscele di specie erbacee ed arbustive idonee alla protezione.

Poiché per la realizzazione degli argini si rende necessario il disboscamento delle fasce fluviali in destra e sinistra idraulica è stata prevista, al termine della realizzazione, la messa a dimora di piante ad alto fusto in grado di rimpiazzare quelle esistenti e in maniera da ripristinare l'habitat naturale antecedente i lavori.

Inoltre nel tratto in cui il canale correrà in prossimità dell'alveo naturale della Bevera l'argine di destra sarà collegato a quello del canale avendo entrambi una quota di coronamento pari a 303 m s.l.m..

3.2.2. Il canale in scogliera inerbita e terra armata

La realizzazione del canale diversivo è resa necessaria dall'insufficienza idraulica delle sezioni del Torrente Bevera che, soprattutto nel tratto adiacente al complesso residenziale, è caratterizzato da sponde basse e tratti con pendenza molto bassa.

Va inoltre sottolineato che, nel tratto analizzato, vi è la presenza della tombinatura, che crea problemi di rigurgito per portate con tempi di ritorno superiori a 100 anni, e dell'attraversamento di via Garibaldi di cui sono ben noti i problemi di insufficienza idraulica.

Per queste ragioni la creazione di un canale a servizio della Bevera che permette diminuire la portata transitante in questa zona è sembrata una possibile scelta progettuale.

Il canale, come rappresentato nell'Allegato 3, ha inizio a valle dell'immissione della Roggia Valletta e fine a valle dell'attraversamento di via Garibaldi; ha una lunghezza complessiva di circa 260 m, 20 dei quali risultano tombinati al di sotto del piano stradale.

Il canale inizialmente corre al fianco del torrente per poi staccarsene aggirando la zona residenziale; dopo la tombinatura al di sotto del piano stradale ritorna a cielo aperto e si reimmette nella Bevera.

In Figura 34 è mostrata la sezione tipo del canale nel tratto a cielo aperto.

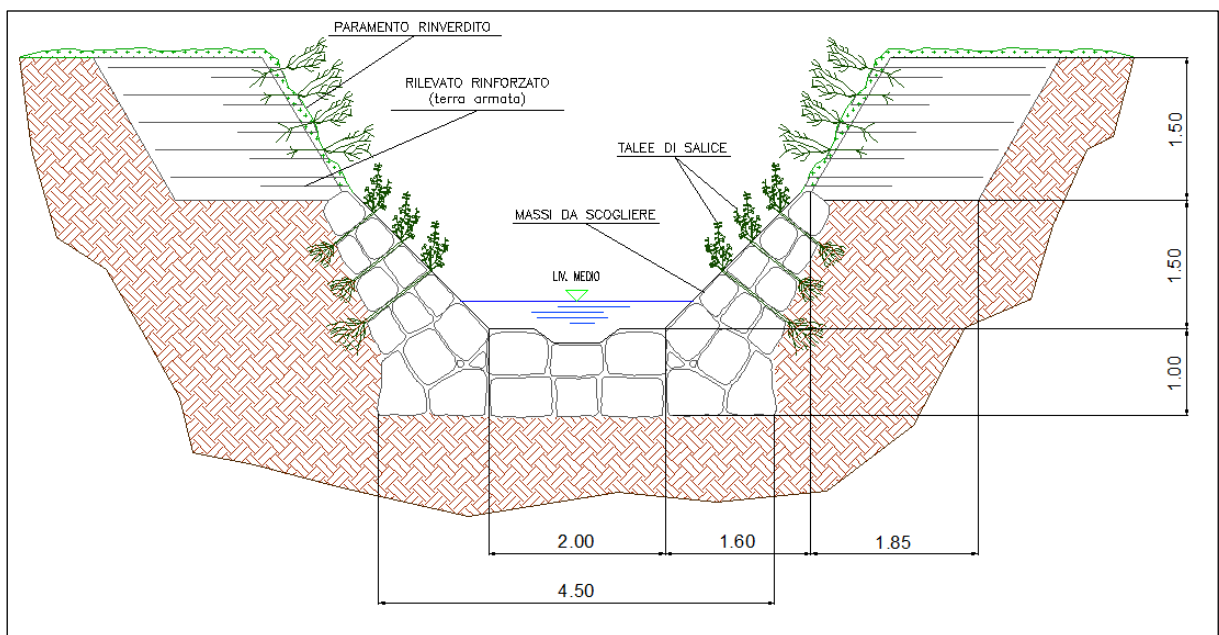


Figura 34 Sezione tipo del canale previsto per la seconda soluzione progettuale

Il canale è stato progettato con sponde in scogliera inerbita per un'altezza di circa 1.50 m e per la restante parte in terra rinforzata.

La scogliera in massi rinverdata è un'opera di difesa spondale longitudinale che adotta tecniche di ingegneria naturalistica. Si realizza disponendo grossi massi, parallelamente al corso della corrente, con la superficie lato fiume inclinata in modo tale da conferire all'alveo una sezione a forma trapezoidale. Negli spazi vuoti tra i massi vengono inseriti astoni di salice o di altre specie dotate di analoghe capacità biotecniche che, radicando, permettono la stabilizzazione della struttura arginale.

Per la costruzione della scogliera si impiegano: massi ciclopi, possibilmente reperiti in loco, talee e piantine di specie riparie arbustive ed arboree, in particolare salici a portamento arbustivo e sviluppo ridotto.

L'esecuzione di tale opera prevede:

- sagomatura dello scavo e regolarizzazione del piano di appoggio;
- realizzazione del piede di fondazione con materasso o taglione in massi, ad evitare lo scalzamento da parte della corrente e la rimobilitazione del pietrame in elevazione. Il materasso di fondazione deve essere realizzato prevedendo eventuali soglie di consolidamento costruite sempre con grossi massi, o anche con la realizzazione di piccoli repellenti;
- realizzazione della massiciata in blocchi di pietrame per uno spessore non inferiore a 1.50 m, inclinati a 45° e ben accostati, eventualmente intasati nei vuoti con materiale legante (al di sotto della linea di portata media annuale) oppure legati da fune d'acciaio. I blocchi devono avere pezzatura media non inferiore a 0.40 m³ e peso superiore a 5÷20 q, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche della corrente d'acqua e della forza di trascinamento. Le pietre di dimensioni maggiori vanno situate nella parte bassa dell'opera. Nel caso che il pietrame venga recuperato nell'alveo, è necessario fare in modo che non venga alterata eccessivamente la struttura fisica dello stesso (dimensione media del pietrame di fondo, soglie naturali, pendenza);
- impianto durante la costruzione di robuste talee di salice, di grosso diametro, tra le fessure dei massi (al di sopra della linea di portata media annuale), poste nel modo più irregolare possibile. In genere vanno collocate 2÷5 talee/m² e su aree soggette a

sollecitazioni particolarmente intense (sponda di torrenti con trasporto solido) da 5 a 10 t/m² e di lunghezza tale (1.50÷2.00 m) da toccare il substrato naturale dietro la scogliera. I vuoti residui devono essere intasati con inerte terroso. Il dilavamento del terreno nelle fessure poste al di sotto della linea di portata media annuale può essere diminuito o anche eliminato con l'inserimento di stuoie vegetali.

A completamento del rilevato arginale, al di sopra della scogliera in massi rinverditi è prevista la formazione di un rilevato in terra rinforzata.

Anche le terre rinforzate sono opere di difesa spondale tipiche dell'ingegneria naturalistica.

Le terre rinforzate sfruttano il principio del rinforzo orizzontale delle terre abbinando materiali di rinforzo con parametri esterni tali da consentire la crescita della vegetazione.

Per la realizzazione di quest'opera si deve procedere prima di tutto con la compattazione del terreno per la formazione di un adeguato piano di posa. Il rilevato, inclinato a 70°, viene realizzato mediante stesura del terreno di riempimento in strati di 30 cm compattati e sovrapposti, successiva posa del terreno vegetale e rivolto dell'elemento di rinforzo. Si procede poi con la formazione degli strati successivi fino al raggiungimento della quota di coronamento.

Il rinforzo è realizzato con l'ausilio di geogriglie tessute in poliestere ad alta densità con resistenza trasversale minima di 30 kN/m, mentre il terreno di riempimento non dovrà avere un indice di plasticità superiore a 6 e un angolo di attrito inferiore a 30°.

Il sistema di cassetta comprenderà anche l'uso di geocomposito antierosivo formato da una griglia tessuta in poliestere ad alta densità, con resistenza a trazione minima 20 kN/m, che si risvolterà sopra e sotto lo strato di terreno e sarà collegata meccanicamente a una rete metallica zincata.

Inoltre è prevista l'idrosemina con miscele idonee al sito in quantità minima non inferiore a 60 gr/m² e la messa a dimora di specie arbustive pioniere autoctone con funzione di consolidamento dell'opera e copertura a verde della scarpata.

Per permettere il passaggio del canale al di sotto della via Garibaldi verrà creata una tombinatura in cemento armato. Essa sarà realizzata in elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbovibrocompresso a sezione

rettangolare interna, con armatura idonea e sistema di giunzione con incastro a bicchiere. Al di sotto degli elementi prefabbricati è prevista la formazione di una soletta di fondazione armata.

Gli elementi prefabbricati hanno dimensioni interne pari a 3.60 m di larghezza e 2.20 m di altezza e uno spessore di 0.25 m.

La Figura 35 mostra la sezione tipo della tombinatura.

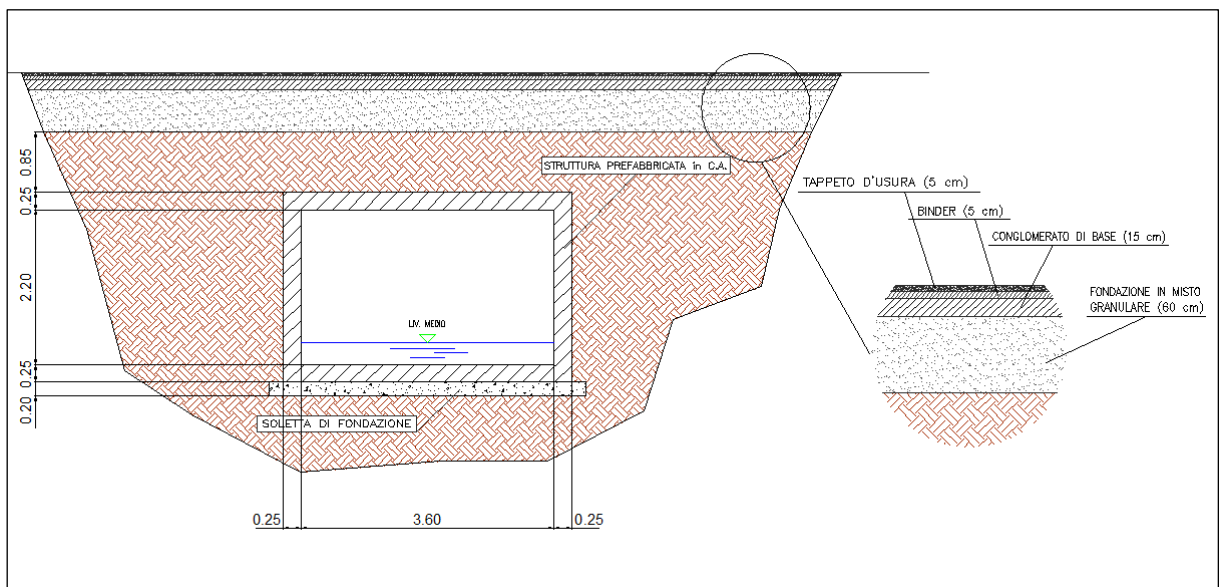


Figura 35 Sezione tipo della tombinatura prevista per la seconda soluzione progettuale

Per la collocazione degli elementi prefabbricati della tombinatura si rende necessaria la demolizione del manto stradale esistente. Al termine dei lavori è previsto quindi il rifacimento della pavimentazione stradale attraverso la posa di uno strato di fondazione, uno di base, dello strato di binder ed infine di quello di usura.

3.2.3. Quadro economico

Per questa alternativa di intervento non è stato sviluppato un vero e proprio computo metrico estimativo, bensì il calcolo sommario della spesa riportato in Appendice; pur essendo stato svolto in maniera minuziosa non raggiunge la precisione di un computo metrico estimativo da progetto definitivo. Rimane in ogni caso un ottimo metodo di confronto economico in quanto permette di stimare con approssimazione accettabile il costo totale delle opere progettate.

Per il calcolo del costo totale degli interventi i prezzi unitari sono stati ricavati dal "Prezzario delle opere pubbliche della Regione Lombardia 2011", salvo alcune voci di capitolato estratte da altri prezzari.

Nell'allegato relativo al calcolo sommario della spesa sono riportati anche i calcoli dei volumi e delle aree necessari per il computo. Per il riepilogo finale della spesa si è proceduto come per la prima soluzione, ovvero dopo aver stimato il costo delle opere si sono calcolate anche le voci relative alla sicurezza, agli espropri, agli eventuali imprevisti e arrotondamenti, all'IVA al 21% ed ai costi per le spese tecniche e gli oneri.

Il quadro economico riepilogativo è mostrato in Tabella 12. Il costo totale dell'opera è di circa € 780.000.

QUADRO TECNICO-ECONOMICO	
OPERE A BASE D'APPALTO IN COMUNE DI RENATE	
Formazione linee d'argine	€ 79.548
Formazione canale secondario	€ 359.213
Sicurezza 3%	€ 13.163
Totale	€ 451.924
Espropri	€ 75.280
Imprevisti e arrotondamenti	€ 105.441
Iva 21%	€ 94.904
Spese tecniche + oneri	€ 52.720
Totale somme a disposizione	€ 328.345
Totale complessivo	€ 780.268

Tabella 12 Quadro tecnico - economico della seconda soluzione progettuale

3.3. TERZA SOLUZIONE PROGETTUALE: CANALIZZAZIONE DELLA ROGGIA

VALLETTA

La terza soluzione progettuale è in alternativa sia rispetto alla creazione di aree ad esondazione naturale sia rispetto alla creazione di un canale diversivo.

Come più volte sottolineato la ben nota insufficienza idraulica dell'alveo della Bevera in relazione ad un'onda di piena è aggravata dall'apporto di portata dei due affluenti: il Rio Prebone e la Roggia Valletta.

Nell'ottica di ridurre la portata transitante nella zona residenziale di Renate è stata avanzata l'ipotesi di incanalare e deviare la Roggia Valletta prima della sua immissione nel Torrente Bevera e traslare l'immissione a valle del tratto insufficiente. Con questa soluzione la portata di picco transitante all'interno dell'area urbana di Renate, pur diminuendo sensibilmente, risulta ancora troppo elevata, rendendo necessaria la realizzazione di rilevati arginali di notevoli dimensioni.

Per questo motivo si è pensato di realizzare un collegamento tra la Bevera e il canale, funzionante solo nel caso di eventi di piena. In questo modo una parte della portata transitante nella Bevera viene deviata nel canale diminuendo significativamente il deflusso nella zona residenziale più a valle che necessiterebbe di rilevati arginali di minori dimensioni.

Anche in questo caso le opere sono state progettate per contenere in sicurezza e con un franco minimo di 1 m la piena centennale e con un franco ridotto, ma sempre in sicurezza, una piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Per questa soluzione progettuale è stato previsto un canale in cemento armato, opera di ingegneria idraulica utilizzata frequentemente per questo scopo. Ha inizio qualche decina di metri a monte dell'immissione della Roggia Valletta nel torrente e tendenzialmente segue il percorso della Bevera fino all'ingresso nell'area urbanizzata. Qui si distacca aggirando tutta la zona residenziale; al di sotto del piano stradale viene tombinato per poi ritornare a cielo aperto ed immettersi nella Bevera.

In Figura 36 sono schematizzate le principali opere idrauliche previste, mentre la planimetria di progetto più dettagliata è riportata nell'Allegato 3.

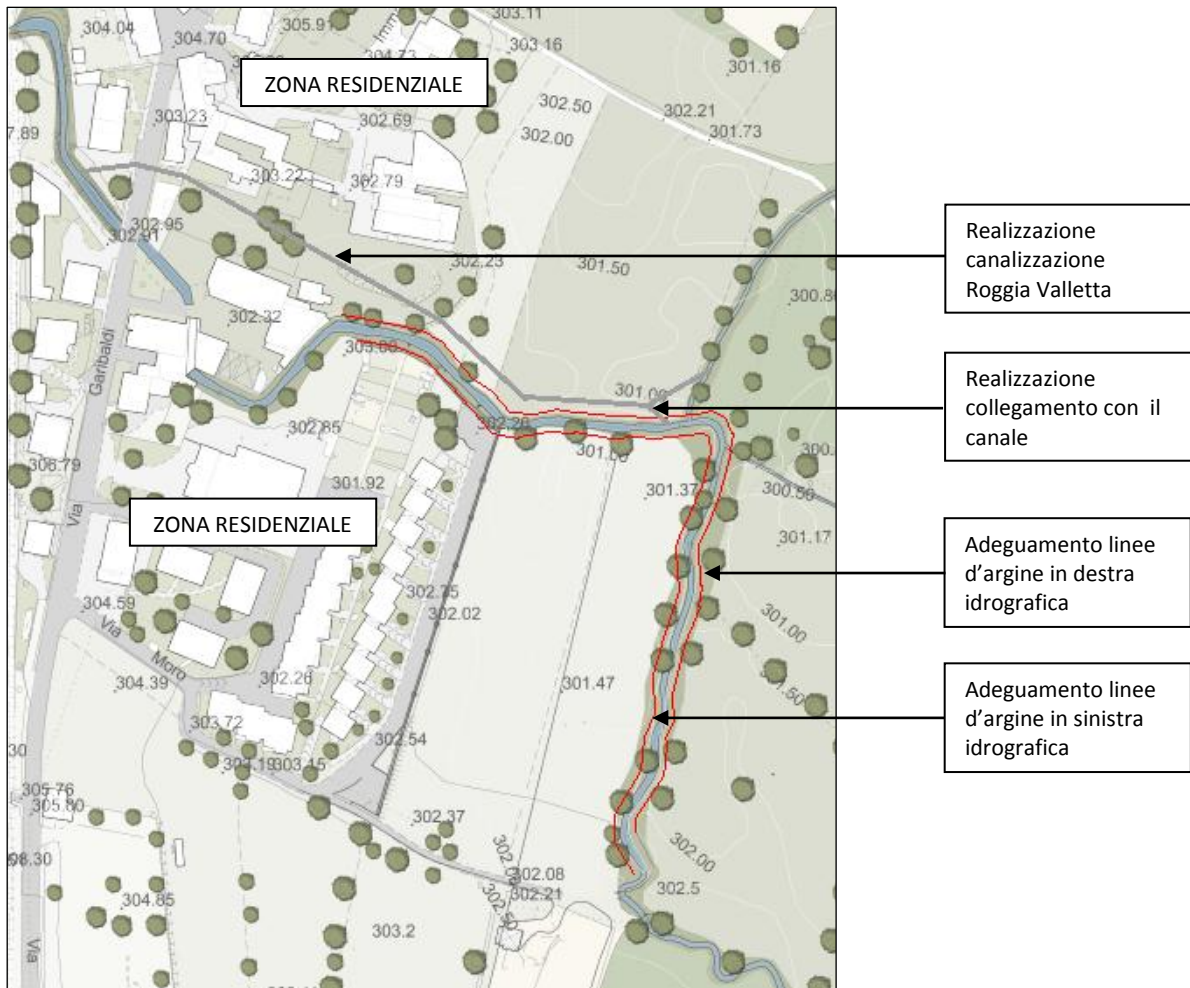


Figura 36 Principali interventi da attuarsi nel comune di Renate: terza soluzione progettuale

La progettazione comprende le seguenti opere:

- l'adeguamento della quota delle opere di difesa spondale in sinistra idraulica nel tratto che va dall'ingresso del torrente nella zona dei campi adiacenti alla via Aldo Moro fino alla sezione in corrispondenza della proprietà mappale 97 Foglio 7;
- l'adeguamento della quota delle opere di difesa spondale in destra idraulica nel tratto che va dall'ingresso del torrente nella zona dei campi adiacenti alla via Aldo Moro fino alla sezione in cui ha inizio il muro di sponda in cemento armato;

- la creazione di una canalizzazione della Roggia Valletta, con sponde in cemento armato, con inizio qualche decina di metri prima dell'immissione della Roggia nel torrente e fine a valle dell'attraversamento di via Garibaldi;
- la creazione di un collegamento a valle dell'immissione del Rio Prebone tra il torrente e il canale funzionante solo in caso di eventi di piena, ovvero quando nella Bevera viene raggiunto il livello di soglia di 301.00 m s.l.m..

Il scelta di spostare l'immissione del canale a valle dell'attraversamento di via Garibaldi deriva dal fatto che tale attraversamento non è idraulicamente sufficiente a far defluire una portata di piena bicentennale. In questo modo viene messo in sicurezza anche tale attraversamento.

Rispetto alle altre due soluzioni progettuali questa si presenta come alternativa di ingegneria idraulica più tradizionale, per il maggior uso di materiali artificiali rispetto a materiali naturali e minor riguardo per l'aspetto ambientale.

3.3.1. La struttura arginale

I rilevati arginali previsti per questa soluzione sono del tutto analoghi a quelli previsti per quella precedente.

Anche in questo caso, dalle simulazioni idrauliche effettuate, il livello raggiunto da un'onda di piena centennale è pari a circa 302.00 m s.l.m., mentre quello raggiunto dalla piena bicentennale è pari a circa 302.70 m s.l.m..

Realizzando rilevati arginali con quota di coronamento di 303.00 m s.l.m., si assicura un franco idraulico di 1 m per piene con tempo di ritorno centennale e un franco ridotto per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni.

La conformazione tipo dei nuovi rilevati arginali è riportata in Figura 37.

