

**SGC Grosseto Fano (E78).
Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) - Selci Lama (E45).
Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville - Selci Lama (E45).
Lotto 7.**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 364

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p>PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGEGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante) cooprogetti</p> <p>(Mandante) engeko</p> <p>(Mandante) AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12): <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>L'ARCHEOLOGO <i>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</i> Elenco MIBACT n. 1646</p>	<p><i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p>	<p>Stampa di autografo: <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Michele Consumini</i></p>	<p><i>Ing. Giovanni Suraci</i> Ordine Ingegneri Provincia di RC n. A2895</p>	
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	

01 – ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA
COMP.	PROGETTO	LIV. ANNO N.PROG.	T00EG01GENRE02B				
DP	LO702G	D2110	T00EG01GENRE02			B	-
D							
C							
B	Revisione per Istr. ANAS Prot. CDG.U.0439522 23-05-2024	Giugno '24	M. Morigi	A. Signorelli	G. Guiducci		
A	Emissione	Marzo '24	F. Koch	A. Signorelli	G. Guiducci		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	5
2. STUDI E INDAGINI.....	7
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	7
2.1.1. <i>Dominio Toscano</i>	8
2.1.2. <i>Tettonica dei depositi continentali del bacino Alto-Tiberino</i>	9
2.1.3. <i>Faglie censite nel catalogo ithaca</i>	10
2.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA	13
2.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
2.3.1. <i>Acquifero alluvionale dell'Alta Valle del Tevere</i>	15
2.3.2. <i>Acquifero dei flysch della Falda Toscana</i>	16
2.3.3. <i>Acquifero dei depositi pleistocenici</i>	16
2.3.4. <i>complessi idrogeologici</i>	17
2.4. GEOTECNICA	18
2.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	21
2.5.1. <i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	23
2.5.2. <i>Pozzetti geognostici</i>	27
2.5.3. <i>Indagini geofisiche</i>	28
2.5.4. <i>Prospezione sismica passiva H.V.S.R.</i>	28
2.5.5. <i>Prospezioni sismiche MASW</i>	29
2.5.6. <i>Prove down-hole</i>	30
2.5.7. <i>Prospezioni sismiche a rifrazione SRT e prospezioni geoelettriche ERT</i>	31
2.5.8. <i>Prospezioni sismiche ibride</i>	33
2.5.9. <i>INDAGINI PREGRESSE E REPERITE</i>	34
2.6. IDROLOGIA E IDRAULICA	37
2.6.1. <i>Idrologia</i>	37
2.6.2. <i>Idraulica</i>	38
2.7. INQUADRAMENTO SISMICO.....	40
2.7.1. <i>Classificazione sismica</i>	40
2.8. CARTOGRAFIA E RILIEVI	42
3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	43
3.1. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....	43
3.1.1. <i>Geometria d'asse</i>	43
3.1.2. <i>Intersezione e svincoli</i>	45

PROGETTAZIONE ATI:

3.1.3.	<i>Sistemazione viabilità interferita</i>	45
3.2.	SINTESI DELLE VERIFICHE STRADALI	46
3.3.	SEZIONI TIPO	46
3.3.1.	<i>asse principale</i>	46
3.3.2.	<i>rampe svincoli</i>	47
3.3.3.	<i>viabilità locale F2</i>	48
3.3.4.	<i>Le strade a destinazione particolare</i>	49
3.3.5.	<i>Rotatoria</i>	50
3.4.	PAVIMENTAZIONI STRADALI	50
3.5.	BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA	51
4.	<u>OPERE D'ARTE MAGGIORI – VIADOTTI</u>	52
4.1.	VIADOTTO "LE VILLE"	52
4.1.1.	<i>Impalcato</i>	54
4.1.2.	<i>Pile</i>	55
4.1.3.	<i>Spalle</i>	56
4.1.4.	<i>Vincolamento degli impalcati</i>	57
4.1.5.	<i>Giunti</i>	57
4.1.6.	<i>Ritegni sismici</i>	57
4.2.	VIADOTTO SOVARA	58
4.2.1.	<i>Impalcato</i>	62
4.2.1.	<i>Pile</i>	63
4.2.2.	<i>Spalle</i>	64
4.2.3.	<i>Vincolamento degli impalcati</i>	65
4.2.4.	<i>Giunti</i>	65
4.2.5.	<i>Ritegni sismici</i>	65
4.3.	VIADOTTO "TEVERE"	65
4.3.1.	<i>Impalcato</i>	69
4.3.2.	<i>Pile</i>	70
4.3.3.	<i>Spalle</i>	71
4.3.4.	<i>Vincolamento degli impalcati</i>	72
4.3.5.	<i>Giunti</i>	72
4.3.6.	<i>Ritegni sismici</i>	72
5.	<u>OPERE D'ARTE MAGGIORI - OPERE IN SOTTERRANEO</u>	72
6.	<u>OPERE D'ARTE MINORI</u>	81
6.1.	CAVALCAVIA	81

PROGETTAZIONE ATI:

6.1.1.	<i>Cavalcavia CV01 su rampa 2F</i>	81
6.1.2.	<i>Cavalcavia CV03</i>	83
6.2.	SOTTOVIA E SOTTOPASSI.....	84
6.3.	PARATIE.....	84
6.4.	MURI DI SOSTEGNO	85
6.5.	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO	87
7.	<u>STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE</u>	88
8.	<u>INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE</u>	91
8.1.	CRITERI GENERALI DELLE MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE	91
8.2.	ANALISI PAESAGGISTICHE: PUNTI DI VISUALE SENSIBILI PRESENTI NEL CONTESTO.....	92
8.3.	ANALISI DELLE VALENZE AMBIENTALI E ANALISI DEL CONTESTO PAESAGGISTICO	93
8.4.	STRATEGIE PER L'INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE	96
8.4.1.	<i>STR_01 – Valorizzazione delle aree di svincolo e in prossimità di zone antropiche</i> ..	96
8.4.2.	<i>STR_02 – Ricucitura degli ambiti agrari</i>	97
8.4.3.	<i>STR_03 – Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua</i>	97
8.4.4.	<i>STR_04 – Interventi di tutela della fauna e della microfauna</i>	98
8.4.5.	<i>STR_05 – Mitigazione degli effetti acustici derivanti dall'infrastruttura</i>	99
8.4.6.	<i>STR_06 – Ricucitura delle aree boscate arbustive</i>	99
8.4.7.	<i>STR_07 – Intervento di inserimento paesaggistico dell'infrastruttura</i>	100
8.4.8.	<i>STR_08 - Ripristino delle aree di cantiere</i>	101
8.5.	INTERVENTI DI PROGETTO	103
8.5.1.	<i>Opere a verde</i>	103
8.5.2.	<i>Vasche di prima pioggia e di raccolta degli sversamenti accidentali</i>	103
8.5.3.	<i>Bacini di dispersione</i>	104
8.5.4.	<i>Attraversamenti faunistici</i>	105
8.5.5.	<i>Ulteriori interventi di mitigazione in fase di esercizio: Qualificazione architettonica delle opere d'arte</i>	105
8.5.6.	<i>Barriere acustiche</i>	105
9.	<u>VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO</u>	106
9.1.	VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM	106
9.2.	STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO – MODELLO PREVISIONALE.....	107
9.3.	FASE DI POST OPERA.....	107
9.4.	FASE DI CANTIERE	108
10.	<u>VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO</u>	108
10.1.	ANTE OPERAM.....	108

PROGETTAZIONE ATI:

10.2.	IDENTIFICAZIONE DEI RECETTORI INTERESSATI.....	109
10.3.	MODELLO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DELLE RICADUTE SULLA QUALITA' DELL'ARIA.....	110
10.4.	POST OPERAM.....	110
10.5.	VALUTAZIONE IN FASE DI CANTIERE	111
11.	<u>MONITORAGGIO AMBIENTALE.....</u>	112
12.	<u>INTERFERENZE.....</u>	113
13.	<u>CANTIERIZZAZIONE</u>	114
13.1.	UBICAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE ED ACCESSIBILITA'	114
13.2.	FASI ESECUTIVE DELLE OPERE.....	114
13.3.	CRONOPROGRAMMA	115
13.4.	SITI DI DESTINAZIONE E APPROVVIGIONAMENTO	115
14.	<u>PIANO UTILIZZO TERRE</u>	120
15.	<u>IMPIANTI TECNOLOGICI</u>	126
16.	<u>COSTI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA.....</u>	133

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra il Progetto Definitivo “S.G.C. E78 GROSSETO - FANO – TRATTO NODO DI AREZZO (S. ZENO) – SELCI LAMA (E45) - Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville – Selci Lama (Lotto 7)”. L'intervento costituisce la Variante all'abitato di Le Ville di Monterchi, in provincia di Arezzo, e si colloca nell'ambito degli interventi di completamento del tratto umbro-toscano dalla E78 Grosseto – Fano, identificato all'interno del Contratto di Programma ANAS-MIT con il codice PG 364.

L'opera si colloca nell'ambito del complesso di interventi, in parte eseguiti ed in parte in corso di adeguamento e completamento dell'itinerario E78 Grosseto–Fano concepiti per realizzare l'itinerario trasversale di connessione fra le Regioni **Toscana, Umbria e Marche**.



Figura 1-1 - Individuazione dell'intervento lungo la direttrice della S.G.C. E78

Il tratto di strada in progetto fa parte della Strada di Grande Comunicazione Grosseto–Fano. L'Unione Europea ha classificato la SGC Grosseto – Fano con la sigla E78 inserendola tra gli itinerari internazionali est – ovest. La SGC Grosseto - Fano è collegata ad importanti arterie longitudinali, quali la SS 1 Aurelia, la SGC Firenze - Siena, l'autostrada A1 Milano-Napoli, la E45 Orte - Ravenna, l'autostrada A14 Bologna-Taranto e la SS 16 Adriatica. La lunghezza complessiva del collegamento è di circa 270 km, e lungo il suo tracciato, la E78 collega le città di Grosseto, Siena e Arezzo in Toscana, Urbino e Fano nelle Marche ed interseca la E45 (tra Toscana e Umbria) e la fondovalle del Metauro in provincia di Pesaro e Urbino. Inoltre, l'itinerario ha la funzione di consentire adeguate connessioni tra quattro porti di prima categoria: Livorno e La Spezia sulla costa tirrenica, Ancona e Ravenna su quella adriatica.

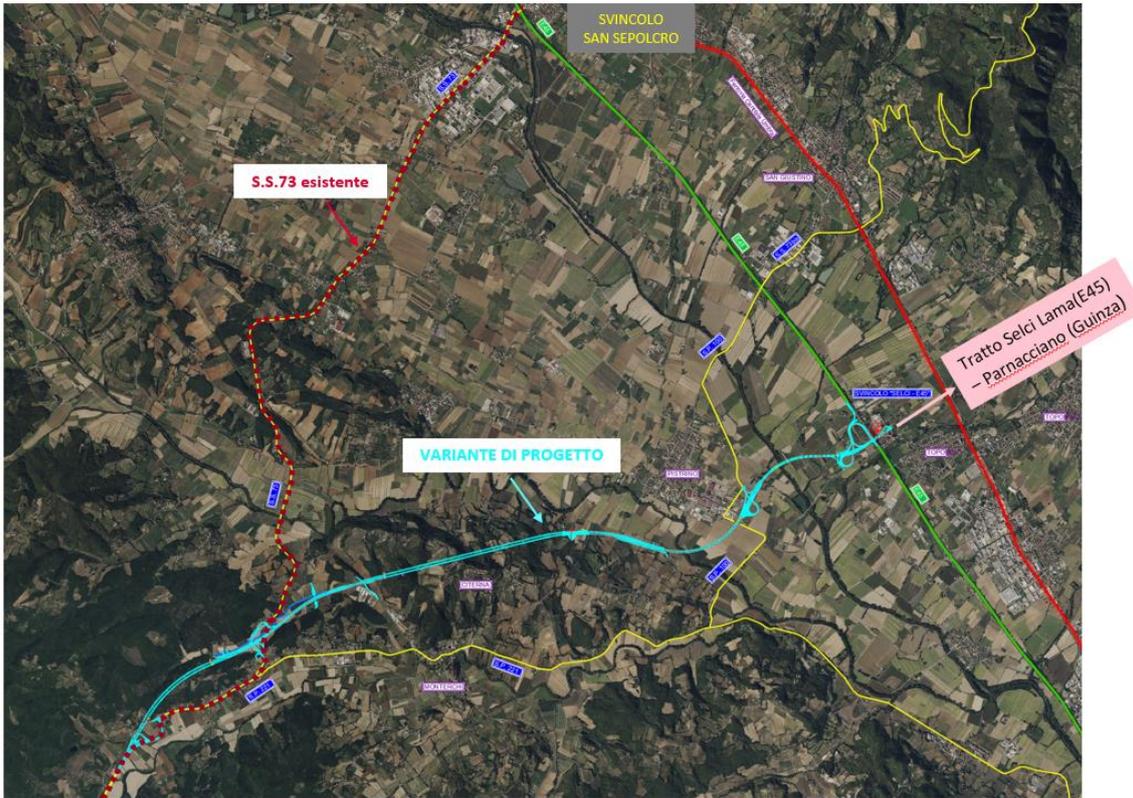


Figura 1-2: Inquadramento generale dell'intervento

La sezione stradale dell'asse principale è tipo B secondo il D.M. 2001 (extraurbana principale) ed è composta da due carreggiate formate da due corsie da 3.75 m con banchine laterali da 1.75 m e da 0.50 m rispettivamente in destra e in sinistra, per una larghezza complessiva di ciascuna carreggiata pari a 9.75 m.

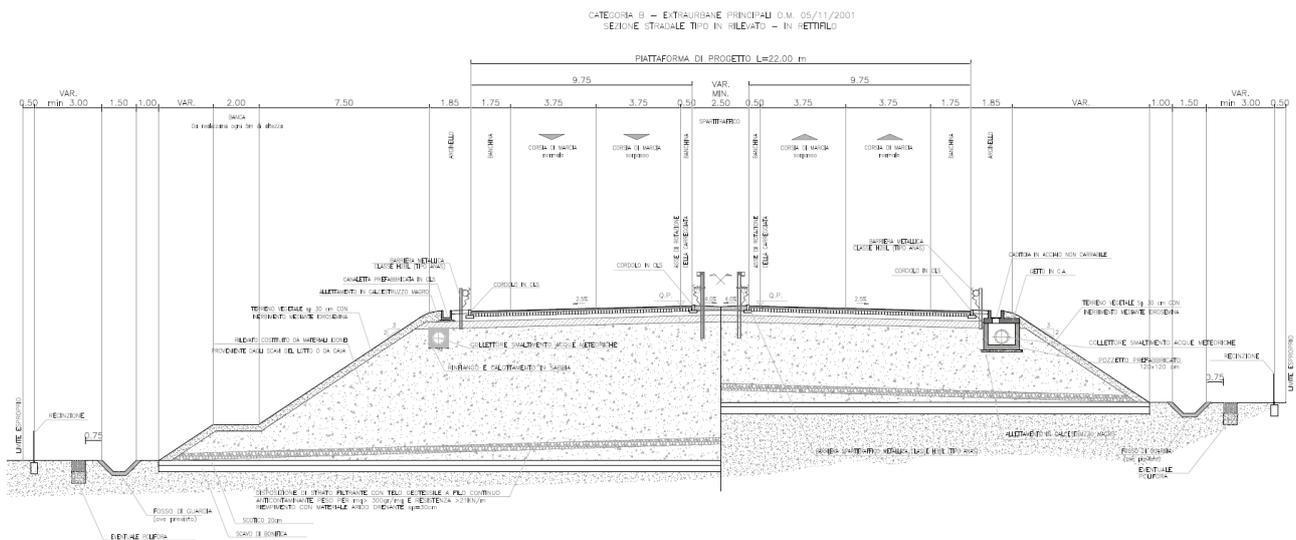


Figura 1-3: Sezione tipo

PROGETTAZIONE ATI:

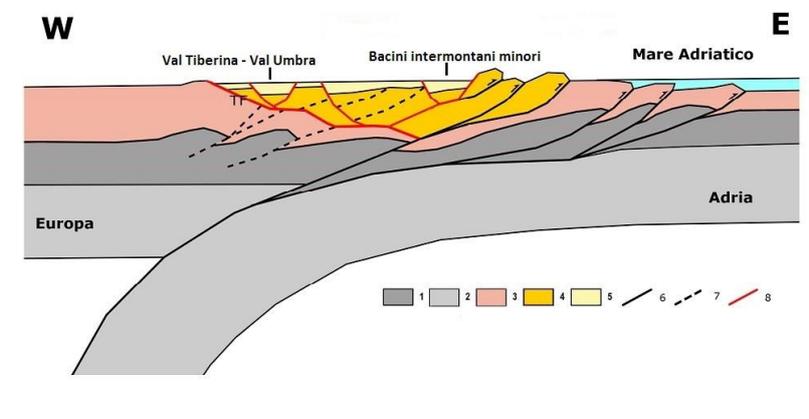
Il percorso si sviluppa interamente nel comune di Mercatello sul Metauro.

2. STUDI E INDAGINI

2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto del presente studio, fa parte della fascia centrale dell'Appennino settentrionale costituita da una struttura complessa di falde e sovrascorrimenti. Una tale disposizione strutturale si è configurata, a partire dall'Eocene, a seguito della migrazione verso est del sistema catena-avanfossa-avampaese. Dal Tortoniano la tettonica compressiva è stata affiancata dalla tettonica distensiva dando origine a strutture tipo graben che si manifestano all'interno della catena con la formazione di bacini intramontani.

