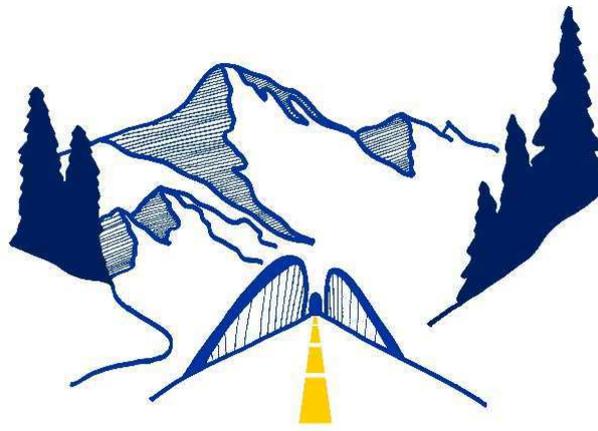


**S.S. 42 "DEL TONALE E DELLA MENDOLA"  
VARIANTE EST DI EDOLO**

**PROGETTO DEFINITIVO**



**CESI**  
Shaping a Better Energy Future  
Mandante

**TECHINT**  
Engineering & Construction  
Mandataria

**IGEOS**  
ENGINEERING s.r.l.  
SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA  
Mandante

VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giancarlo Luongo

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Alessandro RODINO

PROGETTISTA SPECIALISTA

Ing. Francesco CARNEVALE

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Dott. Domenico TRIMBOLI

**RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

CODICE PROGETTO

PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.

COM I 2 1    D    1 8 1 0

NOME FILE  
Relazione idraulica piattaforma  
P00ID00IDRRE01\_A

CODICE ELAB    P 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 1

REVISIONE

B

SCALA:

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B	Revisione a seguito istruttoria Anas e per richiesta modifica tracciato	Agosto 2021	A. Cadore E. Riva	F. Carnevale	A. Nardi
A	EMISSIONE	Maggio 2021	A. Cadore E. Riva	F. Carnevale	A. Nardi



INDICE	pag.
1. PREMESSA .....	1
2. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	2
2.1 Sistema di drenaggio delle acque superficiali all'imbocco nord .....	2
2.1.1 Stato di fatto .....	2
2.1.2 Opere in progetto .....	5
2.2 Invarianza idraulica dell'imbocco nord .....	6
2.3 Sistema di drenaggio delle acque in galleria.....	7
2.4 Sistema di drenaggio delle acque superficiali all'imbocco sud .....	7
2.4.1 Opere in progetto .....	7
2.5 Stima delle portate per il dimensionamento del sistema di drenaggio.....	12
2.5.1 Determinazione delle portate di versante .....	13
2.5.2 Determinazione delle portate di piattaforma .....	16
2.6 Dimensionamento dei collettori di drenaggio.....	18
2.7 Altre verifiche .....	20
2.7.1 Raccolta e recapito delle acque di sversamento .....	23

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica contiene le valutazioni effettuate per il dimensionamento e la verifica del sistema di raccolta sia delle acque di piattaforma sia di quelle di ruscellamento dai versanti, interferenti con le opere del progetto definitivo della “Variante est di Edolo” della S.S. 42 “del Tonale e della Mendola”, che consiste nel collegamento, mediante galleria di bypass e viabilità di connessione, dell’abitato di Edolo, dalla SS 42 nel comune di Sonico, attraverso la via Valeriana, interna al paese di Edolo, nuovamente alla S.S. 42, tra le località di Rincolungo e Bosioli, in direzione Passo del Tonale.



Figura 1 - Inquadramento generale del tracciato (base fotografica tratta da Google Earth)

## 2. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

Per la stima delle portate di dimensionamento delle opere di drenaggio, sia a protezione dai flussi di versante sia relative alle acque di piattaforma, è stata effettuata preventivamente la valutazione delle precipitazioni di diversa durata e diverso tempo di ritorno che sono statisticamente prevedibili nella zona, riportata nella relazione idrologica di progetto (cod. elab. T00ID00IDRRE01 rev. B).

Nel progetto è stato previsto un insieme di opere di intercettazione e convogliamento delle acque di pioggia in corrispondenza della viabilità di interconnessione e delle zone di imbocco della galleria: rotatoria sud, tratto di raccordo e galleria artificiale (imbocco sud), imbocco nord, ponte e rotatoria nei pressi dell'imbocco nord, che andrà ad integrarsi o a sostituire la rete artificiale già esistente.

In galleria è stato previsto un sistema di intercettazione e convogliamento di eventuali acque di filtrazione e di quelle dovute a possibili sversamenti accidentali.

### 2.1 Sistema di drenaggio delle acque superficiali all'imbocco nord

#### 2.1.1 Stato di fatto

Con riferimento alle opere già presenti lungo la S.S.42 nei pressi della rotatoria in progetto all'imbocco nord, è stata rilevata la presenza di due attraversamenti che sottopassano la strada esistente convogliando le acque provenienti da due impluvi a valle della stessa. Si tratta di un attraversamento in tubo in calcestruzzo del diametro di 600 mm posto a valle della rotatoria e di un tombotto in scatolare di calcestruzzo di dimensioni 1800 x 1600 ubicato a monte della stessa. Nel tratto interessato dalle nuove opere non sono presenti manufatti di scolo a lato strada ma solo una bocca di lupo in corrispondenza all'attraversamento ubicato più a valle.



**Figura 2 – Impluvio a valle della rotatoria nord**



**Figura 3 – Impluvio a monte della rotatoria nord**

## 2.1.2 Opere in progetto

### **Regimazione delle acque di versante dell'imbocco nord della galleria**

All'imbocco nord della galleria è prevista la costruzione di un sistema di fossi e canalette di drenaggio delle acque di versante al fine di intercettare il flusso e convogliarlo a fiume impedendo allo stesso di andare ad interessare le opere in progetto ed in particolare l'imbocco sulla carreggiata stradale della variante.

E' prevista la costruzione di due rami di fosso di guardia in terra inerbita, di forma trapezoidale, con dimensioni 40x160x40 (bxBxH), che contornano la sistemazione in terre rinforzate del versante a monte della galleria impedendone il dilavamento. I rami terminano in due pozzetti da cui si dipartono tubi in PVC di diametro 400 mm per l'attraversamento in sotterraneo della pista ciclabile. Tali tubi recapitano in due rami di canaletta semicircolare in lamiera di diametro 500 mm che trasportano le acque, raccolte dal versante, al fiume lungo tragitti che costeggiano la spalla sinistra del ponte, seguendo le pendenze naturali e di progetto dell'imbocco nord.

Lungo tutto il tratto interessato di pista ciclabile, riprofilato in base alle quote di progetto, è stata prevista la posa di una canaletta semicircolare in calcestruzzo di dimensione 400 mm, sul lato di monte, avente due diverse direzioni di scolo in base alle pendenze generate dalle nuove quote della livelletta della pista ciclabile allo sbocco della galleria.

Le acque di pioggia ricadenti sul tratto di piattaforma tra il ponte e l'imbocco saranno raccolte mediante caditoia successivamente collegata a tubo in acciaio zincato di diametro 150 mm, zancato al muro di sostegno e conferente alla canaletta in lamiera di drenaggio delle acque di versante.

Per dettagli si veda la tavola P00ID00IDRFP02.

### **Regimazione delle acque di piattaforma del ponte stradale e della rotatoria nord**

Caditoie poste longitudinalmente, su entrambi i lati dell'asse stradale, raccoglieranno le acque di pioggia cadute sui tratti di monte del ponte stesso, scaricandole direttamente in alveo mediante pluviali in acciaio zincato di diametro 150 mm, a sbocco libero, inseriti nell'impalcato.

I flussi dell'ultimo tratto di valle del ponte, compreso tra due caditoie, saranno scaricati attraverso tubazioni di diametro 100 mm in acciaio zincato verso le canalette poste lungo il versante per il conferimento a fiume.