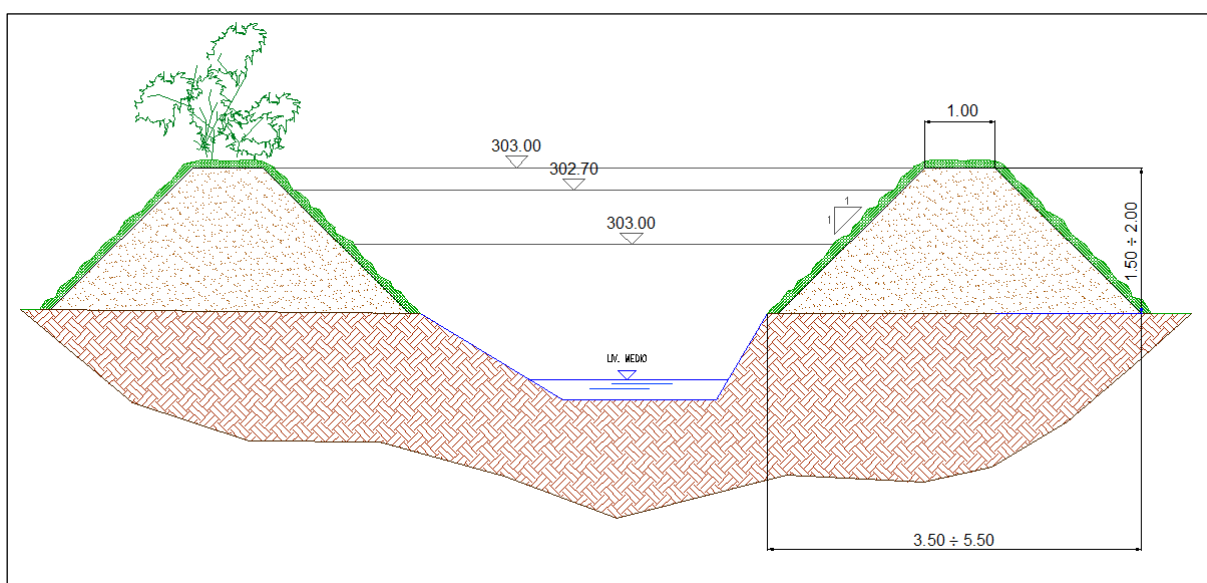


Figura 37 Sezione tipo delle arginature previste per la terza soluzione progettuale

Per la realizzazione del sovralzato arginale, come per la precedente ipotesi, il materiale dovrà essere sufficientemente impermeabile per impedire il rapido progresso verso valle della linea di saturazione e dotato di buona resistenza meccanica per assicurare la stabilità dei paramenti. Dovrà inoltre essere dotato di plasticità medio-bassa per evitare rigonfiamenti e

fessurazioni da ritiro al variare dell'umidità. La realizzazione avverrà per strati di 30-35 cm con un efficace dosaggio dell'umidità in modo da ottenere un materiale con bassa permeabilità, un buon coefficiente di attrito ed elevata densità.

L'argine avrà forma trapezia, con una larghezza sommitale di 1 m e le sponde inclinate a 45° e protette per l'intera lunghezza da geostuoie. Le sponde saranno inoltre inerbite mediante semina di miscele di specie erbacee ed arbustive idonee alla protezione.

Poiché per la realizzazione degli argini si rende necessario il disboscamento delle fasce fluviali in destra e sinistra idraulica è stata prevista, al termine della realizzazione, la messa a dimora di piante ad alto fusto in grado di rimpiazzare quelle preesistenti e in maniera da ripristinare l'habitat naturale.

Come per la precedente ipotesi, poiché il canale per il primo tratto costeggia l'alveo della Bevera, vi sarà un collegamento tra l'argine del torrente e quello del canale avendo entrambi una quota di coronamento pari a 303.00 m s.l.m..

3.3.2. La canalizzazione della Roggia Valletta

Inizialmente l'unica opera prevista per questa soluzione progettuale era la realizzazione della canalizzazione della Roggia Valletta con l'intento di deviare la sua portata prima dell'immissione nella Bevera ed eliminando di conseguenza il suo apporto nel torrente stesso.

In questo modo la portata transitante nel tratto di Bevera passante all'interno dell'area urbana di Renate, pur diminuendo, risulta ancora troppo elevata. Infatti, le simulazioni effettuate col modello idrologico – idraulico hanno dimostrato che il livello raggiunto, nella sezione in corrispondenza della via Aldo Moro, supererebbe i 304.00 m s.l.m., rendendo necessaria la realizzazione di rilevati arginali di notevoli dimensioni.

È stata allora avanzata l'ipotesi di creare un collegamento, a valle dell'immissione del Rio Prebone, tra la Bevera e il canale attraverso un tratto con le stesse caratteristiche della canalizzazione, funzionante solo in caso di piena. Nel momento in cui il livello raggiunge la soglia di 301.00 m s.l.m. il collegamento si attiva e la portata viene deviata nel canale. In questo modo si riesce a contenere, con un franco ridotto, una piena con tempo di ritorno bicentennale che arriva intorno ai 302.70 m s.l.m., mentre per un evento centennale si riesce ad ottenere un franco di 1 m.

Come precedentemente accennato si è scelto di realizzare un canale con sponde artificializzate, più precisamente con sponde in cemento armato. Il fondo, in terra naturale sarà ricoperto da uno strato di massi a secco disposti alla rinfusa, nel rispetto della scabrezza desiderata. (Figura 38). Anche il canale quindi avrà una quota di coronamento delle sponde pari a 303.00 m s.l.m., quota che permette di avere un certo grado di sicurezza idraulica per entrambi gli eventi analizzati.

Si è optato per questa tipologia di canale per cercare di contenere al minimo gli spazi occupati e diminuire quindi l'entità delle espropriazioni.

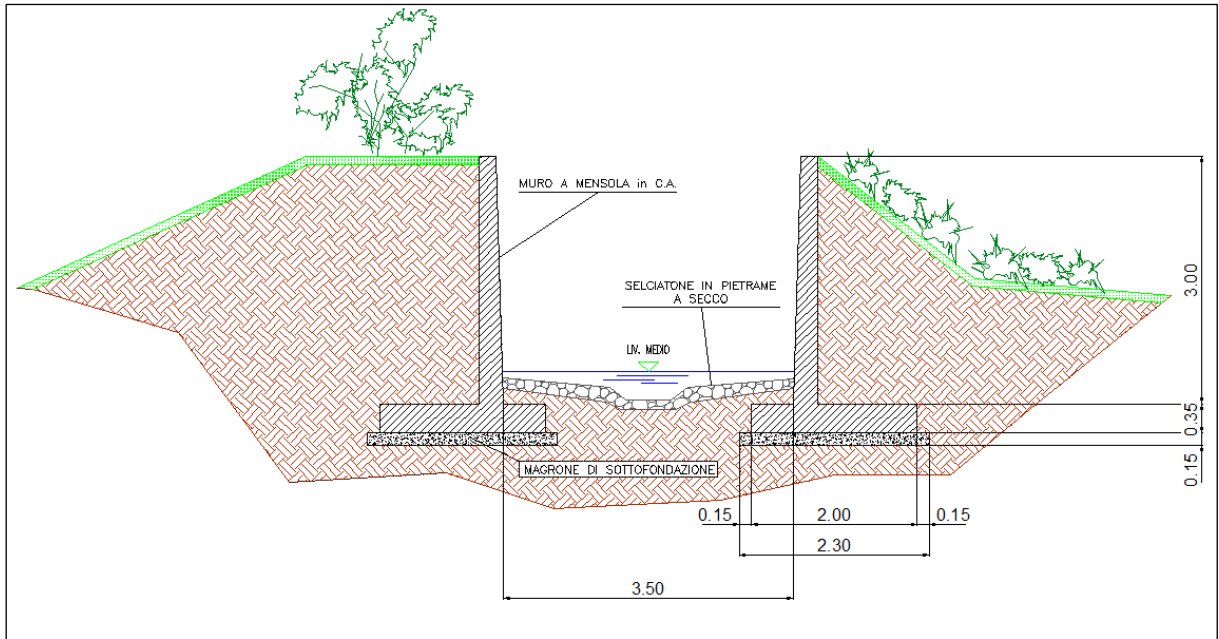


Figura 38 Sezione tipo del canale con sponde in cemento armato previsto per la terza soluzione progettuale

Il muro progettato è un muro a mensola in cemento armato; è una struttura a limitato spessore molto resistente che agisce a “semigravità”. La resistenza interna alla trazione viene garantita dalle

armature mentre la stabilità al ribaltamento viene garantita, oltre che dal peso dell'opera, anche dal contributo del peso del terreno che grava sulla base della mensola (Figura 39).

Il muro alto circa 3 m ha uno spessore in sommità di 0.20 m e si allarga alla base fino a 0.30 m; il parametro inclinato sarà rivolto dal lato del fiume. La fondazione ha uno spessore di 0.35 m e lunghezza pari a 2.00 m e poggia su uno strato di sottofondazione che permette di distribuire il carico su una superficie maggiore, evitando lo sprofondamento dell'opera. È inoltre prevista un'opportuna armatura del muro e della soletta di fondazione (Figura 39).

Per la realizzazione del muro è previsto l'utilizzo di un conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1 e classe di resistenza a compressione C 28/35 (R_{ck} 35 N/mm²) e per le armature acciaio in barre del tipo B450C.

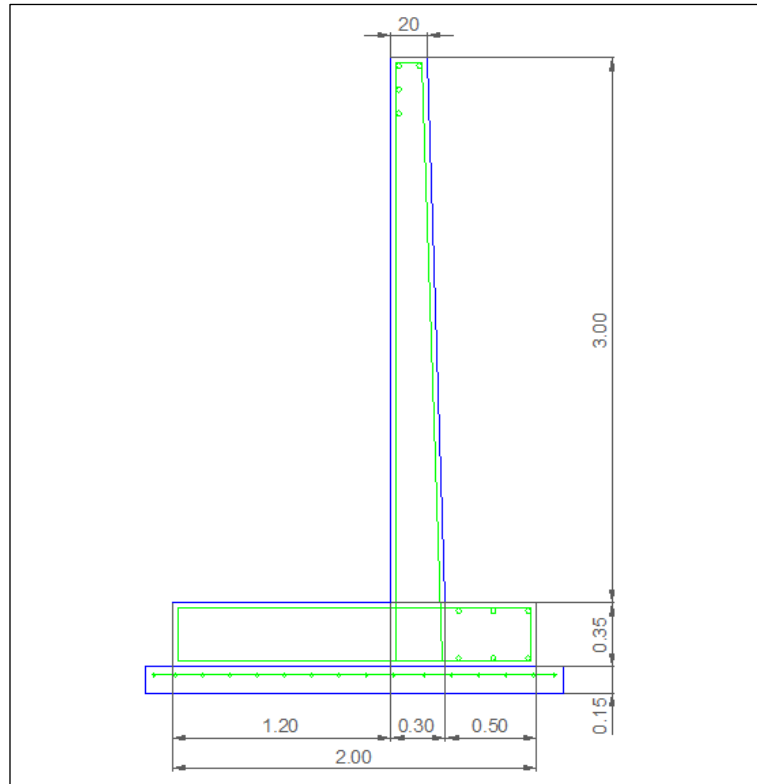


Figura 39 Schema della dimensioni del muro di sponda

Anche questa alternativa prevede un tratto di canale tombinato al di sotto del piano stradale realizzato con elementi scatolari prefabbricati del tutto analoghi a quelli previsti per la soluzione precedente, con la differenza che in questo caso le dimensioni interne degli elementi risultano pari a 3.50 m in larghezza e 2.50 m in altezza (Figura 40).

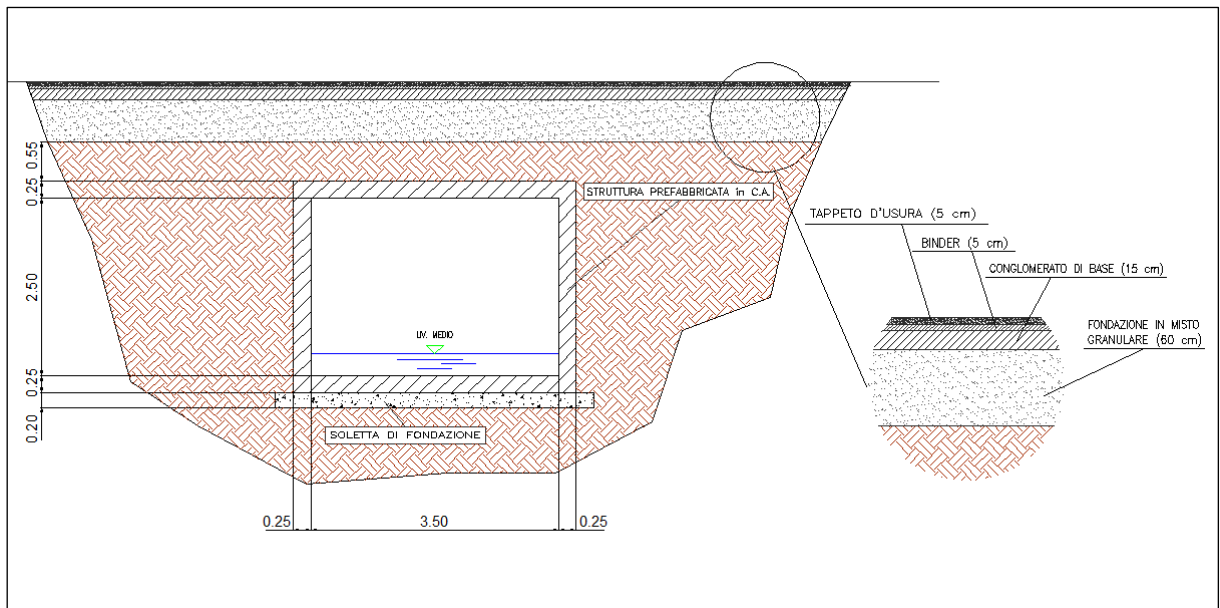


Figura 40 Sezione tipo della tombinatura prevista per la terza soluzione progettuale

Gli elementi prefabbricati sono realizzati in calcestruzzo ad alta resistenza ai solfati, turbovibrocompresso, con idonea armatura. È prevista la realizzazione di una soletta di fondazione armata al di sotto della degli elementi prefabbricati.

A completamento del canale verrà realizzato un rivestimento del fondo con selciatoone in grossi massi sbozzati di pietra scistosa o granitica provenienti da cave, eseguito sotto sagoma con chiusura dei fori mediante piccole scaglie.

Come per la precedente alternativa a fine dei lavori è previsto il rifacimento della pavimentazione stradale demolita per lo scavo necessario per la realizzazione della tombinatura.

3.3.3. Quadro economico

Anche per la terza soluzione progettuale non è stato sviluppato un vero e proprio computo metrico estimativo, bensì un calcolo sommario della spesa riportato per intero in Appendice.

I prezzi unitari sono stati ricavati dal “Prezzario delle opere pubbliche della Regione Lombardia 2011”, salvo alcune voci di capitolato estratte da altri prezzari.

Il riepilogo finale riportato in Tabella 13 è comprensivo delle voci relative alla sicurezza, agli espropri, agli eventuali imprevisti e arrotondamenti, all’IVA al 21% e ai costi per le spese tecniche e gli oneri.

QUADRO TECNICO-ECONOMICO	
OPERE A BASE D'APPALTO IN COMUNE DI RENATE	
Formazione linee d'argine	€ 67.386
Formazione canale secondario	€ 568.201
Sicurezza 3%	€ 19.068
Totale	€ 654.655
Espropri	€ 73.996
Imprevisti e arrotondamenti	€ 145.730
Iva 21%	€ 137.477
Spese tecniche + oneri	€ 72.865
Totale somme a disposizione	€ 430.068
Totale complessivo	€ 1.084.723

Tabella 13 Quadro tecnico - economico terza soluzione progettuale

Il costo totale dell’opera è di circa € 1.085.000.

4. CONFRONTO ECONOMICO ED IDRAULICO - AMBIENTALE TRA LE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE

L'aumento dell'importanza delle risorse naturali e ambientali ha portato alla necessità di metodi per la valutazione dell'efficacia di progetti ed interventi che implicino l'uso di risorse naturali.

Con l'obiettivo di valutare le soluzioni progettuali elaborate ed arrivare alla scelta del miglior progetto proposto è opportuno sviluppare un confronto che non focalizzi l'attenzione solo sul parametro economico ma che comprenda anche fattori non monetari quali l'impatto delle opere sull'ambiente e sul territorio circostante.

La scelta di utilizzare diverse tecniche di confronto permette di avere un quadro generale sulla bontà del progetto che funga da supporto al decisore per realizzare una compromesso accettabile tra i vari obiettivi perseguiti.

La prima tecnica utilizzata, basata su aspetti puramente economici, consiste nello sviluppare per ogni proposta analizzata, un'analisi costi – benefici. Il confronto in questo caso è diretto.

La seconda tecnica, invece, analizza gli aspetti paesaggistico ambientali i quali, non essendo valutabili in termini economici, sono più difficilmente confrontabili. In sintesi, per sviluppare

tale confronto, è stato dato un voto ad ogni intervento in relazione a vari aspetti analizzati ed è stata poi calcolata una media pesata che fornisce il voto finale complessivo dell'intervento.

4.1. L'ANALISI COSTI BENEFICI

L'analisi costi benefici (ACB) è una delle tecniche di analisi finanziaria più utilizzata per confrontare l'efficienza di diverse alternative sviluppate per il conseguimento di un determinato obiettivo.

Questa analisi permette di verificare se i benefici netti di una determinata alternativa sono maggiori dei relativi costi. Nel caso di più soluzioni l'ACB permette di risalire alla miglior proposta, rappresentata dall'alternativa in cui la prevalenza dei benefici sui costi è maggiore.

Nella pratica l'ABC individua in termini monetare i costi di un determinato intervento ed in relativi benefici; questi costi e benefici vengono poi attualizzati per renderli confrontabili in quanto esistono delle differenze temporali tra il presentarsi degli uni e degli altri. Viene poi calcolato il beneficio netto complessivo attraverso la differenza tra le due quantità.

In alcuni casi, come quello analizzato in questo lavoro, i benefici apportati dalle soluzioni progettuali non sono rappresentati da guadagni concreti, bensì da benefici sociali. È necessario in questo caso monetizzare anche questo tipo di benefici per renderli confrontabili con i relativi costi.

4.1.1. Metodologia utilizzata per l'analisi costi benefici

L'analisi costi benefici può essere svolta seguendo strade e tecniche differenti tra loro. In tutti i casi però le fasi principali dell'analisi sono le seguenti:

- identificazione dei costi e dei benefici;
- valutazione in termini monetari dei costi (C) e dei benefici (B);
- attualizzazione dei costi e dei benefici;
- calcolo degli indicatori.

Nel caso specifico l'identificazione e la valorizzazione dei costi è stata immediata, trattandosi dei costi totali delle soluzioni progettuali, ottenuti con il computo metrico estimativo, e dei costi di manutenzione delle opere.

Per quanto riguarda i benefici, invece, trattandosi di benefici sociali ed ambientali, la valutazione non è stata immediata, in quanto i benefici sociali e ambientali non sono altrettanto facilmente monetizzabili.

Trattandosi di soluzioni progettuali per la riduzione del rischio idraulico si è scelto di considerare come beneficio il danno evitato a seguito della realizzazione delle opere stesse. Esso è stato assunto come funzione del valore della portata di picco dell'onda di piena, indipendente dalla durata dell'esondazione. Per ogni altezza di picco associata ad un determinato tempo di ritorno è stato calcolato il danno.

Il danno medio aspettato annuo (in inglese Expected Annual Damage EDA [8]), è l'integrale sotteso alla curva *danno – frequenza di superamento* e può interpretarsi come una rateazione annua del danno che si prevede possa accadere in futuro.

Per ottenere la curva *danno – frequenza di superamento* si procede combinando le seguenti relazioni:

- *danno - livello idrici* (oppure *danno - portata*) che deriva dalla soluzione idraulica del problema di inondazione, noti vulnerabilità e valore economico dei beni; rappresenta il danno economico causato dai vari livelli di piena (oppure portate) in una determinata area;

- *altezza - frequenza di superamento (oppure portata - frequenza di superamento):* scaturisce dalle usuali analisi in frequenza degli eventi di piena.

Nelle Figura 41 è illustrato qualitativamente il processo logico da seguire per pervenire alla curva danno frequenza.

