INDICE

1 PREMESSA 2

2 CARATTERISTICHE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO 2

3 PLUVIOMETRIA 3

3.1 PIOGGE MENSILI E ANNUE 3
3.2 PIOGGE DI MASSIMA INTENSITÀ E BREVE DURATA 3

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO 6

5 INTERVENTI PREVISTI 6

6 VERIFICHE IDRAULICHE 8

6.1 ACQUE SUPERFICIALI 8
6.1.1 Portate di progetto 8
6.1.2 Metodologie di calcolo 9
6.1.3 Risultati 12
6.2 ACQUE DI INFILTRAZIONE 16

7 STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO 16

ALLEGATO A – VERFICHE IDRAULICHE
ALLEGATO B – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1 PREMESSA

Di seguito è riportata la verifica e il dimensionamento idraulico delle opere connesse all'ampliamento della discarica di inerti in località Pria Tecci in comune di Vado Ligure, Provincia di Savona.

L'area è ubicata in corrispondenza della galleria Fornaci dell'autostrada dei fiori A10 Genova-Ventimiglia (vedi figura 1); l'intervento interferisce con il reticolo idrografico minore del bacino del torrente Segno.

Le opere previste sono finalizzate al corretto smaltimento delle acque superficiali con particolare riferimento al ripristino della funzionalità idraulica del rio Tecci mediante nuova inalveazione lungo il bordo occidentale della discarica ed alla realizzazione di un nuovo canale di gronda lungo il perimetro orientale della stessa.

Per maggior salvaguardia ambientale l'intervento prevede inoltre la realizzazione di una vasca di sedimentazione a monte della confluenza con il corso d'acqua naturale in modo da mitigare gli effetti di torbidità dell'acqua in occasione di eventi meteoclimatici significativi durante le fasi di coltivazione della discarica.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (art.1, comma 1, D.L. 180/98, convertito in L. 267/98) della Provincia di Savona, approvato con DCP n. 17 del 29.03.2004*.

2 CARATTERISTICHE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO

L'area oggetto di intervento è ubicata in comune di Vado Ligure in corrispondenza della galleria Fornaci dell'autostrada dei fiori A10.

Il reticolo idrografico interferente con l'ampliamento della discarica è costituito dal rio Tecci.

Il rivo, alla sezione di chiusura in corrispondenza del piede della discarica, sottende un bacino di 0.25 km² compreso tra le quote di 430 m s.l.m. e 110 m s.l.m. circa, alla sezione di chiusura a monte della discarica , sottende un bacino di 0.17 km² compreso tra le quote di 430 m s.l.m. e 175m s.l.m. circa; il bacino presenta una forma allungata assimilabile ad un rettangolo con il lato più lungo orientato in direzione NO-SE.

L'asta principale risulta a cielo libero fino al limite della discarica e tombinata per il tratto di valle fino alla confluenza nel rio principale affluente diretto del torrente Segno (vedi figura 2).

In corrispondenza dell'inizio della discarica è presente uno scolmatore nel caso in cui la tombinatura andasse in pressione, tale scolmatore convoglia le acque in due tubi DN 1000 che attraversano il viadotto autostradale.

L’area drenata dal canale di gronda è pari a 0.04 km².

Nelle figure 3Ae 3B sono riportati i limiti dei bacini idrografici.

L’area non risulta urbanizzata e risulta caratterizzata dalla presenza di vegetazione arborea ed arbustiva.

Il rio Tecci, alla sezione di chiusura in corrispondenza dell’attraversamento di via Lazio, sottende un bacino di 0.32 km².

3 PLUVIOMETRIA

Al fine della determinazione delle portate di drenaggio delle acque profonde e delle acque meteoriche drenate dalle superfici coperte, dalla viabilità e afferenti all’area d’intervento dai pendii circostanti, è stata effettuata un'indagine conoscitiva volta alla determinazione delle fonti e della disponibilità dei dati pluviometrici validi per l’area in oggetto.

La stazione pluviometrica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale più vicina all’area è quella di Montagna che presenta una notevole serie storica d’osservazioni (40 anni), con dati di precipitazione massima rilevati, seppure in forma discontinua, a partire dal 1935 sino al 1989.

3.1 PIOGGE MENSILI E ANNUE

Della stazione pluviometrica di Montagna sono disponibili i dati storici di precipitazione mensile ed annua per il periodo dal 1926 al 1950 per un totale di 25 anni di osservazione.

In tabella I-a sono riportati anno per anno tali valori.

Dall’osservazione dei dati storici si nota come la piovosità media mensile presenti un andamento del tipo bimodale con un massimo più pronunciato in autunno (199 mm a novembre) ed uno più contenuto a primavera (142 mm a Maggio), ed un minimo assoluto in estate (38 mm a luglio).

La piovosità media annua è pari a 1386 mm con un minimo di 792 mm nel 1944 ed un massimo di 2560 mm nel 1926.

3.2 PIOGGE DI MASSIMA INTENSITÀ E BREVE DURATA

Fra i dati storici disponibili sono stati individuati e analizzati quelli delle precipitazioni massime annuali con durate 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Tali valori sono riportati anno per anno in tabella I-b.

Analisi statistica

I valori delle precipitazioni intense così raccolti hanno fornito la base dell'analisi probabilistica, finalizzata alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica per durate da 1 a 24 ore e inferiori ad un'ora per assegnati periodi di ritorno.

Le elaborazioni sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia massime annuali per ciascuna durata utilizzando diverse leggi probabilistiche ed individuando quella che meglio si adatta a rappresentare il fenomeno.

In particolare, indicando con h[mm] la variabile altezza di pioggia, con P(h) la sua probabilità cumulata, con m(h) la media e con s(h) lo scarto quadratico medio, sono state utilizzate:

distribuzione asintotica del massimo valore del tipo I (di Gumbel):

$$P(h) = \exp\left[-\exp\left[-a * (h-u)\right]\right]$$

con:

$$a = \frac{1.283}{s(h)}$$

$$u = m(h) - \frac{0.577}{a}$$

Distribuzione log-normale a due parametri (di Galton):

$$P(h) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{u} e^{-\frac{1}{2} \cdot u^2} \cdot du$$

con:

$$u = a * \ln(h) + b$$

$$a = \left[\ln\left(1 + \left(\frac{s(h)}{m(h)}\right)^2\right)\right]^{-0.5}$$

$$b = \frac{0.5}{a} - a * \ln\left(m(h)\right)$$

Distribuzione Gamma a due parametri (di Pearson):

$$P(h) = \frac{\alpha^{\gamma}}{\Gamma(\gamma)} \cdot \int_0^h e^{-\alpha \cdot h} \cdot h^{\gamma-1} \cdot dh$$

con:

$$\alpha = \frac{m(h)}{s^2(h)}$$

$$\gamma = \left[\frac{m(h)}{s(h)} \right]^2$$

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} e^{-u} \cdot u^{\gamma-1} \cdot du$$

Per le serie di ciascuna durata e per ognuna delle tre distribuzioni di probabilità si sono dedotte le stime dei parametri caratteristici utilizzando per la stima di m(h) e s(h) il metodo dei momenti. Successivamente sono state ricavate le stime delle funzioni di probabilità cumulata P(h).

Per il calcolo delle frequenze osservate è stata utilizzata la formula di Gringorten per la stima della "plotting position":

$$F(i) = \frac{i - 0.44}{N + 0.12}$$

dove i è il numero d'ordine delle osservazioni e N il numero totale delle osservazioni.

Dovendo identificare la distribuzione teorica che porge globalmente la miglior regolarizzazione dei campioni sperimentali si è eseguito il test d'adattamento del chi-quadro (o di Pearson).

In particolare per ciascuna durata si è suddiviso il campo d'esistenza della variabile altezza di precipitazione in un numero d'intervalli, tali da rispettare il principio dell'equiprobabilità, in modo che ogni classe individuata contenesse almeno cinque osservazioni sperimentali.

I risultati delle verifiche sono riassunti in tabella II in cui per ciascuna distribuzione e per ciascuna durata esaminata sono riportati i valori della variabile χ^2 risultante e della sua probabilità di superamento per le due distribuzioni a (k-1) e (k-1-n) gradi di libertà, avendo indicato con k il numero delle classi e con n il numero dei parametri della distribuzione esaminata.

Dall'analisi dei risultati dei test la condizione di probabilità di superamento della variabile χ^2 superiore a 0.05 (livello di significatività del test, corrispondente alla probabilità di rifiutare l'ipotesi giusta) risulta soddisfatta nella totalità dei casi esaminati.

La distribuzione di probabilità che porge globalmente i valori più bassi della variabile χ^2 è risultata la distribuzione Log-normale a 2 parametri.

Curve di probabilità pluviometrica

Verificata la bontà dell'adattamento delle suddette leggi di probabilità ai valori storici osservati sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h[mm] rappresenta l'altezza di pioggia per la durata t[ore] dell'evento, mentre a ed n sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di a e di n sono stati ricavati per i tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200, anni mediante interpolazione ai minimi quadrati dei valori di h[mm] al variare della durata t[ore] per ciascun valore del tempo di ritorno T[anni].

Tali curve sono riportate in tabella III e in forma grafica in figura 4.

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (art.1, comma 1, D.L. 180/98, convertito in L. 267/98) della Provincia di Savona, approvato con DCP n. 17 del 29.03.2004*.

Il Piano di Bacino è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

L'area oggetto di intervento interferisce con un corso d'acqua evidenziato come corso d'acqua demaniale e/o avente significativa rilevanza idraulica nella carta della rete idrografica significativa allegata al Piano (vedi figura 4).

5 INTERVENTI PREVISTI

L'ampliamento della discarica di inerti prevede una serie di interventi di sistemazione dei corsi d'acqua interferenti.

