



ANAS S.P.A

Compartimento della Viabilità per il Lazio

**COMPLETAMENTO DELLA VIABILITA'
ACCESSORIA DELL'AUTOSTRADA ROMA-AEROPORTO DI
FIUMICINO PER IL TRATTO SUD TRA IL
COMUNE DI ROMA ED IL COMUNE DI FIUMICINO**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE:



00148 Roma
Via dei Cantelmo n.118-120
Tel/Fax: +39.066663694

Fax: +39.0666149127
E-mail: info.rm@stuengineering.eu

01027 Montefiascone (VT)
Via Orvietana n.61
Tel/Fax: +39.0761828338

Fax: +39.0761830492
E-mail: info.vt@stuengineering.eu

IL DIRETTORE DEI LAVORI:

Ing. A. Aurelj

Visto: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO
Ing. G. Costanzo

Visto: IL COORDINATORE
AREA N.C.
Geom. V. Giampiccolo

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

CODICE COMMESSA	CODICE ELABORATO	SCALA	DATA
10/04	D.R01.2	-	GENNAIO 2008

N.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	18 GENNAIO 2008	EMISSIONE	UGOLINI	-	-

INDICE

INTRODUZIONE	<i>pag.2</i>
DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE MINORI	<i>pag.3</i>
1 Premessa	<i>pag.3</i>
2 Raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici	<i>pag.3</i>
3 Determinazione del velo liquido	<i>pag.6</i>
4 Determinazione dei deflussi delle acque meteoriche dalla strada	<i>pag.8</i>
5 Raccolta ed allontanamento dell'acqua meteorica dalla strada	<i>pag.10</i>
6 Dimensionamento idraulico dei fossi di guardia	<i>pag.11</i>
7 Dimensionamento idraulico dei tombini	<i>pag.12</i>
CONCLUSIONI	<i>pag.14</i>
BIBLIOGRAFIA	<i>pag.15</i>
ALLEGATI	<i>pag.16</i>

INTRODUZIONE

L'inserimento di una strada in un determinato territorio va a interferire significativamente con il regime di ruscellamento delle acque piovane, o con il libero defluire dei corsi d'acqua; al fine di non alterare gli equilibri che la natura ha consolidato nel tempo, i manufatti che realizzano l'attraversamento devono assicurare la continuità nel rispetto dei caratteri idraulici dell'opera intercettata e col vincolo che il deflusso delle piene avvenga in condizioni di sicurezza.

Tra le problematiche che occorre analizzare vi sono anche quelle relative al deflusso e alla raccolta delle acque piovane che investono le sedi stradali. Infatti il principale effetto che le acque meteoriche hanno invece sulle strade è quello di erodere ed asportare, a causa della loro energia dinamica le terre che costituiscono i rilevati causandone un graduale e continuo indebolimento.

Di non secondaria importanza risulta l'effetto delle acque piovane, sulla sicurezza stradale, quando queste si accumulano sulla piattaforma favorendo il fenomeno dell'acquaplaning dinamico e viscoso il quale oltre ad essere legato allo spessore del velo idrico dipende anche dalla velocità dei veicoli.

Quanto sopra esposto evidenzia l'importanza di un corretto dimensionamento sia dei manufatti idraulici di raccolta delle acque piovane al fine di proteggere il corpo stradale dalle acque meteoriche, sia delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua o degli impluvi intercettati dall'opera viaria.

1) In tal senso la presente relazione illustra lo studio idraulico, eseguito nell'ambito degli elaborati per la realizzazione della viabilità accessoria dell'Autostrada Roma-Aeroporto Leonardo da Vinci, per l'adeguamento del sistema viario Roma - Fiumicino litorale, a servizio degli insediamenti che stanno sorgendo nella zona, che ha riguardato particolarmente l'individuazione e la progettazione delle opere idrauliche necessarie per la raccolta e l'allontanamento delle acque piovane dalla superficie stradale nonché dei manufatti di attraversamento minori che consentono lo smaltimento delle acque meteoriche afferenti dai bacini di scolo laterali all'opera viaria in progetto.

DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE MINORI

2.1 Premessa

Per opere d'arte minore debbono intendersi da un lato le vere e proprie opere di attraversamento stradale, quali tombini e scotolari, dall'altro tutte le opere d'arte a corredo del corpo stradale, le quali ne garantiscono la salvaguardia nei confronti delle acque che lo interessano direttamente come quelle provenienti dall'esterno. Vengono di seguito descritte le elaborazioni ed i risultati ottenuti per la progettazione delle seguenti opere:

- opere di raccolta e scarico delle acque ricadenti sulla sede stradale;
- opere di raccolta delle acque al piede del rilevato;
- opere di attraversamento minori (tombini e scotolari).

2 Raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici

Al fine di analizzare il comportamento globale del nubifragio ovvero valutare l'afflusso idrico complessivamente rovesciato sul sito esaminato, durante un certo lasso di tempo, indipendentemente dalla variabilità del fenomeno stesso all'interno di questo intervallo temporale, è stata presa in considerazione la stazione pluviometrica di Ostia le cui caratteristiche sono riportate in tabella 1; infatti i dati registrati da detta stazione, che ricade nel territorio oggetto di studio, sono ben rappresentativi dei fronti perturbativi che insistono nell'area di formazione degli afflussi.

Appare evidente che nella elaborazione dei dati pluviometrici, in vista di determinare le corrispondenti portate massime, si debbano considerare durate di precipitazione dell'ordine del tempo di corruzione; le quali durate sono, ovviamente, variabili in dipendenza della natura del problema. Per un fosso di guardia al servizio di una piccola superficie, sono da considerare le precipitazioni brevi ed intense (scrosci).

STAZIONE	COORDINATE		TIPO DI APPARECCHIO	QUOTA (s.l.m.)	PERIODO CONSIDERATO
	UTM (m)				
Ostia	NORD=4625370	EST=277066	Pluviografo	4	1951-2002

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni pluviometriche ricadenti nell'area in esame

Indicando con $P(h)$ la probabilità di non superamento della variabile idrologica h , si definisce tempo di ritorno T di h il numero di anni T in cui la variabile è raggiunta o superata mediamente una sola volta. Pertanto vale la seguente relazione:

$$P(h) = 1 - \frac{1}{T} \quad (1)$$

I dati pluviometrici relativi alle stazioni ricadenti nell'area in esame sono stati reperiti consultando gli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico di Roma: in particolar modo la Tabella 5 della Parte I degli Annali Idrologici, riporta per le stazioni dotate di pluviografo registratore, i valori massimi annuali delle precipitazioni della durata di 10, 15, 20, 30 minuti (vedi allegato 1).

Successivamente alla raccolta di tali dati, è stata eseguita una opportuna analisi statistica che oltre a regolarizzare i risultati ha permesso di estenderne la validità oltre i limiti definiti dalla serie sperimentale.

Si precisa che al momento non esiste alcuna procedura teorica per decidere quale distribuzione di probabilità deve essere usata nell'analisi di frequenza della variabile idrologica h : si è pertanto testata e comparata l'adattabilità di alcune distribuzioni teoriche al campione in esame. Fra le leggi biparametriche più ricorrenti in idrologia per l'analisi delle serie dei massimi annuali, è stata innanzitutto utilizzata quella dei valori estremi del 1° tipo o di Gumbel. Detta funzione di probabilità è di tipo esponenziale:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}} \quad (2)$$

La stima dei parametri che in essa compaiono (α e u) è stata effettuata sia con il metodo dei momenti e con quello dei minimi quadrati, per poi confrontare successivamente i risultati ottenuti.

Il metodo dei momenti consiste nel sostituire al momento della popolazione il momento ricavato dal campione della popolazione; per i due parametri incogniti α ed u è necessario conoscere due soli momenti: come stimatore del momento primo viene assunta la media μ del campione mentre, come stimatore del momento secondo, la varianza campionaria σ . Valgono le seguenti espressioni:

$$u = \mu - 0,450 \sigma \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma} \quad (4)$$

Per evitare problemi di plotting position, nell'applicazione del metodo dei minimi quadrati è stata considerata una espressione della distribuzione di frequenza cumulata del seguente tipo:

$$P(h) = f(h) = \frac{n}{N + 1} \quad (5)$$

Per un evento di fissato tempo di ritorno, si determinano le altezze di pioggia incognite invertendo banalmente la (1):

$$h = u - \frac{\ln(-\ln(P(h)))}{\alpha} \quad (6)$$

I massimi annuali delle piogge di breve durata sono stati successivamente elaborati ammettendo che la variabile in parola fosse anche interpretabile dalla legge di distribuzione di Galton-Gibrat tale cioè che il logaritmo decimale di $h(t)$, per assegnato tempo di ritorno, risultasse funzione della variabile di Gauss standardizzata z a mezzo della relazione:

$$z = a \cdot \log_{10} h + b \quad (7)$$

dove a e b sono i parametri della distribuzione le cui stime, calcolate col metodo dei momenti in base ai dati del campione, sono fornite dalle relazioni:

$$a = \frac{1.517}{\sqrt{\log_{10}\left(1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2}\right)}} \quad (8)$$

$$b = \frac{1.151}{a} - a \cdot \log_{10} \mu$$

dove σ e μ hanno il significato già visto.