I depositi che colmano questi bacini sono prevalentemente di tipo fluvio-lacustri; esempi evidenti geograficamente importanti sono i bacini di Valdarno Superiore, del Mugello e della Valtiberina.



L'attuale assetto strutturale dell'area in studio rappresenta il risultato di una complessa tettonica polifasica sviluppatasi negli ultimi 15 milioni di anni.

Nell'intervallo di tempo compreso tra il Serravalliano ed il Pleistocene medio è stato attivo un campo di sforzi compressivo, orientato circa SW-NE e migrato progressivamente verso est, che ha delineato una serie di domini strutturali, i quali, nel corso della strutturazione della catena appenninica, sono stati progressivamente deformati, secondo uno stile tettonico duttile (pieghe e sovrascorrimenti), e traslati verso est sul dominio geologico antistante: a questa fase si deve la migrazione verso est dell'avanfossa terrigena e quindi la marcata eterocronia della sedimentazione pre-flyschoide e flyschoide.

I terreni che costituiscono le colline ed i rilievi montuosi più estesi del territorio alto tiberino si sono formati durante il Miocene medio-superiore da sedimenti marini depositi in un intervallo di tempo di circa 10 Ma. Le successioni sedimentarie legate a questo periodo, presenti nell'area, sono il Macigno e la Marnosa-Arenacea; in particolare, il primo occupa la parte occidentale, mentre la Marnosa-Arenacea si sviluppa in quella orientale.

Dal Pliocene ad oggi è stato, inoltre, attivo un campo di sforzi distensivo legato all'apertura del Tirreno. Quest'ultimo campo di sforzi, coassiale al precedente, ha dato luogo alla formazione di graben e bacini intramontani. Anche questo campo deformativo è migrato nel tempo da ovest verso est. Una tale evoluzione geodinamica vede la presenza aree soggette a spinte compressione azioni distensive contemporaneamente attive.

L'azione distensiva è tuttora in corso ed interessa porzioni sempre più esterne della catena appenninica.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel Pleistocene inferiore la conca intramontana, dove si dirama il corridoio di progetto, è stata colmata da sedimenti di provenienza continentale ed origine fluvio-lacustri. I principali elementi di trasposto sono rappresentati dal Tevere e dai suoi affluenti minori.

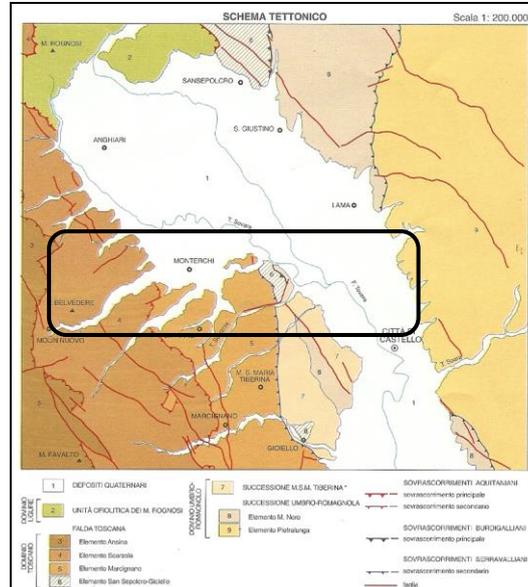


Figura 2.1 – Schema tettonico scala 1:200.000 (tratto da Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 289 Città di Castello – ISPRA 2009)

Rispetto all'area di progetto (nel riquadro) si riconoscono 2 domini principali: il Dominio Toscano ad ovest (destra del Tevere) e il Dominio Umbro-Romagnolo ad est (sinistra del Tevere).

2.1.1. DOMINIO TOSCANO

Nell'ambito dell'area di interesse progettuale gli elementi strutturali più importanti in cui è suddivisa la Falda Toscana sono 3. Essi sono stati indicati rispettivamente dall'interno all'esterno (vedi fig. 1.1): Elemento Scarzola (4), Elemento Marcignano (5) ed Elemento S.Sepolcro-Gioiello (6). Ad ognuno di questi elementi principali sono in qualche caso associate scaglie tettoniche minori che danno luogo in certi casi a raddoppi tettonici anche molto fitti e complicati.

Nella parte centrale il fronte della Falda Toscana è sepolto al di sotto delle successioni quaternarie. Lo stesso sovrascorrimento riaffiora per un breve tratto più a Sud, nella zona di Celle. In questa zona tale superficie tettonica mette a contatto le Arenarie di Celle (tetto stratigrafico della successione toscana) con la Formazione Marnoso-Arenacea Umbra.

Lo schema di seguito riportato ne sintetizza i concetti espressi.

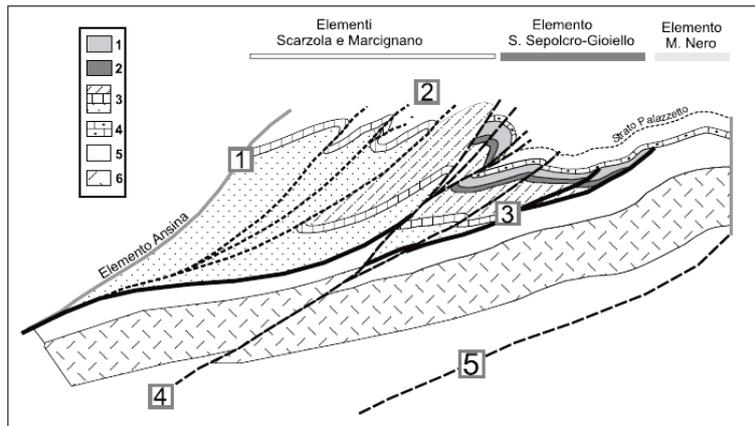


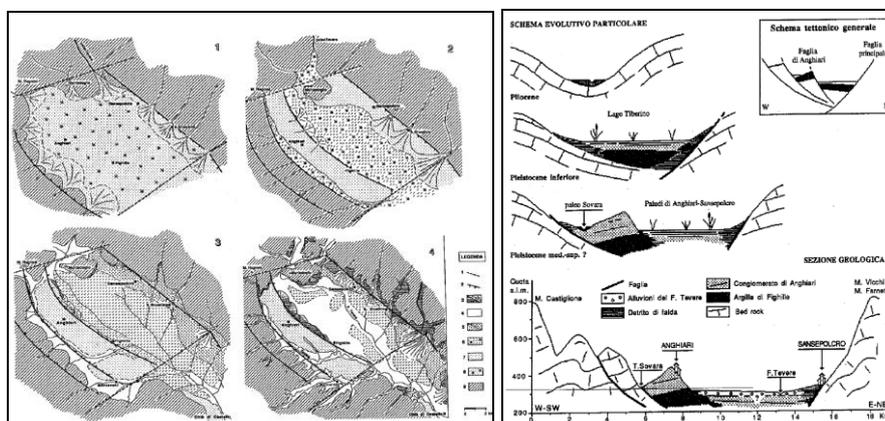
Figura 2.2 – Ricostruzione palinspastica schematica delle strutture compressive nella Falda Toscana, Marne di Vicchio e Successioni umbre. 1) Marne di Vicchio; 2) Arenarie di Celle; 3) Macigno e relativi membri; 4) Formazione di M. S. Maria Tiberina; 5) Formazione Marnoso-Arenacea Umbra; 6) Successione Carbonatica Umbra (tratto da “Note Illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 289 Città di Castello”. ISPRA 2009)

2.1.2. TETTONICA DEI DEPOSITI CONTINENTALI DEL BACINO ALTO-TIBERINO

La dorsale di Citerna ricalca, dal punto di vista geologico, quella di Anghiari e più in generale ricade nelle schematizzazioni riferibili al contesto evolutivo dell’Alta Val Tiberina-Valle Umbra.

Questa struttura di origine distensiva, è parte integrante del *graben* che si estende da San Sepolcro fino a Spoleto secondo una direzione NW-SE. Il principale elemento tettonico responsabile è rappresentato dalla Faglia Altotiberina, faglia a basso angolo, orientata secondo l’asse del bacino ed immergente a ENE (Boncio et al., 2000; Brozzetti et al., 2009; Chiaraluce et al., 2007; Delle Donne et al., 2007; Pucci et al., 2014). A più grande scala, i limiti sul terreno delle unità plio-pleistoceniche, poggianti in discordanza sul basamento miocenico, concordano con l’andamento delle principali faglie distensive che hanno originato il *graben*. Questo evidenzia il forte controllo tettonico nella sedimentazione. I sistemi di faglie bordiere della fossa tettonica mostrano rigetti notevoli (fino a 1000m) ed una notevole continuità laterale, sebbene risultino difficilmente cartografabili in maniera diretta sul terreno, essendo obliterate da potenti coltri colluviali o sepolte dai depositi alluvionali più recenti.

La figura riportata di seguito schematizza l’evoluzione paleogeografica che ha portato alla configurazione attuale dell’area: in evidenza (in riquadro) l’area della dorsale di Anghiari, poco a Nord di Citerna.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 2.3 – Evoluzione paleogeografica dell’Alta Val Tiberina. 1) Pleistocene inferiore; 2) Pleistocene medio(?); 3) Pleistocene superiore-Olocene; 4) Situazione geologica attuale. Legenda: 1. Joint 2. Faglia 3. Detriti di versante/conoide 4. Alluvioni attuali/recenti 5. Depositi riferiti alla fase lacustre più recente (terrazzi I° e II° ordine) 6. Fase lacustre più recente 7. Depositi riferiti alla fase lacustre più antica 8. Fase lacustre più antica 9. Basamento litoide pre-pleiocenico (da Cattuto et alii, 1995)

Si osservi il sistema di faglie dirette a direttrice appenninica ed immersione verso E che ribassano, a gradonata, il substrato. Il quadro strutturale che quindi caratterizza i depositi pleistocenici fluvio-lacustri è molto articolato, costituito da un fitto reticolo di faglie secondarie (a modesto rigetto stimato) e/o sistemi di fratturazione e di un numero minore ma comunque significativo di faglie principali che disarticolano la dorsale in blocchi e complicano ulteriormente i contatti stratigrafici tra le formazioni, già molto complessi in relazione alla natura del deposito.

Tra i lineamenti distensivi principali, responsabili della formazione del bacino, si evidenzia la faglia di Sovara, la faglia di Anghiari-Città di Castello e la faglia di Sansepolcro. A questi lineamenti sono associati a sistemi di faglie sintetiche e antitetiche secondarie.

Alcuni di questi allineamenti rientrano nel catalogo ITHACA.

Il cinematismo è impostato in prevalenza su faglie di tipo diretto con piani da sub-verticali ad un massimo di 65° di inclinazione e con attività ascrivibile al Quaternario (“Note Illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 289 Città di Castello”. ISPRA 2009).

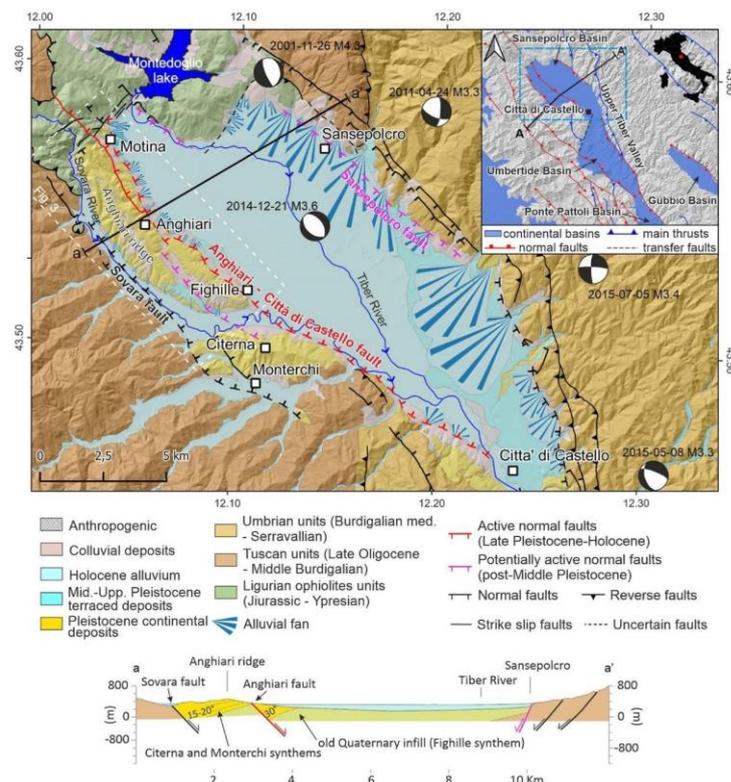


Figura 2.4 – Modello geologico-strutturale del bacino di Sansepolcro che illustra le principali unità tettoniche, la distribuzione dei depositi Pleistocenici-Olocenici ed i lineamenti delle faglie principali (Testa et al. 2023)

2.1.3. FAGLIE CENSITE NEL CATALOGO ITHACA

Alcuni degli allineamenti tettonici censite nel catalogo ITHACA interessano il tracciato in progetto; ed in particolare:

PROGETTAZIONE ATI:

- Faglia Fighille-Città di Castello;
- Faglia di Citerna;
- Faglia di Monterchi Nord.

La faglia di Fighille-Città di Castello interferisce con il viadotto VI03 “Viadotto Sovara”, mentre le restanti intersecano la Galleria Citerna.

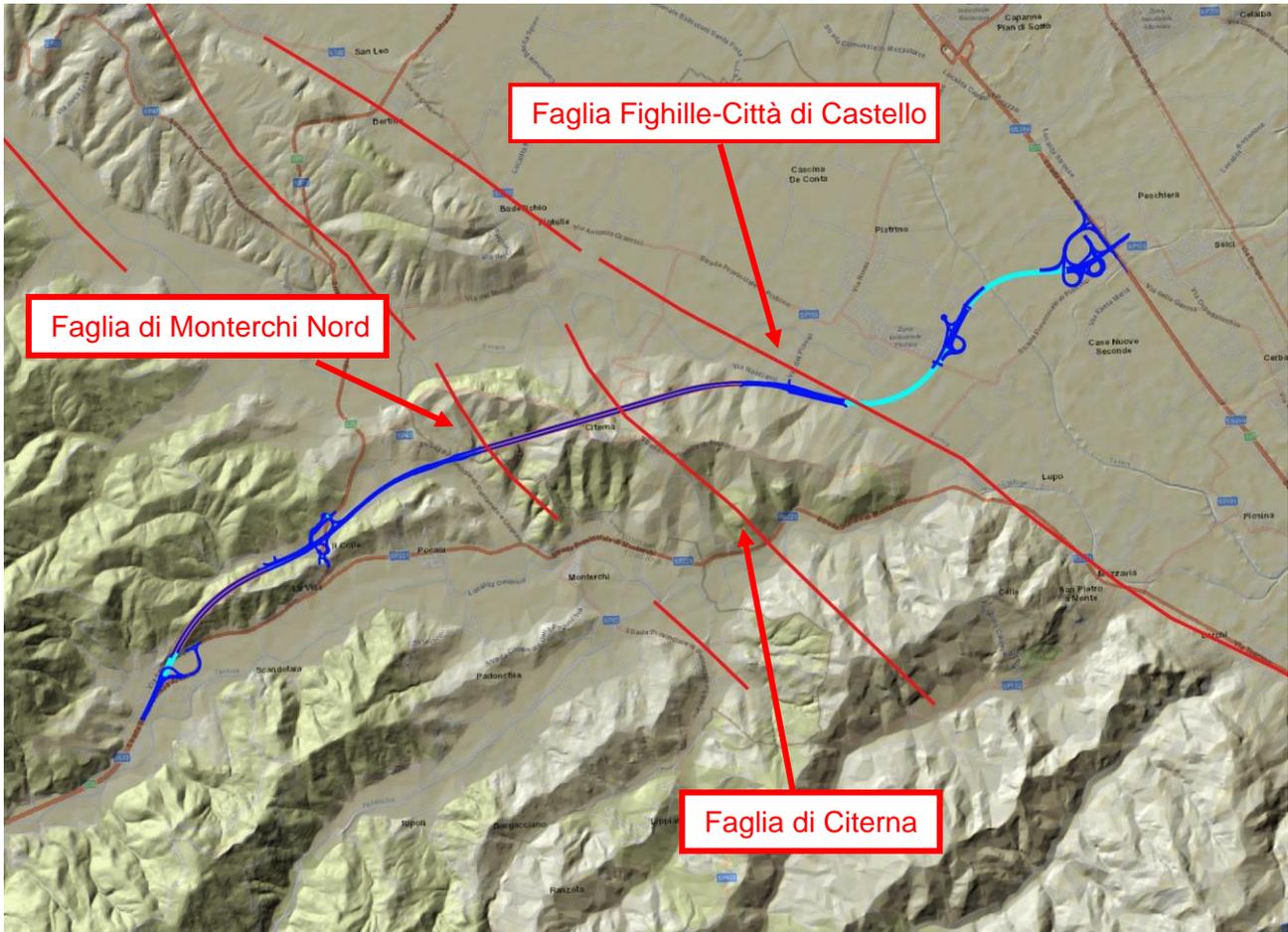


Figura 7.x - Stralcio planimetrico in cui si riportano le faglie capaci censite da ITHACA ed il tracciato in progetto.

Di seguito si riportano gli estratti delle note presenti nel sito Ithaca.

La faglia di Fighille-Città di Castello appartiene al più complesso sistema della faglia Anghiari-Città di Castello.

Il settore dove l’allineamento tettonico interferisce con le strutture di progetto è stato indagato, per questa fase progettuale, sia con indagini dirette, sondaggi geognostici BH21 e BH22, sia indirette con stese sismiche, SR06 e TOMO1-ERT1.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2.5 Ubicazione delle indagini dirette ed indirette nell'area di interferenza tra l'allineamento tettonico Figillie-Città di Castello e il progetto.