Le acque meteoriche ricadenti sulla rotatoria e sui tratti di accesso ad essa saranno regimate mediante caditoie poste lungo il bordo stradale esterno. Tali caditoie saranno collegate mediante tubi in PEAD di diametro 315 mm di convogliamento verso l'impluvio di valle e di monte o verso pozzetti di scarico in corrispondenza della spalla destra del ponte di attraversamento del fiume Oglio, in base alla loro ubicazione.

Dai due pozzetti posti in corrispondenza alle caditoie sulla spalla destra del ponte le acque verranno convogliate mediante tubi in acciaio zincato di diametro 150 mm a due canalette semicircolari in lamiera di diametro 500 mm posizionate sul versante, ai lati della spalla, per il conferimento verso l'alveo del fiume.

Per dettagli si veda la tavola P00ID00IDRFP02.

### **Regimazione delle acque di versante lungo lo svincolo nord ed adeguamento dei sottopassi della S.S. 42**

Come già in precedenza detto, lungo il tratto di S.S. 42 interessato dagli interventi sono presenti due attraversamenti che sottopassano la strada statale esistente convogliando le acque provenienti da due impluvi a valle della stessa. Si tratta di un attraversamento in tubo di calcestruzzo del diametro di 600 mm posto a valle della rotatoria e di un tombotto in scatolare di calcestruzzo di dimensioni 1800 x 1600 ubicato a monte della stessa.

Essi saranno integrati nella nuova progettazione diventando anche il recapito delle acque scolanti residue di versante e della strada a monte, convogliate mediante canalette semicircolari in lamiera di dimensioni 500 mm poste sulle banche dello scavo di versante e canalette rettangolari in calcestruzzo di dimensioni 50x20 cm (BxH) poste alla base del versante stesso. L'attraversamento di monte verrà prolungato in modo da permettere l'allargamento della carreggiata conseguente alla costruzione della rotatoria; il condotto di attraversamento di valle verrà sostituito con uno di diametro 1500 mm, valore minimo previsto dalle specifiche tecniche Anas per le tombature.

Essendo entrambi recapito dei deflussi di piattaforma regimati nell'ambito della costruzione della rotatoria nord, si è infatti provveduto alla loro verifica (vedi capitoli successivi), rilevando un'insufficienza dimensionale di quello posto più a valle, non tanto in termini assoluti, ma bensì rispetto alle specifiche richieste dal Capitolato Speciale d'Appalto Anas per gli attraversamenti. E' stata perciò prevista la sostituzione del tubo di diametro 600 mm con un tubo in calcestruzzo di diametro 1500 mm (valore minimo indicato da Anas).

Per dettagli si veda la tavola P00ID00IDRFP02.

### **2.2 Invarianza idraulica dell'imbocco nord**

Con riferimento al Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)», per inquadrare il sistema di drenaggio delle acque di versante e di piattaforma dell'imbocco nord nell'ambito dell'invarianza idraulica, si può fare riferimento a quanto esposto all'art. 8 (*Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori*), comma 5. (*Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi di cui all'articolo 1, comma 1, le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti ..... sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, fuorché per gli scarichi direttamente recapitanti nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, **Oglio** e Mincio, che non sono soggetti a limitazioni della portata.*)

Sia le acque di versante che le acque di piattaforma regimate nell'ambito di tutto l'imbocco nord,

avendo come recapito della rete di raccolta il fiume Oglio, potranno essere scaricate totalmente senza limitazioni di portata e quindi senza necessità di inserimento di manufatti di laminazione.

### **2.3 Sistema di drenaggio delle acque in galleria**

Le valutazioni geologiche specialistiche hanno escluso la possibilità di venute consistenti in fase di scavo, ma allo stesso tempo hanno stabilito la presenza di una piezometrica, data la presenza di acqua nell'ammasso roccioso attraversato in corrispondenza ai fori di indagine.

A livello progettuale della galleria la problematica della presenza d'acqua è stata risolta prevedendo un'impermeabilizzazione completa del perimetro della galleria stessa. Non sono state previste perciò condotte di raccolta ed allontanamento delle acque drenate in calotta e lungo i piedritti.

E' stata prevista la costruzione di un sistema di drenaggio di piattaforma su entrambi i lati della carreggiata, lungo tutto lo sviluppo della galleria naturale, costituito da tratti di condotta DN30 mm in calcestruzzo intervallati ogni 25 m da caditoie con pozzetto (come da standard ANAS). Tali tubazioni hanno lo scopo di raccogliere ed evacuare le acque meteoriche trasportate dagli automezzi in transito all'interno della galleria. Le stesse hanno anche la funzione di raccogliere le acque derivanti dall'eventuale spegnimento di incendi o da sversamenti accidentali di liquidi in caso di incidenti.

Nei tratti di galleria dotati di cunicolo di evacuazione è prevista la posa di due tubazioni microfessurate DN30 esternamente alla base del cunicolo stesso, per il mantenimento in asciutta della via di fuga, nel caso dovessero verificarsi infiltrazioni dal rivestimento della galleria causate da danni allo stesso o difetti costruttivi oppure percolamenti dalle tubazioni di raccolta delle acque di spegnimento incendi e sversamento accidentale.

Nel tratto di valle della galleria, dove non è più presente il cunicolo, nel punto più depresso dell'arco rovescio è prevista la posa di una condotta DN50.

I sistemi di raccolta e convogliamento delle acque di galleria confluiscono in una vasca di accumulo ubicata a lato della galleria artificiale. Da questa, mediante pompaggio, le acque verranno rilanciate verso un disoleatore e successivamente in un pozzetto campionario all'uscita del quale saranno prese in consegna del gestore del servizio di fognatura che, da indicazioni Anas, dovrà farsi carico della progettazione e costruzione delle opere di smaltimento, salvo rivalersi delle spese sostenute su Anas stessa.

La vasca di raccolta ha una volumetria utile di circa 47 m<sup>3</sup>, e quindi tale da contenere quanto trasportato da una autobotte di medie dimensioni. Essa può fungere anche, con volumetrie potenzialmente maggiori, da volume di laminazione per l'immissione in fognatura.

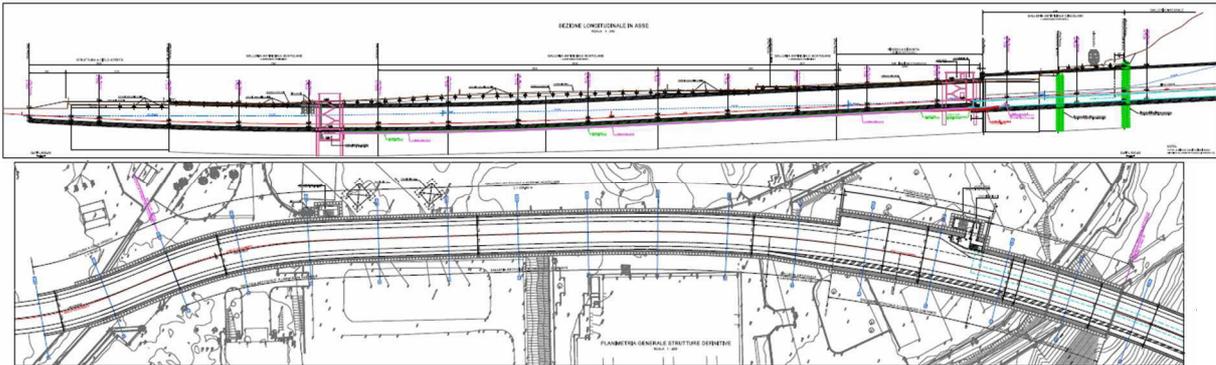
### **2.4 Sistema di drenaggio delle acque superficiali all'imbocco sud**

#### **2.4.1 Opere in progetto**

##### **Sede stradale in scavo e galleria artificiale**

La carreggiata della variante di immissione alla galleria naturale è costituita da un primo tratto