Invertendo la legge probabilistica normale:

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (9)$$

posta la (7) nella forma:

$$h(t) = 10^{\frac{z(T)-b}{a}} \quad (10)$$

è possibile determinare i valori di $h(t)$ in maniera formalmente analoga alla (6) valida per la distribuzione di Gumbel.

I risultati di dette operazioni sono riportati in allegato 1.

Pur osservando, per ciascuna delle funzioni di probabilità utilizzate, una buona corrispondenza tra la frequenza cumulata empirica dei punti sperimentali e la probabilità che tali punti avrebbero se fossero distribuiti secondo tale legge, è stato scelto, a favore di sicurezza, il Metodo dei Momenti poiché fornisce le altezze di precipitazione maggiori in corrispondenza di basse durate di pioggia (confrontabili quindi con il tempo di corrivazione atteso per i fenomeni idrologici in esame).

È stata infine costruita la curva di possibilità climatiche nella quale si stabilisce un legame tra la massima altezza di pioggia, espressa in mm, di durata t , che si verifica una sola volta T anni, e la durata medesima t , espressa in ore, secondo la nota relazione:

$$h = a \cdot t^n \quad (11)$$

dove a e n sono dei parametri caratteristici del regime pluviometrico locale di cui viene effettuata una stima mediante regressione lineare (minimi quadrati) sul piano logaritmico utilizzando i valori di h precedentemente calcolati per assegnate durate.

I risultati ottenuti meritano un commento specialmente per le differenze che, al variare di T , si sono riscontrate nel variare di n . Tale dispersione può dipendere oltre che dal numero limitato di dati per ogni durata, dalla inevitabile imprecisione nelle misure, legate come sono a dispositivi di registrazione adatti per piogge di durata ben maggiore di quelle degli scrosci.

	a	n	coefficiente di correlazione
T=10anni	56.62	0.461	0.893
T=20anni	66.62	0.483	0.895
T=25anni	69.80	0.489	0.904
T=50anni	79.64	0.505	0.917

Tabella 2 - Parametri della curva di possibilità climatiche per scrosci

Nelle tabella 2 e in allegato 2 sono riportati rispettivamente i parametri e gli andamenti delle curve che vengono assunte a riferimento per i successivi dimensionamenti idraulici.

3 Determinazione del velo liquido

La raccolta e l'allontanamento delle acque piovane dalla superfici stradale rappresenta un problema di particolare rilevanza per le conseguenze che potrebbero insorgere da una non corretta soluzione: per i disagi che il ristagno delle acque ed il loro smaltimento potrebbero causare nel traffico e nella riduzione, anche notevole, delle condizioni di sicurezza.

Le precipitazioni che si abbattano sulla sede stradale possono infatti produrre, specie se brevi e intense, un deflusso superficiale di non trascurabile entità, il quale se non controllato con adatte disposizioni, può causare inconvenienti di rilievo.

Il velo liquido sulla sede stradale deve infatti essere contenuto entro prefissati valori per non condizionare l'aderenza dei pneumatici. Per questo deve essere assegnata una opportuna pendenza trasversale alla sede stradale.

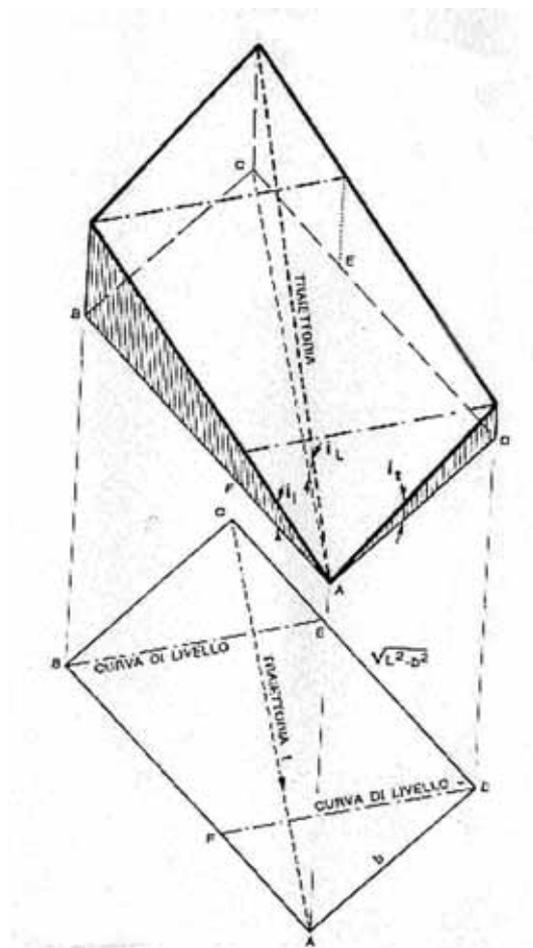


Figura 1 – Traiettoria di una particella d'acqua su una strada

L'altezza del velo liquido dipende oltre che dalla pendenza trasversale i_t , dalla intensità della precipitazione e dal percorso che fa l'acqua per giungere al di là della carreggiata.

Una formula che esprime l'altezza del velo liquido in funzione dei citati parametri è quella proposta in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory:

$$y = 0.0474 \cdot (L \cdot j)^{0.5} \cdot i_L^{-0.2} \quad (12)$$

essendo y l'altezza del velo liquido in mm, j l'intensità di precipitazione in mm/ora riferita alla sua durata, L la lunghezza del percorso dell'acqua in m, i_L la pendenza della strada lungo la linea di corrente. La lunghezza L (ortogonale alle linee di livello della falda) e la pendenza i_L sono ovviamente legate alla geometria della sede stradale dalle relazioni (figura 1):

$$L = b \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{i_l}{i_t}\right)^2} \quad (13)$$

$$i_L = \sqrt{i_t^2 + i_l^2}$$

Assunto un tempo di ritorno di 50 anni, dalla curva di possibilità pluviometrica riportata nella relazione idrologica, si evince che l'intensità di precipitazione riferita ad una durata critica di 10 minuti, è di 190 mm/ora. Utilizzando la (12) e la (13) con i valori di i_t e i_l di progetto, si ottiene uno spessore massimo del velo liquido di circa 3.5mm (Allegato 3), valore idoneo per una corretta aderenza dei pneumatici alla strada.

4 Determinazione dei deflussi delle acque meteoriche dalla strada

Per il dimensionamento idraulico delle opere d'arte a servizio del corpo stradale, come fossi di guardia e tombini, è di fondamentale importanza l'individuazione delle portate massime che queste devono essere capaci di smaltire.

Viene assunto un tempo di ritorno da adottare per i successivi dimensionamenti di 50 anni.

Il calcolo di tali portate risulta di difficile determinazione poiché gli elementi da cui dipendono sono molteplici e di non agevole individuazione.

Nel presente lavoro il metodo scelto per la determinazione della portata da convogliare è quello cosiddetto cinematico che si presta ad essere applicato a bacini scolanti di relativamente limitata estensione; in passato esso è stato utilizzato per cospicui comprensori di bonifica, con risultati che le esperienze hanno mostrato essere sostanzialmente corretti [1].

Indicato con S la superficie del bacino, h l'altezza di precipitazione, Φ il coefficiente di deflusso, la portata massima si ottiene nel caso in cui la durata dell'evento meteorico è pari al tempo di corrivazione t_c e assume un valore pari a:

$$Q_{\max} = \frac{\Phi \cdot h \cdot S}{t_c} \quad (14)$$

La determinazione del tempo di corrivazione non è agevole né univoca, ancorché non poche formule esistano per definirlo. Per fossi di guardia e superfici stradali è consigliata (secondo un accurato rapporto disposto dal Civil Engineering Department dell'Università di Maryland) la seguente espressione:

$$t_c = 26.3 \cdot \frac{\left(\frac{L}{k_s}\right)^{0.6}}{j^{0.4} \cdot i^{0.3}} \quad (15)$$

dove L è la lunghezza della superficie scolante espressa in m, k_s il coefficiente di resistenza di Gauckler-Strickler espresso in $m^{1/3}/s$, j l'intensità di precipitazione in m/ora ed i la pendenza media della superficie scolante.

