Autostrada dei Fiori

AUTOSTRADA DEI FIORI S.p.A.

OPERE A DIFESA DELLE STRUTTURE DEL VIADOTTO VALLETTA DELLA A6 TORINO SAVONA E DI SISTEMAZIONE DELLA FRANA CHE HA CAUSATO IL CROLLO DEL VIADOTTO MADONNA DEL MONTE

LAVORI IN SOMMA URGENZA

REL
A

Relazione tecnico descrittiva e dimensionamento della tubazione a protezione della pila 22

Data emissione:	CODICE ELABORATO	Anno	Commessa	Progetto	Elaborato	Tipologia	n°
Dicembre 2019		2019	071	E	IDR	REL	A000

LIVELLO	Numero	Data	Stesura	Controllo	Approvazione

Responsabile Unico del Procedimento

Gruppo di progettazione

INGEO
Studio INGEO
Ingegneri e Geologi Associati
Via Acquacalda 840/A - 55100 Lucca
Telefono 0583 - 48682
E-mail ingegneri@ingeo.it

Responsabile progettazione

dott. ing. Paolo BARSOTTI

Rilievi topografici a cura di

SINA
Società Iniziative Nazionali Autostradali - SINA S.p.A.

RESEARCH FOUNDATION cima OBSERVE TO PREDICT PREDICT TO PREVENT
Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale CIMA Foundation

Gruppo di lavoro

dott. ing. Simone GIAMBELLI

dott. geol. Marianna GENOVESI

Sommario

1 PREMESSA 1

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI 1

2.1 SITUAZIONE AL 28/11/2019 1

2.2 SITUAZIONE AL 5/12/2019 7

2.3 SITUAZIONE AL 19/12/2019 9

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 9

3.1 GENERALITÀ 9

3.2 CALCOLO DI MASSIMA DELLE PORTATE ALLA SEZIONE D'INGRESSO DELLA TUBAZIONE 9

3.2.1 CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA 9

3.2.2 CARATTERISTICHE DEL BACINO – METODO SCS 10

3.2.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO 13

3.3 VERIFICA DELLA TUBAZIONE 14

1 PREMESSA

Nelle more della definizione dello specifico incarico, lo scrivente è stato interpellato dalla Società Autostrada dei Fiori S.p.A. allo scopo di definire le opere per la difesa delle opere di fondazione del viadotto "Rio Valletta" in corrispondenza del tracciato dell'omonimo corso d'acqua che interferisce con le pile 22 e 21 proprio in corrispondenza dell'accumulo generato dalla frana che ha determinato il crollo del viadotto "Madonna del Monte" in data 24/11/2019. La massa di terreno proveniente dal versante in sponda sinistra del rio Valletta, da un compluvio molto inciso sede di un piccolo affluente, ha infatti generato una sorta di sbarramento che ha determinato un invaso situato a monte della pila 22 del viadotto "Rio Valletta", riducendone la capacità di deflusso.

Nelle ore immediatamente successive all'evento grazie all'intervento di macchine operatrici dei Vigili del Fuoco (escavatori) è stata ripristinata una sezione minima per il deflusso delle acque provenienti sia dal rio Valletta a monte della frana sia dall'ammasso di terreni sciolti depositatisi al piede del versante; questa soluzione, ovviamente provvisoria, ha consentito di ripristinare la possibilità di deflusso per una apprezzabile portata; tuttavia l'instabilità delle sponde, dovuta principalmente alla loro consistenza, ridotta dalle grandi quantità di acqua presenti nei terreni e all'elevato grado di rimaneggiamento dovuto al recente movimento, induce la necessità di particolari attenzioni in quanto una ulteriore instabilizzazione potrebbe portare nuovamente alla occlusione, parziale o totale, della sezione del rio Valletta, con la conseguente nuova formazione di una zona d'invaso e la riduzione della capacità di smaltimento proprio in corrispondenza della pila 22 del viadotto che in questo frangente è l'unica struttura che consente il traffico, sia pure su unica carreggiata, sull'Autostrada A6 Torino Savona.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

Allo scopo di definire, in stretto coordinamento con i tecnici già impegnati per la ricostruzione del viadotto "Madonna del Monte", una soluzione provvisoria per la difesa delle strutture del viadotto "Rio Valletta", sono stati effettuati dallo scrivente sopralluoghi in data 28/11/2019, 5/12/2019 e, da ultimo, in data 19/12/2019.

