

## NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema  
A7 - A10 - A12

### PROGETTO ESECUTIVO

#### SOMME A DISPOSIZIONE

#### OPERE IN SOTTERRANEO

IPOSTESI DI RECUPERO DELLE ACQUE POTENZIALMENTE DRENATE DALLE GALLERIE

#### RELAZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO  Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia n.1739  RESPONSABILE IDROLOGIA E IDRAULICA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496  PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE				
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO			--				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo		Rev.			
110717	LL00	PE	SD	OST	GN000	00000	R	I	D	R	0707	-	0	SCALA --

 	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A						n.	data
							0	LUGLIO 2018
	REDATTO:		VERIFICATO:				1	-
							2	-
3							-	
						4	-	

VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE                  STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--

## INDICE

1. PREMESSA	1
2. RECUPERO DELLE ACQUE POTENZIALMENTE DRENABILI DALLO SCAVO DELLE GALLERIE	1
2.1 Considerazioni di riepilogo sulle valutazioni dello studio idrogeologico di progetto	1
2.2 Riutilizzo delle acque non di pregio drenate dalle gallerie	4
2.2.1 Progetto 1 - Impianto Parodi (recupero ad uso idropotabile)	5
2.2.2 Progetto 2 - Impianto di Teglia (recupero ad uso idropotabile)	5
2.2.3 Progetto 3 – Via della Brigna (recupero ad uso antincendio)	6
2.2.4 Progetto 4 – Via Ovada (recupero ad uso antincendio)	7
2.2.5 Progetto 5 – Via Carpenara (recupero ad uso antincendio)	7
3. EVENTUALE RECUPERO AD USO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DRENATE DALLO SCAVO DELLE GALLERIE	8
3.1 Caratteristiche generali di opere di presa in galleria	10
3.2 Progetto tipologico di nicchia di drenaggio in galleria	13

## **1. PREMESSA**

Le indagini in oggetto sono state finalizzate a valutare il recupero, la valorizzazione e il riutilizzo delle acque potenzialmente drenate dalle gallerie in progetto.

Ampi settori delle gallerie Amandola e Monterosso, ma anche parte della Borgonuovo, dovranno prevedere un sistema di drenaggio permanente per ovviare alle problematiche di carico idrostatico più elevato di quanto il rivestimento definitivo possa sopportare. Il drenaggio di tali acque, oltre che una necessità, può rappresentare anche un'opportunità prevedendo il riutilizzo e quindi la valorizzazione della risorsa drenata; pertanto, nell'ambito del presente studio sono state individuate alcune possibilità di reimpiego razionale della risorsa.

Sulla base delle valutazioni svolte nell'ambito dello studio idrogeologico i quantitativi totali delle acque raccolte dal sistema di drenaggio definitivo possono risultare anche significativi in quanto interessano lunghi tratti di galleria. Pertanto, stante la complessiva buona qualità della risorsa drenata, si è anche ipotizzato un recupero nell'ambito idropotabile, previo trattamento per abbattere eventuali contaminazioni prevalentemente riducibili al contatto con materiali di rivestimento della galleria. Il trattamento potrebbe essere eseguito nelle relative vicinanze degli imbocchi Ovest e Est delle gallerie Amandola e Monterosso, dove esistono impianti e strutture del gestore della rete pubblica (IREN Acqua S.p.A.).

Con l'obiettivo di finalizzare il reimpiego ad utilizzi di pubblica utilità è stato anche previsto un confronto con rappresentanti del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e del Corpo Forestale dello Stato al fine di individuare delle aree in cui potrebbe essere opportuna l'adduzione delle risorse idriche eventualmente disponibili per l'uso antincendio.

E' stato infine prevista anche l'eventualità di un recupero di "acque di pregio" mediante realizzazione di specifiche opere di presa in galleria tali da evitare qualsiasi contatto tra la risorsa idrica e rivestimento e mantenere inalterata la qualità. Sono stati individuati i settori maggiormente produttivi lungo lo sviluppo del cavo e sulla base di queste indicazioni è stato sviluppato uno schema tipologico per le opere di presa oltre ad alcune ipotesi di captazione e sfruttamento di tali venute in relazione ai possibili punti di utilizzo.

## **2. RECUPERO DELLE ACQUE POTENZIALMENTE DRENABILI DALLO SCAVO DELLE GALLERIE**

### **2.1 Considerazioni di riepilogo sulle valutazioni dello studio idrogeologico di progetto**

Le valutazioni a scala "complessiva" relative all'interferenza delle gallerie in progetto con gli acquiferi, sono state prevalentemente basate sull'utilizzo di modelli empirici e semi-analitici riconosciuti e validati nella letteratura tecnica mondiale, ovvero in particolare il metodo delle curve di Heuer (2005) per la valutazione delle portate di afflusso in galleria a drenaggio libero.

Con riferimento alla valutazione complessiva degli afflussi in galleria, il modello numerico è stato applicato in forma parametrica su sezione bidimensionale, unicamente al fine di validare o eventualmente calibrare i risultati derivanti dalle formulazioni sperimentali.

In tal senso, nel campo dei parametri idrodinamici e dei carichi statici caratterizzanti il tracciato delle gallerie in esame, si è evidenziata la sostanziale corrispondenza dei risultati del modello di flusso (applicazioni in regime permanente e a parametri costanti) con il calcolo a partire dalla relazione di Heuer. Tale metodo, partendo da

un'analisi statistica dei risultati delle prove di permeabilità in foro eseguite sui vari complessi rocciosi, propone una valutazione delle venute d'acqua al fronte, in funzione del carico idraulico a cui è soggetta la galleria.

Il quadro delle stime effettuate con il metodo di Heuer per le gallerie in progetto in cui il drenaggio è significativo è riportato nei grafici di Figura 1, Figura 2 Figura 3.

Fermo restando la reale difficoltà a giungere a valutazioni attendibili e deterministiche, anche in riferimento ad un modello geologico di per sé necessariamente approssimato, si ritiene di aver introdotto già nelle valutazioni stesse elementi di cautela, quali in particolare l'ipotesi di una saturazione continua lungo il profilo galleria e l'applicazione del metodo con e senza il fattore di riduzione RF della conducibilità idraulica con la profondità.