Il calcolo viene effettuato per ogni tratto di strada asservito da un collettore di raccolta delle acque, assumendo k_s pari a $75m^{1/3}/s$ e Φ uguale a 0.9, 0.7 e 0.3 per rispettivamente pavimentazione autostradale, strade di servizio, scarpate[3]. I risultati del calcolo forniscono un valore di portata per unità di lunghezza di strada pari a 0.5 l/s.

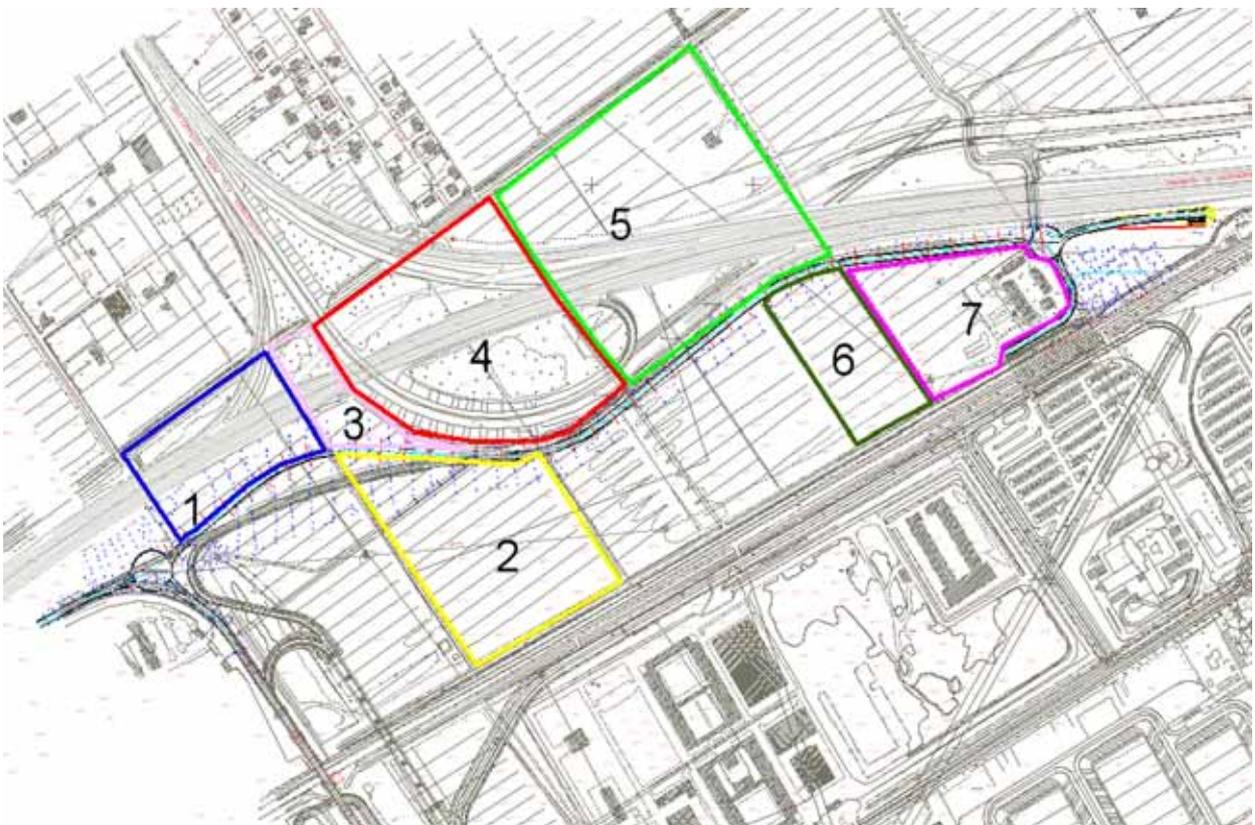


Figura. 2 – Bacini di scolo per l'area in esame

Alla formazione della portata di progetto contribuiscono oltre che detti deflussi provenienti dalla sede stradale, anche quelli delle aree di scolo laterali (figura 2). Il valore di questi ultimi è stato determinato attraverso la (14) e la (15) dove si è posto, come suggerito da letteratura per i suoli con caratteristiche analoghe a quelli in esame [3], un valore di Φ pari a 0.3. I risultati delle predette operazioni hanno portato ad un valore del coefficiente udometrico medio pari a 5l/s·ha.

5 Raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche dalla strada

Sulle scarpate dei rilevati sono previste canalizzazioni di embrici per l'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale. Allo scopo, realizzando un cordolo bituminoso alto almeno 3 cm sul ciglio, si è ammesso ivi, e per una invasione massima pari a tutta la banchina, la formazione di un velo d'acqua e, quindi un corrispondente flusso verso opportuni imbocchi, a valle dei quali sono previste canalizzazioni di embrici recapitanti nei sottostanti fossi di guardia.

Invertendo l'espressione di calcolo delle portate (14), posto S pari alla superficie di strada utile al deflusso compresa tra due inviti, e determinata la portata massima transitante dalla nota relazione di moto di Gauckler- Strickler:

$$Q = k_s \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (16)$$

in cui k_s è il coefficiente di Strickler, i è la pendenza longitudinale della strada, R il raggio idraulico della sezione in cui avviene il moto, è possibile calcolare gli interassi fra gli imbocchi contigui. Nel caso in esame, essendo una viabilità di categoria C2 ("Strada extraurbana secondaria, D.M. 5/11/01), assumendo k_s e Φ pari rispettivamente a $75\text{m}^{1/3}/\text{s}$ e 0.9, come suggerito da letteratura per superfici asfaltate [3], nel caso di un evento con tempo di ritorno 50 anni, si ottiene:

$$l = 260 \cdot \sqrt{i} \quad (17)$$

Se ricava (allegato 4) che l'intervallo l tra due inviti non deve superare 20 m.

La determinazione della lunghezza L dell'imbocco necessaria affinché l'intera portata sia captata dall'alimentazione dei canali ad embrici, può farsi assumendo che l'invito abbia a comportarsi come uno sfioratore laterale e che il processo possa descriversi trascurando le

perdite d'energia. L'U.S. Department of Transportation suggerisce le seguenti relazioni per la risoluzione del problema:

$$L = 0.725 \cdot Q^{0.42} \cdot i^{0.3} \cdot \left(\frac{k_s}{j} \right)^{0.6} \quad (18)$$

dove j è la pendenza trasversale della strada e Q la portata transitante di progetto. Sostituendo la (17) nella (19) si ottiene un valore minimo di L pari a 1 m.

6 Dimensionamento idraulico dei fossi di guardia

Ai piedi del rilevato stradale è sempre previsto un fosso di guardia per l'intercettazione delle acque esterne e la raccolta delle acque provenienti dalla sede stradale tramite gli embrici.

Il moto che si instaura nel fosso durante una pioggia è, a stretto rigore, un moto vario a superficie libera, con portata affluente dalla sede stradale e dal bacino di scolo che si assume costante per unità di lunghezza, ma con un transitorio iniziale e uno finale (di esaurimento). L'impiego di calcolo, per quanto del tutto possibile, sarebbe però eccessivo rispetto all'importanza del problema; inoltre l'ambito spaziale contenuto interessato dall'opera idraulica in questione, rende per lo più lecito il riferimento alle proposizioni del moto uniforme; a favore di sicurezza la verifica idraulica è stata effettuata considerando per ciascuna tratta un valore di portata di progetto pari alla somma di quella proveniente dall'asse stradale, assunta costante e uguale al valore massimo che si verifica alla sezione terminale, e di quella proveniente dalla tratta di monte. La consegna delle acque raccolte nel canale recipiente terminale avviene sempre in modo che le quote (liquide) di questo non abbiano a influenzare il deflusso del fosso di guardia, creando dunque uno stato critico nella sezione terminale.

Sono state adottate sezioni trapeziche con pendenza delle scarpe 1:1 e larghezza di fondo pari a 0.5m, ovvero sufficientemente lunga da permettere ai mezzi meccanici, qualora si presenterà la necessità, di rimuovere i materiali depositati dalla corrente o franati dalle sponde ma al tempo stesso sufficientemente corta da evitare che si verifichino velocità troppo basse per le portate più piccole e conseguenti problemi di depositi. È stato inoltre ritenuto opportuno non prevedere canali molto profondi (altezza non superiore a 0.5m) in modo da mantenere la velocità massima della corrente entro limiti accettabili tali da evitare le erosioni delle pareti e del fondo e contenere, al tempo stesso, le spese di costruzione.