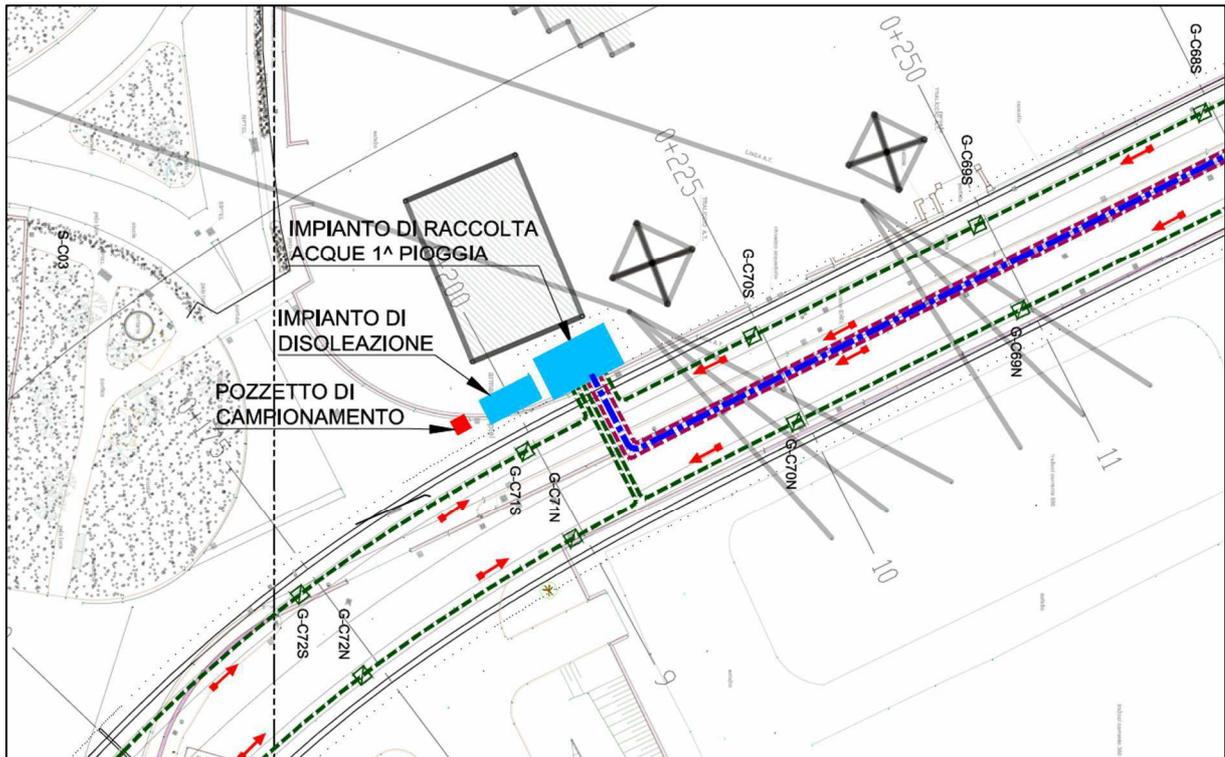
all'aperto tra muri laterali di sostegno del terreno, seguito da un tratto di galleria artificiale con andamento strutturale del profilo che presenta un punto di corda molle. Tale configurazione si è resa necessaria per il raggiungimento di un approfondimento adeguato al sottopasso dell'esistente ferrovia, per evitare l'interferenza con le fondazioni di due sostegni della linea AT in uscita dalla stazione di trasformazione e per assicurare, mediante copertura carrabile di gran parte dell'immissione, gli attuali spazi di manovra dei veicoli all'interno della proprietà Enel.



**Figura 4 – Profilo e planimetria del tratto di imbocco sud alla galleria della variante**

Il profilo del piano stradale è stato sagomato in modo da mantenere per le condotte di raccolta una quota adeguata al recapito a gravità alla vasca di concentrazione dei flussi di diversa origine provenienti dalla galleria naturale. E' stata prevista la costruzione di un sistema di drenaggio di piattaforma su entrambi i lati della carreggiata, lungo tutto lo sviluppo del tracciato, con pendenze differenziate costituito da tratti di condotta DN30 in PEAD intervallati ogni 25 m da caditoie con pozzetto (come da standard ANAS). Tali tubazioni hanno lo scopo di raccogliere ed evacuare le acque meteoriche sia ricadenti direttamente sul tratto di strada all'aperto sia trasportate dagli automezzi in transito all'interno della galleria. Le stesse hanno anche la funzione di raccogliere le acque derivanti dall'eventuale spegnimento di incendi o da sversamenti accidentali di liquidi in caso di incidenti.

Stralcio del dettaglio planimetrico del punto di recapito è riportato nella figura che segue.



**Figura 5 – Punto di recapito delle acque di piattaforma della galleria e dell’imbocco sud**

La costruzione dell’imbocco sud della galleria in scavo lungo via Valeriana impone lo spostamento dei sottoservizi insistenti sulla via stessa.

Se per i sottoservizi come linea elettrica, linea telefonica e condotta del gas la cosa risulta relativamente semplice sia per la mancanza di vincoli altimetrici che per le dimensioni ridotte di ingombro, la stessa cosa non si può dire per le fognature. Il ripristino delle condotte in posizione alternativa impone infatti in ogni caso il rispetto dei punti e delle quote di inizio e fine del tratto sostituito, nonché delle dimensioni minime delle condutture preesistenti. I vincoli eventualmente imposti dal gestore della rete fognaria di smaltimento potrebbero complicare ulteriormente le cose. Su indicazione di Anas, la risoluzione delle interferenze, da individuare nel dettaglio in fase di conferenza di servizi con i gestori, sarà demandata agli stessi.

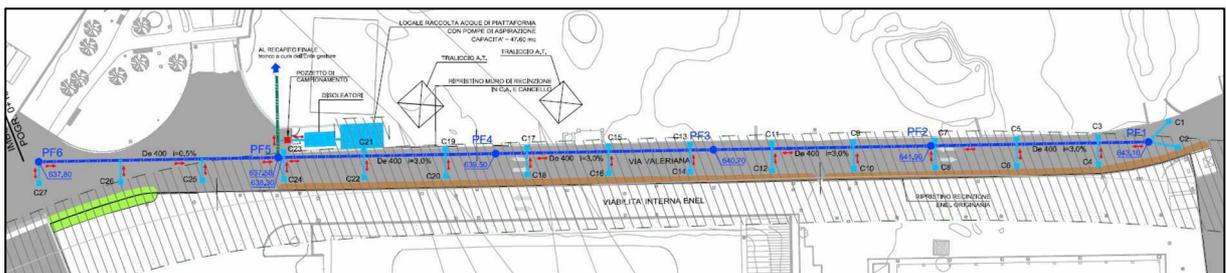
Come si può vedere nella figura che segue, è prevista la regimazione delle acque meteoriche su via Valeriana e il ripristino della fognatura esistente nella via Valeriana, deviandola nell’intercapedine tra galleria artificiale e solettone di copertura., fino al punto di consegna dei flussi al gestore del servizio di fognatura, indicato in planimetria. Come già detto a quest’ultimo compete la risoluzione finale dell’interferenza. Si prevede di mantenere lo stesso diametro e la stessa pendenza del tubo attualmente esistente lungo la via Valeriana.

