

AUTOSTRADA A10 GENOVA – VENTIMIGLIA
DA PROGR. 10+025.50 A PROGR. 10+605.800

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO N° 447/95

PROGETTO ESECUTIVO



DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

RELAZIONE GENERALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N.20746	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503 CAPO PROGETTO	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE DMSIONE ESERCIZIO E NUOVE ATTIVITA'
---	---	--

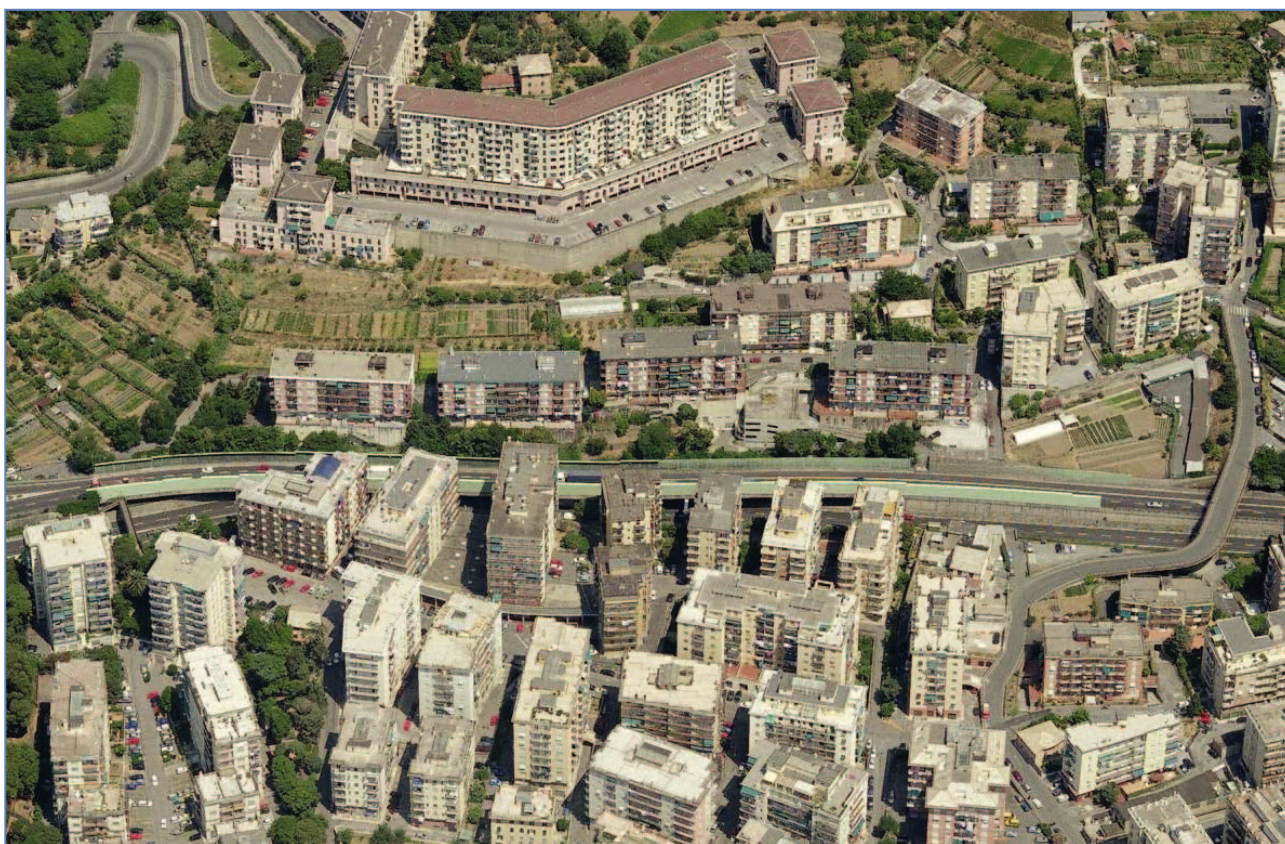
WBS	RIFERIMENTO ELABORATO											DATA:		REVISIONE	
—	DIRETTORIO						FILE					SETTEMBRE 2016	n.	data	
	codice commessa			N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo		Rev.	01	31 Marzo 2018				
—	1	1	1	0	0	2	0	2	—	—	PCC0002	—	1		
												SCALA:	—		

 spea ENGINEERING  gruppo Atlantia		ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
	CONSULENZA A CURA DI :		

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p> <p>autostrade // per l'italia</p> <p>RUP: Arch. Piero Indelli</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p> <p></p> <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE</p>
--	---	--

AUTOSTRADA A10 GENOVA-VENTIMIGLIA

Piano di risanamento acustico ai sensi della legge quadro N°447/95 tra pk 10+025 e pk 10+605



PROGETTO ESECUTIVO

Marzo 2018

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. UBICAZIONE TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	9
2.1 EFFETTI ATTESI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	15
2.2 ITER AUTORIZZATIVO	16
3. GEOLOGIA	20
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE GENERALE	20
3.2 INQUADRAMENTO TETTONICO DEL GRUPPO DI VOLTRI	22
3.3 STRATIGRAFIA	22
3.3.1 Unità Tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella	23
3.3.2 Depositi superficiali	25
3.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	27
3.5 MODELLO IDROGEOLOGICO D'INQUADRAMENTO	28
4. BILANCIO TERRE: TERRE E ROCCE DA SCAVO	29
5. GEOTECNICA	30
5.1 SISMICITA'	30
5.1.1 Normativa di riferimento	30
5.1.2 Accelerazione orizzontale di riferimento	30
5.1.3 Categoria di suolo	32
5.1.4 Definizione della magnitudo	32
5.1.5 Verifiche nei confronti dei fenomeni di liquefazione	32
5.2 INDAGINI GEOTECNICHE	33
5.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE TERRE (UNITA' A)	34
5.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE ROCCE (UNITA' B)	35
5.5 LIVELLI DI FALDA	35
5.6 TIPOLOGIA FONDAZIONI	36
5.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE	36
6. IDROLOGIA	37
6.1 ANALISI PLUVIOMETRICA	37
6.2 AREE DRENATE E METODOLOGIA DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	37
6.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO	38

7. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE DI DRENAGGIO	40
7.1 VERIFICA DELLE CANALETTE A PIANO COPERTURA	41
7.2 VERIFICA DELLE TUBAZIONI AEREE SOTTOSTANTI IL SISTEMA DI CANALETTE SOMMITALI	41
7.3 VERIFICA DELLE OPERE ESISTENTI O IN PROGETTO A PIANO ASFALTO	43
7.4 VERIFICA DELLA VASCA DI LAMINAZIONE E DEL CANALE AFFERENTE	43
8. COPERTURA ANTIFONICA	47
8.1 CONCEPT STRUTTURALE	50
8.2 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA E CLASSIFICAZIONE	54
8.2.1 Classe strutturale	54
8.2.2 Azioni del vento	54
8.2.3 Azioni sismiche	55
8.3 VERIFICHE STRUTTURALI ESEGUITE	55
8.3.1 Normative di riferimento	55
8.3.2 Sintesi analisi e verifiche	56
8.4 OPERA ESISTENTE E LIVELLI DI CONOSCENZA	57
9. BARRIERE ANTIRUMORE	58
10. BARRIERE DI SICUREZZA	65
10.1 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA	65
11. SEGNALETICA	67
11.1 PREMESSA	67
11.2 LIMITI DI INTERVENTO	67
11.3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	67
11.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	68
11.5 CRITERI PROGETTUALI	70
12. ACUSTICA	74
13. IMPIANTI	76
14. ASPETTI SULLA SICUREZZA STRADALE	78
15. RISULTANZE A SEGUITO DI ANALISI DI SICUREZZA AI FINI ANTINCENDIO E MODELLIZZAZIONE DI "FIRE ENGINEERING"	79
15.1 EVACUATORI FUMO+CALORE PER COPERTURA ANTIRUMORE CARR. EST:	79
15.2 SCOMPARTIMENTAZIONE DELLE N.2 COPERTURE ANTIRUMORE	82

15.3	APPLICAZIONE DELL'INTONACO INTUMESCENTE	83
------	---	----

16.VIABILITA' DI SERVIZIO E OPERE PROVVISORIE	84
--	-----------

16.1	VIABILITA' DI SERVIZIO (VS01 E VS02)	84
------	--------------------------------------	----

16.2	AREA DI PARCHEGGIO TEMPORANEO DI VIA DELLE SORGENTI SULFUREE	85
------	--	----

17.CANTIERIZZAZIONE	88
----------------------------	-----------

18.ESPROPRI	90
--------------------	-----------

19.INTERFERENZE	91
------------------------	-----------

ALLEGATO 1 – DESCRIZIONE DEI MODELLI CONCETTUALI DI CALCOLO IDROLOGICO IDRAULICO UTILIZZATI

ALLEGATO 2 – ABACO DELLE PRESCRIZIONI DI CUI NEL PARERE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI DEL 08/08/2017

ALLEGATO 3 – AUTOSTRADA A10 VIADOTTO PALMARO; CAMPAGNA INDAGINI STRUTTURALI

ALLEGATO 4 – AUTOSTRADA A10 VIADOTTO PALMARO; VERIFICA IMPALCATO ESISTENTE

1. INTRODUZIONE

La presente relazione accompagna il Progetto Esecutivo degli interventi compresi entro il Piano di Contenimento ed Abbattimento del Rumore del tratto di Autostrada A10 Genova - Savona, compreso tra le chilometriche 10+025 e 10+605.

Prima dello sviluppo della presente relazione, occorre premettere che:

Il presente documento è stato aggiornato nel mese di Marzo 2018 a seguito delle attività di revisione necessarie per il recepimento delle prescrizioni contenute nel Parere espresso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e trasmesso dal Ministero delle Infrastrutture alla Concessionaria Autostrade per l'Italia in data 08/08/2017; in data 20/02/2018, in seguito al Decreto di perfezionamento dell'intesa Stato – Regione Liguria emesso dalla Direzione Generale Sviluppo del Territorio la Programmazione ed i Progetti Internazionali – Divisione III, il Ministero delle Infrastrutture ha richiesto alla Concessionaria il Progetto Esecutivo rielaborato per recepire le prescrizioni di cui nel parere emesso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Si rappresenta che le modifiche conseguenti al recepimento delle prescrizioni contenute nel parere del Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici, emanate posteriormente alla dichiarazione di conclusione dell'iter procedurale in data 08/08/2016, da parte del Ministero per le Infrastrutture - Direzione Generale Sviluppo del Territorio la Programmazione ed i Progetti Internazionali -, hanno trovato copertura economica all'interno del capitolo di spesa, delle somme a disposizione, Imprevisti.

Al riguardo a maggiore chiarimento dell'impatto di dette prescrizioni, è stato aggiunto come Allegato (vedi Allegato 2) alla presente relazione un Abaco con le prescrizioni contenute nel Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e le risposte del progettista, indicando anche le azioni susseguenti intraprese al fine del recepimento delle stesse.

Gli interventi in oggetto costituiscono il completamento del più generale intervento previsto lungo il tracciato dell'Autostrada A10, compresi tra il viadotto Branega a est e lo svincolo di Voltri ad Ovest. Tali interventi sono stati fino ad oggi sospesi dal Piano, in quanto ricadenti nel protocollo d'intesa dell'08/02/2010 per la realizzazione della Gronda di Genova e nel successivo del 13/04/2011.

Il 28/08/2014 il Comune di Genova, a seguito di udienza pubblica del 09/05/2014, condivide l'obiettivo di realizzare in tempi brevi un'opera che consenta di ridurre drasticamente il disagio dei residenti negli edifici prospicienti il tracciato autostradale A10 tratto Pra – Voltri. Ne consegue «l'eliminazione della parziale complanarizzazione, prevista dal protocollo d'intesa del 13.04.2011, che verrà sostituita con la galleria fonica la cui bozza progettuale è stata esaminata nel corso della citata assemblea».

L'intervento previsto prevede la realizzazione di una schermatura antirumore a copertura dell'Autostrada A10, con la messa in opera di una copertura antifonica della stessa tipologia già impiegata nell'ambito del risanamento acustico della zona genovese lungo le autostrade A10, A7 ed A12.

Lungo la carreggiata in direzione ovest l'intervento di copertura è previsto indicativamente tra via Borghetto Superiore e la spalla ovest del viadotto Palmaro, quest'ultimo opportunamente adattato per permettere l'alloggiamento della copertura antifonica anche sopra il viadotto esistente.

Lungo la carreggiata est la copertura è prevista dallo scavalco di via Sorgenti Sulfuree ad ovest ed a ridosso del viadotto Branega ad Est.

L'intervento nel suo complesso è completato dall'installazione di barriere antirumore che permettono di allacciare la copertura antifonica alle barriere già installate nei precedenti interventi, sia lato est sul viadotto Branega e sia lato ovest in corrispondenza dello svincolo di Voltri.

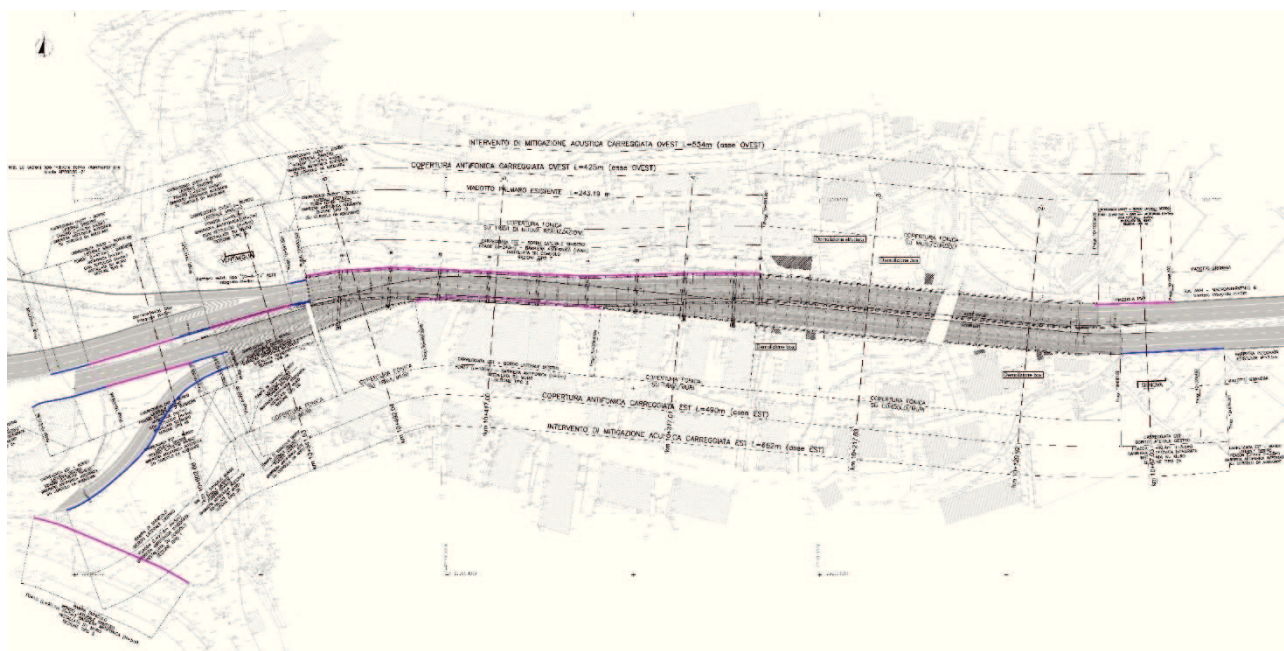


Figura 1-1: planimetria di intervento

L'intervento definito nel presente progetto esecutivo presenta delle variazioni rispetto alle precedenti fasi progettuali; in particolare la principale modifica riguarda l'allungamento delle coperture antirumore (impropriamente definite «gallerie») in carr. ovest e in carr. est, sia lato Genova che lato Savona; tale variazione era peraltro già stata recepita durante la fase terminale delle attività relative al progetto definitivo.

Altre modifiche sostanziali introdotte nel progetto esecutivo sono le seguenti:

- Aumento della distanza di interasse tra i telai metallici trasversali delle coperture antifoniche da 3m a 6m;
- Smontaggio dell'attuale PMV in carr. ovest al km10+097 circa (dopo il v. Branega) e installazione di un nuovo portale PMV ad una distanza di circa 10m più a ovest, ossia in corrispondenza dell'imbocco della nuova copertura antirumore in carr. ovest;

- Realizzazione di una specifica barriera antirumore in corrispondenza del montante del nuovo PMV di cui al punto precedente, per rendere continua la protezione acustica tra la nuova barriera antirumore FOA01 dopo il v. Branega e l'imbocco della «galleria» antirumore;
- Altri dettagli relativi alle parti di fondazione e alle strutture in elevazione, introdotti al fine di migliorare la cantierabilità del progetto e ridurre gli impatti per i residenti e per l'esercizio dell'autostrada durante i lavori, e per migliorare l'inserimento ambientale e architettonico delle nuove opere; sono inoltre previsti interventi sul sistema di drenaggio autostradale e di recapito ai collettori, oltre alla realizzazione di un canale di raccolta e vasca di demodulazione in corrispondenza del v. Palmaro (nella parte sottostante il viadotto e sul lato sinistro della carr.est) che dovrebbe anche comportare miglioramenti sulla portata di deflusso delle acque meteoriche nella parte a monte dell'autostrada.

In tutti i casi la sorgente di rumore viene coperta, limitando le emissioni acustiche agli imbocchi e ai tratti all'aperto alle estremità. A tal fine, oltre alle coperture antirumore, sono previste realizzazioni di dispositivi antifonici (barriere antirumore tradizionali e barriere integrate dalla duplice funzione di barriere di sicurezza e dispositivi antirumore) di altezza massima compatibile con le opere (muri, viadotti e sottovia) su cui verranno installate e prevedendo specifici interventi di rinforzo sulle strutture.

2. UBICAZIONE TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto si colloca tra le progressive 10+025 e 10+605 della attuale autostrada A10 (Genova – Ventimiglia) in un tratto in cui la stessa attraversa tagliandolo in due l'abitato di Palmaro di Pra', nel territorio comunale di Genova.



2-1 Inquadramento generale dell'intervento



2-2 Vista dell'area di intervento dalla carreggiata ovest

Le due carreggiate autostradali esistenti nel tratto risultano sfalsate altimetricamente.

In particolare la carreggiata ovest che dal viadotto Branega corre in direzione Ventimiglia risulta ad una quota relativa di 4-5 m più alta della carreggiata est. Tra le progressive km10+291 e km10+541 la carreggiata ovest scavalca in viadotto la carreggiata est, fino a sovrapporsi completamente ad essa per poi separarsi nuovamente al termine dell'opera medesima.

All'interno dei 600 m circa di intervento, l'infrastruttura esistente presenta una casistica di sezioni trasversali tipologiche estremamente varia:

1. Sezione a carreggiate sfalsate almetricamente e separate;
2. Sezione a carreggiate sfalsate e parzialmente compenstrate con la carreggiata ovest in viadotto;
3. Sezione a carreggiate sfalsate e completamente sovrapposte con la carreggiata ovest in viadotto.

Le foto che seguono illustrano le condizioni geometriche delle due carreggiate allo stato attuale utilizzando come punto di vista la carreggiata est (direzione Genova).



2-3 Parziale compenestrazione tra carreggiata est e ovest



2-4 Sovrapposizione totale delle due carreggiate autostradali



2-5 Tratto a carreggiate sfalsate e separate

L'intervento previsto in progetto ha l'obiettivo di risanare dal punto di vista acustico il tratto in argomento, completando gli altri interventi acustici già realizzati lungo la A10 sia in direzione Savona che in direzione Genova.

La schermatura acustica in carreggiata ovest prevede una copertura totale dell'asse autostradale nel tratto compreso tra le progressive 10+108 e 10+533, ossia fisicamente tra l'inizio del muro (lato Genova) che separa l'A10 dalla via Borghetto Superiore e fino alla sezione in

corrispondenza della passerella pedonale di scavalco della carreggiata est. La galleria fonica in carreggiata ovest ha quindi uno sviluppo complessivo pari a 425 metri.

In carreggiata est la copertura totale risulta compresa tra le progressive 10+572 e 10+080, ossia tra la fine dello scavalco dell'A10 sopra la via alle Sorgenti Sulfuree (coprendo nel primo tratto sia la carreggiata est sia parte della rampa di immissione in direzione est dello svincolo di Voltri) e fermandosi circa 55 metri prima del viadotto Branega in direzione Genova (lo studio acustico ha evidenziato come l'ulteriore allungamento della galleria risultasse inefficace nei confronti di ulteriori mitigazioni del clima acustico). La galleria fonica in carreggiata est ha quindi uno sviluppo complessivo pari a 492 metri.

L'intervento di risanamento acustico è infine completato, sia in direzione Savona sia in direzione Genova, dall'installazione di una serie di barriere antifoniche poste in corrispondenza dei cigli esterno dell'autostrada, e per quanto riguarda la direzione Savona anche con l'installazione di una barriera antifonica in spartitraffico.

La tipologia di copertura antirumore utilizzata seppur simile a quella di altre coperture già presenti su diversi tratti dell'Autostrada A7-A10 è stata contestualizzata alle geometrie del tratto autostradale in esame.

Tale struttura risulta infatti completa di copertura e montanti da entrambi i lati lungo la carreggiata Ovest che corre in viadotto, mentre è stata opportunamente modificata per la carreggiata Est che, essendo già parzialmente schermata superiormente, richiederà una superficie di copertura variabile e un allineamento di montanti da un solo lato (lato mare), la schermatura lato monte è stata realizzata attraverso una barriera acustica su cordolo che verrà fissata in testa alle nuovi travi previste per il montaggio della copertura in carreggiata ovest .

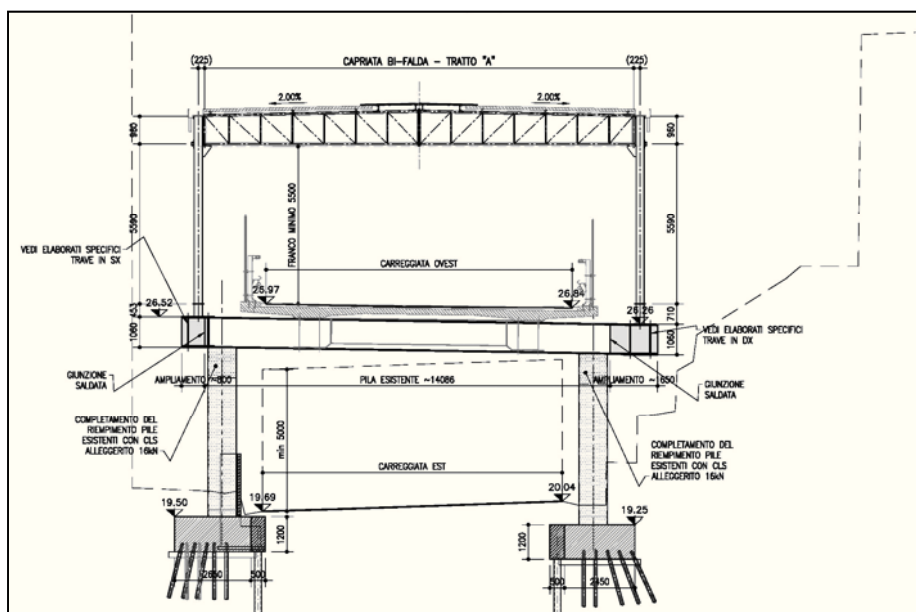
Con riferimento alla carreggiata Ovest, proprio al fine di limitare l'aggravio in termini di carichi sul viadotto esistente che la ospita, si è scelto di sostenere la copertura antirumore per mezzo di due coppie di travi longitudinali da montare ai lati dell'impalcato esistente, rimanendo da questo indipendenti.

Le nuove travi longitudinali, replicando lo schema statico delle campate del viadotto, si appoggiano sul pulvino esistente delle pile a telaio o, laddove previsto, su un suo prolungamento sostenuto da un nuovo fusto geometricamente analogo alle pile esistenti.

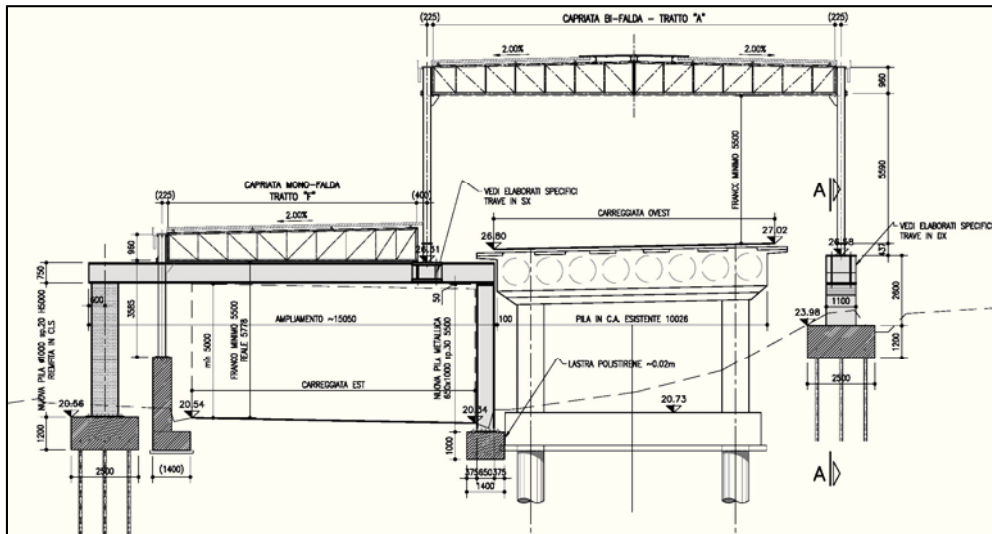
In corrispondenza della spalla ovest del viadotto Palmaro, al fine di risolvere l'interferenza geometrica che si genera tra l'appoggio in spartitraffico della copertura antifonica della carreggiata est e la scala esistente che permette la discesa dalla passerella pedonale di via Diano Marina e da

qui il passaggio sotto l'impalcato del viadotto stesso, è prevista la dismissione temporanea dello scavalco pedonale. Durante i lavori è prevista la demolizione della passerella pedonale e della scala di discesa posta a ridosso del viadotto Palmaro, con la successiva ricostruzione della medesima posizione ma con una struttura di scavalco della carreggiata integrata all'interno della copertura antifonica, e con la ricostruzione della scala di discesa con dimensioni compatibili con il posizionamento dei ritti verticali della futura copertura.

In carreggiata Est, nel tratto in cui risulta planimetricamente coincidente con quella Ovest, è prevista una schermatura del rumore mediante pannelli antirumore solo verticali, sfruttando l'impalcato del viadotto come copertura. Nel tratto iniziale e terminale, dove invece la carreggiata Est risulta sfalsata planimetricamente rispetto alla precedente, oltreché ad una quota inferiore, risulta necessario ricorrere ad una struttura simile a quella impiegata per la carreggiata Ovest, dove la copertura si poggia lato mare su un allineamento di montanti e lato monte sulle travi longitudinali che sostengono la galleria antifonica dell'altra carreggiata.

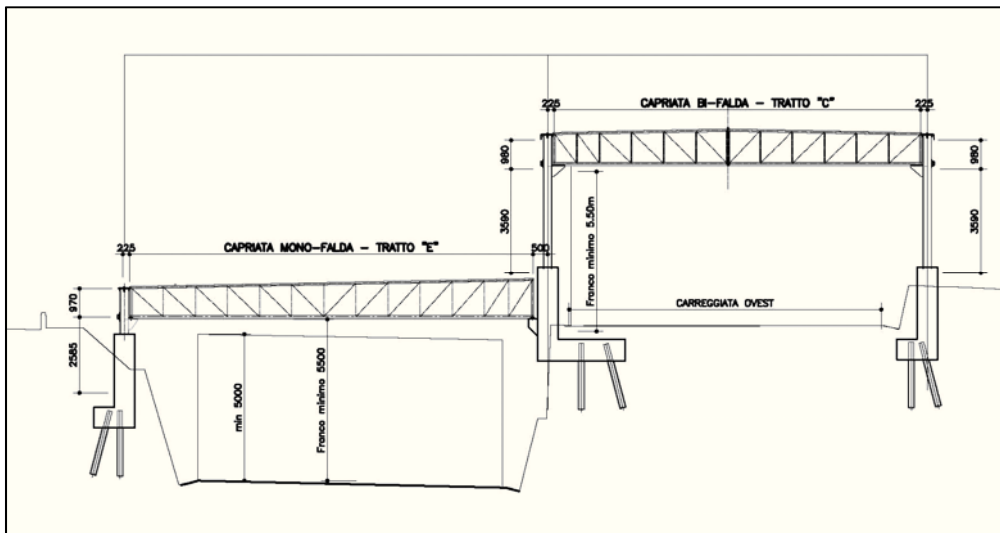


2-6 - Sezione tipo a carreggiate sovrapposte



2-7 - Sezione tipo con nuova pila a sostegno delle travi longitudinali

Per i tratti di copertura esterni al viadotto, visti gli spazi utili tra le carreggiate estremamente limitati, è stato necessario sovralzare il muro esistente prevedendo la realizzazione una piccola mensola per poter inserire da un lato i piedritti a sostegno della copertura antifonica lato carreggiata ovest e dall'altro utilizzare la mensola come appoggio della copertura antifonica della carreggiata est.



2-8 Sezione tipo a carreggiate sfalsate

2.1 EFFETTI ATTESI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La realizzazione delle coperture descritte nel paragrafo precedente oltre alla mitigazione del rumore avrà anche un effetto sulla qualità dell'aria locale.