La portata smaltita è stata calcolata mediante la (16) in cui il raggio idraulico R vale:

$$R = \frac{(b_0 + y \cdot n) \cdot y}{(b_0 + 2 \cdot y) \cdot (1 + n^2)^{0.5}} \quad (19)$$

dove è stato indicato con b_0 , n e y rispettivamente la lunghezza del fondo, la pendenza della scarpa e l'altezza dello specchio liquido (figura 3A).

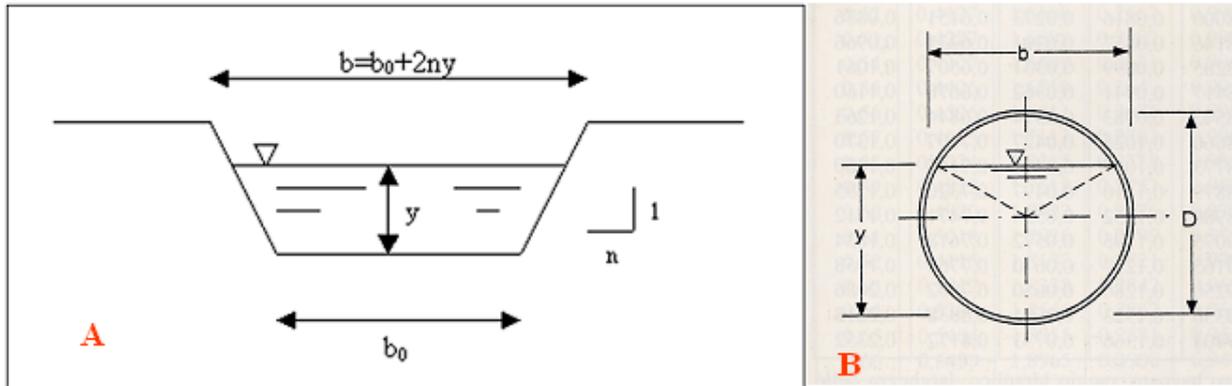


Figura 3 – Sezione di un fosso di guardia

Nonostante il tempo di corrivazione della sede stradale è differente da quello delle aree di scolo laterali, sulla base di quanto emerso in recenti studi [4] che hanno evidenziato che nel caso di eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno superiore a 50 anni, tutta la rete idraulica presenta deflussi che possono presumibilmente considerarsi in fase, e a favore di sicurezza, la verifica idraulica dei collettori di raccolta in questione è stata effettuata ipotizzando la contemporaneità dell'arrivo dei colmi di piena delle portate provenienti dal bacino di scolo laterale e dalla superficie stradale.

Come si evince dai calcoli riportati in Allegato 5, la portata che può defluire attraverso ogni fosso è sempre maggiore di quella di progetto (con franco superiore a 10 cm) e pertanto i collettori di raccolta in questione risultano idraulicamente verificati.

7 Dimensionamento idraulico dei tombini

La rete idrografica del territorio in esame si caratterizza per la presenza di alcuni corsi d'acqua minori per lo più artificiali e di bonifica che vanno ad intersecare tracciato viario in progetto. Pertanto al fine garantire la continuità idraulica nel territorio e non alterare le attuali condizioni

di drenaggio risulta necessario realizzare una serie di attraversamenti lungo la strada mediante tombini che permettano il deflusso di dette portate nonché lo scarico al recapito finale delle acque intercettate dai fossi di guardia.

L'intervento in oggetto si è preoccupato di salvaguardare la complessa rete di canali di bonifica esistenti nella zona, di cui i fossi di guardia al piede del rilevato esistente ne fanno spesso parte. Si è pertanto mirato ad un mantenimento della rete attuale prevedendo delle immissioni fra gli scoli del terreno e il nuovo fosso di guardia, onde ribadire la continuità del sistema.

Anche la verifica idraulica dei tombini è stata effettuata a moto uniforme utilizzando la (16); nel caso di sezione circolare, con riferimento ai simboli indicati in figura 3B, il raggio idraulico è dato da:

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{A}{D^2} = \frac{1}{4} \left[\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \left(1 - \frac{2y}{D} \right) - 2 \left(1 - \frac{2y}{D} \right) \sqrt{\frac{y}{D} \left(1 - \frac{y}{D} \right)} \right] \\ p &= \frac{P}{D} = \pi - \cos^{-1} \left(\frac{2y}{D} - 1 \right) \\ \frac{R_H}{D} &= \frac{\alpha}{p}\end{aligned}\quad (20)$$

L'imbocco del tombino è raccordato per limitare le perdite di carico e per evitare ristagno dei materiali mediante una chiavica. Le operazioni di calcolo (Allegato 6), in cui si è assunto un grado di riempimento massimo pari al 75%, dimostrano che la portata che può defluire attraverso ogni condotta è sempre maggiore di quella di progetto.

CONCLUSIONI

L'indagine oggetto della presente relazione è stata condotta con il fine di dimensionare le opere idrauliche relative alla costruzione stradale in progetto. La materia è stata trattata avendo come riferimento i due principali problemi che si presentano in questo campo: la raccolta e l'allontanamento delle acque dalle superfici stradali, quale che sia la ragione dell'afflusso – acque proprie o da aree attigue; i fenomeni idraulici propri degli attraversamenti.

A riguardo sono stati calcolati gli afflussi sulla sede stradale, i deflussi e i conseguenti profili liquidi nei collettori di raccolta e quanto è occorso per assegnare le dimensioni delle opere destinate al controllo delle acque. Per ciascuna verifica sono state riportate nella relazione le caratteristiche e le principali equazioni assunte di base per i calcoli.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Da Deppo L., Datei C., Saladin P.– *Sistemazione dei corsi d'acqua*. Università degli studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima e Geotecnica (2000)
- [2] American Society of Civil Engineers: *Design of Culverts*, 1961
- [3] *Manuale di ingegneria Civile*, Zanichelli 2003
- [4] Petti M. – *Studio idraulico finalizzato ad una corretta pianificazione degli interventi e dei lavori di manutenzione in alveo del fiume Tagliamento*. Università degli studi di Udine, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima e Geotecnica (2006)
- [5] Lo Bosco D., Leopardi G., Scopelliti F.- *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*. Università degli studi di Reggio Calabria, Quaderno di Dipartimento (2002).

ALLEGATO 1

OSTIA

ANNO	DURATA (in minuti)			
	10	15	20	30
1951	NaN	NaN	NaN	NaN
1952	NaN	NaN	NaN	NaN
1953	NaN	NaN	NaN	NaN
1954	NaN	NaN	NaN	NaN
1955	NaN	NaN	NaN	NaN
1956	NaN	NaN	NaN	NaN
1957	NaN	NaN	NaN	11.2
1958	11	NaN	NaN	17.4
1959	NaN	NaN	NaN	NaN
1960	NaN	NaN	NaN	24.8
1961	NaN	NaN	NaN	NaN
1962	NaN	NaN	NaN	NaN
1963	12	NaN	NaN	NaN
1964	13.4	NaN	NaN	16.8
1965	10.5	NaN	NaN	36
1966	10.4	NaN	13.8	16.6
1967	NaN	NaN	NaN	12.8
1968	NaN	NaN	11.2	16.6
1969	NaN	NaN	NaN	NaN
1970	NaN	NaN	NaN	26.8
1971	NaN	NaN	NaN	NaN
1972	NaN	NaN	NaN	10.4
1973	NaN	NaN	NaN	NaN
1974	NaN	NaN	15.8	NaN
1975	NaN	NaN	NaN	14.6
1976	NaN	NaN	NaN	15.8
1977	14	NaN	30	40
1978	NaN	NaN	NaN	NaN
1979	NaN	NaN	NaN	NaN
1980	NaN	NaN	NaN	NaN
1981	NaN	NaN	NaN	15.4
1982	NaN	NaN	NaN	NaN
1983	NaN	20	NaN	25.4
1984	NaN	NaN	NaN	38
1985	NaN	NaN	NaN	10.4
1986	NaN	NaN	NaN	NaN
1987	NaN	38.4	NaN	38.6
1988	NaN	30.4	NaN	44
1989	NaN	28.4	NaN	32.6
1990	NaN	NaN	NaN	NaN
1991	NaN	NaN	NaN	NaN
1992	NaN	NaN	NaN	NaN
1993	NaN	NaN	NaN	10.8
1994	NaN	NaN	NaN	NaN
1995	23	25.4	27.6	28
1996	28.8	35	39.8	43.6
1997	13.6	17.2	19.6	23.8
1998	15.2	19.6	21.8	22.4
1999	NaN	NaN	NaN	NaN
2000	10.8	12.6	13.6	15.2
2001	16.2	18.4	20.2	22.2
2002	18.2	24.8	35	39.6