Per approfondimenti ulteriori in merito si rimanda, comunque, alla relazione idrogeologica di progetto.

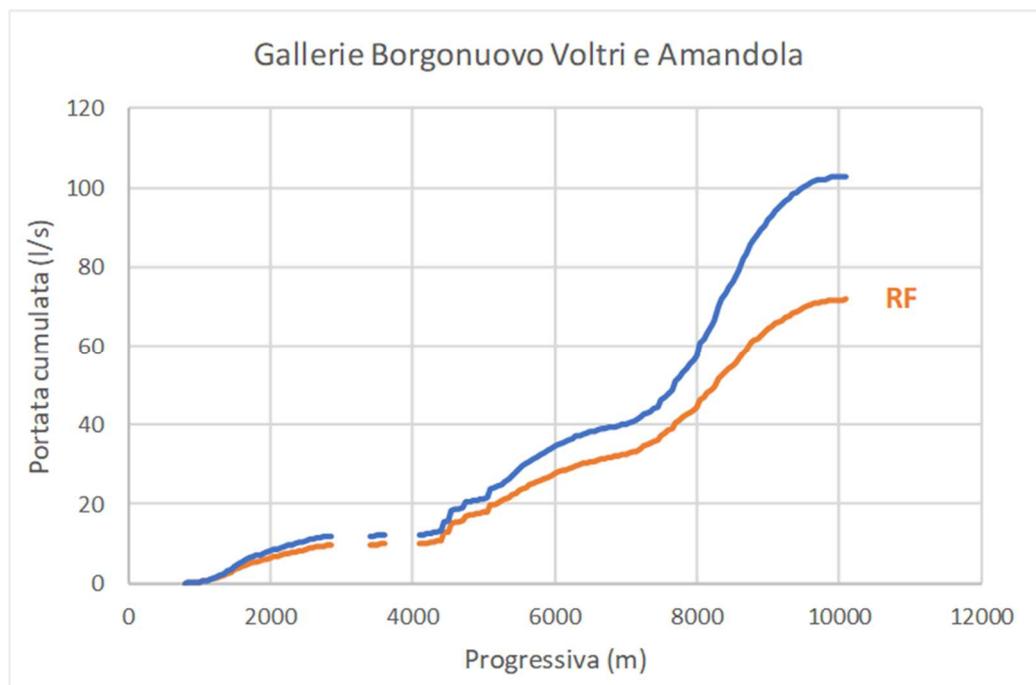


Figura 1 - Gallerie Borgonuovo, Voltri, 3 Amandola: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, mediante il metodo empirico di Heuer (2005).

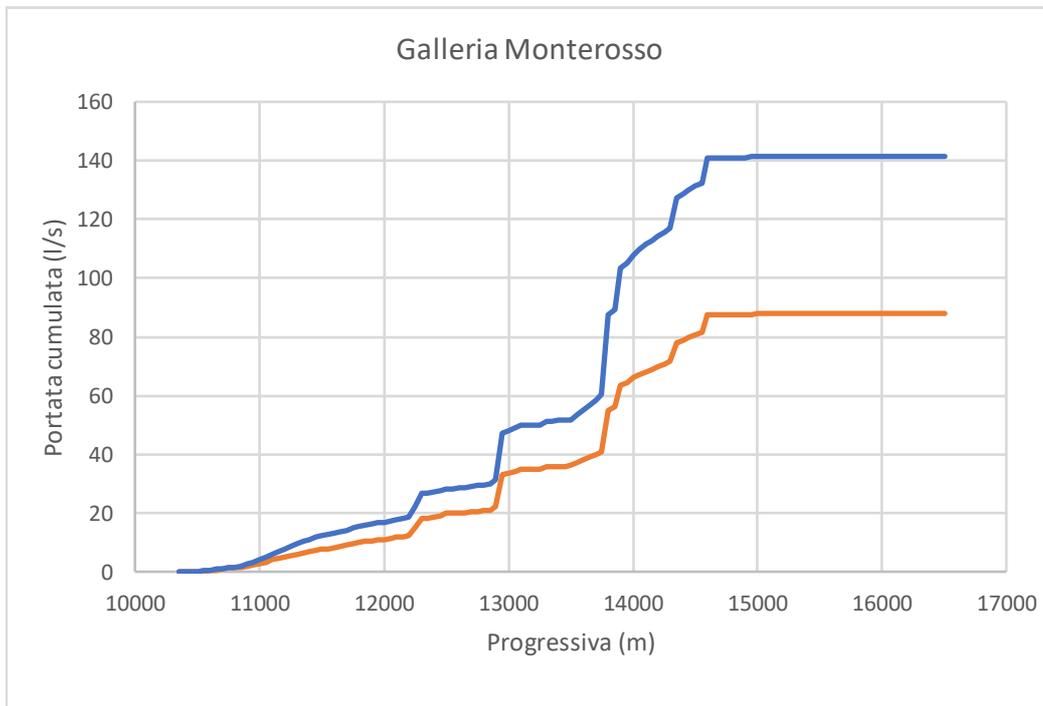


Figura 2 - Galleria Monterosso: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, mediante il metodo empirico di Heuer (2005).

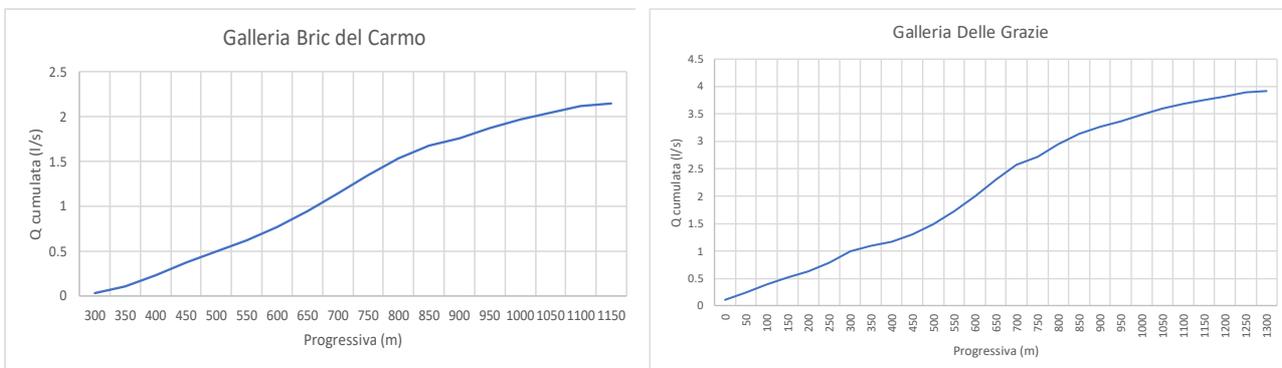


Figura 3 - Gallerie Bric del Carmo e delle Grazie: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, mediante il metodo empirico di Heuer (2005).