Le emissioni atmosferiche derivanti dai veicoli in transito nel tratto in studio saranno infatti convogliate agli imbocchi delle coperture, mentre oggi si disperdono lungo il percorso.

Questo aspetto quindi comporta una riduzione dell'impatto atmosferico diretto presso gli edifici più prossimi all'infrastruttura, che allo stato attuale si trovano esposti alle emissioni atmosferiche, mentre alle estremità della copertura si verificherà una concentrazione degli inquinanti trasportati dall' "effetto pistone" generato dai veicoli in transito.

In base all'esperienza derivante dallo studio di altri interventi analoghi realizzati lungo la rete autostradale di Autostrade per l'Italia, piuttosto che dall'osservazione di quanto avviene agli imbocchi delle gallerie naturali presenti anche in prossimità del tratto in studio, la concentrazione delle emissioni agli imbocchi per coperture così brevi non comporta problematiche significative in relazione all'inquinamento atmosferico, soprattutto perché gli inquinanti risultano "spinti" al di fuori della copertura dalla pressione generata dal traffico dei veicoli, favorendone quindi la dispersione.

Le estremità delle coperture inoltre risultano collocate oltre l'ambito edificato più consistente e, i pochi ricettori presenti sono separati dall'autostrada e dalle relative emissioni da barriere acustiche.

Complessivamente è quindi possibile affermare che l'intervento di copertura antirumore non avrà impatti negativi sulla qualità dell'aria.

Per la verifica degli attuali livelli di inquinamento è stata realizzata una campagna quindicinale di misura tramite laboratorio mobile installato in Via Diano Marina dal 26/09/2014 al 10/10/2014.

I risultati, riportati nella tabella seguente, sono risultati in linea con i valori rilevati dalla rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria.

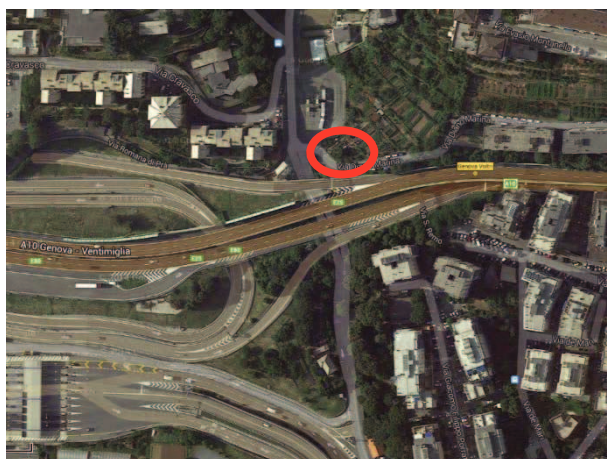
Sintesi misure

Data di inizio/fine	Parametro	Valore orario minimo giornaliero		Valore medio giornaliero		Valore orario massimo giornaliero	
		Minimo	Massimo	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
26/09 - 10/10/2014	CO [mg/m ³]	0,0	0,1	0,0	0,7	0,1	2,4
26/09 - 10/10/2014	NO [µg/m ³]	0,5	3,8	2,9	21,0	4,2	109,8
26/09 - 10/10/2014	NO ₂ [µg/m ³]	9,7	19,0	14,1	43,7	23,8	91,3
26/09 - 10/10/2014	PM10 [µg/Nm ³]	-	-	17	50	-	-
26/09 - 10/10/2014	PM10 [µg/Nm ³]	-	-	2	41	-	-

Fotografia punto di monitoraggio



Localizzazione planimetrica



2.2 ITER AUTORIZZATIVO

L'iter amministrativo dell'intervento in esame è in realtà iniziato molto prima dell'ultimo sviluppo progettuale (riferibile al periodo 2014 – 2017), addirittura già prima dell'anno 2003, ed ha avuto un lungo e complesso periodo di definizione a causa del particolare contesto urbanistico, anche per le problematiche emerse in fase di concertazione fra i soggetti pubblici coinvolti e l'Ente Concessionario. Nel primo periodo di progettazione (ossia 2003 - 2014), l'idea alla base delle soluzioni sviluppate consisteva sostanzialmente nell'abbattere

l'inquinamento acustico portando in galleria entrambe le carreggiate autostradali per tutto lo sviluppo del tratto d'indagine, e prevedendo la complanarizzazione (totale o parziale a seconda delle soluzioni sviluppate) delle carreggiate nel tratto ove attualmente sono sovrapposte (v. Palmaro); la caratteristica di rendere complanari le due carreggiate autostradali ha comportato però una serie di problematiche relative agli edifici abitativi presenti sul lato nord (monte) e sud (mare) che non hanno avuto soluzione nel confronto tra popolazione, enti e concessionario; per tale principale ragione nell'ultimo periodo, quello a partire dal 2014 in poi, è stato sviluppato il progetto che non prevede più la complanarizzazione delle carreggiate, ma la realizzazione di due coperture antirumore sovrapposte, così come è descritto nel presente progetto, senza sostanziali variazioni della piattaforma autostradale.

Nel seguito è riportata una sintetica cronologia dei principali step approvativi:

- Il 7 Maggio 2003 è stato firmato un Protocollo d'Intesa, sottoscritto da ANAS, ASPI, Comune di Genova e Regione Liguria, che, relativamente alla complanarizzazione dell'autostrada A10 in località Pra Palmaro, definiva i compiti dei diversi sottoscrittori e l'entità della contribuzione all'investimento.
- Nel corso del 2008 Aspi ha presentato, nell'ambito del I stralcio del Piano di Risanamento Acustico, l'intervento di bonifica acustica del tratto di autostrada A10 dal km 10+025 al km 10+675 in oggetto all'interno del più esteso macrointervento 8.
- Il 13 Aprile 2011 veniva sottoscritto tra Aspi, Mit, Regione, Provincia, Comune, Autorità Portuale e Anas un Protocollo d'Intesa per la realizzazione del nodo stradale ed autostradale di Genova in cui viene definito, al punto 6, che "Aspi procederà alla redazione dei nuovi Progetti Preliminare Definitivo ed Esecutivo, nonché alla realizzazione dell'intervento di parziale complanarizzazione di Pra Palmaro...."
- Il 28.08.2014 il Comune di Genova, a seguito di udienza pubblica del 09/05/2014, condivide l'obiettivo di realizzare in tempi brevi un'opera che consenta di ridurre drasticamente il disagio dei residenti negli edifici prospicienti il tracciato autostradale A10 tratto Pra – Voltri. Ne consegue «l'eliminazione della parziale complanarizzazione, prevista dal protocollo d'intesa del 13.04.2011, che verrà sostituita con la galleria fonica la cui bozza progettuale è stata esaminata nel corso della citata assemblea».
- In data 06.10.2014 Aspi, con nota prot n. 19944, facendo proprie le richieste del Comune di Genova, ha richiesto al MIT (SVCA) di dare seguito alla sostituzione dell'intervento di complanarizzazione dell'autostrada con la realizzazione di una copertura fonica.
- In data 22.12.2014 il MIT – Struttura di Vigilanza e sulle Concessionarie Autostradali (SVCA) con nota prot. 11079, facendo riferimento al Protocollo d'Intesa per la realizzazione del nodo stradale ed autostradale di Genova del 13.04.2011 e prendendo spunto dalla nota Aspi prot n. 19944 del 06.10.2014, dopo aver effettuato le opportune verifiche, ha ritenuto condivisibile la richiesta rilasciando il proprio nulla osta alla sostituzione del succitato intervento. Successivamente anche gli altri soggetti firmatari del Protocollo d'Intesa del 2011 hanno concordato con tale sostituzione.

- Nel mese di Giugno 2015 Aspi ha aggiornato l'elenco degli interventi compresi nel II stralcio del Piano di Risanamento Acustico, presentati al Ministero dell'Ambiente, alle Regioni ed ai Comuni interessati nel Gennaio 2013, includendo, tra gli altri, il completamento del Macrointervento n°8 in località Pra Palmaro. Per dare seguito a quanto richiesto dal Comune di Genova, è stata richiesta, e successivamente ottenuta dal MATTM, un'autorizzazione al fine di approvare il progetto definitivo nell'apposita Conferenza dei Servizi prima dell'approvazione del II stralcio.
- In data 24 Novembre 2015 Aspi ha inviato al MIT - Dipartimento per le Infrastrutture, per i Sistemi informativi e statistici (TER-PROG) – il Progetto Definitivo dell'intervento in oggetto richiedendo l'avvio della procedura per l'accertamento della conformità urbanistica ai sensi del DPR n.383/1994.
- Il 16 Febbraio 2016 il MIT (TER-PROG), non essendo intervenuta l'intesa Stato-Regione Liguria entro i termini di Legge, ha convocato la Conferenza dei Servizi per il giorno 14 aprile 2016.
- In data 04 Marzo 2016 il MIT-SVCA esprime il proprio parere favorevole.
- Successivamente alla seduta del 14 Aprile 2016 sono state acquisite le seguenti determinazioni:
 - In data 18 Aprile 2016 la Regione Liguria ha trasmesso la Relazione Tecnica con la quale è accertata la conformità urbanistica e territoriale.
 - In data 18 Maggio 2016 il Segretariato Regionale per la Liguria del Ministero dei beni e delle attività culturali ha espresso il proprio parere favorevole nel rispetto delle prescrizioni indicate dalla Soprintendenza per le Belle Arti e Paesaggio e della Soprintendenza Archeologica.
 - In data 9 Giugno 2016, con nota n. 8963, il MATTM ha inviato il proprio parere favorevole confermando l'anticipazione dell'intervento dal secondo al primo stralcio.
 - In data 15 Giugno 2016, con nota n. 207996, il comune di Genova ha trasmesso l'Autorizzazione paesaggistica.
 - In data 28 Luglio 2016, con nota n. 261643, il comune di Genova ha trasmesso la Delibera del Consiglio Comunale n. 20 del 19.04.2016 relativa all'approvazione progetto.
- Con nota n. 7696 del 08/08/2016, il MIT (TER-PROG), in considerazione dei pareri acquisiti dopo la seduta del 14 aprile 2016, ha dichiarato conclusa con esito favorevole la Conferenza dei Servizi. È in fase di emissione Decreto Direttoriale di Intesa Stato – Regione presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti a valle dell'avvenuta acquisizione di tutti i pareri in sede di Conferenza dei Servizi.
- Stante quanto sopra, all'esito della chiusura del processo di Intesa Stato Regione, ASPI con nota prot. 2207 del 30/11/2016, aveva proceduto alla trasmissione al Concedente del Progetto Esecutivo delle opere in questione, al fine di raccogliere il previsto parere.
- Successivamente, con nota prot. 14772 del 08/08/2017, in Concedente trasmetteva il parere del CSLLPP a cui lo stesso Concedente si era rivolto per un'analisi del progetto; detto parere conteneva una serie di prescrizioni che dovevano essere recepite nella redazione del progetto Esecutivo.
- Solo in data 29/01/2018, con nota pro. 1352, il MIT - Direzione Generale Sviluppo del Territorio la Programmazione ed i Progetti Internazionali – dopo aver acquisito il parere del CSLLPP da parte del Concedente, procedeva con l'emissione del Decreto di perfezionamento dell'Intesa Stato Regione.

3. GEOLOGIA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE GENERALE

L'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale, che tradizionalmente giustappone il dominio orogenico alpino a quello appenninico, descritto in letteratura come "*nodo collisionale ligure*" (Laubscher at. al., 1992).

Procedendo da ovest verso est, sono riconoscibili tre settori con caratteristiche geologiche e strutturali peculiari:

- il Gruppo di Voltri (che interessa direttamente la zona in esame)
- la Zona Sestri Voltaggio
- Il Dominio dei Flysch Appenninici, costituito da differenti unità tettoniche e tettonometamorfiche impilate con vergenza europea (circa E-W allo stato attuale).

La storia geologica di questo settore inizia nel Giurassico medio quando, in seguito all'apertura dell'Atlantico centrale e la deriva verso est della placca africana, si vennero a creare le condizioni per l'apertura di un bacino oceanico (bacino ligure - piemontese) compreso tra il paleocontinente europeo (avampaese) ed il paleocontinente africano (dominio insubrico). In seguito alla collisione del paleocontinente africano con quello europeo si instaurarono le condizioni che portarono all'orogenesi alpina ed alla progressiva chiusura del bacino ligure - piemontese.

Le principali fasi orogenetiche alpine si sono realizzate in quest'area tra i 90 ed i 40 milioni di anni fa (Cretaceo sup. - Eocene), determinando la deformazione sia dei depositi oceanici (per altro in gran parte subdotti) sia dei depositi continentali prossimi alla zona di sutura, che risultano traslati verso l'avampaese: ne consegue una struttura a falde di ricoprimento. Ognuna di queste falde costituisce tradizionalmente una unità tettonica o unità stratigrafico – strutturale, la cui successione stratigrafica e posizione nell'edificio della catena testimoniano l'appartenenza ad un dato dominio paleogeografico (Dominio delfinese - provenzale, sub - brianzone, brianzone ligure, piemontese, piemontese-ligure "oceanico").

Alla fine dell'Eocene le Alpi Liguri risultano ormai formate ed emerse (anche se ancora in sollevamento) e costituiscono la zona di alimentazione dei depositi postorogenici.

Tra l'Oligocene sup. ed il Miocene inf. viene a crearsi, nell'area a sud, un braccio di mare (Mar Ligure) in conseguenza alla rotazione antioraria del Blocco Sardo-Corso mentre ad est è presente il Bacino Terziario Ligure - Piemontese (i cui depositi caratterizzano la zona delle Langhe ed affiorano solo sporadicamente nell'area genovese).

Il Messiniano rappresenta una cesura di primaria importanza dal punto di vista dell'evoluzione fisiografica del territorio, poiché l'abbassamento drastico del livello base dell'erosione ha "congelato", il reticolo idrografico preesistente. Le principali strutture vallive e le dorsali montuose si delineano in modo già simile all'attuale. Nel contesto delle unità recenti questo dato è significativo poiché tutti i depositi posteriori suturano una paleogeografia continentale complessa e morfologicamente matura, in cui gli assi vallivi corrispondono generalmente a quelli attuali e su cui la sedimentazione è funzione del tasso di sollevamento della catena e delle variazioni eustatiche del livello del mare. Si assiste quindi a eventi polifasici di erosione e deposizione all'interno delle valli.

I terreni presenti nella zona di studio appartengono Gruppo di Voltri. Le successioni appartenenti a questo Gruppo sono riferibili al dominio piemontese - ligure ovvero ad un bacino oceanico, costituito da originarie rocce intrusive ed effusive e da sedimenti di vario tipo depositi sopra le lave basaltiche; in letteratura sono state distinte al suo interno numerose Unità Tettonometamorfiche riconducibili tradizionalmente a due insiemi principali:

- Unità costituite prevalentemente da rocce metagabbliche e serpentitiche (Unità Beigua, Unità Ponzema, Unità S.Luca Colma).
- Unità costituite da prevalenti calcescisti e prasiniti (metabasiti), ma anche da subordinate rocce di origine mantellica quali serpentiniti e peridotiti (Unità Alpicella, Unità Ortiglieto, Unità Palmaro-Caffarella, Unità Voltri-Rossiglione).

I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un picco metamorfico eclogitico mentre la riequilibrio metamorfica delle rocce dell'Unità Palmaro-Caffarella è limitata alla facies scisti-blu (Federico et al. 2004).

L'evoluzione degli studi petrografico-strutturali, svolti in anni recenti, ha portato ad una diversa articolazione delle unità Tettono-metamorfiche; in particolare l'Unità Tettono-metamorfica Palmaro Caffarella verrebbe separata dall'Unità del Gruppo di Voltri in quanto le sue caratteristiche petrografiche indicherebbero una diversa evoluzione metamorfica.

3.2 INQUADRAMENTO TETTONICO DEL GRUPPO DI VOLTRI

Il Gruppo di Voltri ha subito una complessa storia deformativa e metamorfica; nell'ambito della quale si possono ricostruire cinque eventi plicativi sovrapposti:

- il più antico (pre-D1) consiste in pieghe sradicate correlabili agli stadi metamorfici di alta pressione;
- gli eventi plicativi principali (D1 e D2) sembrano coevi con l'evoluzione decompressiva che condusse alla riequilibrio del metamorfismo delle rocce alla facies scisti verdi. Le pieghe D1 e D2 sono di tipo isoclinale, con simmetria non cilindrica, con sviluppo di scistosità parallela al piano assiale; queste pieghe generarono la foliazione regionale, che è quella che è stata sistematicamente misurata in sito (giaciture riportate nell'ambito della carta geologica allegata).
- la fase deformativa D3 è caratterizzata da pieghe a "chevron" che risultano blande ed aperte, senza sviluppo di scistosità di piano assiale, ma con clivaggio di frattura. Gli assi di queste strutture immergono blandamente sia a WNW, sia a ESE.
- Le pieghe D4 sono aperte, hanno ampiezza fino a 10 km, presentano assi orizzontali ad andamento N-S e vergenza E-NE.

L'andamento delle scistosità principali (D1 e D2) mostra una generale verticalizzazione nel settore orientale (ove si situa la zona di studio) che viene spiegata mediante una struttura (D4) est - vergente a scala chilometrica che coinvolge tutte le successioni presenti (Capponi, 1991) (Crispini, 1996). In particolare studi recenti (Crispini e Capponi, 2001) attribuiscono lo sviluppo di questo Gruppo ad un regime di shear strain rotazionale.

Alle deformazioni duttili descritte, si sovrappongono numerose strutture fragili associate sia al sollevamento delle unità profonde, sia ai movimenti trascorrenti connessi alla vicina linea Sestri - Voltaggio. Le faglie risultano generalmente ben riconoscibili nell'ambito dei singoli affioramenti quando pongono a contatto litologie differenti, mentre la loro identificazione risulta particolarmente complessa se dislocano affioramenti appartenenti alle medesime formazioni, soprattutto nell'ambito delle serpentiniti.

3.3 STRATIGRAFIA

Le rocce affioranti nelle zone immediatamente a nord dell'area di intervento appartengono alle unità tettonometamorfiche di Voltri e Palmaro - Caffarella e rappresentano successioni oceaniche metamorfiche riconducibili a relativamente pochi termini litologici: calcescisti, metagabbri e serpentiniti. Per questi litotipi sono accettate le seguenti omologie: le serpentiniti sono considerate derivanti dal materiale peridotitico del mantello superiore, i metagabbri dalle sequenze intrusive

gabbriche (strato 3 della crosta oceanica), i metabasalti dai basalti dello strato 2 oceanico mentre i calcescisti e le quarziti sarebbero gli equivalenti metamorfici delle coperture sedimentarie della crosta oceanica (strato 1).

Nel presente lavoro si è ritenuto opportuno accorpare le successioni delle unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro Caffarella (distinte dalla carta CARG); le loro litologie, infatti, non possono essere distinte mediante osservazioni condotte ad occhio nudo, ma unicamente in microscopia ottica mediante analisi delle associazioni mineralogiche. Tale distinzione non è apparsa utile nei confronti delle finalità geologico - applicative.

Nella seguente descrizione viene comunque riportata la denominazione da CARG con la relativa sigla l'Unità Tettonometamorfica di pertinenza (PC per Palmaro -Caffarella e V per Voltri)

Nell'area in esame è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica:

3.3.1 Unità Tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella

Calcescisti (c)

Con questo termine si indicano metasedimenti di varia composizione: nell'area si riconosce una alternanza di calcescisti carbonatici e scisti quarzoso micacei. Data la variabilità percentuale tra i minerali costituenti (quarzo, carbonati e miche) che portano alla transizione tra calcescisti e micascisti e vista la variabilità areale degli stessi, si è scelto di cartografare separatamente i due litotipi solo nelle porzioni affioranti. Altri minerali riconosciuti, presenti in minore quantità, sono cloriti e cloritoidi. I calcescisti sono caratterizzati da una scistosità marcata, legata a diverse generazioni di deformazioni.

I calcescisti carbonatici sono di colore da marrone a grigio in frattura fresca, mentre all'alterazione assumono colorazioni più rossastre. Gli scisti quarzoso micacei, invece, hanno delle tonalità più scure, con colorazioni solitamente da grigie chiare a grigie scure in frattura fresca; sono rocce che spesso si alterano, assumendo tonalità arancione - ocra, e disgregandosi fino a generare spesse coltri di disfacimento.

I Calcescisti sono talvolta associati a bande trasposte di metabasiti (di spessore decametrico) disposte parallelamente rispetto alla foliazione pervasiva principale.

I calcescisti affiorano in modo discontinuo sui versanti prospicienti l'area del progetto, la loro presenza al di sotto dell'area antropizzata può essere accertata solo con le indagini geognostiche; in particolare tutti i carotaggi di più recente esecuzione descrivono litologie compatibili alla facies quarzoso micacea. I sondaggi più datati (1966) - privi di documentazione fotografica - segnalano la presenza di "rocce serpentinosi stratificate". L'effettiva presenza di tale litotipo non è stata riscontrata nei sondaggi di nuova realizzazione ma non si può comunque escludere la presenza di lenti di materiali appartenenti alle "pietre verdi" all'interno dei calcescisti.

Età ipotizzata dal CARG: Giurassico sup-Cretaceo sup

Denominazioni da CARG: Calcescisti della Val Branega (VGB-pc) Calcescisti del Turchino (TUR-v)

Metagabbri (mg)

I metagabbri formano lenti di qualche centinaio di metri, distribuite all'interno sia dei Calcescisti sia delle Serpentiniti. Sono stati distinti in affioramento due categorie di metagabbri: un tipo preserva minerali di paragenesi eclogitica, mentre l'altro mostra una spiccata retrocessione metamorfica in facies scisti verdi. Quando non è stato possibile definire a quale di queste categorie appartenessero alcuni metagabbri, li si è indicati con il termine generico di metagabbri. I Metagabbri in facies scisti verdi sono di colore verde e bianco in frattura fresca, in alterazione assumono colorazioni ocra. Hanno grana da media a fine e struttura talvolta foliata. Tale foliazione è continua e marcata dall'alternanza tra livelli centimetrici a pirosseni ed anfiboli (retrocessi) ed altri a quarzo.

Questa roccia si presenta in affioramento come molto compatta ma può anche alterarsi facilmente, disgregandosi e sbriciolandosi in materiale di tipo sabbioso.

Si ritrovano in affioramento in prossimità del Bric Bacciocco, nella zona ad est della carta geologica.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger – Malm

Denominazioni da CARG: Metagabbri di Carpenara (MGPr-PC), Metagabbri del Bric Fagaggia (MFP-PC), Metagabbri eclogitici della Colma (MGV-V)

Metabasiti (mb)

Sono riportate in carta con questo termine rocce derivate da originari basalti o gabbri per le quali non è stato possibile riconoscere il protolito in maniera continua. Solo a livello degli affioramenti, quando possibile, sono stati distinti i metabasalti. Questi si presentano sia compatti che scistosi a grana fine frequentemente a tessitura listata di spessore da millimetrico a centimetrico a prevalenti albite + epidoto e anfibolo + clorite.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger - Malm

Denominazioni da CARG: Metabasalti della Val Varenna (VVR-PC), Metagabbri di Carpenara (MGPr-PC), Metagabbri del Bric Fagaggia (MFP-PC), Metagabbri eclogitici della Colma (MGV-V),

Serpentiniti (s)

Serpentiniti e serpentinoscisti derivanti dal materiale peridotitico del mantello superiore, talora con relitti di tessitura lherzolitica originaria. Si presentano di colore verde, da chiaro a scuro, in frattura fresca; quando alterate, invece, assumono colorazioni più arancioni-rossicce, talvolta marroni.

Le serpentiniti possono presentarsi con tessitura massiccia, foliata, brecciata o cataclastica. Le Serpentiniti massicce presentano un aspetto generalmente compatto, le foliazioni sono presenti ma prevale la componente massiva; le serpentiniti foliate (tipo più diffuso) sono caratterizzate da clivaggi ben espressi nei quali si riconoscono diverse generazioni di deformazioni. Entrambe sono accomunate dalla coesione della roccia e dalla sua alta resistenza a sollecitazioni. Le Serpentiniti massicce e quelle foliate affiorano con continuità nell'intera parte a nord dell'area in esame, mentre si distribuiscono come lenti trasposte all'interno dei calcescisti, parallele rispetto alla foliazione principale, nella zona della Val Leira. La foliazione è prevalentemente marcata dall'isorientazione del serpentino (e di minerali accessori come talco ed e fibre asbestoidi).

Età ipotizzata dal CARG: Dogger - Malm

Denominazioni da CARG: Serpentiniti di S. Carlo di Cese (RLO-PC), Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente (SNV-V)

SAC

Nell'ambito dello studio relativo alla presenza di amianto naturale condotta per la progettazione della Gronda di Genova, è stata evidenziata la presenza di scisti ad anfibolo della serie tremolite-actinolite e clorite, \pm diopside, \pm carbonato (abbreviazione: SAC), tipicamente collocati al contatto tra calcescisti e metabasiti, in livelli da centimetrici a decimetrici, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione in facies metamorfica degli scisti verdi. Si tratta di rocce marcatamente foliate, ricche in anfibolo (comunemente con habitus aghiforme) e clorite; generalmente alla macroscala si apprezza una evidente eterogeneità litologica. Gli scisti a clorite-tremolite probabilmente derivano da protoliti a composizione basica, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione nella facies metamorfica degli scisti verdi.

3.3.2 Depositi superficiali

L'area rilevata presenta caratteristiche differenti a seconda delle litologie che costituiscono il substrato. Non essendo mai stata soggetta a glaciazioni, i meccanismi evolutivi predominanti sono guidati dalla pedogenesi, dalla gravità e dalle acque superficiali e marine.

Depositi di frana (a1, a2)

Si tratta in generale di accumuli di materiali eterogenei ed eterometrici, non elaborati e non classati, con evidenze di movimento in atto o recente (frana attiva e quiescente) o privo di movimento in atto (paleofrana).

Dal punto di vista tipologico, i diversi meccanismi di dissesto risultano prevalentemente legati alla natura geologica dei terreni coinvolti. Depositi di frana di dimensioni consistenti si sviluppano sulle facies serpentinitiche brecciate del Gruppo di Voltri. L'area del progetto non è direttamente interessata da tali depositi.

Depositi di versante (a3)

Si tratta di accumuli di vario spessore costituiti da frammenti lapidei derivanti dalla disgregazione meccanica degli ammassi rocciosi. La granulometria dei depositi è funzione della litologia del substrato, delle modalità di messa in posto e dell'intensità dell'alterazione.

Hanno caratteri differenti a seconda della litologia del substrato:

- In generale metabasalti, lherzoliti e serpentiniti sono caratterizzati da coltri di detrito di versante di spessore esiguo, con affioramenti frequenti e di buon rilievo morfologico;
- serpentiniti tettonizzate, calcescisti e metagabbri sono invece marcatamente soggetti ai fenomeni pedogenetici; spesso in affioramento si osserva l'orizzonte C del suolo - denudato dall'erosione - in cui si riconoscono ancora i principali aspetti tessiturali (foliazione, pieghe) e il litotipo è argillificato. In queste condizioni sulle parti basse dei versanti si accumulano depositi medio - fini con spessori anche superiori ai 3-4 m.

Depositi alluvionali

Sono costituiti principalmente da ghiaie medie e grossolane a matrice sabbiosa e da ghiaie e sabbie limose.

I torrenti minori dell'area sfocianti direttamente in mare, presentano sempre materassi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose, il loro spessore appare inferiore a 1 m nelle aste montane e si incrementa rapidamente allo sbocco della stretta fascia costiera.

Sono ubicati in corrispondenza degli alvei attuali dei torrenti Leiro e Branega e lungo una stretta fascia compresa tra la spiaggia attuale e i depositi marini terrazzati.

Depositi di spiaggia attuali

Sono formati da sabbie prevalenti verso mare e ghiaie nella zona più vicina alla costa, interdigitati con depositi alluvionali precedentemente descritti. Nella zona del progetto sono ricoperti dai materiali di riporto e la presenza e spessore si possono ricostruire solo dai sondaggi.

Depositi marini terrazzati

Caratterizzano il terrazzo su cui è posizionato il casello di Voltri. Sono costituiti da ghiaie e sabbie con una coltre eluvio-colluviale di spessore variabile. L'estensione di questo deposito è difficilmente ricostruibile a causa dell'elevata antropizzazione dell'area; dai sondaggi risultano di spessore massimo 10÷15 m.

Depositi antropici

Costituiscono la zona del Porto e, dai dati dei sondaggi, hanno uno spessore di una decina di metri. Sono costituiti da elementi di varia origine quali spezzoni lapidei delle litologie affioranti in aree limitrofe e resti antropici (laterizi, scorie di altoforno, frammenti di plastica, carta, tessuto, etc). L'opera in progetto poggerà, per buona parte del suo sviluppo, su questi tipo di materiale.

3.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche morfologiche generali dell'area considerata sono il risultato di diversi processi:

- assetto geologico - strutturale
- dinamica marina
- dinamica dei corsi d'acqua
- dinamica dei versanti
- intensa attività di rielaborazione del territorio ad opera dell'uomo

La morfologia della zona risente enormemente da un lato dalle variazioni del livello del mare, che hanno portato alla formazione di terrazzi marini a varie quote, dall'altro della presenza dei corsi d'acqua che hanno inciso le rocce alterate e tettonizzate generando valli molto incassate, con versanti ripidi e piccole piane nella zona in cui sfociano in mare. La ricostruzione della morfologia è resa poi estremamente difficile dagli interventi dell'uomo che, nel corso degli anni, hanno modificato le caratteristiche della fascia costiera.