La faglia di Citerna

Il settore dove l'allineamento tettonico interferisce con le strutture di progetto è stato indagato, in questa fase progettuale, sia da indagini dirette, sondaggi geognostici BH15 e BH16, sia indirette con stese sismiche ibride SR03.

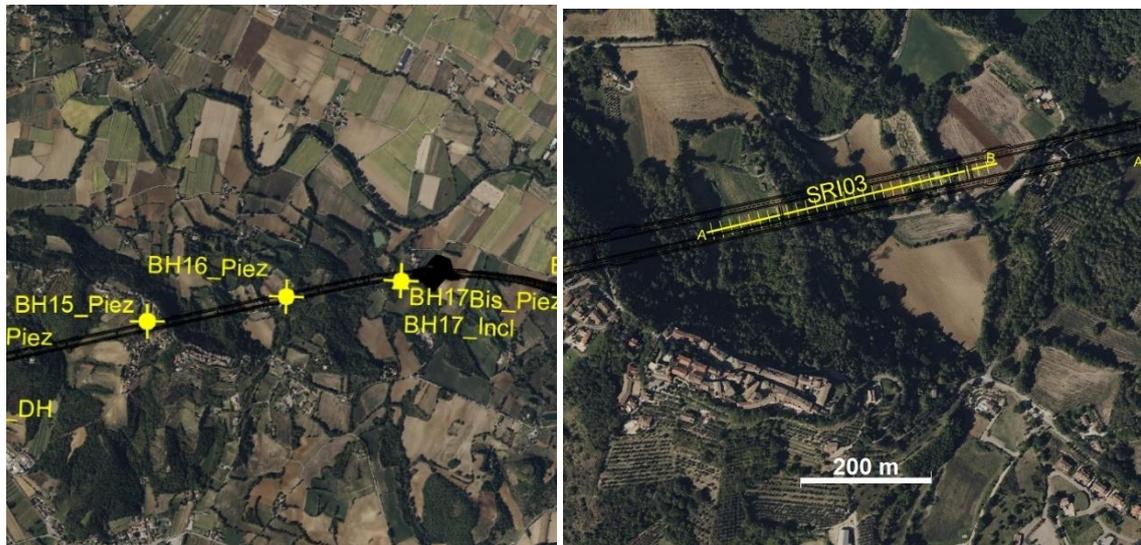
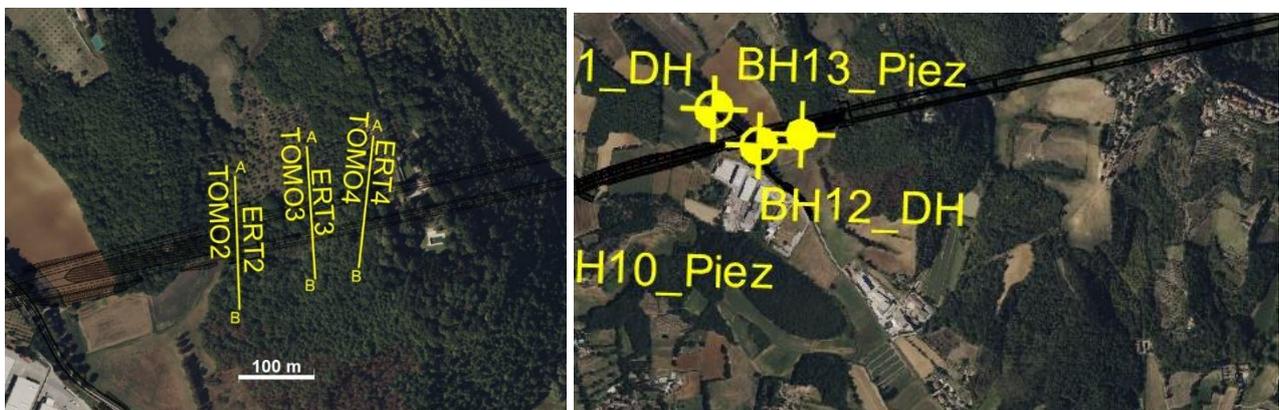


Figura 2.6 Ubicazione delle indagini dirette ed indirette nell'area di interferenza tra l'allineamento tettonico Citerna e il progetto.

La faglia di Monterchi Nord



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 2.7 Ubicazione delle stese simiche accoppiate a stese geoelettriche, in corrispondenza dell'imbocco Lato Grosseto della Galleria Naturale Citerna.

Il settore dove l'allineamento tettonico Monterchi Nord interferisce con le strutture di progetto è stato indagato, in questa fase progettuale, sia da indagini dirette, sondaggi geognostici BH11, BH12 e BH13, sia indirette attraverso stese sismiche accoppiate ad altrettanti stendimenti geoelettrici TOMO2-ERT2, TOMO3-ERT3, TOMO4-ERT4.

2.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

Dal punto di vista geomorfologico l'area di studio ricade nell'ambito dell'Alta Valtiberina.

Il tracciato interessa, a partire da Ovest verso Est, cordoni collinari e valli secondarie che terminano sulla vasta area alluvionale del Fiume Tevere.

L'assetto geomorfologico generale dell'area è il risultato dell'azione combinata tra agenti morfodinamici, azioni antropiche e assetto litostrutturale.

Il reticolo idrografico principale è rappresentato, oltre che dal Fiume Tevere, da importanti affluenti in destra e in sinistra. Gli affluenti in sinistra confluiscono nel Tevere quasi ortogonalmente al suo asse, mentre quelli in destra, si immettono nel T. Sovara, il quale dopo essere entrato nella valle principale, all'altezza di Citerna, scorre per un lungo tratto parallelo al F. Tevere per poi confluire all'altezza della cittadina di Lerchi.

Le valli del Torrente Cerfone e del Fosso della Centena presentano una morfologia praticamente piatta o sub-orizzontale con quote s.l.m. comprese tra 300 e 330 m. Quella del Sovara e del Tevere hanno quote s.l.m. comprese tra 280 e 290 m.

Le alture intervallive sono rappresentate da cordoni collinari allineati secondo un andamento OSO-ENE con quote massime di circa 500 m s.l.m..

Per il settore collinare, compreso Monterchi-Citerna, il tracciato prevede la realizzazione di opere in sotterraneo e opere di superficie. La prima altura è costituita da arenaria oligocenica del Macigno; i versanti sono boschivi e pendenza media del 20-25%, interessati da movimenti gravitativi superficiali che interessano le coltri di alterazione e le coperture eluvio-colluviali a granulometria per lo più sabbiosa.



Figura 2.8 Immagine 3D dell'area interessata dal progetto, con amplificazione del rilievo pari a 3. Inea rossa: tratto occidentale del tracciato. (da Google Earth, modificata).

Muovendosi verso est il tracciato attraversa in galleria il colle di Citerna, parte integrante di una dorsale collinare che si estende secondo un andamento ONO-ESE e raggiunge quote pari a 480 m s.l.m.. Essa separa le valli dei torrenti Sovara e Cerfone.

L'assetto morfologico dei rilievi collinari riflette le caratteristiche tecniche delle rocce componenti per quel che riguarda la loro resistenza all'erosione e la naturale evoluzione dei versanti.

Le litologie presenti, come anticipato, sono ascrivibili a conglomerati sabbie e argille; l'erosione selettiva contribuisce alla formazione di versanti acclivi e con incisioni marcate nel primo caso e a morfologie dolci, con pendii meno acclivi e forme mammellonari nel secondo caso.

La collina di Citerna mostra chiaramente questa distinzione; l'area di edificazione della cittadina è su terreni conglomeratici mentre il versante collinare che guarda verso la valle del Tevere è caratterizzato dalla presenza di litofacies prevalentemente argillose con intercalazioni sabbiose.

Le litologie di natura argillosa sono spesso sede di movimenti di versante. Sui versanti conglomeratici i fenomeni gravitativi sono più rari e localizzati solo sui versanti molto acclivi. In genere mobilizzano masse meno importanti e meglio definite ed i movimenti avvengono lungo una singola superficie di distacco.



Figura 2.9 Immagine 3D dell'area interessata dal progetto, con amplificazione del rilievo pari a 3. Inea rossa: tratti centrale e orientale del tracciato. (da Google Earth, modificata).

A est del colle, dopo l'uscita della galleria, il tracciato corre in rilevato sul bordo della valle del Torrente Soara, per proseguire attraversando la valle in senso trasversale fino alla intersezione con la E45 grazie alla progettazione di Viadotti e tratti in rilevato.

La pianura di Anghiari-Sansepolcro costituisce la depressione tettonica più settentrionale riferibile all'antico Lago Tiberino, e si estende dal limite di Montedoglio (Monti Rognosi) a nord a Città di Castello a sud. La morfologia della piana ed il reticolo idrografico del Tevere e dei suoi affluenti in quest'area sono fortemente influenzati dall'attività tettonica recente.

I reticoli idrografici sia del F. Tevere sia del T. Sovara sono caratterizzati da vistosi cambiamenti di direzione legate anche alla complessa situazione geodinamica dell'area nonché a forme di morfologia fluviale.

2.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il tracciato di progetto interessa il bacino dell'Alta Valle del Tevere, nel suo tratto compreso tra la diga di Montedoglio, a nord, e la confluenza nel Tevere del torrente Cerfone, a sud.

Si descrivono di seguito i principali acquiferi che determinano la circolazione idrica sotterranea della Valle e che interagiscono potenzialmente con il progetto.

Di interesse per il progetto sono anche i bacini minori degli affluenti di destra del Tevere, in particolare i bacini del Fosso della Centena e del Torrente Sovara (superficie complessiva del bacino alla foce di 135 km²), entrambi affluenti di sinistra del Torrente Cerfone.

I bacini degli affluenti di destra percorrono in Toscana la parte più montana del loro corso e, data la natura scarsamente permeabile dei bacini di alimentazione, presentano un basso deflusso di base e una forte dipendenza delle portate superficiali dalle precipitazioni, che ne definiscono lo spiccato regime torrentizio. In sinistra del Tevere invece, numerosi affluenti scendono dai rilievi appenninici formando consistenti conoidi alluvionali.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea dell'area interessata dal tracciato, si distinguono per importanza almeno 3 acquiferi potenzialmente interagenti col progetto:

- Acquifero alluvionale dell'Alta Valle del Tevere;
- Acquifero del flysch della Falda Toscana;
- Acquifero dei depositi pleistocenici.

Le caratteristiche degli acquiferi vengono descritte nei seguenti paragrafi.

2.3.1. ACQUIFERO ALLUVIONALE DELL'ALTA VALLE DEL TEVERE

L'acquifero alluvionale è costituito dalle sequenze a media e alta permeabilità delle unità pleistoceniche e oloceniche fluvio-lacustri.

I terreni che bordano i depositi alluvionali sono rappresentati, nel settore orientale e nella porzione meridionale del margine occidentale, da formazioni flyschoidi e, nella porzione nord-occidentale, da terreni argilloso-calcarei e argillo-scistososi. Depositi fluvio-lacustri si rinvencono nel settore occidentale e meridionale. Più ordini di alluvioni terrazzate sono presenti lungo i margini della valle, particolarmente sviluppati lungo quello orientale.

Le argille lacustri del Sintema di Fighille, sepolte al di sotto dei sedimenti più recenti, rappresentano l'aquicluda vallivo.

La parte centrale della piana è caratterizzata da un materasso alluvionale con spessori massimi superiori a 100 metri. Questo è ben sviluppato nel settore centro-settentrionale della valle e in destra idrografica del fiume Tevere (paleo alveo) fino alla confluenza del torrente Cerfone, dove lo spessore si riduce a non più di venti metri.

In sinistra idrografica del Tevere, i depositi ghiaioso-sabbiosi hanno uno spessore ridotto e presentano granulometrie più grossolane in corrispondenza dei corsi d'acqua.

Nella zona meridionale della valle, fino alla stretta morfologica a sud di Città di Castello, le alluvioni sono estremamente ridotte e di natura prevalentemente fine. L'asse principale del flusso idrico sotterraneo è situato lungo la parte centrale della valle, e segue generalmente l'andamento del corso del fiume Tevere.

Nel tratto terminale il Tevere drena la falda e in corrispondenza della stretta di Città di Castello si manifesta un aumento della portata fluviale a causa delle emergenze subalvee. Il non saturo ha spessore in genere inferiore a 5 metri. Solo al margine orientale, in corrispondenza delle conoidi, formate dai torrenti allo sbocco nella valle, si hanno soggiacenze anche superiori a 20 metri. L'alimentazione laterale al sistema alluvionale da parte di acquiferi bordieri non è significativa.

PROGETTAZIONE ATI:

Modeste ricariche si verificano in corrispondenza delle conoidi formate da corsi d'acqua secondari, quali i torrenti Afra e Lama, all'ingresso in valle.

I dati piezometrici evidenziano che gli assi di drenaggio principali corrispondono, nella parte settentrionale della Valle, ad un probabile paleoalveo, ubicato in destra idrografica all'attuale corso del Tevere, mentre, nel settore centro meridionale, coincidono con l'attuale corso e con quello del Torrente Cerfone.

Secondo studi specifici il volume idrico complessivamente immagazzinato nelle alluvioni si aggirerebbe intorno ai 286 Mm³; la ricarica media annua sarebbe dell'ordine di 67 Mm³ di cui circa 10 Mm³ verrebbero annualmente prelevati mentre i restanti 57 Mm³ alimenterebbero il reticolo idrografico con una portata, media nell'anno, di circa 1,8 m³/s.

Nell'Alta Valle del Tevere si osservano un periodo di morbida tardo primaverile e una magra autunnale. La risposta media del sistema acquifero è infatti sfasata di circa 6 mesi rispetto al massimo delle piogge che, normalmente, si registra in autunno, e di circa 2 mesi rispetto al massimo primaverile. Le oscillazioni piezometriche stagionali medie della falda tra i periodi di magra e di morbida sono inferiori ai 2 m; l'oscillazione minima è inferiore al metro, mentre la massima è intorno ai 10 m.

In destra idrografica del Tevere le oscillazioni sono in genere molto ridotte, più accentuate sono invece in sinistra del fiume; la massima escursione piezometrica viene raggiunta in corrispondenza del Torrente Lama.

Le acque della falda presentano un chimismo piuttosto omogeneo di tipo bicarbonatocalcico.

Per quel che concerne i rapporti falda-fiume si rileva come il Tevere eserciti un ruolo principale di alimentazione della falda nel tratto fino all'altezza di Sansepolcro (a N dell'area di interesse progettuale), mentre più a Sud il rapporto risulta invertito.

Il sistema acquifero nel suo insieme può essere considerato come un mono-strato freatico, con trasmissività compresa tra 100 e 1000 cm²/s ed una porosità efficace media del 10%; solo localmente coperture argillose permettono la formazione di falde in pressione.

2.3.2. ACQUIFERO DEI FLYSCH DELLA FALDA TOSCANA

In tale acquifero sono compresi i termini arenacei del Macigno, che affiorano esclusivamente nel settore occidentale dell'area progettuale in destra del Tevere, costituendo i rilievi collinari-montuosi grossomodo compresi tra le valli del Fosso della Centena e del Torrente Cerfone.

In particolare il principale serbatoio dell'acquifero è costituito dalle arenarie del Membro di Molin Nuovo (MAC₁) che, in relazione al quadro fessurativo, mostrano una permeabilità apprezzabile e tale da rappresentare una roccia serbatoio. In condizioni strutturali localizzate, quali quelle di sovrapposizione tettonica delle arenarie sul flysch pelitico-arenaceo del Macigno (MAC₃), si hanno emergenze sorgentizie di importanza locale: ne sono un esempio le sorgenti (tutte al di fuori dell'area rappresentata) ubicate pressappoco lungo il fronte di sovrascorrimento tra le succitate formazioni, e captate ad uso idropotabile a servizio dei Comuni di Lippiano e Monterchi.

2.3.3. ACQUIFERO DEI DEPOSITI PLEISTOCENICI

Questo acquifero, rispetto all'area di interesse progettuale è presente nei depositi ghiaioso-conglomeratici e sabbiosi dei depositi fluvio-lacustri che costituiscono la dorsale di Citerna.

Questi terreni mostrano valori di permeabilità media, prevalentemente per porosità primaria. In condizioni geologiche localizzate, ovvero in presenza di faglie che pongono questi depositi in contatto laterale con litotipi a più bassa permeabilità o quando sovrapposti stratigraficamente alle argille grigie del Sintema di Fighille, che fungono quindi da *aquiclude* locale, possono essere sede di falde di modesta entità, testimoniate da pozzi di ridotta produttività o da rare sorgenti con portate minime e per lo più a carattere stagionale.

2.3.4. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Si riportano di seguito Le descrizioni dei complessi idrogeologici superficiali affioranti nell'area di studio.

- **Complesso dei depositi detritici (Pleistocene-Olocene):**

depositi continentali prevalentemente ghiaiosi, sabbiosi, litologicamente eterogenei, con spessori molto variabili, (da pochi ad alcune decine di metri). Contengono falde a superficie libera di spessore, estensione ed importanza molto variabili. La vulnerabilità degli acquiferi risulta generalmente elevata.