Il recapito delle acque provenienti dalla galleria, dopo il previsto trattamento di deoleazione in appositi manufatti ubicati a fianco della vasca di raccolta dei deflussi, è posto in prossimità di quello precedentemente indicato per la fognatura interferita. Si prevede un impianto ridondante composto da due deoleatori sezionabili per mezzo di valvole a farfalla. Ogni deoleatore ha la

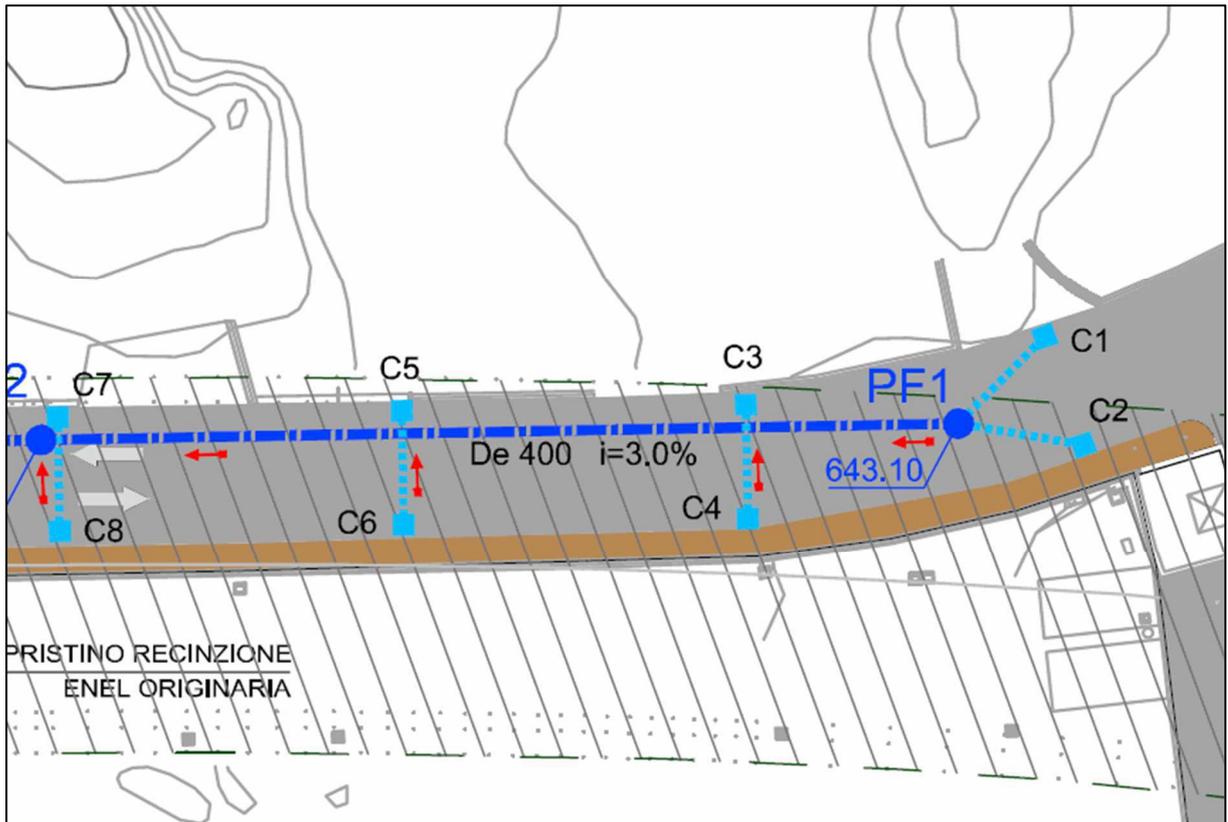
capacità di trattare in continuo una portata pari a quella prevista per il sistema di sollevamento. Il sistema di deoleazione, terminale del sistema di pompaggio, è ubicato interrato nel terreno a livello del piano campagna. Da esso le acque di scarico verranno recapitate a gravità nel punto di consegna al gestore della rete.

La prevalenza geodetica della pompa per il sollevamento risulta di circa 12 m; la portata al colmo con tempo di ritorno di 100 anni generata dalla parte di immissione in galleria in trincea è pari a 54 l/s. In sicurezza è prevista l'installazione di un sistema ridondante costituito da due pompe. Le caratteristiche dei sistemi di sollevamento e disoleazione sono precisate negli elaborati relativi all'impiantistica.

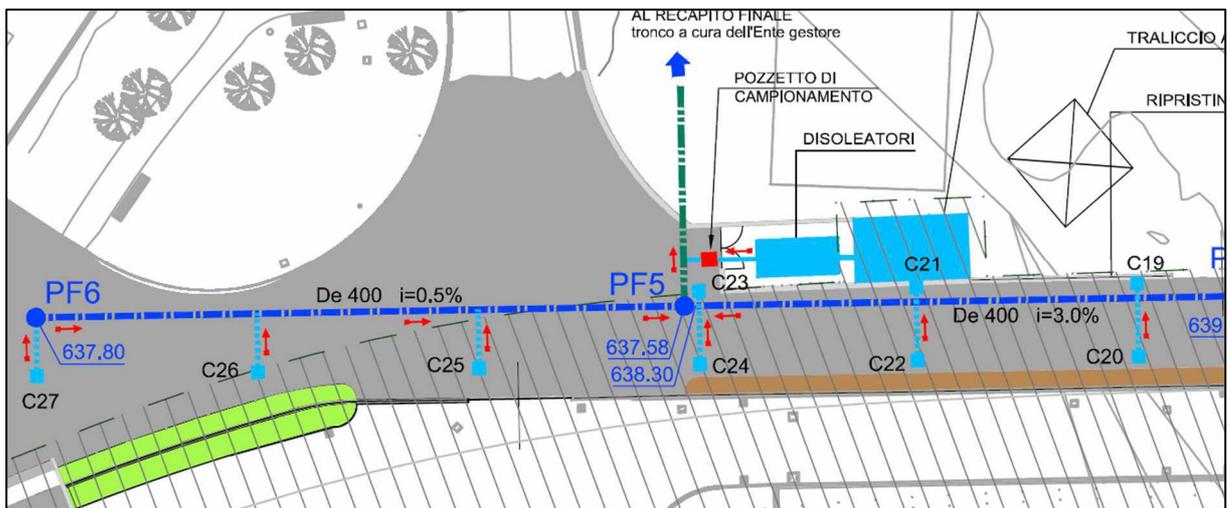
Per risolvere il problema dello sversamento accidentale in galleria (a seguito del ribaltamento di una autocisterna di liquidi infiammabili) dato che il fondo vasca è a circa -12 m si prevede che le pompe sommerse previste (comunque di atex) si arrestino su input del sensore di venute e lo svuotamento venga effettuato mediante autobotte, posizionata accanto alla vasca, mediante calo di una pompa ad immersione con tubazione flessibile che possa aspirare dal fondo della vasca convogliando il contenuto nella cisterna dell'autobotte; il carico verrà quindi conferito ad un sito di smaltimento.



**Figura 6 – Regimazione delle acque superficiali in via Valeriana**



**Figura 7 – Dettaglio planimetrico della regimazione delle acque superficiali in via Valeriana**



**Figura 8 – Dettaglio planimetrico della regimazione delle acque superficiali in via Valeriana con indicazione del punto di recapito della rete in progetto**

## Rotatoria sud

La costruzione della rotatoria sud e della variante di imbocco alla galleria impone il ripensamento del drenaggio delle acque meteoriche della zona, tenendo conto anche della rete di collettori principali esistente in cui recapitare le acque di drenaggio stesse. La risoluzione delle problematiche di scarico nella rete esistente, su indicazione di Anas, verrà delegata al gestore del servizio di fognatura.

Per ciò che riguarda la viabilità di raccordo alla variante, è prevista la regimazione delle acque della nuova rotatoria ed in brevi tratti di carreggiata ad essa afferenti mediante caditoie posizionate sui bordi esterni della rotatoria e sui lati della strade convergenti ad essa, distanziate mediamente di circa 15-16 m, collegate da condotte in PEAD di diametro 315 mm, che potrebbero recapitare le acque raccolte, in base alla loro posizione, nei diversi rami di fognatura esistente. La risoluzione della problematica di scarico, come già detto, è comunque compito del gestore della rete.

Per approfondimenti sugli andamenti planimetrici e sui dettagli costruttivi delle varie opere si possono consultare gli elaborati di progetto.