Gli elementi morfologici che contraddistinguono il paesaggio da nord verso sud si possono ricondurre alle seguenti caratteristiche:

- un'ossatura costituita dal substrato lapideo più resistente nella zona a nord (serpentiniti e metagabbri);
- una zona con inclinazioni più blande dove sono presenti litologie più facilmente erodibili (calcescisti);
- un terrazzo marino in prossimità del casello autostradale, coperto da depositi eluvio-colluviali e fortemente modificato nella sua forma originaria dalla zona urbanizzata di Palmaro e Voltri;
- una piccola area pianeggiante in corrispondenza dell'Aurelia dove si ritrovano depositi fluviali interdigitati a depositi marini;

la zona del porto, costituita da materiali di riporto che ricoprono la spiaggia originaria.

3.5 MODELLO IDROGEOLOGICO D'INQUADRAMENTO

Nell'ambito della progettazione della Gronda di Genova è stato effettuato un accurato censimento di tutti i punti d'acqua ricadenti in una fascia significativa nell'intorno dell'asse; da tale censimento sono stati derivati i dati inerenti la zona d'interesse.

Ciascun punto di captazione è stato identificato mediante una sigla alfanumerica; sono stati prelevati campioni di acqua al fine di rilevarne i parametri di conducibilità, di acidità (pH) e di temperatura; infine si è provveduto alla misura della portata.

Nella carta geologica GEO0002 sono riportate le sorgenti che interessano la zona di Palmaro e Voltri; in particolare in vicinanza dello svincolo autostradale è presente una sorgente di acque solforose. Generalmente tali tipi di sorgenti si allineano lungo zone di faglia e per tale motivo risultano essere indicatori utili per la definizione dell'assetto tettonico dell'area.

4. BILANCIO TERRE: TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto prevede un quantitativo di materiale proveniente da scavi pari a circa 11'500mc. Considerato il valore relativamente modesto, si ritiene di prevedere il conferimento a discarica sia del materiale proveniente dagli scavi che quello proveniente dalle demolizioni.

La relazione geologica indica la possibile presenza nel substrato di livelli contenenti minerali naturali ascrivibili al gruppo dell'amianto, pertanto il materiale proveniente dagli scavi dovrà essere gestito come rifiuto speciale pericoloso codice CER 170605* materiali da costruzione contenenti amianto, con le relative ricadute operative in termini di costi, organizzazione del cantiere e sicurezza (monitoraggio fibre, bagnatura, ecc.).

Non si esclude quindi che i terreni oggetto di scavo, possano presentare la presenza di rocce amiantifere, pertanto qualora la presenza di tali rocce sia confermata, si prescrive che tutte le operazioni di scavo avvengano sempre sotto la costante bagnatura del terreno, al fine di evitare che le particelle possano volatilizzarsi nell'ambiente circostante".

I rifiuti di amianto o contenenti amianto possono essere conferiti unicamente a discarica per rifiuti pericolosi, dedicata o dotata di cella dedicata, oppure in discarica per rifiuti non pericolosi, dedicata o dotata di cella monodedicata nella quale possono essere conferiti sia i rifiuti individuati dal codice CER 170605* (materiali da costruzione contenenti amianto) sia le altre tipologie di rifiuti contenenti amianto, purché sottoposti a processi di trattamento (stabilizzazione-solidificazione in matrici stabili e non reattive, incapsulamento, trattamento con modificazione della struttura cristallina), finalizzati al contenimento del potenziale inquinante.

L'individuazione dei siti di discarica può essere condotta avendo come riferimento la tavola di progetto PCC-100 nonché la pubblicazione ufficiale della Regione Liguria Discariche in esercizio al dicembre 2009 (portale web della Regione Liguria, Settore Ambiente).

5. GEOTECNICA

5.1 SISMICITA'

5.1.1 Normativa di riferimento

Le verifiche geotecniche fanno riferimento a quanto contenuto nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 (NTC).

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell' allegato 1 dell'Opcm 3274/03 e in seguito aggiornati con l'Opcm 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (dgr n.530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto nazionale di geologia e vulcanologia (Ingv) e allegata alla stessa Opcm 3519/06 è stata approvata con dgr n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul Burl n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con dgr n.1362 del 19 novembre 2010.

In conformità a tale normativa, il comune di Genova ricade in Zona sismica 3 e 4 a seconda dell'area urbanistica. Nel caso oggetto del presente progetto ricadono nella Zona 4.

5.1.2 Accelerazione orizzontale di riferimento

Le accelerazioni orizzontale massime convenzionali su suolo di categoria A, riferite al Comune di Genova, sono riportate nelle tabelle contenute nel presente paragrafo, insieme ai principali parametri di interesse necessari per la definizione dell'azione sismica.

Nelle tabelle con T_R (in anni) e a_g (in g) si indica rispettivamente il tempo di ritorno e l'accelerazione di picco su suolo di categoria A.

In fase progettuale, fissato il periodo di riferimento V_R (vedi § 2.4 delle NTC DM 14 Gennaio 2008) e stabilita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (funzione dello stato limite considerato, vedi), è possibile stimare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R attraverso l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tabella 5.1: Definizione degli stati limite secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e relative probabilità di superamento P_{VR} .

Stati limite di esercizio (P_{VR})	Stati limite ultimi (P_{VR})
--	----------------------------------

SLO - Stato limite di operatività (81%)	SLV- Stato limite di salvaguardia (10%)
SLD - Stato limite di danno (63%)	SLD – Stato limite di prevenzione del collasso (5%)

Qualora la pericolosità sismica su reticolo di riferimento (vedi Allegato B delle NTC DM 14 Gennaio 2008) non contempli il periodo di ritorno corrispondente al V_R e alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} fissate in progetto, il valore del generico parametro p (a_g , F_o , T^*_c) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;
- T_{R1} , T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

Per il comune di interesse si riportano di seguito la Tabella 5.2 con i valori dei parametri a_g , F_o e T^*_c , in funzione del periodo di ritorno T_R . I valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c sono stimati come media pesata dei valori assunti dai parametri nei 4 vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i 4 vertici sopraccitati.

Tabella 5.2: Comune di Genova (Genova) Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0,023	2,542	0,184
50	0,030	2,525	0,207
475	0,068	2,536	0,287
975	0,088	2,532	0,297

In accordo alle scelte di progetto ed ai richiami delle NTC 2008, è stata assunta:

- una vita nominale dell'opera di $V_N = 50$ anni e una Classe d'uso = IV (Coefficiente d'uso $C_U = 2$);
- una prefissata probabilità di eccedenza $PVR = 10\%$ corrispondente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con un tempo di ritorno $TR = 475$ anni;

trattandosi di zone pianeggianti, una categoria topografica T1.

5.1.3 Categoria di suolo

La campagna di indagine su cui è stata basata la caratterizzazione geotecnica riportata nella relazione geotecnica non prevedeva una misurazione diretta della velocità delle onde di taglio; una stima del $V_{s,30}$ non può essere fatta neanche a partire dai valori di N_{spt} , in quanto tali prove hanno interessato esclusivamente l'unità geotecnica "A". Pertanto, in questa fase, anche in virtù dei bassi valori di RQD riscontrati nell'unità "B", si suggerisce, cautelativamente di assumere una categoria di sottosuolo di tipo "C".

5.1.4 Definizione della magnitudo

Per la definizione della magnitudo (M) ci si è riferiti alla disaggregazione sismica del terremoto di progetto.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per il terremoto di progetto l'INGV fornisce tali valori e anche i valori medi.

Per il comune di Genova le disaggregazioni del valore di a_g risultano essere:

probabilità di eccedenza 5% in 50 anni $M=4.89$ $R=21.3\text{km}$

probabilità di eccedenza 10% in 50 anni $M=4.98$ $R=31.7\text{km}$

5.1.5 Verifiche nei confronti dei fenomeni di liquefazione

In terreni saturi sabbiosi sollecitati in condizioni non drenate da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base alle NTC2008 di cui al D.M. 14-01-2008 la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazione massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15.0 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$, e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

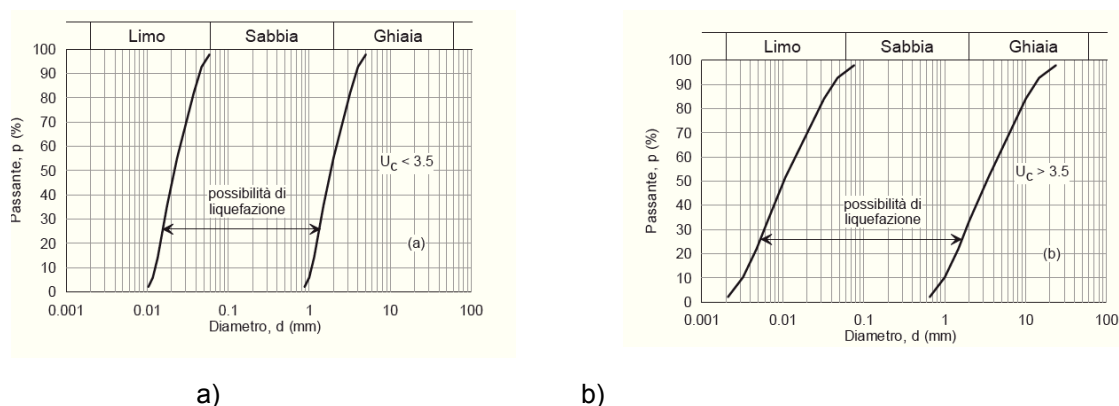


Figura 5-1: Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione

Per il comuni di Genova gli eventi sismici attesi risultano di magnitudo M inferiore a 5 e le accelerazioni massime al piano campagna risultano essere inferiori a 0.1g, pertanto in base alle NTC 2008 di cui al D.M. 14/01/2008 la verifica di liquefazione può essere omessa.

5.2 INDAGINI GEOTECNICHE

I dati stratigrafici e geotecnici riportati nella relazione geotecnica e nei profili e nelle sezioni geotecniche sono stati elaborati sulla base dei risultati della campagna di indagine svolta nel 2002 che è consistita nell'esecuzione di 11 sondaggi a carotaggio continuo (denominati SV1, SV2, SV3, SV4, SV5, SM1, SM2,

SM2a, SM3, SM4 e SM5) ed 11 sondaggi a distruzione di nucleo (denominati SV1bis, SV2bis, SV3bis, SV4bis, SV5bis, SM1bis, SM2bis, SM2abis, SM3bis, SM4bis e SM5bis).

La campagna di indagine ha previsto esecuzione di 12 prove di permeabilità Lefranc a carico costante e 6 prove di permeabilità Lugeon (in corrispondenza dei sondaggi SM1bis, SM2bis, SM2abis, SM3bis, SM4bis, SM5bis). Le prove penetrometriche dinamiche SPT sono state eseguite in corrispondenza dei sondaggi a distruzione di nucleo.

5.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE TERRE (UNITA' A)

Dalle descrizioni riportate sui rapporti stratigrafici, i materiali costituenti tale unità risultano essere a “grana grossa”, generalmente sabbie da limose a poco limose con ghiaia, e nei profili stratigrafici vengono indicati con la sigla “A”.

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi nella relazione geotecnica nella seguente

Tabella 5.3 vengono riassunti i parametri medi caratteristici dei materiali di copertura.

Tabella 5.3: Parametri unità A

γ_t (kN/m ³)	19.0÷20.0
N_{SPT} (colpi/30 cm)	20 ÷ 90 (*)
ϕ' (°)	32 ÷ 35
c' (kPa)	0
k_v (m/s)	$1 \times 10^{-5} \div 5 \times 10^{-5}$
V_s (m/s)	140 ÷ 290 (*)
E_{op} (MPa)	20 ÷ 80 (*)
ν' (-)	0.25

(*) variabile con la profondità da 0 a 15 m

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

N_{SPT} = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

ϕ' = angolo di resistenza al taglio “operativo”;

c' = intercetta di coesione “operativa”;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio;

E_{op} = modulo di Young "operativo";

ν = rapporto di Poisson.

5.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE ROCCE (UNITÀ B)

Nella **Tabella 5.4** seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici che in questa sede vengono attribuiti ai Calcescisti (unità B):

Tabella 5.4: Parametri Unità B (Calcescisti)

γ_t (kN/m ³)	26.2 ÷ 26.4
GSI	20 ÷ 30
σ_c (MPa)	5 ÷ 25
m_i (-)	8
Φ_{ammasso} (°)	39 per $\sigma'_n = 100$ kPa 34 per $\sigma'_n = 200$ kPa 31 per $\sigma'_n = 300$ kPa 28 per $\sigma'_n = 400$ kPa 27 per $\sigma'_n = 500$ kPa
c_{ammasso} (kPa)	27 per $\sigma'_n = 100$ kPa 20 per $\sigma'_n = 200$ kPa 54 per $\sigma'_n = 300$ kPa 65 per $\sigma'_n = 400$ kPa 75 per $\sigma'_n = 500$ kPa

5.5 LIVELLI DI FALDA

Nell'ambito della progettazione della Gronda di Genova è stato effettuato un accurato censimento di tutti i punti d'acqua ricadenti in una fascia significativa nell'intorno dell'asse; da tale censimento sono stati derivati i dati inerenti la zona di Palmaro-Voltri. Ciascun punto di captazione è stato identificato mediante una sigla alfanumerica; sono stati prelevati campioni di acqua al fine di rilevarne i parametri di conducibilità, di acidità (pH) e di temperatura; infine si è provveduto alla misura della portata.

Di seguito si riportano le letture piezometriche rilevate nei piezometri installati tra febbraio e aprile 2016.

Sondaggio	Data	Profondità (m da p.c.)
SI1	18 Aprile 2016	-7.40
SI3	18 Aprile 2016	-3.12
SI8	18 Aprile 2016	-2.78

Si rimanda agli elaborati GEO per una specifica trattazione.

5.6 TIPOLOGIA FONDAZIONI

Alla luce delle condizioni stratigrafiche riscontrate in sito, nonché della tipologia di strutture esistenti da ampliare e/o da rinforzare, le opere di fondazione in progetto sono esclusivamente di tipo profondo ed in particolare costituite da micropali di diametro $\phi 220-240$ e lunghezza variabile a seconda della profondità del substrato.

Per la realizzazione delle opere in progetto si è reso necessario il ricorso ad opere provvisorie anch'esse costituite da micropali accostati.

Relativamente alle opere di fondazione, poiché l'area di intervento è in prossimità di una sorgente di acque solfuree, per garantire una protezione contro la corrosione delle armature, è stato considerato un opportuno spessore "sacrificale" delle armature dei micropali di fondazione, in modo da mantenere i coefficienti di sicurezza entro i limiti anche a seguito di eventuali riduzioni di spessori di armatura.

5.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In fase di affinamento della progettazione (Progetto Esecutivo) è stata eseguita tra febbraio e aprile 2016 una campagna di indagini in corrispondenza delle opere in progetto al fine di verificare direttamente la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni coinvolti dal progetto.

I dati stratigrafici e tecnici derivanti dalla documentazione geognostica in sito e dalle prove di laboratorio, sono riportati negli elaborati GEO0004-GEO0009 mentre l'ubicazione è riportata in GEO0003.

Per una specifica trattazione si rimanda agli elaborati GEO.

6. IDROLOGIA

Il dimensionamento idraulico delle opere costituenti il sistema di drenaggio delle acque meteoriche afferenti alle coperture fonoassorbenti in progetto è stato effettuato assumendo come riferimento la portata con tempo di ritorno 50 anni, stimata a partire dalle precipitazioni intense mediante applicazione di un modello concettuale di trasformazione afflussi-deflussi.

6.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

Nell'ambito del progetto esecutivo "Adeguamento del sistema A7-A10-A12 - Nodo autostradale di Genova" si è proceduto ad una rivalutazione/aggiornamento dei parametri di pioggia rispetto alle valutazioni su cui si basa la metodologia idrologica riportata nella documentazione ufficiale dei Piani Stralcio dell'Autorità di Bacino della Regione Liguria (ambiti di interesse 12 e 13), definita dal CIMA – Centro Interuniversitario di ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'Università di Genova e della Basilicata. Per congruenza anche nel presente progetto si fa riferimento ai medesimi valori, rimandando alla documentazione citata per i dettagli dell'analisi.

In sintesi, sono stati analizzati i dati meteorici disponibili negli annali idrologici¹ dal 1932 fino al 2010 (dal 1994 al 2003 non vi sono rilevazioni di dati) con riferimento alla stazione pluviometrica "Genova Università" (1932-2007), integrati per i tempi di pioggia inferiore ad 1 ora con i dati della vicina stazione di Genova Castellaccio (periodo 2004-2010).

Si rimanda alla relazione IDR0001_Rev 01 per maggiori dettagli in merito alla metodologia adottata; sulla base dell'analisi condotta sono state determinate le curve di possibilità pluviometrica per durate di pioggia superiori e inferiori all'ora. Per i dimensionamenti di progetto si è fatto riferimento alla curva associata a un tempo di ritorno di 50 anni.

6.2 AREE DRENATE E METODOLOGIA DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

Le superfici scolanti drenate dalla rete in progetto sono costituite dalla copertura delle nuove strutture fonoassorbenti, previste sia sulla carreggiata Ovest che su quella Est; in particolare nell'area in studio le carreggiate autostradali risultano separate e per un tratto sovrapposte (la Ovest risulta sovrapposta alla Est). La geometria trasversale della copertura sulla carreggiata Ovest è a "schiena d'asino", mentre quella sulla Est risulta inclinata unicamente in direzione mare.

¹ I dati analizzati sono riportati all'interno della Sezione B "Pluviometria" della Parte Prima degli Annali Idrologici e fanno riferimento sia alle precipitazioni di massima intensità (Tabella III) e precipitazioni di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi (Tabella V).

La geometria longitudinale delle carreggiate è la seguente:

- nel tratto tra le progressive 10+108.55 e 10+291.95, la carreggiata Ovest scola in direzione Genova;
- nel tratto tra le progressive 10+291.95 e 10+541.83, la carreggiata Ovest scola in direzione Savona;
- la carreggiata Est per l'intero tratto scola in direzione Savona (tra le progressive 10+080.97 e 10+570.83),
- la corsia di ingresso dello svincolo Voltri scola in direzione Savona.

I bacini di riferimento per il calcolo delle portate meteoriche sono relativi alla superficie della copertura, e sono stati definiti considerando le linee di displuvio, lo schema di drenaggio definito nelle planimetrie idrauliche e tratti longitudinali di competenza per ciascun tratto di canaletta sommitale compreso tra due scarichi consecutivi. Nella relazione IDR0001_Rev 01 sono fornite in dettaglio le caratteristiche delle superfici contribuenti e la lunghezza dei diversi tratti della rete di drenaggio.

Per il calcolo delle massime portate di riferimento da assumere nella verifica della rete in progetto si è fatto riferimento a tre diversi modelli concettuali di trasformazione afflussi-deflussi, applicati all'evento di precipitazione critica (TR 50 anni) di durata inferiore all'ora (pari al tempo di corrivazione dei bacini contribuenti):

- modello cinematico o della corrivazione (modello lineare in cui la portata è definita dall'integrale di convoluzione di un idrogramma istantaneo unitario – IUH);
- modello lineare dell'invaso (derivato dalla convoluzione di un IUH esponenziale);
- modello dell'invaso "italiano" (Supino, 1933).

La descrizione tecnica di dettaglio delle diverse metodologie è fornita nella relazione IDR0001_Rev 01.

Dei tre modelli, il cinematico risulta essere quello che meglio descrive il fenomeno di formazione delle portate meteoriche, vista la dimensione e tipologia di superfici contribuenti (con limitatissimi effetti di invaso/laminazione). Esso è risultato anche essere quello maggiormente cautelativo in termini di portate massime al colmo generate dall'evento meteorico di progetto; il confronto è stato condotto con riferimento al bacino complessivo afferente ai diversi tratti di collettore in progetto, considerando il tempo di pioggia critico per ciascuno (cfr. relazione IDR0001_Rev 01).

6.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il modello afflussi-deflussi della corrivazione è stato applicato a tutti i bacini contribuenti in cui è stata suddivisa la copertura (afferenti ai vari tratti di canaletta sommitale compresi tra due scarichi consecutivi) per la definizione delle portate di riferimento da utilizzare nella verifica e dimensionamento del sistema di drenaggio, considerando la curva di possibilità pluviometrica definita al capitolo 6.1 per durata inferiore all'ora e tempo di ritorno di 50 anni.

Poiché l'intensità di pioggia tende a infinito con la riduzione della durata di scroscio, per mantenere la significatività fisica del fenomeno in esame (evitando cioè di considerare idrogrammi "puntuali" di elevato valore al colmo ma durata dell'ordine delle decine di secondi – ovvero volumi di pioggia minimi) si è assunto nel calcolo un tempo minimo di pioggia pari a 5 minuti (anziché pari al tempo di corrivazione dei piccoli bacini afferenti ai diversi tratti di canaletta).

I risultati ottenuti sono riportati per ciascun tratto nella relazione IDR0001_Rev01.

7. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE DI DRENAGGIO

I criteri di dimensionamento assunti in progetto comportano la garanzia in tutti i tratti della rete di drenaggio di un grado di riempimento massimo del collettore pari al 70%, considerando come già esposto un tempo di ritorno dell'evento pari a $TR=50$ anni e un tempo di pioggia minimo pari a 5 minuti.

I diversi elementi della rete sono stati verificati con metodologie differenziate.

- Verifica in moto uniforme per le canalette sul piano di copertura, i tratti trasversali di recapito delle tubazioni sottostanti, le canalizzazioni di recapito esistenti in piattaforma; si tratta di elementi che presentano gradi di riempimento nettamente inferiori al 70% o che comunque non possono essere rigurgitate da valle recapitando direttamente in discenderie verticali.
- Verifica in moto permanente, con allestimento di modello numerico monodimensionale, per le tubazioni aeree sottostanti il sistema di canalette superficiali, considerando gli effettivi recapiti da quest'ultimo.
- Verifica in moto vario, con allestimento di modello numerico monodimensionale, per la vasca di laminazione, il canale in calcestruzzo ad essa afferente e la successiva tubazione di recapito ("Opera n.87").

I parametri considerati per le verifiche sono i seguenti:

- il coefficiente di deflusso delle superfici fonoassorbenti ha valore pari a 1.0;
- i coefficienti di scabrezza assunti per i vari materiali costituenti gli elementi di drenaggio sono pari a 80.0 $m^{1/3}/s$ per le tubazioni in PEAD e le canalizzazioni localizzate sulle coperture fonoassorbenti, a 60 $m^{1/3}/s$ per gli elementi in calcestruzzo posti a piano strada e a 100 $m^{1/3}/s$ per le canalette e tubazioni in acciaio staffate alle coperture.

Le sezioni tipo delle canalizzazioni in lamiera localizzate all'estremità della copertura fonoassorbente e delle tubazioni e canalette localizzate a piano strada sono rappresentate negli elaborati grafici di progetto.

I risultati ottenuti sono esposti in dettaglio, per ciascun tratto, nella relazione IDR0001_Rev 01. Rispetto alla originaria impostazione progettuale sono state modificate le geometrie di alcuni tratti di tubazione per consentire il soddisfacimento del grado di riempimento massimo richiesto.

In particolare il progetto originario prevedeva:

- in carreggiata Ovest Dx e Sx circa 284 m di tubazione DN 250 mm per ciascuna;
- in carreggiata Est Dx circa 355 m di tubazione DN 250 mm.

- 45 m di tubazione di attraversamento DN 250 mm.

La presente revisione progettuale prevede invece:

- in carreggiata Ovest Dx 172,34 m di tubazione DN 250 mm e 111,55 m di tubazione DN 300 mm, sviluppo complessivo circa 284 m;
- in carreggiata Ovest Sx 179 m di tubazione DN 250 mm e 105,08 m di tubazione DN 300 mm, sviluppo complessivo circa 284 m;
- in carreggiata Est Dx 327,35 m di tubazione DN 250 mm e 27,36 m di tubazione DN 300 mm, sviluppo complessivo circa 355 m;
- 15 m di tubazione di attraversamento DN 250 mm e 30 m di tubazione di attraversamento DN 300 mm

7.1 VERIFICA DELLE CANALETTE A PIANO COPERTURA

I calcoli di dimensionamento e verifica, riportati nelle tabelle allegate, indicano che i valori di riempimento di ciascun tratto elementare delle canalette poste a tergo della copertura fonoassorbente presenta riempimenti sempre inferiori al 30%.

Si mantiene pertanto un rilevante margine di sicurezza anche relativamente alla potenziale ostruzione nel tempo di alcuni recapiti (nonostante gli interventi di manutenzione programmata previsti da specifico Piano), che causerebbe il drenaggio da parte del tratto interessato di una portata maggiore di quella direttamente afferente alla propria area di competenza.

7.2 VERIFICA DELLE TUBAZIONI AEREE SOTTOSTANTI IL SISTEMA DI CANALETTE SOMMITALI

Il dimensionamento e la verifica delle tubazioni in oggetto è stato effettuato allestendo un modello numerico monodimensionale utilizzando il software MIKE 11 del DHI, secondo schematizzazione in moto permanente. Nel modello è stato riprodotto lo schema geometrico effettivo delle tubazioni in termini di lunghezza del tratto, pendenza longitudinale e diametro; sono state quindi eseguite simulazioni considerando gli apporti dai recapiti delle canalette soprastanti per verificare che il grado di riempimento fosse sempre inferiore al 70%.

Rispetto al progetto originario, dato l'aumento delle portate meteoriche defluenti nelle tubazioni per l'assunzione di un maggiore tempo di ritorno (50 anni), è stato necessario aumentare le dimensioni di alcuni tratti di tubazione.

In particolare sono stati aumentati alcuni diametri delle tubazioni in acciaio inox portandoli da 250 mm a 300 mm. Non sono state invece modificate le pendenze longitudinali dei vari tratti.

Le condizioni al contorno assunte nel modello per ciascun ramo del modello sono le seguenti:

- nel tratto iniziale della tubazione e in corrispondenza di ciascuno scarico verticale si è assegnata la portata massima al colmo recapitata da ciascun tratto elementare di canaletta sovrastante, determinata tramite il modello idrologico illustrato in precedenza;
- nei tratti terminali di valle, corrispondenti al punto di scarico a terra, nel sistema ricettore esistente o in progetto, si sono assegnate le condizioni di moto uniforme (cautelative in quanto lo scarico avviene sempre entro discenderie verticali, per cui ci si attende in caso di correnti di tipo lento il passaggio per l'altezza critica e un effetto di richiamo; in caso di correnti veloci la rappresentazione è invece veritiera e comunque non vi è influenza verso monte di questa condizione imposta).

I risultati delle verifiche, con i profili di progetto in forma sia grafica che tabellare sono forniti in dettaglio nell'elaborato IDR0001_Rev 01.

Sono inoltre state verificate le tubazioni aeree di attraversamento delle carreggiate secondo una schematizzazione idraulica in moto uniforme, in quanto svincolate da eventuali effetti di rigurgito in relazione alla loro geometria di progetto.

In particolare sono state effettuate le seguenti verifiche.

- La tubazione di attraversamento della carreggiata Ovest da Sx a Dx, che scarica alla fine del tratto 42-48, è caratterizzata da un diametro pari a 300 mm e pendenza pari all'1.3%. In essa confluisce una portata di $0.061 \text{ m}^3/\text{s}$ che viene collettata con un riempimento del 47%, un tirante di 0.14 m e una velocità di 1.95 m/s.
- La tubazione di attraversamento della carreggiata Ovest da Sx a Dx, che scarica alla fine del tratto 49-55, è caratterizzata da un diametro pari a 250 mm e pendenza pari al 2.0%. In essa confluisce una portata di $0.053 \text{ m}^3/\text{s}$ che viene collettata con un riempimento del 50%, un tirante di 0.13 m e una velocità di 2.23 m/s.
- La tubazione di attraversamento della carreggiata Ovest da Sx a Dx, che scarica alla fine del tratto 59-71, è caratterizzata da un diametro pari a 300 mm e pendenza pari al 2.0%. In essa confluisce una portata di $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ che viene collettata con un riempimento del 58%, un tirante di 0.17 m e una velocità di 2.67 m/s.

- Scarico finale a lato carreggiata Ovest, profilo di destra, che recapita portata al manufatto esistente di via Sorgenti Sulfuree localizzato a valle del tratto 35; esso è caratterizzato da un diametro pari a 300 mm e pendenza pari al 5 %. La portata afferente, pari a 0.213 m³/s, viene collettata con un riempimento del 67%, un tirante di 0.20 m e una velocità di 4.39 m/s.
- Scarico finale a lato carreggiata Est, che recapita portata al manufatto esistente di via Sorgenti Sulfuree localizzato a valle del tratto 105; esso è caratterizzato da un diametro pari a 315 mm in PEAD e pendenza pari al 3.5%. La portata afferente, pari a 0.111 m³/s, viene collettata con un riempimento del 52%, un tirante di 0.16 m e una velocità di 2.80 m/s.

7.3 VERIFICA DELLE OPERE ESISTENTI O IN PROGETTO A PIANO ASFALTO

Le opere in oggetto sono state verificate secondo una schematizzazione idraulica in moto uniforme, in quanto caratterizzate da gradi di riempimento modesti.

La verifica idraulica dell'opera esistente denominata 87 (caratterizzata da un diametro pari a 800 mm e pendenza variabile dall'1% allo 0.5%) è trattata nel capitolo successivo.