2.1 Situazione al 28/11/2019

Il sopralluogo è avvenuto con i tecnici della Autostrada dei Fiori SpA, della S. I. N. A. Spa e della Geo Egineering srl di Torino ed è proseguito anche nelle prime ore del 29/11/2019 da parte dei tecnici della S. I. N. A. Spa e Geo Egineering srl per l'assistenza alla esecuzione alla esecuzione di un sondaggio in prossimità della Pila 21; è stato dato conto di quanto osservato e avvenuto in un verbale firmato anche dal sottoscritto.

Pochi giorni prima, in data 25/11/2019, all'indomani dell'evento franoso che aveva determinato la parziale demolizione del viadotto "Madonna del Monte", erano state in prima approssimazione individuate alcune problematiche relative alla difesa della struttura del viadotto "Rio Valletta" ed erano state determinate le condizioni per la riapertura al traffico del viadotto. Le relazioni redatte dal prof. ing. Giuseppe Mancini di SINTECNA srl e dal dott. geol. Luigi Marenco della Geo Engineering srl a proposito della situazione idraulica interferente con il viadotto "Rio Valletta" dicevano:

- Relazione strutturale di SINTECNA: *«occorre osservare che, in conseguenza del movimento del terreno, i due corsi d'acqua che convergono a monte della pila interessata dalla frana, hanno cambiato percorso ed ora trasportano significativi quantitativi di acqua che lambiscono la pila adiacente a quella di cui trattasi, venendo così a generare un rischio di scalzamento della sottostante fondazione. Si ritiene quindi necessario incanalare l'acqua dei due rii in modo da deviarne il corso a distanza di sicurezza dalle fondazioni»*.
- Relazione geotecnica di GEO Engineering: *«Viste le dinamiche di filtrazione ipotizzate per le acque che ristagnano a monte del corpo del voluminoso accumulo (larghezza di circa 20-25 m) che sbarra il rio Valletta,*

e indispensabile provvedere alla ricanalizzazione del flusso a cielo aperto al fine di scongiurare effetti di erosione in profondità generati da eventuali linee di flusso celate generatesi nell'accumulo, che possano comportare processi di erosione localizzata a carico del piano fondazionale del viadotto Rio Valletta (pile 21 e 22). Durante le operazioni di riprofilatura dovrà essere riscontrato il piano di campagna preesistente in prossimità dell'estradosso fondazionale (visibile prima del manifestarsi del fenomeno), al fine di riscontrare eventuali processi di erosione indotti in fase di evento. Andranno inoltre verificate le geometrie assunte dalla porzione terminale dell'accumulo di colata in seguito alle operazioni di riprofilatura e le caratteristiche dei materiali emerse in seguito all'esecuzione delle operazioni di scavo, ponendo in essere un sistema di controllo del fronte terminale dell'accumulo. Andrà anche posta cura nelle operazioni di riprofilatura per la canalizzazione delle acque al fine di evitare processi erosivi a carico delle fondazioni durante le condizioni ordinarie di deflusso, privilegiando la ricanalizzazione sull'alveo originario già stabilizzato. Contestualmente dovrà essere posto in essere un sistema di monitoraggio geotecnico con allertamento finalizzato a valutare l'entità delle precipitazioni (pluviometro dedicato), l'entità dei movimenti per la massa già dislocata e disarticolata in corrispondenza della zona di distacco ed il formarsi ali nuove colate di fango incanalate lungo l'impronta di frana, al fine di salvaguardare il manufatto della carreggiata Sud. Tale sistema di monitoraggio dovrà fornire misurazioni che, raffrontate alle soglie indicate nel piano di gestione del rischio in corso di stesura, definiscano le condizioni di criticità del viadotto e delle aree di cantiere»;

Da quanto sopra si evinceva che sussistevano due tipologie di problematiche:

1. interazione dei deflussi superficiali e subsuperficiali (anche profondi) con le strutture di fondazione del viadotto "Rio Valletta" con potenziali fenomeni di erosione e scalzamento delle fondazioni;
2. possibilità di formazione di nuove colate formate nelle zone superiori della frana con potenziale interessamento delle strutture di valle del viadotto rio Valletta.