## 2.5 Stima delle portate per il dimensionamento del sistema di drenaggio

Il dimensionamento delle opere idrauliche di raccolta e smaltimento delle acque, sia di versante che di piattaforma, dipende dal tempo di ritorno che si sceglie di adottare nel calcolo delle curve di possibilità pluviometrica e, quindi, delle portate, ovvero della probabilità che un evento meteorico di una certa intensità si possa ripetere entro un certo numero di anni, numero che rappresenta proprio il tempo di ritorno scelto.

A seconda dell'opera idraulica in progetto, la letteratura fornisce indicazioni sul tempo di ritorno (Tr) da assumere per un corretto dimensionamento dell'opera stessa.

Si riportano di seguito valori indicativi dei tempi di ritorno usualmente consigliati per varie opere, tratti da "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali", (L. Da Deppo, C. Datei):

Tipo di opera	Tr [anni]
Cunette o fossi di guardia per strade importanti	10÷20
Cunette o fossi di guardia per strade secondarie	2÷5
Tombini e ponticelli per piccoli corsi d'acqua	30÷50
Sottopassi o strade depresse soggette ad allagamenti	50÷100
Fognature urbane	5÷10

Indipendentemente dalle indicazioni di letteratura, Anas – Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori ha sviluppato, nell'ambito del Capitolato Speciale d'Appalto delle "Norme tecniche per l'esecuzione del contratto". Al Cap. 2, "Progetto Definitivo", Paragrafo 4. Idrologia e idraulica, vengono indicati valori diversi dei tempi di ritorno di verifica delle diverse opere.

In particolare, con riferimento alle tipologie in progetto, viene indicato un tempo di ritorno di 200 anni per la verifica di tombini, mentre per la verifica delle opere di drenaggio della

piattaforma stradale vengono indicati valori di 100 e 25 anni rispettivamente per strade in trincea e non, e 50 anni per fossi di guardia a piede rilevato.

### 2.5.1 Determinazione delle portate di versante

L'imbocco nord della galleria di nuova realizzazione e la rotonda sulla strada S.S. 42 di accesso al ponte dell'imbocco nord intersecano il reticolo idrografico superficiale di versante, costituito da naturali linee di impluvio, all'interno delle quali durante gli eventi pluviometrici si concentrano le acque di ruscellamento del pendio, ma anche versanti prospicienti le strade che scaricano direttamente i deflussi lungo le linee viarie (S.S. n. 42 e pista ciclabile).

Nel seguito sono riportate le valutazioni eseguite per la definizione delle portate di ruscellamento provenienti dal versante che vanno ad interferire con le strutture progettate.

In corrispondenza all'imbocco sud il versante è tagliato dalla linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo la cui massicciata è dotata di fosso di guardia che regima le acque di dilavamento, per cui i modesti apporti di versante dalla superficie residua non abbisognano di regimazione anche per la conformazione dell'imbocco che impedisce il recapito verso la carreggiata.

#### *Calcolo dei tempi di corrivazione*

Utilizzando un DTM della Regione Lombardia è stato possibile delimitare l'estensione dei bacini scolanti in corrispondenza alle opere in progetto all'imbocco nord della variante alla S.S. n.42 ed il calcolo di alcuni parametri geomorfologici.

Per ciò che riguarda i bacini corrispondenti ai principali impluvi (vedi immagine che segue), sono state definite le seguenti grandezze:

S = superficie in km<sup>2</sup>;

L = lunghezza dell'asta principale, ovvero del punto idrologicamente più distante dalla sezione di chiusura in km;

H med = altitudine media in m s.l.m.;

H min = altitudine della sezione di chiusura in m s.l.m..

Queste grandezze sono state utilizzate per la valutazione del tempo di corrivazione, cioè il tempo impiegato da una particella d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura.

Esistono in letteratura molte formule empiriche di valutazione del tempo di corrivazione sulla base al valore dei parametri morfologici. In questo caso è stata utilizzata la nota formula di Giandotti per ciò che riguarda i bacini afferenti ad impluvi definiti.

Per i versanti direttamente afferenti ad una linea di scolo il tempo di corrivazione è stato stimato ipotizzando una velocità di scorrimento del flusso sulle superfici di 0,1 m/s.



**Figura 9 – Bacini imbriferi sottesi dagli attraversamenti esistenti e contribuenti ai fossi di guardia di presidio dell’imbocco nord della galleria**

I risultati dei calcoli sono riportati nella tabella che segue.

Sottopasso	Area bacino		Quota media (m s.l.m.)	Percorso idraulico maggiore		Quota sezione chiusura (m s.l.m.)	Tempo di corrivazione	
	(m <sup>2</sup> )	(km <sup>2</sup> )		(m)	(km)		(ore)	(min)
Scitolare	281700	0,281700	1228,5	1700	1,70	730,85	0,26	15,7
Tubo	41925	0,041925	1080,8	1187	1,19	728,73	0,17	10,4

**Tabella 1 – Stime dei tempi di corrivazione dei bacini sottesi dalle opere di attraversamento stradale esistenti**

Manufatto	Area bacino afferente	Percorso idraulico maggiore	Tempo di corrivazione	Tempo di corrivazione
	(m <sup>2</sup> )	(m)	(min)	(ore)
Canaletta a fianco rotonda	3700	97,78	16,3	0,272
Fosso di guardia sopra imbocco galleria	10425	248,37	41,4	0,690

**Tabella 2 – Stime dei tempi di corrivazione dei bacini sottesi da canalette e fossi di guardia in progetto**

I valori sono stati utilizzati per calcolare l’altezza e l’intensità di pioggia critica di progetto, una volta scelto il tempo di ritorno di dimensionamento.

**Calcolo delle portate: il metodo cinematico**

Il metodo cinematico utilizza, per la stima della portata al colmo di piena di assegnato tempo di ritorno  $T_r$ , la formula razionale:

$$Q(T_r) = \Phi \cdot A \cdot j_c(T_r)$$

dove:

$Q(T_r)$  = portata al colmo di piena di tempo di ritorno  $T_r$  (m<sup>3</sup>/s);

$\Phi$  = coefficiente di deflusso del bacino (adim.);

$A$  = area del bacino (m<sup>2</sup>);

$j_c(T_r)$  = intensità della precipitazione (m/s) relativa all'evento di durata pari al tempo critico del bacino (assunto pari al tempo di corrivazione calcolato come indicato sopra).

Sulla base delle sole caratteristiche del terreno dal punto di vista dell'uso del suolo, sarebbe attribuibile ai bacini un valore del coefficiente di deflusso inferiore a 0,3, scelto in base ai valori di tabella:

Surface typology	$\phi$
Roads, pavements	0.7 ÷ 0.9
Compacted land	0.4 ÷ 0.6
Grass	0.1 ÷ 0.7
Residential areas	0.3 ÷ 0.7
Wood, Forest,	0.1 ÷ 0.3
Agricultural land	0.2 ÷ 0.6

**Tabella 3 – Valori dei coefficienti di deflusso in base alla copertura vegetale**

Le pendenze dei versanti sovrastanti le zone in indagine sono però tali da ipotizzare un notevole aumento del coefficiente rispetto ai valori tabellati. In sicurezza si è utilizzato un valore pari a 0,7.

Data l'entità dei tempi di corrivazione dei bacini la curva di possibilità pluviometrica utilizzata sarà, per un dato tempo di ritorno, relativa a eventi di breve durata e forte intensità.