Lo studio idrogeologico ha considerato tutte le gallerie della Gronda, comprese quelle scavate con TBM, drenanti per tutta la lunghezza ai fini del calcolo degli impatti sulle risorse idriche.

Con questa ipotesi sono state calcolate le portate potenzialmente drenabili dalle gallerie, che potrebbero essere riutilizzate a favore del territorio. Dai risultati dello studio emerge che le quantità emunte potrebbero essere riutilizzate solo per le gallerie situate in Ovest Polcevera, realizzate principalmente in TBM. In Est Polcevera il contesto idrogeologico è radicalmente diverso e gli acquiferi contenuti entro le sequenze flyshiodi di pertinenza appenninica sono caratterizzati da minori apporti complessivi.

Come già accennato in precedenza, occorre puntualizzare che la tecnologia TBM prevede, in generale, la realizzazione di gallerie impermeabili tramite la posa di conci di rivestimento a tenuta idraulica in fase di esercizio e tramite contropressione nella camera di scavo in avanzamento. Per ampi settori, tuttavia, potrebbe essere necessario drenare la falda per ridurre carichi idraulici tali da non essere compatibili, a lungo termine, con il rivestimento.

In questi tratti drenanti saranno previsti drenaggi distribuiti del cavo che potranno essere destinati ad un utilizzo non di pregio oppure a preventivo trattamento.

Inoltre può essere prevista anche l'eventualità di realizzare nicchie/cunicoli di drenaggio atti all'intercettazione dei flussi a distanza dalla galleria, dotate di dreni profondi, da realizzare nei tratti potenzialmente più produttivi, finalizzati all'intercettazione di acque di pregio ad utilizzo idropotabile;

## 2.2 Riutilizzo delle acque non di pregio drenate dalle gallerie

In previsione di dover abbattere l'eccesso di carico idrostatico sul rivestimento definitivo della galleria potranno essere sfruttati i flussi di dreangio. Tali acque, tuttavia, venendo a contatto con il sistema di drenaggio e con il rivestimento della galleria, risulterebbero "non pregiate" e quindi destinabili ad uso differenti da quello umano a meno di un adeguato trattamento.

Gli studi idrogeologici di progetto finora svolti hanno considerato le gallerie come completamente drenanti, quantificando gli apporti secondo quanto riportato in Tabella 1.

Galleria	Portata drenata in equilibrio (l/s)
Borgonuovo	9 - 12 l/s
Amandola	60 - 90 l/s
Monterosso	90 - 140 l/s
Delle Grazie	3 - 5 l/s

Tabella 1

Il riutilizzo e la valorizzazione anche solo di una parte di tali volumi potrebbe comunque rappresentare un'opportunità. In tal senso sono state proficue una serie di valutazioni svolte congiuntamente con i V.V.F.F. sulla base delle quali si è concordato la predisposizione di vasche antincendio e di reti idranti in corrispondenza del tratto di fondovalle del Varenna adiacente allo sbocco Ovest della Monterosso e allo sbocco Amandola Ovest.

Nella Figura 8, dove vengono riepilogate tutte le modalità di sfruttamento e riutilizzo della risorsa eventualmente drenabile dalla galleria, sono schematizzati anche gli interventi per gli utilizzi antincendio. Occorre sempre sottolineare come tali indicazioni costituiscano un riferimento da ricalibrare in fase di esecuzione dello scavo e di verifica delle ipotesi progettuali.

Nel seguito si fornisce una descrizione più dettagliata delle soluzioni proposte.

### 2.2.1 Progetto 1 - Impianto Parodi (recupero ad uso idropotabile)

Si prevede di intubare le acque eventualmente drenate dalla galleria Amandola, collettandole fino allo sbocco della galleria Voltri lato ovest (staffando una parte della condotta al viadotto Leira); qui verrà posato un secondo tratto di condotta che, scendendo lungo il versante sottostante il viadotto sopraccitato, raggiungerà l'impianto di potabilizzazione gestito da IREN Acqua S.p.A. in località Parodi.

Si prevede inoltre di raccogliere le acque drenate dalla galleria "delle Grazie" che verrebbero scaricate attraverso un microtunnel in progetto il cui sbocco è localizzato nel Torrente Cerusa poco a valle dell'impianto di depurazione sopraccitato.

In tale microtunnel verrebbero posate due condotte: una per lo scarico delle eventuali acque di piattaforma ed una per il collettamento delle acque di drenaggio. Le prime verrebbero scaricate nel Cerusa mentre le acque di drenaggio verrebbero collettate verso il suddetto impianto Parodi.

In definitiva l'intervento prevede:

- a) la posa di una nuova tubazione in Pead De 160 mm PN16 per una lunghezza complessiva di circa 1400 (profilo "1") per il collettamento delle acque prelevate dalla galleria Amandola di cui:
  - 342.50 m intubati nella galleria Voltri;
  - 352.80 m staffati al viadotto Leiro;
  - 700 m intubati nella galleria Amandola.In parallelismo ai tratti descritti sarà posata una tubazione DN 400 per la raccolta delle acque di minor preggio.
- b) la posa di una nuova tubazione in Pead De 400 mm PN10 più la tubazione in Pead De 160 mm in uscita della galleria Voltri per lunghezza complessiva di circa 300 (profilo "2");
- c) la posa di una nuova tubazione in Pead De 160 mm PN16 per una lunghezza complessiva di circa 218 m per il collettamento delle acque prelevate dalla galleria "delle Grazie" (profilo "3")

Si precisa che l'eventuale riutilizzo a scopo idropotabile delle acque di minor pregio drenate dalla Galleria "delle Grazie" e dalla galleria "Amandola" in aggiunta a quelle di pregio prelevate dalle apposite nicchie potrà essere attuato solo previo adeguato trattamento.