Durante il sopralluogo si è posto particolare attenzione a questi aspetti e si è preso atto della riprofilatura del rio Valletta (in Figura 2.1 nel tratto più a monte, in Figura 2.2 in corrispondenza della pila 22, in Figura 2.3 a valle della pila 22, e, in Figura 2.4 in visione complessiva da monte) effettuata dai Vigili del Fuoco con posizionamento dell'alveo fra le pile 22 e 21 (la pila 22 rimaneva in destra idrografica del rio, la 21 in sinistra; l'attraversamento era con angolo particolarmente acuto in quanto la direzione del rio Valletta è molti vicina a quella dell'omonimo viadotto). Come rilevabile dal verbale *"si è accertato che la quota di fondo dell'alveo attuale corrispondeva alla quota del piano di campagna preesistente, come individuabile dalla scarpata in sponda destra prossima alla pila 22 e dalla presenza di una soglia di fondo preesistente, a monte della pila 21, al di sopra della quale le acque scorrevano regolarmente […]; mediante intervento di escavatore, e stata intercettata in sponda sinistra la filtrazione all'interno dei gabbioni preesistenti risolvendo la criticità riscontrata in prossimità del pilastro di valle della pila 21 [Figura 2.5] portando il flusso di acqua a distanza di sicurezza dalla fondazione della pila stessa [Figura 2.6]".*

In base alle osservazioni effettuate si è ritenuta la configurazione descritta *"idonea per il deflusso delle attuali portate"* ritenendo comunque *"necessario procedere quanto prima alla riduzione dell'inclinazione delle scarpate dell'attuale alveo a monte del viadotto per ridurre il rischio di instabilizzazione locale delle sponde"*.

Infine si riteneva *"opportuno, in corrispondenza della pila 22, prevedere una canalizzazione chiusa provvisoria che permetta di prevenire eventuali occlusioni dell'alveo attuale in caso di evoluzione della colata risolvendo possibili fenomeni di erosione localizzata intorno alla pila stessa"*.



Figura 2.1 – Vista verso monte/destra idrografica dell'alveo riprofilato del rio Valletta



Figura 2.2 – Vista del passaggio delle acque del rio Valletta in prossimità della Pila 22



Figura 2.3 – Alveo del rio Valletta a valle della Pila 22



Figura 2.4 – Vista da monte del tratto dell'alveo riprofilato del rio Valletta in corrispondenza della pila 22



Figura 2.5 – Vista della venuta di acqua in corrispondenza del pilastro di valle della pila 21



Figura 2.6 – Realizzazione dello scavo per l'intercettazione delle acqua infiltrate lungo la gabbionata.

Oltre a quanto sopra si è osservato che il rio Valletta, nel tratto proveniente da monte, aveva sezione tombata all'interno di una struttura scatolare in calcestruzzo armato, trovata in buone condizioni di conservazione, di dimensioni della sezione interna pari a 3,00 x 4,00 m (Figura 2.7); inoltre in destra idraulica del rio Valletta, immediatamente a valle dell'uscita del tratto tombato in calcestruzzo, si sono riscontrate due tubazioni circolari in calcestruzzo armato di diametro 800 mm che, però, non portavano acque all'atto del sopralluogo.

Si è poi rilevata la presenza di un metanodotto situato in destra orografica della frana (Figura 2.8) ma non coinvolto nel movimento il cui tracciato, in prossimità della zona di valle della frana, gira verso valle poco al di sotto della spalla lato Torino del viadotto "Madonna del Monte", ponendosi in direzione sub-parallela al rio Valletta. Questo impianto era stato a suo tempo protetto da fenomeni di erosione dovuti al rio Valletta con una gabbionata posta a valle delle tubazioni che è stata sovrapassata dalla colata. L'impianto non ha subito danni, segno che in questa zona il movimento non ha interessato i terreni "in posto" ma, appunto, è scorso sopra gli stessi. La gabbionata aveva origine proprio subito a valle della sezione terminale del tombamento del rio Valletta e andava ad attestarsi, a valle, proprio sul pilastro della pila 21 presso il quale si era rilevata la fuoriuscita di acqua riportata in Figura 2.5. Il fatto che le acque infiltrate sia nei pressi della sezione di uscita del tombamento sia, probabilmente, nel tratto in cui la gabbionata è stata ricoperta dai terreni in frana, uscissero alla luce in corrispondenza della pila 21 e che le stesse, una volta intercettate circa 10 m a monte, abbiano interrotto il deflusso in corrispondenza della pila 21, indica che la gabbionata ha svolto funzione di dreno dell'accumulo contribuendo a ridurre la presenza di acqua nella attuale sponda sinistra del rio Valletta a vantaggio della sua stabilità.



Figura 2.7 – Sezione del rio Valletta all'uscita del tombino con piccola zona di invaso delle acque



Figura 2.8 – Paline identificatrici del metanodotto nel tratto contiguo al rio Valletta nei pressi della pila 22

2.2 Situazione al 5/12/2019

La situazione che si è potuta rilevare all'atto del secondo sopralluogo in data 5/12/2019 è stata simile alla precedente, con deflussi leggermente ridotti delle acque, come mostrato in Figura 2.9 e Figura 2.10 e Figura 2.11.