Si è verificato il tombino scatolare di dimensioni BxH=1.2x1.7 m, caratterizzato da pendenza dello 0.7%. In esso confluisce una portata di 0.13 m³/s che defluisce con un riempimento del 6.5% un tirante idrico di 0.11 m e una velocità di 1.03 m/s.

Si è verificata infine la tubazione in progetto a piano asfalto in PEAD di diametro 400 mm protetta da un bauletto in c.a. Essa è caratterizzata da una pendenza dell'1% e recapita una portata pari a 0.046 m³/s. Tale portata defluisce con un riempimento del 32%, un tirante di 0.13 m e una velocità di 1.39 m/s.

7.4 VERIFICA DELLA VASCA DI LAMINAZIONE E DEL CANALE AFFERENTE

Per analizzare l'effetto della cassa di laminazione in progetto è stato allestito un modello numerico monodimensionale utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 del DHI in modalità quasi-2D; le simulazioni sono state eseguite in moto non stazionario per valutare l'effetto di laminazione dell'idrogramma in ingresso.

Il modello rappresenta anche il canale rettangolare in calcestruzzo afferente alla vasca e la tubazione DN800 in calcestruzzo a valle della stessa, alimentata con salto di fondo che opera una disconnessione idraulica. Tale tubazione attraversa la piattaforma per confluire in un pozzetto da cui ha origine l'opera di recapito denominata "87", costituita da una tubazione in calcestruzzo di pari diametro (800 mm). Nel pozzetto recapitano anche i tratti di collettore 72-79, 88-90 e 91-94 della carreggiata Est.

Le sezioni tipo del canale e della cassa di laminazione e le relative progressive metriche sono rappresentate nell'elaborato grafico IDR0015.

Lo schema del modello è costituito inizialmente dal ramo che rappresenta il canale rettangolare in calcestruzzo in progetto, il quale si immette nella vasca con un salto di fondo (rappresentato con una struttura di tipo *weir*). La vasca è suddivisa in una porzione di monte e di valle da un setto trasversale sormontabile, con due luci di scarico circolari (DN315) parzializzabili mediante paratoia piana. Tale setto è finalizzato a provocare il riempimento della porzione di monte e quindi l'effetto di laminazione. Poiché tale porzione presenta in pianta una forma a "L", la schematizzazione modellistica è stata realizzata considerando una biforcazione fittizia di due rami: quello in sinistra prosegue in asse al canale e termina con il setto frontale; quello destro si sviluppa lateralmente terminando anch'esso con un setto analogo. La geometria dei due rami è stata definita in modo da mantenere la congruenza dei volumi complessivi di invaso e della lunghezza totale di sfioro al di sopra del muro.

Le due paratoie che sezionano gli scarichi di fondo hanno lo scopo di consentire la pulizia e manutenzione della vasca, oltre al suo rapido svuotamento.

Le condizioni di previsto funzionamento del manufatto prevedono che una di esse resti completamente chiusa, mentre l'altra è mantenuta aperta per un'altezza di 8 cm.

Nelle simulazioni sono state eseguite verifiche anche per un'apertura inferiore, pari a circa 3 cm, per verificare l'effetto associabile a una condizione di parziale ostruzione. La possibilità di apertura della paratoia consente un'agevole rimozione di eventuali elementi di ostruzione, garantendo un più semplice mantenimento del tempo della funzionalità della vasca.

L'analisi del funzionamento della vasca è stata condotta considerando differenti durate di pioggia. Il tempo di corrivazione del bacino complessivo sotteso è pari a circa 2 minuti; il corrispondente idrogramma (triangolare, in congruenza con il modello A/D utilizzato) è rappresentato in Figura 2, unitamente a quelli derivanti dal considerare dei tempi di pioggia superiori (caratterizzati da una minore portata al colmo e maggiore volume idrico). Sono state eseguite più simulazioni (partendo da una durata di pioggia minima pari a 5 minuti, in congruenza con le ipotesi già descritte per le altre verifiche idrauliche eseguite) per individuare la condizione di maggiore gravosità (relativamente ai massimi livelli in vasca e alla portata massima in uscita) per il dimensionamento del manufatto.

Le condizioni al contorno introdotte nel modello sono le seguenti:

- Idrogrammi di portata con tempo di ritorno 50 anni ottenuti per diversi tempi di pioggia all'inizio del modello (sezione di monte del canale in progetto in c.a.);
- Inserimento di portata costante pari al valore al colmo per TR=50 anni afferente ai tratti di collettore 72-79, 88-90 e 91-94 della carreggiata Est, entro la sezione n.16 (pozzetto);
- Scala di deflusso in moto uniforme assunta nella sezione di valle del modello che rappresenta il tratto terminale di recapito dell'opera 87.

I coefficienti di resistenza distribuita sono stati assunti pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per tutti i manufatti (in calcestruzzo).

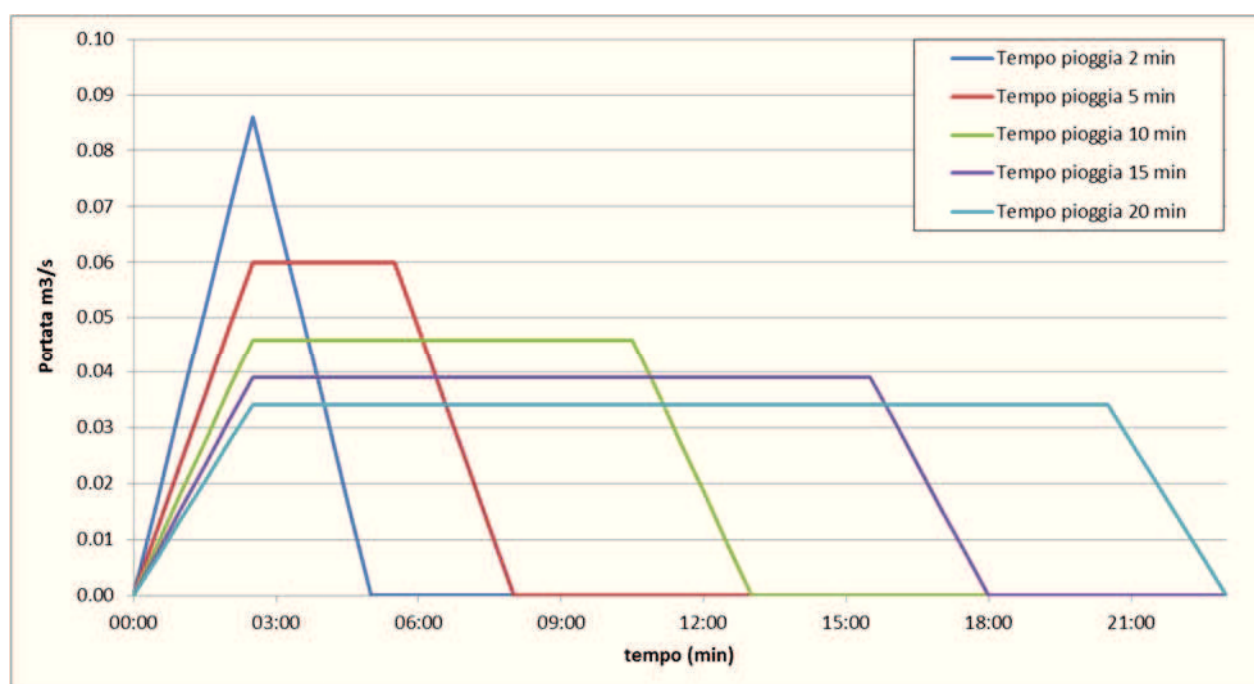


Figura 2 – Idrogrammi in ingresso alla vasca per diverse durate di evento.

La durata di pioggia maggiormente critica per il dimensionamento della vasca è risultata essere quella di 10 minuti, in corrispondenza della quale (considerando l'apertura di 8 cm di una paratoia – condizione di riferimento) si ha una fuoriuscita verso valle di una portata massima di circa 34 l/s (valore circa dimezzato rispetto al colmo dell'idrogramma in ingresso). Il livello idrico nella vasca si mantiene inferiore di oltre 30 cm alla quota del setto centrale.

Sono state effettuate simulazioni aggiuntive considerando un'apertura della paratoia pari a 3 cm (rappresentativa anche di un possibile parziale effetto di ostruzione). In questo caso l'effetto di laminazione è

chiaramente superiore (portata in uscita pari a circa 10 l/s) ma con livelli idrici più elevati, e attivazione dello sfioro per una durata di pioggia di 15 minuti, con innalzamento della portata massima in uscita a 22 l/s.

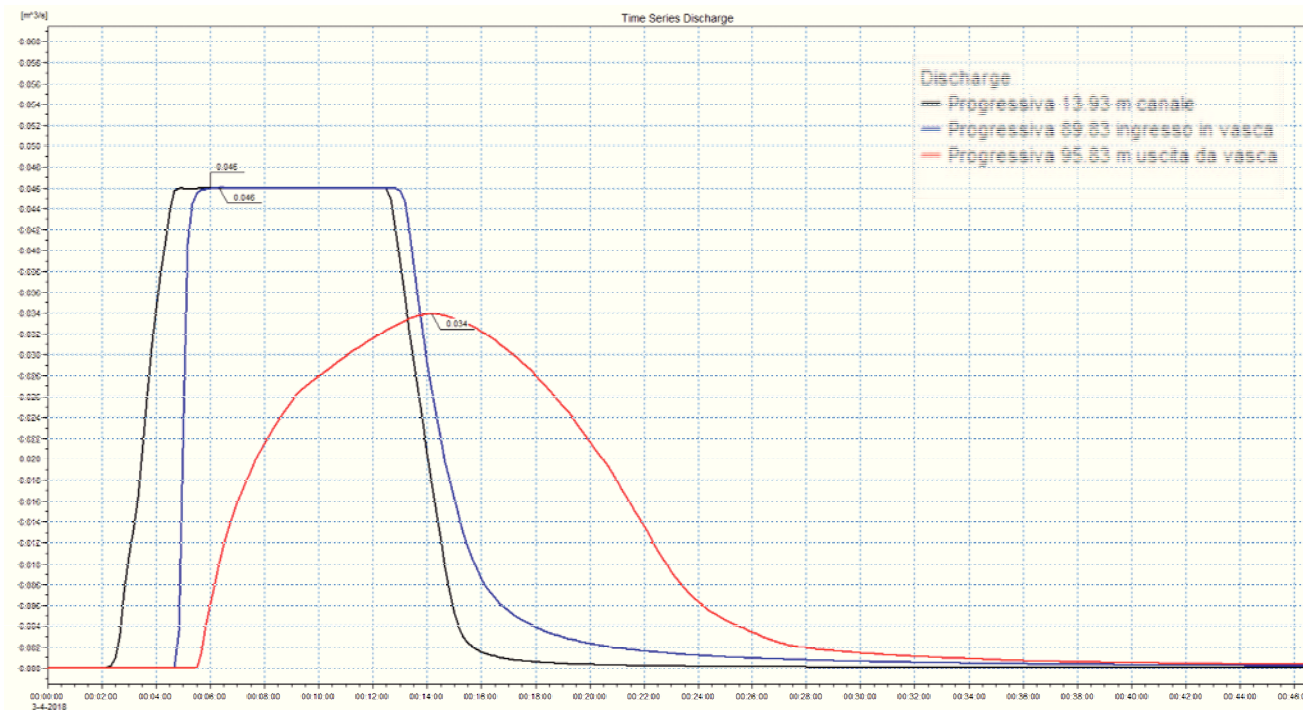


Figura 3 – Andamento idrogrammi in ingresso e uscita vasca per TR 50 anni e durata di pioggia 10 minuti

La tubazione a valle mantiene gradi di riempimento inferiori al 50%, soddisfacendo i criteri di verifica di progetto.

Anche nel canale in calcestruzzo a monte della vasca il deflusso avviene con ampi margini di sicurezza: nelle condizioni più gravose il massimo tirante idrico è inferiore ai 15 cm.

8. COPERTURA ANTIFONICA

L'intervento, che si sviluppa tra la progressive 10+080 e 10+570, consta principalmente nella realizzazione di strutture di isolamento degli ambienti destinati al traffico veicolare, realizzate mediante intelaiature di montante ed orizzontamenti su cui vengono installati pannelli fonoassorbenti.

La zona interessata dall'intervento è caratterizzata da una discreta complessità morfologica, rappresentando il nodo di sovrapposizione delle carreggiate Ovest ed Est, sovrapposizione fisicamente operata dal viadotto Palmaro.

Il viadotto consta di una serie di travate in struttura composta acciaio – calcestruzzo di luce caratteristica pari a circa 28 m, con soletta di ampiezza complessiva pari a circa 12.6 m. Le travate sono supportate da pile a portale realizzate mediante fusti in acciaio calcestruzzo collegati da una traversa metallica. La configurazione dei portali di supporto del viadotto è variabile, dovendo rispecchiare la mutua posizione degli assi delle carreggiate sovrapposte. Le pile sono collegate a plinti in c.a. sottofondati su micropali.

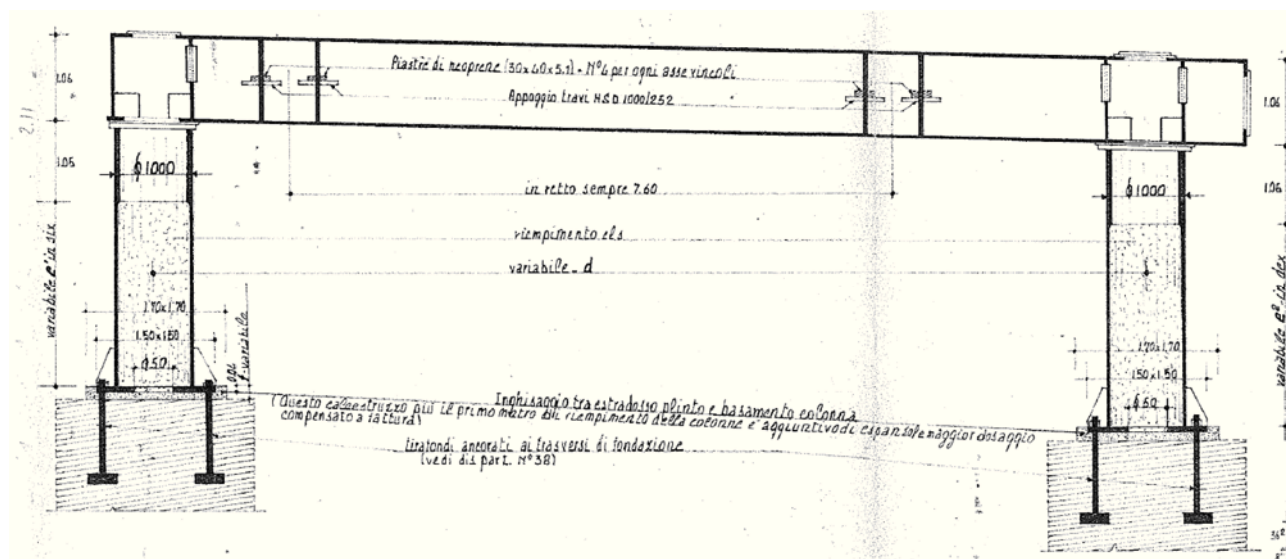


Figura 8-1 – Prospetto pila impalcato esistente

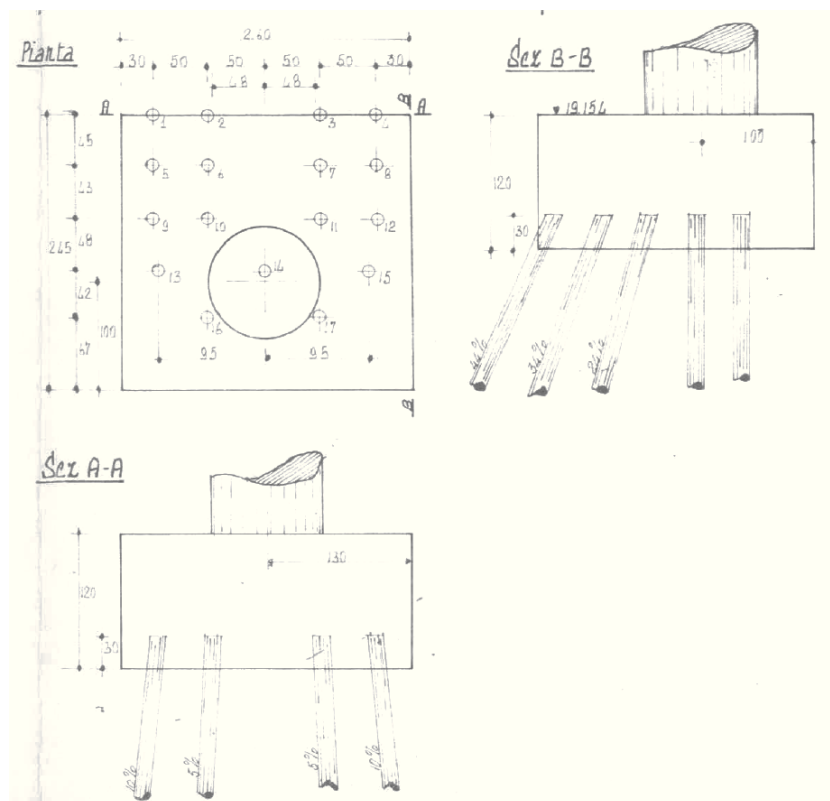


Figura 8-2 - Esempio plinto di fondazione pile esistenti

Le figure seguenti riportano la pianta ed alcune sezioni trasversali dell'asse autostradale, rappresentative della situazione.

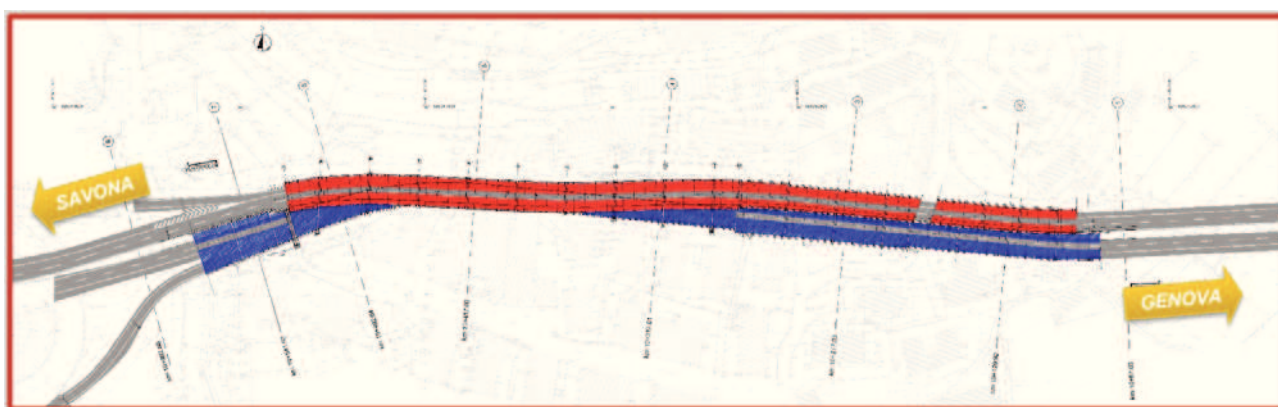


Figura 8-3: Planimetria di intervento con evidenziate le coperture antirumore in carr. Est (colore blu) e in carr. Ovest (colore rosso)

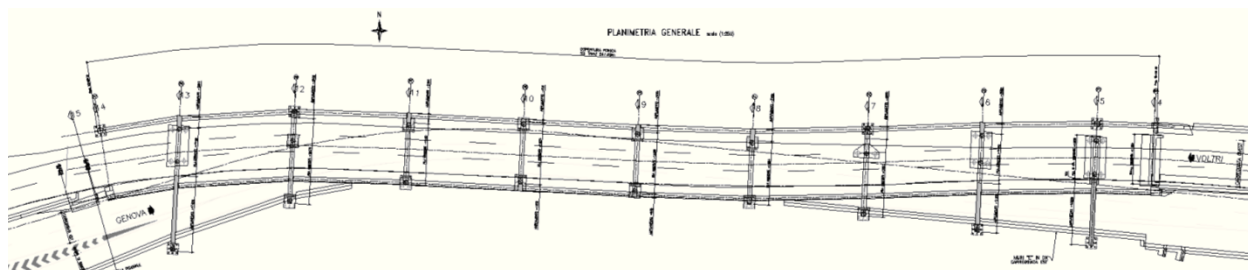


Figura 8-4 - Planimetria con strutture principali in ampliamento

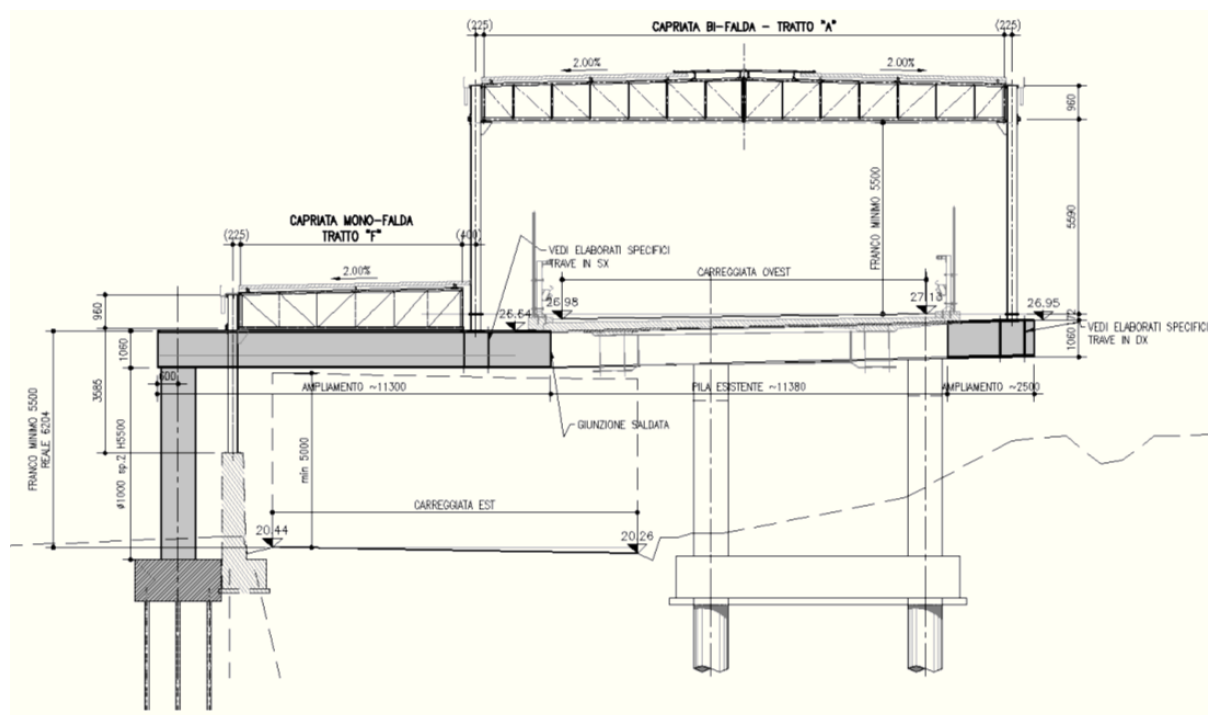


Figura 8-5 - Sezione tipo con estensione della traversa

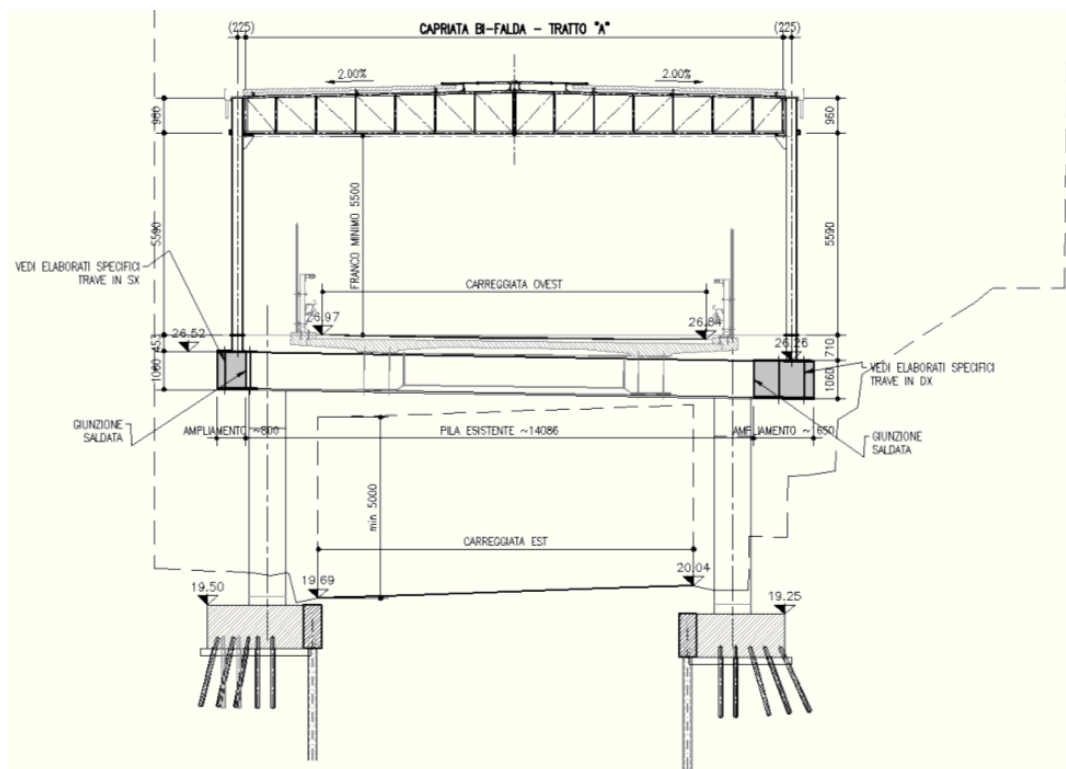


Figura 8-6 - Sezione tipo con sovrapposizione delle carreggiate

8.1 CONCEPT STRUTTURALE

La struttura viene progettata nell'intento di limitare al minimo l'interferenza con la struttura esistente, con particolare riferimento al mantenimento dell'attuale schema statico generale, ed alla limitazione delle masse specifiche compressive.

La copertura del viadotto, garantisce un franco minimo interno di 5.50 m, ed è formata da due identità strutturali distinte: struttura di copertura e strutture di montante.