Mediamente Permeabili

- **Complesso dei depositi Alluvionali (Pleistocene-Olocene):**

depositi eterogenei, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, di riempimento delle principali valli e conche intramontane, con spessori generalmente compresi entro i 30 metri, talvolta possono raggiungere e superare i 100 m come in Valle Umbra e in Alta Valtiberina. I principali sistemi acquiferi alluvionali regionali corrispondono alle più estese aree di pianura che costituiscono l'Alta e Media Valle del Tevere, la Conca Eugubina, la Valle Umbra e la Conca Ternana. I depositi alluvionali permeabili per porosità ospitano in genere acquiferi a falda libera, raramente e localmente acquiferi in pressione. La vulnerabilità degli acquiferi risulta generalmente elevata nelle aree delle conoidi alluvionali e nei settori di pianura caratterizzati da falda libera con depositi grossolani in superficie. I valori della trasmissività nelle aree degli acquiferi principali sono mediamente compresi tra 100 e 20.000 m²/g, con valori massimi anche superiori a 50.000 m²/g rilevati nei settori degli acquiferi più produttivi.

Altamente Permeabili

- **Depositi fluvio-lacustri a granulometria grossolana (Pleistocene):**

depositi prevalentemente sabbioso-conglomeratici, di norma affioranti ai bordi delle principali valli un tempo sede del Paleolago Tiberino. Appartengono all'unità i depositi conglomeratici di paleoconoide. Sono sede di una circolazione idrica sotterranea a carattere locale, con accumuli idrici modesti, frequentemente utilizzati per pozzi ad uso domestico e raramente per alimentare piccoli acquedotti. Sono permeabili per porosità e la produttività massima dei pozzi perforati in tali depositi risulta essere intorno ad alcuni l/s.

Scarsamente Permeabili

- **Depositi fluvio-lacustri e marini sublitorali a granulometria fine (Pliocene-Pleistocene):**

depositi prevalentemente argillosi. I depositi fluvio-lacustri, a luoghi lignitiferi, affiorano alla base del ciclo continentale (Villafranchiano) nelle aree di pertinenza del Paleolago Tiberino. Sono impermeabili o con permeabilità molto bassa. Costituiscono per lo più il substrato impermeabile degli acquiferi alluvionali e gli aquicludi nelle sequenze dei depositi grossolani plio-pleistocenici.

PROGETTAZIONE ATI:

Impermeabili – Scarsamente Permeabili

- **Successioni torbiditiche prevalentemente arenacee (Oligocene-Miocene):**
arenarie massive in grossi banchi, talvolta alternate a strati marnosi ed argillosi. Affiorano nella zona occidentale e nord occidentale della Regione, sono generalmente ascrivibili ai vari membri del Macigno. Alla base sono spesso presenti argille e marne policrome talora in associazione a calcari e calcareniti, ascrivibili ai vari membri della Scaglia Toscana. Tale unità è stata inserita in questo complesso a causa della irregolarità e limitatezza degli affioramenti. La successione marne policrome-arenarie è spesso ripetuta a vari livelli in funzione della tettonica compressiva che ne ha generato la messa in posto. Le arenarie e gli strati calcarenitici sono permeabili per fratturazione; sono sede di acquiferi locali con produttività massima dei pozzi di alcuni l/sec. Le argille e le marne policrome sono da considerare impermeabili.

Scarsamente Permeabili – Mediamente Permeabili

2.4. GEOTECNICA

Il modello geotecnico di sottosuolo è stato definito con riferimento al modello geologico di riferimento, considerando gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici individuati. Sono stati analizzati tutti i dati disponibili per la definizione delle unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, del regime delle pressioni interstiziali e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Al fine del dimensionamento delle opere sono state individuate le seguenti unità geotecniche.

- **UG1a - Sabbia limosa**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto Ovest, dalla progressiva 0+000 km alla progressiva 0+750 km e sul tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 2+300 km alla progressiva 4+300 km.

L'unità UG1a rappresenta la coltre superficiale dell'unità geotecnica UG1, la quale comprende i depositi alluvionali recenti e attuali che colmano la Valle Tiberina e le valli dei principali affluenti del Tevere. Si tratta prevalentemente di sabbia limosa, a volte debolmente argillosa, mediamente densa.

- **UG1b - Limo argilloso**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto Ovest, dalla progressiva 0+000 km alla progressiva 0+750 km, sul tratto intermedio, dalla progressiva 2+300 km alla progressiva 4+300 km e sul tratto Est del tracciato, dalla progressiva 8+100 km fino a fine intervento.

L'unità UG1b rappresenta la porzione basale dell'unità geotecnica UG1, la quale comprende i depositi alluvionali recenti e attuali che colmano la Valle Tiberina e le valli dei principali affluenti del Tevere. Nella parte terminale del tracciato, invece, tale unità, oltre a rappresentare la coltre superficiale si rinviene a profondità variabili sottoforma di lenti caratterizzate da spessori modesti. Si tratta prevalentemente di limo argilloso e argilla limosa, spesso con sabbia, da poco plastico a plastico, da consistente a moderatamente consistente.

PROGETTAZIONE ATI:

- **UG2 - Sabbia con elementi lapidei**

L'unità geotecnica in esame è presente solamente nel tratto iniziale del tracciato, dalla progressiva 0+000 km alla progressiva 0+750 km.

L'unità UG2 comprende la porzione di base dei depositi alluvionali recenti e attuali rintracciati a inizio lotto. Si tratta principalmente di sabbia fine limosa con clasti arenacei, spigolosi ed eterometrici, da densa a molto densa.

- **UG3 - Sabbia con limo**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto Ovest del tracciato, dalla progressiva 0+750 km alla progressiva 2+300 km.

L'unità UG3 rappresenta la coltre superficiale dell'unità UG4, e comprende i depositi eluviali e colluviali di natura detritica, caratterizzati da una matrice limosa argillosa con immersi clasti centimetrici e decimetrici di natura calcareo-arenitica. Si tratta prevalentemente di sabbia con limo, a volte argillosa, mediamente densa.

- **UG4 – Arenaria**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto Ovest del tracciato, dalla progressiva 0+750 km alla progressiva 2+300 km.

L'unità UG4 è costituita dal Macigno, Membro di Molin Nuovo (MAC1). Si tratta di arenarie caratterizzate da potenti bancate di aspetto massimo e grana mediamente grossolana. Sono inoltre presenti, ma da subordinate ad assenti, intercalazioni argillitico marnose e calcarenitico marnose. Lo strato più superficiale, caratterizzato da spessori variabili tra i 10 e 15 m, risulta intensamente alterato (UG4a).

- **UG5 - Argilla marnosa**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 2+850 km alla progressiva 4+325 km.

L'unità UG5 è costituita dal Macigno, Membro di Lippiano (MAC3). Si tratta di torbiditi silicoclastiche in strati sottili e medi in prevalenza pelitico arenacei. Gli strati arenacei spessi sono rari, mentre sono presenti argilliti nerastre e torbiditi calcarenitico marnose con spessori da pochi cm a molti metri. Nel complesso è caratterizzato da grana fine anche negli intervalli basali.

- **UG6 - Deposito di frana**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 4+650 km alla progressiva 8+100 km.

Si tratta di ammassi caotici per lo più costituiti da limi argillosi spesso inglobanti clasti eterometrici di natura calcarea e arenitica. Coinvolgono la coltre eluviale e colluviale e di alterazione del substrato per spessori variabili.

- **UG7a - Ghiaia**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 3+900 km alla progressiva 6+900.

L'unità UG7a è costituita dal Sintema di Citerna, a sua volta suddiviso nei due subsistemi di Molin dell'Olio (CTA1) prevalentemente di natura sabbiosa e di Monte Rotondo (CTA2) di natura clastica

e sabbiosa grossolana. Si sovrappone al Sintema di Fighille (FHL). Si tratta complessivamente di ciottoli poligenici di dimensioni anche decimetriche, cementati, immersi in una matrice sabbiosa.

- **UG7b - Limo sabbioso**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente nel tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 4+200 km alla progressiva 4+500 km.

L'unità UG7b viene rintracciata a profondità variabili all'interno dell'unità geotecnica UG7 sottoforma di orizzontamenti caratterizzati da spessori non trascurabili. Si tratta prevalentemente di limo con sabbia, a volte argilloso, da poco plastico a plastico, da consistente a molto consistente.

- **UG8 - Conglomerati**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto intermedio del tracciato, dalla progressiva 4+7500 km alla progressiva 5+600 km.

L'unità UG8 è costituita dal Sintema di Monterchi (MTC1), subsintema di Mercatale. Si tratta complessivamente di conglomerati con ciottoli e blocchi di natura arenacea, in matrice sabbiosa, alternati a lenti e livelli sabbiosi, a tratti cementati.

- **UG9 - Argilla limosa**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto intermedio, dalla progressiva 5+400 km alla progressiva 8+900 km e sul tratto Est del tracciato, dalla progressiva 10+850 km fino a fine intervento.

L'unità UG9 è costituita dal Sintema di Fighille (FHL). Si tratta di argille limose con intercalati livelli e strati sabbiosi o sabbioso-limosi. Verso l'alto sono frequenti livelli e/o lenti di ghiaie e di conglomerati poligenici, con prevalenza di ciottoli arenacei centimetrici ed appiattiti. L'unità risulta da poco plastica a plastica, da consistente a molto consistente.

- **UG10 - Ghiaia sabbiosa**

L'unità geotecnica in esame è distribuita principalmente sul tratto Est del tracciato, dalla progressiva 8+800 km fino a fine intervento.

L'unità UG10 comprende le ghiaie di natura poligenica in matrice sabbiosa (Ag) dei depositi alluvionali recenti e attuali che colmano la Valle Tiberina e le valli dei principali affluenti del Tevere. Si tratta prevalentemente di ghiaia con sabbia, sabbie ghiaiose, a volte limose, raramente debolmente argillose, da dense a molto dense.

I valori caratteristici per le singole unità geotecniche sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Tabella 2.1 Sintesi dei parametri fisico-meccanici caratteristici dei terreni

Unità geotecnica	Descrizione	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c_u (kPa)	E_0 (MPa)	E (MPa)	
UG1a	Sabbia limosa	19 ÷ 21	0	34 ÷ 38	-	100 ÷ 200	10 ÷ 40	
UG1b	Limo argilloso	18 ÷ 20	0 ÷ 10	24 ÷ 28	100 ÷ 150	150 ÷ 250	15 ÷ 50	$z \leq 10$ m
						250 ÷ 350	25 ÷ 70	$z > 10$ m

PROGETTAZIONE ATI:

UG2	Sabbia con elementi lapidei	19 ÷ 21	0	36 ÷ 38	-	400 ÷ 500	40 ÷ 100	
UG3	Sabbia con limo	19 ÷ 20	0 ÷ 5	30 ÷ 32	-	150 ÷ 250	15 ÷ 50	
UG5	Argilla marnosa	20 ÷ 22	30 ÷ 35	25 ÷ 30	-	2000÷4000	200 ÷ 800	
UG6	Depositi di frana	19 ÷ 20	0 [0]	17 ÷ 19 [9]	-	150 ÷ 250	15 ÷ 50	
UG7a	Ghiaia	19 ÷ 21	0	38 ÷ 42	-	250 ÷ 450	25 ÷ 90	$z \leq 10$ m
						$35 \cdot z$	$3.5 \cdot z \div 7 \cdot z$	$z > 10$ m
UG7b	Limo sabbioso	18 ÷ 20	0 ÷ 5	28 ÷ 30	-	250 ÷ 450	25 ÷ 90	$z \leq 10$ m
						$35 \cdot z$	$3.5 \cdot z \div 18 \cdot z$	$z > 10$ m
UG8	Conglomerati	19 ÷ 21	0	38 ÷ 42	-	200 ÷ 250	20 ÷ 50	$z \leq 5$ m
						$45 \cdot z$	$4.5 \cdot z \div 9 \cdot z$	$z > 5$ m
UG9	Argille limose	19 ÷ 21	10 ÷ 30	24 ÷ 28	50 ÷ 150	250 ÷ 350	25 ÷ 70	$z \leq 20$ m
					100 ÷ 200	350 ÷ 450	35 ÷ 90	$z \leq 20$ m
UG10	Ghiaia sabbiosa	18 ÷ 20	0	34 ÷ 38	-	$15 \cdot z + 250$	$1.5 \cdot z + 25 \div 3 \cdot z + 50$	

[*] = parametro in condizioni residue

Tabella 2.2 Sintesi dei parametri fisico-meccanici caratteristici delle unità litoidi

Unità geotecnica	Descrizione	γ (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI (-)	E_0 (MPa)
UG4a	Arenaria alterata	24 ÷ 26	20 ÷ 50	35 ÷ 45	1000 ÷ 2000
UG4b	Arenaria	24 ÷ 26	20 ÷ 50	50 ÷ 60	$90 \cdot z^{1.20}$

2.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

La campagna di indagini geognostiche, sondaggi e pozzetti, eseguita tra gennaio-maggio 2022, è stata eseguita dalla ditta *Cam Perforazioni S.r.l.U.A* mentre quella condotta tra gennaio e marzo 2024 è stata curata dal Consorzio LR Laboratori Riuniti,

PROGETTAZIONE ATI:

Essa ha compreso le seguenti attività:

- N°28 sondaggi verticali, dei quali N°2 eseguiti a distruzione di nucleo e N°26 a carotaggio continuo o a parziale distruzione di nucleo, così attrezzati:
 - N°11 con strumentazione per prova *downhole*;
 - N°1 con tubo inclinometrico;
 - N°13 con piezometro a tubo aperto;
 - N°3 con piezometro Casagrande;
 - N°9 pozzetti geognostici, spinti fino ad un massimo di 3 m di profondità, per un totale di N°20 prove di carico su piastra.

I sondaggi geognostici sono stati completati con prove in foro, quali SPT, permeabilità, e prelievi di campioni da destinare a prove geotecniche e geomeccaniche sia a analisi ambientali.

N°120 campioni geotecnici di terreno dai sondaggi, di cui:

- N°46 campioni rimaneggiati;
- N°75 campioni indisturbati;

Le prove geotecniche di laboratorio sono state eseguite presso il laboratorio TecnoLab Srl (laboratorio Socotec). I risultati sono raccolti nell'elaborato T00GE01GEORE03 *Certificati delle prove di laboratorio*.

Nel luglio 2023 sono stati condotti rilievi geomeccanico-strutturali su affioramenti significativi, che ha portato all'esecuzione di 4 stazioni geomeccaniche-strutturali. Le relative schede di rilievo sono riportate nella *Relazione sulle indagini strutturali* (T00GE01GEORE02).

Per le informazioni di dettaglio e la documentazione tecnica relative alla campagna geognostica si rimanda agli elaborati specifici (*Relazione sulle indagini geotecniche in sito*, T00GE01GEORE01).

Al fine di definire il modello sismo-stratigrafico dell'area, mediante l'individuazione della profondità del *bedrock* sismico e la discretizzazione della velocità delle onde S per la definizione del parametro $V_{s,eq}$ (NTC2018), nel mese di dicembre 2022, nell'ambito del medesimo progetto, a cura della ditta Geofisica Misure S.n.c. srl, sono state eseguite:

- N° 3 indagini di sismica passiva HVSR;
- N° 1 indagine sismica MASW;
- N° 8 stendimenti sismici a rifrazione SRT;
- N° 10 prove *downhole*.

Nel 2023, ad integrazione delle precedenti indagini e per ovviare all'impossibilità di eseguire alcune indagini dirette, è stata eseguita una importante campagna di indagini geofisiche e geoelettriche svolte dalla Soc. Geoserving S.r.l..

La finalità di questa campagna è stata quella di raccogliere informazioni in aree, che allo stato attuale non sono risultate accessibili alle macchine perforatrici (imbocco Ovest Galleria Citerna per esempio), nei tratti dei corpi galleria e in corrispondenza di lineamenti tettonici censiti nel Catalogo ITHACA. Quest'indagine è risultata molto impegnativa sia dal punto di vista tecnico, per la

PROGETTAZIONE ATI:

lunghezza degli stendimenti, sia per le difficoltà di interpretazione a causa della presenza di un assetto stratigrafico compromessi dai processi geodinamici.

L'intera campagna ha compreso le seguenti attività:

- N° 4 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P ed SH;
- N° 4 stendimenti di geoelettrica in modalità ERT, accoppiati agli stendimenti di sismica a rifrazione;
- N° 4 stendimenti di sismica "ibrida" a riflessione e rifrazione in onde P.

Le indagini geofisiche per il presente progetto si sono concluse nel gennaio 2024, con l'esecuzione di:

- N° 1 prova *downhole*

eseguita dal Consorzio LR Laboratori Riuniti.

Per le informazioni di dettaglio e la documentazione tecnica relativa alla campagna di indagini geofisiche, si rimanda agli allegati specifici, elaborato T00GE01GEORE04 (Relazione sulle indagini geofisiche in sito).

2.5.1. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Lungo il tracciato, è stato eseguito un totale di N°28 sondaggi verticali, dei quali N°2 eseguiti a distruzione di nucleo e N°26 a carotaggio continuo, con alcuni in parte a parziale distruzione di nucleo, spinti a profondità comprese tra 20 e 120 m da p.c., con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità *Lefranc* e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati.

Nelle tabelle seguenti si riportano informazioni su strumentazione, prove, profondità e coordinate dei sondaggi.

L'interruzione della numerazione progressiva è dovuta all'assenza di punti indagine, previsti dal progetto iniziale sulle indagini, ma non eseguiti a causa di vari fattori logistici, di accesso alle aree od altro.