STAZIONE DI OSTIA

Durata	α	u
10 minuti	0.2358	12.7126
15 minuti	0.1615	20.9899
20 minuti	0.1368	18.3619
30 minuti	0.1163	18.9555

Parametri distribuzione di Gumbel (Metodo dei Momenti)

Durata	α	u
10 minuti	0.2533	12.9015
15 minuti	0.1757	21.2736
20 minuti	0.1381	18.4034
30 minuti	0.1141	18.8643

Parametri distribuzione di Gumbel (Metodo dei Minimi Quadrati)

Durata	a	b
10 minuti	6.847	-7.916
15 minuti	7.560	-10.358
20 minuti	5.977	-7.897
30 minuti	5.427	-7.280

Parametri distribuzione di Galton-Gibrat

	T=10 anni	T=20 anni	T=25anni	T=50anni
h₁₀ (mm)	22.25	25.31	26.28	29.26
h₁₅ (mm)	34.92	39.37	40.79	45.14
h₂₀ (mm)	34.81	40.07	41.74	46.88
h₃₀(mm)	38.31	44.50	46.46	52.52

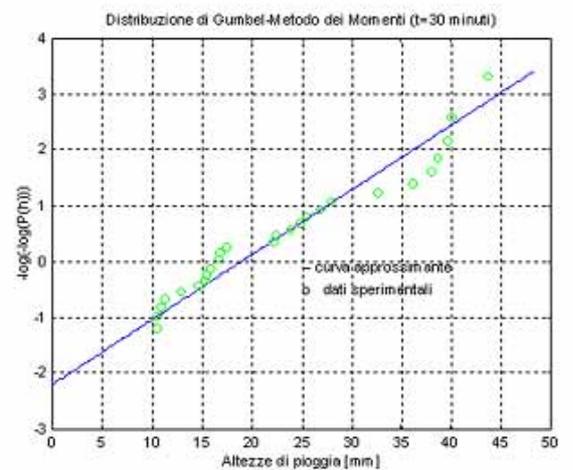
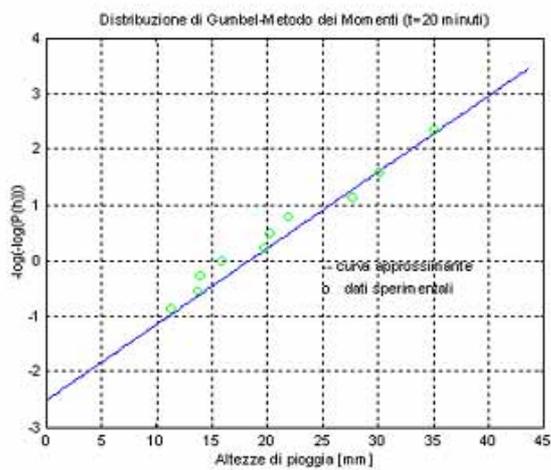
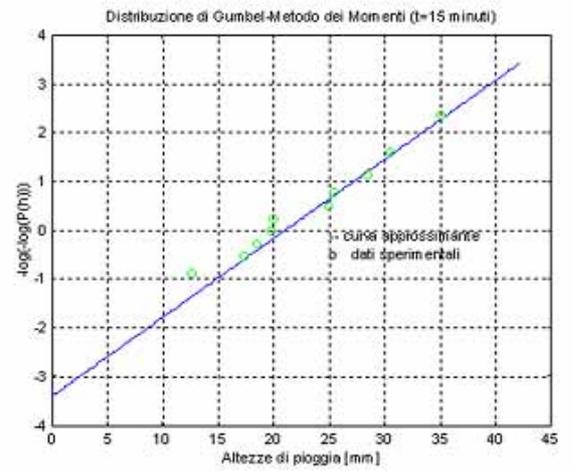
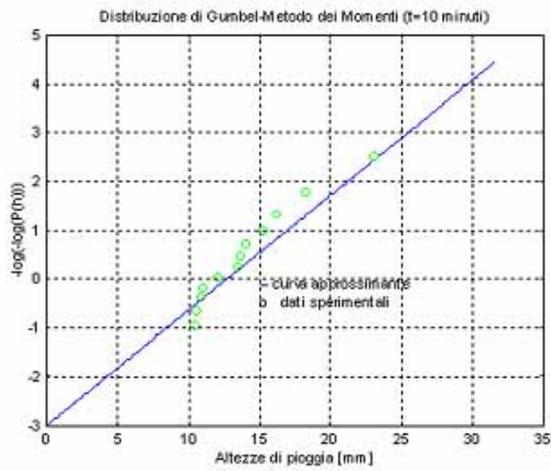
Altezze di pioggia (Metodo di Gumbel-Momenti)

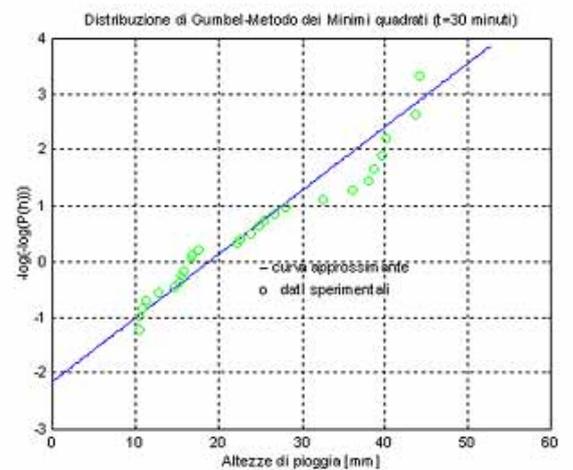
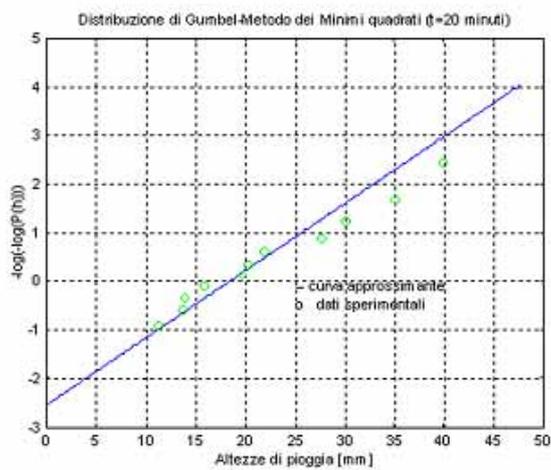
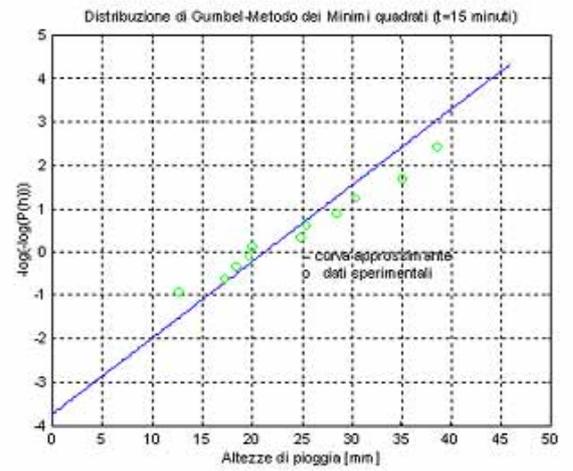
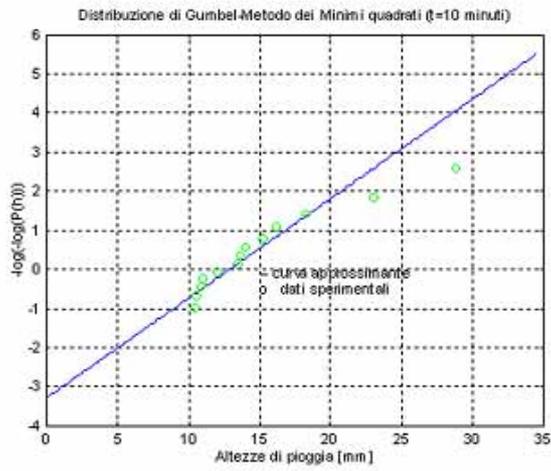
	T=10 anni	T=20 anni	T=25anni	T=50anni
h₁₀ (mm)	21.72	24.53	25.43	28.18
h₁₅ (mm)	34.08	38.18	39.48	43.48
h₂₀ (mm)	34.69	39.90	41.55	46.64
h₃₀(mm)	38.58	44.89	46.89	53.05