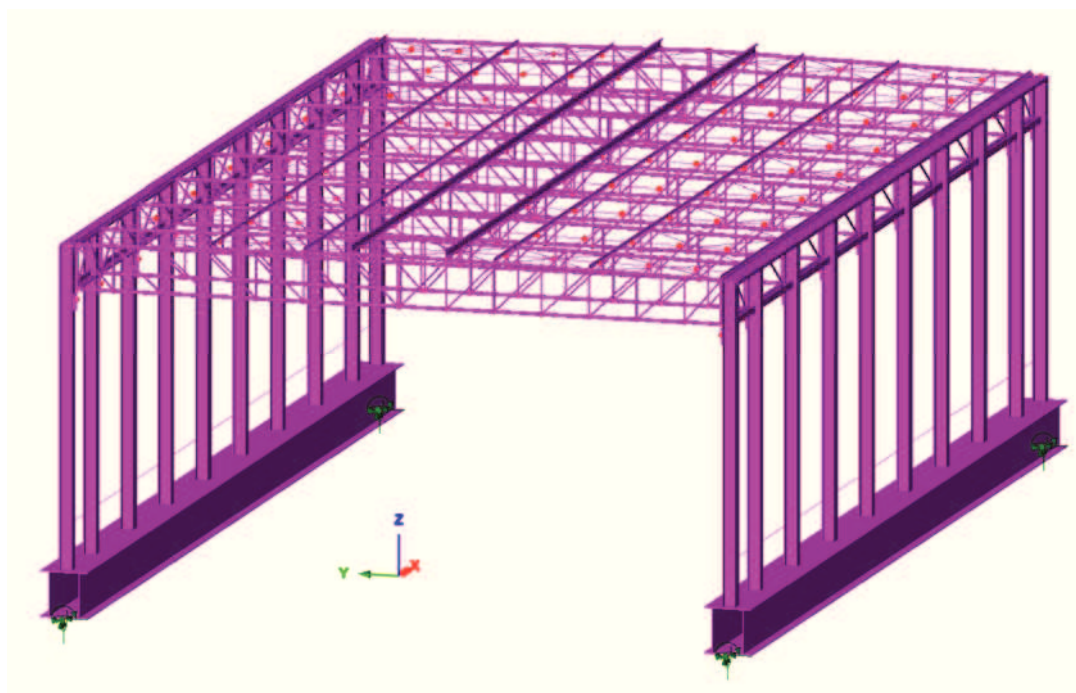


Figura 8-7 – Insieme strutturale del blocco tipologico

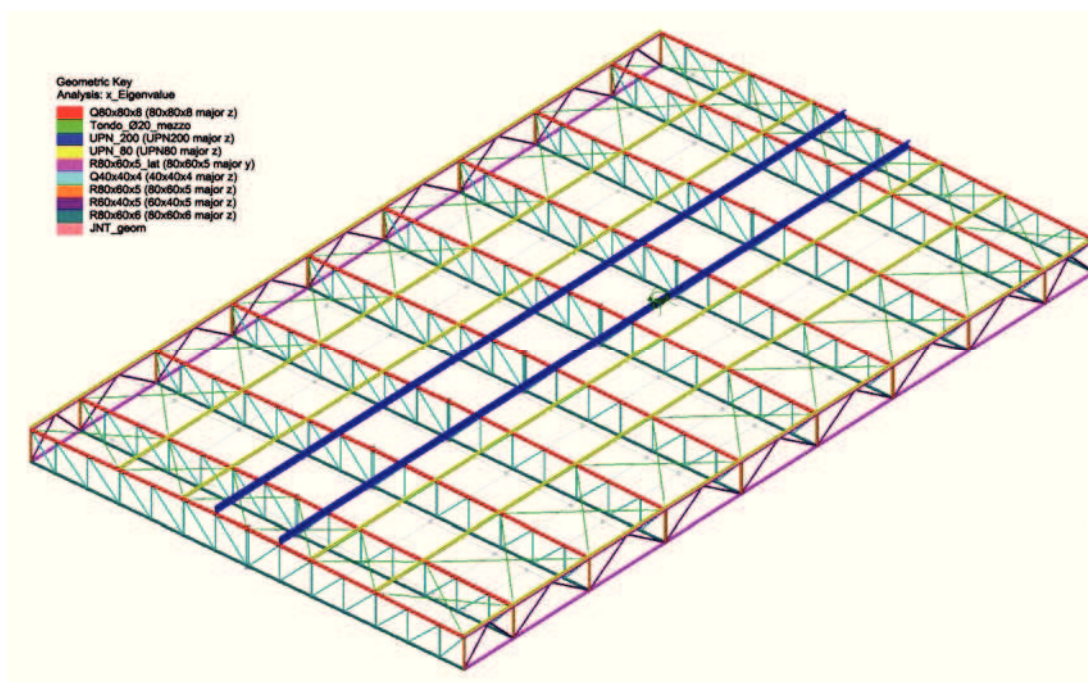


Figura 8-8 – Insieme della STRUTTURA DI COPERTURA

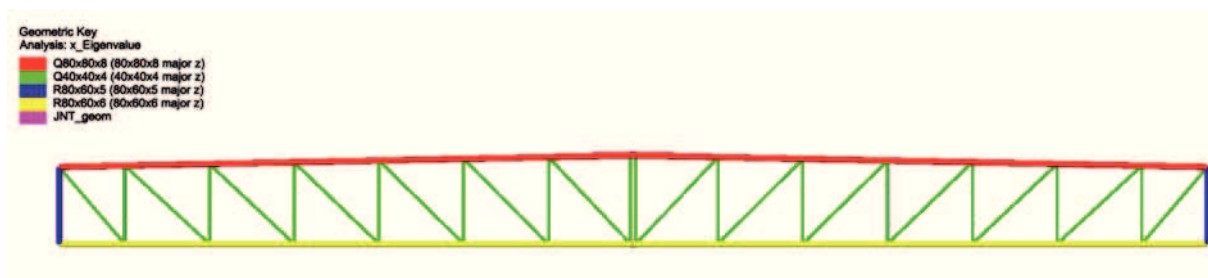


Figura 8-9 – Schema capriate

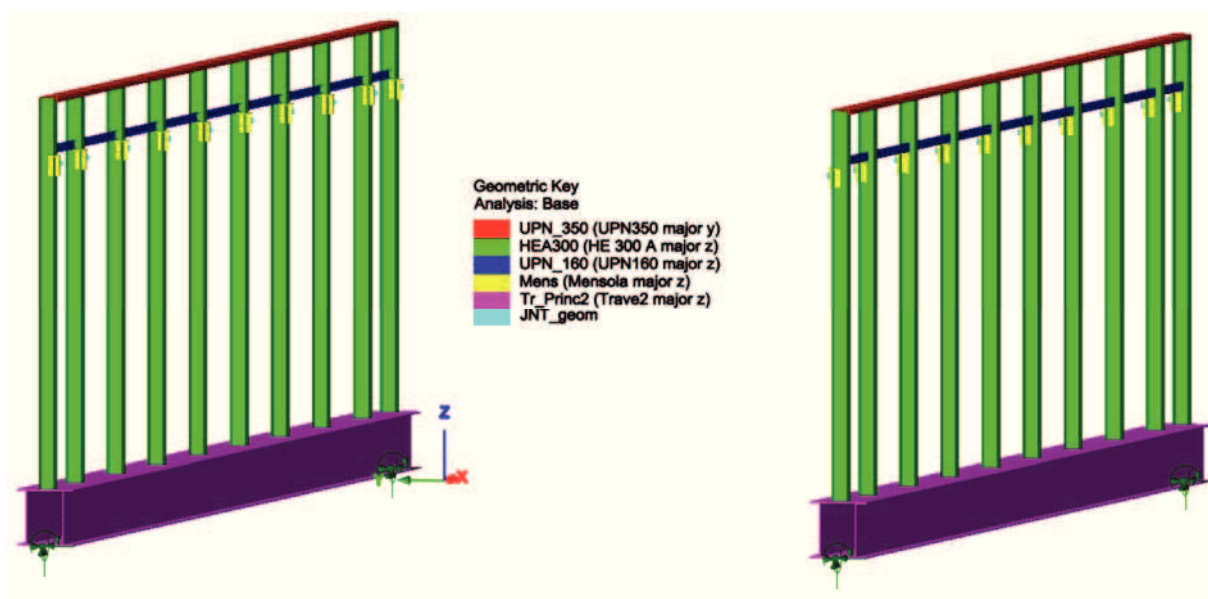


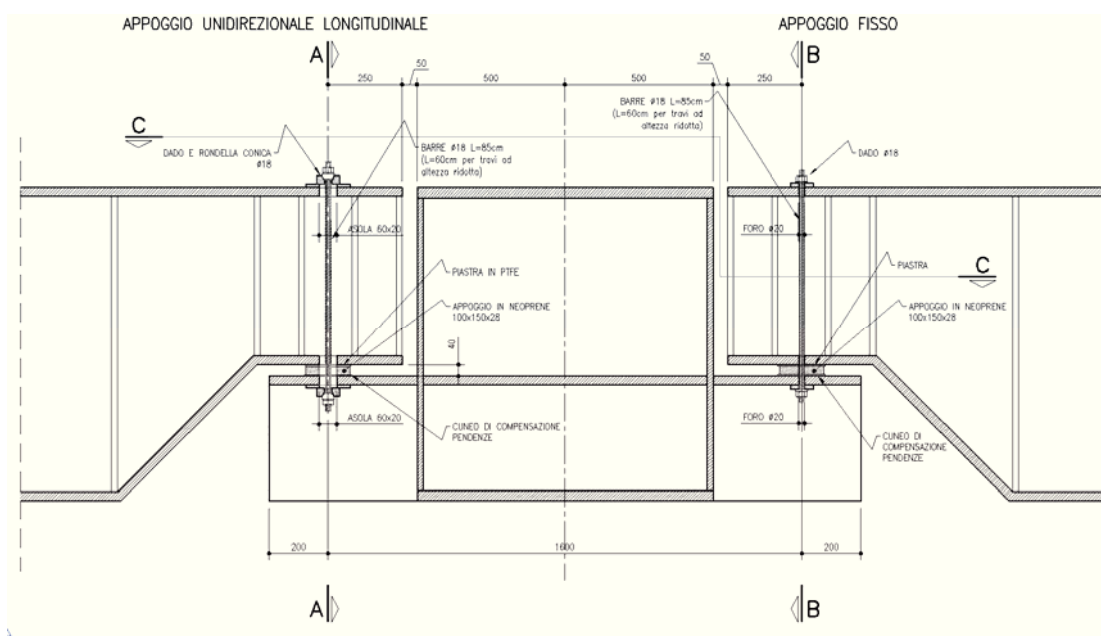
Figura 8-10 – Insieme delle STRUTTURE DI MONTANTE

La struttura di copertura è realizzata mediante una successione di capriate realizzate mediante profili scatolari in acciaio, disposte ad interasse longitudinale pari a 3.00 m per i campi interni e pari a circa 1.95 m (variabile a seconda della diversa lunghezza del singolo blocco di galleria) per i campi estremi. La stabilità nel piano della copertura è garantita dalla predisposizione di bracings realizzati con crociere di tiranti, e da due travi reticolari di bordo.

La struttura di montante è formata da una successione di montanti, posti ad interasse longitudinale identico a quello delle capriate, collegati longitudinalmente da un profilato UPN 350 in testa e un profilato UPN 180 laterale esterno. I montanti sono quindi fissati su di una trave scatolare in acciaio (definita in seguito “trave principale”), che poggia mediante un opportuno sistema di vincolo su apposite espansioni laterali realizzate sulle traverse delle pile esistenti o sulle estensioni di queste ultime.

Il collegamento delle travi principali con le pile viene operata mediante semplici cinematismi che dovranno garantire, oltre all'isostaticità del telaio nei confronti delle espansioni termiche e dei movimenti relativi tra due supporti contigui, anche la trasmissione delle azioni torcenti trasmesse dalla trave scatolare.

Alle estremità di ciascuna trave si prevede pertanto la realizzazione di un vincolo fisso-torsiorigido e rispettivamente di un vincolo longitudinalmente mobile-torsiorigido. Nella pratica, ciò verrà realizzato dai dispositivi schematizzati dalle figure seguenti, nei quali la resistenza nei confronti delle azioni torcenti viene garantita da una coppia di barre precaricate, fissate sugli estradossi della trave longitudinale. Il movimento della struttura viene consentito mediante asolatura dei fori passanti attraverso le piattabande inferiori, e dall'interposizione di cuscinetti in neoprene guarniti da superfici a basso attrito. Il funzionamento "a pendolo" delle barre di fissaggio viene consentito dall'adozione di bulloni a testa sferica, dotati di dispositivo di bloccaggio.



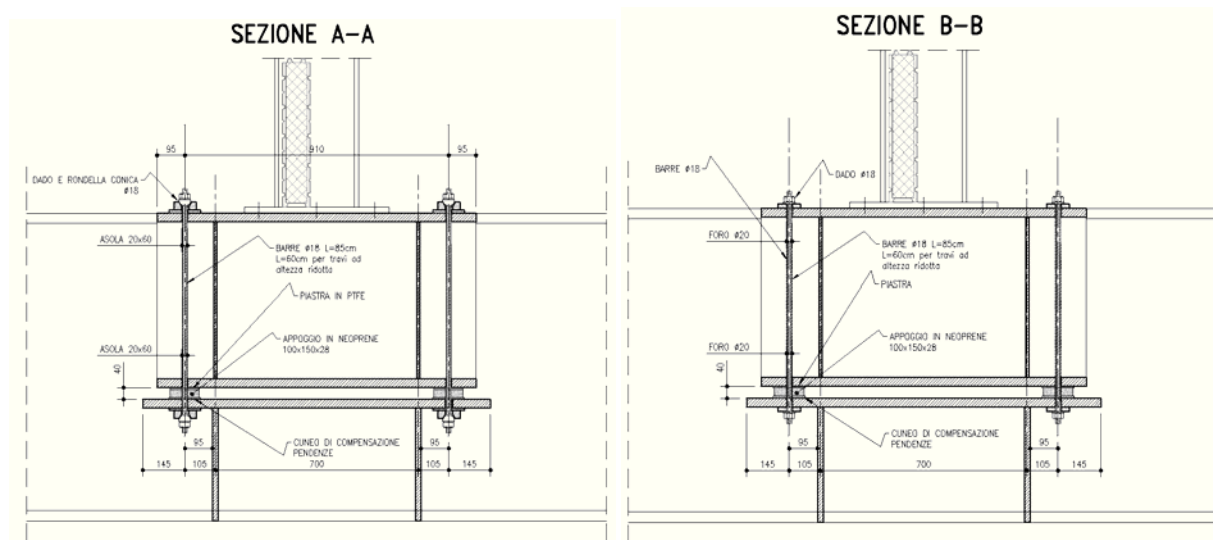


Figura 8-11 - Schema apparecchiature di appoggio

La struttura, così come concepita consente di annullare qualsiasi interferenza con il viadotto esistente, coinvolgendo le sole sottostrutture, a parità di schema strutturale originario.

8.2 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA E CLASSIFICAZIONE

8.2.1 Classe strutturale

La classificazione dell'opera ai sensi di EN 1090-2 viene effettuata sulla base di quanto contenuto nell'annex B.2. della predetta norma, con riferimento a:

Consequence class (CC): CC2

Service Category (SC): SC2

Performance Class: PC2

Si prescrive pertanto (cfr. table B.3) una classe di esecuzione EXC 3.

8.2.2 Azioni del vento

Data la tipologia di struttura, la definizione del periodo di ritorno dell'azione del vento viene fissata in $T_r = 50$ anni.

Di seguito i parametri assunti per la definizione delle azioni del vento (cfr. CNR-DT 207-2008/EN 1991-1-5):

Zona: 7

Categoria sito: IV

Quota di riferimento: 35

8.2.3 Azioni sismiche

Le verifiche vengono effettuate considerando un comportamento della struttura essenzialmente elastico ($q=1$).

I parametri adottati per la definizione delle azioni sismiche sono i seguenti:

- Vita utile dell'opera 50 anni
- Classe d'uso IV $C_u = 2.0$
- Vita di riferimento 100 anni

I parametri legati al sito e alle caratteristiche del terreno risultano i seguenti:

- Comune: Genova (GE)
- Categoria di sottosuolo: C
- Condizione topografica: T1

8.3 VERIFICHE STRUTTURALI ESEGUITE

8.3.1 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche vengono sviluppate con riferimento al quadro normativo Nazionale ed Europeo, completato rispettivamente dalle rispettive istruzioni (circolari) e Annessi Nazionali, emessi con D.M. 31 luglio 2012, nel puntuale rispetto del carattere di cogenza del vigente Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-08")

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008

Circ. 2 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008

D.M. 31 luglio 2012: Approvazione della Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'approvazione degli Eurocodici

CNR-DT 207-2008: Istruzioni per la valutazione degli effetti dell'azione del vento sulle costruzioni

UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento

UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche

UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti

- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
- UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
- UNI EN 1994-1-1: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090-1: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali
- UNI EN 1090-2: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti tecnici per strutture in acciaio.

8.3.2 Sintesi analisi e verifiche

8.3.2.1 Analisi strutturali

La determinazione del quadro tensodeformativo dell'opera è stata effettuata attraverso lo studio di differenti modelli caratterizzati da differenti livelli di complessità. La ripetitività delle campate del viadotto, che si succedono con ampiezza pressoché costante, ha consentito di studiare separatamente l'assieme copertura/montanti/travi d'appoggio mediante un modello singolo, in grado di rappresentare la condizione di lavoro del singolo modulo copertura.

Sfruttando l'isostaticità del sistema, l'interazione del modulo copertura con le sottostrutture dell'opera esistente, l'analisi dell'interazione sull'opera esistente è stata effettuata tramite semplici modelli delle pile isolate, assoggettate ai carichi indotti da:

- Travata esistente
- Carpenterie aggiuntive per installazione copertura (espansioni laterali pulvini)
- Reazioni verticali e orizzontali trasmesse dalla copertura

In questo caso, la modellazione è stata limitata quindi al semplice telaio di pila. La dinamica del sistema viene in questo caso analizzata schematizzando opportunamente le masse della copertura con le effettive eccentricità.

L'interazione fondale è stata modellata mediante applicazione di molle a comportamento linearizzato.

8.3.2.2 Verifiche

Sono state effettuate tutte le analisi strutturali e verifiche previste dall'attuale livello di progettazione (progettazione definitiva). In particolare:

- Verifica membrature metalliche dell'assieme copertura, montanti e travi di appoggio
- Valutazione quadro deformativo locale e globale dell'assieme copertura, montanti e travi di appoggi
- Valutazione portate appoggi assieme copertura
- Verifica membrature di collegamento copertura/opera esistente
- Verifica di sicurezza sistema pulvino/pile/fondazioni esistenti
- Dimensionamento interventi di adeguamento (eventuali) del sistema pulvino/pile/fondazioni esistenti

Come meglio descritto nel capitolo seguente, descrittivo dell'opera esistente, le travate dell'opera esistente non vengono coinvolte nell'intervento, rimanendo immutata la configurazione originaria, lo schema statico, nonché i carichi permanenti originari. NON viene ritenuta necessaria pertanto la predisposizione di alcun intervento di adeguamento.

E' stata in ogni caso predisposta, nell'intento di mettere in evidenza eventuali vizi pregressi o carenze, una specifica verifica di sicurezza degli elementi principali delle travate, sviluppata sulla base dei criteri e modelli di carico introdotti dall'attuale quadro normativo. Tali analisi e verifiche, riportate in ALLEGATO, hanno dato esito positivo.

Relativamente alle opere di fondazione, poiché l'area di intervento è in prossimità di una sorgente di acque solfuree, per garantire una protezione contro la corrosione delle armature, è stato considerato un opportuno spessore "sacrificale" delle armature dei micropali di fondazione, in modo da mantenere i coefficienti di sicurezza entro i limiti anche a seguito di eventuali riduzioni di spessori di armatura.

8.4 OPERA ESISTENTE E LIVELLI DI CONOSCENZA

La presenza di un soddisfacente set di elaborati costruttivi originari dell'opera, è stata integrata da una specifica campagna di indagine, concentrata sulle sottostrutture, attraverso la quale si ritiene di aver conseguito un livello di conoscenza "completo".

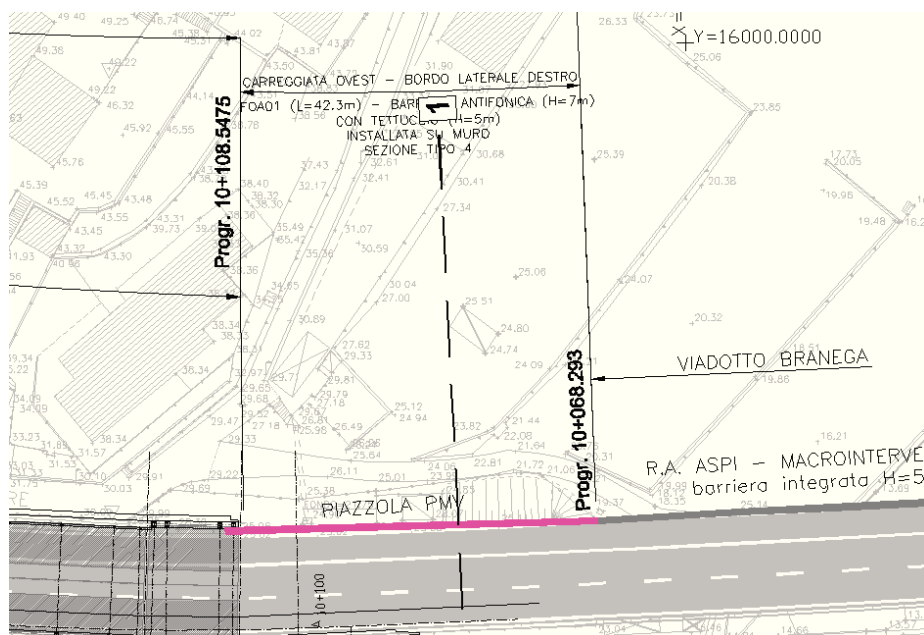
In ALLEGATO si riporta il piano di indagine e la relazione contenente i risultati.

9. BARRIERE ANTIRUMORE

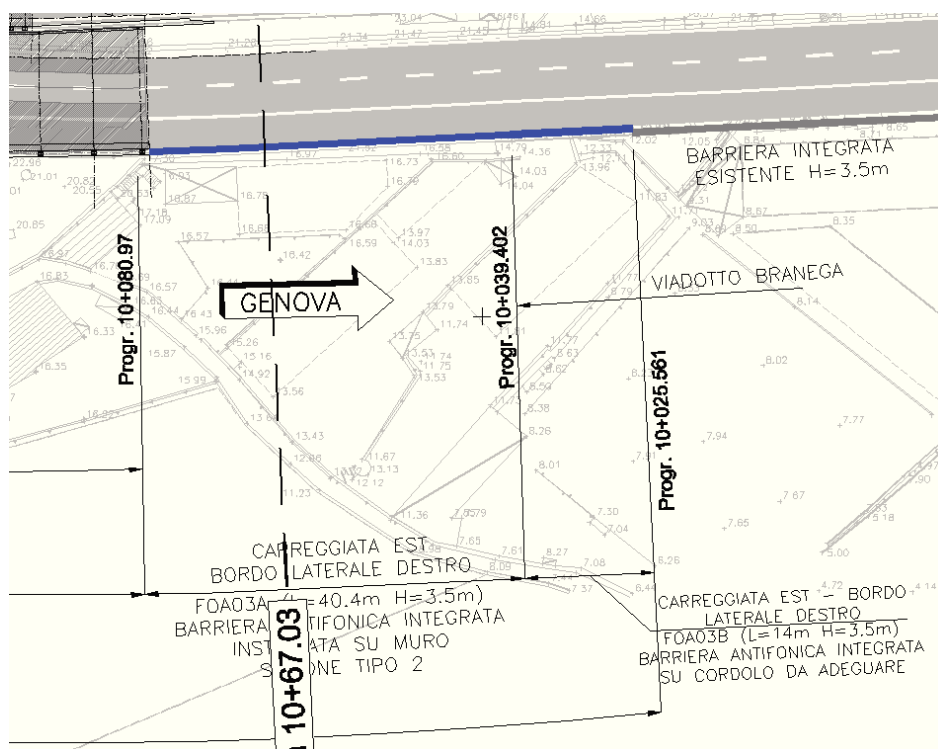
Nel progetto è prevista la realizzazione di barriere antirumore che completano l'intervento di risanamento acustico sul tratto dell'autostrada A10, nella zona di Prà Palmaro, oltre le coperture antirumore di cui al paragrafo precedente.

In particolare è prevista la realizzazione delle seguenti tratte di barriere:

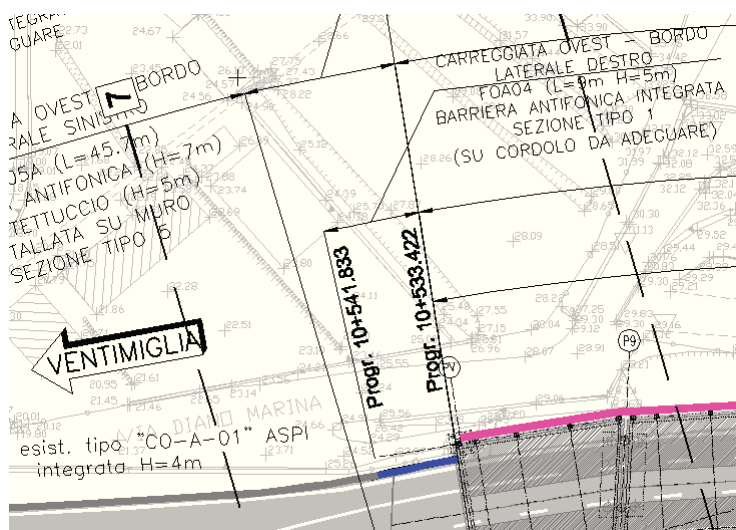
Tipologia Standard	Descrizione tipo fondazione	Altezza acustiche barriere							Totale complessivo (m)
		2.00	3.50	5.00	7.00	10.00	12.00		
ST-03	con fondazione su cordolo in c.a.	245	-	-	-	-	-		245
ST-05	con fondazione su muro con micropali.	-	-	-	-	-	48		48
ST-12	Su muro di controripa con muretto	-	-	90	100	42	93		325
ST-15	integrata su cordolo continuo con micropali	-	-	97.5					97.5
ST-17	integrata su muro di sostegno in c.a.		14	98.5					112.5
ST-18	integrata su muro di sostegno in c.a. con micropalo		40.25	43.25					83.5
ST-21	Copertura artificiale antirumore							987	987
Totale		245	54.25	329.25	100	42	141	987	1898.5



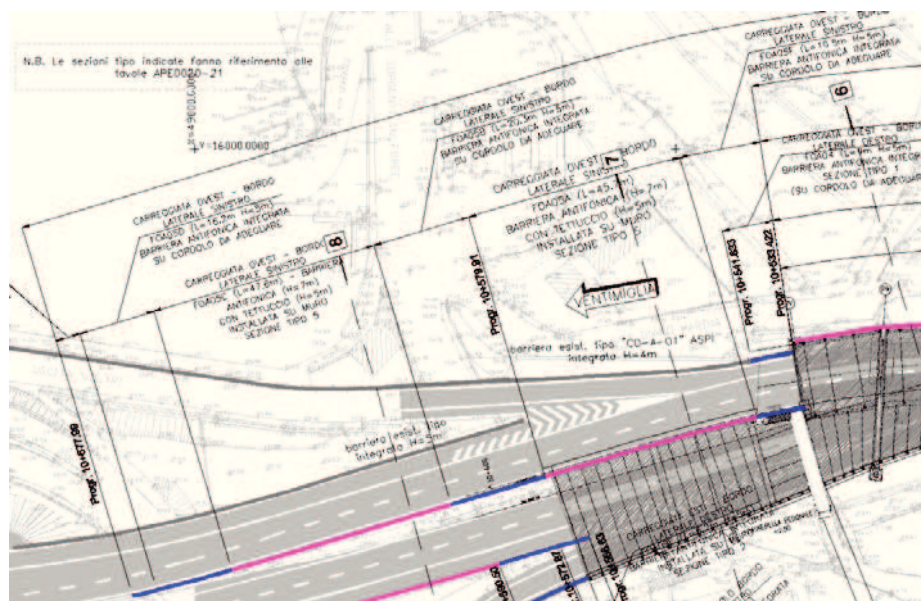
Barriera antifonica FOA01: tratto di protezione acustica sul lato destro della carr. ovest, dopo il v. Branega e fino all'imbocco della copertura antirumore;



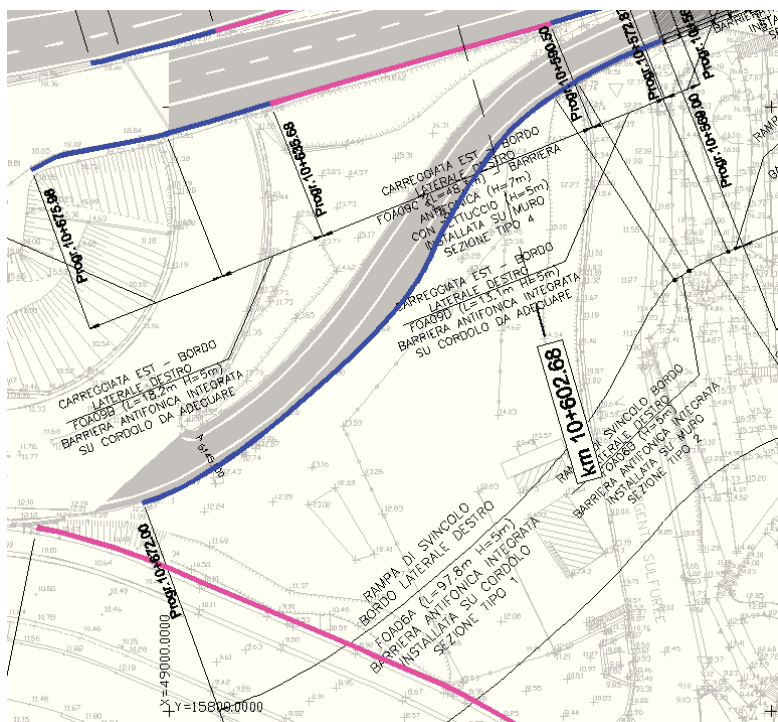
Barriera antifonica FOA03: tratto di protezione acustica sul lato destro della carr. est, dopo la copertura antirumore in carr. este e prima del v. Branega;



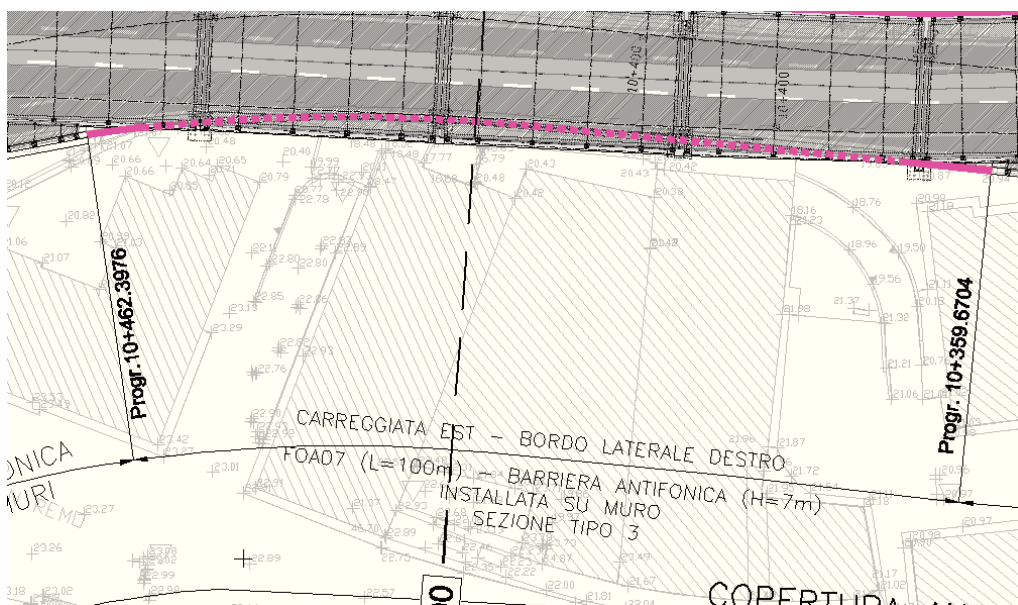
Barriera antifonica FOA04: tratto di protezione acustica sul lato destro della carr.ouest, dopo la copertura antirumore e di raccordo alla barriera antirumore esistente;