*A seguito della verifica in fase di esercizio della disponibilità idrica sufficiente (50 l/s), si potrà eventualmente installare una centralina di produzione idroelettrica della capacità di 25 Kw.*

### 2.2.2 Progetto 2 - Impianto di Teglia (recupero ad uso idropotabile)

Si prevede di intubare le acque eventualmente drenate dalla galleria Monterosso, collettandole fino all'impianto di potabilizzazione gestito da IREN Acqua S.p.A. in località Parodi.

In pratica sarà realizzato un nuovo tratto di acquedotto che dalla galleria Monterosso (portali sul lato est) raggiungerà l'impianto di trattamento "Teglia" gestito dalla Società IREN Acque S.p.A..

In definitiva l'intervento prevede:

- a) la posa di una nuova tubazione in Pead De 160 mm PN16 per una lunghezza complessiva di circa 3050 per il collettamento delle acque prelevate dalla galleria Amandola di cui:

- 650 m intubati nella galleria Monterosso;
- 60 m interrati sul versante presso la località Carrettini;
- 93 m staffati al ponte di via Perlasca in Genova;
- 2247 m intubati sotto la viabilità cittadina presso la zona di Bolzaneto in Genova.

Si precisa che il riutilizzo delle acque di minor pregio drenate dalla Galleria "Monterosso" in aggiunta a quelle di pregio prelevate dalle apposite nicchie potrà essere attuato solo previo adeguato trattamento.

### 2.2.3 Progetto 3 – Via della Brigna (recupero ad uso antincendio)

Si prevede di riutilizzare le acque eventualmente drenate dalla galleria Borgonuovo, che sarebbero collettate attraverso una tubazione posata in un microtunnel in progetto con sbocco nel torrente Cerusa.

In particolare, tale microtunnel ha lo sbocco sulla sponda opposta all'impianto di depurazione in località Parodi, in prossimità del ponte sul Cerusa dove comincia via della Brigna.

La soluzione progettuale in oggetto prevede quindi la raccolta delle acque in arrivo dal suddetto microtunnel ed il sollevamento delle stesse fino ad una vasca ubicata in località Soria; presso tale vasca saranno predisposti i dispositivi necessari per il rifornimento di due autobotti e per l'alimentazione diretta di almeno un idrante.

Si prevede quindi la realizzazione di una vasca in c.a allo sbocco del suddetto microtunnel, avente la funzione di compenso e di carico per un impianto di sollevamento; tale vasca avrà dimensioni:  
BxLxH= 12.00x4.00x4.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>.

All'interno di tale vasca sarà inserita una pompa sommersa avente le seguenti caratteristiche:  
Q=5.0 l/s; h=180 m.

Tali caratteristiche garantiscono il sollevamento fino all'impianto antincendio tutto il volume disponibile in un tempo di 12 ore.

La vasca in località Soria avrà invece le seguenti dimensioni:  
BxLxH= 8.00x8.00x3.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>.

La condotta che collegherà le due vasche (in pead De 63 PN 25) sarà posata sotto via Brigna e sotto via della Soria per una lunghezza complessiva di circa 1555.40 m su un dislivello di circa 170 m.

All'interno della vasca di via Soria sarà predisposta una pompa sommersa per garantire l'alimentazione delle autobotti e dell'idrante; tale pompa avrà le seguenti caratteristiche:  
Q=10.0 l/s; h=40 m.

In definitiva l'intervento prevede

- a) la posa di una nuova tubazione in Pead De 63 mm PN25 per una lunghezza complessiva di circa 1555.40 m per il collettamento delle acque prelevate dallo sbocco del microtunnel sul Cerusa (la condotta sarà posata sotto la viabilità comunale);

- b) la realizzazione di una vasca in c.a. presso lo sbocco sul Cerusa del microtunnel in arrivo dalla galleria Borgonuovo; dimensioni BxLxH= 12.00x4.00x4.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>.
- c) la realizzazione di una vasca in c.a. presso località Soria; dimensioni BxLxH= 8.00x8.00x3.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>.
- d) l'installazione di una pompa sommersa per il sollevamento delle acque recuperate dalla galleria Borgonuovo fino alla località Soria; le caratteristiche di tale pompa sono le seguenti: Q=5.0 l/s; h=178 m;
- e) l'installazione di una pompa sommersa nella vasca in località Soria per l'alimentazione di un idrante e di due autobotti; le caratteristiche di tale pompa sono le seguenti: Q=10.0 l/s; h=40 m;
- f) l'installazione di un idrante in prossimità della suddetta vasca a servizio degli insediamenti presenti in adiacenza.

#### 2.2.4 Progetto 4 – Via Ovada (recupero ad uso antincendio)

Si prevede di riutilizzare le acque eventualmente drenate dalla galleria Amandola, per alimentare una rete di idranti installati lungo via Ovada nel settore adiacente il cimitero di Voltri.

In particolare, allo sbocco della galleria Amandola lato ovest, sarà realizzata una vasca in c.a. (interrata sotto il piazzale di servizio) in cui verranno raccolte le acque eventualmente drenate.

Da tale vasca partirà una condotta in Pead che, scendendo lungo il versante sottostante il viadotto Leiro, alimenterà una rete di 4 idranti disposti lungo via Ovada. Il dislivello minimo tra la vasca di carico e compenso e la rete di idranti è di circa 60 m.

E' anche prevista la realizzazione di uno scarico di troppo pieno della vasca verso l'incisione presente a sud della galleria Amandola est.