Per il calcolo delle portate di versante, essendo la zona montuosa e non povera di eventi meteorici, si è ritenuto il caso di utilizzare la curva di possibilità pluviometrica degli scrosci con un tempo di ritorno pari a 200 anni per la verifica dei sottopassi della SS42 esistenti e 50 anni per il dimensionamento del fosso di guardia a presidio dell'imbocco nord; l'altezza di pioggia e, quindi, l'intensità di precipitazione sono date dalle formule (da rapporto T00ID00IDRRE01\_B):

$$h = 65,316 t^{0,5033}$$

per  $T_r = 200$  anni

$$j = h/t = 65,316 \cdot t^{-0,4967}$$

$$h = 49,996 t^{0,5033}$$

per  $T_r = 50$  anni

$$j = h/t = 49,996 \cdot t^{-0,4967}$$

Inserendo i valori dei tempi di corrivazione sono state calcolate le seguenti intensità di precipitazione critiche per i bacini:

Sottopasso SS 42	h	j
	(mm)	(mm/ora)
Scatolare	33,3	127,1
Tubo	27,0	156,0

Manufatto	h	j
	(mm)	(mm/ora)
Canaletta a fianco rotatoria	25,9	95,5
Fosso di guardia sopra imbocco galleria	41,5	60,1

**Tabella 4 – Intensità di precipitazione critica per i bacini degli impluvi e dei versanti**

Utilizzando i dati sopra menzionati è stato infine possibile calcolare le portate afferenti ai due sottopassi idraulici esistenti ed alla canaletta e fosso di guardia in progetto:

Sottopasso SS 42	Coefficiente deflusso	Portata
	(adim.)	(m <sup>3</sup> /s)
Scatolare	0,7	7,0
Tubo	0,7	1,3

Manufatto	Coefficiente deflusso	Portata
	(adim.)	(m <sup>3</sup> /s)
Canaletta a fianco rotatoria	0,7	0,069
Fosso di guardia sopra imbocco galleria	0,7	0,122

**Tabella 5 – Portate di bacino e di versante dall'applicazione della formula razionale**

Le canalette semicircolari in lamiera metallica poste sulle banche e la canaletta alla base del versante drenano la parte residua dello stesso compresa tra i due impluvi naturali, impedendo anche il dilavamento delle banche ricavate artificialmente per sbancamento del versante, finalizzato alla creazione della superficie interessata dalla rotatoria nord, oltre alla protezione della strada dai deflussi. In sicurezza la canaletta di base, ultimo presidio all'invasione della strada da parte delle acque di versante, sarà nel seguito verificata per l'intera portata generata sul versante tra gli impluvi.

### 2.5.2 Determinazione delle portate di piattaforma

Per il calcolo delle portate di piattaforma si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica degli scrosci con un tempo di ritorno pari a 25 e 100 anni in base alla tipologia di opera; sulla scorta delle elaborazioni effettuate in precedenza, l'altezza di pioggia e, quindi, l'intensità di

precipitazione sono date dalle formule (da rapporto T00ID00IDRRE01\_B):

$$h = 41,181 \cdot t^{0,5033}$$

per  $Tr = 25$  anni

$$j = h/t = 41,181 \cdot t^{-0,4967}$$

$$h = 57,352 \cdot t^{0,5033}$$

per  $Tr = 100$  anni

$$j = h/t = 57,352 \cdot t^{-0,4967}$$

I tempi di corrivazione considerati per la stima delle precipitazioni critiche sono stati valutati per ogni superficie drenata in base alle distanze massime dalla sezione di chiusura ed a velocità presunte di propagazione del flusso liquido. Si sono considerati nelle valutazioni, a favore di sicurezza, valori dei tempi di corrivazione piuttosto bassi.

All'imbocco nord si è utilizzato, a favore di sicurezza, un valore del coefficiente di deflusso per tutte le superfici pari a 0,9, viste le maggiori pendenze. Nella rotatoria sud viste le pendenze inferiori si è optato per considerare una media pesata in base alle superfici del coefficiente di deflusso a partire da un valore 0,9 per superfici impermeabili e 0,2 per le aiuole.

Con queste ipotesi, sempre mediante utilizzo della formula razionale, è stato possibile calcolare le portate che si generano sulla piattaforma che vanno ad interessare i tratti significativi e terminali dei vari rami della rete di drenaggio. I risultati per i collettori più lunghi o sottendenti superfici superiori e per gli attraversamenti, congiungenti il sistema di caditoie, sono riportati nelle tabelle che seguono.

### Rotatoria nord

Manufatto	Superficie contribuente	Tempo di corrivazione	Altezza di precipitazione critica	Coefficiente di deflusso	Portata
	(m <sup>2</sup> )	(min)	(mm)	(adim.)	(m <sup>3</sup> /s)
Tubo di collegamento e scarico caditoie rotatoria nord	570	2	7,4	0,9	0,032

**Tabella 6 – Portate di piattaforma all'imbocco nord**

### Rotatoria sud

Manufatto rotatoria	Superficie contribuente	Tempo di corrivazione	Altezza di precipitazione critica	Coefficiente di deflusso medio	Portata
	(m <sup>2</sup> )	(min)	(mm)	(adim.)	(m <sup>3</sup> /s)
Ramo sud ovest	972	3	9,1	0,63	0,031
Ramo nord	623	2	7,4	0,71	0,027
Attraversamento nord	-	-	-	-	0,027
Ramo est	855	3	9,1	0,90	0,039
Ramo sud est	852	3	9,1	0,66	0,029
Attraversamento sud	-	-	-	-	0,029

**Tabella 7 – Portate di piattaforma alla rotatoria sud**

### Imbocco sud

Manufatto	Superficie contribuente	Tempo di corrivazione	Altezza di precipitazione critica	Coefficiente di deflusso	Portata
	(m <sup>2</sup> )	(min)	(mm)	(adim)	(m <sup>3</sup> /s)
Due tubazioni di collegamento e scarico caditoie imbocco sud	1035	4	14,7	0,9	0,057

**Tabella 8 – Portate di piattaforma all'imbocco sud**

## 2.6 Dimensionamento dei collettori di drenaggio

### *Verifica degli attraversamenti della S.S. n. 42 esistenti in corrispondenza agli impluvi*

In corrispondenza alla rotatoria ubicata presso l'imbocco nord, come già detto, sono presenti due sottopassi idraulici della S.S. n.42, uno in tubo e l'altro in scatolare, con le dimensioni già citate ( $\Phi 600$  e  $180 \times 160$ ).

Gli attraversamenti sono stati verificati a moto uniforme considerando l'apporto precedentemente calcolato e la pendenza dedotta dal rilievo topografico eseguito; si è calcolato il tirante d'acqua controllando che il grado di riempimento fosse nei limiti previsti dalla buona norma costruttiva, utilizzando la formulazione di Gauckler- Strickler:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i_f^{1/2}$$

dove:

Q = portata (m<sup>3</sup>/s);

K<sub>s</sub> = coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler, in m<sup>1/3</sup>/s;

i<sub>f</sub> = pendenza (adim.);

A = area bagnata della sezione (m<sup>2</sup>);

R<sub>h</sub> = raggio idraulico della sezione (m).

Per la verifica sono stati considerati un coefficiente di scabrezza secondo Strickler pari a  $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , nell'ipotesi di calcestruzzo deteriorato e presenza minima di materiale sciolto, e la pendenza dei sottopassi riscontrata da rilievo topografico.

Come si può vedere nella tabella che segue, il sottopasso della SS42 in scatolare (1,8 x 1,6) risulta verificato secondo lo standard imposto da Anas (rif. Capitolato Speciale d'Appalto - "Norme tecniche per l'esecuzione del contratto"), mantenendo un franco superiore a 0,75 m in concomitanza al flusso della portata duecentenaria.

Il sottopasso in tubo invece non rispetta tale standard (diametro minimo e franco) per cui si è proceduto ad un nuovo dimensionamento, adeguando il diametro al valore minimo imposto dallo standard Anas.

Sottopasso	Dimensioni	Pendenza	Coefficiente scabrezza	Portata	Tirante	Riempimento	Area bagnata	Larghezza pelo libero	Contorno bagnato	Raggio idraulico	Velocità	Franco
	(m)	(adim.)	( $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	(m)	(%)	( $\text{m}^2$ )	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)
Scatolare	1,8 x 1,6	0,12	50	7,0	0,485	0,30	0,872767	1,8	2,769741	0,315108	8,02	1,12
Nuovo tubo	1,5	0,143	50	1,3	0,2776	18,5	0,22511	1,17	1,33	0,17	5,77	1,22
Tubo esistente	0,6	0,143	50	1,3	0,430	71,7	0,2169	0,54	1,21	0,18	5,99	0,17

**Tabella 9 – Verifica e nuovo dimensionamento degli attraversamenti esistenti**

Per il futuro si raccomanda la pulizia periodica degli attraversamenti per mantenerne la capacità di convogliamento che potrebbe essere ridotta o compromessa a causa della riduzione della sezione utile e dell'aumento della scabrezza generati dal materiale trasportato dal versante e depositato negli stessi.