Id Sondaggio	Modalità esecuzione	Profondità (m)	Prove in foro	Strumentazione in foro	Coordinate WGS 84		Quota (m s.l.m.)
					Latitudine	Longitudine	
BH01_DH	carotaggio continuo	45	N°6 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-45.00 m cieco	43°28'37.06172" N	12°03'24.49365" E	315,0
BH02_Piez	carotaggio continuo	35	N°4 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-35.00 m microfessurato	43°28'41.85436" N	12°03'29.02092" E	315,6
BH03_DH	carotaggio continuo	35	N°5 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°28'43.50324" N	12°03'32.96513" E	310,6
BH04_Piez	carotaggio continuo	25	N°3 SPT N°1 Lefranc	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 300-35.00 m microfessurato	43°28'45.6" N	12°03'33.6" E	325,5
BH07_DH	carotaggio continuo	35	N°5 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°29'21.85274" N	12°04'37.44112" E	320,5
BH08_Piez	carotaggio continuo	35	N°4 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-6.00 m cieco 6.00-25.00 m microfessurato	43°29'19.59793" N	12°04'39.31056" E	320,2

PROGETTAZIONE ATI:

Id Sondaggio	Modalità esecuzione	Profondità (m)	Prove in foro	Strumentazione in foro	Coordinate WGS 84		Quota (m s.l.m.)
					Latitudine	Longitudine	
BH09_DH	carotaggio continuo	35	N°5 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°29'43.28764" N	12°05'17.99855" E	312,7
BH10_Piez	carotaggio continuo	25	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-25.00 m microfessurato	43°29'41.11264" N	12°05'18.68886" E	314,5
BH11_DH	carotaggio continuo	35	N°7 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°29'52.12" N	12° 5'42.99" E	339,7
BH12_DH	carotaggio continuo	35	N°5 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°29'48" N	12°05'49" E	321,0
BH13_Piez	carotaggio continuo	35	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-20.00 m microfessurato	43°29'49.91927" N	12°05'54.95473" E	323,3
BH15_Piez	distruzione di nucleo da 0 a 85 m, carotaggio continuo da 85 a 120 m	120	-	Celle casagrande a quota 110 m e 73 m.	43°30'1.35"N	12° 6'41.24"E	439,7
BH16_Piez	distruzione di nucleo da 0 a 45 m, carotaggio continuo da 45 a 80 m	80	-	Celle casagrande a quota 80 m e 47 m.	43°30'06.0513" N	12°07'17.3046" E	391,2
BH17_Incl	carotaggio continuo	25	N°4 SPT	Inclinometro 25.00 m	43°30'9.85"N	12° 7'46.82"E	342,5
BH17Bis_Piez	distruzione di nucleo	30	N°3 SPT	celle casagrande a quota 10 e 30 m	43°30'9.82"N	12° 7'46.94"E	342,5
BH20_Piez	carotaggio continuo	35	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-15.00 m microfessurato	43°30'07.38556" N	12°08'37.88156" E	298,3
BH21_Piez	carotaggio continuo	30	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-30.00 m microfessurato	43°30'05.18644" N	12°08'48.98278" E	295,2
BH22_DH	carotaggio continuo	35	N°5 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-35.00 m cieco	43°30'03.58036" N	12°09'07.35000" E	290,0
BH23_Piez	carotaggio continuo	20	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-20.00 m microfessurato	43°30'15.86347" N	12°09'37.77787" E	289,4
BH24_Piez	carotaggio continuo	20	N°3 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-20.00 m microfessurato	43°30'25.96867" N	12°09'42.23055" E	289,5
BH25_DH	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-40.00 m cieco	43°30'40.67942" N	12°10'01.66558" E	289,7
BH26_Piez	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-40.00 m microfessurato	43°30'42.18072" N	12°10'07.43999" E	288,9
BH27_DH	distruzione di nucleo	45	-	Down hole [ø3"] 0.00-45.00 m cieco	43°30'47.07574" N	12°10'19.89249" E	288,1
BH28_Piez	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-45.00 m microfessurato	43°30'47.06878" N	12°10'20.11891" E	288,5
BH29_Piez	carotaggio continuo	45	N°5 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-45.00 m microfessurato	43°30'46.38606" N	12°10'29.70170" E	289,7
BH30_DH	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-40.00 m cieco	43°30'45.88440" N	12°10'35.35515" E	289,7

PROGETTAZIONE ATI:

Id Sondaggio	Modalità esecuzione	Profondità (m)	Prove in foro	Strumentazione in foro	Coordinate WGS 84		Quota (m s.l.m.)
					Latitudine	Longitudine	
BH31_Piez	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Piezometro tubo aperto [ø2"] 0.00-3.00 m cieco 3.00-40.00 m microfessurato	43°30'50.54608" N	12°10'50.86064" E	292,0
BH32_DH	carotaggio continuo	40	N°6 SPT	Down hole [ø3"] 0.00-40.00 m cieco	43°30'45.79"N	12°10'52.22"E	291,5

Tabella 2.3 Sintesi dei sondaggi e delle prove svolte in foro per il progetto definitivo.

Le immagini che seguono mostrano l'ubicazione dei sondaggi rispetto alla traccia del progetto su base cartografica Google Earth.

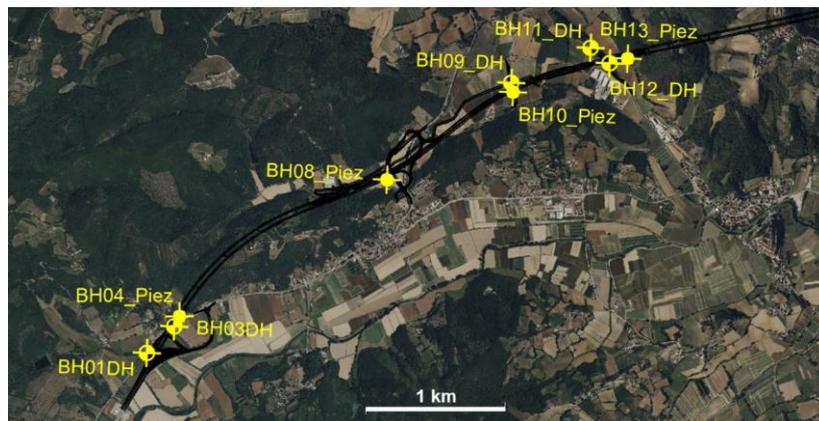


Figura 2.10 Ubicazione dei sondaggi lungo il settore occidentale del tracciato.

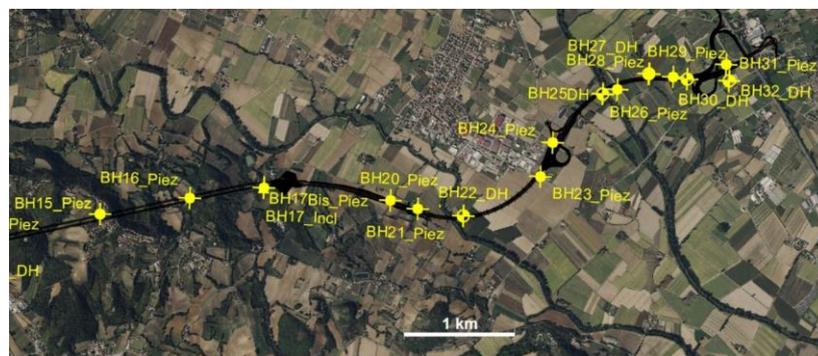


Figura 2.11 Ubicazione dei sondaggi lungo il settore orientale del tracciato.

L'ubicazione dei punti di indagine e la metodologia tecnica di esecuzione è stata fatta al fine di caratterizzare, sia dal punto di vista stratigrafico sia geotecnico, i terreni interferenti con le opere d'arte previste dal progetto. Essi perciò sono particolarmente concentrati sia in corrispondenza di settori dove l'opera d'arte in progetto risulta importante dal punto di vista ingegneristico sia in aree dove la ricostruzione stratigrafica non è risultata di facile interpretazione.

Di seguito una veloce scorsa di quanto acquisito:

I sondaggi BH01_DH, BH03_DH e BH04_Piez forniscono informazioni circa lo spessore dei depositi alluvionali nella valle del Torrente Cerfone e in alcuni casi intercettano il substrato

PROGETTAZIONE ATI:

miocenico della Formazione del Macigno. In particolare, il BH01_DH intercetta il substrato ad oltre 30 m di profondità.

Il sondaggio BH04_Piez è posto in corrispondenza dell'imbocco lato Grosseto della Galleria Naturale Le Ville, ed intercetta le arenarie oligoceniche Membro di Molin Nuovo del Macigno (MAC₁), al di sotto di uno spessore di alterazione di circa 12 m.

I sondaggi BH07_DH, BH08_Piez, BH09_DH e BH_10_Piez attraversano le alluvioni limo-sabbiose e argillose della valle del Fosso della Centena; essi intercettano il substrato arenaceo, ascrivibile al Membro di Molin Nuovo (MAC₁) in BH07_DH e BH08_Piez, e marnoso (Membro Di Lippiano MAC₃) in BH09_DH e BH_10_Piez.

I sondaggi BH11_DH, BH12_DH e BH13_Piez intercettano coperture colluviali poco spesse, al di sotto delle quali si rinvencono alternanze di ghiaie con ciottoli, limi sabbiosi e livelli di argilla, attribuibili ai depositi alluvionali pleistocenici terrazzati del Subsistema di M. Rotondo (CTA₂) del Sistema di Citerna, per tutto lo spessore investigato, pari a 35 m.

I sondaggi BH15_Piez e BH16_Piez, realizzati per caratterizzare le litologie scavate per la Galleria Naturale Citerna, intercettano, alla profondità di progetto, esclusivamente argille grigie, attribuite ai depositi fluvio-lacustri pleistocenici del Sistema di Fighille (FHL).

Il sondaggio BH17_Incl eseguito presso l'imbocco lato Fano della Galleria Naturale Citerna, attrezzato con inclinometro per il monitoraggio del dissesto, censito dal PAI, intercetta per i primi 12 m da p.c. uno spessore di argille limose destrutturate, con alla base una fascia ossidata interpretabile come una potenziale superficie di scorrimento. Da 12 a 25 m da p.c. il sondaggio intercetta le argille grigie del Sistema di Fighille (FHL). Il sondaggio è accoppiato al piezometro BH17Bis_Piez, realizzato a distruzione.

I sondaggi BH20_Piez e BH21_Piez, situati sul limite orientale della collina di Citerna, attraversano entrambi, per i primi 5 m, argille limo-sabbiose risultanti dall'interdigitazione delle alluvioni del Sovara con i materiali colluviali provenienti dal disfacimento delle argille grigie. Segue uno strato più francamente alluvionale, spesso circa 3 m, di sabbie limose con ciottoli e in profondità si passa alle argille grigie del Sistema di Fighille.

Il sondaggio BH22_DH si trova nell'ampia piana Tevere/ Sovara, ed intercetta uno spessore di sabbie, ghiaie, argille e limi alternati, interpretati come alluvioni recenti (A). Non si rinvencono le argille di Fighille ad indicare un brusco cambiamento litologico in continuità laterale, rispetto al più prossimo sondaggio BH21_Piez.

I sondaggi BH23_Piez, BH24_Piez, BH25_DH e BH26_Piez, realizzati sulla Piana del Tevere per la caratterizzazione dello spessore delle alluvioni, rivelano la presenza, al di sotto di uno strato di limi sabbiosi e argillosi spesso 5-6 m, di un corpo di ghiaie con ciottoli in matrice di sabbia limosa spesso più di 40 m, la cui continuità è interrotta da occasionali lenti sabbiose o argillose.

I sondaggi BH28_Piez, BH29_Piez, BH30_DH e BH32_DH, anch'essi realizzati sulla Piana del Tevere, in prossimità circa delle fondazioni del Viadotto Tevere, intercettano, oltre ai due strati incontrati dai precedenti sondaggi, uno strato basale di argille grigie, evidenziando un assottigliamento progressivo delle ghiaie, muovendosi da ovest verso est lungo il tracciato, con una terminazione a cuneo in corrispondenza circa del sondaggio BH31_Piez. Quest'ultimo presenta 34 m di argille grigie al di sotto di 6 m di argille limose alluvionali.

PROGETTAZIONE ATI:

Per l'ubicazione esatta in pianta e rispetto alle opere di progetto di sondaggi e pozzetti si rimanda alla *Planimetria ubicazione indagini in sito - tavv. 01-07* (elaborati T00GE01GEOPU01-07).
Per le stratigrafie, metodo di scavo/perforazione, profondità di prelievo dei campioni, dettagli sulle strumentazioni installate in foro e risultati delle prove in sito si rimanda alla *Relazione sulle indagini geotecniche in sito* (elaborato T00GE01GEORE01).
Per i risultati del laboratorio geotecnico si rimanda ai *Certificati delle prove di laboratorio* (elaborato T00GE01GEORE03).

2.5.2. POZZETTI GEOGNOSTICI

Al fine di caratterizzare i terreni al di sotto dei tratti stradali previsti in rilevato, sono stati realizzati n°15 pozzetti esplorativi, scavati fino a profondità massime di 3 m e sui quali sono state eseguite da 1 a 2 prove di carico su piastra nonché il prelievo di campioni geotecnici rimaneggiati e ambientali;

Nelle tabelle seguenti si riportano informazioni sulle prove eseguite e sui campioni geotecnici prelevati dai pozzetti.

Id Pozzetto	Profondità (m)	Prove di carico su piastra	Profondità prova (m da p.c.)	Campioni rimaneggiati
Pz01	2	PLT1	0,5	1
Pz02	3	PLT1	0,5	2
		PLT2	1	
Pz03	2	PLT1	0,5	2
		PLT2	1	
Pz04	2	PLT1	0,5	3
		PLT2	1	
Pz07	3	PLT1	0,5	1
Pz08	2	PLT1	0,5	1
Pz09	1,5	PLT1	0,5	1
Pz10	2	PLT1	0,5	1
Pz11	2	PLT1	0,5	1
Pz12	2	PLT1	0,5	1
Pz14	3	PLT1	0,5	2
		PLT2	1	
Pz15	3	-	-	-
Pz16	2	PLT1	0,5	1
Pz17	2	PLT1	0,5	2
Pz18	2	PLT1	0,5	1

Tabella 2.4 Sintesi dei pozzetti e delle prove svolte in foro per il progetto definitivo.

L'ubicazione dei pozzetti è sintetizzata nella Figura 2.12.

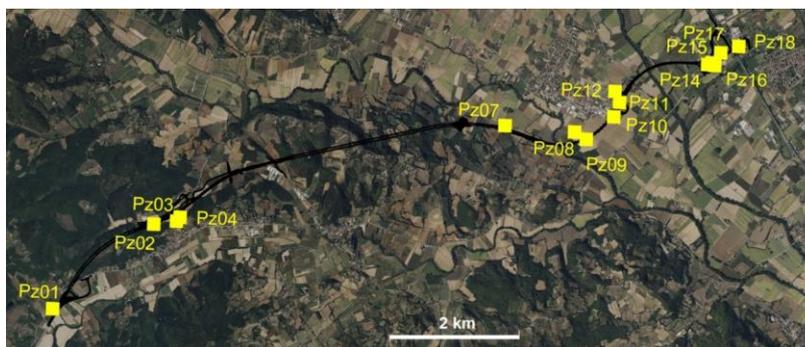


Figura 2.12 Ubicazione dei pozzetti.

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito una sintesi di quanto acquisito nella esecuzione dei pozzetti geotecnici.

Il pozzetto Pz01 è posto sulla piana del Torrente Cerfone, in prossimità dei corpi stradali AP01 e AP02.

I pozzetti Pz02, Pz03 e Pz04 indagano sui terreni superficiali della valle del Fosso della Centena, in corrispondenza dei corpi stradali AP03, AP04, AP05 e AP06.

Il pozzetto Pz07 è posto sulle alluvioni del Sovara, sulla falda del rilievo di Citerna, per la caratterizzazione dei corpi stradali AP07 e AP08.

I pozzetti Pz08, Pz09, Pz10, Pz11 e Pz12, sono stati eseguiti nella valle del Tevere, in corrispondenza dei corpi stradali AP09 e AP10, da realizzare tra i viadotti sui fiumi Sovara e Tevere.

I pozzetti Pz14, Pz15, Pz16, Pz17 e Pz18 sono stati eseguiti sulla sponda sinistra del Tevere, subito ad est della spalla lato Fano del viadotto Tevere, in corrispondenza dei corpi stradali AP11 e AP10.

Per l'ubicazione esatta in pianta e rispetto alle opere di progetto di sondaggi e pozzetti si rimanda alla *Planimetria ubicazione indagini in sito - tavv. 01-07* (elaborati T00GE01GEOPU01-07).

Per le stratigrafie, metodo di scavo/perforazione, profondità di prelievo dei campioni, dettagli sulle strumentazioni installate in foro e risultati delle prove in sito si rimanda alla *Relazione sulle indagini geotecniche in sito* (elaborato T00GE01GEORE01).

Per i risultati del laboratorio geotecnico si rimanda ai *Certificati delle prove di laboratorio* (elaborato T00GE01GEORE03).

2.5.3. INDAGINI GEOFISICHE

Le indagini geofisiche sono state utilizzate per la definizione del modello sismo-stratigrafico dell'area, mediante l'individuazione della profondità del *bedrock* sismico e la discretizzazione della velocità delle onde S per la definizione del parametro $V_{s,eq}$ (NTC 2018).

Hanno inoltre consentito di aumentare il grado di dettaglio sugli spessori di copertura e sulla posizione e geometria dei lineamenti tettonici interferenti col tracciato.

L'ubicazione delle indagini geofisiche è mostrata nelle figure di seguito.

Vengono in questo paragrafo riportati i risultati delle indagini; per maggiori dettagli tecnici sulla loro esecuzione si rimanda alla *Relazione sulle indagini geofisiche in sito* (elaborato T00GE01GEORE01).