In definitiva l'intervento prevede:

- a) la realizzazione di una vasca in c.a. sotto il piazzale di servizio allo sbocco della galleria Amandola ovest avente dimensioni BxLxH= 8.00x8.00x3.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>;
- b) la posa di una nuova tubazione in Pead De 63 mm PN25 per una lunghezza complessiva di circa 294 m per il collettamento delle acque prelevate suddetta vasca fino a via Ovada presso il cimitero di Voltri;
- c) la posa di una nuova tubazione in Pead De 63 mm PN25 per una lunghezza complessiva di circa 1002 m per l'alimentazione di 4 idranti;
- d) l'installazione di 4 idranti posti ad interassi compresi tra un minimo di 200 m ed un massimo di 500 m.

#### 2.2.5 Progetto 5 – Via Carpenara (recupero ad uso antincendio)

Si prevede di riutilizzare le acque eventualmente drenate dalla galleria Monterosso.

In particolare, allo sbocco della galleria Monterosso lato ovest, sarà realizzata una vasca in c.a. (interrata) in cui verranno collettate le acque eventualmente drenate dalle gallerie.

Tale vasca consentirà di mantenere un invaso di acqua tale da garantire una difesa antincendio di tipo terrestre (rifornimento di autobotti e/o alimentazione di una rete di idranti).

La vasca in progetto sarà dotata di una copertura removibile e di adeguati parapetti di protezione dal rischio di caduta dall'alto di eventuali operatori presenti nelle immediate vicinanze.

All'interno di tale vasca sarà anche installata una pompa sommersa per garantire su tutti gli idranti la pressione adeguata e la portata sufficiente ad alimentarne due contemporaneamente.

La disponibilità per i mezzi terrestri verrà invece garantita in corrispondenza di 4 bocchette idranti disposte più a valle, lungo la via Carpenara in direzione Genova.

La suddetta vasca sarà dotata di uno scarico di troppo pieno verso il torrente Varenna per impedire tracimazioni pericolose verso l'autostrada così come la condotta di alimentazione degli idranti sarà dotata di una valvola di scarico in corrispondenza del ponticello sul Varenna per consentire lo svotamento della stessa in corrispondenza del punto di corda molle.

In definitiva l'intervento prevede:

- a) la realizzazione di una vasca in c.a. allo sbocco della galleria Monterosso ovest avente dimensioni BxLxH= 8.00x8.00x3.00 m corrispondenti ad un volume di 192 m<sup>3</sup>;
- b) la posa di una nuova tubazione in Pead De 63 mm PN25 avente lunghezza complessiva di circa 810 m, per l'alimentazione di 3 idranti da installare lungo via Carpenara in direzione di Genova;
- c) l'installazione di una pompa sommersa nella suddetta vasca per garantire la pressione adeguata su tutti gli idranti e la portata sufficiente ad alimentarne due contemporaneamente; le caratteristiche di tale pompa sono le seguenti: Q=10.0 l/s; h=40 m;
- d) l'installazione di 3 idranti posti ad interassi compresi tra un minimo di 200 m ed un massimo di 500 m.

### **3. EVENTUALE RECUPERO AD USO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DRENATE DALLO SCAVO DELLE GALLERIE**

La realizzazione di nicchie di drenaggio specificamente adibite all'utilizzo idropotabile può essere prevista come eventualità subordinata all'esigenza di non incidere ulteriormente con opere drenanti in aggiunta ai sistemi di abbattimento dei carichi eccedenti i 15 bar sul rivestimento definitivo della galleria.

Gli apporti idrici nelle gallerie in progetto, come si osserva nella pratica realizzativa, tendono complessivamente a non avere un carattere puntuale ma a disperdersi lungo settori caratterizzati da maggior grado di fratturazione; di conseguenza, la realizzazione di sistemi di drenaggio da nicchia deve necessariamente interessare un settore il più possibile esteso per intercettare un flusso di volume tale da essere compatibile con oneri e difficoltà realizzative dell'opera di presa stessa.

Obiettivo primario per la previsione del recupero ad uso idropotabile delle acque drenate dalle gallerie è stato pertanto quello di individuare i settori potenzialmente più produttivi ovvero coincidenti con strutture idrogeologiche note e sulle quali è più facile prevedere sia la presenza di apporti idrici che la loro minor dispersione lungo lo sviluppo lineare della galleria.

Nell'elaborato IDR0708 vengono evidenziati sul tracciato in progetto i tratti potenzialmente più favorevoli all'intercettazione delle venute idriche, mentre nella Tabella 2 vengono riepilogate le caratteristiche dei settori individuati.

La realizzazione di nicchie ad uso idropotabile è stata ristretta alle due gallerie Amandola e Monterosso le uniche in grado di assicurare apporti caratterizzati da certa significatività. L'individuazione delle nicchie è funzionale al contesto da approvvigionare ed ai vincoli progettuali tra cui la livelletta della galleria. I flussi drenati, per convenienza e praticità della realizzazione e gestione delle opere di presa, devono essere infatti adottati verso l'esterno per gravità ed una volta fuori dalla galleria devono poter essere convenientemente adottati alle utenze oppure agli impianti.

Le indicazioni relative allo sviluppo lineare dei tratti potenzialmente più soggetti a venute captabili e la stima della portata drenabile è da ritenersi un'indicazione di massima, necessariamente da ricalibrare in fase di avanzamento dello scavo dove potranno essere più o meno confermate le interpretazioni di progetto.

Galleria	Tratto di interesse idrogeologico	Progressive di progetto (Km)	Sviluppo lineare tratto individuato (m)	Spessore in calotta (m)	portata indicativa (*) (l/s)
Amandola	Voltri Via Piccardo	4+600 – 5+000	400	85 – 105	4.0
Monterosso	Monte Contessa	11+100 – 11+400	300	265 – 410	5.0 - 8.0
Monterosso	Timone	12+800 – 13+100	300	175 – 235	10.0 – 20.0
Monterosso	Scarpino	13+200 – 13+500	300	200 – 350	30.0
Monterosso	Monte Gazzo - Murta	14+400 – 14+600	200	200 - 245	5.0

(\*) la portata è stimata sulla base degli elementi progettuali disponibili rimane comunque da verificare in fase di esecuzione delle opere.