#### ***Dimensionamento dei manufatti di drenaggio di versante all'imbocco nord della galleria***

Si è proceduto al dimensionamento e verifica dei principali manufatti di drenaggio delle acque di versante in progetto all'imbocco nord della galleria (vedi tabella che segue).

Manufatto	Forma	Dimensioni	Pendenza	Coefficiente scabrezza	Portata	Tirante	Riempimento	Area bagnata	Larghezza pelo libero	Contorno bagnato	Raggio idraulico	Velocità
		(m)	(adim)	( $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ )	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	(m)	(%)	( $\text{m}^2$ )	(m)	(m)	(m)	(m/s)
Canaletta a fianco rotonda	Rettangolare	B=0,5 H=0,2	0,015	70	0,069	0,096	48,0	0,0480	0,5000	0,6920	0,0694	1,4
Fosso di guardia sopra imbocco galleria	Trapezia	b=0,4 H=0,4 $\alpha=50,2$	0,084	30	0,122	0,086	21,4	0,0515	0,531	0,3612	0,1427	2,4
Sottopasso pista ciclabile	Circolare	0,4	0,030	80	0,122	0,157	39,3	0,0458	0,391	0,542	0,084	2,7
Canaletta metallica recapito a fiume	Semicircolare	0,50	0,188	40	0,122	0,128	51,2	0,0397	0,436	0,530	0,075	3,1

**Tabella 10 – Verifica dei manufatti di drenaggio di versante**

Nella verifica del tubo di sottopasso della pista ciclabile si è trascurato l'esiguo contributo al deflusso della superficie drenante (rispetto al resto della superficie considerata) generato da una parte delle terre rinforzate; dato il grado di riempimento ottenuto nel calcolo della portata recapitata dal solo soprastante fosso di guardia, si ritiene comunque soddisfatta la verifica.

Nella verifica della canaletta metallica di recapito a fiume si sono trascurati il contributo precedente e quello dell'esigua superficie drenata a valle (rispetto al resto della superficie considerata); dato il basso grado di riempimento ottenuto nel calcolo della portata recapitata dal solo soprastante fosso di guardia, si ritiene comunque soddisfatta la verifica.

### ***Dimensionamento dei collettori di drenaggio di piattaforma***

Nelle tabelle che seguono sono riportati i calcoli di dimensionamento delle tubazioni principali dei drenaggi di piattaforma.

#### **Imbocco nord**

Manufatto	Forma	Dimensioni	Pendenza minima	Coefficiente scabrezza	Portata	Tirante	Riempimento	Area bagnata	Larghezza pelo libero	Contorno bagnato	Raggio idraulico	Velocità
		(m)	(adim.)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(%)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m/s)
Tubo di collegamento caditoie rotatoria nord	Circolare	0,3	0,015	80	0,032	0,104	34,8	0,0218	0,286	0,378	0,058	1,46

#### **Imbocco sud**

Manufatto rotatoria	Forma	Dimensioni	Pendenza minima	Coefficiente di scabrezza	Portata	Tirante	Riempimento	Area bagnata	Larghezza pelo libero	Contorno bagnato	Raggio idraulico	Velocità
		(m)	(adim)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(%)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m/s)
Ramo sud ovest	Circolare	0,315	0,005	80	0,031	0,135	42,9	0,0319	0,312	0,450	0,071	0,97
Ramo nord	Circolare	0,315	0,005	80	0,027	0,125	39,7	0,0288	0,308	0,429	0,067	0,93
Attraversamento nord	Circolare	0,315	0,005	80	0,027	0,125	39,7	0,0288	0,308	0,429	0,067	0,93
Ramo est	Circolare	0,315	0,005	80	0,039	0,154	48,9	0,0379	0,315	0,488	0,078	1,03
Ramo sud est	Circolare	0,315	0,015	80	0,029	0,097	30,8	0,0204	0,291	0,371	0,055	1,42
Attraversamento sud	Circolare	0,315	0,006	80	0,029	0,124	39,4	0,0285	0,308	0,427	0,067	1,02

Manufatto	Forma	Dimensioni	Pendenza minima	Coefficiente di scabrezza	Portata	Tirante	Riempimento	Area bagnata	Larghezza pelo libero	Contorno bagnato	Raggio idraulico	Velocità
		(m)	(adim)	(m <sup>1/3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(%)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m)	(m/s)
Due tubazioni di collegamento e scarico caditoie imbocco sud	Circolare	0,315	0,013	80	0,029	0,100	31,7	0,02126	0,293	0,377	0,056	1,35

**Tabella 11 – Verifica dei collettori di drenaggio di piattaforma**

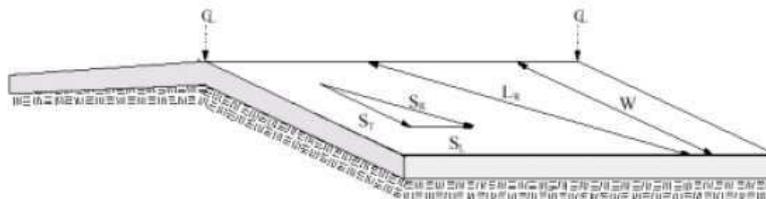
Per le acque di precipitazione ricadenti sulla via Valeriana, dovendo essere intercettate con i lavori di scavo della variante la condotta esistente e le caditoie, si è ipotizzato unicamente di spostarne il tracciato sul lato opposto della via sostituendole con una condotta del medesimo materiale avente pari diametro e posata con la medesima pendenza. E' stato previsto il posizionamento di caditoie su entrambi i lati della strada.

## **2.7 Altre verifiche**

### ***Verifica del film idrico sulla piattaforma***

#### **Imbocco nord**

E' stata eseguito il calcolo dello spessore del film idrico sulla piattaforma considerando la sezione standard di carreggiata del ponte ed una sezione del tratto di SS42 da adeguare, sfavorita per ciò che riguarda la verifica specifica, utilizzando formulazioni che seguono:



$S_T$ : pendenza trasversale

$S_L$ : pendenza longitudinale

$S_R$ : pendenza risultante traiettoria

$$S_R = \sqrt{S_T^2 + S_L^2}$$

$L_R$ : Lunghezza traiettoria

PERCORSO DI DRENAGGIO (m)

W: Larghezza carreggiata (m)

$$L_R = W \frac{S_R}{S_T}$$

$$s = \frac{0.0474(L_R \cdot I)^{0.5}}{S_R^{0.2}}$$

s: SPESSORE DEL VELO IDRICO (mm)

I: INTENSITÀ CRITICA DI PIOGGIA (mm/h)

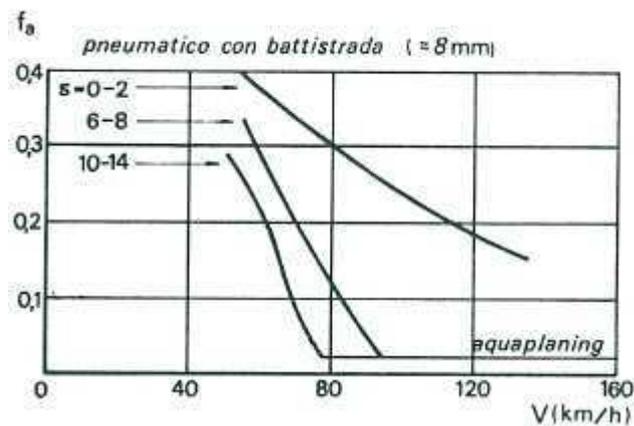
$S_R$ : PENDENZA LINEA DI DEFLUSSO (-)

$L_R$ : LUNGHEZZA LINEA DI DEFLUSSO (m)

in modo da verificare in concomitanza alla precipitazione critica l'assenza di condizioni di velo d'acqua innescanti il fenomeno di aquaplaning. Si sono ottenuti i risultati riportati nella tabella che segue, che confrontati con il successivo grafico portano ad una verifica positiva per le condizioni di velocità ammesse nel tratto stradale e condizioni di battistrada a norma degli pneumatici dei mezzi in transito.