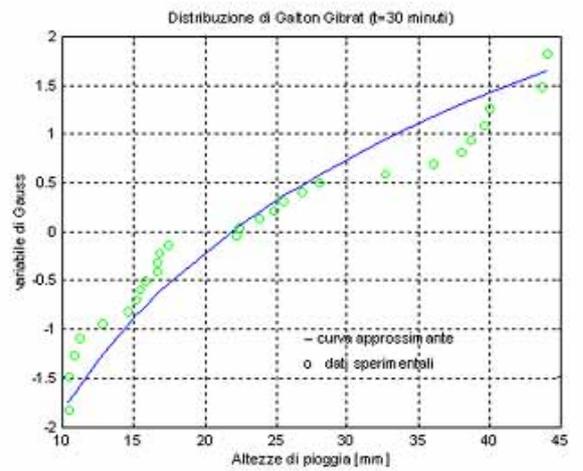
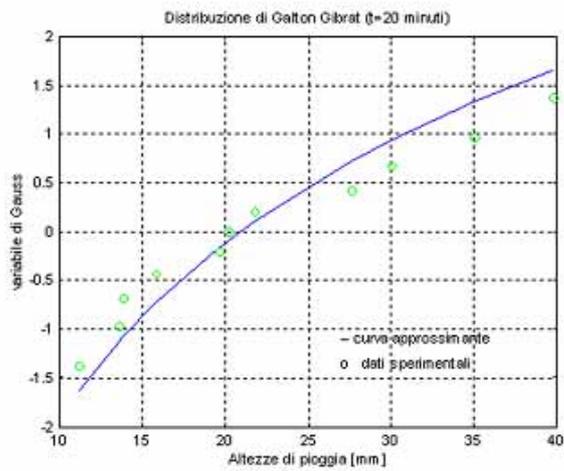
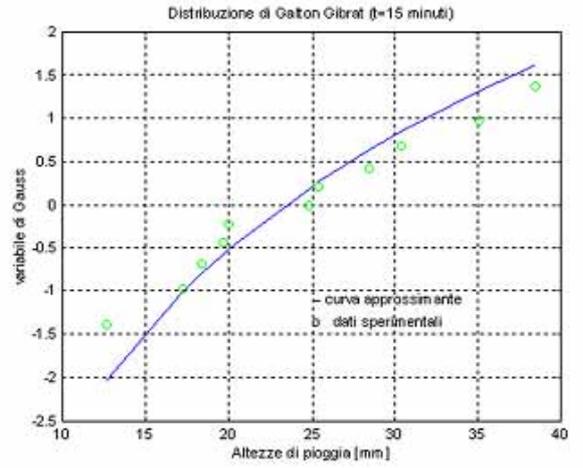
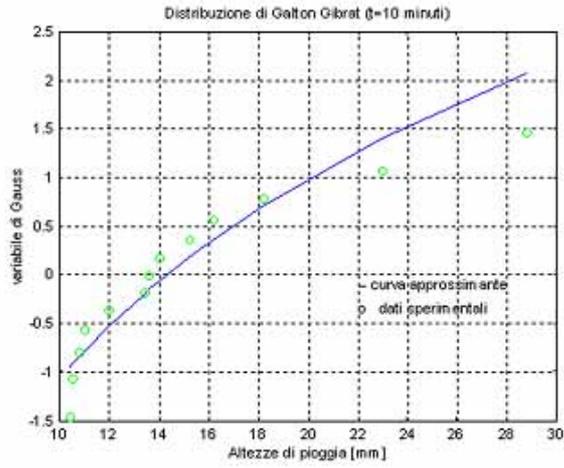
Altezze di pioggia (Metodo di Gumbel-Minimi Quadrati)

	T=10 anni	T=20 anni	T=25anni	T=50anni
h₁₀ (mm)	22.05	24.91	25.81	28.58
h₁₅ (mm)	34.64	38.70	39.96	43.83
h₂₀ (mm)	34.35	39.51	41.16	46.25
h₃₀(mm)	37.66	43.93	45.95	52.25

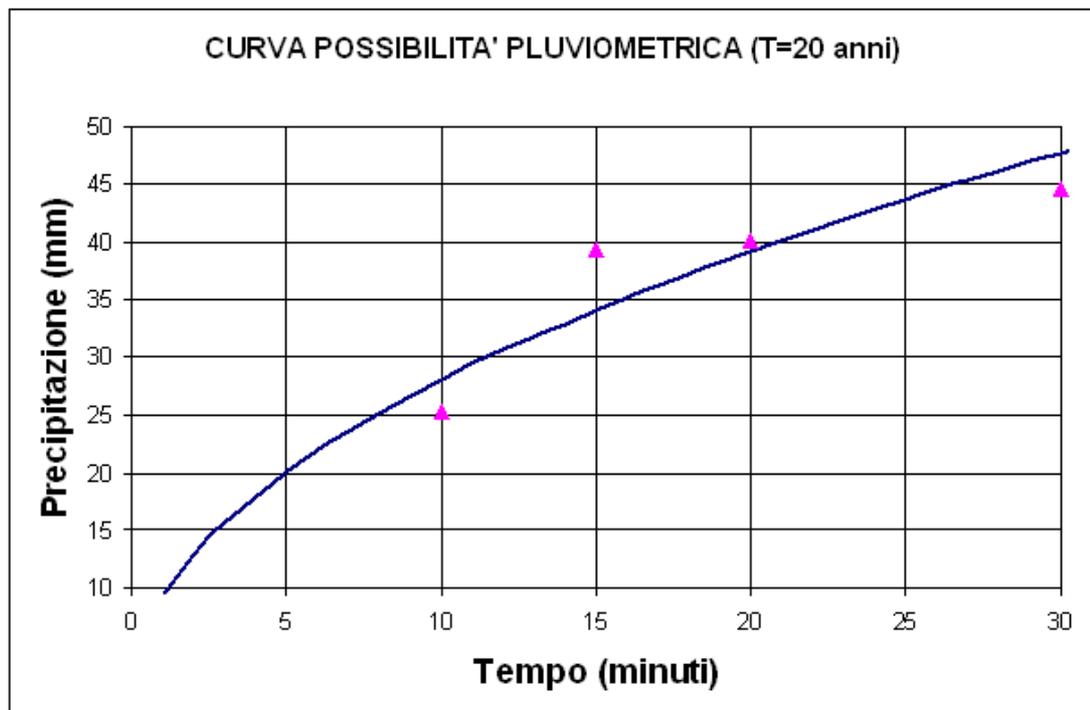
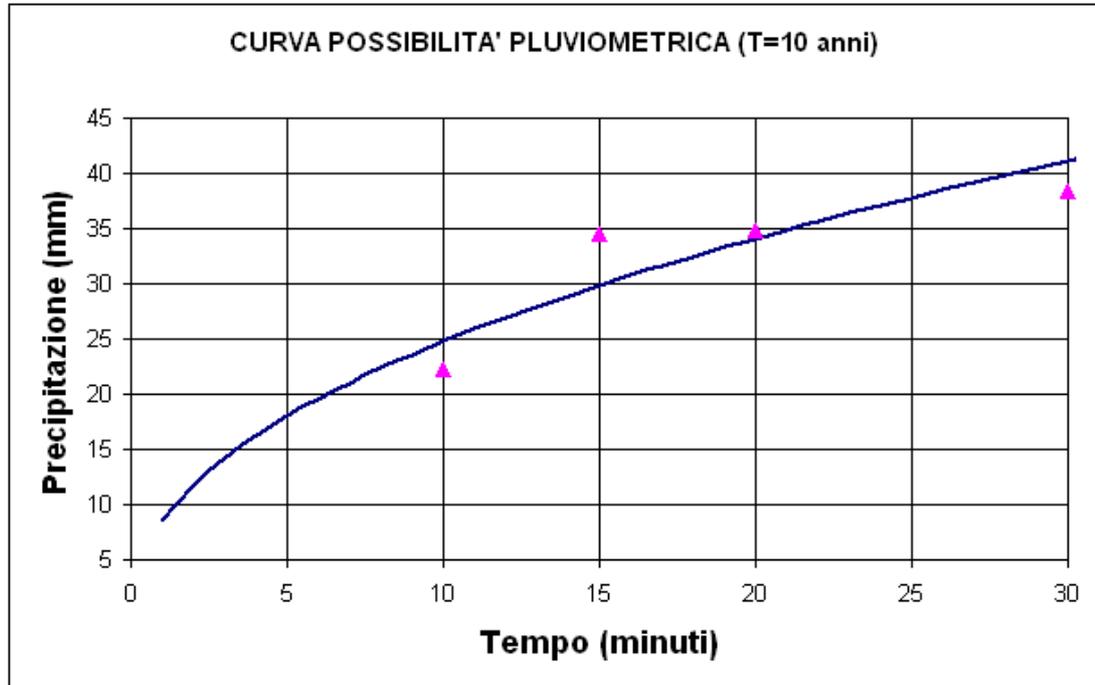
Altezze di pioggia (Metodo di Galton-Gibrat)