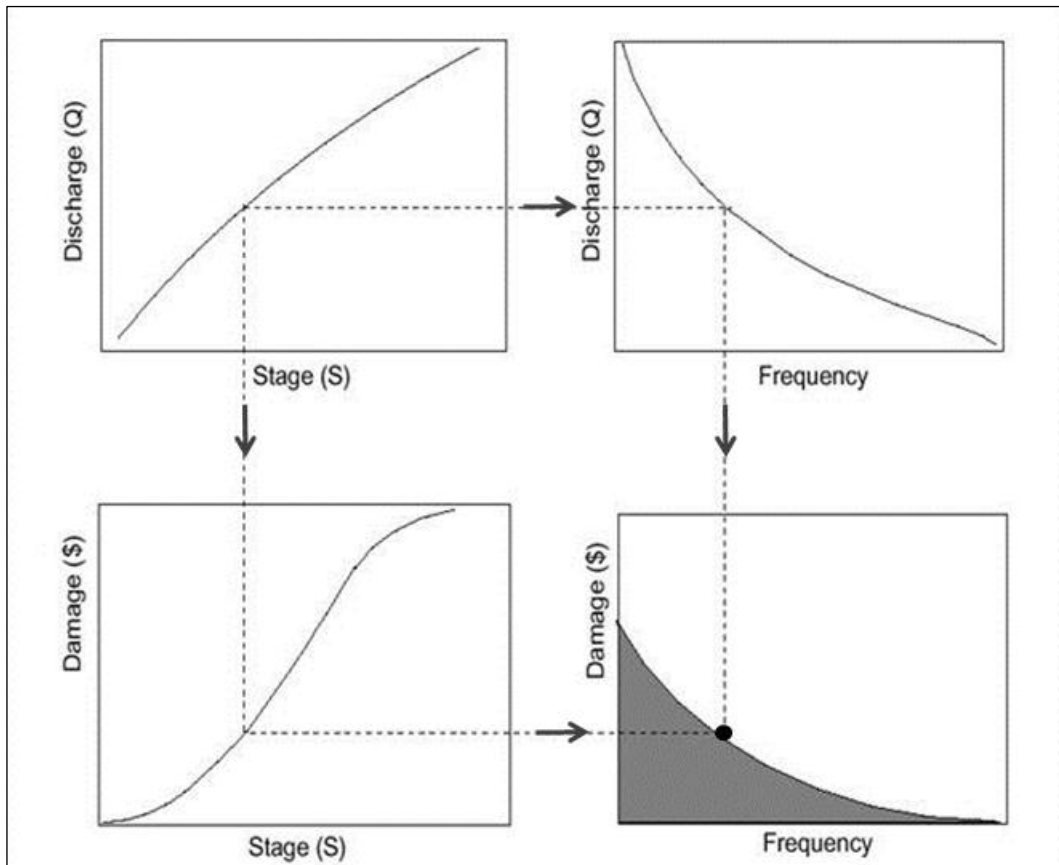


Figura 41 Stima della curva frequenza di superamento-danno

Si devono costruire tali curve per lo scenario relativo allo stato di fatto e per tutti gli scenari di intervento.

Come già accennato, l'EAD viene stimato attraverso l'area sottesa alla curva danno – frequenza di superamento. Indicando con $D(q_d)$ la funzione danno – portata e con $f(q_d)$ la frequenza di superamento in funzione della portata, l'EAD può essere espresso come:

$$EDA = \int_{q_c}^{+\infty} D(q_d) \cdot f(q_d) \cdot dq_d$$

dove q_c rappresenta la soglia di dannosità, ovvero la portata al di sotto della quale non vi è danno.

Nelle applicazioni pratiche per la valutazione dell'EAD si deve utilizzare l'integrazione numerica per la difficoltà di rappresentare con formule analitiche le funzioni $D(q_c)$ e $f(q_c)$. Quindi l'area sottesa dalla curva può essere approssimata con:

$$EAD = \sum_{j=1}^n \frac{[D(q_j) + D(q_{j+1})]}{2} \cdot [F(q_{j+1}) - F(q_j)]$$

in cui q_j è un valore di portata maggiore o uguale a q_c .

La differenza tra il valore dell'EAD dello scenario relativo allo stato di fatto e il valore dell'EAD di ogni soluzione progettuale rappresenta il beneficio da utilizzare per l'analisi costi – benefici relativa ad ogni soluzione.

L'attualizzazione dei costi e dei benefici tiene poi conto della successione temporale con cui essi si presentano nell'arco di tempo T che si considera come vita del progetto e che dipende dal tipo di intervento.

Infine i principali indici e quelli considerati in questa sede sono:

- il valore attuale netto (VAN);
- il tasso interno di rendimento (TIR) o saggio di rendimento interno (SRI);
- il rapporto costi – benefici (RBC);
- l'indice di rendimento attualizzato (IRA);

- il periodo di pareggio attualizzato (PPA);
- il tempo di ritorno dell'investimento (T_R).

Il VAN è la sommatoria dei benefici netti attualizzati del progetto estesa alla sua vita T :

$$VAN = \sum_{n=1}^T \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n}$$

dove i è il tasso di sconto scelto, B_n e C_n sono rispettivamente i benefici ed i costi all'anno n -esimo.

Nel caso in cui si debba valutare la fattibilità di un progetto o di un investimento è importante osservare il segno del VAN: se positivo l'investimento è fattibile, in caso contrario l'investimento non è conveniente. Se si tratta invece di un confronto tra diverse alternative la scelta ricadrà sull'investimento o sul progetto con il VAN più elevato.

Il TIR è il tasso di sconto che annulla il VAN. In altri termini, quando il VAN è uguale a zero vuol dire che i benefici dell'intervento ripagano l'investimento senza generare un surplus. Per calcolare il TIR, semplicemente, si pone pari a zero l'espressione precedente:

$$VAN = \sum_{n=1}^T \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} = 0$$

dove $i = TIR$.

Si ottiene quindi:

$$\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1+TIR)^n} = \sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+TIR)^n}$$

Nel caso si debba scegliere tra diversi investimenti o progetti la scelta ricadrà su quello con il TIR più elevato.

L'IRA è dato dal rapporto tra il valore attuale dei flussi positivi generati dall'investimento ed il flusso iniziale I_0 , rappresentato dal valore attuale delle uscite necessarie alla realizzazione del progetto.

$$IRA = \frac{VAN}{I_0}$$

Questo indicatore esprime il rischio legato al progetto.

Il PPA rappresenta il periodo (espresso in anni) che bisogna attendere affinché i flussi finanziari positivi dell'investimento compensino le uscite sostenute:

$$\sum_{j^*=0}^{PPA} F_j = 0$$

Il T_r , ovvero il tempo necessario per recuperare il capitale inizialmente investito per realizzare un progetto, è dato da:

$$T_R = \frac{I_0}{B - C_g}$$

dove C_g è il costo di gestione e manutenzione delle opere progettuali.

L'ultimo indicatore finanziario considerato per la valutazione della fattibilità economica di un investimento o per il confronto tra più progetti è l'RBC, che consiste nel rapporto tra i benefici attualizzati ed i costi attualizzati:

$$RBC = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1+i)^n}}$$

Particolare attenzione va posta al valore dell'RBC: assumendo convenzionalmente B_n e C_n sempre maggiori di zero, solo se l'RBC risulta maggiore di 1 l'investimento è conveniente.

Esso infatti dà un'idea dell'efficienza dell'investimento; dice quanto rende ogni € investito e permette di scegliere tra più progetti a parità di VAN.

4.1.2. Applicazione dell'analisi costi benefici alle soluzioni progettuali

L'intera analisi finanziaria è stata sviluppata per ogni soluzione progettuale analizzata.

Innanzitutto è stato scelto il periodo di riferimento rispetto al quale svolgere l'analisi; la Tabella 14 presenta la prospettiva temporale di riferimento per settore raccomandata dalla Commissione Europea [9] sulla base delle pratiche accettate a livello internazionale.

Settore	Periodo di riferimento	Settore	Periodo di riferimento
Energia	15-25	Strade	25-30
Acqua ed ambiente	30	Industria	10
Settore ferroviario	30	Altri servizi	15
Porti ed aeroporti	25		

Tabella 14 Periodi di riferimento per diversi settori produttivi

Trattandosi di opere di ingegneria idraulica si è scelto come periodo di riferimento un periodo pari a 30 anni.

Successivamente sono stati analizzati i costi relativi ad ogni soluzione progettuale; come investimento iniziale è stato preso in considerazione il costo totale delle opere ricavato direttamente dal computo metrico estimativo redatto per ogni progetto. Per comodità tali costi totali sono riportati in tabella 15.

SOLUZIONI PROGETTUALI	COSTO TOTALE
consolidamento aree di naturale espansione	€ 539.740
Realizzazione canale diversivo	€ 780.268
canalizzazione della Roggia Valletta	€ 1.084.723

Tabella 15 Riepilogo costi totali delle soluzioni progettuali

Vi sono poi ulteriori costi da considerare nell'analisi finanziaria, ovvero i costi annui relativi sia alla gestione e manutenzione (C_g) delle opere stesse sia agli oneri finanziari (C_f) dovuti all'anticipazione dell'investimento iniziale. La somma di queste due quantità rappresenta il costo annuo di ogni soluzione progettuale.

$$C_a = C_g + C_f$$

In generale tutte le soluzioni non necessitano di manutenzioni particolari salvo la normale manutenzione ordinaria delle opere di protezione idraulica, quali argini e sponde. Si è deciso quindi di calcolare le suddette spese come percentuale dei solo costi di costruzione, esclusi sia i costi della sicurezza che i costi relativi agli espropri e alle spese tecniche.

In base all'esperienza relativa ad opere simili a quelle progettate si stima una spesa di gestione e manutenzione pari al 2% del costo di costruzione.

Nei costi relativi agli oneri finanziari fanno parte tutte le spese che bisogna sostenere per l'ottenimento del finanziamento per la realizzazione dell'opera. Per la stima dell'onere finanziario si assume la seguente espressione:

$$C_f = C_t \cdot i_1 + \frac{C_t \cdot i_2}{[(1 + i_2)^T - 1]}$$

dove:

C_t è il costo totale dell'opera;

$i_1 = 0,10$ è il tasso di interesse assunto per il prestito della somma C_t ;

$i_2 = 0,08$ e' il tasso assunto per la capitalizzazione composta del fondo di ammortamento.

Il secondo termine della formula rappresenta la rata annua necessaria per la costituzione del capitale.

I costi annui sono quindi la somma delle due voci di costo calcolate.

Nella Tabella 16 è riportato il riepilogo delle spese annue per ogni soluzione progettuale.

SOLUZIONI PROGETTUALI	SPESE DI GESTIONE E MANUTENZIONE	ONERI FINANZIARI	COSTI ANNUI
consolidamento aree di naturale espansione	€ 6.870	€ 58.739	€ 65.608
realizzazione canale diversivo	€ 9.038	€ 84.915	€ 93.953
canalizzazione della Roggia Valletta	€ 13.093	€ 118.048	€ 131.141

Tabella 16 Riepilogo dei costi annui relativi alle soluzioni progettuali

Il passo successivo dell'analisi finanziaria consiste nel calcolare i benefici prodotti da ogni progetto che, come esposto nel precedente paragrafo, corrispondono alla parte di danno evitato a seguito della realizzazione delle opere. È quindi necessario conoscere l'andamento della curva *danno – frequenza di superamento* relativa ad ogni soluzione progettuale.

Attraverso la modellazione idraulica delle condizioni dello stato di fatto è stato possibile stimare i livelli massimi raggiunti dall'acqua per portate di picco con diversi tempi di ritorno. Ordinando i risultati ottenuti è stato possibile costruire la curva *portata – livello idrico* riportata in Figura 42.

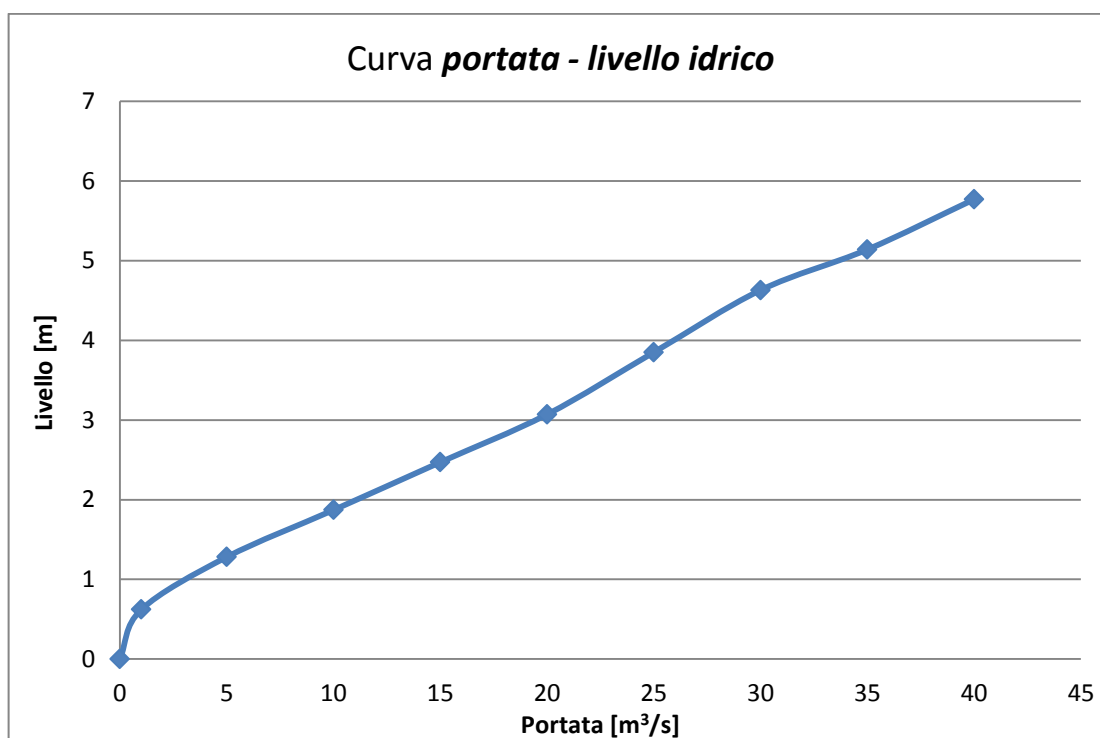


Figura 42 Curva portata - livello idrico

Considerando che, per una certa variabile x , tra la probabilità di superamento di un determinato evento ($P(x)$) e il tempo di ritorno ($T(x)$) sussiste la relazione:

$$T(x) = \frac{1}{P(x)}$$

è stata ricavata la curva *portata – frequenza di superamento* riportata in Figura 43.

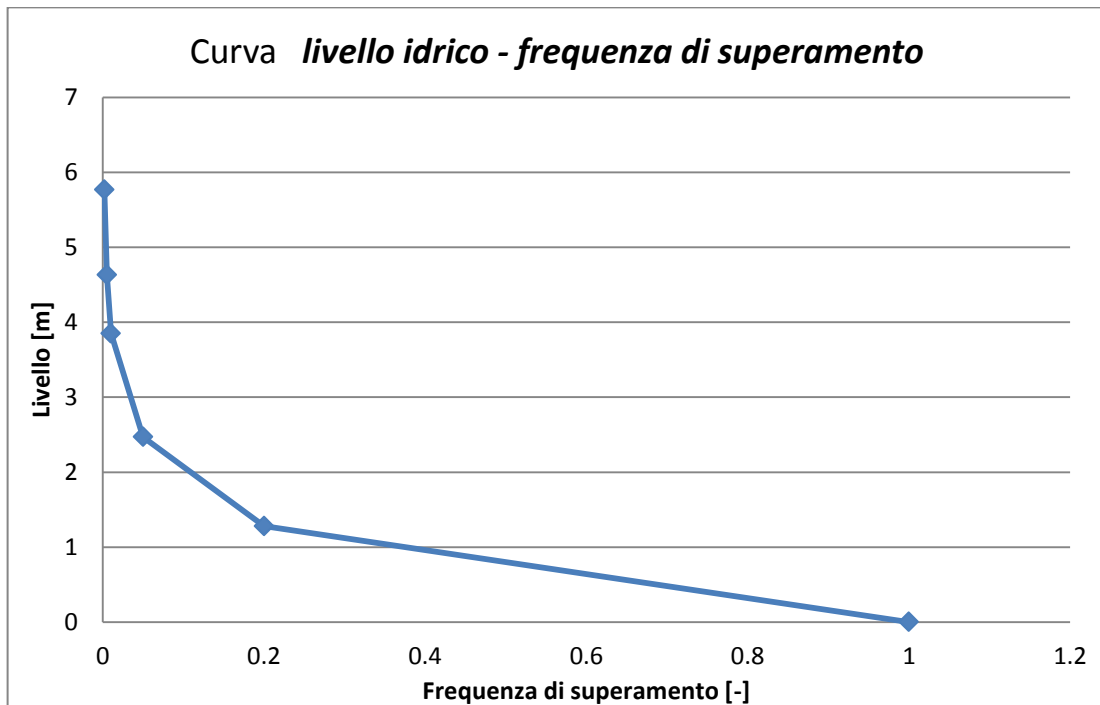


Figura 43 Curva livello idrico - frequenza di superamento

Il passaggio più delicato dell'analisi del danno dovuto a fenomeni alluvionali è la costruzione della curva *danno – livello idrico*. Il limite è rappresentato dalla difficoltà di quantificare il danno, il quale è composto sia dal danno diretto che dal danno indiretto. I primi si verificano a causa del contatto diretto tra l'acqua e gli elementi esposti al rischio (edifici, beni economici, etc ...); i secondi sono danni che si verificano come conseguenza dei danni diretti o della presenza o permanenza dell'acqua. Un'ulteriore classificazione del danno è quella che distingue il danni tangibili, che possono essere facilmente espressi in termini monetari, e quelli intangibili che sono difficilmente esprimibili tali termini.

Per la mancanza di dati e di informazioni si è deciso di considerare, per l'analisi in corso, come da prassi solo i danni diretti alle strutture, escludendone i contenuti.

Innanzitutto bisogna identificare le superfici allagate per assegnati tiranti idrici e, tramite le informazioni che si hanno sull'uso del suolo, valutarne il danno.

Attraverso il rilievo aerofotogrammetrico del comune di Renate completato con le curve di livello ricavate dal rilievo topografico è stato possibile individuare le aree allagate per ogni onda di piena con assegnato tempo di ritorno. Sono stati quindi evidenziati gli edifici esistenti in tali aree e ad ognuno è stata associata la sua destinazione d'uso (Figura 44).

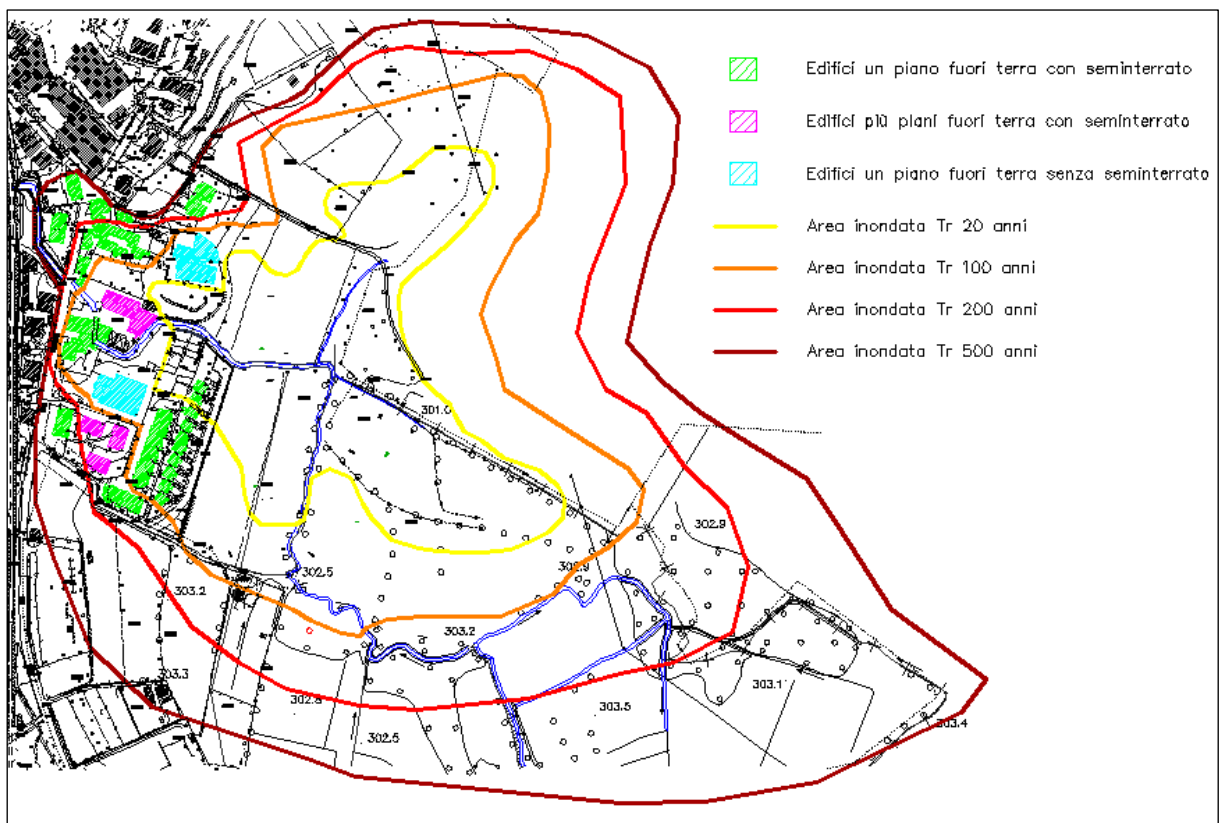


Figura 44 Aree inondate per assegnato tempo di ritorno

Successivamente ad ogni edificio è stato assegnato il suo valore economico, ricavando i prezzi dal Listino della Banca delle quotazioni immobiliare del comune di Renate.

L'entità del danno percentuale in funzione del livello dell'acqua nell'edificio definisce la curva di vulnerabilità di un immobile, che è sempre crescente al crescere del tirante idrico.

Per tali curve si è attinto dall' U.S. Army Corps of Engineers [10] che ha sviluppato curve di danno percentuale per diverse tipologie di edifici residenziali simili, per categoria, agli edifici presenti nella zona di interesse.

Gli edifici sono classificati nel modo seguente:

- abitazioni con un piano fuori terra, con e senza piano interrato;
- abitazioni con due o più piani fuori terra, con e senza piano interrato;
- abitazioni a piani sfalsati, con e senza piano interrato.

Nella Figura 45 è riportato il grafico con le curve di danno relative alle strutture di interesse.