Figura 2.9 – Rio Valletta – vista da valle in corrispondenza della pila 22. Si nota la gabbionata a difesa del metanodotto



Figura 2.10 – Deflusso delle acque del rio Valletta – vista da valle della sezione di chiusura del tombamento



Figura 2.11 – La gabbionata in corrispondenza della trincea per intercettare il deflusso a monte della pila 21

2.3 Situazione al 19/12/2019

Un ultimo sopralluogo è stato effettuato in data 19/12/2019 alla presenza dei tecnici della SNAM che hanno confermato la relazione fra la gabbionata e l'impianto, situato a monte della stessa alle profondità indicate sulle paline e comunque rilevate.

Si sono quindi potute verificare le ipotesi di progetto (descritte sommariamente al capitolo successivo) oltre ad avere informazioni sulle modalità operative.

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

3.1 Generalità

In sintesi l'intervento prevede la realizzazione di una tubazione con sezione multicentrica ribassata in acciaio ondulato, in grado di smaltire un valore significativo delle portate portandole oltre la pila 22, rimanendo al di sotto di una potenziale colata in caso di riattivazione del movimento, dato che le masse instabili sono ancora rilevanti e che i lavori di sistemazione definitiva del complesso franoso saranno realizzati in un momento successivo. Ciò consentirà di risolvere le problematiche evidenziate al par. 2.1 e cioè:

1. Le acque del rio Valletta, in corrispondenza della pila 22, defluiranno senza alcuna possibilità di determinare erosioni, essendo contenute all'interno della tubazione;
2. Mantenimento del deflusso – senza formazione di invasi – in caso di riattivazioni del movimento e ulteriori colate (che passeranno al di sopra della tubazione come avvenuto per la gabbionata rilevata nel corso dei sopralluoghi effettuati e confermata dai tecnici SNAM).

La tubazione raccoglierà le acque circa 5 m a valle della sezione di chiusura del tombamento del rio Valletta e le recapiterà nell'alveo a cielo aperto circa 10 m a valle della pila 22. Lo sviluppo totale della tubazione sarà di 60 ml, le dimensioni trasversali caratteristiche sono la larghezza massima (pari a 3,58 ml) e l'altezza (pari a 2,30 ml); la pendenza media del tratto è del 3,5%.

In sponda sinistra a valle della tubazione è prevista la realizzazione di una opera di difesa spondale (gabbionata) atta a prevenire erosioni della sponda nella quale è attestato una tubazione del metanodotto SNAM; in destra idraulica in corrispondenza dell'uscita dalla nuova tubazione viene realizzata una gabbionata a difesa della pila 22, che comunque rimane ben distante dalla sezione e quindi dal deflusso.

3.2 Calcolo di massima delle portate alla sezione d'ingresso della tubazione

3.2.1 Curva di possibilità pluviometrica

Si è considerato, in via del tutto cautelativa, il bacino individuato nella Figura 3.2, avente una superficie di circa 0,95 kmq. Per il dimensionamento si è fatto riferimento a pubblicazioni disponibili in rete relazione a Piani di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale e della Provincia di Savona[1]. La curva di possibilità pluviometrica è generalmente espressa nella forma:

$$h(d,T) = a(T)d^{n}$$

dove **h(d,T)** è altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T, **a(T)** il coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno ed **n** l'esponente della relazione di scala.

[1] PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO - (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998) – Bacini vari

Varie elaborazioni effettuate per la determinazione dei parametri a ed n hanno portato alla formula seguente:

$$h(d,T) = \mathrm{KT}^{*}\mathrm{E[H1]}^{*}d^{0.39}$$

dove i coefficienti KT e E[H1] sono determinabili attraverso l'utilizzo di tabelle. Assumendo parametri cautelativi per il bacino in esame si sono assunti i coefficienti seguenti:

KT per Tr = 200 anni = 2,78

E[H1] = 40,3 mm (valore massimo rilevato dallo scrivente per bacini situati nella provincia di Savona)

Di conseguenza la **curva di possibilità pluviometrica** da assumere diviene:

$h(d,T) = 2{,}78*40{,}30*d^{0.39}$ cioè $h(d,T) = 112{,}034*d^{0.39}$

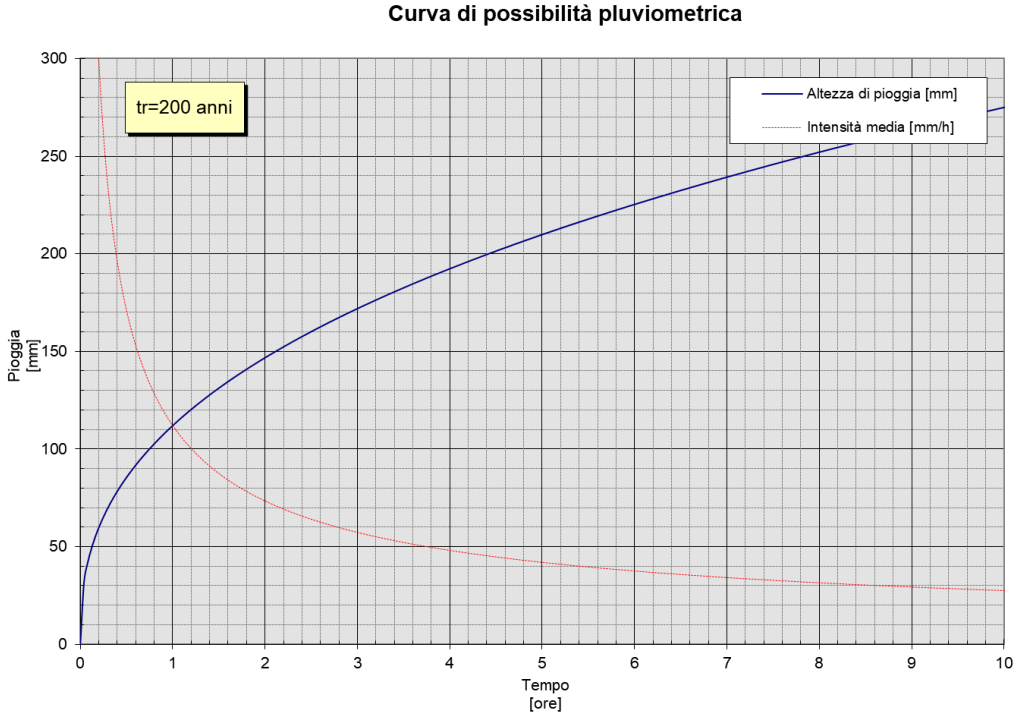


Figura 3.1 – Curva di possibilità pluviometrica

3.2.2 Caratteristiche del bacino – Metodo SCS

Il bacino individuato è stato speditivamente analizzato sia dal punto di vista geo-morfologico che da quello di permeabilità e attitudine al deflusso delle acque meteoriche. L'utilizzo di dati di permeabilità ed uso del suolo ha consentito di impiegare un modello di trasformazione da afflussi a deflussi che tenga effettivamente in conto le caratteristiche del territorio oggetto di studio. Il metodo di calcolo di riferimento è quello comunemente definito «Metodo CN» del Soil Conservation Service[2], che prende in considerazione, accanto alle caratteristiche geometriche e geomorfologiche dei bacini, anche le caratteristiche di permeabilità ed uso del suolo.

Per quanto riguarda la permeabilità, considerata a livello macroscopico, il territorio afferente al bacino è stato suddiviso in quattro categorie (A, B, C e D) a permeabilità decrescente.

[2] Metodo CN del SCS cfr. V.T. Chaw - D.R. Maidment - L.W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill International Edition, 1988.

Le caratteristiche di uso del suolo sono state rilevate analizzando la cartografia da satellite; i coefficienti relativi ai diversi usi del terreno sono stati assegnati per similitudine con quanto previsto in tabelle sperimentali riferite a bacini degli Stati Uniti. Nella Tabella 3.1 sono riportate le caratteristiche di permeabilità facenti capo alle classi descritte; nella Tabella 3.2 sono invece riportati i coefficienti CN parziali che vengono assegnati alle varie porzioni di territorio in funzione della permeabilità e dell'uso del suolo.

Il calcolo del coefficiente CN medio caratteristico del bacino è stato condotto effettuando una media pesata dei coefficienti parziali con le rispettive superfici. Il CN così calcolato è quello identificato con l'indice II ed è relativo alla classe AMC media (in riferimento alla quantità di pioggia nei 5 giorni antecedenti l'evento meteorico critico). Il metodo consente di utilizzare tre classi AMC in base alle caratteristiche climatiche della regione in esame; poiché tale metodo è stato sviluppato negli Stati Uniti dove esiste una grossa variabilità dei climi i valori dei CN relativi a classi diverse differiscono notevolmente, nelle zone temperate come l'Italia generalmente si utilizza la classe AMC II con buoni margini di sicurezza nella valutazione successiva della legge afflussi/deflussi. Per avere margini di sicurezza ancora superiori nella valutazione del CN per il bacino in esame è stato considerato un valore medio tra quello ottenuto per la classe AMC II e quello ottenuto per la classe AMC III.