Tabella 2

Nel caso della galleria Amandola la pendenza è rivolta per l'intero sviluppo verso l'imbocco Ovest lato Genova Voltri che non dista molto dall'impianto "Giacomo Parodi ex acquedotto De Ferrari – Galliera" attualmente gestito da IREN Acqua SpA. Tale impianto potrebbe pertanto ricevere le acque drenate da nicchie poste in corrispondenza del tratto alle progressive Km 4+600 – 5+000 dove possono essere intercettate venute idriche in pressione entro serpentiniti compartimentate da calcescisti meno permeabili. In questo tratto sondaggi geognostici hanno già intercettato venute idriche in pressione che hanno determinato il drenaggio di una sorgente a servizio di un consorzio di 6 utenze (S218). La nicchia potrebbe pertanto recuperare le risorse soggette a interferenza. Lo sviluppo lineare delle condotte in galleria sarebbe relativamente limitato; dall'imbocco Ovest della galleria la tubazione di adduzione dovrà attraversare il viadotto sul Leira e la galleria Voltri, oltrepassata la quale raggiungerà l'impianto dell'acquedotto attraversando un tratto di pendio naturale.

Un altro settore potenzialmente soggetto a venute idriche è situato presso l'area di Bric Boessa a progressive distanti 500 – 1000 m dall'imbocco imbocco Est sul Varenna ma con pendenza rivolta in senso contrario che rende sconveniente la realizzazione di sistemi di captazione. In altri settori della galleria il drenaggio tende ad essere diffuso lungo lo sviluppo lineare senza evidenziare significative concentrazioni degli apporti.

La galleria Monterosso a differenza della Amandola è caratterizzata da un cambio di livelletta circa alla progressiva km 13+200. Un tratto di circa 2900 m quindi pende verso Ovest (incisione valliva del Torrente Varenna), mentre i restanti 3300 m sono inclinati verso Est in direzione della Val Polcevera.

Nel tratto di "pertinenza" del Varenna sono stati individuati due settori potenzialmente adatti al drenaggio di acque di pregio, tuttavia l'adduzione di acque potabili verso il fondovalle del Varenna non ha rilevanza per le soluzioni delle problematiche di ripristino delle risorse idropotabili; non si ritiene pertanto conveniente la predisposizione di nicchie di captazione.

In questo caso risulta più conveniente prevedere l'apporto di acque non di pregio, ossia derivanti dal drenaggio semplice della galleria.

Il settore pendente verso la Val Polcevera è caratterizzato dalla presenza di due tratti potenzialmente sfruttabili. Uno dei due è ubicato circa in asse con la zona di Scarpino (progressive 13+200 – 13+500) dove esiste, tra l'altro, la necessità di drenaggio per alleviare il carico idrostatico elevato accentuato dalle pessime caratteristiche geomeccaniche degli ammassi serpentinitici cataclasati. Indagini sperimentali hanno anche permesso di individuare apporti idrici potenzialmente significativi. Un altro settore quasi sicuramente soggetto a flussi idrici è ubicato tra le progressive 14+400 – 14+600 per la presenza del contrasto di permeabilità tra metabasalti e le argilliti tamponanti.

Da tali settori i flussi potranno essere addotti verso la Val Polcevera dove, seguendo in massima parte il tracciato delle condotte esistenti dell'acquedotto, potranno raggiungere l'impianto IREN presso Teglia.

### **3.1 Caratteristiche generali di opere di presa in galleria**

Lo scavo di gallerie in roccia può intercettare la circolazione idrica sotterranea; nella maggior parte dei casi le venute idriche avvengono diffusamente lungo lo sviluppo lineare del cavo, in corrispondenza dei settori caratterizzati da maggiore fratturazione. Talvolta, ma in casi decisamente meno frequenti, si possono verificare apporti notevoli in un'area di ampiezza molto limitata che semplificano la realizzazione degli eventuali sistemi di captazione.

Il riutilizzo e la valorizzazione delle acque drenate in galleria può rappresentare una opportunità che deve essere accuratamente valutata.

Spesso i sistemi di drenaggio delle gallerie rilasciano le acque nel reticolo idrografico circostante; talvolta viene previsto il riutilizzo come risorsa non di pregio (per esempio impianti antincendio); esistono tuttavia diversi esempi di riutilizzazione a scopi idropotabili con tipologia di captazione variabile a seconda delle modalità locali di circolazione idrica e di afflusso in galleria.

Sostanzialmente la maggior parte delle captazioni comunemente realizzate in gallerie stradali o ferroviarie prevede la realizzazione di nicchie, talvolta abbinata a cunicoli drenanti, che possono essere provvisti di fori con drenaggi. Gli apporti possono essere prima raccolti in una vasca di decantazione e poi addotti verso l'esterno oppure possono essere fatti confluire direttamente nel collettore di mandata fuori della galleria verso gli impianti dell'acquedotto.

Nella Figura 4 si riporta un esempio di captazione d'acqua in galleria stradale scavata in area alpina in Francia. Dal tunnel principale si diparte un cunicolo lungo 40 m avente sezione di 2.5 x 2.3 m progettato per l'uso potabile delle acque.