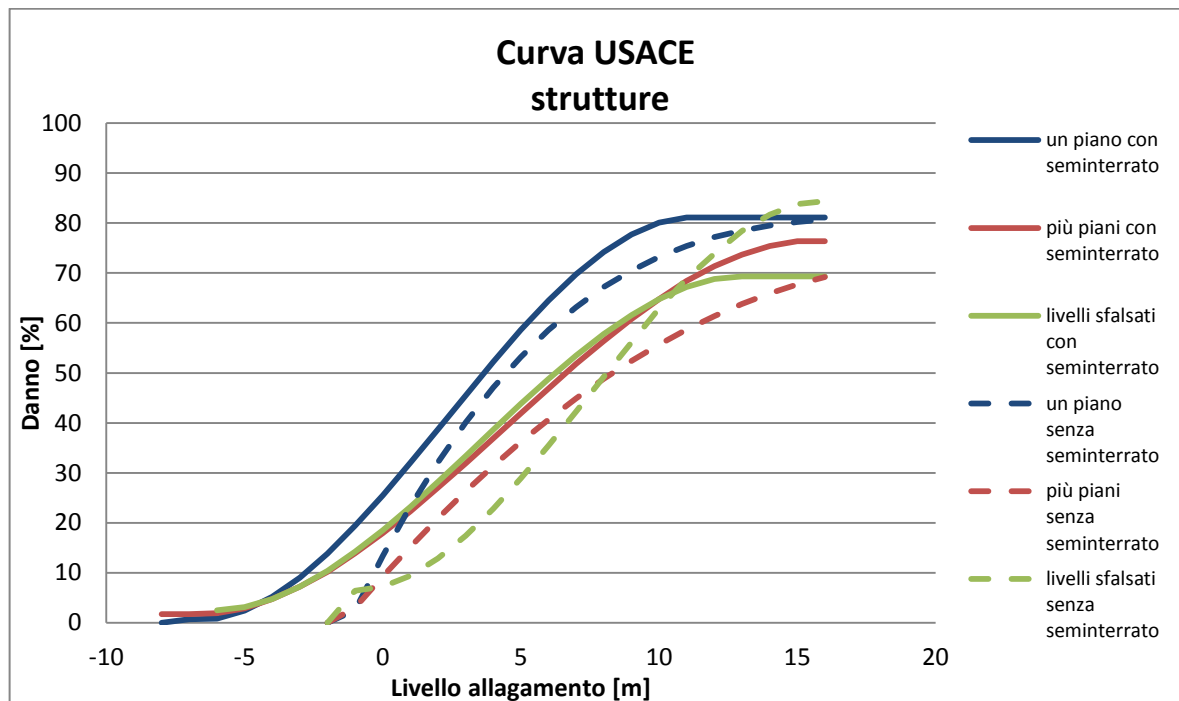


Figura 45 Curve USACE per la valutazione dei danni alle strutture di edifici residenziali

Per il calcolo del danno totale è opportuno considerare anche il danno relativo all'inondazione dei terreni agricoli presenti nella zona. L'entità di tale danno oltre ad essere legata all'altezza di allagamento è fortemente influenzata dalla stagionalità, dal tipo di coltura e non ultimo dal tempo di permanenza dell'acqua sopra il terreno stesso.

Le aree agricole di Renate a rischio inondazione sono però delle aree incolte e si è potuto quindi optare per una semplificazione calcolando il danno come percentuale del valore del terreno tenendo in considerazione solo la dipendenza dall'altezza di allagamento.

La curva in figura 46 mostra la curva di danno percentuale in funzione dell'altezza di allagamento proposta da James e Lee [11].

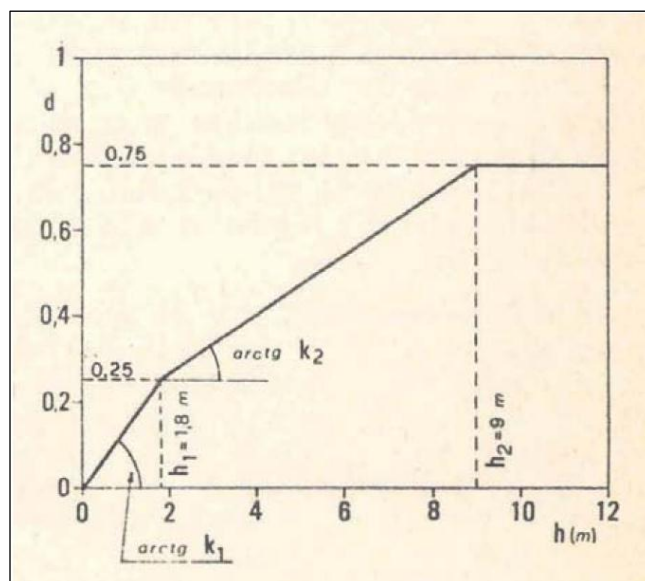


Figura 46 Andamento del danno percentuale in funzione dell'altezza di allagamento per terreni agricoli secondo James e Lee (1971)

Determinato il valore delle aree agricole e degli edifici interessati dall'inondazione e note le curve di danno percentuale è stato possibile calcolare il danno totale in funzione del tempo di ritorno (Tabella 17).

Danno					
	terreni [€]	un piano con seminterrato [€]	più piani con seminterrato [€]	un piano senza seminterrato [€]	Totale [€]
Tr 5	0	0	0	0	0
Tr 20	29.730	141.075	0	0	170.805
Tr 100	140.390	2.765.978	1.253.980	495.180	4.655.527
Tr 200	597.046	4.165.363	1.901.607	594.216	7.258.231
Tr 500	1.066.770	10.527.000	3.223.063	742.770	15.559.602

Tabella 17 Entità del danno in funzione del tempo di ritorno

Conoscendo la relazione tra altezze idriche, corrispondenti al valore di picco delle onde di piena, e il tempo di ritorno è possibile ricavare la curva danno – livello idrico riportata nella Figura 47.

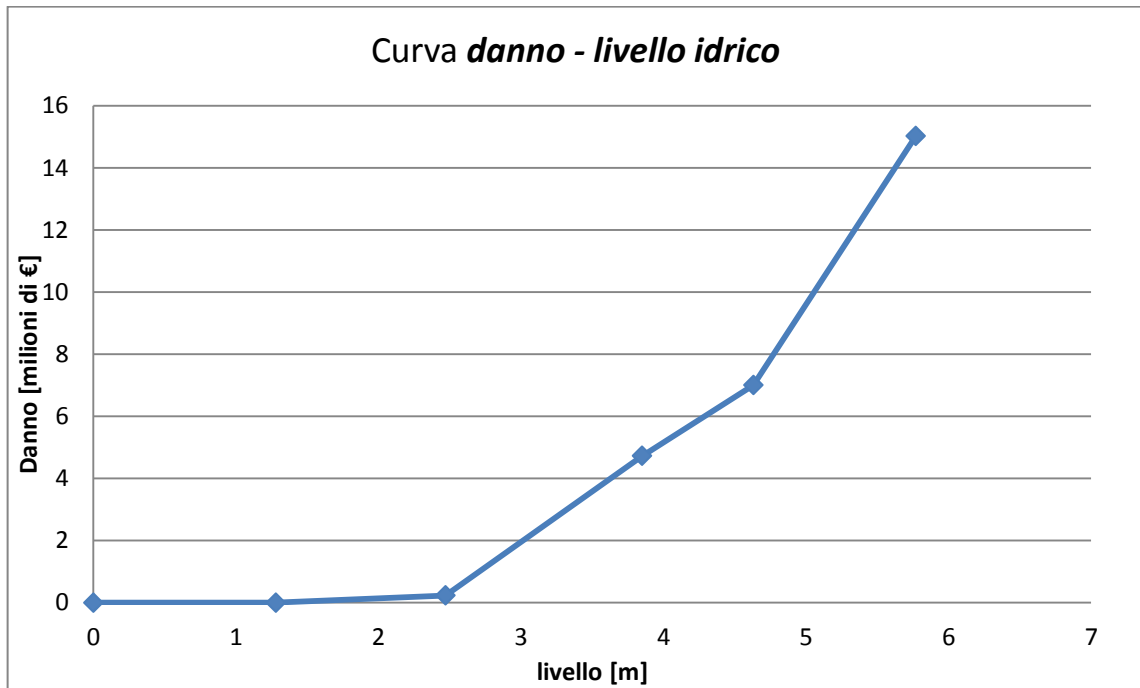


Figura 47 Curva danno - livello idrico

È infine possibile ottenere la curva danno – frequenza di superamento come interpolazione delle curve danno – livello idrico e livello idrico – frequenza di superamento (Figura 48).

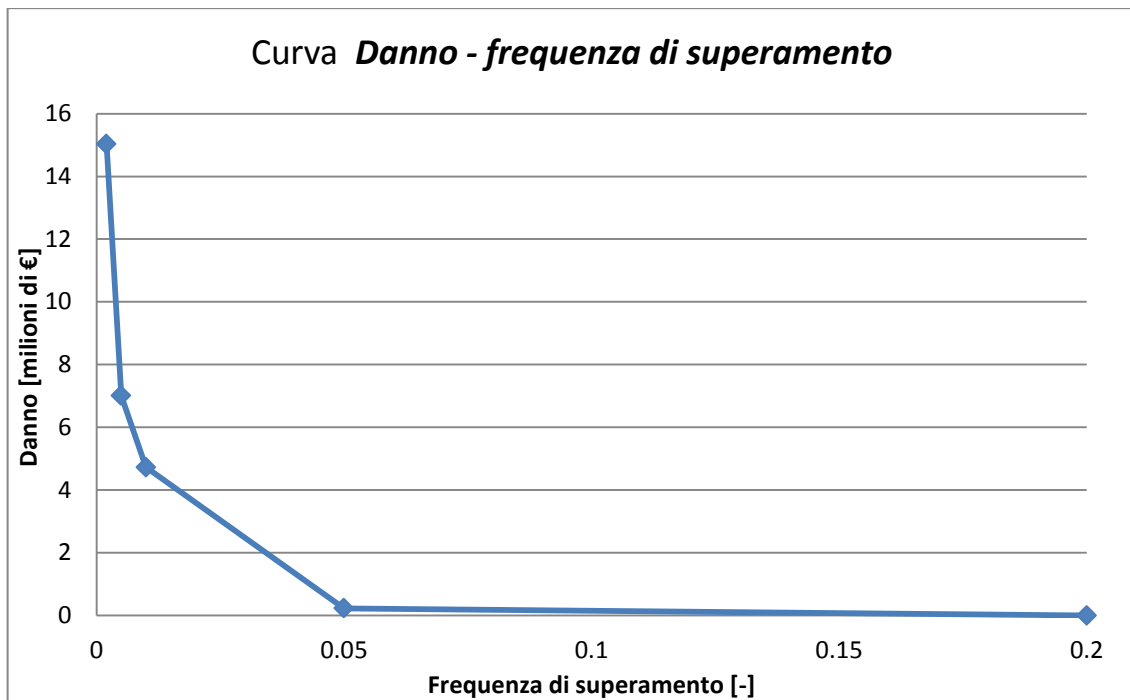


Figura 48 Curva danno - frequenza di superamento stato di fatto

Il danno medio aspettato annuo è quindi ricavabile dalla curva *danno – frequenza di superamento*. Esso infatti è rappresentato dall'area sottesa a tale curva.

Il valore dell'EAD, che per semplicità è stato calcolato con la formula discretizzata, per lo scenario relativo allo stato di fatto risulta:

$$EAD \simeq \frac{\text{€}}{\text{anno}} 173.500$$

Si sono poi calcolati i valori dell'EAD per gli scenari di progetto.

Tutte le soluzioni progettuali proposte assicurano la sicurezza idraulica al centro abitato del comune di Renate per una portata di piena bicentennale, ma con modalità diverse.

La prima proposta progettuale prevede l'allagamento dell'area agricola antistante le villette di via Aldo Moro; quindi, nel calcolo del danno, bisogna tener conto del danno economico dovuto all'allagamento anche per tempi di ritorno inferiore a 200 anni.

La curva *danno - frequenza di superamento* relativa alla prima soluzione progettuale è riportata in Figura 49.

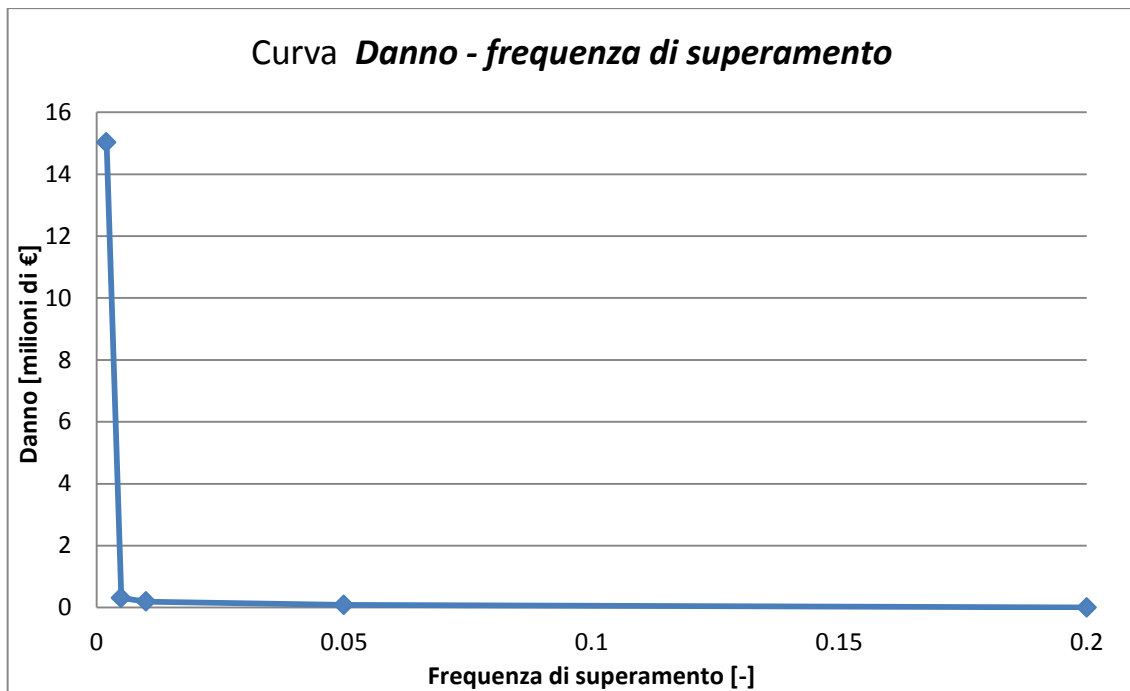


Figura 49 Curva danno - frequenza di superamento prima soluzione progettuale

Per lo scenario della prima proposta progettuale l'EAD risulta circa:

$$EAD \simeq \frac{\text{€}}{\text{anno}} 36.000$$

La seconda proposta progettuale prevede la costruzione del canale diversivo che di fatto assicura la sicurezza idraulica per un evento di piena bicentennale senza inondare nessuna area.

Si può fare lo stesso ragionamento anche per la terza proposta progettuale che prevede la canalizzazione della Roggia Valletta. Anche in questo caso le opere contengono in sicurezza una piena bicentennale senza inondare aree limitrofe.

La curva danno – frequenza di superamento è quindi la medesima per entrambe le soluzioni ed è rappresentata nella Figura 50.

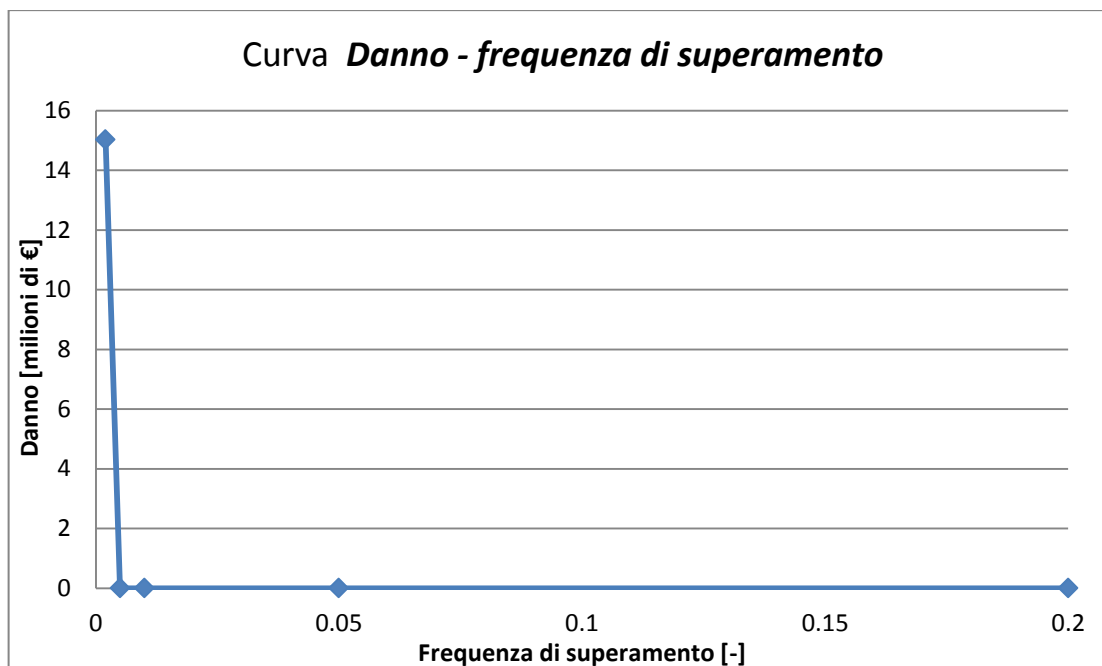


Figura 50 Curva danno - frequenza di superamento seconda e terza soluzione progettuale

L'EAD della seconda e della terza proposta progettuale risulta:

$$EAD \simeq \frac{\text{€}}{\text{anno}} 22.500$$

A questo punto è possibile ricavare il valore del danno evitato come differenza dei danni medi aspettati annui (Tabella 18). Tali valori rappresentano il beneficio annuo di ogni soluzione analizzata.

	EAD stato di fatto [€/anno]	EAD progetto [€/anno]	BENEFICIO ANNUO [€/anno]
consolidamento aree di naturale espansione	173.500	36.018	137.330
realizzazione canale diversivo	173.500	22.339	150.009
canalizzazione della Roggia Valletta	173.500	22.339	150.009

Tabella 18 Riepilogo dei valori del beneficio annuo per ogni soluzione progettuale

Determinati i parametri indispensabili per lo sviluppo dell'analisi costi – benefici (Tabella 19) è possibile calcolare tutti gli indici economici che permettono di confrontare i tre progetti analizzati.

	COSTO TOTALE OPERE [€]	COSTI ANNUI [€/anno]	BENEFICI ANNUI [€/anno]
consolidamento aree di naturale espansione	539.740	65.608	137.330
realizzazione canale diversivo	780.268	93.953	150.009
canalizzazione della Roggia Valletta	1.084.723	131.141	150.009

Tabella 19 Riepilogo dei costi e dei benefici per ogni soluzione progettuale

Sono stati quindi determinati gli annunciati indici: VAN, TIR, RBC, IRA, PPA, T_r.

	VAN [€]	TIR [-]	RBC [-]	IRA [-]	PPA [anni]	T_r [anni]
consolidamento aree di naturale espansione	1.465.748	0.24	3.3	2.72	5	4
realizzazione canale diversivo	1.386.791	0.18	2.5	1.78	7	5
canalizzazione della Roggia Valletta	1.020.007	0.12	1.8	0.94	11	8

Tabella 20 VAN, TIR, RBC, IRA, PPA e T_r calcolati per ogni soluzione progettuale

4.2. LA VALUTAZIONE IDRAULICO – AMBIENTALE: ANALISI MULTICRITERI

Per un confronto più completo tra le soluzioni progettuali proposte è necessario adottare anche altri termini di paragone.

Accanto all'analisi finanziaria è opportuno sviluppare un'analisi multicriteri che tenga conto dei possibili impatti ambientali e sociali che, nell'ottica di un concetto di sviluppo sostenibile, hanno acquistato un'importanza rilevante. Tale attenzione è frutto della maggior consapevolezza della scarsità delle risorse del pianeta e della sempre più pressante necessità di preservare la qualità del patrimonio naturale, mirando a promuovere progetti meno invasivi rispetto a quelli adottati in passato.

Il termine analisi multicriteri indica un'ampia gamma di metodi per la valutazione e la scelta tra diverse alternative nei quali si cerca di tenere in considerazione in modo esplicito la molteplicità delle criteri decisionali, senza tentare di ricondurli tutti ad uno solo.

Il carattere comune di tutti i metodi di analisi multicriteri è l'abbandono del metro monetario unico, sostituito dall'impiego di indicatori specifici nella misurazione degli effetti fisici, ecologici, sociali ed economici di un dato progetto nell'uso del territorio.

In letteratura anglosassone è possibile trovare diversi metodi di analisi multicriteri applicati alla pianificazione degli interventi territoriali per la riqualificazione fluviale; lo studio sviluppato dall'Environment Agency ne è un esempio [12].

Il Parco Regionale della Valle del Lambro nell'ambito di un progetto per "La promozione, costituzione e applicazione di un nuovo modello di governance dell'ecosistema fluviale relativo al bacino idrico del Fiume Lambro a nord dell'Abitato di Monza" ha sviluppato un metodo di analisi multicriteri basandosi su quello proposto dalla studio dell' Environment Agency, ma adattandolo al suo progetto.

Tale modello, con qualche semplificazione, è stato utilizzato anche per la valutazione delle proposte progettuali esaminate in questo lavoro di laurea.

4.2.1. Metodologia utilizzata per l'analisi multicriteri

Il metodo consiste nell'assegnare un voto ad ogni intervento proposto.

$$Voto_{tot} = a \cdot Voto_A + b \cdot Voto_B + c \cdot Voto_C$$

Il voto è suddiviso in tre parti:

- $Voto_A$: dipende dalla tipologia degli interventi dalla capacità degli interventi proposti di raggiungere gli obiettivi di qualità dell'ambiente e di protezione idraulica prefissati;
- $Voto_B$: dipende dall'importanza del corso idrico interessato dal progetto; questa valutazione deriva dalla necessità, a parità di obiettivi raggiunti, di dare priorità agli interventi che interessano il fiume piuttosto che un piccolo corso d'acqua secondario;
- $Voto_C$: dipende dalla completezza dell'azione, ovvero tende a premiare gli interventi che interessano una pluralità di obiettivi rispetto alle azioni monotematiche.