2.5.4. PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA H.V.S.R.

Sono state effettuate dalla ditta Geofisica Misure S.n.c. Esse sono in numero di 3 e finalizzate alla registrazione del rumore ambientale, nel tratto di piana che interesserà le fondazioni del Viadotto Tevere, nei punti riportati nella seguente immagine.

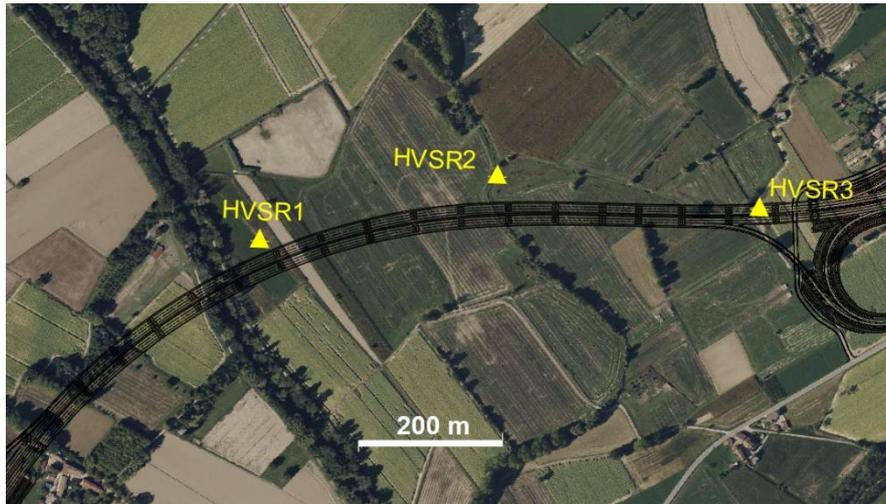


Figura 2.13 Ubicazione delle indagini sismiche passive in prossimità delle pile del Viadotto Tevere in progetto.

Le misure sono state effettuate tramite un sismografo di precisione, a tre componenti (Verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest), di produzione *Lennartz*, modello LE-5s, con frequenza propria di oscillazione pari a 0.20 Hz.

Di seguito vengono brevemente riassunti i risultati della prospezione sismica effettuata.

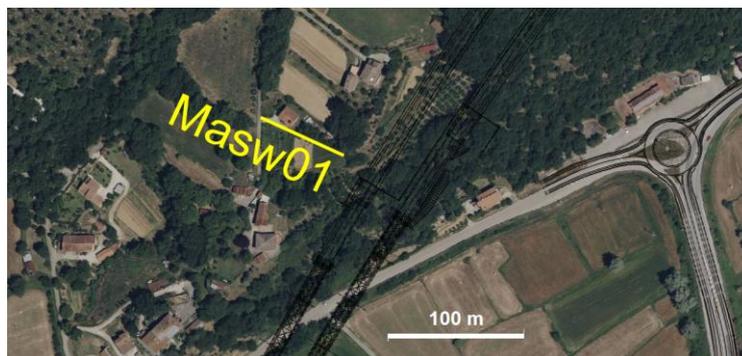
Prova	f0 (Hz)	Vs media coperture (m/sec)	Profondità bedrock (m)
HVSR1	1.06	400	94.3
HVSR2	0.80	400	125.0
HVSR3	0.78	400	128.2

Tabella 2.5 Risultati delle misure di rumore ambientale.

Le indagini mostrano profondità del *bedrock* sismico superiori ai 90 m al di sotto del piano campagna della piana.

2.5.5. PROSPEZIONI SISMICHE MASW

Lo stendimento MASW è stato eseguito dalla ditta Geofisica Misure S.n.c, in prossimità dell'imbocco lato Grosseto della Galleria Naturale Le Ville.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 2.14 Ubicazione della stesa MASW in prossimità dell’imbocco Lato Grosseto della Galleria Naturale Le Ville.

L’indagine, finalizzata alla ricostruzione di un profilo verticale di rigidità e alla definizione della categoria sismica di sottosuolo, è stata realizzata utilizzando geofoni *Geospace*, con frequenza di oscillazione di 10 Hz verticali e orizzontali (a rifrazione in Onde P ed S) e di 4.5 Hz (MASW).

Per l’interpretazione completa dei risultati ai fini dell’extrapolazione della V_{seq} e della categoria sismica di sottosuolo (NTC18) si rimanda alla *Relazione sismica* (elaborato T00GE12GEORE01).

2.5.6. PROVE DOWN-HOLE

Sono state eseguite in totale N° 11 prove Down Hole, delle quali N°10 eseguite dalla ditta Geofisica Misure S.n.c., e N°1 dal Consorzio LR Laboratori Riuniti (sondaggio BH12_DH).

L’ubicazione delle prove è riportata nelle immagini seguenti.

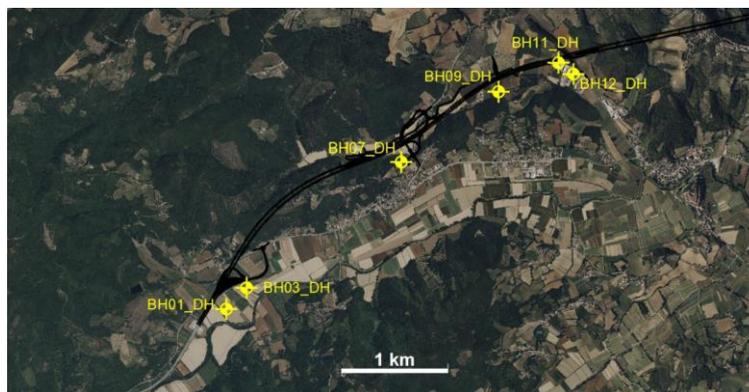


Figura 2.15 Ubicazione delle prove down-hole eseguite nel settore occidentale del tracciato.

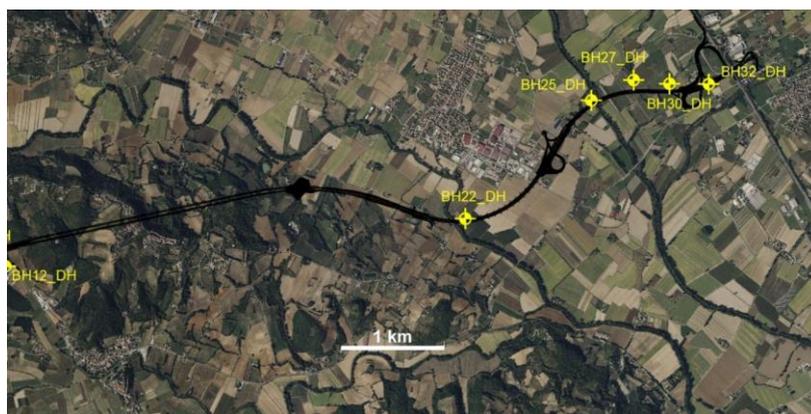


Figura 2.16 Ubicazione delle prove down-hole eseguite nel settore orientale del tracciato.

Le prove sono state realizzate nei fori attrezzati con tubazione in PVC del diametro di 80 mm. La strumentazione vede l’utilizzo di due sensori tridimensionali da foro, di produzione *Geotomographie Gmb*, tra loro intervallati di 2 m; l’energizzazione è stata realizzata mediante una mazza battente del peso di 6 kg, ed un piattello metallico per la produzione delle onde di compressione; mentre per la genesi prevalente delle onde SH utilizzate nelle misure in foro e di superficie, le battute sono state eseguite ai lati di una traversina in legno.

PROGETTAZIONE ATI:

I fori di sondaggio su cui sono state realizzate le prove sono elencati di seguito.

Id sondaggio	Profondità investigata
BH01_DH	45
BH03_DH	35
BH07_DH	35
BH09_DH	35
BH11_DH	35
BH12_DH	35
BH22_DH	35
BH25_DH	45
BH27_DH	45
BH30_DH	40
BH32_DH	40

Tabella 2.6 Prove sismiche down-hole.

2.5.7. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE SRT E PROSPEZIONI GEOELETTICHE ERT

È stato eseguito un totale di N°9 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P ed SH, realizzati dalla ditta Geofisica Misure S.n.c., e N°4 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P ed SH, accoppiati ad altrettanti stendimenti di geoelettrica in modalità ERT, realizzati dalla ditta Geoserving S.r.l.

Gli stendimenti sismici eseguiti da Geofisica Misure S.n.c., sono stati realizzati utilizzando una spaziatura geofonica pari a 5 m, con un numero di canali tali da raggiungere le lunghezze previste (120 m). Per ognuna delle basi sismiche sono stati utilizzati geofoni ad oscillazione verticale per la registrazione delle onde P prodotte nei punti di energizzazione (eseguiti ogni 4 posizioni geofoniche all'interno degli stendimenti e uno per lato, all'esterno degli stessi). Per le indagini a rifrazione onde SH, i geofoni verticali sono stati sostituiti, nelle stesse basi sismiche, con geofoni ad oscillazione orizzontale, operando l'energizzazione per ogni punto di energizzazione con due eventi con fase opposta.

Per l'elaborazione dei dati di campagna sono stati utilizzati il *software* RAYFRACT, e la tecnica d'inversione tomografica WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*).

Le tomografie sono state elaborate anche tramite il "modello del gradiente di velocità", che consiste in una presentazione dei dati che consente di verificare in maniera più immediata le variazioni di velocità, e quindi dei caratteri elastici del terreno, all'interno del modello; le superfici di separazione tra differenti orizzonti sismici tendono infatti a collocarsi dove questo valore aumenta.

Nelle immagini di seguito si riportano le ubicazioni degli stendimenti.

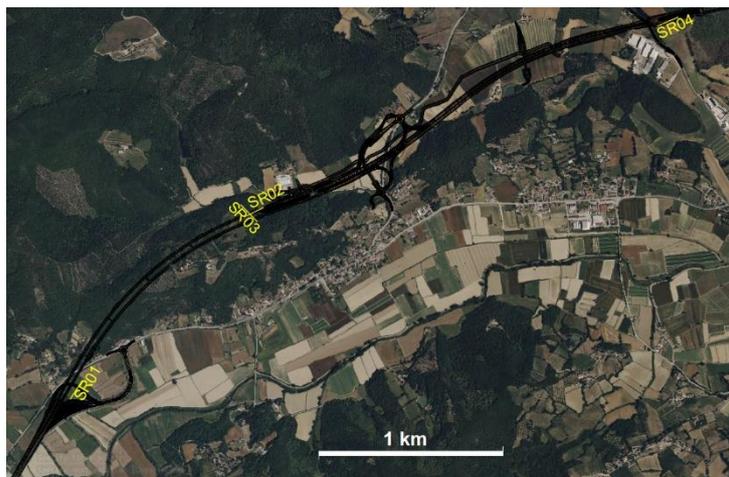


Figura 2.17 Ubicazione degli stendimenti SRT realizzati dalla Geofisica Misure S.n.c. nel settore occidentale del tracciato.

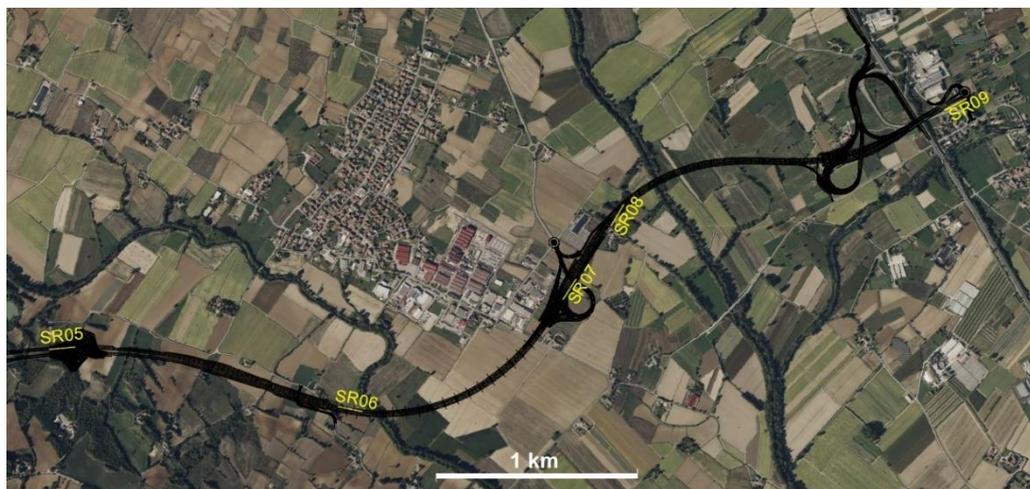


Figura 2.18 Ubicazione degli stendimenti SRT realizzati dalla Geofisica Misure S.n.c. nel settore orientale del tracciato.

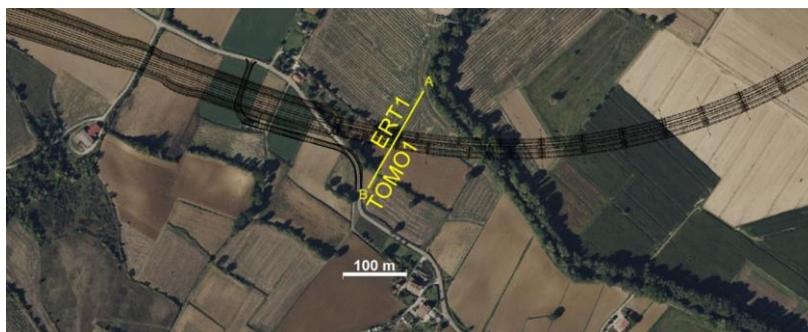


Figura 2.19 Ubicazione della stesa simica accoppiata a stesa geoelettrica, posta all'incontro tra il tracciato e la faglia bordiera della Valle del Tevere (faglia di Anghiari).

PROGETTAZIONE ATI:

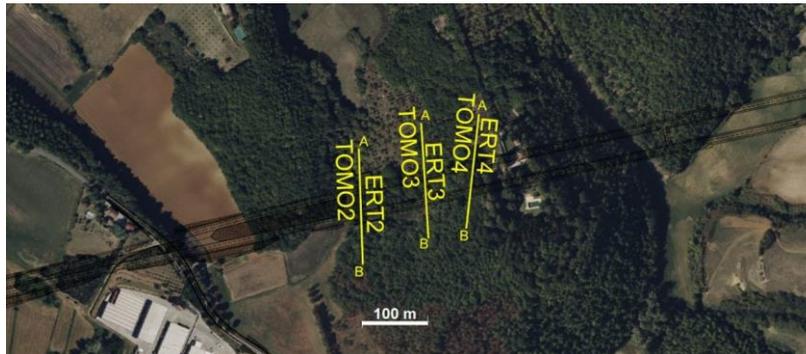


Figura 2.20 Ubicazione delle stese simiche accoppiate a stese geoelettriche, in corrispondenza dell’imbocco Lato Grosseto della Galleria Naturale Citerna.

La tomografia sismica Tomo1 accoppiata alla geoelettrica ERT1 è stata realizzata al fine di studiare il tratto in cui il tracciato interferisce con l’allineamento tettonico censito nel catalogo ITHACA.

2.5.8. PROSPEZIONI SISMICHE IBRIDE

L’indagine sismica, condotta nel 2023, ha compreso n° 4 stendimenti di sismica “ibrida” a riflessione e rifrazione in onde P. L’indagine è stata eseguita dalla ditta Geoserving S.r.l.

Queste prospezioni sono state fondamentali nel definire la situazione geologico-strutturale dei rilievi collinari attraversati con le gallerie naturali previste dal progetto; in particolare per la Galleria Naturale Citerna, per la quale i rapporti geometrici tra le unità geologiche quaternarie risultano complesse e compromesse dalla presenza di importanti e numerosi lineamenti tettonici regionali. Inoltre, i lineamenti tettonici segnalati nel progetto ITHACA e gli indizi geomorfologici presenti in superficie, hanno richiesto un grado d’approfondimento maggiore per la definizione delle interferenze di questi allineamenti con le strutture delle opere in sottoterraneo.

La sismica ibrida è una tipologia di indagine molto sofisticata per la quale i segnali sismici acquisiti vengono processati sia in modalità di rifrazione sia in riflessione.

L’analisi congiunta dei risultati della sismica a riflessione, che ha un potere risolutivo in grado di ricostruire in maniera ottimale la sismo-stratigrafia delle porzioni più profonde, con i risultati della sismica a rifrazione, che invece ha una capacità risolutiva più superficiale, permette una definizione più accurata circa le porzioni di sottosuolo di interesse, riducendo in maniera significativa errori interpretativi dovuti ai limiti intrinseci contenuti in ciascun metodo.

Le indagini sismiche sono state condotte impiegando un sismografo modulare a 48 canali della Ambrogeo-modello ECHO 24-48, collegato ad un *netbook* per la visualizzazione dei sismogrammi. Il sistema di energizzazione impiegato per la generazione delle onde sismiche è una mazza battente da 8 kg, attrezzata con un accelerometro (*hammerswitch trigger*) per l’individuazione del tempo zero. I profili sono stati acquisiti utilizzando *array* di geofoni verticali con frequenza propria di 30 Hz posizionati con interdistanza variabile da 2,5 a 3,0 m. Su ogni posizione di energizzazione sono state effettuate le battute necessarie ad ottenere un rapporto segnale rumore adeguato ad una chiara distinzione sia dei primi arrivi che la firma del segnale stesso.

Per le linee SRI01 e SRI02 la totalità dei profili è stata coperta con un solo *array*; mentre per le linee SRI03 e SRI04 la totalità dei profili è stata coperta con tecnica *Roll-Along*, spostando in avanti l’array di 48 ricevitori di volta in volta, lasciando una sovrapposizione di 96 canali.