Con riferimento allo schema planimetrico della figura 6, tali interventi consistono sostanzialmente in:

- vasca di sedimentazione sul rio Tecci a monte della discarica;
- deviazione e completo re-inalveamento del rio demaniale in corrispondenza del limite Ovest della discarica;
- vasca di dissipazione e sedimentazione a valle della discarica;
- realizzazione di canale a cielo aperto a salti su tratto a forte pendenza a valle della discarica fino alla confluenza in corrispondenza di via Lazio;
- nuovo manufatto di attraversamento di via Lazio;
- spostamento canale di gronda in corrispondenza del limite Est della discarica;
- pozzetto di raccolta acque di prima infiltrazione a valle della discarica.

La vasca di sedimentazione e dissipazione di monte ha una sezione rettangolare di dimensioni 2.5x2.5 m per 5.0 m di lunghezza con un dente di 0.5 m all'estremità di valle atto a dissipare l'energia della corrente in arrivo e nel contempo consentire il deposito del volume solido trasportato dalla corrente.

Il nuovo tracciato del rio deviato sul confine Ovest della discarica verrà realizzato a cielo aperto con una sezione di forma rettangolare di sezione minima interna netta pari a 1.50x1.50 m.

Il fondo alveo verrà realizzato in livellette con pendenza pari al 7% e con pendenza pari al 15% con una serie di salti di fondo dell'altezza variabile tra 1.0 m e 1.5 m e della lunghezza di 10 m ciascuno.

La vasca di sbocco del canale principale sul rio Tecci è suddivisa in due parti distinte: la prima ha una sezione rettangolare di dimensioni 4.0x3.2 m per 5.0 m di lunghezza con un dente di 0.5 m dopo all'estremità di valle per la cattura del materiale trasportato dalla corrente, la seconda di dimensioni 4x3.6 con lunghezza 2.3 m dotata di un setto trasversale con luce di fondo di 0.6 m atto a dissipare l'energia della corrente in arrivo e favorire il deposito del materiale fine in arrivo da monte e la trattenuta degli eventuali oli o idrocarburi sversati accidentalmente, impedendone lo scarico nel corso d'acqua a valle.

A valle della vasca è prevista la realizzazione di un canale con salti di fondo sul rimanente tratto a forte pendenza sino all'attraversamento di via Lazio, con sezione rettangolare di dimensioni 2.0x2.0.

L'attraversamento di via Lazio verrà realizzato mediante una struttura scatolare in c.a. delle dimensioni di 2.4x2.2 per una lunghezza di circa 10 m, che si raccorda con lo scatolare esistente a valle.

Il nuovo canale di gronda sul lato NO della discarica convoglia le acque del versante che già nello stato attuale sono raccolte dal canale di gronda esistente, senza modificare la superficie complessiva drenata.

Il nuovo canale di gronda avrà una sezione interna netta pari a 1.0x1.0 m con immissione nella vasca di sedimentazione esistente con scarico nell'affluente di sinistra del rio Tecci come nello stato attuale.

Il fondo alveo verrà realizzato in due tratti distinti: il primo della lunghezza di 275 m circa con pendenza pari al 7% , il secondo della lunghezza di 200 m circa con pendenza pari al 15% e una serie di salti di fondo dell'altezza di 2.5 m ad interasse di 10 m.

6 VERIFICHE IDRAULICHE

6.1 ACQUE SUPERFICIALI

6.1.1 Portate di progetto

Ai fini del calcolo della portata di piena 200-ennale, come indicato nel Piano, si è utilizzato il metodo proposto dal CIMA, elaborato per conto della Regione Liguria, nel caso di bacini aventi un'area minore dei 2 km².

In base a tale metodologia consente di calcolare la portata con tempo di ritorno assegnato in base alla seguente formula:

$$Q_T = K_T A U_{A=2}$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in km^2, $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 km^2 espresso in $m^3s^{-1}km^2$, K_T il fattore di frequenza delle portate.

Il coefficiente $U_{A=2}$ è fornito in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica.

Nel caso in esame, a fronte di un bacino caratterizzato da un basso grado di urbanizzazione (TIPO C con aree impermeabili fra 5% e 30%), e da una longitudine di 8°23'75'' per il sistema UTM, risulta:

K_{T200}= 5.02; K_{T50}= 3.47; $U_{A=2}$= 5.76 $m^3s^{-1}km^2$

Le portate di progetto per evento 200-ennale nelle diverse sezioni di chiusura risultano pertanto:

Sezione di chiusura	S [km^2]	Q_{50} [m^3/s]	Q_{200} [m^3/s]
rio Tecci - monte discarica	0.17	3.4	4.9
rio Tecci - valle discarica	0.25	5.0	7.2
rio Tecci - monte via Lazio	0.26	5.2	7.5
rio Tecci - valle via Lazio	0.32	6.4	9.2
canale di gronda NO	0.04	0.8	1.2
Rio affluente - via Lazio	0.06	1.2	1.7

Quale portata di riferimento progettuale si è considerata quella con tempo di ritorno 200-ennale per tuti i corsi d'acqua naturali (rio Tecci); per il solo canale di gronda si è assunta la portata 50-ennale con adeguato franco e quella 200-ennale con franco pressoché nullo.

6.1.2 Metodologie di calcolo

Date le modeste dimensioni dei bacini sottesi e le caratteristiche delle canalizzazioni oggetto di verifica, le verifiche idrauliche sono state effettuate determinando le caratteristiche della corrente sia in condizioni di moto uniforme, sia in condizioni critiche.

La profondità di moto uniforme è stata determinata mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove $Q\ [m^3/s]$ è la portata, $\chi\ [m^{1/2}\ s^{-1}]$ il coefficiente di attrito, $A\ [m^2]$ l'area della sezione liquida, $R\ [m]$ il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove $n[m^{-1/3}\ s]$ è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

In considerazione della natura del fondo e delle pareti del manufatto, il valore del coefficiente dimensionale di scabrezza n è stato assunto pari a 0.02.

La determinazione della profondità di moto uniforme è stata effettuata per pendenze del fondo sino al 10%, considerato il valore limite per l'applicabilità del metodo.

Le condizioni critiche sono determinabili imponendo uguale a 1 il numero di Froude della corrente:

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{g \cdot \frac{A}{b}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata, $A[\ m^2]$ l'area e $b[m]$ la larghezza della sezione, $g[m/s^2]$ l'accelerazione di gravità.

La verifica idraulica dell'attraversamento di via Lazio è stata effettuata mediante l'ausilio di un *software*[1] per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

[1] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Allo stesso modo il funzionamento in pressione può essere simulato, oltre che attraverso il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), anche mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato può essere determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

6.1.3 Risultati

Rio Tecci – tratto a monte

Trattandosi di corrente veloce, con pendenza minima del canale pari al 7%, la verifica è stata condotta sia in moto uniforme che ricercando le caratteristiche del moto in condizioni critiche, corrispondente al contenuto energetico minimo della corrente, che rappresenta la situazione più sfavorevole per il caso in esame.

La verifica è stata effettuata nell'ipotesi di sezione rettangolare 1.5x1.5m con una scabrezza n di Manning pari a a 0.02 con la portata 200-ennale pari a 7.2 m³/s.

La portata 200-ennale defluisce con un'altezza del pelo libero pari a 0.7 m in corrente veloce con numero di Froude pari a 2.5 e velocità pari a 7 m/s circa.

Il franco rispetto alle sponde è pari a circa 0.7 m.

La profondità critica, sempre per la portata 200-ennale, risulta pari a 1.3 m con una velocità di 3.7 m/s; il franco minimo rispetto alla quota di arginatura è pari a circa 0.2 m.

Rio Tecci – tratto a valle

La verifica è stata effettuata nell'ipotesi di sezione rettangolare 2.0x1.6m con una scabrezza n di Manning pari a 0.02 e con una portata 200-ennale pari a 7.5 m³/s.

La portata 200-ennale defluisce con un'altezza del pelo libero pari a 0.8 m in corrente veloce con numero di Froude pari a 2.75 e velocità pari a 7 m/s circa.

Il franco rispetto alle sponde è pari a circa 0.8 m.

La profondità critica, sempre per la portata 200-ennale, risulta pari a 1.13 m con una velocità di 3.3 m/s; il franco minimo rispetto alla quota di arginatura è pari a circa 0.4 m.

Canale di gronda

Il canale di gronda è stato dimensionato per lo smaltimento complessivo della portata 50-ennale con un franco adeguato e della portata 200-ennale in condizioni limite.

Trattandosi di corrente veloce, con pendenza minima del canale pari al 7%, la verifica è stata condotta sia in moto uniforme che ricercando le caratteristiche del moto in condizioni critiche, corrispondente al contenuto energetico minimo della corrente, che rappresenta la situazione più sfavorevole per il caso in esame.

La verifica è stata effettuata nell'ipotesi di sezione regolare 1.0x1.0m con una scabrezza n di Manning paria a 0.02.

La portata 200-ennale defluisce con un'altezza del pelo libero pari a 0.3 m in corrente veloce con numero di Froude pari a 2.5 e velocità pari a 4.4 m/s circa.

Il franco rispetto alle sponde è pari a circa 0.7 m.

La profondità critica, sempre per la portata 200-ennale, risulta pari a 0.5 m con una velocità di 2.47 m/s; il franco minimo rispetto alla quota di arginatura è pari a circa 0.5 m.

La portata 50-ennale defluisce con un'altezza del pelo libero pari a 0.2 m in corrente veloce con numero di Froude pari a 2.6 e velocità pari a 3.8 m/s circa; il franco rispetto alle sponde è pari a circa 0.8 m.

La profondità critica, per la portata 50-ennale, risulta pari a 0.4 m con una velocità di 2.0 m/s; il franco minimo rispetto alla quota di arginatura è pari a circa 0.6 m.

Attraversamento via Lazio

Il rio Tecci attraversa via Lazio con una tubazione diametro ϕ1000 per il tratto di monte della lunghezza di circa 10 m, successivamente dopo la confluenza con il rio affluente di sinistra la sezione è ad arco ribassato, larghezza pari a 2.77 m e altezza massima pari a 1.84 m per una lunghezza di circa 4 m e per i restanti 3.4 m circa la sezione è rettangolare, larghezza pari a 2.5 m e altezza pari a 2.08 m circa.