I coefficienti moltiplicativi a , b e c ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 1$) rappresentano il "peso" da attribuire ad ogni voce per il calcolo del voto totale. Questi coefficienti sono determinati in base all'importanza che si vuole dare ad ogni singolo voto ed introducono un'inevitabile aliquota di soggettività nel giudizio finale.

Riconducendo l'analisi ai progetti analizzati in questo lavoro è possibile eliminare, dal calcolo del voto totale, il $Voto_B$ in quanto tutti gli interventi proposti riguardano lo stesso corso idrico e quindi tale voto non influenza il risultato finale.

Per assegnare il $Voto_A$ che determina la qualità dell'intervento proposto è stata predisposta per ciascuna soluzione progettuale una scheda suddivisa in diversi settori (Figura 51).

		OBIETTIVI									
		0.2			0.3			0.5			
Interventi	Pesi attribuiti	Habitat		Valorizzazione			Protezione idraulica				
		Varietà vegetazionale	Ittiofauna	Fauna terrestre	Impatto paesaggistico	Accessibilità	Fruibilità	Funzionalità idraulica	Capacità di laminazione	Sicurezza idraulica	Influenza sulle condizioni a valle
	Pesi attribuiti compartì	0.35	0.45	0.2	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.35	0.2
	Creazione di area ad esondazione controllata										
	Realizzazione di arginature a contenimento delle aree di espansione e a protezione delle aree urbanizzate										
	Realizzazione arginatura in foido , per contenimento delle piene fluviali				5	4		9	4	10	4
	Realizzazione canale scolmatore secondario										
	Realizzazione canalizzazione per deviazione corso d'acqua				5	4		9	4	10	4
Difesa idraulica	Difese spondali in massicciate inerbite e terre armate										
	Difese spondali in terra stabilizzate con geocomposito										
	Difese spondali in cemento armato	4	4	4	4			9			4
Modalità costruttive	Rimozione di sedimenti in alveo										
	Rimozione rifiuti dall'alveo e dalle sponde										
Manutenzioni e compensazioni	Piantumazione alberature	9		8	7	5	7				
	media dei voti	6.5	4.0	6.0	5.3	4.8	7.0	9.0	4.0	10.0	4.0
	voto per comparto pesato	5.3			5.5			7.4			
	voto intervento (voto A)	6.4									

I N T E R V E N T I

Figura 51 Esempio di scheda di valutazione

Nelle colonne sono rappresentati gli ambiti per i quali è possibile indicare un effetto delle opere progettate. Nel caso in studio sono stati scelti i seguenti obiettivi: habitat, valorizzazione del territorio e protezione idraulica. Tali ambiti sono stati suddivisi in sottotemi, ai quali è stato attribuito un valore di importanza in base agli obiettivi che si vogliono privilegiare.

Nelle righe sono riportati tutti gli interventi proposti dalle varie soluzioni progettuali. Essi sono stati suddivisi per tipologia: difesa idraulica, modalità costruttive e manutenzione e compensazioni.

Per ogni intervento elencato è stato assegnato un voto rispetto a ciascun obiettivo, servendosi di un'apposita scala di valutazione riportata in Tabella 21.

4	intervento molto peggiorativo
5	intervento lievemente peggiorativo
-	intervento ad impatto nullo
7	intervento lievemente migliorativo
8	intervento migliorativo
9	intervento significativamente migliorativo
10	intervento estremamente migliorativo

Tabella 21 Griglia di valutazione degli interventi per determinare il Voto_A

Si ottiene così un voto complessivo, detto "Voto_A", riguardante la valutazione ottenuta sulla base dell'impatto degli interventi sui vari comparti.

Il secondo aspetto da tenere in considerazione per la valutazione complessiva è la completezza dell'intervento, rappresentato dal Voto_C. Per la sua determinazione bisogna dapprima calcolare la percentuale dei voti ottenuti nella tabella globale di valutazione rispetto al totale dei voti teoricamente ottenibile. In questo modo, maggiore è la percentuale ottenuta, maggiore è la completezza dell'intervento.

Ottenuta la percentuale si passa al calcolo vero e proprio del Voto_C quantificato mediante la scala di valutazione riportata in Tabella 22.

percentuale x degli interventi sul totale	$x < 2\%$	$2\% < x < 3\%$	$3\% < x < 4\%$	$4\% < x < 5\%$	$x > 5\%$
Voto _C	6	7	8	9	10

Tabella 22 Griglia di valutazione degli interventi per determinare il Voto_C

Il voto finale complessivo è stato calcolato attribuendo un coefficiente pari a 0.7 per il Voto_A ed un coefficiente pari a 0.3 per il Voto_C.

$$Voto_{tot} = 0.7 \cdot Voto_A + 0.3 \cdot Voto_C$$

4.2.2. Applicazione dell'analisi multicriteri alle soluzioni progettuali

Come accennato nel paragrafo precedente, gli obiettivi scelti sono l'habitat, la valorizzazione e la protezione idraulica. Ad ogni obiettivo è stato assegnato un peso che ne sottolinea il livello di importanza rispetto alla valutazione generale:

- habitat (0.2);
- valorizzazione (0.3);
- protezione idraulica (0.5).

Entrando maggiormente nel dettaglio gli obiettivi sono stati suddivisi nel seguente modo:

- per l'habitat:
 - varietà vegetazionale (0.35)
 - Ittiofauna (0.45)
 - fauna terrestre (0.20)
- per la valorizzazione:
 - impatto paesaggistico (0.4)
 - accessibilità (0.3)
 - fruibilità (0.3)
- per la protezione idraulica:
 - funzionalità idraulica (0.25)
 - capacità di laminazione (0.2)
 - sicurezza idraulica (0.35)
 - influenza sulle condizioni a valle (0.2).

Gli interventi contenuti nella scheda di valutazione, suddivisi in difesa idraulica, modalità costruttive e manutenzione e compensazioni, sono nel dettaglio:

- per gli interventi di difesa idraulica:
 - creazione di aree di esondazione controllata;
 - realizzazione di arginature per il contenimento delle aree di espansione a protezione delle aree urbanizzate;
 - realizzazione canale diversivo;

realizzazione della canalizzazione e deviazione del corso d'acqua;

- per le modalità costruttive:
 - difese spondali in massicciate inerbite e terre armate;
 - difese spondali in terra stabilizzate con geocomposito;
 - difese spondali in cemento armato;
- per la manutenzione e compensazioni:
 - rimozione di sedimenti in alveo;
 - rimozione rifiuti dall'alveo e dalle sponde;
 - piantumazione alberature.

Per ogni soluzione progettuale sono stati assegnati tutti i voti; è stato calcolato quindi il voto pesato per ogni singolo comparto e infine è stato determinato il $Voto_A$ dato a sua volta dalla somma pesata dei voti di ogni singolo comparto.

Le valutazioni relative ad ogni singolo obiettivo e il $Voto_A$ sono riportati in Tabella 23.

	Habitat	Valorizzazione	Protezione idraulica	Voto_A
consolidamento aree di naturale espansione	7.0	6.6	8.3	7.5
realizzazione canale diversivo	6.6	5.8	7.3	6.7
canalizzazione della Roggia Valletta	5.3	5.5	7.4	6.4

Tabella 23 Voti relativi ad ogni obiettivo e $Voto_A$ di ogni soluzione progettuale

È stato poi calcolato il $Voto_C$ come da indicazioni riportate nel paragrafo precedente.

La valutazione complessiva di ogni intervento proposto, calcolato come somma pesata dei voti A e C è riportata in Tabella 24, mentre le valutazioni dettagliate sono riportate in Appendice.

	Voto_A	Voto_C	Voto_{TOT}
consolidamento aree di naturale espansione	7.5	7	7.4
realizzazione canale diversivo	6.7	7	6.8
canalizzazione della Roggia Valletta	6.4	7	6.6

Tabella 24 Riepilogo delle valutazioni per ogni soluzione progettuale.

5. CONCLUSIONI

L'obiettivo del seguente elaborato di laurea è quello di dimostrare che l'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica per un progetto di riduzione del rischio idraulico risulta più vantaggioso, sia in termini economici che di salvaguardia dell'ambiente e dell'ecosistema, rispetto alle tradizionali tecniche dell'ingegneria idraulica.

A tale scopo sono stati sviluppati tre progetti indirizzati alla riduzione del rischio idraulico nel comune di Renate. La prima soluzione progettuale, basata su tecniche di ingegneria naturalistica, prevede la creazione di aree di esondazione controllata; il secondo progetto, che prevede la creazione di un canale diversivo, per la tipologia di opere rimanda a tecniche di ingegneria tradizionale mentre per la loro realizzazione adotta anch'esso tecniche naturalistiche. La terza soluzione si basa unicamente su tecniche di ingegneria tradizionale, prevedendo la realizzazione di una canalizzazione artificiale.

È stata poi condotta un'analisi finanziaria e una valutazione degli impatti ambientali e della funzionalità idraulica per ogni progetto proposto.

I risultati del confronto economico, sviluppato attraverso l'analisi costi - benefici, dimostrano che la prima soluzione progettuale è più vantaggiosa rispetto agli altri due progetti proposti. Infatti tutti gli indici economici sono in suo favore ed in particolare il valore dell'RBC la indica come la più efficace.

La vantaggiosità economica della prima proposta progettuale risiede totalmente nel suo costo totale che risulta nettamente inferiore rispetto a quello degli altri due progetti che però hanno, dalla loro, maggiori benefici annui in termini di minor danno medio annuo aspettato.

L'entità del beneficio, inteso come danno evitato, è fortemente influenzata dal valore del danno percentuale considerato, che deriva dall'interpretazione delle curve di vulnerabilità presenti in letteratura.

A tale proposito, per valutare la sensibilità del confronto economico in relazione ai valori di danno percentuale scelti, si è deciso di mettere a confronto una serie di curve di vulnerabilità reperite in letteratura.

In particolare sono state prese in considerazione, per gli edifici residenziali, la curva proposta dai professori Bianchi e Laniado in uno studio del Politecnico di Milano [13], la curva fornita dalla Federal Insurance Agency (FIA) (Johnson, 1976) [14] e una curva di vulnerabilità, reperita in letteratura, relativa alla valutazione del danno post – inondazione sul territorio americano. Dalla stessa famiglia di curve è stata presa in considerazione anche quella relativa alla vulnerabilità dei terreni che è stata messa a confronto con quella proposta da James e Lee (1971).

Si è quindi ripetuta l'analisi costi – benefici considerando diversi scenari per il calcolo del danno e di conseguenza del beneficio. In un primo caso sono stati considerati i valori minimi, sia per gli edifici che per i terreni, delle curve di vulnerabilità confrontate; nel secondo caso i valori massimi; nel terzo e nel quarto si è esaminata una combinazione tra i valori minimi di una categoria e i valori massimi dell'altra e viceversa.

I risultati, in termini di valore del VAN e del PPA, sono riportati in tabella 25.

	Caso di studio		terreni MIN edifici MIN		terreni MAX edifici MAX		terreni MAX edifici MIN		terreni MIN edifici MAX	
	VAN [€]	PPA [anni]	VAN [€]	PPA [anni]	VAN [€]	PPA [anni]	VAN [€]	PPA [anni]	VAN [€]	PPA [anni]
consolidamento aree di naturale espansione	1.465.748	5	203.232	17	3.457.472	3	290.557	15	3.255.355	3
realizzazione canale diversivo	1.386.791	7	47.907	27	4.138.734	3	1.197.259	8	2.989.382	3
canalizzazione della Roggia Valletta	1.020.007	11	- 318.877	> 30	3.771.950	4	830.475	12	2.622.598	6

Tabella 25 Valori del VAN e del PPA per ogni soluzione progettuale riferiti a diversi scenari di vulnerabilità

I risultati mostrano come il valore della vulnerabilità influenza sensibilmente l'analisi economica. In particolare gioca un ruolo fondamentale il valore di vulnerabilità dei terreni, dovuto alla forte differenza tra le curve considerate. I valori massimi rendono talmente basso il valore del mancato danno della prima soluzione progettuale che di conseguenza risulta la più svantaggiosa delle tre proposte.

Si ritiene però che tali valori massimi di vulnerabilità dei terreni si riferiscono a casi estremi e quindi poco o per nulla rappresentativi del caso in esame e perciò si può ancora considerare la prima soluzione analizzata come la soluzione progettuale più vantaggiosa tra quelle proposte.

Anche il confronto sugli impatti ambientali e sulla funzionalità idraulica dimostra ancora una volta la validità dell'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica. Esse coniugano i principi tradizionali dell'ingegneria idraulica con obiettivi di salvaguardia dell'ambiente e dell'ecosistema circostante.

Le altre due soluzioni proposte, pur raggiungendo un buon risultato per i criteri di funzionalità idraulica, ottengono valutazioni scarse per quanto riguarda gli obiettivi ambientali. Lo svantaggio dell'utilizzo di tecniche di ingegneria tradizionale è rappresentato proprio dalla poca attenzione che si riserva agli aspetti ambientali ed ecologici che sono, invece alla base della progettazione naturalistica.

In conclusione la scelta di progettare opere di difesa idraulica con l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica permette di tutelare l'ambiente e l'ecosistema circostante e nello stesso tempo di limitare i costi.

APPENDICE

1. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

1.1 Computo metrico estimativo: prima soluzione progettuale

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	x	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE	
RENATE - TRATTO MURO 1a (Sezioni Rilievo P42 ÷ P37)																		
1	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 mt. in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1 x	80 x	0,8 x	0,5 =		32	mc					32	€ 5,16	€ 165,12		
2	A35010b	Magnone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	80 x	0,8 x	0,15 =	9,6		mc					9,6	€ 86,59	€ 831,26		
3	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XCl, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	80 x	1,1 x	0,5 =	44		mc					44	€ 159,33	€ 7.010,52		
4	ng1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XCl, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipittura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	80 x	1,9 x	0,2 =	30		mc					30	€ 167,32	€ 5.086,53		
5	A35013h	Sovrapprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XCl con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x	x	x	=	74		mc					74	€ 0,88	€ 65,47		
6	A35015c	Casseforme rette e centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x	80 x	3 x	=	240		mq					240	€ 22,84	€ 5.481,60		
7	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del LLPP per armature di conglomerato cementizio, prelavato e pretrattato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1 x	80 x	82,05 x	=	6564		kg					6.564	€ 1,35	€ 8.861,01		

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	= L/S/V	u.m.	peso	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
8	A35025a	Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.	1 x	80 x	x	=	80	ml		ml	80	€ 12,91	€ 1.032,80	
9	A35028	Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0.50 e 1.50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.	8 x	3,7 x	x	=	30	ml		ml	30	€ 30,71	€ 909,02	
10	A55065	Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatole piena o dentata, di emulsione bituminosa isotropica, monocomponente, priva di solventi, contenente sferi di polistirolo, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ed all'abrasione, spessore 4 mm.	1 x	80 x	2,80 x	=	224	mq		mq	224	€ 21,88	€ 4.901,12	
11	np2	Fornitura e posa in opera di pannelli prefabbricati in calcestruzzo rivestiti in pietra ad opus incertum per il rivestimento di palificate, sottopassi stradali, gallerie artificiali, paratie, eseguiti a regola d'arte e misurati secondo la superficie effettiva del rivestimento a contatto con l'elemento da rivestire. Nel prezzo si intendono compresi anche i frisaggi. I pannelli hanno spessore variabile tra 8 e 10 cm con una larghezza modulare di 120 cm.	1 x	80 x	1,60 x	=	128	mq		mq	128	€ 60,00	€ 7.680,00	€ 42.024,45
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 1a (Sezioni Rilievo P42 + P37)														

RENAME - TRATTO MURO 1b (Sezioni Rilievo P36 + P31)														
12	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggio di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1 x	80 x	1,5 x	0,5 =	60	mc		mc	60	€ 5,16	€ 309,60	
13	A35010b	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	80 x	1,5 x	0,15 =	18	mc		mc	18	€ 86,59	€ 1.558,62	
14	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	80 x	1,8 x	0,5 =	72	mc		mc	72	€ 159,33	€ 11.471,76	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	x	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
15	mp1	<p>Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipuntura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e fasciolo di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.</p>	1 x	80 x	2,4 x	0,2 =	38	mc					mc	38	€ 167,32	€ 6.435,09	
16	A35013h	<p>Sovraprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come meriti alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.</p>	1 x	x	x	=	110	mc					mc	110	€ 0,88	€ 97,15	
17	A35015c	<p>Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compresso, armo, disarmato, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.</p>	1 x	80 x	3,4 x	=	272	mq					mq	272	€ 22,84	€ 6.212,48	
18	A35023e	<p>Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. per armature di conglomerato cementizio, prelaborato e pretagliato a misura, saggomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 +30 mm.</p>	1 x	80 x	99,98 x	=	7998	kg					kg	7.998	€ 1,35	€ 10.797,70	
19	A35025a	<p>Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.</p>	1 x	80 x	x	=	80	ml					ml	80	€ 12,91	€ 1.032,80	
20	A35028	<p>Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0,50 e 1,50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.</p>	8 x	5 x	x	=	40	ml					ml	40	€ 30,71	€ 1.228,40	
21	A95065	<p>Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti) in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatole piana o dentata, di emulsione bituminosa isotropica, monocomponente, priva di solventi, contenente spere di polietilene, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ad all'abrasione, spessore 4 mm.</p>	1 x	80 x	4,00 x	=	320	mq					mq	320	€ 21,88	€ 7.001,60	
22	mp2	<p>Fornitura e posa in opera di pannelli prefabbricati in calcestruzzo rivestiti in pietra ad opus incertum per il rivestimento di palificate, sottopassi stradali, gallerie artificiali, parate, eseguiti a regola d'arte e misurati secondo la superficie effettiva del rivestimento a contatto con l'elemento da rivestire. Nel prezzo si intendono compresi anche i fissaggi. I pannelli hanno spessore variabile tra 8 e 10 cm con una larghezza modulare di 120 cm.</p>	1 x	80 x	2,10 x	=	168	mq					mq	168	€ 60,00	€ 10.080,00	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	= L/S/V	u.m.	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
23	np3	Sovraprezzo per l'installazione di pannelli prefabbricati in calcestruzzo rivestiti in piastra ad opus incertum per esecuzione dei raccordi raccordi con base del muro.	x	x	x	x	=	1 corpo			corpo	1	€ 2.000,00	€ 2.000,00	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 1b (Sezioni Rilievo P36 + P31) € 58.215,20															

RENALE - TRATTO MURO 2 (Sezioni Rilievo P12 + P14)																
24	D15006b	Demolizione di struttura in calcestruzzo (cordolo fondazione + lastre + recinzione) con ausilio di martello demolitore meccanico compreso avvicinamento del materiale di risulta al luogo di deposito provvisorio: armato.														
25	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggio di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1 x	40 x	0,25 x	0,6 =		6 mc			mc	6	€ 306,23	€ 1.837,38		
26	A35010b	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	40 x	2,5 x	0,6 =		60 mc			mc	60	€ 5,16	€ 309,60		
27	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	40 x	2,5 x	0,15 =		15 mc			mc	15	€ 86,59	€ 1.298,85		
28	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	40 x	2 x	0,4 =		32 mc			mc	32	€ 159,33	€ 5.098,56		
29	A35013h	Sovraprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x	40 x	0,4 x	1,4 =		22 mc			mc	22	€ 167,32	€ 3.747,97		
											mc	54	€ 0,88	€ 47,87		

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
30	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x	40 x	3,6 x		=	144	mq			mq	144	22,84 €	3.288,96 €	
31	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del LLPP per armature di conglomerato cementizio, prelaborato e pretrattato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1 x	40 x	202,06 x		=	8083	kg			kg	8.083	1,35 €	10.911,40 €	
32	A35025a	Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.	1 x	40 x		40	=		ml			ml	40	12,91 €	516,40 €	
33	A35028	Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0.50 e 1.50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.	4 x	6 x		24	=		ml			ml	24	30,71 €	737,04 €	
34	A95065	Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatola piana o dentata, di emulsione bituminosa tintropica, monocomponente, priva di solventi, contenente sferi di polistirolo, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ed all'abrasione, spessore 4 mm.	1 x	40 x	1,80 x		=	72	mq			mq	72	21,88 €	1.575,36 €	
35	E15010a	Rintiero compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo.	1 x	40 x	6 x	1	=	240	mc			mc	240	7,36 €	1.766,40 €	
36	E35166c	Recinzione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio presso fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm e da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata ilo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di alloggiamento delle piantane.	1 x	40 x		40	=		ml			ml	40	186,76 €	7.470,40 €	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 2 (Sezioni Rilievo P12 + P14)															€	38.606,19

RENAME - TRATTO MURO 3 (Sezioni Rilievo P15 + P19)

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	x	b	x	h	=	L/S/V	u.m.	x	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
37	A15002a	Scavo a sezione obbligatoria con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'agguato di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronconi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1 x	35 x	3,5 x	1 =	122,5	mc							mc	122,5	€ 5,16	€ 632,10	
38	A35010b	Magnone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	35 x	3,2 x	0,15 =	17	mc							mc	16,9	€ 86,59	€ 1.454,71	
39	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XCl, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	35 x	3,2 x	0,7 =	78	mc							mc	78,4	€ 159,33	€ 12.491,47	
40	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XCl, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	35 x	2,3 x	0,5 =	40	mc							mc	40	€ 167,32	€ 6.734,63	
41	A35013h	Sovrapprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XCl con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x												mc	119	€ 0,88	€ 104,41	
42	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compresi, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x	35 x	6 x		210	mq							mq	210	€ 22,84	€ 4.796,40	
43	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del LLPP per armature di conglomerato cementizio, prelavato e pretrattato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1 x	35 x	311,81 x		10913	kg							kg	10.913	€ 1,35	€ 14.733,15	
44	A35025a	Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.	1 x	35 x			35	ml							ml	35	€ 12,91	€ 451,85	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	= L/S/V	u.m.	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
45	A35028	Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0,50 e 1,50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.	3,5 x	6,5 x	x	=	22,75	ml			ml	23	€ 30,71	€ 698,65	
46	A95065	Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti) in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatole piana o dentata, di emulsione bituminosa tixotropica, monocomponente, priva di solventi, contenente spere di polistirolo, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ed all'abrasione, spessore 4 mm.	1 x	35 x	3,50 x	=	122,5	mq			mq	123	€ 21,88	€ 2.680,30	
47	E15010a	Rintero compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno pressistente ed il costipamento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo.									mc	378	€ 7,36	€ 2.782,08	
48	E35166c	Recinzione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio pressso fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm e da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata lo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di alloggiamento delle piantane.	1 x	35 x	6 x	1,8 =	378	mc			ml	35	€ 186,76	€ 6.536,60	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 3 (Sezioni Rilievo P15 + P19)															€ 54.096,36