Carreggiata	Pendenza trasversale	Pendenza longitudinale	Pendenza traiettoria	Larghezza carreggiata	Lunghezza traiettoria	Intensità critica di pioggia	Spessore velo idrico
	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	(m)	(mm/h)	(mm)
Ponte	0,025	0,025	0,025	5,25	5,26	438,3	2,1
Adeguamento SS42	0,0200	0,015	0,025	10,00	12,5	310,6	2,8

**Tabella 12 – Verifica del film idrico sulla piattaforma**



**Figura 10 – Riduzione di aderenza relativa alla presenza di film idrico sulla carreggiata**

### Imbocco sud

Analoghe valutazioni sono state eseguite sulla carreggiata dell'imbocco sud e della rotatoria ottenendo i risultati riportati nella tabella che segue.

Carreggiata	Pendenza trasversale	Pendenza longitudinale	Pendenza traiettoria	Larghezza media carreggiata	Lunghezza traiettoria	Intensità critica di pioggia	Spessore velo idrico
	(m/m)	(m/m)	(m/m)	(m)	(m)	(mm/h)	(mm)
Imbocco galleria	0,025	0,013	0,028	5,5	6,22	438,3	2,3
Rotatoria	0,025	0,015	0,029	4,0	4,66	438,3	1,9

**Tabella 13 – Verifica del film idrico sulla piattaforma**

### *Interasse delle caditoie e verifica della vena d'acqua defluente in carreggiata a bordo del cordolo*

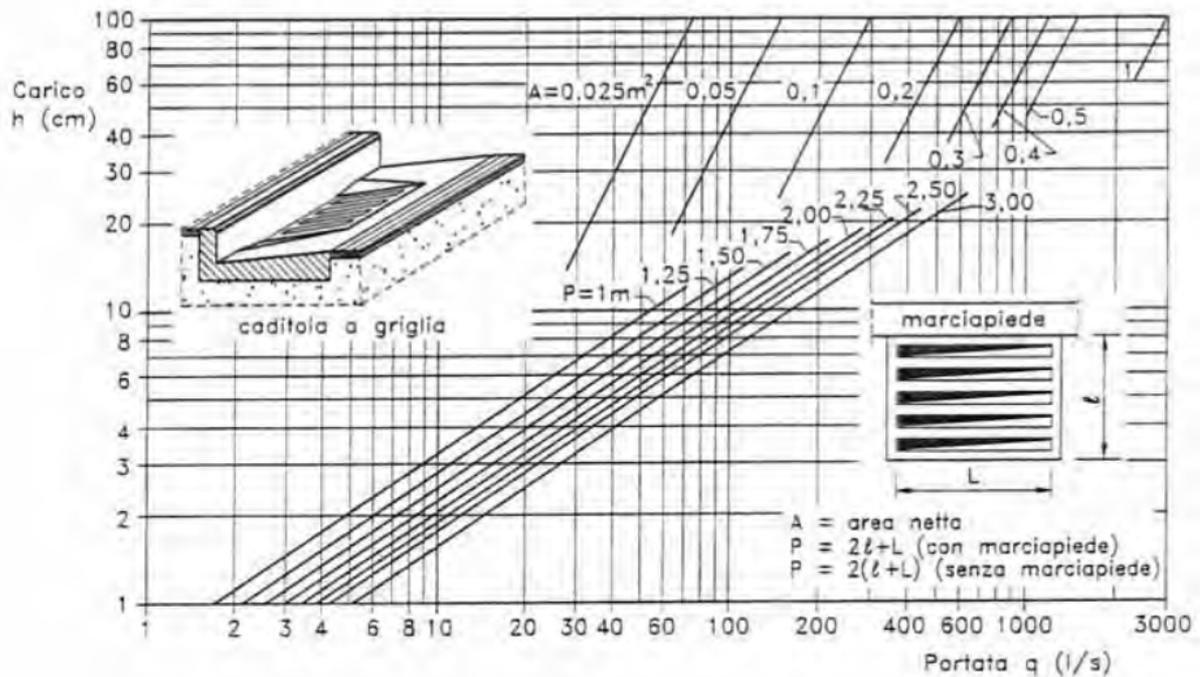
#### Imbocco nord

La distanza massima tra due caditoie successive è stata valutata considerando la distanza che dà origine ad una portata smaltibile dalle caditoie ipotizzando che si generi una vena d'acqua defluente in carreggiata a bordo cordolo di 1,00 m. Il tirante (carico) sulla caditoia è stato valutato considerando l'abaco sperimentale della figura che segue.

La distanza tra due caditoie successive in tratti di strada diversi per pendenza e direzione di drenaggio è inferiore a tale valore.

Carreggiata	Caditoia	Distanza massima caditoie	Superficie sottesa	Tempo di ingresso in rete	Precipitazione critica	Coefficiente deflusso	Portata	Lunghezza caditoia	Larghezza caditoia	Perimetro	Carico = Tirante sulla caditoia	Pendenza trasversale	Vena d'acqua in carreggiata
		(m)	(m <sup>2</sup> )	(min)	(mm)	(adim)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(adim)	(m)
Ponte	40x40	25	131,25	1	5,2	0,9	0,010	0,4	0,4	1,2	2,5	0,025	1,000
Adegamento SS42	40x40	20	140	2	7,4	0,9	0,008	0,4	0,4	1,2	2,4	0,024	1,000

**Tabella 14 – Verifica dell'estensione massima della vena d'acqua in carreggiata**



**Figura 11 – Abaco sperimentale per la valutazione della portata smaltibile da una caditoia in funzione di carico, dimensioni e condizioni di effluo**

### Imbocco sud

Analogamente sulle opere dell'imbocco sud si ottengono i seguenti valori.

Carreggiata	Caditoia	Distanza massima caditoie (m)	Superficie sottesa (m <sup>2</sup> )	Tempo di ingresso in rete (min)	Precipitazione critica (mm)	Coefficiente deflusso (adim)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Lunghezza caditoia (m)	Larghezza caditoia (m)	Perimetro (m)	Carico = Tirante sulla caditoia (cm)	Pendenza trasversale (adim)	Vena d'acqua in carreggiata (m)
Imbocco galleria	40x40	22	115,5	1	5,2	0,9	0,009	0,4	0,4	1,2	2,5	0,025	1,000
Rotatoria	40x40	17	119	1	5,2	0,9	0,009	0,4	0,4	1,2	2,5	0,025	1,000

**Tabella 15 – Verifica dell'estensione massima della vena d'acqua in carreggiata**

### 2.7.1 Raccolta e recapito delle acque di sversamento

La raccolta di eventuali sversamenti accidentali in galleria è effettuata, come già detto, tramite tubazioni in cls DN 300 interrotte da pozzetti sifonati posti ad interasse di 25 m.

Vista la pendenza di posa del 1,3%, nel suo tratto terminale, ciascuna delle due tubazioni è in grado di smaltire una portata di circa 60 l/s con riempimento al 50%.

Nei pressi dell'imbocco sud è stata prevista, come già detto, una vasca di idonea capacità adibita allo stoccaggio di eventuali sversamenti accidentali, prima del necessario conferimento allo smaltimento.

Per approfondimenti sui dettagli costruttivi si possono consultare gli elaborati:

- P00ID00IDRPP01\_B;

- P00ID00IDRPP02\_B;
- P00ID00IDRPP03\_B;
- T01GA02OSTDI03\_B.