Le caratteristiche geometriche, di permeabilità e di uso del suolo individuate permettono di calcolare il tempo di corrivazione e/o concentrazione secondo le formule più appropriate a seconda delle caratteristiche del bacino stesso. La formula cui si è fatto riferimento è la seguente Formula del SCS per il calcolo del tempo di concentrazione di bacini montano-collinari;

$$t_c = \frac{100 \cdot \mathrm{L}^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot S^{0.5}}$$

dove tc è il tempo di concentrazione; L la lunghezza dell'asta massima espressa in ft (piedi); CN è il valore del coefficiente CN del bacino; S è la pendenza media del bacino espressa in %.

Come si vede da quanto sopra riportato la formula del SCS tiene conto delle caratteristiche di uso del suolo e di permeabilità; per questo motivo, per bacini montano-collinari si è utilizzata correntemente facendo a meno di utilizzare la formula di Giandotti per il calcolo dei tempi di corrivazione.

Le portate di progetto, relative alla sezione di chiusura, sono state calcolate a partire dagli ietogrammi e dagli idrogrammi unitari ottenuti combinando i dati relativi agli eventi pluviometrici e alle caratteristiche del bacino. Per la determinazione dello ietogramma si è fatto riferimento al fenomeno pluviometrico critico che, secondo le elaborazioni effettuate, non coincide con i tempi di concentrazione calcolati ma assume un valore maggiore. L'evento critico è stato individuato per successive iterazioni di calcolo.

Per la costruzione degli ietogrammi relativi alle piogge nette si è fatto riferimento alla formula seguente, dovuta al Soil Conservation Service:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove P_e è la pioggia efficiente (o netta) misurata in mm; P è la pioggia totale misurata in mm; S = 25.4·(1000/CN -10) è l'assorbimento potenziale massimo, misurato in mm; la è l'assorbimento iniziale, misurato anch'esso in mm; da studi svolti su bacini sperimentali è stata determinata dal Soil Conservation Service una relazione empirica dove Ia = 0.2 S, che valuta l'assorbimento iniziale come una frazione del potenziale massimo di assorbimento.

Di seguito si espone il procedimento di calcolo utilizzato per il calcolo della portata di progetto, consistente nei seguenti passi:

1. Determinazione dello ietogramma delle piogge nette con tempo di ritorno pari a 200 anni a partire dalle curve di possibilità pluviometrica e dalle caratteristiche di permeabilità del bacino attraverso le formule citate;
2. Determinazione dell'idrogramma unitario relativo alla sezione di chiusura del bacino (indipendente dal tempo di ritorno), con riferimento alla pioggia di altezza 1 cm e all'intervallo di 2 minuti.
3. Determinazione dell'idrogramma a 200 anni alla sezione in esame da cui viene ricavato il valore della portata massima e l'istante t a partire dall'inizio del fenomeno meteorico nel quale essa si verifica

Nel seguito vengono riportate sinteticamente le caratteristiche morfometriche del bacino.

Caratteristiche geomorfologiche e di permeabilità	
Gruppo	*Caratteristiche*
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 3.1

USO DEL SUOLO	***Coefficienti CN***			
	A	**B**	**C**	**D**
Terreno coltivato				
Senza trattamenti di conservazione	**72**	**81**	**88**	**91**
Con interventi di conservazione	**62**	**71**	**78**	**81**
Terreno da pascolo				
Senza trattamenti di conservazione	**68**	**79**	**86**	**89**
Con interventi di conservazione	**39**	**61**	**74**	**80**
Praterie				
Buone condizioni	**30**	**58**	**71**	**78**
Terreni boscosi o forestati				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	**45**	**66**	**77**	**83**
Sottobosco e copertura buoni	**25**	**55**	**70**	**77**
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura arborea	**39**	**61**	**74**	**80**
Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50%	**49**	**69**	**79**	**84**
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	**89**	**92**	**94**	**95**
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	**81**	**88**	**91**	**93**
Aree residenziali (impermeabilità 72%)				
Estensione lotti — Impermeabilità media %:				
1/8 acre — 65 %	**77**	**85**	**90**	**92**
1/4 acre — 38 %	**61**	**75**	**83**	**87**
1/3 acre — 30 %	**57**	**72**	**81**	**86**
1/2 acre — 25 %	**54**	**70**	**80**	**85**
1 acre — 20 %	**51**	**68**	**79**	**84**
Parcheggi impermeabilizzati, tetti, piazzali ecc.	**98**	**98**	**98**	**98**
Strade				
Pavimentate, con cordoli e fognature	**98**	**98**	**98**	**98**
Inghiaiate o selciate con buche	**76**	**85**	**89**	**91**
In terra battuta (non asfaltate)	**72**	**82**	**87**	**89**