Barriera antifonica FOA05: tratto di protezione acustica sul lato sinistro della carr.ouest, dopo la copertura antirumore



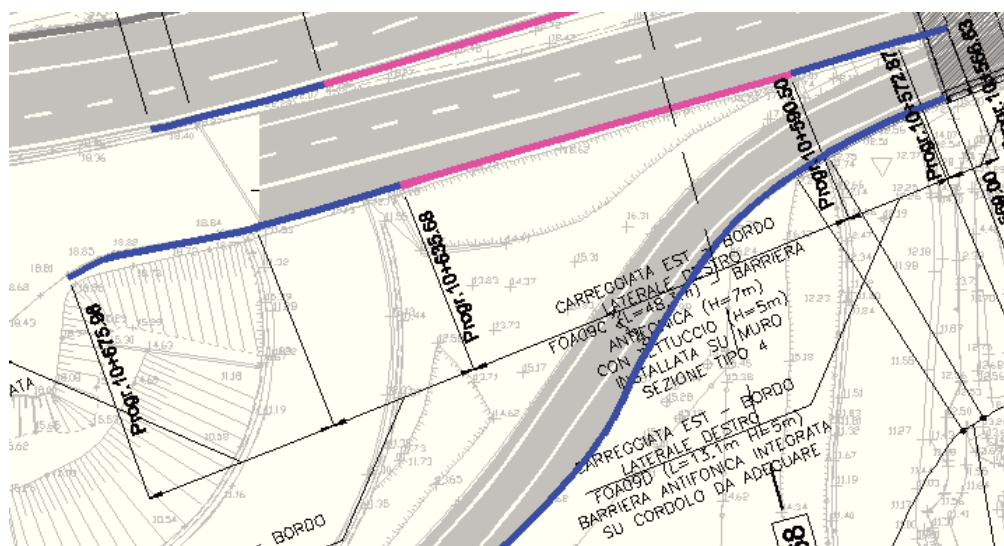
Barriera antifonica FOA06: tratto di protezione acustica sul lato destro della rampa di ingresso in carr.est dallo svincolo di Voltri e fino all'inizio della copertura antirumore in carr. Est



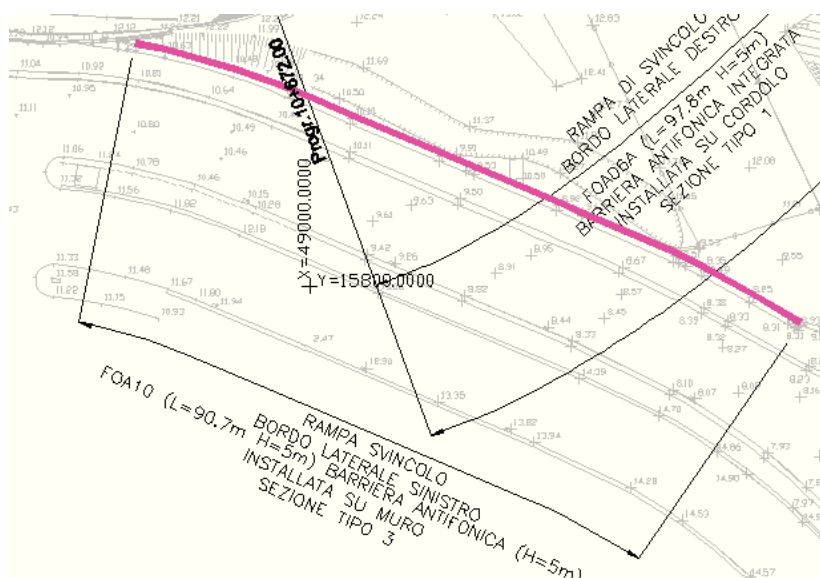
Barriera antifonica FOA07: tratto di protezione acustica sul lato destro della carr.est, nella zona ove le due carreggiate autostradali risultano sovrapposte (carr.ovest sul v.Palmaro);



Barriera antifonica FOA08: tratto di protezione acustica sottostante il v. Palmaro, sul lato rivolto verso Nord;



Barriera antifonica FOA09 (A - B - C - D - E): tratto di protezione acustica sul lato destro della carr.est, a partire da poco prima del sottovia di svincolo di Voltri e fino all'inizio della nuova copertura antirumore;



Barriera antifonica FOA10: tratto di protezione acustica sul lato sinistro della rampa di uscita dallo Svincolo di Voltri su via delle Sorgenti Sulfuree e riservata al personale addetto di Autostrade per l'Italia.

Le tipologie di barriere antirumore previste sono delle seguenti tipologie:

1. Tradizionali, istallate su muri a L con micropali
2. Integrate, istallate su nuovi cordoli su micropali o riqualifica di cordoli esistenti opere d'arte

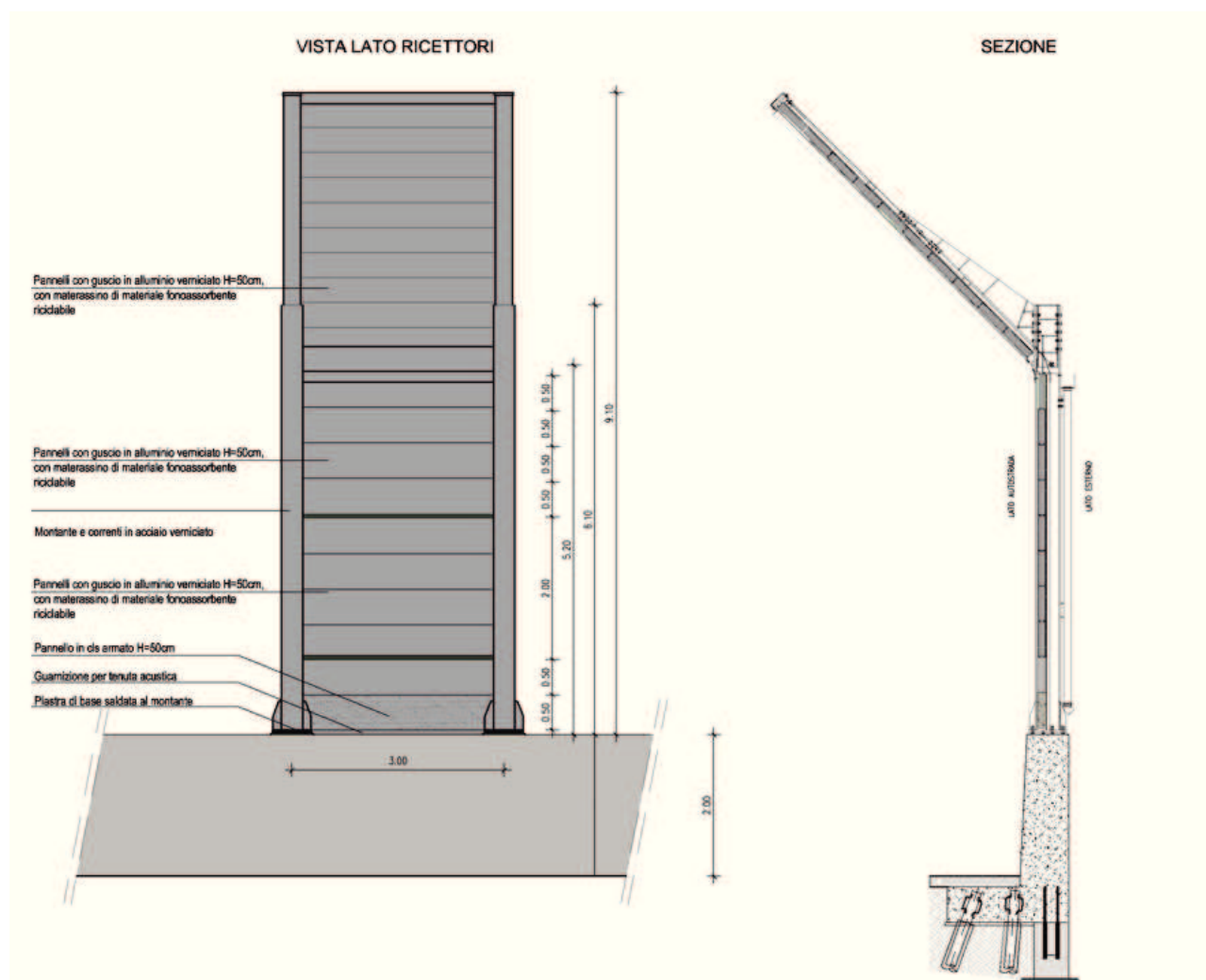


Figura 9-1: barriera antirumore su muro tipo a L con micropali

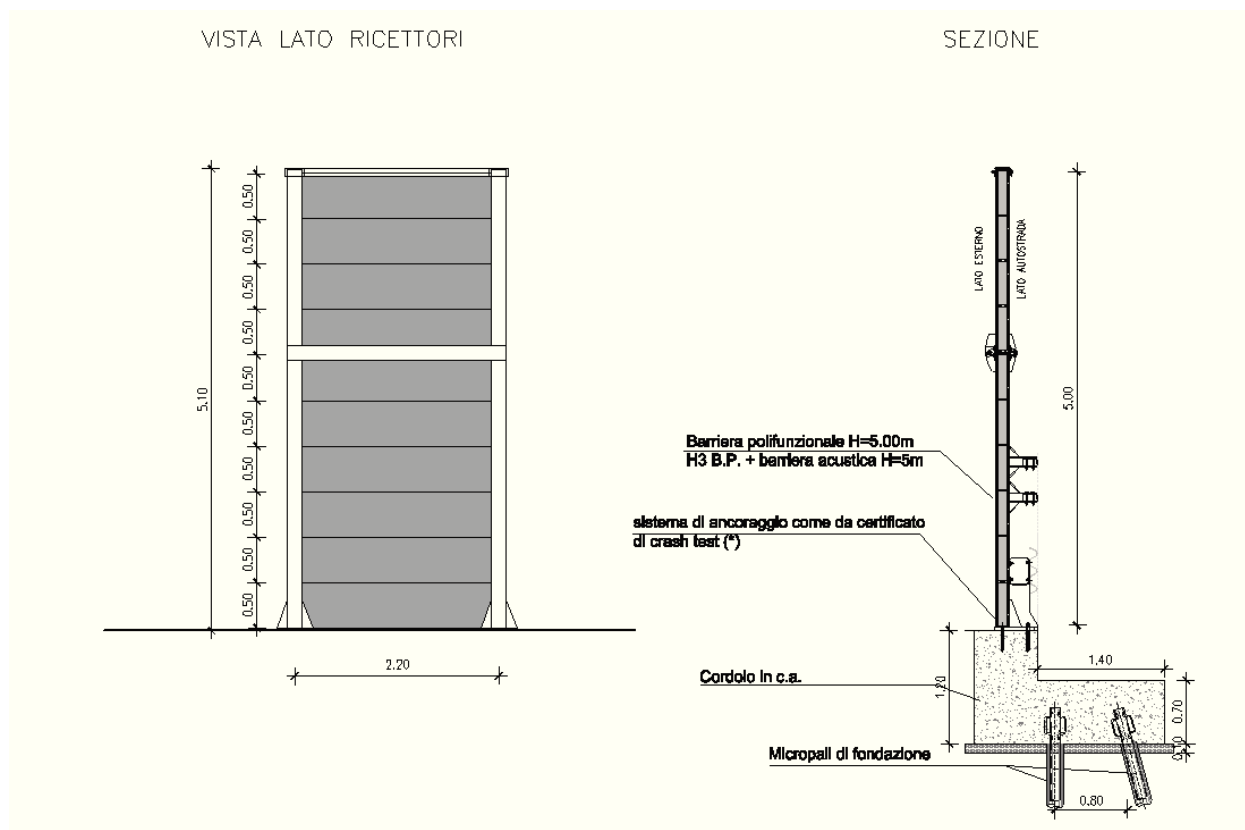


Figura 9-2: barriera antirumore integrata su cordolo con micropali

Solo per la barriera antirumore FOA08, installata per la protezione antirumore sotto il v.Palmaro lato monte, è previsto un particolare ancoraggio su cordolo (lato basso) e un ancoraggio sulla trave longitudinale del viadotto (lato alto), vedi elab.AUA010 e APE037.

10. BARRIERE DI SICUREZZA

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari relative all'acquisizione dei seguenti dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto, riguardanti l'andamento planimetrico, altimetrico, sezioni tipo e sezioni correnti:

- l'altezza dei rilevati, la pendenza delle scarpate e la larghezza degli arginelli;
- le caratteristiche geometriche dei cordoli di bordo delle opere d'arte (ponti, viadotti, sottovia);
- gli ostacoli lungo il bordo dell'autostrada (cartelli di segnaletica, pali d'illuminazione, manufatti vari, ecc.);

Nello sviluppo del progetto delle barriere sono state svolte le seguenti attività:

- a) definizione della classe minima delle barriere di sicurezza per i diversi elementi infrastrutturali presenti in progetto;
- b) definizione delle modalità d'installazione dei diversi tipi di barriera previsti, in funzione delle caratteristiche costruttive dei bordi stradali e delle opere d'arte nonché della presenza di barriere antifoniche o altri ostacoli a bordo strada.

Il progetto è corredato dai seguenti elaborati grafici:

- dettagli tipologici e transizioni di progetto;
- particolari costruttivi;
- planimetria dello stato attuale e rimozioni Carr. Est e Ovest;
- planimetria di progetto Carr. Est e Ovest.

Per ragioni di uniformità, sia relativamente allo specifico intervento sia al più esteso programma di sostituzione sulla rete di competenza di Autostrade per l'Italia degli attuali impianti di sicurezza installati sulle opere d'arte, all'interno degli elaborati grafici sono stati individuati dettagli tipologici definiti secondo codici alfanumerici. Negli elaborati strutturali si è poi provveduto a definire e a dettagliare l'effettiva modalità di intervento sui supporti esistenti (cordoli di opere d'arte, muri di sostegno) in relazione alle specifiche caratteristiche delle opere interessate e a definire i nuovi supporti (cordoli gettati in rilevato).

10.1 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.6.2004, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada e della classe di traffico che la impegna. Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per un'autostrada extraurbana - classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "*Nuovo Codice della Strada*". Nel tratto in esame risultano condizioni di traffico di tipo III. Infatti, come mostrato in Tabella 5, i valori di TGM bidirezionali

sono molto maggiori di 1,000 veicoli/giorno e la percentuale di veicoli pesanti è superiore al 15% indicato nella norma.

Viadotto	Autos	Carr	Tratta	TGM (tot)	TGM (vp)	%vp	Classe DM 2004
Sottovia Sorgenti Sulfuree e O.M.	A10	E/O	Genova Pegli - Genova Voltri	30,012	4,507	15,02%	III

Tabella 5 - dati di traffico (anno 2012 valori TGM medio sulle due carreggiate, fonte ASPI)

Pertanto le classi minime di contenimento per le barriere da installare sono:

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte (1)
Autostrade	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
<ul style="list-style-type: none"> per ponti e viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 m; opere di luce minore sono equiparate al bordo laterale analogamente al caso di muri di sostegno 				

Tabella 6 - classi minime di contenimento da D.M. 21.6.2004

Sulle opere d'arte si adotteranno barriere di classe H4 per limitare il rischio di caduta di automezzi sulla sede sottostante; per le relative ali funzionali verranno adottate barriere di classe minima H3.

I dispositivi di ritenuta da impiegare in opera dovranno essere tutti dotati di marcatura CE ai sensi del D.M. 28.06.2011 e della norma UNI EN 1317-5. Negli elaborati di progetto e nella presente relazione tecnica sono indicati i requisiti prestazionali delle diverse barriere utilizzabili in progetto.

Per ragioni di uniformità nell'ambito dell'intero programma di sostituzione degli attuali impianti di sicurezza installati sulle opere d'arte e più in generale degli interventi di sostituzione e potenziamento delle barriere di sicurezza su tutta la rete di competenza di Autostrade per l'Italia, è stato previsto il ricorso ad un set specifico di barriere di riferimento.

Per una trattazione più approfondita e una descrizione di dettaglio del progetto si rimanda alla Relazione Tecnica delle Barriere di Sicurezza (STD040) e ai relativi elaborati grafici.

11. SEGNALETICA

11.1 PREMESSA

Nel presente capitolo si illustrano i contenuti ed i criteri di base del progetto della segnaletica all'interno del Progetto Esecutivo degli interventi relativi al Piano di Contenimento ed Abbattimento del Rumore del tratto di Autostrada A10 Genova - Savona, compreso tra le chilometriche 10+025 e 10+605.

Il progetto definisce la segnaletica orizzontale e verticale da installare lungo il tratto autostradale citato e individua le relative regole d'installazione e posa, in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente richiamata nel seguito.

Nelle planimetrie di progetto, per completezza informativa, è rappresentata anche la segnaletica d'informazione all'utenza (pannelli a messaggio), non oggetto della presente progettazione.

Per quanto riguarda i contenuti dei segnali di preavviso d'intersezione, di direzione e d'itinerario extraurbano, essi sono da ritenersi provvisori e solo indicativi in termini di contenuto; tali segnali dovranno infatti essere preventivamente valutati ed eventualmente modificati prima della realizzazione ed apposizione sulla base delle indicazioni che dovessero pervenire rispettivamente dal Sottocomitato per la Toponomastica, se ricadenti in ambito autostradale, ovvero dagli Enti gestori di competenza, nel caso di segnali ubicati lungo le altre viabilità non autostradali.

11.2 LIMITI DI INTERVENTO

L'intervento in oggetto, in termini di lavorazioni, si colloca tra le progressive 10+025 e 10+605 della attuale autostrada A10 (Genova - Ventimiglia), in un tratto in cui la sede autostradale attraversa la zona densamente abitata di Palmaro di Pra', nel territorio comunale di Genova.

All'interno del tratto in oggetto ricadono inoltre:

1. lo svincolo di Genova Voltri (esistente);
2. la galleria fonica in carreggiata est ed ovest (di progetto);

Subito al di fuori dai limiti fisici dell'intervento, ma comunque in adiacenza ad esso e rilevanti per il posizionamento della segnaletica verticale, in particolar modo di quella di indicazione, si trovano il viadotto Branega (carreggiata est ed ovest) e la galleria naturale Di Prà in carreggiata ovest.

11.3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo delle analisi ingegneristiche sono state eseguite le attività preliminari relative all'acquisizione dei dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto, riguardanti sostanzialmente andamento planimetrico, altimetrico, sezioni tipo e sezioni correnti. Il progetto della segnaletica è quindi corredato, oltre che dalla seguente relazione descrittiva, dai seguenti elaborati:

- planimetrie stato di fatto;
- planimetrie di progetto;
- particolari costruttivi della segnaletica orizzontale e verticale;

Per quanto riguarda invece le strutture di sostegno della segnaletica verticale e le relative fondazioni, la documentazione corrispondente ricade all'interno dell'ambito progettuale relativo al dimensionamento strutturale.

11.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Riferimenti Normativi

A1. D.Lgs. 30 aprile 1992, n°285

Nuovo codice della strada. Testo aggiornato in base alla Legge 286/2006 del 29.11.2006. Aggiornato al D.M. 17-12-2008, (G.U. 30-12-2008, n° 303)

A2. D.P.R. 16 Dicembre 1992 n°495

Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada. Aggiornato al D.P.R. 6 marzo 2006, n°153

A3. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792

Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade e relativo decreto di modifica del 22 aprile 2004

A4. D.M. 31 marzo 1995, n°1584 (G.U. n. 106 del 9.5.19 95)

Approvazione del disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali

A5. DIRETTIVA 24 OTTOBRE 2000

Approvazione del disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali

A6. D.M. 10 luglio 2002 (G.U. n. 226 del 26.09.2002)

Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo

A7. D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04)

“Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”.

A8. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G:U: n. 63 del 16.03.92)

Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza.

A9. Direttiva Min. LL. PP. n. 335 del 16/02/1993

Direttiva sulla circolazione stradale in caso di nebbia ed elenco dei tratti autostradali particolarmente sensibili per la sicurezza, in relazione al fenomeno di nebbia

Standard di Autostrade per l’Italia

A10. SMA/ARD 16 gennaio 1996

“Proposte ed integrazioni al nuovo codice della strada - segnaletica verticale autostradale -soluzioni segnaletiche di dettaglio.”

A11. Segnaletica antinebbia - giugno 1998

“Interventi di segnaletica orizzontale antinebbia di 3° livello, relativa segnaletica verticale didattica e delineatori stradali.”

A12. Segnaletica di Indicazione dei "Punto Blu"- "Schemi di massima e particolari costruttivi della segnaletica da adottare in avvicinamento e in corrispondenza dei Punto blu" del 26 Novembre 2004

A13. *“Segnaletica di indicazione delle modalita’ di pagamento - Schemi di massima e particolari costruttivi della segnaletica verticale e orizzontale in avvicinamento ed in corrispondenza delle stazioni a barriera e intermedie.”* - VTP 2005

A14. DRES/NSR/Segnaletica - aprile 2007

“Progetti di Segnaletica - Norme Tecniche”

A15. DRES/NST/Segnaletica - giugno 2009

Allestimento Gallerie

A16. DPSC/GOR/MPE-DPSC/GOR/GTR - giugno 2011

“Criteri e Standard di Progettazione relativi ad installazioni di segnaletica verticale ad alto impatto (livelli 1 e 2) in avvicinamento ed in corrispondenza dei tratti curvilinei - Interventi per il miglioramento della sicurezza”

Norme Uni

A17. UNI EN 1436: 2008

Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada;

A18. UNI EN 1463-1: 2004

Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Requisiti delle prestazioni iniziali;

A19. UNI EN 12899 1-5

Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale;

A20. UNI 11154: 2006 Segnaletica stradale - Linee guida per la posa in opera - Segnaletica orizzontale.

11.5 CRITERI PROGETTUALI

I criteri progettuali utilizzati sono stati definiti nel rispetto del “Nuovo codice della Strada” (D. Lg.vo n. 285/92) e del relativo “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada” (D.P.R. n. 495/92). Le soluzioni progettuali sono inoltre state individuate sulla base degli standard in uso sulla rete autostradale di competenza di Autostrade per l'Italia (altresì “standard Aspi”).

A causa tuttavia dei vincoli inamovibili (esistenti o di progetto) presenti in sequenza ravvicinata lungo il tratto in esame, con particolare riferimento alla presenza di opere d'arte (galleria fonica, viadotto Branega e galleria Di Prà) e barriere antifoniche di altezza rilevante, non è stato possibile applicare interamente lo standard di Autostrade per l'Italia (SMA/ARD 16 gennaio 1996) riguardante la segnaletica di indicazione in approccio alla rampa di svincolo di Genova Voltri in direzione ovest.

Conseguentemente lo schema standard ASPI con le seguenti posizioni delle targhe di indicazione (nel caso di carreggiata a due corsie):

- Pos. C) in cuspide - segnale di conferma con funzione direzione, targa su carreggiata
- Pos. D) a 250 m - segnale di corsia con funzione direzione, targa su carreggiata
- Pos. E) a 500 m - segnale di itinerario, targa lato carreggiata
- Pos. F) a 700 m - segnale di corsia con funzione di preavviso, targa su carreggiata o a lato carreggiata

è stato modificato nel modo seguente:

Pos. C): viene confermato il portale esistente.



Pos. D): è stata prevista una targa in posizione laterale anziché ubicata al di sopra della carreggiata a causa dei ridotti franchi disponibili all'interno della galleria fonica, in considerazione delle particolari problematiche strutturali, dei vincoli al contorno e della efficacia schermante della struttura.

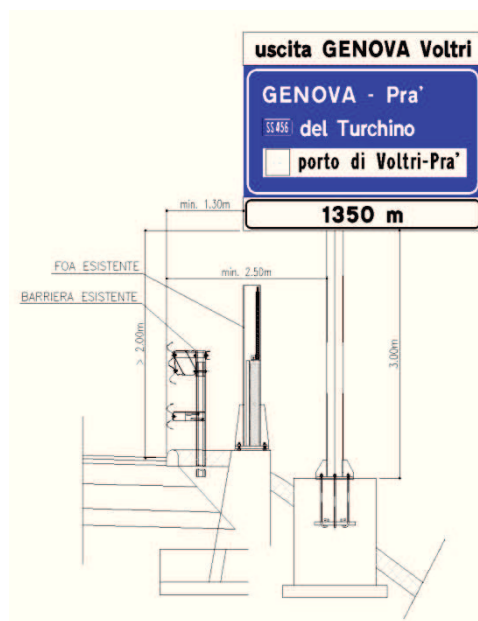
Tale targa verrà ancorata lateralmente alla struttura della galleria fonica e avrà dimensioni 200x200cm; in questo modo verrà comunque garantito quanto previsto dall' art. 81 del regolamento del CdS, il quale stabilisce, al comma 2, che, in caso di mancanza di spazio ed in situazioni interessate da vincoli particolari, i segnali verticali possano essere installati anche lungo il filo del pavimentato stradale a patto che non sporgano sulla carreggiata. Inoltre l'altezza della targa rispetto al cordolo del viadotto incluso all'interno della galleria fonica dovrà essere di almeno 2,00m a causa della presenza della rete di protezione installata a tergo della barriera di sicurezza ed avente appunto tale altezza massima.



Pos. E): la targa degli itinerari è stata prevista a circa 1,350m dall'uscita di Genova Voltri, in luogo della distanza standard di 500m, vista la mancanza di spazi adeguati per la sua collocazione per via della presenza di barriere fonoassorbenti di altezza rilevante sul margine laterale e di un PMV alla chilometrica circa 10+100 e della galleria Di Prà.

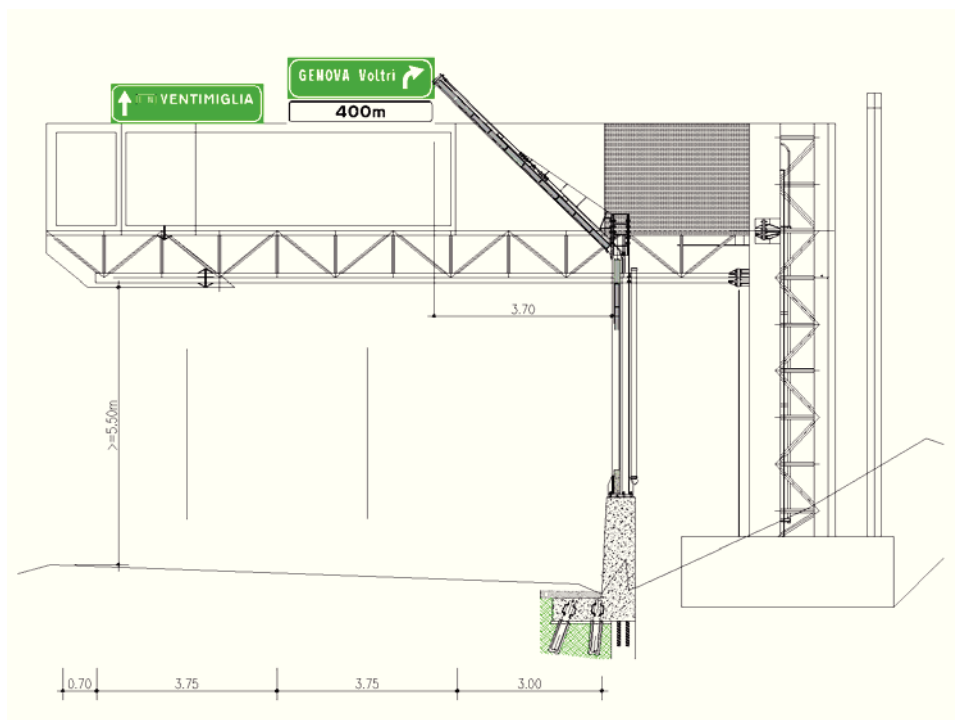
In particolare, nel tratto compreso tra la galleria Di Prà e la galleria fonica di progetto, non è stato possibile adottare la soluzione con installazione sul margine laterale e portale a bandiera in scavalco della barriere fonoassorbenti esistenti in quanto, in questa configurazione, qualsiasi posizione avrebbe creato problemi di oscuramento del PMV esistente ivi ubicato. Viceversa una collocazione del segnale più vicino all'imbocco ovest della galleria Di Prà avrebbe compromesso la leggibilità della targa di progetto stessa in uscita dalla galleria. Similmente altre problematiche sono state riscontrare valutando l'inscrivibilità della struttura di sostegno e del segnale nello spazio tra le due carreggiate esistenti per via dell'assenza di un adeguato spazio per la deformazione delle barriere di sicurezza e nuovamente per interferenza visiva con il PMV esistente.

La targa di progetto è stata quindi posizionata alla pk 9+150 circa, ad est cioè della galleria Di Prà, su struttura a monopalo, a tergo della barriera fonoassorbente esistente, prevedendo un'altezza tra la base della targa e il ciglio pavimentato di almeno 2,00m (figura sotto).



Pos. F): le targhe hanno dovuto necessariamente essere posizionate sopra il PMV, ultima posizione utile al di sopra della carreggiata prima dell'imbocco della galleria fonoassorbente, tenuto conto che posizioni più

arretrate avrebbero generato le medesime problematiche evidenziate nella posizione E (interferenza visiva con il PMV stesso).