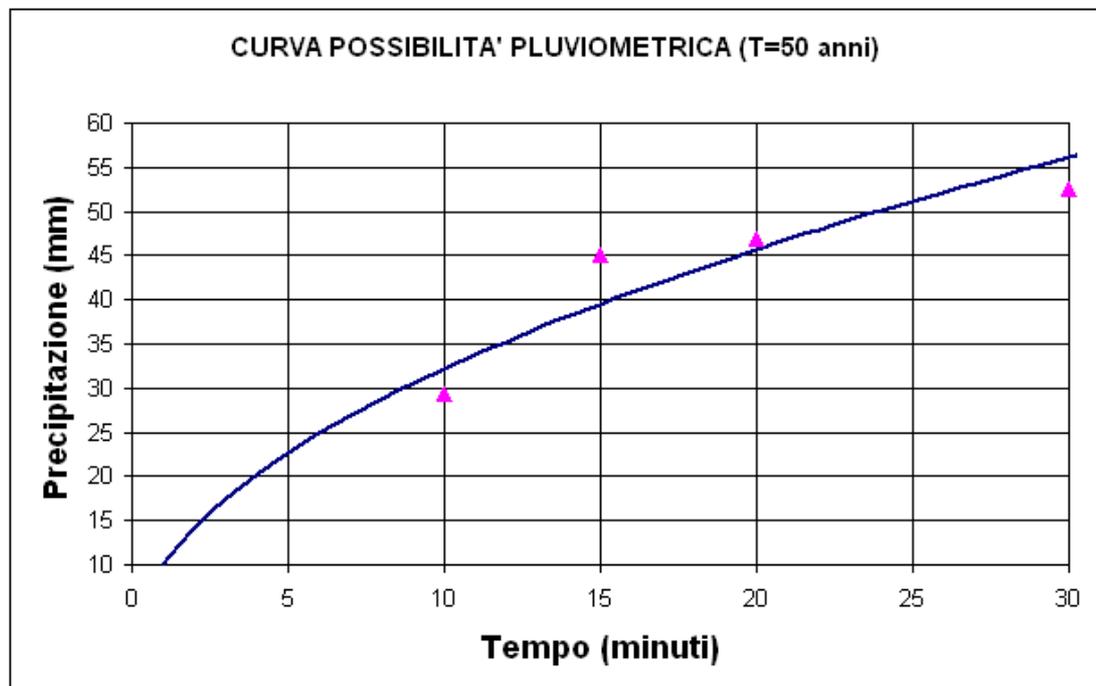
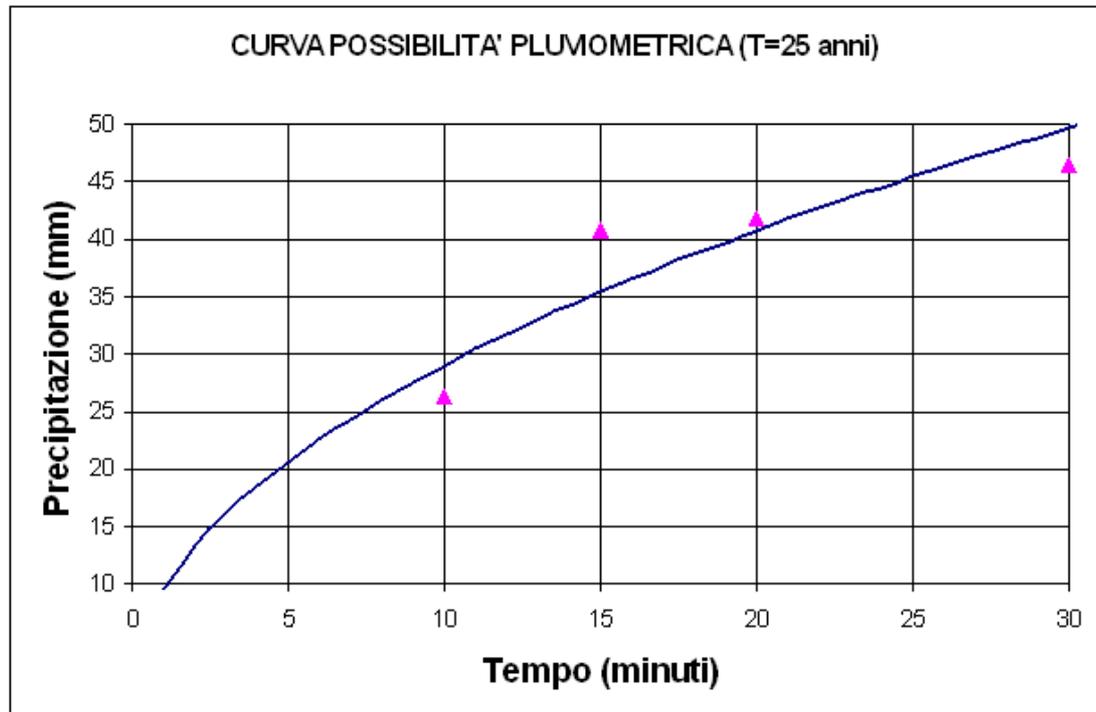






ALLEGATO 2





ALLEGATO 3

SEZ	PROGRESSIVA	QUOTA	dx	dh	il	iL	L	Y
1	0	1.80						
2	30	1.80	30	0	0.0000	0.0250	7.00	3.52
3	60	1.80	30	0	0.0000	0.0250	7.00	3.52
4	90	1.71	30	-0.09	0.0030	0.0252	7.05	3.53
5	120	1.54	30	-0.17	0.0057	0.0256	7.18	3.55
6	150	1.36	30	-0.18	0.0060	0.0257	7.20	3.55
7	180	1.28	30	-0.08	0.0027	0.0251	7.04	3.52
8	210	1.28	30	0	0.0000	0.0700	7.00	2.86
9	240	1.30	30	0.02	-0.0007	0.0700	7.00	2.86
10	270	1.31	30	0.01	-0.0003	0.0700	7.00	2.86
11	300	1.31	30	0	0.0000	0.0700	7.00	2.86
12	330	1.34	30	0.03	-0.0010	0.0250	7.01	3.52
13	360	1.36	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
14	390	1.37	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
15	420	1.39	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
16	450	1.40	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
17	480	1.42	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
18	510	1.43	30	0.01	-0.0003	0.0700	7.00	2.86
19	540	1.45	30	0.02	-0.0007	0.0700	7.00	2.86
20	570	1.46	30	0.01	-0.0003	0.0700	7.00	2.86
21	600	1.48	30	0.02	-0.0007	0.0700	7.00	2.86
22	630	1.50	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
23	660	1.51	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
24	690	1.53	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
25	720	1.54	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
26	750	1.56	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
27	780	1.57	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
28	810	1.59	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
29	840	1.60	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
30	870	1.62	30	0.02	-0.0007	0.0700	7.00	2.86
31	900	1.63	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
32	930	1.65	30	0.02	-0.0007	0.0250	7.00	3.52
33	960	1.66	30	0.01	-0.0003	0.0250	7.00	3.52
34	990	1.66	30	0	0.0000	0.0250	7.00	3.52
35	1020	1.57	30	-0.09	0.0030	0.0252	7.05	3.53
36	1050	1.44	30	-0.13	0.0043	0.0254	7.10	3.53
37	1080	1.31	30	-0.13	0.0043	0.0254	7.10	3.53
38	1110	1.19	30	-0.12	0.0040	0.0253	7.09	3.53
39	1140	1.06	30	-0.13	0.0043	0.0254	7.10	3.53
40	1170	1.00	30	-0.06	0.0020	0.0251	7.02	3.52
41	1200	1.00	30	0	0.0000	0.0250	7.00	3.52
42	1222.46	1.00	22.46	0	0.0000	0.0250	7.00	3.52

ALLEGATO 4

LEGENDA

SEZ = sezione
Il = pendenza longitudinale

l_{max} = interasse massimo tra due embrici
 L_{min} = larghezza minima invito embrice