Il nuovo attraversamento è previsto con una sezione rettangolare delle dimensioni interne nette pari a 2.4x2.2 m e pendenza pari all'1%.

Il rio affluente attraversa il primo tratto di via Lazio con una tubazione diametro ϕ1000, in grado di smaltire la portata 200-ennale pari a 1.7 m^3/s con un grado di riempimento pari al 75%.

E’ stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato del rio Tecci in corrispondenza dell’attraversamento di via Lazio per una lunghezza complessiva di circa 18 m.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente *n* pari a 0.02.

Le verifiche sono state effettuate nell’ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica per lo stato attuale negli elaborati riportati in Allegato A.

Lungo il tratto sono state individuate 5 sezioni numerate da valle verso monte, in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell’alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.).

L’ubicazione delle sezioni è riportata nella planimetria allegata.

Dato il carattere torrentizio dell'alveo in oggetto il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente veloce (Fr>1) da monte verso valle, e di corrente lenta (Fr<1) da valle verso monte, imponendo quali condizioni al contorno la profondità critica nella sezione di monte e di valle.

Il deflusso della portata 200-ennale avviene in corrente lenta per quasi tutto il tratto, con profondità del pelo libero variabili tra 0.8 m e 1.5 m, velocità comprese tra 0.2.46 m/s e 4 m/s circa.

Il franco rispetto all’intradosso del nuovo attraversamento è pari a 1 m circa e rispetto alla sommità dell’arco dell’attraversamento esistente è pari a 0.4 m circa; il carico totale della corrente risulta inferiore all’intradosso degli attraversamenti.

Vasca di monte

E’ stata effettuata una semplice verifica dell’altezza massima raggiungibile nell’ipotesi di recupero totale del carico cinetico della corrente.

La profondità critica del canale a valle, con la portata di 4.9 m^3/s è pari a 1.03 m, cui corrisponde un carico specifico pari a

Es = 1.50·1.03 = 1.54 m

Il franco rispetto alla sommità dei muri della vasca è pari a circa 0.5 m (velocità nulla)

Vasca di valle

Il carico specifico all'imbocco del canale di valle per la portata 200-ennale di 7.2 m^3/s è pari a:

Es = 1.50·0.73 = 1.10 m

La perdita di carico attraverso il sifone creato dalla presenza del setto è valutabile come 1.5 volte il carico cinetico della corrente:

DH=1.50 · 0.46 = 0.69 m

Da cui il carico specifico nella vasca a monte del setto è pari a

H = 1.1 + 0.69 = 1.79 m

Tale valore rappresenta un valore limite del carico nell'ipotesi in cui non riesca a defluire nulla al di sopra del setto. Iin tali condizioni la portata nel tratto di monte della vasca defluisce in corrente lenta con una altezza di 2.29 m, velocità di 0.8 m/s circa; il franco rispetto alla sommità dei muri della vasca è pari a 0.9 m circa..

A favore di sicurezza è stato inoltre effettuato il calcolo del battente massimo nella vasca nel caso di completa ostruzione della luce di fondo. Il calcolo è stato effettuato nell'ipotesi di deflusso attraverso uno stramazzo della larghezza di 4 m con soglia a quota di 1.6 m rispetto al fondo del canale di valle.

Il calcolo conduce ad un'altezza di rigurgito a monte pari a 1.06 m, contenuto al di sotto della sommità dei muri d'argine.

Al fine di valutare gli effetti della trattenuta del materiale più fine durante eventi più frequenti è stato inoltre effettuato il calcolo del funzionamento della vasca per una portata di 1.7 m^3/s, assimilabile ad un evento con frequenza annuale.

La profondità critica nella sezione di imbocco del canale a valle è pari a 0.42 m.

Il carico specifico all'imbocco del canale di valle è pari a:

Es = 1.50·0.42 = 0.63 m

La perdita di carico attraverso il sifone creato dalla presenza del setto è valutabile come 1.5 volte il carico cinetico della corrente:

DH=1.50 · 0.03 = 0.05 m

Da cui il carico specifico nella vasca a monte del setto è pari a

H = 0.63 + 0.05 = 0.68 m

In tali condizioni la portata nel tratto di monte della vasca defluisce in corrente lenta con un'altezza di 1.18 m, velocità di 0.36 m/s circa; il franco rispetto alla sommità dei muri della vasca è pari a 2.0 m circa; tali condizioni consentono la sedimentazione di particelle del diametro minimo di circa 1 mm.

6.2 ACQUE DI INFILTRAZIONE

Ai fini del monitoraggio delle acque infiltrate nel corpo della discarica dalle aree di coltivazione, è prevista la realizzazione di un pozzetto di campionamento che raccolga le prime acque di infiltrazione rendendole così disponibili per la raccolta e le analisi necessarie.

In analogia con il concetto di acque di prima pioggia delle acque superficiali è stato valutato come volume di prima infiltrazione quello relativo a 5 mm su tutta la superficie.

Assumendo in base alle caratteristiche dell'area un coefficiente di deflusso pari a 0.5, il corrispondente volume di prima infiltrazione risulta:

$V = 5000 \cdot 0.005 \cdot 0.5 = 12.5\ m^3$.

Il pozzetto è dimensionato per raccogliere tale volume e renderlo disponibile per le analisi in qualunque momento.

Esso è costituito da una struttura prefabbricata circolare in c.a. del diametro interno netto di 2.5 m e dell'altezza di 3 m, che verrà collegata di volta in volta alle tubazioni drenanti delle singole aree di coltivazione.

7 STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO

La stima del materiale trasportato dalla corrente richiede la valutazione della propensione all'erodibilità del bacino in esame al fine di stabilire la quantità di materiale teoricamente disponibile per il trasporto solido in sospensione; successivamente, attraverso fattori correttivi, è possibile stabilire il trasporto solido effettivo.

Per la stima del materiale solido che può essere eroso e trasportato dal corso d'acqua è stata utilizzata una metodologia di tipo empirico (metodo di "Gavrilovic"), basata su formulazioni caratterizzate da parametri geo-morfologici.

In particolare la formulazione del metodo "Gavrilovic" per la determinazione del trasporto solido si basa sulla seguente espressione che fornisce la quantità di materiale che può essere perduta dal bacino in un anno per erosione

$$W = S \cdot h \cdot \pi \cdot (0.1 + T/10)^{0.5} \cdot \left[(m_1 + m_2 \cdot m_3)^3 \right]^{0.5} \qquad [m^3/anno]$$

con:
S = superficie del bacino [km^2]
h = precipitazione media annua [mm]
T = temperatura media annua [°C]
m_1 = fattore uso suolo [-]
m_2 = fattore litologia superficie [-]
m_3 = fattore acclività bacino [-]

I tre fattori sono ricavabili dalle seguenti espressioni:

$$m_1 = (0.2 \cdot A + 0.5 \cdot B + 0.8 \cdot C + D)/S$$

con:
A = superficie coperta da boschi o frutteti [km^2]
B = superficie coperta da prati e pascoli [km^2]
C = superficie coperta da coltivi [km^2]
D = superficie priva di vegetazione [km^2];

$$m_2 = (1.6 \cdot J + 0.8 \cdot K + 0.3 \cdot L + 1.6 \cdot M)/S$$

con:
J = superficie con rocce incoerenti affioranti [km^2]
K = superficie con rocce pseudo o semi-coerenti affioranti [km^2]
L = superficie con rocce coerenti affioranti [km^2]
M = sviluppo delle faglie in km x 0.1 km [km^2];

$$m_3 = \theta + \sqrt{I}$$

dove θ fornisce un'indicazione del grado di dissesto morfologico del bacino ed è funzione del rapporto V/S con:

$$V = 0.2 \cdot N + 4.2 \cdot P + 4.9 \cdot Q + 2.25 \cdot R + 0.75 \cdot S_1 + 2 \cdot U \qquad [km^2]$$

con:
N = superficie con aree generalmente franose [km^2]
P = superficie con frane in rocce sciolte e pseudo / semi-coerenti [km^2]
Q = superficie con forme pseudo calanchive per tettonizzazione in rocce coerenti [km^2]
R = superficie con numerosi crolli [km^2];
S_1 = superficie con crolli diffusi [km^2]
U = superficie con valanghe (sviluppo in km x 0.1 km) [km^2].

Stimato *V*, il valore di θ si ricava dalla seguente tabella (per valori intermedi si procede per interpolazione lineare)

V/S	θ
0.0	0.00
0.5	0.20
2.0	0.40
4.0	0.60
6.0	0.80
7.0	0.90
7.5	0.95

Il fattore *I* esprime l'influenza dell'acclività del bacino ed è fornito dalla seguente relazione:

$$I = \left[\sum_{m=1}^{6} I_m \cdot i_m \right] / S$$

con:
I_1 = superficie con acclività fra 0-10% [km^2]
I_2 = superficie con acclività fra 10-20% [km^2]
I_3 = superficie con acclività fra 20-40% [km^2]
I_4 = superficie con acclività fra 40-60% [km^2]
I_5 = superficie con acclività fra 60-80% [km^2]
I_6 = superficie con acclività fra >80% [km^2]
i_1 = 0.05
i_2 = 0.15
i_3 = 0.30
i_4 = 0.50
i_5 = 0.70
i_6 = 2.00.

Determinata l'erodibilità del bacino, la quantità effettiva di materiale solido Q_s che transita attraverso la sezione di interesse è fornita dalla seguente espressione

$$Q_s = 4 \cdot W \cdot (P \cdot H)^{0.5} / (L + 10) \qquad [m^3/anno]$$

con:
P = perimetro del bacino [km]
H = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura [km]
L = lunghezza dell'asta principale [km].