12. ACUSTICA

In attuazione del Piano di Contenimento ed Abbattimento del Rumore predisposto da ASPI nel giugno 2007, si è proceduto alla progettazione acustica di dettaglio di parte del tratto di Autostrada A10 tra le chilometriche 10+025 e 10+605 ricadente nel Macrointervento 8, fino a oggi non sviluppato in attesa della definizione della soluzione progettuale da sviluppare.

Obiettivo del progetto acustico è il contenimento dei livelli sonori di esposizione della popolazione all'interno dei limiti previsti dal Decreto del Presidente della Repubblica 30 Marzo 2004 recante Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (GU n. 127 del 1 giugno 2004).

Per i ricettori posti oltre i 250 m, i cui valori limite di immissione dei livelli sonori sono indicati dalla la zonizzazione acustica del comune, le eventuali opere di bonifica potranno essere effettuate esclusivamente tramite interventi diretti, in quanto a tali distanze l'efficacia degli interventi sulle vie di propagazione (barriere, coperture) è trascurabile. Pertanto il dimensionamento delle barriere antirumore è da ritenersi attendibile anche in presenza di nuove/esistenti zonizzazioni comunali, in quanto il rispetto dei limiti di zonizzazione non porterà a sensibili varianti geometriche degli interventi previsti.

Nell'approccio metodologico seguito per lo studio acustico in oggetto, si distinguono le seguenti fasi:

1. Acquisizione della documentazione inerente al territorio con la sua morfologia e le sue problematiche;
2. Analisi della legislazione esistente e conseguente definizione dei limiti per la zona interessata dall'intervento;
3. Individuazione dell'area di studio, censimento e classificazione dei ricettori in essa ricadenti nonché individuazione delle sorgenti di rumore;
4. Misure acustiche di caratterizzazione della sorgente di rumore oggetto di studio (autostrada A10), finalizzate alla verifica di attendibilità (taratura) del modello di simulazione acustica;
5. Determinazione dei limiti di immissione per effetto della concorsualità (D.M. del 29/11/2000);
6. Implementazione e taratura del modello acustico;
7. Definizione dello scenario ante operam con traffico veicolare di progetto (proiezione a 5 anni);
8. Individuazione degli interventi di mitigazione acustica;
9. Definizione dello scenario post operam con traffico veicolare di progetto (proiezione a 5 anni).

Tramite l'impiego di apposito software di simulazione acustica si è quindi pervenuto al dimensionamento delle mitigazioni acustiche necessarie a conseguire gli obiettivi di mitigazione sopra indicati e tecnicamente fattibili considerando i vincoli presenti sul territorio e indicati nei capitoli precedenti della presente relazione.

L'esposizione della popolazione al rumore generato dall'autostrada risulta notevolmente ridotto a fronte degli interventi di mitigazione.

Permangono alcuni ricettori che potrebbero essere interessati da interventi diretti al fine di garantire gli obiettivi di risanamento all'interno dell'edificio stesso qualora gli infissi esistenti non siano sufficienti a garantire i limiti interni richiesti. Tali situazioni saranno verificate solo successivamente alla realizzazione degli interventi ed in seguito dell'ottenimento dei consensi con le parti coinvolte.

13.IMPIANTI

Gli impianti elettrici e speciali previsti nell'ambito del presente intervento sono quelli di seguito indicati:

1. Distribuzione elettrica a partire dai punti di consegna in bassa tensione previsti;
2. Impianto di illuminazione della galleria;
3. Impianto di illuminazione delle rampe di svincolo;
4. Impianto di illuminazione passerella pedonale sopraelevata;
5. Impianto di segnaletica luminosa (PMV e freccia-croce, cartello segnaletico, PISM);
6. Impianto di videosorveglianza e controllo traffico;
7. Impianto di fonia di emergenza (SOS);
8. Impianto di rivelazione incendio,
9. Sistema di telecontrollo impianti.

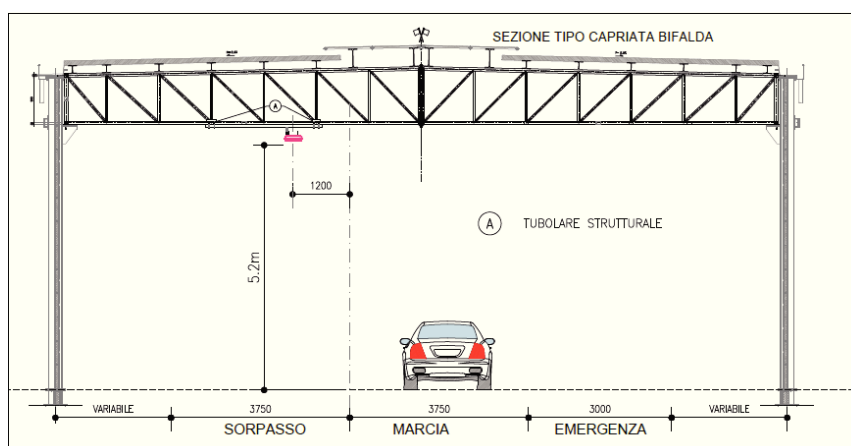


Figura 13-1: posizione delle lampade all'interno della copertura antirumore

L'impianto di illuminazione all'interno delle coperture antirumore (di seguito gallerie) sarà realizzato con proiettori a LED secondo le prescrizioni della normativa specifica UNI EN 11095 (illuminazione delle gallerie stradali) per la categoria illuminotecnica prevista in base ai requisiti prestazionali e all'analisi dei rischi.

Per l'illuminazione all'aperto sono previsti apparecchi illuminanti in tecnologia LED.

Durante le opere di realizzazione dell'intervento antirumore, sarà riqualificata la passerella pedonale di Via S. Remo sovrappassante la carreggiata est dell'autostrada. Il nuovo impianto di illuminazione sarà realizzato mediante apparecchi illuminanti a LED, di tipo tubolare da collocare al di sotto del cordolo della griglia di protezione, in sostituzione dell'attuale impianto d'illuminazione costituito da n. 2 pali con apparecchio illuminante a globo.

E' prevista l'installazione all'interno della galleria antirumore in carr. ovest di un pannello realizzato con carpenteria in acciaio inox e relativo pittogramma su pellicola ad alta rifrangenza su lastra in policarbonato

auto-estinguente ed a bassa emissioni di fumi, retro-illuminata con sorgenti LED, riportante l'indicazione di svolta per lo svincolo di Genova Voltri per chi percorre l'autostrada in direzione ovest.

In corrispondenza degli imbocchi delle n.2 gallerie antirumore verranno installati gli indicatori di agibilità corsia (freccia-croce luminosi), allo scopo di fornire una sicura indicazione della transitabilità della corsia e informare gli utenti sulle condizioni del traffico (congestione, interruzione, incidente, incendio ed ogni altro pericolo), oltre alle dotazioni nel seguito descritte per ciascun imbocco.

Quindi in corrispondenza dell'imbocco della galleria antirumore in carr. ovest, è prevista l'istallazione di un Portale con Pannello a messaggio variabile 3x20, con Pittogramma policromatico e n. 3 indicatori di agibilità corsia; verranno ivi installate n. 1 telecamera brandeggiabile e n. 2 rilevatori RTX.

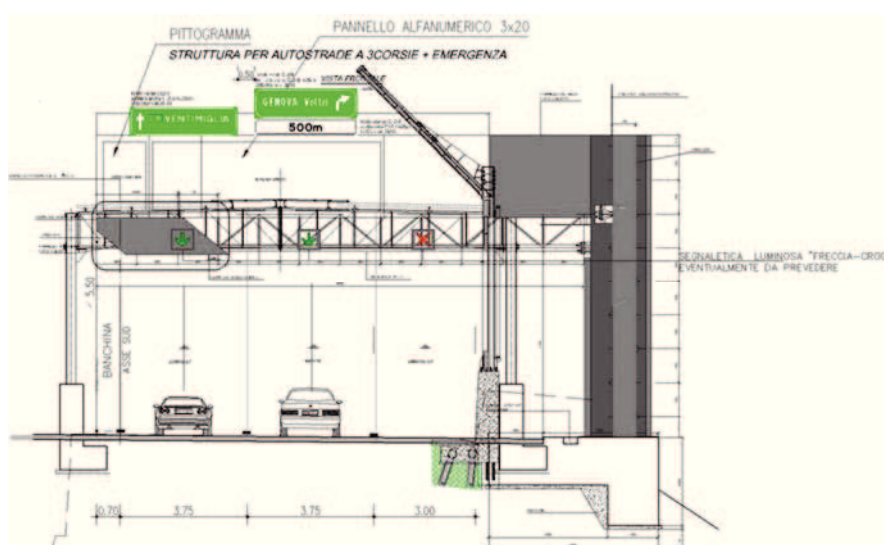


Figura 13-2: prospetto del nuovo portale PMV in corrispondenza dell' imbocco della copertura antirumore in carr. ovest

In corrispondenza del portale di imbocco della galleria antirumore in carr. est sarà predisposta l'installazione di una trave PMV da 2 righe di testo per 12 caratteri, e di 2 cassette freccia croce. Per una descrizione più di dettaglio si rimanda alla Relazione sugli Impianti IMP001.

14.ASPETTI SULLA SICUREZZA STRADALE

La conformazione del progetto (sviluppo delle Coperture Antirumore inferiore a 500m) è tale che non è risultato necessario prevedere le dotazioni minime in galleria di cui al D. Lgs. n.264 del 5 Ottobre 2006 di attuazione della direttiva 2004/54/CE.

Tuttavia in fase di progettazione definitiva ed esecutiva sono state valutate tutte le possibili misure di sicurezza da adottare e prevedere al fine di realizzare un adeguato livello di sicurezza per gli utenti dell'infrastruttura autostradale.

In particolare le vie di fuga per gli utenti in caso di emergenza sono rappresentate dalla corsia di emergenza o comunque dalla banchina in destra presente nel tratto interessato dal progetto; al fine di agevolare l'esodo dai tratti interessati dalle coperture antirumore è stato ritenuto opportuno prevedere una segnaletica verticale integrativa per la sicurezza, sul margine laterale destro delle carreggiate est e ovest, rappresentata da targhe catarifrangenti indicanti la distanza dagli imbocchi, della tipologia rappresentata in figura:

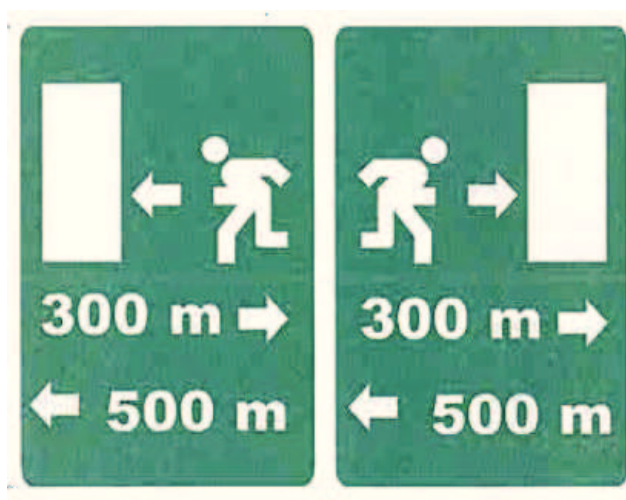


Figura 3: segnaletica verticale catarifrangente per la sicurezza stradale

15.RISULTANZE A SEGUITO DI ANALISI DI SICUREZZA AI FINI ANTINCENDIO E MODELLIZZAZIONE DI “FIRE ENGINEERING”

A valle della definizione del progetto sono state eseguite attività specialistiche di Analisi di Sicurezza ai fini Antincendio e di modellizzazione di “Fire Engineering”, dalle quali è emersa la necessità di prevedere nel progetto la realizzazione delle seguenti dotazioni:

15.1 EVACUATORI FUMO+CALORE PER COPERTURA ANTIRUMORE CARR. EST:

- n. 14 evacuatori fumo/calore disposti sulla FOA07 lato mare e n. 21 evacuatori fumo/calore sulla FOA08 lato monte; vanno previsti anche i cablaggi elettrici fino al quadro di comando, compreso il cavo termosensibile per attivazione del meccanismo.

Sulla base dei tipologici di tali dispositivi, da applicare sulle pareti della copertura antifonica della carr. inferiore nel tratto ove le due carr.si sovrappongono, e in base al progetto di risanamento così come è stato definito, la soluzione individuata è quella di applicare il dispositivo evacuatore a battente lato monte lungo la FOA08 e lato mare lungo la FOA07, per circa 200m di lunghezza totali nei quali è necessaria l'applicazione di tale dispositivo.

Per una descrizione di dettaglio circa l'ubicazione si rimanda agli elaborati AUA009 e AUA010.

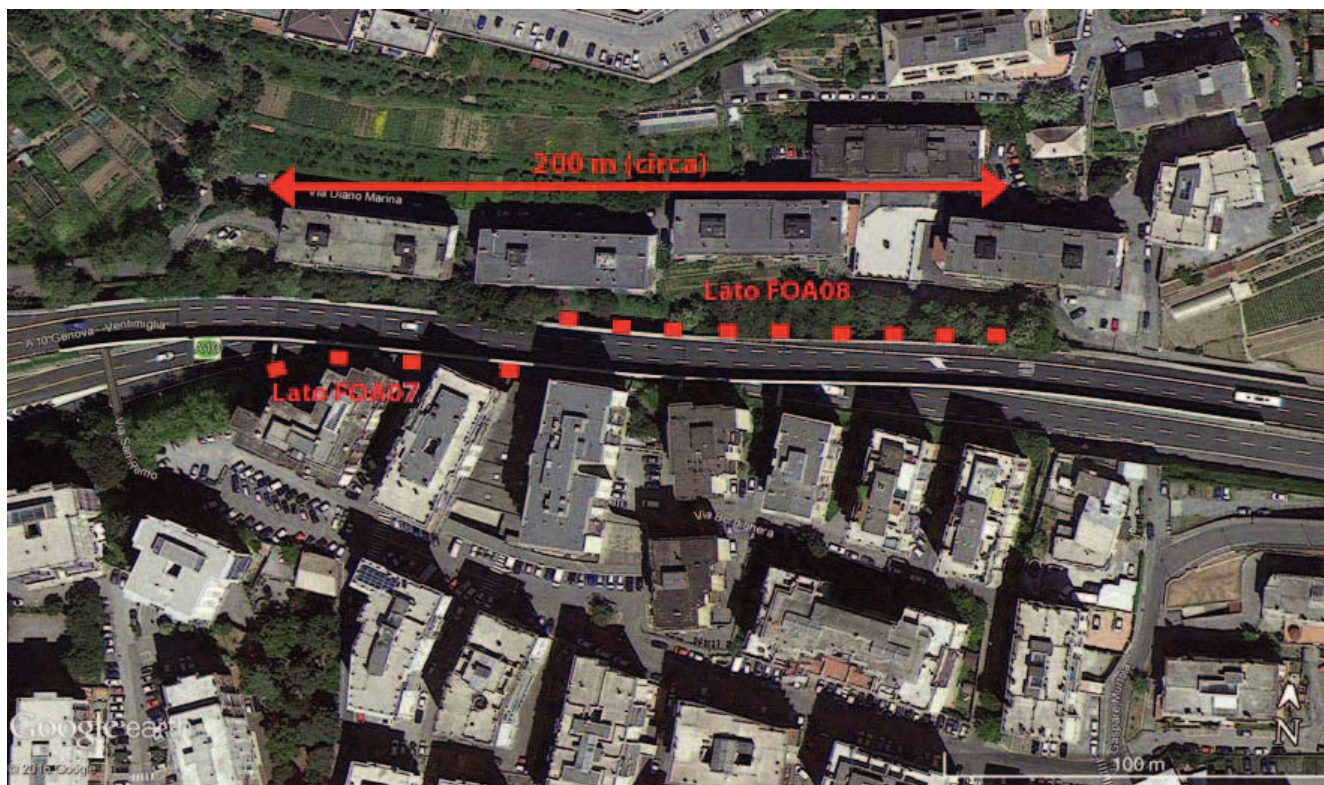


Figura 4: Schema (indicativo) planimetrico di installazione dei dispositivi evacuatori di fumo e calore

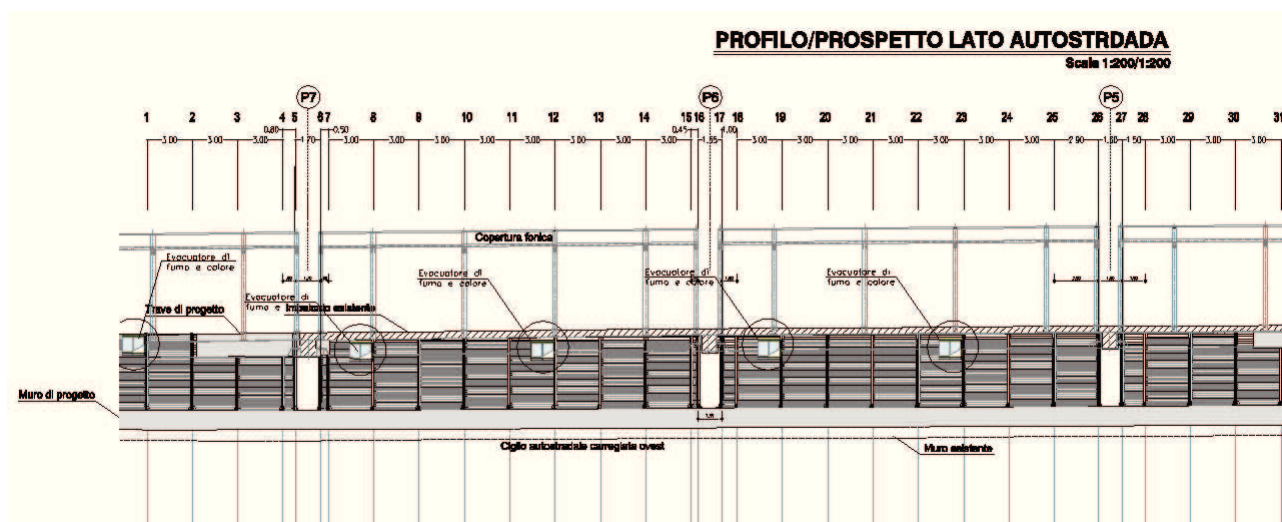


Figura 5: applicazione dei dispositivi evacuatori di fumo e calore sulla barriera antirumore

Figura 6: esempio di applicazione dei dispositivi evacuatori di fumo e calore sulla barriera antirumore

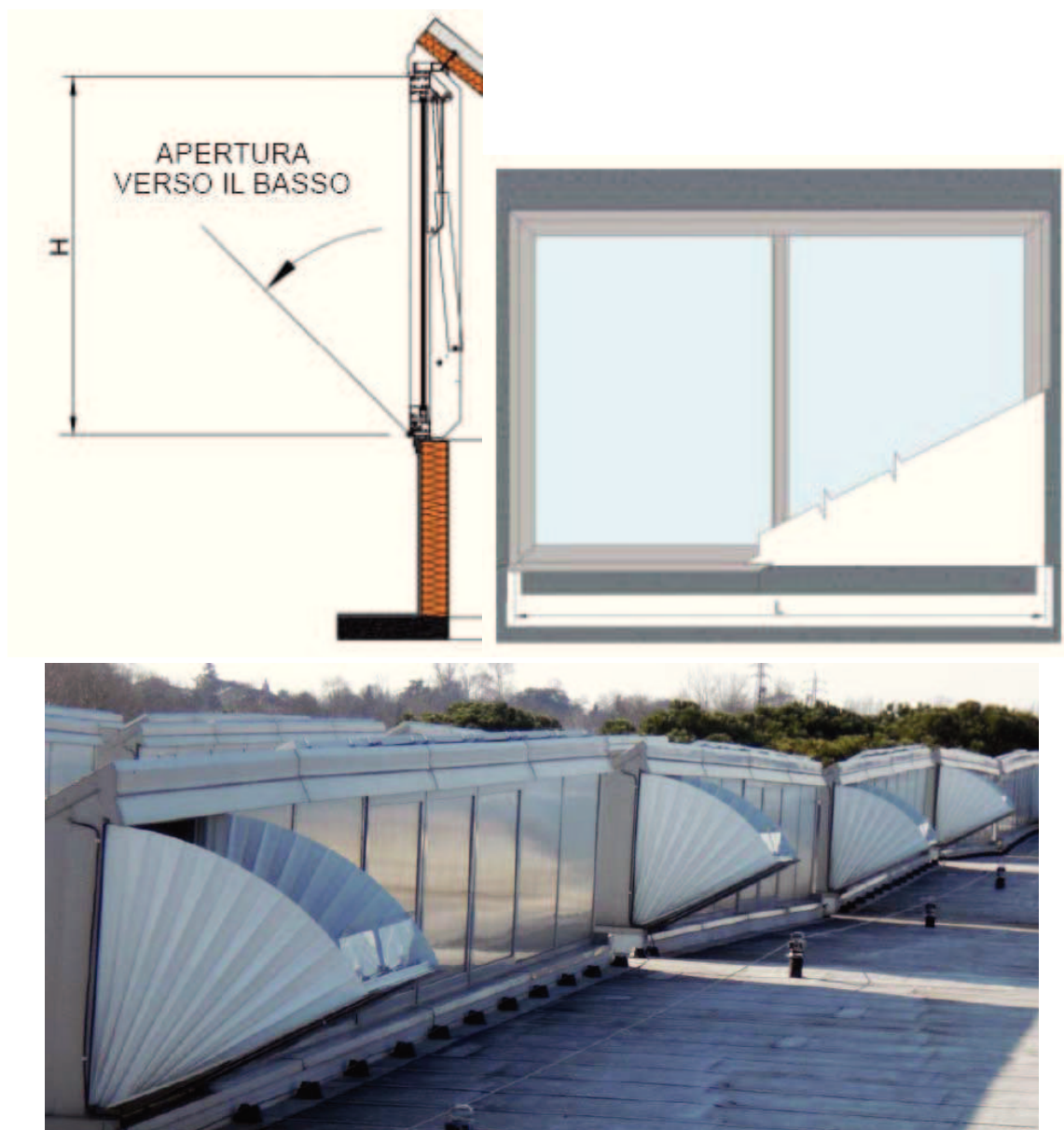


Figura 7: descrizione del Sistema di evacuazione fumi e calore

15.2 SCOMPARTIMENTAZIONE DELLE N.2 COPERTURE ANTIRUMORE

- chiusure con pannelli REI 120 per scompartimentare le due coperture antirumore (carr EST e OVEST) nel tratto in cui risultano sovrapposte (v.Palmaro), delle seguenti lunghezze; tali pannelli avranno una larghezza di circa 1,80m e dovranno coprire una lunghezza di circa 200m ciascuno, da posizionare sul lato dx e sx dell'impalcato del viadotto Palmaro, per un totale di superficie pari a 720mq; trattasi infatti di elementi "leggeri" che possono essere facilmente ancorati alla struttura mediante bullonatura (si ritiene che il dettaglio relativo alla istallazione dei pannelli REI120 di chiusura per scompartimentare le due coperture antirumore nel tratto in cui risultano sovrapposte e posizionati a filo dell'impalcato del v. Palmaro (vedi figura seguente) potrà essere opportunamente definito in fase di esecuzione dei lavori dalla ditta appaltatrice); è stato inoltre previsto l'impiego di schiumatura resistente al fuoco REI 120 dei contorni dei pannelli a filo dell'impalcato.

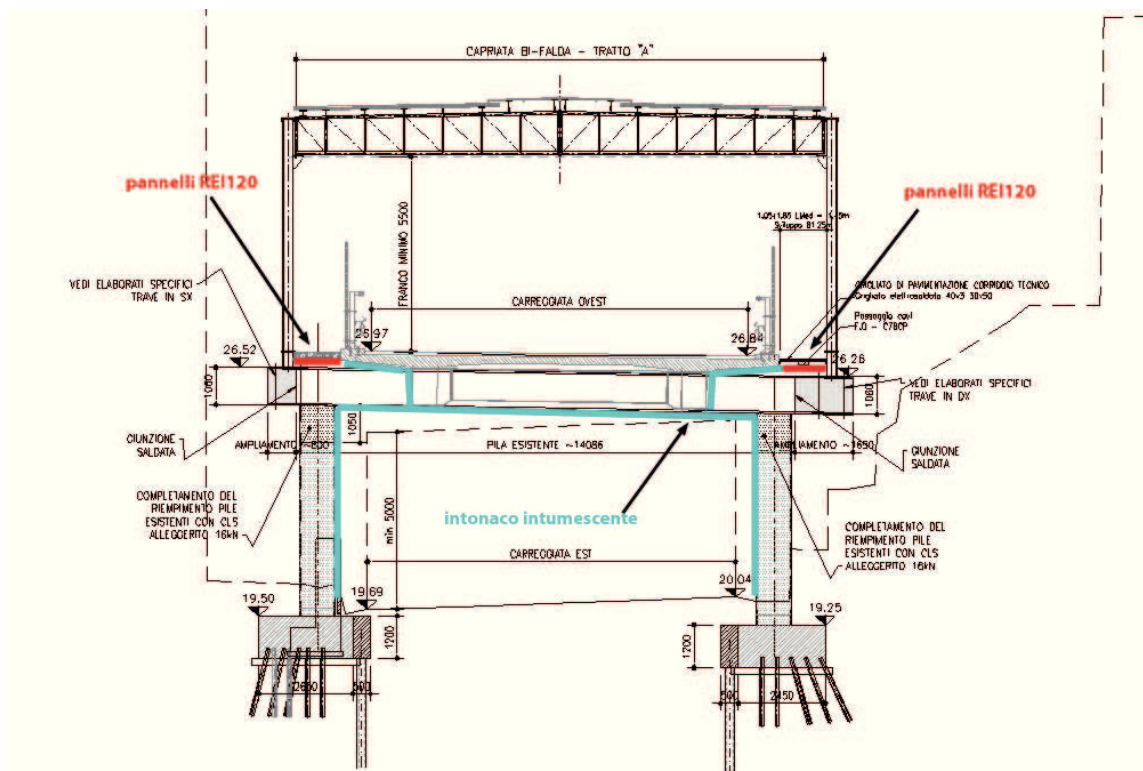


Figura 8: scompartimentazione delle due gallerie e applicazione intonaco intumescente

15.3 APPLICAZIONE DELL'INTONACO INTUMESCENTE

- applicazione mediante spruzzo di 4 cm di spessore (possibile una revisione di ottimizzazione in fase di elaborazione finale del modello) di intonaco intumescente, per la protezione al fuoco della parte sottostante del viadotto (sia parte acciaio che calcestruzzo) (solo nel tratto di sovrapposizione totale delle due carreggiate - circa 200 mt).

Date le geometrie risultano indicativamente i seguenti mq di superficie su cui applicare l'intonaco:

impalcato del viadotto: larghezza 10m lunghezza 200m= 2'000mq

pila viadotto: n.9 pile per lato, n.18 pile totali, di larghezza 1.00m e altezza 5.50m= 100mq

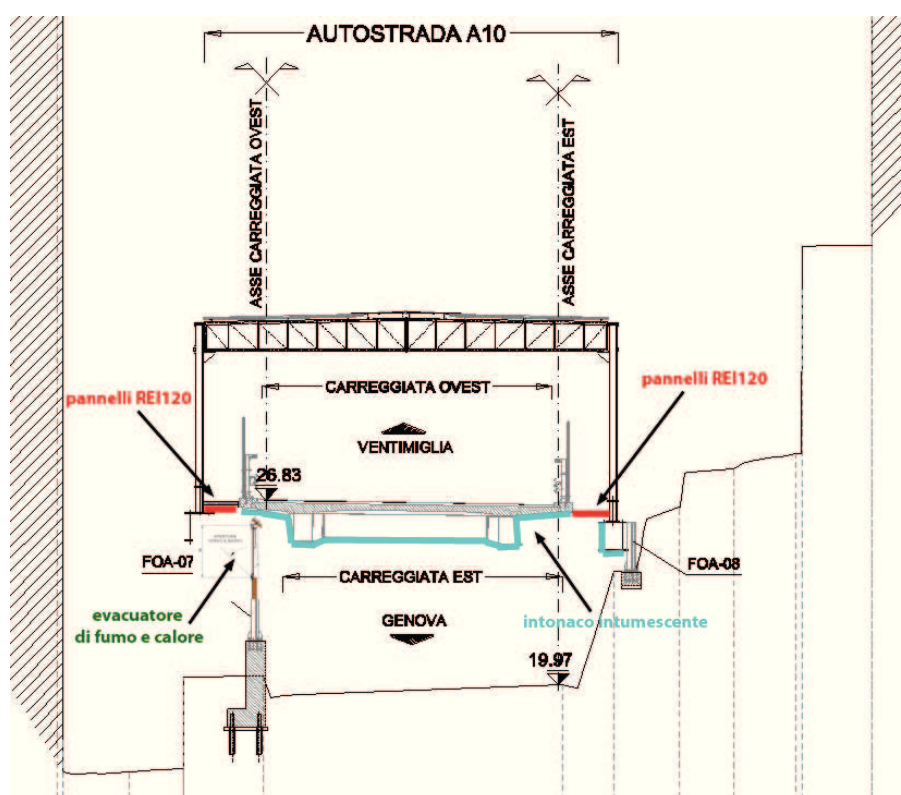


Figura 9: scompartimentazione delle due gallerie e applicazione intonaco intumescente

16. VIABILITA' DI SERVIZIO E OPERE PROVVISORIE

16.1 VIABILITA' DI SERVIZIO (VS01 E VS02)

Il Progetto prevede inoltre la realizzazione della VS01 e VS02 così come erano state già definite nella precedente fase progettuale (PD).