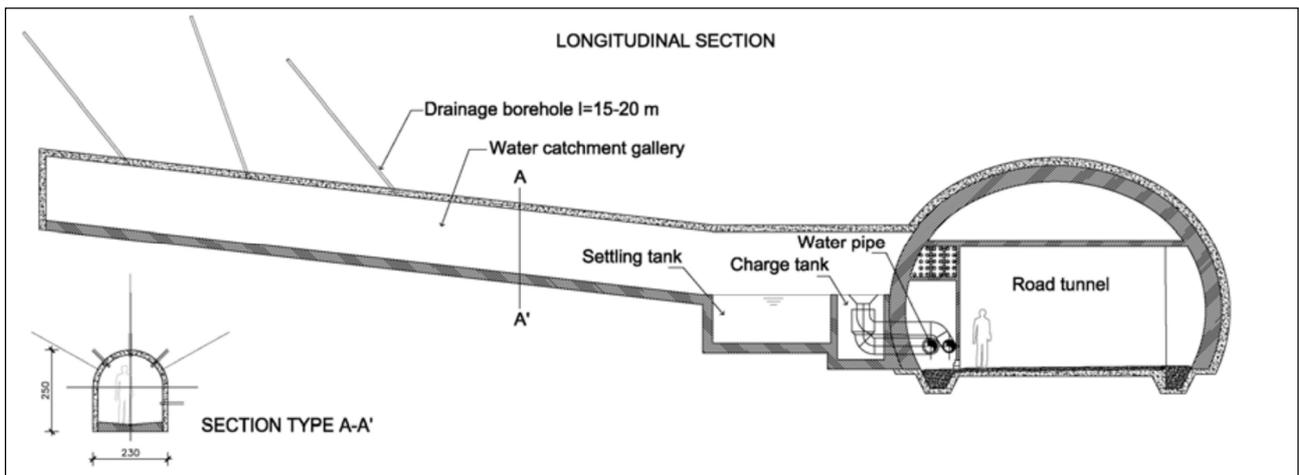


Figura 4 - Tratta da “Water Resources Management in Tunneling: insights in the decision making process to improve tunnels environmental sustainability – Dematteis, Torre, Looser”

Nella Figura 5 si riporta uno schema planimetrico del dispositivo drenante delle acque in corrispondenza di un tratto della galleria Gran Sasso che ha intercettato importanti flussi idrici già sfruttati da captazioni di uso pubbliche e che poi sono stati restituiti all’acquedotto.

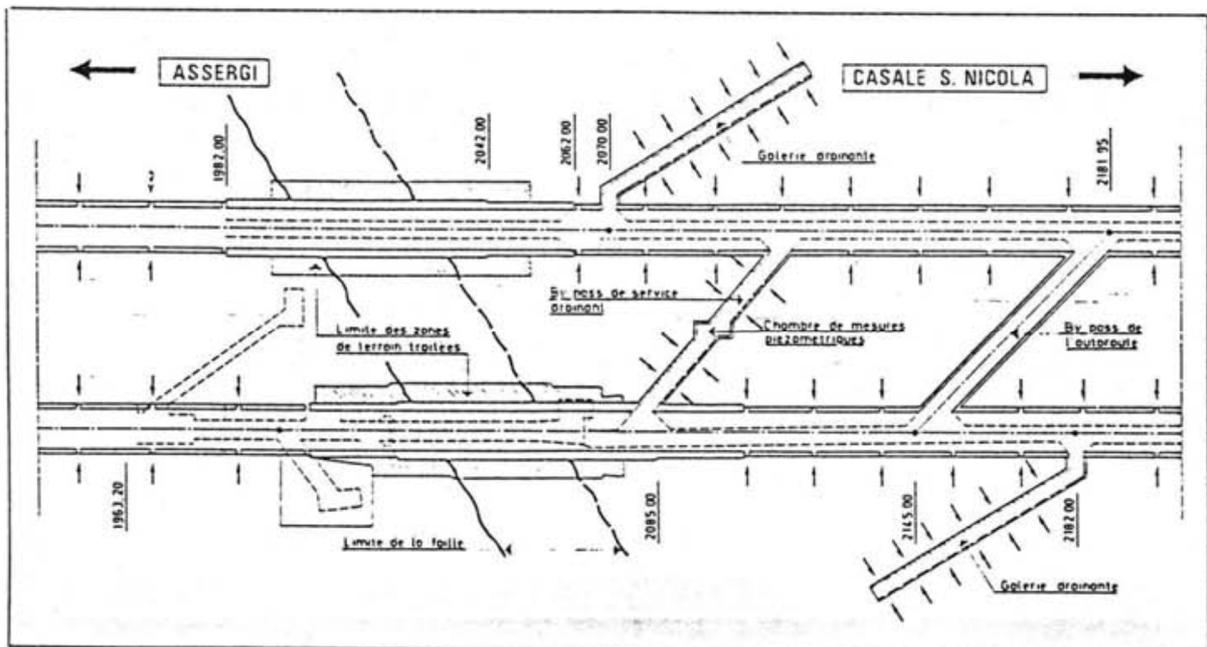


Figura 5 - Tratta da “Tunnel autoroutier du Gran Sasso; Traversè de la Faille de l a Valle Freda” Boutitie, Lunardi”.

Un esempio di sfruttamento delle acque drenate da un’opera autostradale lungo buona parte del suo sviluppo è quello relativo alla galleria Mottarone dell’Autostrada A 26 dei laghi, dove un sistema comprendente 7 nicchie è stato realizzato lungo lo sviluppo della galleria (Figura 6). Ogni nicchia è dotata di 20 - 30 fori drenanti per un totale di 183 dreni. La lunghezza di ogni dreno nell’ammasso roccioso è di 40 m con tratto microfessurato di circa 34 m. Un sistema di valvole regola gli afflussi delle acque raccolte. Il collettore che raccorda le sette nicchie

e porta l'acqua fuori dalla galleria è costituito da un tubo in PVC di diametro pari a 100 mm con uno sviluppo di oltre 1.200 m lineari.

La risorsa viene raccolta ed addotta ad un serbatoio dell'acquedotto di Stresa che la immette nelle sua rete di distribuzione. La portata complessiva sfruttata dall'acquedotto risulta mediamente circa 10 l/s.



Figura 6 - Sistema di dreni e valvole entro nicchia (immagine a sinistra) e linea di collegamento tra i dreni ed il collettore principale di adduzione all'esterno della galleria (immagine destra).

Nella Figura 7 si riporta una tipologia di nicchia drenante realizzata nella galleria Val di Sambro in costruzione sulla Variante di Valico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello. Dalla nicchia scavata alcuni metri entro la roccia si dipartono dreni di lunghezza variabile da 20 a 40 m che vengono raccolti in un'unica tubazione per essere successivamente allontanati verso l'uscita della galleria. Tale opera non è finalizzata nello specifico allo sfruttamento potabile delle acque intercettare anche se può avere una certa validità come tipologia di realizzazione.



Figura 7 - Nicchia nella galleria da cui si dipartono i dreni perforati in roccia (immagine a sinistra) e sistema di dreni perforati negli ammassi rocciosi a lato e soprastanti la galleria (immagine a destra).