Tabella 3.2

Il bacino in esame è pressoché interamente coperto da bosco; le caratteristiche di permeabilità, in assenza di analisi specifiche, sono state assunte applicando la media fra le classi C e D (alte potenzialità di deflusso).



Figura 3.2 – Bacino indicativo del rio Valletta in corrispondenza della sezione d'ingresso della tubazione provvisoria

I dati morfometrici principali relativi alla sezione di chiusura del bacino sono i seguenti:

- Estensione: 0.95 kmq
- Lunghezza asta principale: 1,5 km
- Quota massima del bacino: 350 m s.l.m.
- Quota sezione di chiusura: 50 m s.l.m.
- Pendenza media del bacino : 21.44 %

Con riferimento alla Tabella 3.1e alla Tabella 3.2 sono state ipotizzate le caratteristiche litologiche e dell'uso del suolo del bacino. Si è ottenuto un coefficiente CN_{II} = 75,13 mentre è risultato CN_{III} = 87,42; la media di CN_{II} e CN_{III} è quindi pari a 81,27 e viene assunta quale valore di riferimento.

Il **tempo di concentrazione**, calcolato con la formula del SCS è pari a **0.36 ore**.

3.2.3 Calcolo delle portate di progetto

Dato che, per le caratteristiche del bacino, i fenomeni critici sono quelli di breve durata, si è assunto un modello di pioggia ad intensità ipotizzata costante durante l'evento.

Attraverso varie iterazioni di calcolo (Figura 3.3) sono stati determinati i valori della portata massima.

Il fenomeno pluviometrico critico relativo alla sezione di chiusura del bacino, con riferimento al calcolo della massima portata al colmo, ha durata tp = 0.60 ore ed è caratterizzato da una portata al colmo di **25,66 mc/s**.

I valori delle portate variano comunque in modo trascurabile per eventi di durata da 0,5 a 1 ora

tp [ore]	Q [mc/s]
0,4	23,68
0,5	25,17
0,6	25,66
0,7	25,45
0,8	24,84
0,9	24,08
1	23,28
1,1	22,49

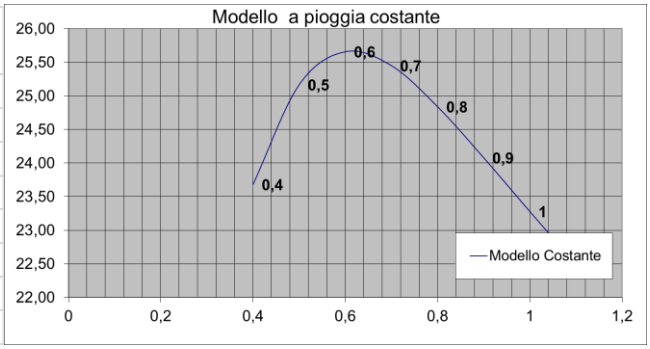


Figura 3.3 – Portate in funzione della durata dell'evento

L' idrogramma di piena è riportato in **Figura 3.4**.