RENALE - TRATTO MURO 4 (Sezioni Rilievo P21 + P28)

49	A15002a	Scavo a sezione obbligatoria con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggido di eventuali acque nonchè la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 mc: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).									mc	56	€ 5,16	€ 288,96	
50	A35010b	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfzionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	80 x	1 x	0,7 =	56	mc			mc	56	€ 5,16	€ 288,96	
51	A35011c	Conglomerato cementizio preconfzionato a resistenza, classe di esposizione XCL, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	80 x	0,8 x	0,15 =	10	mc			mc	9,6	€ 86,59	€ 831,26	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 4 (Sezioni Rilievo P21 + P28)															€ 3.059,14

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
52	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura; per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	80 x	0,3 x	0,7 =		17 mc				mc	17	€ 167,32	€ 2.810,98	
53	A35013h	Sovraprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x					36 mc				mc	36	€ 0,88	€ 31,68	
54	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x					112 mq				mq	112	€ 22,84	€ 2.558,08	
55	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del L.P.P. per armature di conglomerato cementizio, prelaborato e pretrattato a misura, saggomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1 x	80 x	1,4 x			3960 kg				kg	3.960	€ 1,35	€ 5.345,87	
56	E35166c	Recinzione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio presso fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm a da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata lo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di alloggiamento delle piantane.	1 x	80 x				80 ml				ml	80	€ 186,76	€ 14.940,80	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 4 (Sezioni Rilievo P21 + P28)													€ 29.866,77			

RENATE - TRATTO MURO 5 (Sezioni Rilievo P28 + P21)																
57	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'oggetto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 mt: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1 x	70 x	1 x	0,7 =		49 mc				mc	49	€ 5,16	€ 252,84	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	x	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
58	A35010b	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	70 x	0,8 x	0,15 =	8	mc						8,4	€ 86,59	€ 727,36	
59	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura; per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	70 x	0,8 x	0,3 =	17	mc						16,8	€ 159,33	€ 2.676,74	
60	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura; per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	70 x	0,3 x	0,7 =	15	mc						15	€ 167,32	€ 2.459,60	
61	A35013h	Sovraprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratterizzata per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x											32	€ 0,88	€ 27,72	
62	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compresso, armo, disarmato, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x											98	€ 22,84	€ 2.238,32	
63	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del L.P.P. per armature di conglomerato cementizio, prelevato e pretrattato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 +30 mm.	1 x	70 x	1,4 x	=	98	mq									
64	E35166c	Resinazione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio presso fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm e da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata lo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di allungamento delle piantane.	1 x	70 x										70	€ 186,76	€ 13.073,20	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 5 (Sezioni Rilievo P28 + P21)																€ 26.133,42	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	×	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
RENATE - TRATTO MURO 6 (sezioni Rilievo P20 + P16)																	
65	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 mc: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).	1	30	2,5	0,6	=	45	mc								
66	A35010b	Magnone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1	30	2,5	0,15	=	11	mc					45	5,16 €	232,20	
67	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura; per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1	30	2	0,4	=	24	mc					11,25	86,59 €	974,14	
68	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1	30	0,4	1,5	=	18	mc					24	159,93 €	3.823,92	
69	A35013h	Sovraprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente espote sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1	30	0,4	1,5	=	18	mc					18	167,32 €	3.011,76	
70	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compresso, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1	30	3,8		=	42	mq					42	0,88 €	36,96	
71	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del LL.PP. per armature di conglomerato cementizio, prelavato e pretrattato a misura, sigillato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni frido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1	30	324,12		=	9724	kg					114	22,84 €	2.603,76	
			1	30	324,12		=	9724	kg					9,724	1,35 €	13.126,91	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	×	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
72	A35025a	Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.	1 x	30 x	x	=	30	ml							30 €	12,91 €	387,90
73	A35028	Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0,50 e 1,50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.	3 x	4,2 x	x	=	12,6	ml						13	30,71 €	386,95	
74	A95065	Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatola piana o dentata, di emulsione bituminosa biotropica, monocomponente, priva di solventi, contenente sferi di polistirolo, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ed all'abrasione, spessore 4 mm.	1 x	30 x	1,90 x	=	57	mq						57	21,88 €	1.247,16	
75	E15010a	Rientro compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno pressistente ed il cospargimento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo.	1 x	30 x	6 x	1 =	180	mc						180	7,36 €	1.324,80	
76	E35166c	Recinzione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio pressso fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm e da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata lo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di alloggiamento delle piantane.	1 x	30 x	x	=	30	ml						30	186,76 €	5.602,80	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 6 (Sezioni Rilievo P20 + P16) € 32.758,65																	

RENATE - TRATTO MURO 7 (Sezioni Rilievo P44 + P47)																	
77	A15002a	Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggio di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e tronchi di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m: in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili).															
78	A35010b	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32,5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura con il dosaggio di 200 kg/mc.	1 x	35 x	2,5 x	0,6 =	52,5	mc						52,5	5,16 €	270,90	
			1 x	35 x	2,5 x	0,15 =	13	mc						13,125	86,59 €	1.136,49	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	L/S/V	u.m.	peso	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
79	A35011c	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di fondazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	35 x	2,5 x	0,4 =	35	mc		mc	35	€ 159,33	€ 5.576,55	
80	np1	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e la sua dipintura quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per opere di elevazione con classe di resistenza C32/40.	1 x	35 x	0,4 x	1,8 =	25	mc		mc	25	€ 167,32	€ 4.216,46	
81	A35013h	Sovrapprezzo ai getti di conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica per cambiamento della classe di esposizione rispetto alla classe XC1 con rapporto A/C <= 0,60. Da considerarsi come mentari alle stime precedentemente esposte sottoforma di eventuale incremento delle stesse: per passaggio a classe di esposizione XC4 con aerante e con rapporto A/C <= 0,50.	1 x	x	x	=	60	mc		mc	60	€ 0,88	€ 52,98	
82	A35015c	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso, armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo. Per pareti in elevazione con pannelli metallici standard.	1 x	35 x	4,4 x	=	154	mq		mq	154	€ 22,84	€ 3.517,36	
83	A35023e	Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore del L.P.P per armature di conglomerato cementizio, prelavato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso di ogni sfrido, legatura, ecc. nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 + 30 mm.	1 x	35 x	324,12 x	=	11344	kg		kg	11.344	€ 1,35	€ 15.314,73	
84	A35025a	Profilo in pvc (waterstop) per la realizzazione di giunti di ripresa di getto, fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario per dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte: con profilo inserito nella parte centrale del getto.	1 x	35 x	x	=	35	ml		ml	35	€ 12,91	€ 451,85	
85	A35028	Profilo in pvc (waterstop), posto sul bordo del getto, per giunti di dilatazione a tenuta sottoposti ad una pressione idraulica compresa tra 0,50 e 1,50 atm, di larghezza minima pari a 33 cm e peso minimo di 5 kg/m; fornito e posto in opera compresi gli oneri per il posizionamento nei casseri, le saldature di continuità e quant'altro necessario a dare l'opera completa e perfettamente finita in ogni sua parte.	3,5 x	4,8 x	x	=	16,8	ml		ml	17	€ 30,71	€ 515,93	
86	A95065	Impermeabilizzazione di strutture verticali di fondazione in presenza di supporti irregolari (pareti in calcestruzzo, murature in mattoni, cantine, ecc.) mediante applicazione a spatola piano o dentata, di emulsione bituminosa tiotropica, monocomponente, priva di solventi, contenente sfere di polistirolo, con caratteristiche di elevata adesione e di resistenza alla pressione ed all'abrasione, spessore 4 mm.	1 x	35 x	2,20 x	=	77	mq		mq	77	€ 21,88	€ 1.684,76	

N	ART.	DESCRIZIONE	quantità	L	b	h	=	L/S/V	u.m.	×	peso	=	U.M.	QUANTITÀ	PREZZO	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE	
87	mp2	Fornitura e posa in opera di pannelli prefabbricati in calcestruzzo rivestiti in pietra ad opus incertum per il rivestimento di palificate, sottopassi stradali, gallerie artificiali, paratie, eseguiti a regola d'arte e misurati secondo la superficie effettiva del rivestimento a contatto con l'elemento da rivestire. Nel prezzo si intendono compresi anche i fissaaggi. I pannelli hanno spessore variabile tra 8 e 10 cm con una larghezza modulare di 120 cm.	1 x	65 x	2,20 x	=	143	mq					143	€	60,00	€	8.580,00	
88	E15010a	Rinverro compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno pressistente ed il costipamento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo.	1 x	35 x	6 x	1,5 =	315	mc					315	€	7,36	€	2.318,40	
89	E35166c	Recezione in pannelli costituiti da elementi verticali tubolari d'acciaio del diametro di 20 mm provvisti di puntali con decoro in acciaio pressa fuso, saldati su due correnti orizzontali in acciaio delle dimensioni 40 x 8 mm e da piantana costituita da un tubo d'acciaio zincato a caldo con lo stesso decoro degli elementi verticali del pannello, fissata lo stesso tramite ferramenta in acciaio inox, con piastra di base delle dimensioni di 150 x 150 x 6 mm fissata con tasselli o cementata, in opera con l'esclusione delle eventuali opere murarie ed esecuzione dei fori di alloggiamento delle piantane.	1 x	35 x	x	=	35	ml					35	€	186,76	€	6.536,60	
TOTALE RENATE - TRATTO MURO 7 (Sezioni Rilievo P44 + P47)																€	50.173,01	
TOTALE PER LAVORI IN COMUNE DI RENATE (AREA 1)																€	331.874,05	

1.2 Computo metrico estimativo: seconda soluzione progettuale

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE						
COMPUTO METRICO ESTIMATIVO: seconda soluzione progettuale						
	Progr.	descrizione delle opere e delle provviste		prezzo unitario €	quantità	prezzo tot.
		FORMAZIONE LINEE D'ARGINE				
	F15009	1 Disboscamento con taglio di alberi di almeno 5 cm di diametro del tronco compreso sfrondamento e carico su autocarro: eseguito con mezzi meccanici	mq	3.80	3915	€ 14,875.18
	E15012	2 Scotricamento con asporto e carico di 20 cm di terra vegetale, radici e ceppaie: eseguito con mezzi meccanici	mq	2.40	3915	€ 9,394.85
	E15018a	3 Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dagli scavi, con distanza massima pari a 5000 m, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3	mc	7.03	3694	€ 25,967.91
	F15049	4 Stabilizzazione antierosiva di sponde e scarpate mediante geocomposito	mq	6.67	3720	€ 24,809.18
	E55004 c	5 Preparazione del terreno alla semina mediante lavorazione meccanica fino ad una profondità di 15 cm, verranno effettuati successivi passaggi di affinamento meccanico e manuale, quali l'eliminazione dei ciottoli sassi ed erbe, per superfici da 1000 mq a 5000 mq	mq	0.80	3720	€ 2,975.61
	F15008	6 Semina a spaglio su superfici piane ed inclinate mediante miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito in ragione di 40mg/mq.	mq	0.41	3720	€ 1,525.00

					TOTALE	€ 79,547.73
		FORMAZIONE CANALE SECONDARIO				
A15002a	7	Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti e ceppaie e trovanti di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1500m in rocce sciolte.	mc	5.16	4998	€ 25,788.62
A15003a	8	Sovrapprezzo allo scavo a sezione obbligata per ogni metro o frazione di metro di maggiore profondità oltre 2 m in rocce sciolte	mc	0.52	4086	€ 2,124.89
D15001b	9	Demolizione totale di fabbricati, sia per la parte interrata che fuori terra, questa per qualsiasi altezza, compreso ogni onere e magistero per assicurare il lavoro eseguito a regola d'arte secondo le normative esistenti, eseguita con mezzi meccanici e con intervento manuale ove occorrente, incluso il carico e trasporto del materiale di risulta a discarica controllata, con esclusione degli oneri di discarica: per fabbricati in cemento armato e muratura, vuoto per pieno	mc	22.80	44	€ 1,012.32
50:02:50	10	Scarificazione di massiciata stradale esistente eseguita con apposito attrezzo meccanico, per una profondità fino a cm 20, in modo da ottenere la sagoma di 1/70 di monte a falde piane, con pendenza trasversale tra il 2 % ed il 2,5 %, compresa la vagliatura e la raccolta in cumuli del materiale riutilizzabile ed il trasporto a rifiuto di quello inutilizzabile, fuori delle pertinenze stradali, con qualsiasi mezzo fino ad una distanza stradale di 10 km su aree individuate nel progetto, carico e scarico compresi, esclusi gli eventuali oneri di discarica che saranno compensati a parte; nel prezzo è pure compensato l'onere per la cilindratura a fondo della superficie scarificata in modo da ottenere la massima costipazione.	mq	3.67	152	€ 557.84

G.3.5.2	11	Formazione di scogliera costituita da massi ciclopici di dimensioni minime 0,80 x 0,80 m, volume medio 0,45 m ³ , intasata di terreno vegetale vagliato con l'impianto di talee (da eseguirsi nella stagione più idonea) ed inseriti in opportuni fori praticati nel terreno di intasamento. L'intasamento con il terreno vegetale dovrà essere eseguito contestualmente alla formazione della scogliera, formando ed intasando di terra uno strato alla volta, è divieto assoluto formare più strati di sassi prima che quello a livello inferiore sia stato intasato, compresa l'eventuale regolarizzazione e semina delle scarpate sovrastanti fino al vertice delle sponde, ed ogni altro onere per dare l'opera compiuta secondo le indicazioni della D.L.	mc	45.49	1630	€	74,127.54
E15018a	12	Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dagli scavi, con distanza massima pari a 5000 m, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3	mc	7.03	2240	€	15,749.10
E15018a	13	Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dalle cave, compresa la fornitura, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 o equivalente materia prima secondaria proveniente da impianti di recupero rifiuti-inerti	mc	17.35	1322	€	22,928.82
F15057a	14	Opera di sostegno in terreno rinforzato	mq	138.93	659	€	91,498.41
F15049	15	stabilizzazione antiersiva di sponde e scarpate mediante geocomposito	mq	6.67	2521	€	16,812.64
F15024	16	Selciatone realizzato con grossi massi sbazzati di pietra scistosa o granitica provenienti da cave, eseguito sotto sagoma con chiusura dei fori mediante piccole scaglie, compreso lo scavo e lo spianamento del piano d'appoggio	mc	52.43	121	€	6,347.44

E55004 c	17	Preparazione del terreno alla semina mediante lavorazione meccanica fino ad una profondità di 15 cm, verranno effettuati successivi passaggi di affinamento meccanico e manuale , quali l'eliminazione dei ciottoli sassi ed erbe, per superfici da 1000 mq a 5000 mq	mq	0.80	2521	€ 2,016.51€
F15008	18	Semina a spaglio su superfici piane ed inclinate mediante miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito in ragione di 40mg/mq.	mq	0.41	2521	€ 1,033.46
A35011a	19	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi per opere di fondazione: classe di resistenza a compressione C 25/30 (Rck 30 N/mmq)	mc	146.57	19	€ 2,822.94
A35015b	20	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo, per opere di fondazione: pannelli misti legno-ferro	mq	19.60	10	€ 203.06
A35024c	21	Rete elettrosaldata in acciaio qualità B450 C o B450 A prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP, a maglia quadra di qualsiasi dimensione per armature di conglomerato cementizio prelaborata e pretagliata a misura, posta in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legatura, ecc.: compreso ogni sfrido, legatura, ecc.:	kg	1.44	17	€ 24.96

Elenco prezzi euroambiente	22	<p>Fornitura e posa in opera di elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbovibrocompressi a sezione rettangolare interna, di dimensioni interne 3.6x2-2m, con armatura idonea e sistema di giunzione con incastro a bicchiere (a richiesta con anello di tenuta in gomma conforme UNI EN 681-1) I manufatti dovranno essere costruiti in conformità alle Norme UNI EN 14844:2006 marcatura CE , D.M. 14/01/08 Lavori Pubblici, UNI 206-1, UNI8981, EN 13760:2008 e UNI 8520/2 per carichi stradali di prima categoria con ricoprimento minimo 20 cm e max 1.7 cm dall'estradosso superiore. E' a carico dell'impresa produrre tutti i calcoli di verifica statica dei manufatti. Il prezzo è comprensivo di eventuale stivaggio, calo dei manufatti nello scavo previa formazione di idonea soletta armata di sottofondo realizzata in calcestruzzo R cK=250 e armatura idonea realizzata con doppia rete elettrosaldata Feb 44k di 15x15 diam. 8mm . La soletta dovrà risultare perfettamente piana per consentire la corretta posa in opera dei manufatti e dovrà avere uno spessore minimo di 20 cm. I punti di giunzione ed eventuali fori predisposti per il calaggio dei manufatti dovranno essere sigillati con apposite malte espansive. E' inoltre comprensivo nel prezzo la realizzazione in opera di eventuali deviazioni angolari, demolizioni dei punti indicati dalla D.L. ed eventuale formazione di pozzetti in muratura intonacata fino a quota campagna come previsto dalla D.L. A richiesta della D.L. la giunzione tra gli elementi dovrà essere realizzata con apparecchiature idrauliche o manuali di tiro (tipo Tir-For), ed il controllo della livellata sarà garantita da apparecchiature di tipo laser. Nel prezzo è altresì compreso l'onere per il collaudo dell'opera in conformità alle Norme EN 1610 e al Decreto Ministero Lavori Pubblici 12.12.1985 .</p>	m	1740.00	21	€ 37,236.00
E15010	23	<p>Rinterro compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo</p>	mc	7.36	385	€ 2,835.07
U.05.20.80	24	<p>Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale, compresa l'eventuale fornitura dei materiali di apporto o la vagliatura per raggiungere la idonea granulometria, acqua, prove di laboratorio, lavorazione e costipamento dello strato con idonee macchine, compresa ogni fornitura, lavorazione ed onere</p>	mc	15.85	91	€ 1,445.52

		per dare il lavoro compiuto secondo le modalità prescritte nelle Norme Tecniche, misurata in opera dopo costipamento				
E15022	25	Stabilizzazione di sottofondo mediante geotessile non tessuto realizzato al 100% in polipropilene a filamenti continui spunbonded agglomerato mediante il sistema dell'agugliatura meccanica, stabilizzato ai raggi UV avente le seguenti caratteristiche: resistenza a trazione longitudinale e trasversale > 19 kN/m (EN ISO 10319), resistenza a punzonamento CBR > 2800 N (EN ISO 12236), permeabilità verticale > 70 l/mqs (EN ISO 11058), marchiatura dei rotoli secondo la normativa EN ISO 10320.	mq	2.65	152	€ 402.80
E15027a	26	Conglomerato bituminoso per strato di base costituito da miscela di pietrisco di diametro da 3 a 6 cm e sabbia, impastato a caldo con bitume in misura tra il 2% ed il 3% del peso degli inerti, in idonei impianti di dosaggio, conformemente alle norme CNR, steso in opera con vibrofinitrici, costipato con rulli compressori, compreso ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 8 cm	mq	11.72	152	€ 1,781.44
E15028b	27	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) costituito da miscela di pietrischetto, graniglia e sabbia dimensione massima fino a 3 cm e da bitume puro in ragione del 4 ÷ 5%, confezionato a caldo in idonei impianti, steso in opera con vibrofinitrici, e costipato con appositi rulli; compreso ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 6 cm	mq	9.42	152	€ 1,781.44
E15029a	28	Conglomerato bituminoso per strato di usura (tappetino), ottenuto con pietrischetto e graniglie avente perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR BU n° 34), confezionato a caldo in idoneo impianto, in quantità non inferiore al 5% del peso degli inerti, conformi alle prescrizioni del CsdA; compresa la fornitura e stesa del legante di ancoraggio in ragione di 0,7 kg/mq di emulsione bituminosa al 55%; steso in opera con vibrofinitrice meccanica e costipato con appositi rulli fino ad ottenere l'indice dei vuoti prescritto dal CsdA; compresa ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 3 cm	mq	6.82	152	€ 1,781.44

D15118	29	Trasporto a discarica controllata di materiali di risulta, provenienti da demolizioni, con autocarro di portata fino a 50 q, compresi carico, viaggio di andata e ritorno e scarico con esclusione degli oneri di discarica	mc	46.89	577	€ 27,072.79
D15125a	30	Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andrà aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi: inerti (calcolati in base al volume effettivo di scavo e demolizione)	mc	6.63	577	€ 3,827.95
E55043	31	Piante messe a dimora, compresa la fornitura delle stesse, scavo, piantagione, reinterro, formazione di conca e fornitura e collocamento di palo tutore di castagno impregnato con Sali di rame: piante con zolla ad alto fusto altezza 4,00 ÷ 4,50 m	cad	400.00	30	€ 12,000.00
E55044	32	Piante messe a dimora, compresa la fornitura delle stesse, scavo, piantagione, reinterro, formazione di conca e fornitura e collocamento di palo tutore di castagno impregnato con Sali di rame: piante con zolla a fusto, altezza 3,00 ÷ 3,50 m:	cad	200.00	30	€ 6,000.00
						TOTALE € 359,212.99
TOTALE						€ 438,760.72