Nel complesso la vulnerabilità della captazione si riduce aumentando la separazione tra opera stradale e sistema di drenaggio e raccolta delle acque. A tale proposito occorre infatti aggiungere che è necessario tenere in considerazione gli aspetti normativi che regolano le concessioni di sfruttamento dell'acqua e la salvaguardia della vulnerabilità della captazione.

### 3.2 Progetto tipologico di nicchia di drenaggio in galleria

Per realizzare l'opera di captazione potrà essere costruito, ortogonalmente alla canna principale della carreggiata Ovest, un tratto di galleria avente caratteristiche e dimensioni analoghe a quelle dei tunnel di bypass pedonali previsti per i collegamenti intermedi tra le carreggiate.

Il tratto di galleria sopra descritto verrà realizzato in corrispondenza di tratti caratterizzati da venute idriche significative intercettate dalla galleria principale, si spingerà verso l'interno del versante per circa 4 - 5 m ed avrà un diametro di circa 4 m. In tal modo sarà realizzato uno spazio protetto per poter collocare i mezzi e le attrezzature necessari per la realizzazione dell'opera di captazione vera e propria; successivamente costituirà una intercapedine – barriera di protezione della nicchia drenante.

Oltre l'opera sopra descritta, lo scavo proseguirà per ulteriori circa 4 m all'interno della roccia con tecniche di escavazione e di consolidamento tali da consentire la captazione delle fuoriuscite di acqua dalle fratture della roccia.

Allo scopo di aumentare la quantità di acqua captata, nel tratto terminale di questo secondo tratto saranno posti in opera una serie di dreni (disposizione sub orizzontale a raggiera) lunghi circa 30 m.

Il fondo di tale tratto sarà invece rivestito ed impermeabilizzato in modo da formare una vasca di accumulo.

La zona di captazione sarà separata dal primo tratto per mezzo di un setto in c.a. dotato di scale e porta per l'accesso dall'esterno; saranno inoltre previsti uno scarico di fondo per la rimozione di eventuale sedimento ed uno scarico di troppo pieno allo scopo di impedire, in caso di eventuali eccedenze o di eventuali sospensioni di funzionamento dell'impianto di sollevamento, deflussi verso il piano viabile della galleria principale.

Tali scarichi saranno collegati al collettore posto nella sede viaria della galleria principale, previsto per lo smaltimento delle acque di piattaforma (vedi particolari in IDR0709).

**ANALISI DI FATTIBILITA' PER IL RIUTILIZZO E LA VALORIZZAZIONE DELLE ACQUE DRENATE IN GALLERIA**

SCHEMA TIPOLOGICO DI SFRUTTAMENTO DA ADATTARE ALLE CONDIZIONI CHE VERRANNO EFFETTIVAMENTE RISCOSETRATE NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO DELLO SCAVO

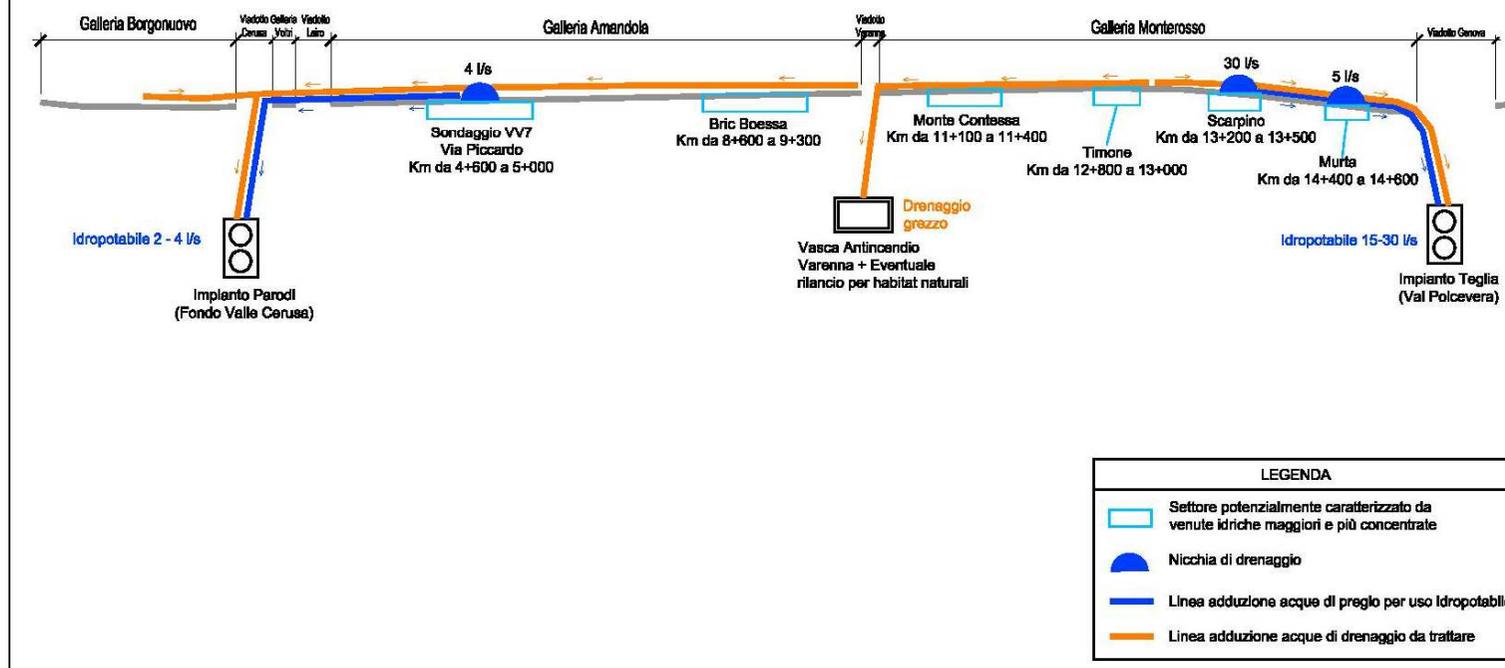


Figura 8 - Schema tipologico di sfruttamento delle acque potenzialmente drenabili dalla galleria.