Per il caso in esame è stato preso come bacino di riferimento solamente la porzione di monte del bacino del rio Tecci in quanto quella di valle risulta completamente urbanizzata, per tale motivo sono stati assunti i seguenti valori dei parametri di calcolo:

A	*B*	*C*	*D*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*P*	*Q*	*R*	S_1	*U*
0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Da cui si ottengono i seguenti valori dei parametri intermedi:

$V = 0.0$ km^2
$\theta = 0.00$

Essendo l'acclività media dei versanti compresa fra il 20% e il 40% si ottiene inoltre un valore del fattore di acclività *I* pari 0.300 e infine i seguenti parametri:

m_1=0.20
m_2=0.40
m_3=0.55

Calcolo del trasporto a monte della discarica- vasca di monte

Assumendo S = 0.17 km^2, h = 1386 mm, T = 12 °C, la quantità di materiale *W* che può essere perduta dal bacino in un anno per erosione risulta pari a circa 229 m^3 a cui corrisponde un contributo unitario di circa 1346 m^3/km^2 anno.

Assumendo infine P = 1.7 km, H = 0.10 km e L = 0.7 km si ottiene una quantità effettiva di materiale solido Q_s pari a 35 m^3/ anno a cui corrisponde un contributo unitario di circa 208 m^3/km^2 anno.

Il trasporto solido avviene sia in sospensione che per trascinamento al fondo e generalmente il trasporto in sospensione è di un ordine di grandezza superiore al trasporto al fondo; tale rapporto tende ad aumentare per corsi d'acqua a regime torrentizio con pendenze del fondo elevate.

In prima approssimazione si può assumere che il materiale trasportato al fondo, che può pertanto ragionevolmente essere intercettato, sia pari a circa il 20 % del trasporto solido totale, e quindi pari a circa 7 m^3/anno.

La vasca di progetto a monte della discarica è stata pertanto dimensionata in modo da poter intercettare tale volume.

Essa potrà pertanto essere opportunamente svuotata mediamente una volta all'anno: per il corretto funzionamento dell'opera si raccomanda tuttavia la pulizia della stessa almeno due volte all'anno, una prima della primavera ed una prima dell'autunno e comunque dopo ogni evento di particolare rilevanza.

Calcolo del trasporto nella fase di coltivazione per l' area della discarica – vasca di valle

La vasca di sedimentazione di valle ha il compito di mitigare gli effetti della torbidità del corso d'acqua a seguito di eventi meteoclimatici intensi in particolare durante le fasi di coltivazione della discarica stessa.

La fase di coltivazione rappresenta infatti la condizione più gravosa sotto il profilo della possibile torbidità delle acque drenate e quindi scaricate nel corso d'acqua a valle, per la presenza di materiale sciolto non ancora compattato e ricoperto di vegetazione, come invece tenderà ad essere nella configurazione finale.

Al fine di non aumentare il carico di torbidità nel corso d'acqua a valle, la vasca di sedimentazione è stata pertanto dimensionata con riferimento alla differenza di torbidità generata nella condizione antecedente rispetto a quella generata durante le singole fasi di coltivazione.

Il calcolo è stato effettuato con la stessa metodologia esposta al paragrafo precedente, nell'ipotesi di una superficie parziale interessata dalla coltivazione pari a 5000 m^2, con i seguenti parametri di calcolo:

A) Condizione antecedente

S = 0.005 km^2, h = 1386 mm, T = 12 °C, acclività compresa fra il 20% e il 40%.

Parametri:

A	*B*	*C*	*D*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*P*	*Q*	*R*	S_1	*U*
0.005	0.000	0.00	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Da cui risulta: V = 0.00 km^2; θ = 0.00; m_1=0.20; m_2=0.40; m_3=0.55.

In tali condizioni la quantità di materiale W che può essere rilasciata da tale area in un anno per erosione risulta pari a circa 7 m^3 .

Assumendo infine P = 0.50 km, H = 0.05 km e L = 0.15 km si ottiene una quantità effettiva di materiale solido Q_s inferiore a 1 m^3/ anno.

B) Fase di coltivazione

Si considera l'area priva di vegetazione, con una maggiore acclività ed una conseguente maggiore instabilità dovuta allo sverso di materiale non ancora sistemato.

Si assumono pertanto i seguenti parametri:
S = 0.005 km^2, h = 1386 mm, T = 12 °C, acclività maggiore dell' 80%.

Parametri:

A	*B*	*C*	*D*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*P*	*Q*	*R*	S_1	*U*
0.000	0.000	0.00	0.005	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000

Da cui risulta: $V = 0.004$ km^2; $\theta = 0.30$; $m_1=1.00$; $m_2=0.40$; $m_3=0.71$.

In tali condizioni la quantità di materiale *W* che può essere rilasciata da tale area in un anno per erosione risulta pari a circa 50 m^3 .

Assumendo P = 0.5 km, H = 0.05 km e L = 0.15 km si ottiene una quantità effettiva di materiale solido Q_s dell'ordine di 5 m^3/anno.

La vasca è in grado di contenere tale volume.

Tabella Ia: Precipitazioni medie mensili ed annue –
Estratto Annali idrologici servizio idrografico

29 — Stazione: **MONTAGNA** (Pr) — Bacino principale: **QUILIANO**

Lat. N. 44° 17'; *Long.* (Mer. Roma) 4° 05' W; *m* s. m. 256

ANNO	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settem.		Ottobre		Novem.		Dicem.		ANNO	
	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi	mm	giorni piovosi
1921 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1922 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1923 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1924 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1925 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1926 . . .	78	4	190	5	72	6	91	6	358	8	52	4	111	9	10	1	331	5	343	7	363	9	61	3	2560	67
1927 . . .	51	3	65	5	180	6	29	2	12	1	45	2	11	7	1	0	71	4	82	4	144	6	201	17	892	57
1928 . . .	163	7	2	1	292	16	99	10	187	7	24	6	65	2	22	3	67	9	477	10	275	7	9	3	1682	81
1929 . . .	118	9	3	2	8	4	149	9	109	9	8	4	8	2	148	6	223	7	515	10	69	7	245	9	1603	78
1930 . . .	428	12	132	13	168	11	233	15	126	8	57	8	37	8	7	3	158	7	69	5	51	5	92	7	1558	102
Medie	**168**	**7**	**78**	**5**	**144**	**9**	**120**	**8**	**159**	**7**	**37**	**5**	**46**	**6**	**38**	**3**	**170**	**5**	**297**	**7**	**280**	**7**	**122**	**8**	**1659**	**77**
1931 . . .	36	6	51	4	194	7	53	4	351	15	5	2	4	1	120	5	44	5	268	8	351	13	10	3	1487	73
1932 . . .	127	6	14	3	184	8	131	11	125	10	126	8	235	8	30	1	174	8	69	8	69	7	283	11	1567	89
1933 . . .	72	7	27	3	100	5	32	4	96	4	357	10	14	3	11	2	372	11	95	9	439	15	97	12	1712	85
1934 . . .	41	5	157	6	348	15	224	15	80	9	169	7	33	5	207	6	83	5	5	1	617	12	185	9	2149	95
1935 . . .	64	4	102	5	57	5	102	9	138	13	22	4	36	5	159	8	23	1	380	15	327	13	299	11	1709	93
1936 . . .	408	18	135	9	330	10	258	18	174	10	251	4	17	3	33	2	190	7	26	6	286	8	101	7	2209	102
1937 . . .	157	7	90	4	402	15	217	6	102	7	124	4	22	7	11	1	203	7	401	14	107	8	100	8	1936	88
1938 . . .	3	3	29	3	0	0	18	4	222	10	41	4	15	2	42	8	354	8	53	6	99	4	67	6	943	58
1939 . . .	167	12	107	3	12	3	96	7	173	17	12	4	3	1	70	8	96	5	95	10	90	3	130	8	1051	81
1940 . . .	21	1	46	6	62	7	56	8	245	11	111	11	14	3	75	1	32	7	109	10	225	10	9	3	1005	78
Medie	**110**	**7**	**76**	**5**	**169**	**7**	**119**	**9**	**170**	**10**	**122**	**6**	**39**	**4**	**76**	**4**	**157**	**6**	**150**	**9**	**261**	**9**	**128**	**8**	**1577**	**84**
1941 . . .	161	9	180	10	106	6	202	11	206	12	116	8	79	4	44	3	92	3	44	6	112	8	1	0	1343	80
1942 . . .	15	1	88	9	62	8	128	12	136	9	36	6	12	5	41	6	156	10	128	5	7	4	116	8	925	83
1943 . . .	45	6	46	9	108	8	100	2	130	6	4	2	16	4	47	4	136	10	140	9	145	7	193	10	1110	77
1944 . . .	0	0	81	3	12	3	115	3	36	3	80	3	31	1	14	1	61	3	311	13	28	2	23	2	792	37
1945 . . .	48	3	0	0	60	2	13	1	3	2	0	0	19	1	102	4	61	1	156	6	132	2	441	6	1035	28
1946 . . .	26	2	1	0	397	9	129	4	57	2	62	9	34	4	83	5	32	2	56	3	92	10	17	3	986	53
1947 . . .	15	2	131	10	163	16	24	3	108	10	22	3	9	2	28	5	182	9	315	7	84	3	130	6	1211	76
1948 . . .	238	9	14	2	12	1	219	9	167	10	10	3	57	3	75	4	93	6	152	5	1	0	28	6	1066	58
1949 . . .	178	4	12	1	68	3	74	3	178	10	103	6	69	2	1	0	65	3	55	5	191	8	63	2	1057	47
1950 . . .	21	2	185	5	49	6	211	7	36	5	5	1	4	1	1	1	112	5	54	4	162	7	221	11	1061	55
Medie	**75**	**4**	**74**	**5**	**104**	**6**	**121**	**6**	**106**	**7**	**44**	**4**	**33**	**3**	**44**	**3**	**99**	**5**	**141**	**6**	**95**	**5**	**123**	**5**	**1059**	**59**
Medie generali	**107**	**6**	**76**	**5**	**138**	**7**	**120**	**7**	**142**	**8**	**74**	**5**	**38**	**4**	**55**	**4**	**136**	**6**	**176**	**7**	**199**	**7**	**125**	**7**	**1386**	**73**

Tabella Ib **Stazione di Montagna**
Altezze di pioggia masime annuali [mm]
Anno di inzio delle osservazioni 1935