SEZ	x	H	il	Q	l_{max}	L_{min}
2	30	250.58	0.0307			
3	60	249.96	0.0207	37.4	103	1.08
4	90	249.65	0.0103	26.4	73	0.88
5	120	249.62	0.0010	8.2	23	0.44
6	150	249.71	-0.0030	14.2	39	0.61
7	180	249.8	-0.0030	14.2	39	0.61
8	210	249.88	-0.0027	13.4	37	0.59
9	240	250.05	-0.0057	19.6	54	0.73
10	270	250.4	-0.0117	28.1	77	0.91
11	300	250.92	-0.0173	34.2	94	1.03
12	330	251.51	-0.0197	36.5	100	1.07
13	360	251.85	-0.0113	27.7	76	0.90
14	390	251.83	0.0007	6.7	18	0.39
15	420	251.49	0.0113	27.7	76	0.90
16	450	250.95	0.0180	34.9	96	1.04
17	480	250.44	0.0170	33.9	93	1.02
18	510	250	0.0147	31.5	87	0.98
19	540	249.74	0.0087	24.2	67	0.83
20	570	249.66	0.0027	13.4	37	0.59
21	600	249.63	0.0010	8.2	23	0.44
22	630	249.6	0.0010	8.2	23	0.44
23	660	249.57	0.0010	8.2	23	0.44
24	690	249.54	0.0010	8.2	23	0.44
25	720	249.51	0.0010	8.2	23	0.44
26	750	249.48	0.0010	8.2	23	0.44
27	780	249.46	0.0007	6.7	18	0.39
28	810	249.43	0.0010	8.2	23	0.44
29	840	249.4	0.0010	8.2	23	0.44
30	870	249.37	0.0010	8.2	23	0.44
31	900	249.34	0.0010	8.2	23	0.44
32	930	249.31	0.0010	8.2	23	0.44
33	960	249.28	0.0010	8.2	23	0.44
34	990	249.26	0.0007	6.7	18	0.39
35	1020	249.23	0.0010	8.2	23	0.44
36	1050	249.2	0.0010	8.2	23	0.44
37	1080	249.17	0.0010	8.2	23	0.44
38	1110	249.14	0.0010	8.2	23	0.44
39	1140	249.11	0.0010	8.2	23	0.44
40	1170	249.08	0.0010	8.2	23	0.44
41	1200	249.06	0.0007	6.7	18	0.39
42	1222	249.03	0.0013	9.5	26	0.48

VALORE MINIMO DI l_{max} = 25 m

VALORE MASSIMO DI L_{min} = 1 m

ALLEGATO 5

LEGENDA:

sez=sezione

x=progressiva (m)

A=superficie di territorio (m^2)

Pstr=pendenza dell'asse stradale

Pfsx=pendenza del fosso in sinistra

Pfdx=pendenza del fosso in destra

xv=lunghezza della tratta di strada interessata dal deflusso acque provenienti dal versante

Qdsx=portata proveniente dall'asse stradale al fosso in sinistra, relativa al tratto di lunghezza dx (l/s)

Qddx=portata proveniente dall'asse stradale al fosso in destra relativa al tratto di lunghezza dx (l/s)

Qvt=portata totale proveniente dal versante (l/s)

qv=portata proveniente dal versante per unità di lunghezza della tratta di strada intercettata

Qvsvx=portata proveniente dal versante in sinistra per il tratto di lunghezza l

Qvsvd=portata proveniente dal versante in sinistra per il tratto di lunghezza l

Qtdx=portata totale affluente nel fosso di guardia in destra per un tratto di lunghezza l

Qtsx=portata totale affluente nel fosso di guardia in sinistra per un tratto di lunghezza l

Pfsx=pendenza del fosso in sinistra

Pfdx=pendenza del fosso in destra

Qmaxsx=deflusso massimo consentito nel fosso di guardia in sinistra per un tratto di lunghezza l

Qmaxdx=deflusso massimo consentito nel fosso di guardia in destra per un tratto di lunghezza l

	direzione del flusso delle acque secondo progressive crescenti
--	--

	direzione del flusso delle acque secondo progressive decrescenti
--	--

	presenza di un tombino
--	------------------------

DATI DI PROGETTO FOSSO:

scabrezza ($m^{1/3}/s$)	30
larghezza fosso (m)	0.5
profondità max fosso (m)	0.4
inclinazione sponde	1

PORTATE DA VERSANTE

COD	A	Qvt	xv	qv
1	26200	13.10	1	13.10
2	49326	24.66	1	24.66
3	10170	5.09	210	0.02
4	26200	13.10	1	13.10
5	53210	26.61	1	26.61
6	21001	10.50	1	10.50
7	28870	14.44	180	0.08

SEZ	x	Lsx	Ldx	Qdsx	Qddx	Qvsx	Qvdx	QTsx	QTdx	Pfsx	Pfdx	Q _{maxsx}	Q _{maxdx}
1	0	0	9	0	0	0	0						
2	30	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00			0	713
3	60	0	9	0	18	0	0	0.00	48.00		-0.0007	0	102
4	90	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		-0.0007	0	102
5	120	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		-0.0010	0	125
6	150	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		0.0007	0	102
7	180	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		0.0007	0	102
8	210	0	9	0	15.0	0	0	0.00	45.00		0.0003	0	72
9	240	0	9	0	15.0	0	0	0.00	60.00		0.0003	0	72
10	270	0	9	0	15.0	0	0	0.00	75.00			0	713
11	300	0	9	0	15.0	0.00	0	0.00	75.00	0.0007	-0.0003	102	72
12	330	0	9	0	15.0	0.73	0	0.73	60.00	0.0003	-0.0010	72	125
13	360	0	9	0	15.0	0.73	0	1.45	45.00	0.0003	-0.0010	72	125
14	390	0	9	0	15.0	0.73	0	2.18	30.00	0.0003	-0.0030	72	216
15	420	0	9	0	15.0	0.73	0	2.91	15.00	0.0007	-0.0013	102	144
16	450	0	9	0	15.0	0.73	0	3.63	15.00	0.0003	0.0043	72	260
17	480	0	9	0	15.0	0.73	0	4.36	30.00	0.0007	0.0033	102	228
18	510	0	9	0	15.0	0.73	0	5.09	45.00			713	713
19	540	0	9	0	15.0	0	0	0.00	45.00		-0.0007	0	102
20	570	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		-0.0007	0	102
21	600	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		-0.0087	0	367
22	630	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		0.0010	0	125
23	660	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		0.0007	0	102
24	690	0	9	0	15.0	0	0	0.00	45.00		0.0003	0	72
25	720	0	9	0	15.0	0	0	0.00	60.00			0	713
26	750	0	9	0	15.0	0	0	0.00	45.00		-0.0023	0	191
27	780	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		-0.0050	0	279
28	810	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		0.0007	0	102
29	840	0	9	0	15.0	0	0	0.00	15.00		0.0007	0	102
30	870	0	9	0	15.0	0	0	0.00	30.00		0.0003	0	72
31	900	0	9	0	15.0	0	0	0.00	45.00		0.0003	0	72
32	930	0	9	0	15.0	0	0	0.00	60.00		0.0003	0	72
33	960	0	9	0	15.0	0	26.61	0.00	101.61		0.0007	0	102
34	990	0	9	0	15.0	0	0	0.00	116.61		0.0073	0	338
35	1020	0	9	0	15.0	0	0	0.00	131.61			0	713
36	1050	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	17.41		0.0010	0	125
37	1080	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	34.81		0.0010	0	125
38	1110	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	52.22		0.0007	0	102
39	1140	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	69.62		0.0017	0	161
40	1170	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	87.03		0.0017	0	161
41	1200	0	9	0	15.0	0	2.41	0.00	104.44			0	713

ALLEGATO 6

LEGENDA

NOME = etichetta tombino;
 SEZ = sezione di riferimento;
 x = progressiva (m);
 D = diametro (m);
 Himb = quota di imbocco (m);
 Hsb = quota di sbocco (m);
 Ltom = lunghezza (m);
 Ptom = pendenza (m);
 Qp = portata di progetto (l/s);
 Qmax = capacità di deflusso (l/s);

TOMBINI									
NOME	SEZ	x	D	Himb	Hsb	Ltom	Ptomb	Qp	Qmax
T1	3	60	0.8	0.516	0.441	20.0	0.0088	76.10	1026
T2	10	270	0.8	0.280	0.266	21.0	0.0008	174.66	303
T3	18-19	530	0.8	0.320	0.300	18.7	0.0011	103.10	359
T4	26	750	0.8	0.625	0.615	22.0	0.0009	131.61	322
T5	35-36	1040	0.8	0.755	0.745	20.0	0.0005	149.01	245
T6	41	1200	0.4	0.250	0.150	18.0	0.0056	104	129