L'output finale del processo di elaborazione è una traccia migrata, messa correttamente in profondità e adattata al reale profilo altimetrico.

Si riportano, nelle immagini di seguito, l'ubicazione degli stendimenti.

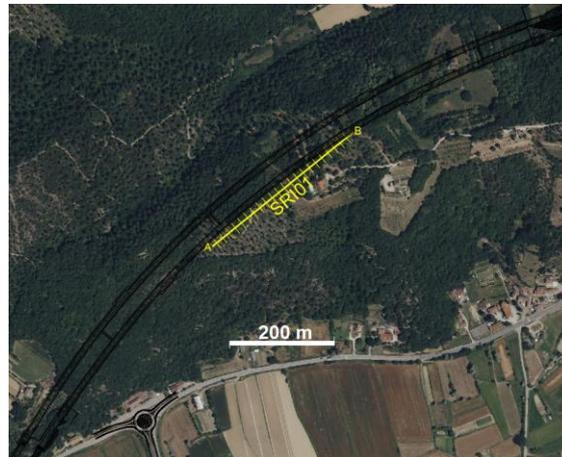


Figura 2.21 Ubicazione dello stendimento di simica ibrida a riflessione e rifrazione in onde P, eseguito lungo l'asse della Galleria Naturale Le Ville.



Figura 2.22 Ubicazione degli stendimenti di simica ibrida a riflessione e rifrazione in onde P, eseguiti lungo l'asse della Galleria Naturale Citerna.

2.5.9. INDAGINI PREGRESSE E REPERITE

Si riportano in questo paragrafo le indagini pregresse che sono state la base di partenza per lo studio geologico.

- **Campagna indagini 2010-2011** per il progetto preliminare “E78 S.G.C. Grosseto-Fano-Tratto Tosco-Umbro, Le Ville di Monterchi – Parnacciano”, preliminare del presente progetto;
- **Campagna indagini 2004-2007** per il progetto preliminare “S.G.C. E78 Collegamento Stradale A1-A14 Arezzo – Fano”;

Di seguito si elencano alcune considerazioni sulle singole campagne di indagine.

PROGETTAZIONE ATI:

2.5.9.1. Campagna indagini 2010-2011

Le indagini del progetto preliminare, eseguite tra dicembre 2010 ed aprile 2011, nell'ambito del progetto preliminare "E78 S.G.C. Grosseto-Fano – Tratto Tosco-Umbro, Le Ville di Monterchi – Parnacciano", è stata realizzata una campagna di indagini così articolata:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo e a distruzione di nucleo con prelievo di campioni ed esecuzione di prove in sito, attrezzati con piezometri o con tubi per la realizzazione di prove sismiche in foro;
- Prove penetrometriche statiche C.P.T.U;
- Pozzetti geognostici con prelievi di campioni di terreno;
- indagini geofisiche inclusive sia di stendimenti sismici di superficie, sia di sismica in fori di sondaggio (Down-Hole);
- monitoraggio dei livelli piezometrici;

L'intera campagna 2010-2011, abbraccia più lotti dello stesso progetto, perciò per questo studio sono stati utilizzati solo i sondaggi utilizzati presenti nel corridoio in oggetto, ed in particolare:

Id. sondaggio	Prove In foro	SPT	Profon. (m)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Coordinate Gauss Boaga		Tipo di perforazione
					E	N	
S01_P	-	3	22.50	314.17	2282013.30	4818108.01	carotaggio continuo
S03_DH	Prova dilatometrica	-	40.00	373.15	2283001.52	4819016.48	carotaggio continuo
S04_P	-	2	30.00	319.01	2284260.18	4819625.02	carotaggio continuo
S05_P	Prova Lefranc	3	40.00	333.81	2285558.24	4820003.70	carotaggio continuo
S05bis_DH	-	-	40.00	333.81	2285558.24	4820003.70	distruzione di nucleo
S06P	Prova Lefranc	1	75.00	389.57	2285819.68	4820261.17	Da pc a -45m: distruzione di nucleo. Da -45 a -75m: carotaggio continuo
S07P	Prova Lefranc	2	29.50	288.72	2290139.82	4820040.67	carotaggio continuo

Si dispone inoltre dei risultati di:

- N°3 prove CPTU (CPTU1, CPTU2 e CPTU3);
- dati di N°2 pozzetti esplorativi (PG1 e PG2);
- N° 4 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P ed SH;
- N° 4 stendimenti di geoelettrica in modalità ERT, accoppiati ai precedenti stendimenti di sismica a rifrazione;
- dati di monitoraggio piezometrico eseguito sui piezometri delle campagne 2010-2011 e 2004-2007.

L'ubicazione in pianta di sondaggi, pozzetti e prove geotecniche e geofisiche in sito è riportata nella *Planimetria ubicazione indagini in sito - tavv. 01-07* (elaborati T00GE01GEOPU01-07).

PROGETTAZIONE ATI:

Per le stratigrafie, le prove in foro, i risultati delle prove in sito ed i certificati del laboratorio geotecnico si rimanda alla *Relazione sulle indagini pregresse e reperite* (elaborato T00GE01GEORE05).

2.5.9.2. Campagna indagini 2004-2007

La campagna indagini 2004-2007 è relativa al Progetto Preliminare “S.G.C. E-78 Collegamento Stradale A1 – A14 Arezzo-Fano, Tratto “Le Ville-Guinza”.

I sondaggi considerati per il presente progetto sono i seguenti:

Id. sondaggio	Prove In foro	SPT	Profon. (m)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Strumentazione installata	Tipo di perforazione
S1	-	4	62	381	Piezometro a tubo aperto, tratto filtrante: da 30 a 62 m	carotaggio continuo
S2	-	3	60	378	Piezometro a tubo aperto, tratto filtrante: da 3 a 30 m	carotaggio continuo
S3	-	4	30	345	Piezometro a tubo aperto, tratto filtrante: da 2 a 22 m	carotaggio continuo
S4	N° 3 Prove pressiometriche	94	94	396,5	Piezometro Casagrande, 78 m	carotaggio continuo
S5	N° 3 Prove pressiometriche	-	55,25	-	-	carotaggio continuo

Tabella 2.7 Sintesi dei sondaggi e delle prove svolte in foro.

Per i sondaggi S1, S2 e S3, eseguiti nel periodo marzo-aprile 2004 dalla ditta Sondedile srl, sono disponibili solo i *report* stratigrafici.

Per i sondaggi S4 e S5, realizzati nel periodo giugno-luglio 2007 dalla ditta Methodo S.r.l. su commissione di FERROVIAL AGROMAN S.A., si dispone della relazione *Campagna indagine geognostica*.

L'ubicazione in pianta dei sondaggi è riportata nella *Planimetria ubicazione indagini in sito - tavv. 01-07* (elaborati T00GE01GEOPU01-07).

Per le stratigrafie e le prove in foro si rimanda alla *Relazione sulle indagini pregresse e reperite* (elaborato T00GE01GEORE05).

2.5.9.3. Indagini reperite

Le indagini reperite comprendono alcune campagne di indagini, realizzate dal Comune di Citerna tra il 2006 e il 2009, per interventi di consolidamento di versanti in frana.

In particolare a nord del borgo di Citerna (progetto esecutivo “*Consolidamento Idrogeologico del Capoluogo, I e II stralcio*”), per la quale sono disponibili le foto delle cassette di N°7 sondaggi a carotaggio continuo:

Id. sondaggio	Stralcio	Profon. (m)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Strumentazione installata	Tipo di perforazione
S1P	I	20	391	Piezometro	carotaggio continuo

PROGETTAZIONE ATI:

Id. sondaggio	Stralcio	Profon. (m)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Strumentazione installata	Tipo di perforazione
S1I	II	40	392	Inclinometro	carotaggio continuo
S2I	I	20	376	Inclinometro	carotaggio continuo
S3P	I	17	369	Piezometro	carotaggio continuo
S3_P	II	40	410,5	Piezometro	carotaggio continuo
S4I	I	20	403,5	Inclinometro	carotaggio continuo
S4P	II	40	372	Piezometro	carotaggio continuo
S5P	I	20	390,5	Piezometro	carotaggio continuo

Di particolare interesse, ai fini dello studio, sono risultati i sondaggi S1I, S3_P e S5P, la cui proiezione sugli assi di progetto è stata riportata nel profilo geologico (elaborati T00GE06GEOFG01-17).

L'ubicazione in pianta dei sondaggi è riportata nella *Planimetria ubicazione indagini in sito - tavv. 01-07* (elaborati T00GE01GEOPU01-07).

Per le foto delle cassette di sondaggio si rimanda alla *Relazione sulle indagini pregresse e reperite* (elaborato T00GE01GEORE05).

2.6. IDROLOGIA E IDRAULICA

2.6.1. IDROLOGIA

L'inquadramento normativo connesso alle attività idrologiche ed idrauliche consente di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire il progetto: nel quadro idrologico complessivo si pone particolare attenzione alle norme definite dal Distretto Idrografico Appennino Centrale: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA DAC).

L'attività idrologica sviluppata è coerente con gli approcci regionali e nazionali, e tiene conto, mediante opportune assunzioni, delle necessarie cautele che gli eventi alluvionali meteorici impongono.

Dalla consultazione del PAI e del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale il progetto si sviluppa all'interno di aree delimitate di pericolosità e rischio; verranno quindi rispettate le prescrizioni dei piani normativi di cui sopra.

I principali corsi d'acqua che si incontrano lungo il tratto di progetto sono: il Tevere, il Sovara (affluente in destra del Tevere), il Selci (affluente in sinistra del Tevere) e il Cerfone il quale non interseca mai la piattaforma di progetto ma si sviluppa parallelamente ad essa.

Ulteriori interferenze idrografiche minori, sono costituite dagli impluvi che affluiscono dagli acclivi versanti circostanti e dal torrente della Centena.

Per ognuno dei corsi d'acqua e dei compluvi interferenti, sono stati delimitati i bacini sottesi e sono calcolati i caratteristici parametri fisiografici, come da tabella seguente.

Tabella 2.8 - Parametri fisiografici

Bacino	Progr.	Area	Hmin	Hmax	Hmean	Lunghezza
--------	--------	------	------	------	-------	-----------

PROGETTAZIONE ATI:

id	[-]	[km ²]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[km]
Tevere	10+850	408,5	285	1450	654	42,7
Sovara	8+950	115,5	288	1408	516	26,7
Selci	-	43,4	288	1188	651	11,4
Cerfone	-	94,6	305	580	983	17,4
Centena	3+875	3,3	312	378	491	3,4
Rio Rosciano	7+400	0,18	321	366	436	0,51
Rio dell’Erbosa	7+675	0,3	309	360	407	0,54
Rio Paradiso	8+400	0,33	296	344	393	0,6
Torrente km. 4+450	4+450	0,58	313	357	407	0,5
Rio km. 8+050	8+050	0,06	307	329	358	0,2

Per i bacini dei corsi d’acqua principali è stata eseguita un’analisi bidimensionale in moto vario e, per questo motivo, l’analisi idrologica è stata eseguita mediante il software di calcolo HEC-HMS. Quest’ultimo consente di ricavare l’idrogramma di progetto del bacino d’interesse per dato un evento meteorico. Le stime delle portate sono state condotte secondo la metodologia Curve Number del Soil Conservation Service, che permette di considerare in maniera meno arbitraria le caratteristiche di permeabilità dei suoli e i conseguenti tempi di corrivazione.

Per i corsi d’acqua minori è stata invece realizzata un’analisi monodimensionale in moto permanente e la stima delle portate al colmo è stata eseguita mediante il metodo della corrivazione. L’analisi idrologica è stata eseguita utilizzando due metodologie differenti: il modello probabilistico di Gumbel e i parametri pluviometrici forniti dalla Regione Toscana.

2.6.2. IDRAULICA

2.6.2.1. Idraulica dei corsi d’acqua

Dal punto di vista dell’analisi idraulica dei corsi d’acqua, le verifiche si sono distinte tra i corsi d’acqua demaniali (presenti in catasto) e corsi d’acqua del reticolo principale. I corsi d’acqua demaniali sono stati tutti analizzati mediante modellistica numerica monodimensionale in scenari ANTE e POST OPERAM, mentre per i corsi d’acqua principale sono stati implementati modelli bidimensionali al fine di delimitare le aree di esondazione per eventi di piena con tempo di ritorno duecentennale.

Le geometrie utilizzate per i modelli numerici derivano tutte dal rilievo celerimetrico/aerofotogrammetrico appositamente realizzato e dai sopralluoghi effettuati.

Lungo il tracciato di progetto in oggetto, i corsi d’acqua considerati interferiscono con il progetto n. 12 volte: in tutti questi casi sono stati implementati dei modelli numerici monodimensionali di moto permanente in scenari ANTE e POST OPERAM.

Gli attraversamenti di progetto sui corsi d’acqua demaniali sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 2.9 - Attraversamenti di progetto sui corsi d’acqua secondari

Corso d’acqua di riferimento	WBS	Pk	Tipologia	Base	Altezza
				[m]	[m]
IN05		8+025	Circolare	DN1500	
Rio km 8+025	TM11	8+025	Circolare	DN1500	
IN02	TM09	4+500	Scatolare	2,5	2,5

PROGETTAZIONE ATI:

Rio km 4+500					
IN01 Fosso della Centena	TM02	2+250	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM03	2+310	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM04	2+675	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM05	2+975	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM06	3+025	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM13	3+150	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
	TM07	3+910	Doppia canna scatolare	3,5	3,5
IN03 Rio Rosciano	-	7+400	Non presente		Non presente
IN06 Rio Paradiso	TM12	8+375	Scatolare	2,5	2,5
		8+375	Scatolare	2,5	2,5
	TM14	8+375	Scatolare	2,5	2,5
IN04 Rio Erbosa	TM10	7+650	Scatolare	2,0	2,0
	TM01	0+440	Scatolare	4,0	4,5
	TM08	4+480	Scatolare		DN1500

2.6.2.2. Idraulica di piattaforma

In merito infine all'idraulica di piattaforma, la costruzione di un'infrastruttura stradale strategica comporta una significativa interazione con il territorio circostante che, dal punto di vista prettamente idrologico-idraulico, presuppone lo sviluppo di una serie di tematiche di seguito brevemente riassunte:

- definizione delle portate e dei volumi di pioggia da allontanare dalla sede stradale;
- definizione del sistema di raccolta, convogliamento e scarico finale delle acque di piattaforma;
- individuazione dei recapiti finali;
- individuazione di strutture idonee alla protezione ambientale del territorio (fossi biofiltranti e impianti di trattamento prima pioggia);
- individuazione di strutture idonee alla protezione idraulica del territorio (laminazione).

Il trattamento delle acque di dilavamento della piattaforma stradale è di fondamentale importanza per la salvaguardia della qualità ambientale dei corpi d'acqua superficiali e profondi (falda), data la potenziale presenza nelle acque di prima pioggia di oli minerali leggeri e metalli pesanti.

In linea generale il progetto prevede che le aree pavimentate aperte al traffico siano pertanto predisposte per favorire il convogliamento delle precipitazioni meteoriche verso presidi filtro (impianto di trattamento prima pioggia). Il progetto prevede altresì la realizzazione di bacini di laminazione e lagunaggio al fine di gestire la meglio le acque di piattaforma e delle aree ad essa adiacenti.

In sintesi, la rete di drenaggio di piattaforma è generalmente così organizzata:

- in rilevato a margine esterno: canaletta ad interasse discreto;

PROGETTAZIONE ATI:

- in trincea a margine esterno: cunetta alla francese;
- in curva in mezzzeria: pozzetti e collettori;
- in viadotto: collettore staffato all'impalcato e caditoie;
- fossi rivestiti in calcestruzzo posti in sommità alle scarpate e ai piedi del rilevato;
- pozzetto scolmatore by-pass tra 1° e 2° pioggia;
- impianto di trattamento prima pioggia: sedimentatore e disoleatore;

impianto di laminazione o lagunaggio.

2.7. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa.

In quest'ottica la classificazione sismica del territorio basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente") rimane utile, dal punto di vista amministrativo, per la gestione pianificatoria e di controllo dello stesso, e viene di seguito riportata per completezza espositiva.

2.7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Per quanto riguarda la Classificazione sismica del territorio della Regione Umbria con Delibera Giunta Regionale del 18 settembre 2012 n. 1111 (pubblicata nel SO n. 3 del BUR n. 47 del 3/10/2012) è stato riclassificato l'intero territorio della Regione Umbria in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008.

I Comuni di Citerna, Città di Castello e San Giustino ricadono in **zona sismica 2**.

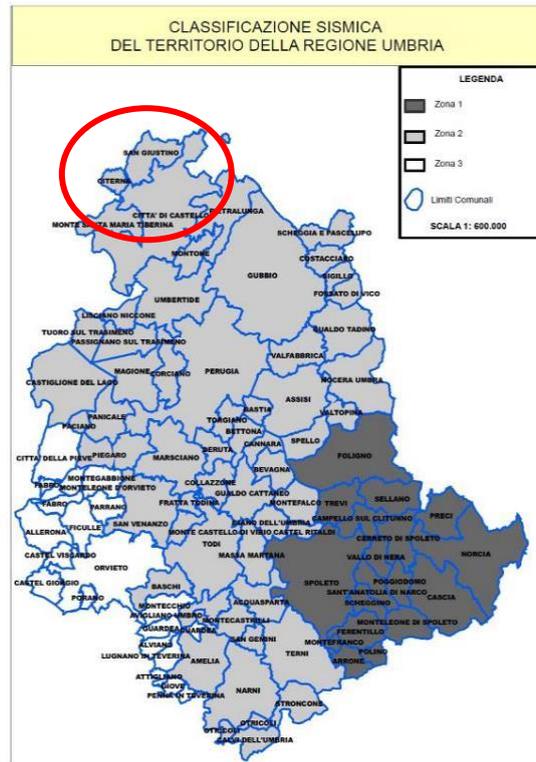


Figura 2-23-Classificazione zone sismiche regione Umbria - Delibera Giunta Regionale del 18 settembre 2012 n.1111.