CALCOLO VOLUMI RILEVATO IN TERRA					CALCOLO AREE INERBIMENTO					
SEZIONE	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	VOLUMI RILEVATO		PERIMETRO INERBITO	MEDIE PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	ARRE INERBITE	
	m ²	m ²	m	m ³		m	m	m	m ²	
sezione 53	5.67	2.84	0.00	0.00	mc	6.28	3.14	0.00	0.00	mq
sezione 52	5.88	5.78	42.44	245.09	mc	6.52	6.40	42.44	271.62	mq
sezione 51	6.04	5.96	48.65	289.95	mc	6.70	6.61	48.65	321.58	mq
sezione 50	5.88	5.96	40.00	238.40	mc	6.52	3.35	40.00	134.00	mq
sezione 49	8.54	7.21	38.00	273.98	mc	7.88	7.29	38.00	277.02	mq
sezione 48	7.09	7.82	20.96	163.80	mc	7.60	7.74	20.96	162.23	mq
sezione 47	8.08	7.59	12.55	95.19	mc	7.60	7.60	12.55	95.38	mq
sezione 46	7.34	7.71	8.37	64.53	mc	7.20	7.40	8.37	61.94	mq
sezione 45	6.04	6.69	6.80	45.49	mc	6.50	6.85	6.80	46.58	mq
sezione 44	5.48	5.76	7.11	40.95	mc	6.28	6.39	7.11	45.43	mq
sezione 43	5.17	5.33	7.00	37.28	mc	5.88	6.08	7.00	42.56	mq
sezione 42	5.95	5.56	7.91	43.98	mc	6.48	6.18	7.91	48.88	mq
sezione 41	6.23	6.09	6.20	37.76	mc	6.58	6.53	6.20	40.49	mq
sezione 40	6.33	6.28	6.55	41.13	mc	6.60	6.59	6.55	43.16	mq
sezione 39	6.37	6.35	10.62	67.44	mc	6.66	6.63	10.62	70.41	mq
sezione 38	5.80	6.09	6.53	39.74	mc	6.80	6.73	6.53	43.95	mq
sezione 37	4.94	5.37	10.30	55.31	mc	5.86	6.33	10.30	65.20	mq
sezione 36	1.56	3.25	8.47	27.53	mc	3.32	4.59	8.47	38.88	mq
sezione 35	1.61	1.59	2.99	4.74	mc	3.34	3.33	2.99	9.96	mq
sezione 34	1.82	1.72	7.16	12.28	mc	4.00	3.67	7.16	26.28	mq
sezione 33	1.66	1.74	7.16	12.46	mc	3.40	3.70	7.16	26.49	mq
sezione 32	1.39	1.53	5.66	8.63	mc	3.20	3.30	5.66	18.68	mq
sezione 31	1.17	1.28	6.83	8.74	mc	3.10	3.15	6.83	21.51	mq
sezione 30	2.59	1.88	5.61	10.55	mc	4.00	3.55	5.61	19.92	mq
sezione 29	2.28	2.44	8.43	20.53	mc	4.20	4.10	8.43	34.56	mq
sezione 28	2.91	2.60	7.08	18.37	mc	4.40	4.30	7.08	30.44	mq
sezione 27	3.36	3.14	10.28	32.23	mc	4.40	4.40	10.28	45.23	mq
sezione 26	3.14	3.25	3.54	11.51	mc	4.40	4.40	3.54	15.58	mq
sezione 25	0.00	1.57	10.76	16.89	mc	0.00	2.20	10.76	23.67	mq
TOTALE RILEVATO IN TERRA				1964.48	mc	TOTALE AREE INERBIMENTO			2081.62	mq

CALCOLO VOLUMI RILEVATO IN TERRA					CALCOLO AREE INERBIMENTO					
SEZIONE	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	VOLUMI RILEVATO		PERIMETRO INERBITO	MEDIE PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	ARRE INERBITE	
	m ²	m ²	m	m ³		m	m	m	m ²	
sezione 53	5.78	2.89	0.00	0.00	mc	6.64	3.32	0.00	0.00	mq
sezione 52	5.78	5.78	42.44	245.30	mc	6.64	6.64	42.44	281.80	mq
sezione 51	5.67	5.73	48.65	278.52	mc	6.64	6.64	48.65	323.04	mq
sezione 50	7.72	6.70	40.00	267.80	mc	8.00	3.32	40.00	132.80	mq
sezione 49	8.75	8.24	38.00	312.93	mc	8.00	7.32	38.00	278.16	mq
sezione 48	10.00	9.38	20.96	196.50	mc	8.64	8.32	20.96	174.39	mq
sezione 47	9.50	9.75	12.55	122.36	mc	8.00	8.32	12.55	104.42	mq
sezione 46	9.50	9.50	8.37	79.52	mc	8.40	8.20	8.37	68.63	mq
sezione 45	9.20	9.35	6.80	63.58	mc	7.80	8.10	6.80	55.08	mq

sezione 29	5.88	2.94	8.43	24.78	mc	5.40	2.70	8.43	22.76	mq
sezione 28	5.35	5.62	7.08	39.75	mc	5.20	5.30	7.08	37.52	mq
sezione 27	4.41	4.88	10.28	50.17	mc	4.20	4.70	10.28	48.32	mq
sezione 26	4.33	4.37	3.54	15.47	mc	5.20	4.70	3.54	16.64	mq
sezione 25	3.63	3.98	10.76	42.82	mc	5.20	5.20	10.76	55.95	mq
sezione 24	0.00	1.82	4.10	7.44	mc	0.00	2.60	4.10	10.66	mq
TOTALE RILEVATO IN TERRA				1779.66	mc	TOTALE AREE INERBIMENTO			1637.89	mq

SCAVO CANALE				
SEZIONI	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	SCAVO
	m ²	m ²	m	m ³
sezione 1c	10.10	5.05	0.00	0.00
sezione 2c	11.50	10.80	41.78	451.22
sezione 3c	11.10	11.30	40.73	460.25
sezione 4c	15.60	13.35	33.19	443.09
sezione 5c	19.20	17.40	42.54	740.20
sezione 6c	24.50	21.85	42.37	925.78
sezione 7c	29.70	27.10	19.74	534.95
sezione 8c	30.90	30.30	21.40	648.42
sezione 9c	42.00	36.45	21.78	793.88
TOT SCAVI				4997.80
SOVRAPPREZZO				4086.32

SCOGLIERA IN MASSI			
	AREA	LUNGHEZZA TRATTO	VOLUME
	m ²	m	m ³
sezione 1c	6.73	0.00	0.00
sezione 2c	6.73	41.78	281.18
sezione 3c	6.73	40.73	274.11
sezione 4c	6.73	33.19	223.37
sezione 5c	6.73	42.54	286.29
sezione 6c	6.73	42.37	285.15
sezione 7c	6.73	19.74	132.85
sezione 9c	6.73	21.78	146.58
TOTALE VOLUME MASSI			1629.53

RILEVATO PER TERRE RINFORZATE									
	ARGINE SX				ARGINE DX				TOTALE
	AREA	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOT SX	AREA	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOT DX	
	m ²	m ²	m	m ³	m ²	m ²	m	m ³	
sezione 1c	5.25	0.00	0.00	0.00	5.21	0.00	0.00	0.00	0.00
sezione 2c	7.68	6.47	41.78	270.11	5.55	5.38	41.78	224.78	494.88
sezione 3c	8.90	8.29	40.73	337.65	4.51	5.03	40.73	204.87	542.52
sezione 4c	5.40	7.15	33.19	237.31	3.00	3.76	33.19	124.63	361.94
sezione 5c	2.60	4.00	42.54	170.16	2.80	2.90	42.54	123.37	293.53
sezione 6c	2.75	2.68	42.37	113.34	2.70	2.75	42.37	116.52	229.86
sezione 7c	2.75	2.75	19.74	54.29	2.70	2.70	19.74	53.30	107.58
sezione 9c	4.93	4.93	21.78	107.38	4.71	4.71	21.78	102.58	209.96
TOTALE RILEVATO									2240.27

TERRE RINFORZATE							
	ARGINE SX			ARGINE SX			TOTALE
	PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	SUP RINFORZATA	PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	SUP RINFORZATA	
	m	m	m ²	m	m	m ²	
sezione 1c	1.72	0	0	1.72	0	0	0.00
sezione 2c	1.72	41.78	71.8616	1.72	41.78	71.8616	113.64
sezione 3c	1.72	40.73	70.0556	1.72	40.73	70.0556	110.79
sezione 4c	1.72	33.19	57.0868	1.72	33.19	57.0868	90.28
sezione 5c	1.72	42.54	73.1688	1.72	42.54	73.1688	115.71
sezione 6c	1.72	42.37	72.8764	1.72	42.37	72.8764	115.25
sezione 7c	1.72	19.74	33.9528	1.72	19.74	33.9528	53.69
sezione 9c	1.72	21.78	37.4616	1.72	21.78	37.4616	59.24
TOTALE TERRE RINFORZATE							658.59

INERBIMENTO									
	ARGINE SX				ARGINE DX				TOTALE
	PERIMETRO	MEDIA PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	AREE INERBITE	PERIMETRO	MEDIA PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	SOMMA PERIMETRI TRATTI	
	m	m	m	m ²	m	m	m	m ²	
sezione 1c	5.54	0	0	0	5.59	0	0	0	0.00
sezione 2c	6.98	6.26	41.78	261.5428	5.65	5.62	41.78	234.8036	496.35
sezione 3c	7.27	7.125	40.73	290.20125	5.31	5.48	40.73	223.2004	513.40
sezione 4c	5.21	6.24	33.19	207.1056	4.77	5.04	33.19	167.2776	374.38
sezione 5c	4.19	4.7	42.54	199.938	4.86	4.815	42.54	204.8301	404.77
sezione 6c	3.72	3.955	42.37	167.57335	2.92	3.89	42.37	164.8193	332.39
sezione 7c	3.72	3.72	19.74	73.4328	5.54	4.23	19.74	83.5002	156.93
sezione 9c	5.65	5.65	21.78	123.057	5.48	5.48	21.78	119.3544	242.41
TOTALE INERBIMENTO									2520.64

SELCIATONE			
LARGHEZZA	LUNGHEZZA	SPESSORE	TOTALE
m	m	m	m ³
2.00	242.13	0.25	121.07

SOLETTA DI FONDAZIONE TOMBINATURA			
BASE	SPESSORE	LUNGHEZZA	VOLUME MAGRONE
m	m	m	m ³
4.50	0.20	21.40	19.26

CASSEFORME PER MAGRONE DI FONDAZIONE			
QUANTITÀ	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE
	m	m	m ²
2	4.50	0.20	1.80
2	21.40	0.20	8.56
TOTALE CASSERI			10.36

RILEVATO STRADALE				
	BASE	ALTEZZA	SPESSORE	TOTALE
	m	m	m	m ³
Fondazione stradale	16.00	9.50	0.60	91.20
Geotessile	16.00	9.50		152.00
Conglomerato di base 8 cm	16.00	9.50		152.00
Binder 7 cm	16.00	9.50		152.00
Tappeto usura 3cm	16.00	9.50		152.00

1.3 Computo metrico estimativo: terza soluzione progettuale

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE					
COMPUTO METRICO ESTIMATIVO: seconda soluzione progettuale					
Progr.	descrizione delle opere e delle provviste		prezzo unitario €	quantità	prezzo tot.
FORMAZIONE LINEE D'ARGINE					
F 15009	1 Disboscamento con taglio di alberi di almeno 5 cm di diametro del tronco compreso sfrondamento e carico su autocarro: eseguito con mezzi meccanici	mq	3.80	3939	€ 14,968.66
E 15012	2 Scoticamento con asporto e carico di 20 cm di terra vegetale, radici e ceppaie: eseguito con mezzi meccanici	mq	2.40	3939	€ 9,453.89
E 15018a	3 Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dagli scavi, con distanza massima pari a 5000 m, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3	mc	7.03	2627	€ 18,469.32
F 15049	4 Stabilizzazione antiersiva di sponde e scarpate mediante geocomposito	mq	6.67	3108	€ 20,733.22
E 55004 c	5 Preparazione del terreno alla semina mediante lavorazione meccanica fino ad una profondità di 15 cm, verranno effettuati successivi passaggi di affinamento meccanico e manuale, quali l'eliminazione dei ciottoli sassi ed erbe, per superfici da 1000 mq a 5000 mq	mq	0.80	3108	€ 2,486.74
F 15008	6 Semina a spaglio su superfici piane ed inclinate mediante miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito in ragione di 40mg/mq.	mq	0.41	3108	€ 1,274.46
				TOTALE	€ 67,386.28
FORMAZIONE CANALE SECONDARIO					

A15002a	7	Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggotto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti e ceppaie e trovanti di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1500m in rocce sciolte.	mc	5.16	5142	€	26,534.27
A15003a	8	Sovrapprezzo allo scavo a sezione obbligata per ogni metro o frazione di metro di maggiore profondità oltre 2 m in rocce sciolte	mc	0.52	4107	€	2,135.77
D15001b	9	Demolizione totale di fabbricati, sia per la parte interrata che fuori terra, questa per qualsiasi altezza, compreso ogni onere e magistero per assicurare il lavoro eseguito a regola d'arte secondo le normative esistenti, eseguita con mezzi meccanici e con intervento manuale ove occorrente, incluso il carico e trasporto del materiale di risulta a discarica controllata, con esclusione degli oneri di discarica: per fabbricati in cemento armato e muratura, vuoto per pieno	mc	22.80	44	€	1,012.32
50:02:50	10	Scarificazione di massicciata stradale esistente eseguita con apposito attrezzo meccanico, per una profondità fino a cm 20, in modo da ottenere la sagoma di 1/70 di monta a falde piane, con pendenza trasversale tra il 2 % ed il 2,5 %, compresa la vagliatura e la raccolta in cumuli del materiale riutilizzabile ed il trasporto a rifiuto di quello inutilizzabile, fuori delle pertinenze stradali, con qualsiasi mezzo fino ad una distanza stradale di 10 km su aree individuate nel progetto, carico e scarico compresi, esclusi gli eventuali oneri di discarica che saranno compensati a parte; nel prezzo è pure compensato l'onere per la cilindratura a fondo della superficie scarificata in modo da ottenere la massima costipazione.	m ²	3.67	152	€	557.84
A35010a	11	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R, per operazioni di media-grande entità, eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura, con i seguenti dosaggi:	mc	80.20	203	€	16,319.90
A35015b	12	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo, per opere di fondazione: pannelli misti legno-ferro	m ²	19.60	172	€	3,371.55
A35024c	13	Rete elettrosaldata in acciaio qualità B450 C o B450 A prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP, a maglia quadra di qualsiasi dimensione per armature di conglomerato cementizio prelaborato e pretagliata a misura, posta in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legatura, ecc.: compreso ogni sfrido, legatura, ecc.:	kg	1.44	183	€	263.72

Elenco prezzi euroambiente	14	<p>Fornitura e posa in opera di elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbobibrocompreso a sezione rettangolare interna, di dimensioni interne 3.6x2-2m, con armatura idonea e sistema di giunzione con incastro a bicchiere (a richiesta con anello di tenuta in gomma conforme UNI EN 681-1) I manufatti dovranno essere costruiti in conformità alle Norme UNI EN 14844:2006 marcatura CE , D.M. 14/01/08 Lavori Pubblici, UNI 206-1, UNI8981, EN 13760:2008 e UNI 8520/2 per carichi stradali di prima categoria con ricoprimento minimo 20 cm e max 1.7 cm dall'estradosso superiore. E' a carico dell'impresa produrre tutti i calcoli di verifica statica dei manufatti. Il prezzo è comprensivo di eventuale stivaggio, calo dei manufatti nello scavo previa formazione di idonea soletta armata di sottofondo realizzata in calcestruzzo R cK=250 e armatura idonea realizzata con doppia rete elettrosaldada Feb 44k di 15x15 diam. 8mm . La soletta dovrà risultare perfettamente piana per consentire la corretta posa in opera dei manufatti e dovrà avere uno spessore minimo di 20 cm. I punti di giunzione ed eventuali fori predisposti per il calaggio dei manufatti dovranno essere sigillati con apposite malte espansive. E' inoltre comprensivo nel prezzo la realizzazione in opera di eventuali deviazioni angolari, demolizioni dei punti indicati dalla D.L. ed eventuale formazione di pozzetti in muratura intonacata fino a quota campagna come previsto dalla D.L. A richiesta della D.L. la giunzione tra gli elementi dovrà essere realizzata con apparecchiature idrauliche o manuali di tiro (tipo Tir-For), ed il controllo della livelletta sarà garantita da apparecchiature di tipo laser. Nel prezzo è altresì compreso l'onere per il collaudo dell'opera in conformità alle Norme EN 1610 e al Decreto Ministero Lavori Pubblici 12.12.1985 .</p>	m	1900.00	21	€ 40,660.00
A35012b	15	<p>Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza, classe di esposizione XC1, gettato in opera, per operazioni di media-grande entità, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi per opere in elevazione: classe di resistenza a compressione C 28/35 (Rck 35 N/mmq)</p>	mc	152.04	824	€ 125,220.76
A35015b	16	<p>Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso armo, disarmante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo, per opere in elevazione: pannelli misti legno-ferro</p>	mq	18.46	1799	€ 33,214.96
A35023e	17	<p>Acciaio in barre del tipo B450 C prodotto da azienda in possesso di Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP per armature di conglomerato cementizio, prelaborato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legatura, ecc., nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge: diametro 14 ÷ 30 mm</p>	kg	1.35	65888	€ 88,949.24
F15024	18	<p>Selciatoine realizzato con grossi massi sbozzati di pietra scistosa o granitica provenienti da cave, eseguito sotto sagoma con chiusura dei fori mediante piccole scaglie, compreso lo scavo e lo spianamento del piano d'appoggio</p>	mc	52.43	234	€ 12,254.92

E15010	19	Rinterro compreso l'avvicinamento dei materiali, il compattamento a strati dei materiali impiegati fino al raggiungimento delle quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto: con materiale di risulta proveniente da scavo	mc	7.36	2476	€	18,221.92
E15018a	20	Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dagli scavi, con distanza massima pari a 5000 m, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3	mc	7.03	39	€	276.14
E15018a	21	Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, il compattamento a strati fino alla densità prescritta, l'inumidimento, la profilatura dei cigli, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato compiuto a perfetta regola d'arte: per materiali provenienti dalle cave, compresa la fornitura, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 o equivalente materia prima secondaria proveniente da impianti di recupero rifiuti-inerti	mc	17.35	1543	€	26,763.48
F15049	22	Stabilizzazione antierosiva di sponde e scarpate mediante geocomposito	mq	6.67	1783	€	11,891.66
E55004 c	23	Preparazione del terreno alla semina mediante lavorazione meccanica fino ad una profondità di 15 cm, verranno effettuati successivi passaggi di affinamento meccanico e manuale, quali l'eliminazione dei ciottoli sassi ed erbe, per superfici da 1000 mq a 5000 mq	mq	0.80	1783	€	1,426.29
F15008	24	Semina a spaglio su superfici piane ed inclinate mediante miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito in ragione di 40mg/mq.	mq	0.41	1783	€	730.97
U.05.20.80	25	Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale, compresa l'eventuale fornitura dei materiali di apporto o la vagliatura per raggiungere la idonea granulometria, acqua, prove di laboratorio, lavorazione e costipamento dello strato con idonee macchine, compresa ogni fornitura, lavorazione ed onere per dare il lavoro compiuto secondo le modalità prescritte nelle Norme Tecniche, misurata in opera dopo costipamento	mc	15.85	91	€	1,445.52
E15022	26	Stabilizzazione di sottofondo mediante geotessile nontessuto realizzato al 100% in polipropilene a filamenti continui spunbonded agglomerato mediante il sistema dell'agugliatura meccanica, stabilizzato ai raggi UV avente le seguenti caratteristiche: resistenza a trazione longitudinale e trasversale > 19 kN/m (EN ISO 10319), resistenza a punzonamento CBR > 2800 N (EN ISO 12236), permeabilità verticale > 70 l/mqs (EN ISO 11058), marchiatura dei rotoli secondo la normativa EN ISO 10320.	mq	2.65	152	€	402.80
E15027a	27	Conglomerato bituminoso per strato di base costituito da miscela di pietrisco di diametro da 3 a 6 cm e sabbia, impastato a caldo con bitume in misura tra il 2% ed il 3% del peso degli inerti, in idonei impianti di dosaggio, conformemente alle norme CNR, steso in opera con vibrofinitrici, costipato con rulli compressori, compreso ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 8 cm	mq	11.72	152	€	1,781.44