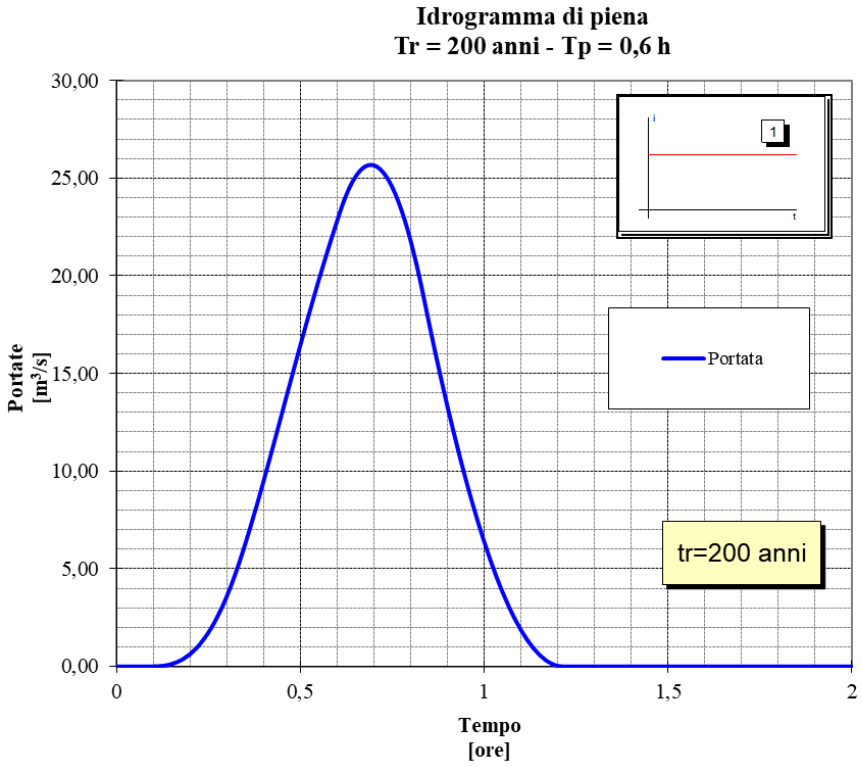


Figura 3.4 – Idrogramma di piena per l'evento critico con t_P = 0,6 ore

3.3 Verifica della tubazione

Si è optato per una tubazione policentrica che, con riferimento alla Figura 3.5, ha luce pari a 3,58 ml e freccia pari a 2,30 ml.

Per semplicità di calcolo si fa riferimento ad una sezione di diametro pari alla freccia della tubazione da verificare. I calcoli di verifica sono riassunti nella Tabella 3.3 – Tabella di verifica della condotta.

La portata massima che sarebbe smaltibile, con la pendenza di progetto (3,5%) da una tubazione circolare di diametro 2,30 ml, inscritta in quella di progetto, sarebbe pari a 28,90 mc/s contro la portata di progetto pari a 25,66 mc/s. Considerando che la sezione che si è adottata è maggiore di quella di calcolo si conclude che la tubazione è largamente verificata anche per portata con Tr = 200 anni.

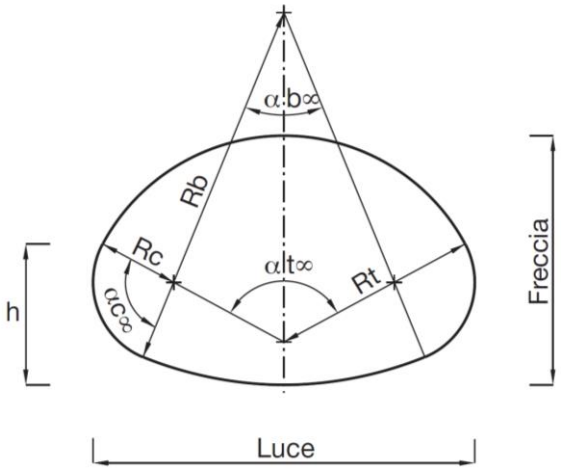


Figura 3.5 – Schema dimensionale della condotta

MOTO UNIFORME (FORMULA DI GAUCKLER STRICKLER) *Canale a sezione circolare*			
Caratteristiche geometriche			
D	2,30	[m]	Diametro della condotta
r	1,15	[m]	Raggio della sezione
Caratteristiche morfologiche e di scabrezza			Pulsante 6
K	50		Coefficiente di Gauckler Strickler
n	0,020		Coefficiente di Manning
i	0,035		Pendenza
Portata di calcolo			
Q	25,660000	[m^3/s]	Portata
Q_{max}	28,908	[m^3/s]	Portata massima per la sezione prescelta
Caratteristiche del deflusso			Calcola
α	429,30	[°]	Angolo al centro
α	7,49	[rad]	Angolo al centro
A	4,34	[m^2]	Area
C	8,62	[m]	Contorno bagnato
R	0,50	[m]	Raggio idraulico
h	2,10	[m]	Altezza
%	91,13		Percentuale di riempimento
V	5,92	[m/s]	Velocità della corrente
Q	25,66	[m^3/s]	Portata di confronto
Q/Q_P	0,95		Rapporto Portata - portata a sezione piena
V/V_P	0,91		Rapporto velocità - velocità a sezione piena

Pulsante 5

Tabella 3.3 – Tabella di verifica della condotta