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1935	46	55	67	82	108
1936	57	170	194	212.4	238
1937	58.4	110	114.2	133	152.2
1939	22	37.4	52.8	62	77
1940					
1941	46	60.2	68	87.8	94.4
1942	35.8	48	50	69.8	83.2
1951	35.6	43	75.2	88.4	104.2
1955	27.8	28.8	32	61.2	86.2
1956	22.4	33	56	92.8	122.2
1957	34	57	101	153.2	183.8
1958	34.2	45	88	109	125
1959	48	67.6	84.4	115.6	168
1960	42.6	65.6	84.6	113.4	122
1961	80	139.8	149.2	155.8	157.4
1962	25.2	45	54	101.6	102
1963	31.2	33.4	42.6	59	69
1965	28	62	93	114.6	181
1966	25	43.8	66	94.8	119
1967	33.4	48	61.4	93.4	103.2
1968	42	79	95.2	165	217
1969	18	40	59	94	147
1970	60	154	178	238	289
1971	34	90	113	134	177.4
1972	44.4	46.4	58.6	91	161
1973	31.8	65	82	108.4	110.8
1974	30	53	66	71.8	74.6
1975	33	74	106	121.8	125
1976	20	50	60.2	75.5	87.2
1977	50	100	137	157.6	182
1978	34.4	34.8	40.2	64.4	105.2
1979	22.6	51.2	76	88.2	88.2
1980	15.8	40.6	66.8	92.8	108.4
1982	51.2	80.4	108.4	135.8	135.8
1983	11.6	23	43.4	61.4	95.8
1984	21.6	35.8	47	60.4	93.8
1985	17.4	32.6	50.4	68.6	100
1986	16.4	29.8	35.2	35.2	49.2
1987	19.8	51.2	67	95.4	102.2
1988	34.8	67.8	91.8	123.6	166.2
1989	43	84.8	95.2	102	144.2

Tabella II : Analisi statistica delle precipitazioni
Test di adattamento del Chi-Quadro

Stazione di: **Montagna**

Test del CHI-QUADRO — Distribuzione di Gumbel

Durata	χ^2	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P1	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P2
1 ora	8.40	7	14.06	0.298	6	12.59	0.135
3 ore	7.60	7	14.06	0.369	6	12.59	0.179
6 ore	8.00	7	14.06	0.997	6	12.59	0.997
12 ore	8.40	7	14.06	0.298	6	12.59	0.135
24 ore	5.20	7	14.06	0.635	6	12.59	0.392

Stazione di: **Montagna**

Test del CHI-QUADRO — Distribuzione Log-normale a due parametri

Durata	χ^2	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P1	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P2
1 ora	12.00	7	14.06	0.100	6	12.59	0.0348
3 ore	2.40	7	14.06	0.934	6	12.59	0.791
6 ore	2.00	7	14.06	0.959	6	12.59	0.849
12 ore	8.40	7	14.06	0.298	6	12.59	0.135
24 ore	5.20	7	14.06	0.655	6	12.59	0.391

Stazione di: **Montagna**

Test del CHI-QUADRO — Distribuzione Gamma a due parametri

Durata	χ^2	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P1	gradi di lib.	χ^2 (95%)	P2
1 ora	7.20	7	14.06	0.408	6	12.59	0.206
3 ore	7.20	7	14.06	0.408	6	12.59	0.206
6 ore	1.60	7	14.06	0.978	6	12.59	0.901
12 ore	11.60	7	14.06	0.114	6	12.59	0.041
24 ore	8.40	7	14.06	0.298	6	12.59	0.136

χ^2= valore del chi-quadro risultante dal calcolo

χ^2 (95%)= valore del chi-quadro al livello di significatività 0.05

P1= probabilità di superamento della variabile chi-quadro per K-1 gradi di libertà (K=n° classi)

P2= probabilità di superamento della variabile chi-quadro per K-3 gradi di libertà (K=n° classi)

Tabella III : Stazione di **Montagna**

Curve di probabilità pluviometrica

Altezze di pioggia *[mm]* per assegnati periodi di ritorno

t [min]	10 [anni]	20 [anni]	50 [anni]	100 [anni]	200 [anni]
10	29.4	35.1	42.9	49.0	55.3
15	34.4	41.0	50.0	57.0	64.2
20	38.6	45.8	55.7	63.4	71.4
30	45.3	53.6	65.0	73.8	82.9
40	50.7	60.0	72.4	82.1	92.2
50	55.4	65.4	78.8	89.3	100.1
60	59.5	70.1	84.4	95.6	107.0
70	63.2	74.5	89.5	101.2	113.3
80	66.6	78.4	94.1	106.4	119.0
90	69.8	82.1	98.4	111.2	124.2
100	72.7	85.5	102.4	115.6	129.1
110	75.5	88.7	106.2	119.8	133.8
120	78.2	91.7	109.7	123.8	138.1
130	80.7	94.6	113.1	127.5	142.2
140	83.1	97.4	116.3	131.1	146.2
150	85.3	100.0	119.4	134.5	149.9
160	87.5	102.5	122.3	137.8	153.5
170	89.7	105.0	125.2	140.9	157.0
180	91.7	107.3	127.9	144.0	160.3
190	93.7	109.6	130.5	146.9	163.5
200	95.6	111.8	133.1	149.7	166.7
210	97.4	113.9	135.6	152.5	169.7
220	99.2	116.0	138.0	155.1	172.6
230	101.0	118.0	140.3	157.7	175.5
240	102.7	119.9	142.6	160.3	178.2
250	104.4	121.8	144.8	162.7	180.9
260	106.0	123.7	147.0	165.1	183.6
270	107.6	125.5	149.1	167.5	186.1
280	109.1	127.3	151.2	169.8	188.6
290	110.7	129.1	153.2	172.0	191.1
300	112.1	130.8	155.2	174.2	193.5
310	113.6	132.4	157.1	176.3	195.8
320	115.0	134.1	159.0	178.4	198.1
330	116.4	135.7	160.8	180.5	200.4
340	117.8	137.2	162.7	182.5	202.6
350	119.2	138.8	164.5	184.5	204.8
360	120.5	140.3	166.2	186.4	206.9
720	158.3	183.5	216.0	241.4	267.0
1440	208.1	239.9	280.7	312.7	344.6
a	59.48	70.14	84.44	95.56	107.01
n	0.394	0.387	0.378	0.373	0.368