E15028b	28	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) costituito da miscela di pietrischetto, graniglia e sabbia dimensione massima fino a 3 cm e da bitume puro in ragione del 4 ÷ 5%, confezionato a caldo in idonei impianti, steso in opera con vibrofinitrici, e costipato con appositi rulli; compreso ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 6 cm	mq	9.42	152	€ 1,781.44
E15029a	29	Conglomerato bituminoso per strato di usura (tappetino), ottenuto con pietrischetto e graniglie avente perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR BU n° 34), confezionato a caldo in idoneo impianto, in quantita non inferiore al 5% del peso degli inerti, conformi alle prescrizioni del CsdA; compresa la fornitura e stesa del legante di ancoraggio in ragione di 0,7 kg/mq di emulsione bituminosa al 55%; steso in opera con vibrofinitrice meccanica e costipato con appositi rulli fino ad ottenere l'indice dei vuoti prescritto dal CsdA; compresa ogni predisposizione per la stesa ed onere per dare il lavoro finito: spessore reso sino a 3 cm	mq	6.82	152	€ 1,781.44
D15118	30	Trasporto a discarica controllata di materiali di risulta, provenienti da demolizioni, con autocarro di portata fino a 50 q, compresi carico, viaggio di andata e ritorno e scarico con esclusione degli oneri di discarica	mc	46.89	2489	€ 116,701.33
D15125a	31	Oneri di discarica, al netto del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi, istituito con legge 28/12/1995 n° 549, art. 3, commi 24 e 28. Detto tributo, del quale vedi gli estremi alla successiva lettera b), andra aggiunto agli oneri di discarica di cui al punto a). Si precisa che il tributo di cui alla lettera b) non si applica qualora i materiali di risulta o i rifiuti vengano conferiti in impianti di trattamento con recupero degli stessi: inerti (calcolati in base al volume effettivo di scavo e demolizione)	mc	6.63	2489	€ 16,500.96
E55043	32	Piante messe a dimora, compresa la fornitura delle stesse, scavo, piantagione, reinterro, formazione di conca e fornitura e collocamento di palo tutore di castagno impregnato con Sali di rame: piante con zolla ad alto fusto altezza 4,00 ÷ 4,50 m	cad	400.00	30	€ 12,000.00
E55044	33	Piante messe a dimora, compresa la fornitura delle stesse, scavo, piantagione, reinterro, formazione di conca e fornitura e collocamento di palo tutore di castagno impregnato con Sali di rame: piante con zolla a fusto, altezza 3,00 ÷ 3,50 m:	cad	200.00	30	€ 6,000.00
					TOTALE	€ 568,200.63
TOTALE						€ 635,586.91

CALCOLO VOLUMI RILEVATO IN TERRA					CALCOLO AREE INERBIMENTO						
SEZIONE	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	VOLUMI RILEVATO		PERIMETRO INERBITO	MEDIE PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	ARRE INERBITE		
	m ²	m ²	m	m ³		m ²	m ²	m	m ³		
sezione 53	3.53	1.77	0.00	0.00	mc	5.18	2.59	0.00	0.00	mq	
sezione 52	3.67	3.60	42.44	152.78	mc	5.20	5.19	42.44	220.19	mq	
sezione 51	4.01	3.84	48.65	186.82	mc	5.28	5.24	48.65	254.93	mq	
sezione 50	3.61	3.81	40.00	152.40	mc	5.14	2.64	40.00	105.60	mq	
sezione 49	5.86	4.74	38.00	179.93	mc	6.56	5.92	38.00	224.96	mq	
sezione 48	4.08	4.97	20.96	104.17	mc	5.78	6.17	20.96	129.32	mq	
sezione 47	5.50	4.79	12.55	60.11	mc	6.38	6.08	12.55	76.30	mq	
sezione 46	4.83	5.17	8.37	43.23	mc	6.08	6.23	8.37	52.15	mq	
sezione 45	4.04	4.44	6.80	30.16	mc	6.50	6.29	6.80	42.77	mq	
sezione 44	5.48	4.76	7.11	33.84	mc	6.28	6.39	7.11	45.43	mq	
sezione 43	5.17	5.33	7.00	37.28	mc	5.88	6.08	7.00	42.56	mq	
sezione 42	5.95	5.56	7.91	43.98	mc	6.48	6.18	7.91	48.88	mq	
sezione 41	6.23	6.09	6.20	37.76	mc	6.58	6.53	6.20	40.49	mq	
sezione 40	6.33	6.28	6.55	41.13	mc	6.60	6.59	6.55	43.16	mq	
sezione 39	6.37	6.35	10.62	67.44	mc	6.66	6.63	10.62	70.41	mq	
sezione 38	5.80	6.09	6.53	39.74	mc	6.80	6.73	6.53	43.95	mq	
sezione 37	4.94	5.37	10.30	55.31	mc	5.86	6.33	10.30	65.20	mq	
sezione 36	1.56	3.25	8.47	27.53	mc	3.32	4.59	8.47	38.88	mq	
sezione 35	1.61	1.59	2.99	4.74	mc	3.34	3.33	2.99	9.96	mq	
sezione 34	1.82	1.72	7.16	12.28	mc	4.00	3.67	7.16	26.28	mq	
sezione 33	1.66	1.74	7.16	12.46	mc	3.40	3.70	7.16	26.49	mq	
sezione 32	1.39	1.53	5.66	8.63	mc	3.20	3.30	5.66	18.68	mq	
sezione 31	1.17	1.28	6.83	8.74	mc	3.10	3.15	6.83	21.51	mq	
sezione 30	2.59	1.88	5.61	10.55	mc	4.00	3.55	5.61	19.92	mq	
sezione 29	2.28	2.44	8.43	20.53	mc	4.20	4.10	8.43	34.56	mq	
sezione 28	2.91	2.60	7.08	18.37	mc	4.40	4.30	7.08	30.44	mq	
sezione 27	3.36	3.14	10.28	32.23	mc	4.40	4.40	10.28	45.23	mq	
sezione 26	3.14	3.25	3.54	11.51	mc	4.40	4.40	3.54	15.58	mq	
sezione 25	0.00	1.57	10.76	16.89	mc	0.00	2.20	10.76	23.67	mq	
TOTALE RILEVATO IN TERRA				1450.53	mc	TOTALE AREE INERBIMENTO				1817.50	mq

CALCOLO VOLUMI RILEVATO IN TERRA					CALCOLO AREE INERBIMENTO					
SEZIONE	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	VOLUMI RILEVATO		PERIMETRO INERBITO	MEDIE PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	ARRE INERBITE	
	m ²	m ²	m	m ³		m	m	m	m ²	
sezione 53	3.49	1.75	0.00	0.00	mc	5.24	2.62	0.00	0.00	mq
sezione 52	3.62	3.56	42.44	150.87	mc	5.24	5.24	42.44	222.39	mq
sezione 51	3.54	3.58	48.65	174.17	mc	5.10	5.17	48.65	251.52	mq
sezione 50	5.11	4.33	40.00	173.00	mc	6.30	2.55	40.00	102.00	mq
sezione 49	6.00	5.56	38.00	211.09	mc	6.64	5.87	38.00	223.06	mq
sezione 48	7.01	6.51	20.96	136.34	mc	7.10	6.87	20.96	144.00	mq
sezione 47	6.65	6.83	12.55	85.72	mc	7.00	7.05	12.55	88.48	mq
sezione 46	6.84	6.75	8.37	56.46	mc	7.08	7.04	8.37	58.92	mq
sezione 45	9.10	7.97	6.80	54.20	mc	7.80	7.44	6.80	50.59	mq

sezione 28	5.35	2.68	7.08	18.94	mc	5.20	2.60	7.08	18.41	mq	
sezione 27	4.41	4.88	10.28	50.17	mc	4.20	4.70	10.28	48.32	mq	
sezione 26	4.33	4.37	3.54	15.47	mc	5.20	4.70	3.54	16.64	mq	
sezione 25	3.63	3.98	10.76	42.82	mc	5.20	5.20	10.76	55.95	mq	
sezione 24	0.00	1.82	4.10	7.44	mc	0.00	2.60	4.10	10.66	mq	
TOTALE RILEVATO IN TERRA				1176.69	mc	TOTALE AREE INERBIMENTO				1290.93	mq

SCAVO CANALE				
SEZIONI	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	SCAVO
	m ²	m ²	m	m ³
sezione 0c	8.90	4.45	0.00	0.00
sezione 1c	8.90	8.90	25.00	222.50
sezione 2c	10.48	9.69	41.78	404.85
sezione 3c	9.54	10.01	40.73	407.71
sezione 4c	14.57	12.06	33.19	400.11
sezione 5c	18.93	16.75	42.54	712.55
sezione 6c	24.50	21.72	42.37	920.06
sezione 7c	31.70	28.10	19.74	554.69
sezione 8c	33.50	32.60	21.40	697.64
sezione 9c	42.00	37.75	21.78	822.20
collegamento	8.90	8.90	10.00	89.00
TOT SCAVI				5,142.30
SOVRAPPREZZO				4,107.24

SOLETTA DI FONDAZIONE TOMBINATURA			
BASE	SPESSORE	LUNGHEZZA	VOLUME CLS
m	m	m	m ³
4.50	0.20	21.40	19.26

CASSEFORME PER FONDAZIONE TOMBINATURA			
QUANTITÀ	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE
	m	m	m ²
2	4.50	0.20	1.80
2	21.40	0.20	8.56
TOTALE CASSERI			10.36

MAGRONE DI FONDAZIONE PER MURO A MENSOLA				
QUANTITÀ	BASE	ALTEZZA	LUNGHEZZA	VOLUME
	m	m	m	m ³
2	2.30	0.15	267.00	184.23

CASSEFORMA PER MAGRONE DI FONDAZIONE PER MURO A MENSOLA			
QUANTITÀ	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE
	m	m	m ²
4	2.30	0.15	1.38
4	267.13	0.15	160.28
TOTALE CASSERI			161.66

CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER MURO A MENSOLA				
	AREA	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOTALE
	m ²	m ²	m	m ³
sezione 0c	2.85	2.85	0.00	0.00
sezione 1c	2.85	2.85	25.00	71.15
sezione 2c	2.92	2.88	41.78	120.45
sezione 3c	2.98	2.95	40.73	120.15
sezione 4c	3.64	3.31	33.19	109.86
sezione 5c	2.78	3.21	42.54	136.55
sezione 6c	2.84	2.81	42.37	119.06
sezione 7c	2.84	2.84	19.74	56.06
sezione 9c	2.84	2.84	21.78	61.86
collegamento	2.85	2.85	10.00	28.46
TOTALE				823.60

CASSEFORME PER MURO A MENSOLA								
	FONDAZIONE				MURO			
	quantità	Base	altezza	Superficie	quantità	Base	altezza	Superficie
		m	m	m ²		m	m	m ²
Tratto 0c-1c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.85	0.25	1.43
	2.00	25.00	0.35	17.50	2.00	25.00	2.85	142.50
Tratto 1c-2c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	3.00	0.25	1.50
	2.00	41.78	0.35	29.25	2.00	41.78	3.00	250.68
Tratto 2c-3c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.90	0.25	1.45
	2.00	40.73	0.35	28.51	2.00	40.73	2.90	236.23
Tratto 3c-4c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.85	0.25	1.43
	2.00	33.19	0.35	23.23	2.00	33.19	2.85	189.18
tratto 4c-5c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.73	0.25	1.37
	2.00	42.54	0.35	29.78	2.00	42.54	2.73	232.27
tratto 5c-6c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.85	0.25	1.43
	2.00	42.37	0.35	29.66	2.00	42.37	2.85	241.51
tratto 6c-7c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.75	0.25	1.38
	2.00	19.74	0.35	13.82	2.00	19.74	2.75	108.57
Tratto 8c-9c	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.80	0.25	1.40
	2.00	21.78	0.35	15.25	2.00	21.78	2.80	121.97
collegamento	2.00	2.00	0.35	1.40	2.00	2.85	0.25	1.43
	2.00	10.00	0.35	7.00	2.00	10.00	2.85	57.00
TOTALE CASSERI								1799.29

RILEVATO									
	ARGINE SX				ARGINE DX				TOTALE
	AREA	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOT SX	AREA	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOT DX	
	m ²	m ²	m	m ³	m ²	m ²	m	m ³	m ³
sezione 1c	2.15	2.15	0.00	0.00	2.11	2.11	0.00	0.00	0.00
sezione 1c	6.00	4.08	25.00	101.88	2.06	2.09	25.00	52.13	154.00
sezione 2c	8.54	7.27	41.78	303.74	2.16	2.11	41.78	88.16	391.90
sezione 3c	10.44	9.49	40.73	386.53	2.47	2.32	40.73	94.29	480.82
sezione 4c	6.33	8.39	33.19	278.30	1.06	1.77	33.19	58.58	336.88
sezione 5c	0.46	3.40	42.54	144.42	0.40	0.73	42.54	31.05	175.48
sezione 6c	0.40	0.43	42.37	18.22	0.20	0.30	42.37	12.71	30.93
sezione 7c	0.40	0.40	19.74	7.90	0.20	0.20	19.74	3.95	11.84
TOTALE RILEVATO									1581.84

INERBIMENTO									
	ARGINE SX				ARGINE DX				TOTALE
	PERIMETRO	MEDIA PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	SOMMA PERIMETRI TRATTI	PERIMETRO	MEDIA PERIMETRO	LUNGHEZZA TRATTO	SOMMA PERIMETRI TRATTI	
	m	m	m	m ²	m	m	m	m ²	m ²
sezione 0c	2.93	2.93	0.00	0.00	2.93	2.93	0.00	0.00	
sezione 1c	4.72	3.83	25.00	95.63	2.87	2.90	25.00	72.50	168.13
sezione 2c	6.28	5.50	41.78	229.79	2.93	2.90	41.78	121.16	350.95
sezione 3c	6.66	6.47	40.73	263.52	3.17	3.05	40.73	124.23	387.75
sezione 4c	5.40	6.03	33.19	200.14	2.05	2.61	33.19	86.63	286.76
sezione 5c	1.39	3.40	42.54	144.42	1.17	1.61	42.54	68.49	212.91
sezione 6c	1.48	1.44	42.37	60.80	0.67	0.92	42.37	38.98	99.78
sezione 7c	1.48	1.48	19.74	29.22	0.67	0.67	19.74	13.23	42.44
sezione 9c	5.32	5.32	21.78	115.87	5.43	5.43	21.78	118.27	234.14
TOTALE INERBIMENTO									1782.86

RILEVATO STRADALE				
	BASE	ALTEZZA	SPESSORE	TOTALE
	m	m	m	m ³
Fondazione stradale	16.00	9.50	0.60	91.20
Geotessile	16.00	9.50		152.00
Conglomerato di base 8 cm	16.00	9.50		152.00
Binder 7 cm	16.00	9.50		152.00
Tappeto usura 3cm	16.00	9.50		152.00

REINTERRO				
	AREA SEZIONE	MEDIA AREE	LUNGHEZZA TRATTO	TOTALE
	m ²	m ²	m	m ³
sezione 0c	2.96	0.00	0.00	0.00
sezione 1c	2.96	2.96	25.00	74.00
sezione 2c	3.68	3.32	41.78	138.71
sezione 3c	3.30	3.49	40.73	142.15
sezione 4c	6.10	4.70	33.19	155.99
sezione 5c	8.55	7.33	42.54	311.61
sezione 6c	12.20	10.38	42.37	439.59
sezione 7c	18.84	15.52	19.74	306.36
sezione 8c	19.90	19.90	21.40	425.86
sezione 9c	20.75	20.75	21.78	451.94
collegamento	2.96	2.96	10.00	29.60
			TOTALE	2475.80

2. ANALISI MULTICRITERI

2.1 Analisi multicriteri: prima soluzione progettuale

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE VALUTAZIONE IDRAULICA – AMBIENTALE: prima soluzione progettuale											
Pesi comparti		0.2			0.3			0.5			
Comparti		Habitat			Valorizzazione			Protezione idraulica			
Interventi		Varietà vegetazionale	Ittiofauna	Fauna terrestre	Impatto paesaggistico	Accessibilità	Fruibilità	Funzionalità idraulica	Capacità di laminazione	Sicurezza idraulica	influenza sulle condizioni a valle
Pesi attributi comparti		0.35	0.45	0.2	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.35	0.2
Difesa idraulica	Creazione di area ad esondazione controllata				5			8	10	10	9
	Realizzazione di arginature a contenimento delle aree di espansione e a protezione delle aree urbanizzate				4	4				10	
	Realizzazione arginatura in frodo per contenimento delle piene fluviali				5	4		9	5	10	5
	Realizzazione canale diversivo										
	Realizzazione della canalizzazione e deviazione corso d'acqua										
Modalità costruttive	Difese spondali in massicciate inerbite e terre armate										
	Difese spondali in terra stabilizzate con geocomposito	7	7	7	5			8			5
	Difese spondali in cemento armato										
Manutenzioni e compensazioni	Rimozione di sedimenti in alveo				5	9		8			
	Rimozione rifiuti dall'alveo e dalle sponde		7		10	9	8				
	Piantumazione alberature										
media dei voti		7.0	7.0	7.0	5.7	6.5	8.0	8.3	7.5	10.0	6.3
voto per comparto pesato		7.0			6.6			8.3			
voto intervento (voto A)		7.5									

percentuale interventi [%]	25.45
voto C	7.0

VOTO TOTALE (0.7·A + 0.3·C)	7.4
------------------------------------	------------

2.2 Analisi multicriteri: seconda soluzione progettuale

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE VALUTAZIONE IDRAULICA – AMBIENTALE: seconda soluzione progettuale											
Pesi comparti		0.2			0.3			0.5			
Comparti		Habitat			Valorizzazione			Protezione idraulica			
Interventi		Varietà vegetazionale	Ittiofauna	Fauna terrestre	Impatto paesaggistico	Accessibilità	Fruibilità	Funzionalità idraulica	Capacità di laminazione	Sicurezza idraulica	influenza sulle condizioni a valle
Pesi attributi comparti		0.35	0.45	0.2	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.35	0.2
Difesa idraulica	Creazione di area ad esondazione controllata										
	Realizzazione di arginature a contenimento delle aree di espansione e a protezione delle aree urbanizzate										
	Realizzazione arginatura in frodo per contenimento delle piene fluviali				5	4		9	4	10	4
	Realizzazione canale diversivo				5	4		9	4	10	4
	Realizzazione della canalizzazione e deviazione corso d'acqua										
Modalità costruttive	Difese spondali in massicciate inerbite e terre armate	7	5	7	7			8			5
	Difese spondali in terra stabilizzate con geocomposito										
	Difese spondali in cemento armato										
Manutenzioni e compensazioni	Rimozione di sedimenti in alveo										
	Rimozione rifiuti dall'alveo e dalle sponde										
	Piantumazione alberature	9		8	7	5	7				
media dei voti		8.0	5.0	7.5	6.0	4.3	7.0	8.7	4.0	10.0	4.3
voto per comparto pesato		6.6			5.8			7.3			
voto intervento (voto A)		6.7									

percentuale interventi [%]	20.91
voto C	7.0

VOTO TOTALE (0.7·A + 0.3·C)	6.8
------------------------------------	------------

2.3 Analisi multicriteri: terza soluzione progettuale

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN COMUNE DI RENATE											
VALUTAZIONE IDRAULICA – AMBIENTALE: terza soluzione progettuale											
Pesi compartì		0.2			0.3			0.5			
Compartì		Habitat			Valorizzazione			Protezione idraulica			
Interventi		Varietà vegetazionale	Ittiofauna	Fauna terrestre	Impatto paesaggistico	Accessibilità	Fruibilità	Funzionalità idraulica	Capacità di laminazione	Sicurezza idraulica	influenza sulle condizioni a valle
Pesi attributi compartì		0.35	0.45	0.2	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.35	0.2
Difesa idraulica	Creazione di area ad esondazione controllata										
	Realizzazione di arginature a contenimento delle aree di espansione e a protezione delle aree urbanizzate										
	Realizzazione arginatura in froldo per contenimento delle piene fluviali				5	4		9	4	10	4
	Realizzazione canale diversivo										
	Realizzazione della canalizzazione e deviazione corso d'acqua				5	4		9	4	10	4
Modalità costruttive	Difese spondali in massicciate inerbite e terre armate										
	Difese spondali in terra stabilizzate con geocomposito										
	Difese spondali in cemento armato	4	4	4	4			9			4
Manutenzioni e compensazioni	Rimozione di sedimenti in alveo										
	Rimozione rifiuti dall'alveo e dalle sponde										
	Piantumazione alberature	9		8	7	5	7				
media dei voti		6.5	4.0	6.0	5.3	4.3	7.0	9.0	4.0	10.0	4.0
voto per comparto pesato		5.3			5.5			7.4			
voto intervento (voto A)		6.4									

percentuale interventi [%]	20.91
voto C	7.0

VOTO TOTALE (0.7·A + 0.3·C)	6.6
------------------------------------	------------

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Autorità di Bacino del Fiume Po, (2001) “Piano di stralcio per l’Assetto idrogeologico – Direttive tecniche”
- [2] Keifer C.J., Chu H.H. (1957) “Synthetic storm pattern for drainage design”. Journal of Hydraulic Division, ASCE HY4, vol.83.
- [3] A. Columbo (1960): “La fognatura di Milano”, Quaderni della Città di Milano, n° 8, Ed. Comunali, Milano
- [4] MIGNOSA P., PAOLETTI A. (1986), “URBIS” Programma di Idrologia urbana
- [5] U.S. Army Engineer Hydrologic Engineering Center (USAHEC) (2010), “HEC-4.1, Water-Surface Profiles User’s Manual,” Davis, CA.
- [6] Autorità di Bacino del Fiume Po, (2001) “Piano di stralcio per l’Assetto idrogeologico – Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce “A” e “B)”
- [7] Autorità di Bacino del Fiume Po, (2001), “Piano di stralcio per l’Assetto idrogeologico - “variante al piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) – fasce fluviali del Fiume Lambro nel tratto dal lago di Pusiano alla confluenza con il deviatore Redefossi”
- [8] Moser D., (1997), “The use of risk analysis by the US Army Corps of Engineers, Hydrology & Hydraulic Workshop on Risk-Based Analysis for Flood Damage Reduction Studies”

- [9] Commissione Europea, (2006), “Documenti di lavoro metodologici - Orientamenti metodologici per la realizzazione delle analisi costi benefici”
- [10] U.S. Army Engineer Hydrologic Engineering, (2003), “Generic Depth-Damage Relationships for Residential Structures with Basements - CECW-PG”, Washington
- [11] James L. D., Lee R. R., (1971), “Economics of water resources planning”, Mc Graw-Hill, New York
- [12] Environment agency, (2011), “River Wensum Restoration Strategy - Feasibility & Environmental Scoping Assessment”, Norwich
- [13] A. Bianchi, E. Laniado, (1983), “Messa a punto di un metodo per la valutazione a priori dei danni alle piene lacuali”, Milano
- [14] Johnson N. L. Jr., (1976), “Economics of permanent flood – plain evacuation”, Jour. Irr. Drainage Div. , Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 102, IR3