Tali viabilità di servizio sono previste per consentire l'accesso ai garage di alcuni condomini durante i lavori sul tratto di viabilità locale che costeggia la copertura antirumore in carr. ovest, aprendo un collegamento su Via Gaspare Murtola.

Ambedue le viabilità VS01 e VS02 state inserite nelle occupazioni temporanee in quanto a fine lavori andrà previsto il ripristino alla situazione originaria (attuale).

Fare riferimento all'elab. STD050 per una descrizione dell'intervento.

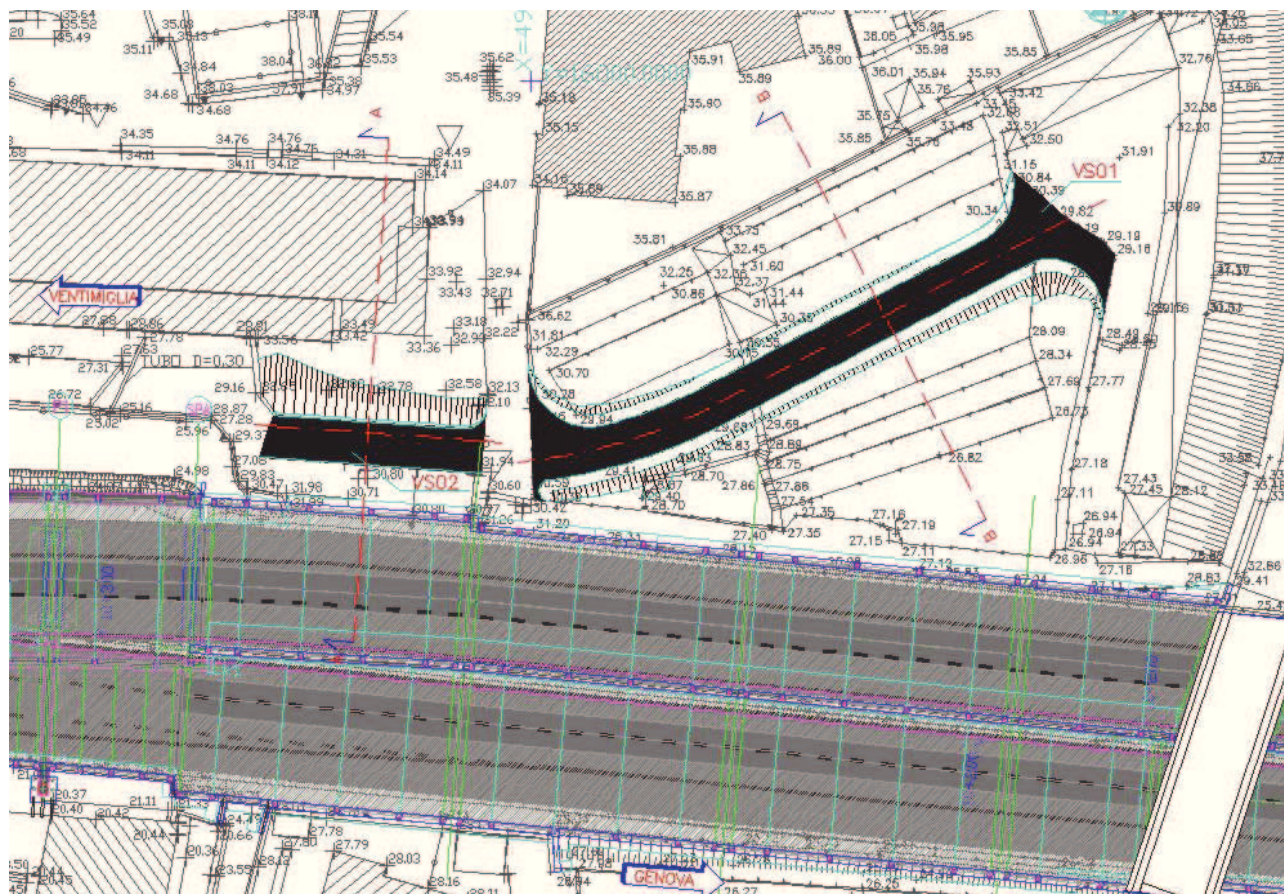


Figura 16-1: planimetria VS01 e VS02

16.2 AREA DI PARCHEGGIO TEMPORANEO DI VIA DELLE SORGENTI SULFUREE

Nel progetto è inserito anche un intervento sull'area pubblica dell'ex capolinea della linea autobus 2barrato, su Via delle Sorgenti Sulfuree, al fine di trasformarla durante le fasi di cantiere in area di parcheggio² per i

² - il **Consiglio Municipale del Municipio VII Ponente** nella seduta del 24/02/2016, con l'allegato Atto n. 2/2016 – Argomento n. 10, ha espresso parere favorevole all'unanimità in merito al progetto con le seguenti prescrizioni:

“...Il Comune di Genova deve attivarsi per riservare l'area pubblica dell'ex capolinea del 2 barrato (Sorgenti Sulfuree) come aerea parcheggi per i residenti di Via Diano Marina. Il Municipio chiede le controdeduzioni della Società Autostrade alle precedenti osservazioni effettuate dal Comune di Genova e dal Municipio stesso. Il Municipio pretende che al termine dei lavori le aree di cantiere che afferiscono su proprietà pubblica, vengano debitamente bonificate e riqualificate. Il Municipio ritiene indispensabile un incontro preventivo con la Società Autostrade, al fine di definire i dettagli relativi all'individuazione delle aree sostitutive da destinarsi a parcheggio ad uso dei residenti che dovranno essere riallocati in conseguenza dell'apertura del Cantiere”;

- la Soc. Autostrade per l'Italia S.p.A. con nota del 14/03/2016, allegata, a riscontro delle richieste formulate dal Municipio VII Ponente ha precisato quanto segue:

“- le osservazioni al progetto avanzate nel corso dei diversi incontri presso il Municipio Ponente, il Comune di Genova e nel corso delle assemblee pubbliche sono confluite nel progetto oggetto dall'accertamento della conformità urbanistica. Questo ha prodotto l'allungamento delle coperture sia in direzione est che in direzione ovest, oltre all'innalzamento delle barriere nei punti di raccordo con gli interventi realizzati in precedenza.

- nel rispetto della normativa vigente, al termine dei lavori e salvo diversi accordi che potranno essere formalizzati con la pubblica amministrazione nel corso dei lavori, le aree pubbliche oggetto di occupazione temporanea al termine dei lavori saranno retrocesse ripristinando lo stato dei luoghi riscontrato all'origine.

residenti di Via Diano Marina: al riguardo è previsto l'adeguamento dell'attuale piazzale di capolinea degli autobus a area di parcheggio, con la rimozione quindi delle pensiline, la demolizione delle isole spartitraffico, la ripavimentazione superficiale, la posa della segnaletica orizzontale e verticale per stalli e parcheggi, l'installazione di pali di illuminazione supplementari (oltre a quelli già esistenti da rimuovere), e la realizzazione di una recinzione metallica per perimetrare il parcheggio; l'area del piazzale sarà concessa a titolo gratuito senza necessità di esproprio temporaneo.

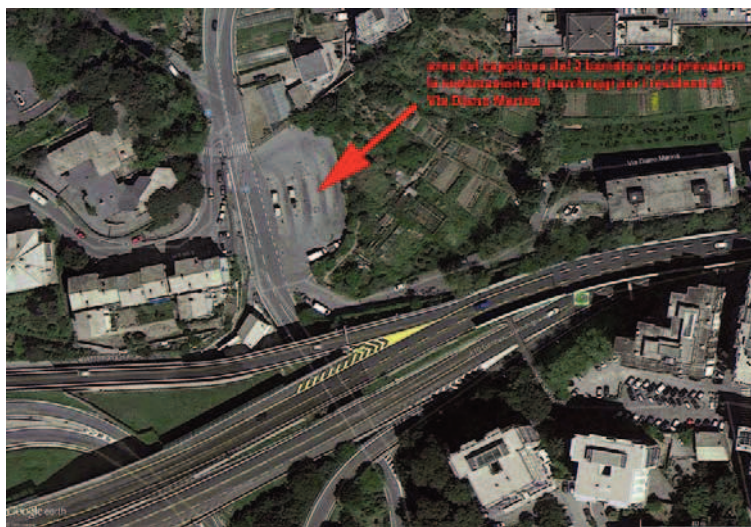


Figura 16-2: ubicazione del parcheggio temporaneo per i residenti di Via Diano Marina

- la società Autostrade si rende disponibile, fin d'ora, all'incontro preventivo e conferma la disponibilità ad eseguire gli interventi sull'area pubblica dell'ex capolinea della linea 2 barrato (Sorgenti Sulfuree) al fine di trasformarla durante le fasi di cantiere in area di parcheggio."



Figura 16-3: attuale piazzale di capolinea autobus da destinare provvisoriamente a parcheggio per i residenti durante i lavori di realizzazione dell'intervento di risanamento acustico

17. CANTIERIZZAZIONE

In funzione delle attività e del personale medio presente in cantiere sono state individuate, dopo un'attenta analisi del territorio, cinque aree di cantiere, da utilizzare come di seguito descritto.

- **CA01 – Campo Base – Cantiere operativo – Area di deposito temporaneo**

La prima area di cantiere è stata localizzata, all'interno dell'area portuale, a nord/ovest del distributore di carburanti. L'area, di dimensione totali pari a circa 2.600 mq, è direttamente accessibile dalla viabilità portuale e al suo interno sarà realizzato il campo base, un cantiere operativo e un'area di deposito temporaneo.

Il campo base, di dimensioni pari a 800 mq, ospiterà: gli uffici, i parcheggi, gli spogliatoi, i servizi igienici, il refettorio e il locale ritrovo, mentre il cantiere operativo, di dimensioni pari a 1.200 mq, ospiterà un'area di stoccaggio all'aperto, parcheggi, box container per stoccaggio attrezzature e materiali e tettoie/capannoni da adibire a eventuale officina al coperto, in fine l'area di deposito temporaneo, delle dimensioni pari a 600 mq, verrà utilizzata per il deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi.

- **CA02 – Cantiere Operativo**

La seconda area di cantiere è stata localizzata a nord dell'intervento in adiacenza al parcheggio degli autobus. L'area, di dimensioni pari a circa 3.000 mq, è direttamente accessibile dalla viabilità locale e al suo interno ospiterà un'area di stoccaggio all'aperto, uffici, servizi igienici, parcheggi e box container per stoccaggio attrezzature e materiali.

- **CA03 – Cantiere Operativo**

La terza area di cantiere è stata localizzata a nord dell'intervento all'altezza del cavalcavia di via Murtola. L'area, di dimensione pari a circa 900 mq, è direttamente accessibile dalla viabilità locale e al suo interno ospiterà un'area di stoccaggio all'aperto, uffici, servizi igienici, parcheggi e box container per stoccaggio attrezzature e materiali.

- **CA04 – Area di Supporto**

La quarta area di cantiere è stata localizzata a nord dell'intervento alla progr.10+200 dell'autostrada. L'area, di dimensione pari a circa 600 mq, è direttamente accessibile dalla viabilità locale e al suo interno ospiterà un'area di supporto per la realizzazione dei lavori.

- **CA05 – Area di Supporto**

La quinta area di cantiere è stata localizzata a sud dell'intervento alla progr.10+200 dell'autostrada. L'area, di dimensione pari a circa 800 mq, è direttamente accessibile dalla viabilità locale e al suo interno ospiterà un'area di supporto per la realizzazione dei lavori.

I tempi totali necessari alla realizzazione dell'opera sono pari a mesi 24.

18. ESPROPRI

Già nel progetto definitivo è stato evidenziato con apposito elaborato grafico e descrittivo le aree da doversi impegnare per la realizzazione delle opere in esame.

Tale elaborato, aggiornato nel presente progetto esecutivo, è composto di una parte grafica (piano particellare), di una descrittiva (elenco ditte da espropriare) e della stima dei costi delle espropriazioni.

La parte grafica riporta la proiezione del perimetro dell'esproprio, degli asservimenti o delle occupazioni temporanee di cantiere su una mappa catastale, con la sovrapposizione della stessa mappa al rilievo reale e alla planimetria progettuale con ancoraggio a punti significativi (punti trigonometrici georeferenziati, capisaldi in genere).

La parte descrittiva contiene l'elenco delle ditte catastalmente intestatarie dei fondi da doversi espropriare. Per ciascuna ditta sono stati riportati i mappali da acquisire, asservire od occupare temporaneamente con l'indicazione delle relative superfici, intere e di quelle di esproprio, e degli altri elementi di identificazione catastale (qualità, classe, reddito dominicale, reddito agrario).

A ciascuna ditta catastale interessata è stata attribuita una numerazione tenendo conto dell'eventuale accorpamento di più particelle in capo alla singola proprietà.

Per potere conteggiare preliminarmente le somme necessarie agli espropri e danni si procederà con le seguenti modalità:

- Dopo aver determinato le superfici necessarie alla realizzazione dell'opera, saranno eseguiti dei sopralluoghi sui siti interessati, ad identificare l'attuale destinazione dei beni immobili (terreni e fabbricati), provvedendo a distinguere, con successive indagini relative alle destinazioni urbanistiche, l'effettivo valore riferito alla specifica attribuzione di aree non edificabili e di aree edificate.
- Per le aree non edificabili saranno applicate le norme dell'art. 40 comma del DPR 327/01, considerando le stesse riferite ai valori agricoli; invece per le aree edificate, saranno applicate le norme indicate dall'art. 38 del sopracitato T.U come modificati dal D.Lgs 244/2007, contemperando il valore venale, riferito a valori di mercato delle zone in esame.
- Saranno inoltre calcolati gli importi per la corresponsione delle indennità d'occupazione temporanea, dedotti secondo la vigente normativa di riferimento, applicando il criterio della presumibile incidenza del danno determinato dal mancato godimento del bene per la durata della sua detenzione.

19. INTERFERENZE

Nella previsione del piano finanziario sono stati esaminati anche i costi necessari per adeguare i servizi tecnologici che interferiscono con la realizzazione dell'opera in progetto e che dovranno essere adeguati.

Si è proceduto all'acquisizione degli elementi, dell'individuazione e classificazione delle interferenze, con il supporto degli Enti proprietari o gestori, al sopralluogo puntuale delle interferenze attuali e potenziali da risolvere rispetto alla di progettazione delle nuove opere e quindi alla valutazione economica degli interventi necessari.

La stima delle somme occorrenti per l'adeguamento è stata effettuata secondo le indicazioni fornite dagli Enti gestori, proprietari o dalla nostra esperienza e riportate puntualmente nelle schede specifiche.

Sono stati calcolati gli oneri per la risoluzione singolarmente, tenendo conto di tutto quanto necessario: rotture di sedi stradali, trasporto alla discarica dei materiali di risulta, riprese, pozzetti di derivazione, controtubi, sfiati ecc., deviazioni e collegamenti temporanei per la continuità del servizio.

ALLEGATO 1 – Descrizione dei modelli concettuali di calcolo idrologico idraulico utilizzati

Modello A/D della corrivazione

Il modello concettuale di trasformazione afflussi-deflussi della corrivazione, o cinematico, considera come variabile fondamentale del processo di formazione della piena, la modalità di scorrimento delle acque di pioggia entro il bacino contribuente ed in particolare il “tempo di corrivazione”, impiegato da una goccia caduta in un determinato punto per raggiungere la sezione di chiusura.

Esso è un modello di tipo lineare ovvero si basa sull'ipotesi che il sistema idrologico sia lineare e invariante nel tempo (l'idrogramma che si forma a causa di un dato pluviogramma è solo funzione di caratteristiche del bacino stazionarie ed indipendenti dall'evento in esame o da quelli pregressi): risulta pertanto possibile applicare il principio di sovrapposizione degli effetti.

Sotto questa ipotesi, la portata defluente legata ad un afflusso $A(t)$ sarà data dall'integrale nel tempo t di un idrogramma unitario istantaneo (o IUH) $u(t)$, generato da un afflusso di altezza unitaria e durata infinitesima, moltiplicato per l'entità della precipitazione, ovvero dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^{t^*} [u(t - \tau) \cdot A(\tau)] \cdot d\tau.$$

Si ipotizza inoltre che l'idrogramma di afflusso sia costante e pari a:

$$A(t) = \varphi \cdot I(t_p) \cdot S,$$

con φ coefficiente di deflusso, $I(t_p)$ intensità media della pioggia di durata t_p , ed S superficie contribuente.

Il metodo cinematico definisce un tempo di corrivazione (o di concentrazione) t_c del bacino, pari al tempo impiegato dalla goccia caduta nel punto idraulicamente “più lontano” per giungere alla sezione di chiusura. Quando il tempo di pioggia t_p uguaglia t_c , tutto il bacino contribuisce al deflusso e (nell'ipotesi di afflusso costante) si ha il massimo di portata, il cui valore non aumenta più per $t_p > t_c$.

La soluzione dell'integrale di convoluzione porta pertanto a valutare la portata massima defluente come:

$$Q[m^3/s] = \frac{\varphi \cdot I(t_c) \cdot S}{360}, \quad [1]$$

con:

φ [-] coefficiente di deflusso medio del bacino;

$I(t_c)$ [mm/h] intensità media della pioggia di durata pari a t_c ;

S [ha] superficie contribuente complessiva.

Per una rete di drenaggio il tempo di corrivazione sarà dato dalla somma $t_c = t_a + t_r$, dove:

- t_a è il *tempo di accesso* alla rete (ovvero quello massimo che la goccia d'acqua impiega a percorrere il bacino e raggiungere un punto della rete);
- t_r è il *tempo di rete*, impiegato dalla goccia per percorrere la rete fino alla sezione in esame.

Il tempo di accesso è generalmente di incerta determinazione, dipendendo nella realtà dalle caratteristiche del bacino (pendenza, uso del suolo, sviluppo della rete di drenaggio minore) e dalle condizioni di saturazione del terreno.

Esistono tuttavia in letteratura numerose formule empiriche per la stima di tale parametro, tra le quali in particolare la seguente, sviluppata dal Politecnico di Milano³ (Mambretti e Paoletti, 1997), utilizza il modello del condotto equivalente, partendo dall'idea che il deflusso superficiale avvenga in realtà in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondaie, cunette, canalette, ecc.); poiché si fa riferimento ad una rete secondaria fittizia incognita, è possibile stimare l in funzione di S , sulla base di studi statistici sulla struttura topologica delle reti, ottenendo:

$$t_{ai} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 120 \cdot S_i^{0,30}}{S_i^{0,375} \cdot (a \cdot \varphi_i)^{0,25}} \right)^{\frac{4}{n+3}}, \quad [2]$$

dove il pedice i indica il sottobacino i -esimo, mentre (oltre alle grandezze già citate):

l [m] è la massima lunghezza di deflusso superficiale (nella rete secondaria fittizia);

s [m/m] è la pendenza media del bacino;

a [mm/hⁿ], n [-] sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica di progetto.

Per quanto riguarda invece il tempo di rete, nell'ipotesi di moto uniforme esso è valutabile semplicemente come rapporto tra la lunghezza del percorso e la velocità media della corrente. Alcune ricerche eseguite presso il Politecnico di Milano (Mignosa et al., 1995; Becciu et al.⁴, 1997) mostrano tuttavia come il criterio di moto uniforme possa in realtà portare ad apprezzabili sovrastime del tempo di rete, con conseguente sottostima della portata al colmo. Risultati più soddisfacenti si ottengono invece con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{1,5 \cdot v_i}, \quad [3]$$

in cui il t_r [s] per il ramo in esame è dato dalla sommatoria (per il ramo stesso e per tutti quelli a monte lungo il percorso più lungo della rete) del rapporto lunghezza L [m] / velocità v [m/s] diviso per il fattore 1.5.

³ Mambretti, S. e Paoletti, A. (1997). *Il metodo del condotto equivalente nella simulazione del deflusso superficiale in ambiente urbano* - Atti del seminario "Modelli di dimensionamento per le fognature urbane" di S.Cassiano (BZ), 28-31/03/95. Modificata considerando una formula empirica per la stima di l (Rasulo, G. e Gisonni, C., 2001).

⁴ Becciu, G. et al. (1997). *Risk Design of Urban Drainage Networks on the basis of Experimental Data* – Excerpta, n.11.

Sommando la [2] e la [3] è dunque possibile ottenere il tempo di concentrazione t_c per la sezione in esame, e quindi, ponendo $t_P=t_c$, determinare la relativa intensità di pioggia $I(t_P)$; dall'applicazione della [1] si ricava la portata massima di progetto Q , sulla base della quale può essere dimensionata la rete.

Si nota come la velocità della corrente nel tratto in esame dipenda dalla portata defluente, per cui viene svolta un'iterazione andando a sostituire nella [3] il valore di v ottenuto dalla Q appena determinata, ricalcolando poi la nuova Q e ripetendo i medesimi passaggi fino a convergenza.

Modello A/D dell'invaso lineare (IUH)

Il modello dell'invaso lineare deriva anch'esso dall'integrale di convoluzione descritto per il metodo cinematico; valgono le stesse considerazioni già espresse relativamente alle ipotesi di base (sistema lineare ed invariante, afflusso costante nel tempo).

Il metodo considera come predominante, anziché il moto di deflusso, l'effetto di laminazione degli afflussi meteorici svolto dal volume d'acqua W_x che si deve immagazzinare (sulla superficie del bacino contribuente e all'interno degli stessi rami della rete) affinché la portata Q defluisca attraverso la sezione in esame.

Il legame portata/volume viene assunto lineare, definendo un parametro K (costante d'invaso), dimensionato come un tempo, tale che:

$$Q(t) = \frac{W_x(t)}{K}.$$

Integrando rispetto al tempo tale relazione e l'equazione di continuità, per la quale l'afflusso netto $I(t)$ nel tempo sarà pari alla portata defluente più la variazione di volume di invaso, si ottiene l'idrogramma unitario istantaneo (IUH) dell'invaso lineare, ovvero:

$$u(t) = \frac{1}{K} e^{-\frac{t_P}{K}},$$

che sostituito nell'integrale di convoluzione porta, sempre nell'ipotesi di afflusso costante, a determinare la portata massima di piena come:

$$Q[m^3/s] = \varphi \cdot \frac{I(t_P) \cdot S}{360} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_P}{K}}\right), \quad [4]$$

con S in ha, I in mm/h, t_P e K nella medesima unità di misura.

Nota la curva di possibilità pluviometrica di progetto, uguagliando a zero la derivata della [4] rispetto a t_P è possibile determinare la durata di pioggia critica, ovvero quella che produce la portata massima.

Definendo il parametro adimensionale $r = t_P / K$, nel caso di una curva di possibilità pluviometrica monomia (legge di potenza) di parametri (a, n) , tale condizione risulta verificata quando:

$$n = 1 - r \cdot \frac{e^{-r}}{1 - e^{-r}}. \quad [5]$$

La costante di invaso K esprime l'effetto combinato di tutti i fattori che determinano il complesso fenomeno della formazione della piena nel bacino, e riveste pertanto il significato di un parametro di taratura.

In letteratura sono disponibili diverse formule di tipo empirico per la stima di questo parametro. Poiché il fenomeno di formazione delle piene non segue in realtà leggi di tipo lineare, una maggiore accuratezza della stima è stata verificata da diversi Autori con l'adozione di ipotesi di quasi linearità, ovvero considerando il fenomeno lineare per il singolo evento di precipitazione, ma con la costante K variabile da evento a evento, in relazione all'afflusso meteorico.

In particolare si fa riferimento alla relazione proposta da Desbordes⁵ (1975):

$$K[\text{min}] = \frac{4 \cdot S^{0.18} \cdot L^{0.15} \cdot t_p^{0.21}}{h^{0.07} \cdot (1 + \varphi)^{1.9} \cdot (100 \cdot s)^{0.36}} - 0.21, \quad [6]$$

dove, oltre ai parametri già citati, h [mm] è l'altezza di pioggia totale del pluviogramma netto, L [m] la lunghezza dell'asta principale di drenaggio.

Determinato quindi K , ed ottenuto r dalla relazione [5], può essere calcolato il tempo di pioggia $t_p = K \cdot r$. Poiché secondo la [6] K dipende da t_p , occorre iterare l'applicazione delle formule fino a convergenza. La portata massima di progetto Q viene quindi determinata dall'applicazione della [4].

Modello A/D italiano dell'invaso

Il metodo italiano dell'invaso lineare, originariamente concepito da Paladini (1901) e Fantoli⁶ (1904) come metodo di verifica, fu trasformato in metodo di progetto in particolare da Puppini⁷ (1932) e Supino⁸ (1933), che determinarono la durata della pioggia critica e il valore della corrispondente portata in funzione di alcune

⁵ Desbordes, M. (1975). *Un essai de modélisation des phénomènes de ruissellement pluvial urbain* – T.S.M. L'EAU, n.3, mars, pp.121-126, Francia.

⁶ Fantoli, G. (1904). *Le acque di piena nelle reti delle fognature di Milano* – Comune di Milano: relazione della commissione Cipolletti, Fantoli, Soldati.

⁷ Puppini, U. (1932). *Coefficienti udometrici per generica scala di deflusso* – L'Ingegnere.

⁸ Supino, G. (1933). *Coefficienti udometrici per canali di fognatura* – Ricerche di Ingegneria.

caratteristiche del bacino, della rete e della curva di possibilità pluviometrica, ben prima che nella bibliografia internazionale apparisse il metodo dell'invaso lineare (IUH) descritto in precedenza.

Anche il metodo italiano assume lineare il legame tra il volume complessivamente invasato $W(t)$ e la portata $Q(t)$ contemporaneamente defluente nella sezione in esame; la portata al colmo viene però stimata in funzione del volume immagazzinato nel sistema bacino-rete, anziché in funzione della costante di invaso K .

Riconducendoci al metodo generale dell'invaso lineare, assumendo $K = Q / W_M$, dove Q e W_M rappresentano rispettivamente la portata massima e il volume di invaso massimo, la [4] può essere riscritta, adottando una CPP monomia di parametri (a , n) e imponendo che il valore di Q sia massimo (secondo la relazione [5]), come:

$$Q = n \cdot (\varphi \cdot a \cdot S)^{\frac{1}{n}} \cdot W_M^{\frac{n-1}{n}} \cdot f(n),$$

dove $f(n)$ è una funzione che dipende solo da n .

In particolare $f(n)$ risulta poco variabile con n (per valori di n compresi tra 0,3 e 0,6 essa assume valori variabili tra 0,78 e 0,84). Assumendo quindi cautelativamente per $f(n)$ un valore costante pari a 0,78, la relazione precedente può essere scritta come:

$$Q[m^3 / s] = \frac{u \cdot S}{1000}, \quad [8.1]$$

con S in [ha], dove u [l/s/ha] è il coefficiente udometrico, definito come:

$$u = 2168 \cdot \frac{n \cdot (\varphi \cdot a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}, \quad [8.2]$$

dove il parametro a va inserito in [m/hⁿ].

Il parametro w [m³/m²] rappresenta il volume di invaso specifico, ovvero $w = W_M/S$.

Il volume di invaso massimo W_M può essere determinato come somma dei seguenti fattori:

$$W_M = w_0 \cdot S + W_P + \sum_i W_i, \quad [9]$$

dove:

w_0 è il volume dei piccoli invasi, ovvero un volume di invaso distribuito sulla superficie contribuyente;

W_P è il volume di invaso proprio, immagazzinato all'interno del ramo in esame;

W_i è il volume invasato nell' i -esimo tratto a monte di quello in esame.

Noto W_M , la portata può essere determinata⁹ mediante la [8.2] e la [8.1]; poiché però il volume di invaso proprio dipende dal livello idrico nel collettore in esame, e quindi dalla portata in esso defluente, occorre procedere per via iterativa fino a convergenza.

⁹ Si nota come la formulazione adottata per il calcolo della portata sia conforme a quanto proposto nella stesura originaria degli Autori del metodo. Nell'ambito dell'ingegneria italiana è stata diffusamente utilizzata una successiva rielaborazione, che comporta l'introduzione di un valore maggiorato dell'esponente della curva di possibilità pluviometrica, $n_0 = 4/3 \cdot n$. Tale assunzione deriva dalla generalizzazione di un'esperienza di Fantoli (1904) che sulla base di un'analisi di 6 eventi di precipitazione nell'area urbana milanese ipotizzò una dipendenza del coefficiente di deflusso dalla radice cubica dell'altezza (e quindi del tempo) di pioggia.

Per quanto esista in generale una tendenza all'aumento del coefficiente di deflusso al crescere dell'altezza totale di pioggia, essa non risulta tuttavia descritta universalmente da una legge di potenza con esponente $1/3$, ma varia grandemente da sito a sito, e in relazione alla tipologia di evento. Non appare inoltre possibile l'applicazione di tale ipotesi allo scroscio critico di progetto (intenso e di breve durata), il quale può essere contenuto in un evento di precipitazione più ampio.

Per tali ragioni si è ritenuto opportuno non adottare alcuna maggiorazione dell'esponente n , che peraltro risulta nella stima di portate al colmo di entità minore.

**ALLEGATO 2 – ABACO DELL E PRESCRIZIONI DI CUI NEL PARERE DEL CONSIGLIO
SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI DEL 08/08/2017**

**ALLEGATO 3 – AUTOSTRADA A10 VIAD
STRUTTURALI**

OTTO PALMARO; CAMPAGNA INDAGINI

**ALLEGATO 4 – AUTOSTRADA A10 VIAD
ESISTENTE**

OTTO PALMARO; VERIFICA IMPALCATO