FIGURA 1
UBICAZIONE ZONA DI INTERESSE
SCALA 1:5000

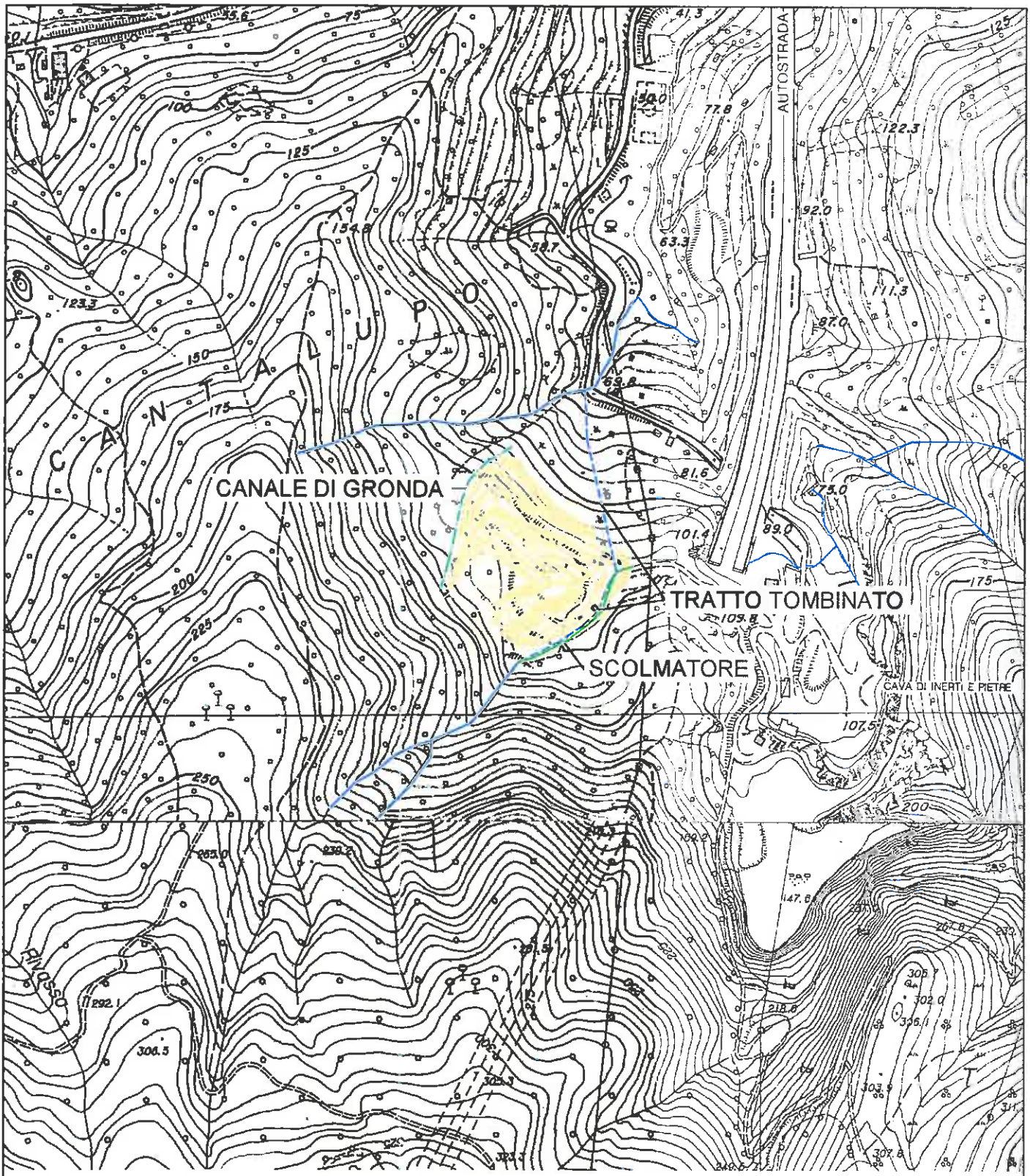


FIGURA 2
PLANIMETRIA GENERALE
STATO ATTUALE
SCALA 1:5000

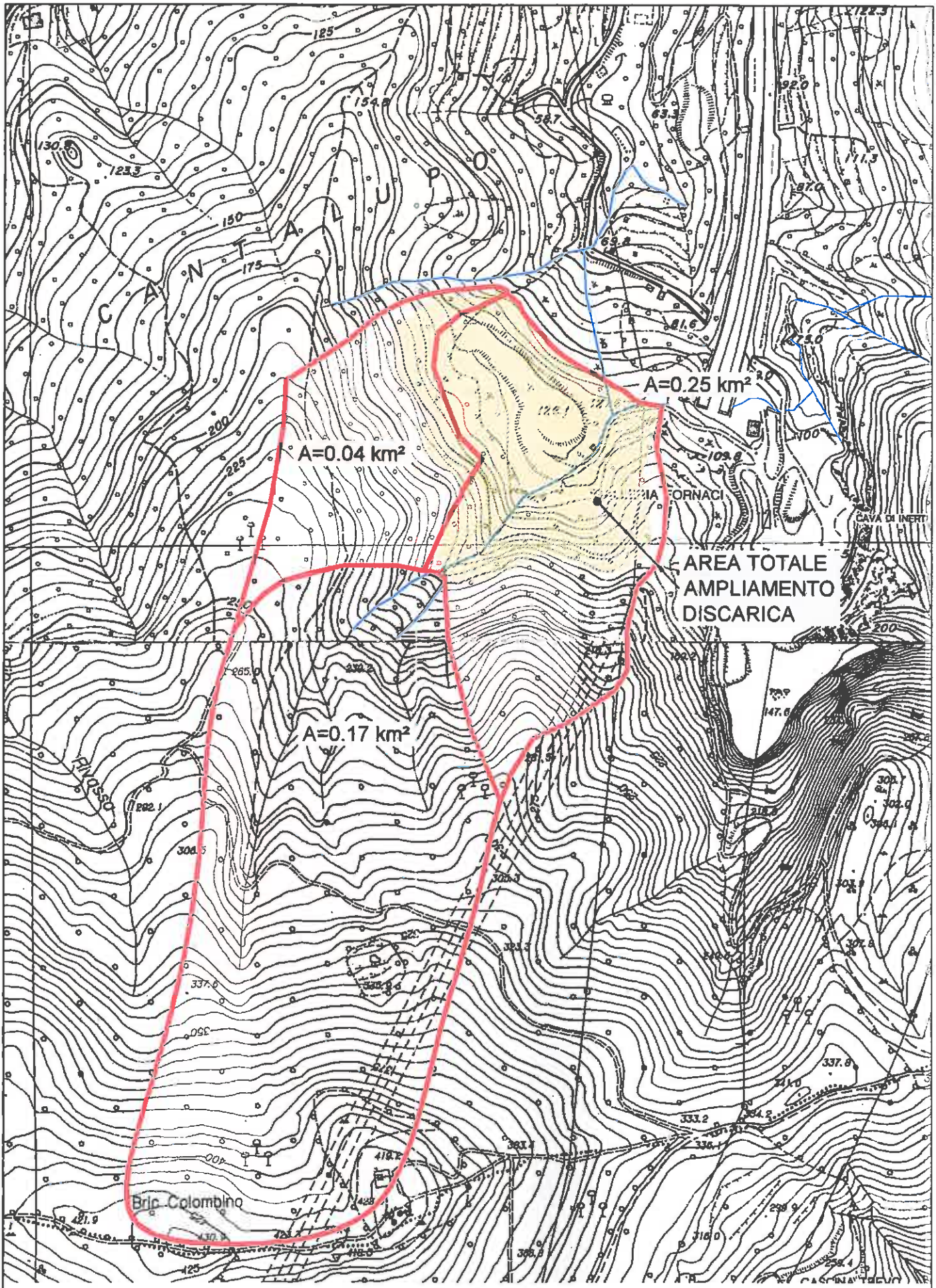


FIGURA 3A
BACINO IDROGRAFICO
scala 1:5000

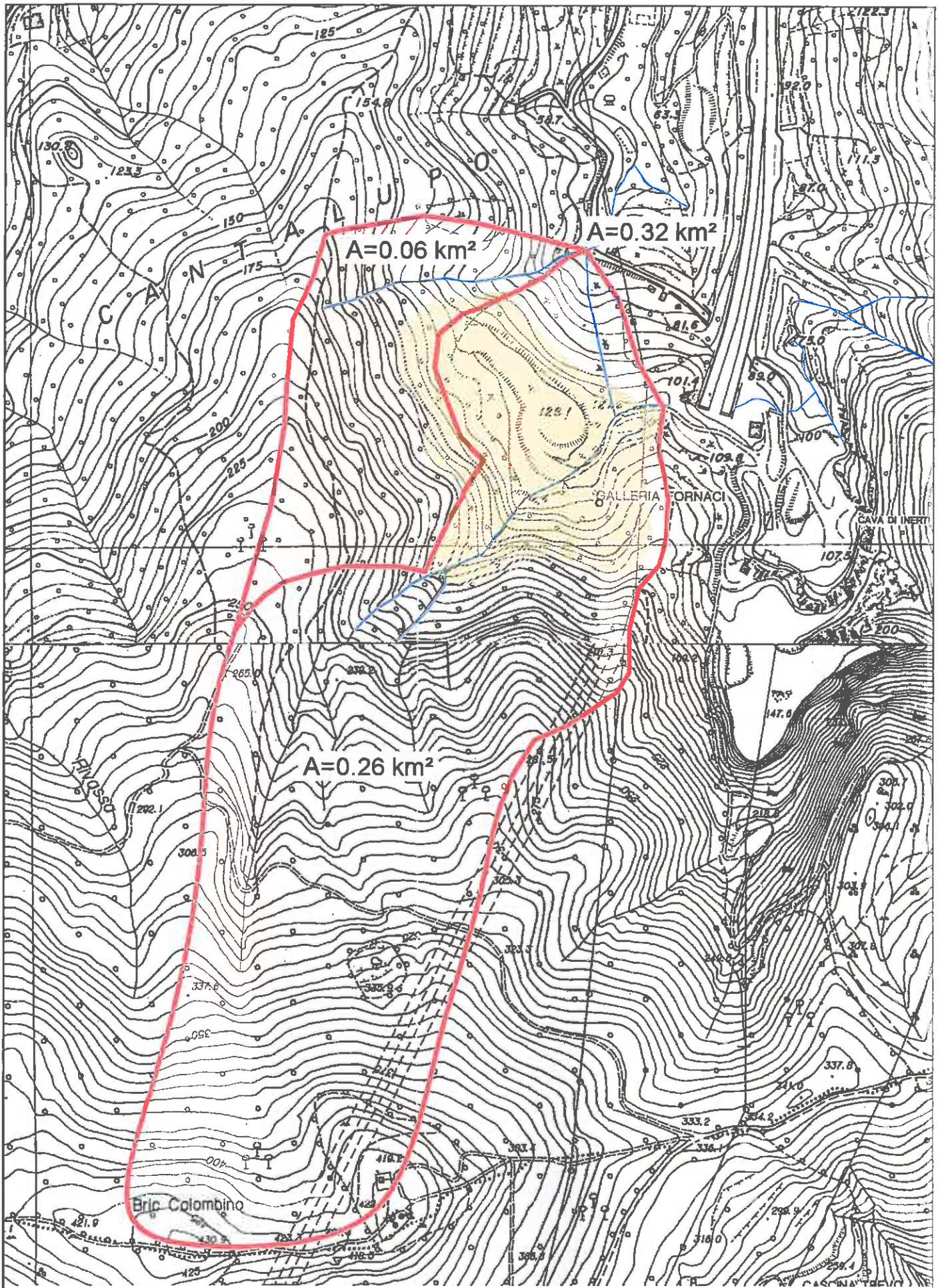
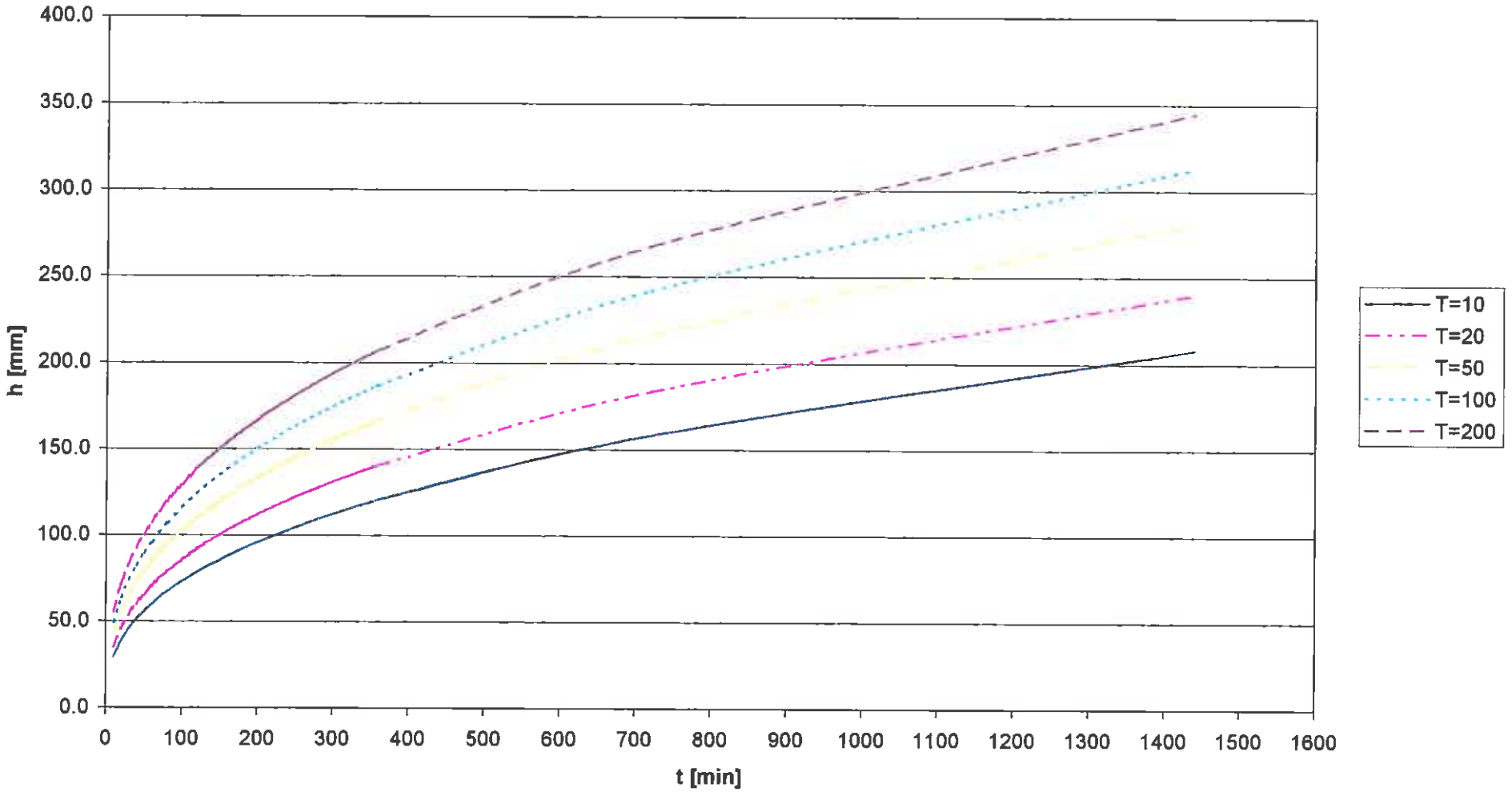
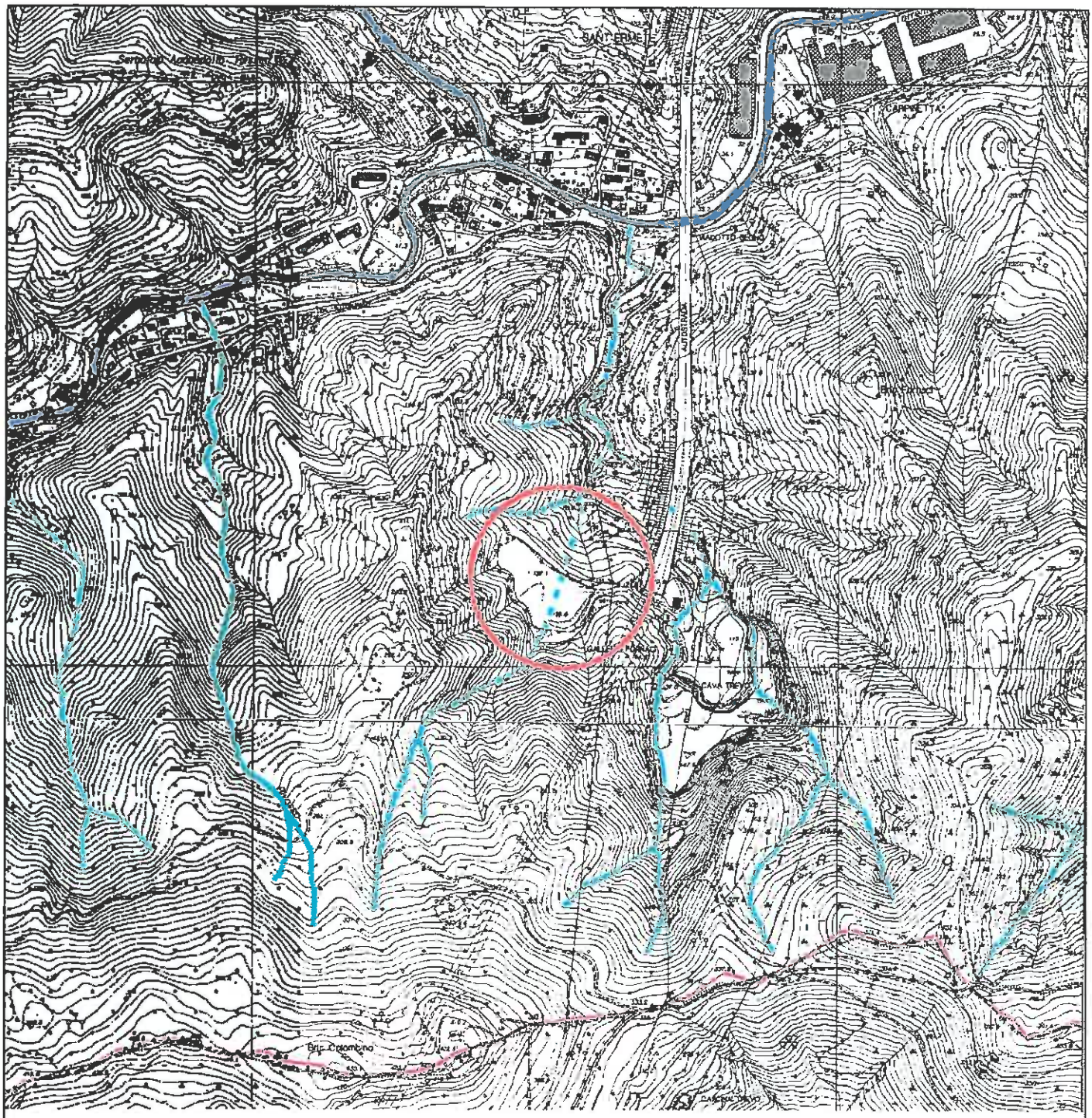


FIGURA 3 B
BACINO IDROGRAFICO
RIO TECCI CHIUSURA VIA LAZIO
scala 1:5000

Figura 4:
Curve di Possibilità Pluviometrica (stazione di Montagna)





Corso d'acqua iscritto nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Savona (fonte: D.R. 11/07/1941 e D.P.R. 30/06/1954)

122 Numerazione edenominazione corso d'acqua come da elenco del D.R. 11/07/1941 e del D.P.R. 30/06/1954

Il valore di ufficialita' puo' essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954

Corsi d'acqua demaniali e/o aventi significativa rilevanza idraulica (fonte: Regione Liguria - Cartografia Catastale 1:5000)

Perimetro dei laghi

Limite di bacino

FIGURA 5
STRALCIO CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA SIGNIFICATIVA
PIANO DI BACINO T. SEGNO
Scala 1:10000



FIGURA 6
SCHEMA INTERVENTI IDRAULICI
STATO DI PROGETTO

ALLEGATO A

VERIFICHE IDRAULICHE

Tabella :

Rio Tecci

Scala di deflusso sezione rettangolare

Larghezza	**B**	**2**	m
Altezza sponde	**H**	**1.6**	m

Scabrezza	n	=	0.02	
pendenza fondo	if	=	0.07	m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y [m]	Y/D [-]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	Q [mc/s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.09
0.10	0.06	2.20	0.20	0.09	2.00	0.53	2.67	0.365	0.465	2.70
0.20	0.13	2.40	0.40	0.17	2.00	1.60	4.01	0.818	1.018	2.86
0.30	0.19	2.60	0.60	0.23	2.00	2.99	4.98	1.263	1.563	2.90
0.40	0.25	2.80	0.80	0.29	2.00	4.59	5.74	1.678	2.078	2.90
0.50	0.31	3.00	1.00	0.33	2.00	6.36	6.36	2.061	2.561	2.87
0.60	0.38	3.20	1.20	0.38	2.00	8.26	6.88	2.412	3.012	2.84
0.70	0.44	3.40	1.40	0.41	2.00	10.25	7.32	2.732	3.432	2.79
0.80	**0.50**	**3.60**	**1.60**	**0.44**	**2.00**	**12.33**	**7.70**	**3.025**	**3.825**	**2.75**
0.90	0.56	3.80	1.80	0.47	2.00	14.47	8.04	3.293	4.193	2.71
1.00	0.63	4.00	2.00	0.50	2.00	16.67	8.33	3.540	4.540	2.66
1.10	0.69	4.20	2.20	0.52	2.00	18.91	8.60	3.766	4.866	2.62
1.20	0.75	4.40	2.40	0.55	2.00	21.20	8.83	3.975	5.175	2.57
1.30	0.81	4.60	2.60	0.57	2.00	23.51	9.04	4.168	5.468	2.53
1.40	0.88	4.80	2.80	0.58	2.00	25.86	9.24	4.347	5.747	2.49
1.50	0.94	5.00	3.00	0.60	2.00	28.23	9.41	4.514	6.014	2.45
1.60	1.00	5.20	3.20	0.62	2.00	30.63	9.57	4.669	6.269	2.42
1.70	1.06	5.40	3.40	0.63	2.00	33.04	9.72	4.813	6.513	2.38
1.80	1.13	5.60	3.60	0.64	2.00	35.47	9.85	4.949	6.749	2.34
1.90	1.19	5.80	3.80	0.66	2.00	37.92	9.98	5.076	6.976	2.31
2.00	1.25	6.00	4.00	0.67	2.00	40.38	10.10	5.195	7.195	2.28
2.10	1.31	6.20	4.20	0.68	2.00	42.86	10.20	5.307	7.407	2.25
2.20	1.38	6.40	4.40	0.69	2.00	45.34	10.30	5.412	7.612	2.22
2.30	1.44	6.60	4.60	0.70	2.00	47.84	10.40	5.512	7.812	2.19
2.40	1.50	6.80	4.80	0.71	2.00	50.34	10.49	5.606	8.006	2.16

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare

Diametro	D	=	1000	mm
Raggio	R	=	0.50	m
Coefficiente di scabrezza di Manning	n	=	0.02	$m^{-1/3}s$
Pendenza fondo	if	=	0.015	m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [m^2]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m^3/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.12
0.100	0.10	1.29	0.64	0.04	0.06	0.60	0.040	0.97	0.048	0.148	1.19
0.200	0.20	1.85	0.93	0.11	0.12	0.80	0.167	1.49	0.114	0.314	1.28
0.300	0.30	2.32	1.16	0.20	0.17	0.92	0.374	1.89	0.181	0.481	1.30
0.400	0.40	2.74	1.37	0.29	0.21	0.98	0.643	2.19	0.245	0.645	1.28
0.500	0.50	3.14	1.57	0.39	0.25	1.00	0.954	2.43	0.301	0.801	1.24
0.600	0.60	3.54	1.77	0.49	0.28	0.98	1.282	2.61	0.346	0.946	1.17
0.700	0.70	3.96	1.98	0.59	0.30	0.92	1.598	2.72	0.377	1.077	1.09
0.750	**0.75**	**4.19**	**2.09**	**0.63**	**0.30**	**0.87**	**1.740**	**2.75**	**0.387**	**1.137**	**1.03**
0.800	0.80	4.43	2.21	0.67	0.30	0.80	1.866	2.77	0.391	1.191	0.96
0.900	0.90	5.00	2.50	0.74	0.30	0.60	2.034	2.73	0.381	1.281	0.78
1.000	1.00	6.28	3.14	0.79	0.25	0.00	1.909	2.43	0.301	1.301	0.00

Tabella :

Collettore acque reflue

Scala di deflusso sezione rettangolare

Larghezza	**B**	1	m
Altezza sponde	**H**	1	m

Scabrezza	n	=	0.02	
pendenza fondo	if	=	0.07	m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y [m]	Y/D [-]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	Q [mc/s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.09
0.05	0.05	1.10	0.05	0.05	1.00	0.08	1.68	0.145	0.195	2.41
0.10	0.10	1.20	0.10	0.08	1.00	0.25	2.52	0.325	0.425	2.55
0.15	0.15	1.30	0.15	0.12	1.00	0.47	3.14	0.501	0.651	2.58
0.20	0.20	1.40	0.20	0.14	1.00	0.72	3.62	0.666	0.866	2.58
0.22	**0.22**	**1.44**	**0.22**	**0.15**	**1.00**	**0.83**	**3.78**	**0.728**	**0.948**	**2.57**
0.26	0.26	1.52	0.26	0.17	1.00	1.06	4.08	0.847	1.107	2.55
0.31	**0.31**	**1.62**	**0.31**	**0.19**	**1.00**	**1.36**	**4.39**	**0.984**	**1.294**	**2.52**
0.36	0.36	1.72	0.36	0.21	1.00	1.68	4.66	1.108	1.468	2.48
0.41	0.41	1.82	0.41	0.23	1.00	2.01	4.90	1.223	1.633	2.44
0.46	0.46	1.92	0.46	0.24	1.00	2.35	5.10	1.327	1.787	2.40
0.51	0.51	2.02	0.51	0.25	1.00	2.70	5.28	1.423	1.933	2.36
0.56	0.56	2.12	0.56	0.26	1.00	3.05	5.45	1.512	2.072	2.32
0.61	0.61	2.22	0.61	0.27	1.00	3.41	5.59	1.593	2.203	2.29
0.66	0.66	2.32	0.66	0.28	1.00	3.78	5.72	1.669	2.329	2.25
0.71	0.71	2.42	0.71	0.29	1.00	4.15	5.84	1.739	2.449	2.21
0.76	0.76	2.52	0.76	0.30	1.00	4.52	5.95	1.804	2.564	2.18
0.81	0.81	2.62	0.81	0.31	1.00	4.90	6.05	1.865	2.675	2.15
0.86	0.86	2.72	0.86	0.32	1.00	5.28	6.14	1.921	2.781	2.11
0.91	0.91	2.82	0.91	0.32	1.00	5.66	6.22	1.974	2.884	2.08
0.96	0.96	2.92	0.96	0.33	1.00	6.05	6.30	2.024	2.984	2.05
1.01	1.01	3.02	1.01	0.33	1.00	6.44	6.37	2.071	3.081	2.02

Tabella :

Collettore acque reflue

Scala di deflusso sezione rettangolare

Larghezza	**B**	**1.5**	m
Altezza sponde	**H**	**1.5**	m

Scabrezza	n	=	0.02	
pendenza fondo	if	=	0.07	m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y [m]	Y/D [-]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	Q [mc/s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.000	0.000	0.09
0.05	0.03	1.60	0.08	0.05	1.50	0.13	1.72	0.151	0.201	2.46
0.10	0.07	1.70	0.15	0.09	1.50	0.39	2.62	0.350	0.450	2.65
0.15	0.10	1.80	0.23	0.13	1.50	0.74	3.31	0.557	0.707	2.73
0.20	0.13	1.90	0.30	0.16	1.50	1.16	3.86	0.761	0.961	2.76
0.26	0.17	2.02	0.39	0.19	1.50	1.72	4.42	0.995	1.255	2.77
0.31	0.21	2.12	0.47	0.22	1.50	2.24	4.81	1.180	1.490	2.76
0.36	0.24	2.22	0.54	0.24	1.50	2.78	5.15	1.354	1.714	2.74
0.41	0.27	2.32	0.62	0.27	1.50	3.36	5.46	1.519	1.929	2.72
0.46	0.31	2.42	0.69	0.29	1.50	3.95	5.73	1.674	2.134	2.70
0.51	0.34	2.52	0.77	0.30	1.50	4.57	5.98	1.820	2.330	2.67
0.56	0.37	2.62	0.84	0.32	1.50	5.21	6.20	1.957	2.517	2.64
0.61	0.41	2.72	0.92	0.34	1.50	5.85	6.40	2.087	2.697	2.62
0.66	0.44	2.82	0.99	0.35	1.50	6.52	6.58	2.209	2.869	2.59
0.71	**0.47**	**2.92**	**1.07**	**0.36**	**1.50**	**7.19**	**6.75**	**2.324**	**3.034**	**2.56**
0.76	0.51	3.02	1.14	0.38	1.50	7.88	6.91	2.433	3.193	2.53
0.81	0.54	3.12	1.22	0.39	1.50	8.57	7.05	2.536	3.346	2.50
0.86	0.57	3.22	1.29	0.40	1.50	9.27	7.19	2.634	3.494	2.48
0.91	0.61	3.32	1.37	0.41	1.50	9.98	7.31	2.727	3.637	2.45
0.96	0.64	3.42	1.44	0.42	1.50	10.70	7.43	2.815	3.775	2.42
1.01	0.67	3.52	1.52	0.43	1.50	11.42	7.54	2.898	3.908	2.40
1.06	0.71	3.62	1.59	0.44	1.50	12.15	7.64	2.978	4.038	2.37
1.11	0.74	3.72	1.67	0.45	1.50	12.89	7.74	3.054	4.164	2.35
1.16	0.77	3.82	1.74	0.46	1.50	13.63	7.83	3.126	4.286	2.32

Tabella :

Rio Tecci - attraversamento via Lazio

Scala di deflusso sezione rettangolare

Larghezza	**B**	**2.4**	m	
Altezza sponde	**H**	**2.2**	m	

Scabrezza	n	=	0.02	
pendenza fondo	if	=	0.01	m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y [m]	Y/D [-]	P [m]	A [mq]	R [m]	b [m]	Q [mc/s]	V [m/s]	Hc [m]	H [m]	Fr [-]
0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	2.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.03
0.10	0.05	2.60	0.24	0.09	2.40	0.25	1.02	0.053	0.153	1.03
0.20	0.09	2.80	0.48	0.17	2.40	0.74	1.54	0.121	0.321	1.10
0.30	0.14	3.00	0.72	0.24	2.40	1.39	1.93	0.190	0.490	1.13
0.40	0.18	3.20	0.96	0.30	2.40	2.15	2.24	0.256	0.656	1.13
0.50	0.23	3.40	1.20	0.35	2.40	3.00	2.50	0.318	0.818	1.13
0.60	0.27	3.60	1.44	0.40	2.40	3.91	2.71	0.376	0.976	1.12
0.70	0.32	3.80	1.68	0.44	2.40	4.87	2.90	0.429	1.129	1.11
0.80	0.36	4.00	1.92	0.48	2.40	5.89	3.07	0.479	1.279	1.09
0.90	0.41	4.20	2.16	0.51	2.40	6.93	3.21	0.525	1.425	1.08
1.00	**0.45**	**4.40**	**2.40**	**0.55**	**2.40**	**8.01**	**3.34**	**0.568**	**1.568**	**1.07**
1.10	**0.50**	**4.60**	**2.64**	**0.57**	**2.40**	**9.12**	**3.45**	**0.608**	**1.708**	**1.05**
1.20	0.55	4.80	2.88	0.60	2.40	10.24	3.56	0.645	1.845	1.04
1.30	0.59	5.00	3.12	0.62	2.40	11.39	3.65	0.679	1.979	1.02
1.40	0.64	5.20	3.36	0.65	2.40	12.56	3.74	0.712	2.112	1.01
1.50	0.68	5.40	3.60	0.67	2.40	13.74	3.82	0.742	2.242	0.99
1.60	0.73	5.60	3.84	0.69	2.40	14.93	3.89	0.770	2.370	0.98
1.70	0.77	5.80	4.08	0.70	2.40	16.14	3.95	0.797	2.497	0.97
1.80	0.82	6.00	4.32	0.72	2.40	17.35	4.02	0.822	2.622	0.96
1.90	0.86	6.20	4.56	0.74	2.40	18.58	4.07	0.846	2.746	0.94
2.00	0.91	6.40	4.80	0.75	2.40	19.81	4.13	0.868	2.868	0.93
2.10	0.95	6.60	5.04	0.76	2.40	21.05	4.18	0.889	2.989	0.92
2.20	1.00	6.80	5.28	0.78	2.40	22.30	4.22	0.909	3.109	0.91
2.30	1.05	7.00	5.52	0.79	2.40	23.56	4.27	0.928	3.228	0.90
2.40	1.09	7.20	5.76	0.80	2.40	24.82	4.31	0.946	3.346	0.89

ALLEGATO B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1 – FOTOGRAFIA AEREA



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5 – CANALE DI GRONDA