Per quanto riguarda la Classificazione sismica del territorio della Regione Toscana le Delibere della Giunta regionale Toscana n.431 del 19/06/2006 e n. 841 del 26.11.2007, in attuazione dell’Ordinanza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, hanno aggiornato la classificazione sismica del Territorio della Regione Toscana, prevedendo l’istituzione di una nuova zona 3S, interna alla zona 3, in cui ricadono i comuni in zona 3 da declassificare e per i quali nella progettazione si mantiene lo stesso livello di protezione assicurato per le azioni sismiche della zona 2. I Comuni di Anghiari e Monterchi ricadono in **zona sismica 2**.

MAPPA DI AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA
REGIONE TOSCANA – 2014

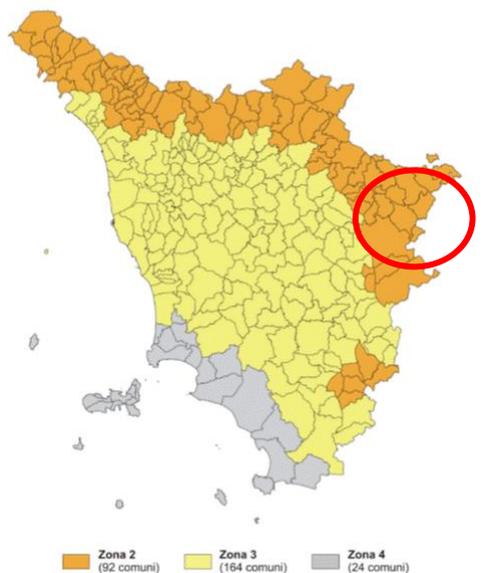


Figura 2-2 Classificazione zone sismiche regione Toscana – Delibera GRT n. 421 del 26/05/2014

2.8. CARTOGRAFIA E RILIEVI

Per la redazione del progetto è stato utilizzato come base il rilievo aerofotogrammetrico in scala 1:2000 restituito da un volo eseguito nel giugno 2023. Nell'ambito di questa campagna sono stati inoltre effettuati i rilievi celerimetrici in scala 1:500 di alcune aree in cui è necessario un maggiore dettaglio come le aree di svincolo, di stacco dei viadotti, di imbocco della galleria e di sovrapposizione tra strada esistente e strada di progetto, sono state rilevate le geometrie di alcune opere esistenti ed alcune sezioni utili per le simulazioni idrauliche.

Tutta la cartografia, come previsto dal capitolato Anas, è stata restituita in coordinate UTM ETRF2000 ed in coordinate rettilinee. La restituzione comprende le ortofoto utilizzate nel progetto.

La cartografia ed i rilievi sono stati collaudati da un topografo terzo nel dicembre 2023.

PROGETTAZIONE ATI:

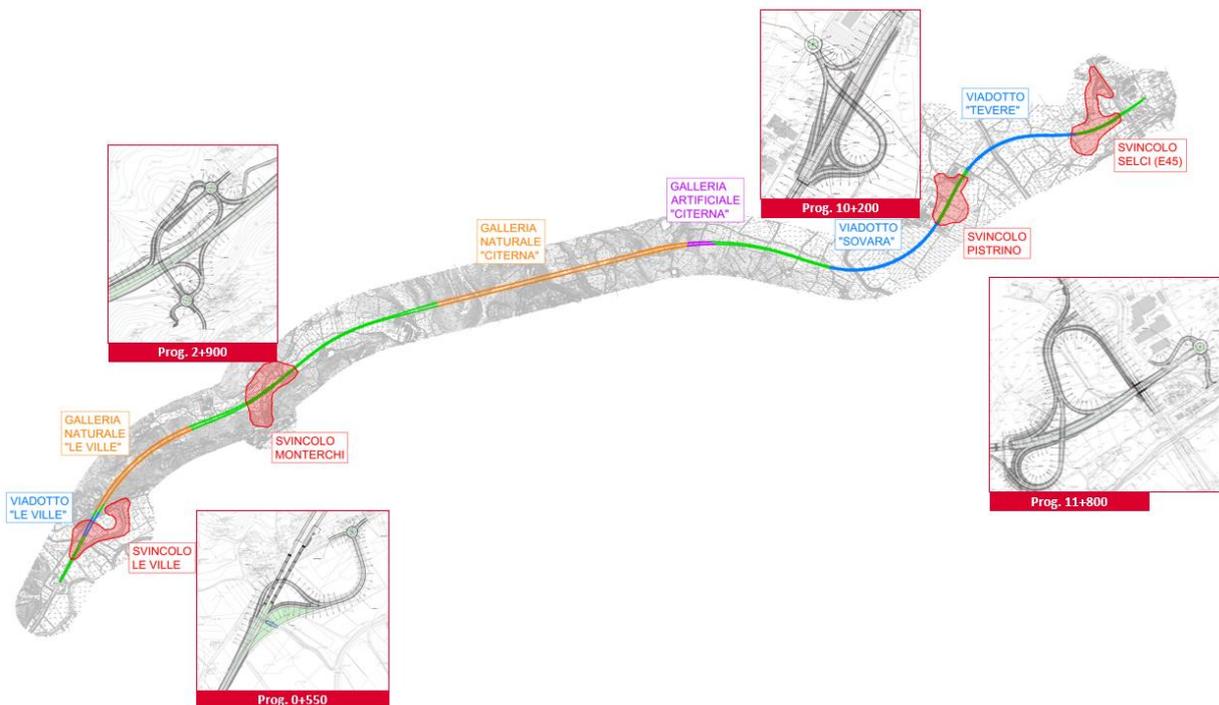
3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

3.1. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una strada cat.B – D.M. 05.11.2001 di sviluppo pari a circa 12,5 km a completamento della "Strada di Grande Comunicazione E78 Grosseto-Fano Due Mari" relativamente al tratto compreso tra Le Ville di Monterchi e Selci - Lama. Il tratto in esame ricade in maggior parte nella Regione Toscana, specificamente nella Provincia e nel Comune di Arezzo mentre nel tratto finale ricade nella Regione Umbria, nello specifico nella provincia di Perugia.

In tale quadro il progetto può essere considerato come parte funzionale di completamento dell'adeguamento della "Due mari" nell'intero tratto Le Fabbriche – Selci – Lama (E45) realizzando quindi un importante collegamento trasversale con la E45 mediante una strada a carreggiate separate in luogo della S.S.73 esistente la quale presenta in ampi tratti caratteristiche proprie di una strada urbana piuttosto che di un'infrastruttura di collegamento interregionale.

L'itinerario E78 precedentemente descritto fa parte della rete TEN e gli interventi ad essa relativi rientrano nel campo di applicazione del D.lgs. 35/2001, in vigore dal 23/04/2011.



Il progetto inizia ad ovest dello svincolo a livelli sfalsati di "Le Ville" e prosegue per circa 12 km verso est, fino ad intercettare l'asse dell'E45. Il progetto comunica con quest'ultima importante infrastruttura tramite uno svincolo a livelli sfalsati che riorganizza l'esistente svincolo a trombetta. Il progetto termina in località Selci-Lama con una rotonda. Sono previsti due ulteriori svincoli lungo il tracciato, quello in loc. Monterchi e quello di Pistrino entrambi a livelli sfalsati.

3.1.1. GEOMETRIA D'ASSE

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri previsti dal D.M. 05.11.01 utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate.

PROGETTAZIONE ATI:

Il tracciato principale ha inizio nel Comune di Anghiari (Toscana) in prossimità della località Bagnaia situata circa 2 km a Sud Ovest di Le Ville.

La E78 esistente (caratterizzata da una sezione a doppia carreggiata) in questa zona subisce una restrizione di larghezza (ad una corsia per senso di marcia) per raccordarsi al tracciato storico della S.S.73 (E78) che attraversa il centro abitato di Le Ville e poi si dirama in direzione nord verso San Sepolcro.

Il nuovo tracciato, superato lo svincolo di progetto Le Ville (SV.1), prosegue tramite un flesso planimetrico (raggi $R(1) = 1700\text{m}$ e $R(2) = 2000\text{m}$) in direzione Nord, sovrappassando la S.S.73 mediante il Viadotto “le Ville” ed attraversando il colle Poggiolo con la galleria naturale “Le Ville”, per svilupparsi così nella valle del Centena. Nel tratto in galleria, dal km 1+600 circa il tracciato ricade nel Comune di Monterchi (Toscana) e con una curva destrorsa ($R(3) = 1750\text{m}$) si allinea in direzione Nord Est.

Al km 3 è previsto il secondo svincolo di progetto denominato “Monterchi” (SV.2); tale svincolo, caratterizzato da uno schema a quadrifoglio parziale, connette la nuova infrastruttura con la SS73 esistente con due rotatorie.

Sino al km 4+800 ca, ovvero sino all’imbocco Ovest della galleria “Citerna”, il tracciato si sviluppa pressoché in rilevato di modesta altezza, in modo da aderire il più possibile al terreno esistente limitando così l’impatto paesaggistico.

In prossimità dell’imbocco Ovest della galleria “Citerna” vi è il passaggio tra il tracciato ricadente nella Regione Toscana e quello nella Regione Umbria, in particolare nel Comune di Citerna.

Il tracciato in galleria si sviluppa per quasi tutto il tratto in rettilineo sino al km 6+800 circa, dove presenta una curva oraria di raggio 2300m al piede del monte Rotondo e del monte Bello al lato della piana del torrente Sovara.

Una volta attraversato il torrente Sovara, il tracciato curva in sinistra ($R(5) = 940\text{m}$), allineandosi in direzione Nord Ovest attraversando la piana del Tevere. Dalla progressiva 8+700 si prevede di realizzare l’infrastruttura in viadotto (“Fontepeglia”) per 1200m circa.

Al km 10+000 circa, a metà del flesso planimetrico fra $R(5)$ e $R(6)=835\text{m}$, è previsto l’inserimento del terzo svincolo (SV.3) denominato “Pistrino”; tale svincolo collega la nuova infrastruttura alla S.P. 100 esistente attraverso uno schema a “trombetta”. Da questo tratto in poi il tracciato si sviluppa nei territori dei Comuni di Città di Castello e di San Giustino.

Dal km 10+500 al km 11+600 circa il tracciato si sviluppa in viadotto per attraversare il fiume “Tevere”. La scelta di prevedere il lungo viadotto è dovuta alla necessità di garantire la maggiore permeabilità idraulica possibile al territorio, nelle aree ricadenti nella fascia B di esondazione del fiume Tevere.

Il tracciato prosegue con l’ultima curva oraria $R(7)=800\text{m}$ e termina con un rettilineo di lunghezza 315m circa.

Al km 12+200 circa l’asse di progetto interseca le E45 esistente sottopassandola sfruttando il viadotto esistente lungo la E45; per l’intersezione con questa importante infrastruttura è previsto l’adeguamento dello svincolo esistente di “Selci/Lama”.

Subito dopo il nuovo svincolo con la E45 è previsto un breve tratto in rilevato a valle del quale verrà realizzata una nuova intersezione rotatoria in luogo dell’intersezione a raso con isole divisionali esistente. Tale rotatoria rappresenta il limite finale dell’intervento in oggetto e l’inizio dell’intervento “PG365 - Salita di Parnacciano” il quale permette di raggiungere l’imbocco sud già esistente della galleria della Guinza mediante una nuova infrastruttura con piattaforma stradale C1 - D.M.5.11.2001.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato è composto da livellette e raccordi verticali convessi e concavi, i cui valori risultano compatibili con i valori normativi minimi.

PROGETTAZIONE ATI:

Il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 1.65% mentre i raggi minimi verticali sono pari a 10'000 m per i raccordi concavi e 50'000 m per i raccordi convessi.

3.1.2. INTERSEZIONE E SVINCOLI

Il tracciato prevede 4 svincoli:

1. Lo svincolo “Le Ville” è uno svincolo di nuova realizzazione e consente il collegamento fra la E78 in progetto e la SS73 esistente. La configurazione di questo nuovo svincolo prevede un’intersezione a livelli sfalsati “parziale” data la presenza di una rampa d’uscita dir. Fano e di una rampa d’entrata dir. Grosseto. Queste rampe si uniscono creando una rampa bidirezionale che intercetta l’asse della SS73 dove si prevede una rotonda di diametro 40m a tre bracci. Il numero ridotto di rampe viene giustificato dalla presenza 2,2 km più avanti dello svincolo di progetto “Monterchi”.
2. L’intervento prevede la realizzazione dello svincolo di Monterchi con layout a diamante. Il tracciamento degli assi delle rampe è stato influenzato dalla complessa morfologia del territorio, diverse criticità idrauliche, la presenza di ulteriori vincoli e la prescrizione di non operare modifiche sulla piattaforma stradale se non 340m oltre gli imbocchi delle gallerie. L’opera più rilevante, in tale area, è il viadotto della Rampa L bidirezionale, di circa 230m, che mette in comunicazione i lati opposti dello svincolo, superando l’Asse Principale rispettando i franchi altimetrici (tra impalcato e le carreggiate sottostanti) prescritti dalla normativa di riferimento.
3. L’inserimento del terzo svincolo denominato “Pistrino”; permette di collegare la nuova infrastruttura alla S.P. 100 esistente attraverso uno schema a “trombetta”, innestando il ramo bidirezionale alla rotonda diametro 50m esistente. La posizione di tale svincolo, fra i due viadotti di progetto, rende necessario realizzare parzialmente le rampe su impalcato. Saranno previste opere di sostegno per limitare gli ingombri delle rampe e la realizzazione di un sottovia di attraversamento per la rampa 3C.
4. Il quarto ed ultimo svincolo, denominato E45, è posizionato al km 12 circa e permette la connessione diretta con la E45; tale svincolo è senza dubbio il più importante e il più complesso tra quelli in progetto in quanto costituisce un nodo viario fondamentale per l’intera rete stradale regionale. Lo svincolo in progetto mira all’adeguamento dello svincolo di Selci/Lama esistente lungo la E45 prevedendo la realizzazione delle rampe necessarie a garantire il collegamento fra le due infrastrutture in tutte le direzioni. L’intervento prevede quindi la realizzazione di una “trombetta” complementare a quella esistente in cui tutte le manovre vengono garantite assieme a due tronchi di scambio disposti lungo il tratto bidirezionale (4C). La contemporaneità di 2 corsie per senso di marcia richiede la creazione di uno spartitraffico fra i due flussi veicolari opposti. La posizione di tale svincolo, a valle del viadotto “Tevere” di progetto, rende necessario realizzare parzialmente le rampe su impalcato (Rampa 4A e Rampa 4D). Saranno previste opere di sostegno per limitare gli ingombri delle rampe e la realizzazione di un sottovia di attraversamento per la rampa 4C.

3.1.3. SISTEMAZIONE VIABILITÀ INTERFERITA

Per quanto riguarda le viabilità secondarie, la progettazione è stata improntata alla risoluzione delle interferenze senza determinare inopportune discontinuità e realizzando una sezione tipo che mantenga quanto più possibile il calibro della sezione esistente. Nell’ambito delle viabilità interferite sono state incluse anche le strade a destinazione particolare (agricole, forestali, poderali e simili) per le quali le caratteristiche fornite dalla tabella 3.4.a del D.M 05.11.2001 e le relative velocità di progetto non sono applicabili.

In virtù delle suddette considerazioni, si è operata una distinzione tra strade aventi funzione di accesso a fondi o abitazioni e strade aventi funzione di penetrazione verso la rete locale.

Per il primo caso, considerando il calibro delle sezioni esistenti, si adotterà una sezione tipo avente larghezza pavimentata pari a 4 m o 6m.

Per il secondo caso (VS.02), invece, si è considerata una sezione tipo categoria F2 secondo il D.M. 05.11.2001 che presenta una piattaforma pavimentata di 8,50 m e la geometrizzazione della linea d'asse verrà fatta inserendo clotoidi di transizione tra curve circolari e rettili. L'asse, trattandosi di interventi di ricucitura della viabilità esistente, è stato dimensionato in modo da soddisfare le verifiche dinamiche, di rotazione dei cigli e di visibilità per l'arresto previste dal D.M. 05.11.2001, ad una V_{pmax} pari 60km/h.

3.2. SINTESI DELLE VERIFICHE STRADALI

Il diagramma delle velocità di progetto definito per ogni asse è stato redatto secondo le modalità riportate nel D.M. 05/11/2001 che prevede la scomposizione del tracciato in elementi a curvatura costante (curve circolari e rettili) considerando i tratti a curvatura variabile (clotoidi) appartenenti al rettilo. Il tracciamento di progetto con rettili, un raggio planimetrico minimo di 800m e un raggio massimo di 7500m permette una velocità costante di 120 km/h (V_{pmax}) per entrambe le direzioni.

Contestualmente alla redazione dei diagrammi di velocità, è stata condotta la verifica delle visuali libere. Le distanze di visibilità per l'arresto sono state valutate puntualmente e per ciascuna corsia e confrontate con la relativa distanza di visuale libera tenendo conto dell'andamento plano-altimetrico del tracciato nonché della presenza di ostacoli (dispositivi di ritenuta) ai margini della carreggiata.

Da questa analisi è emersa la necessità di realizzare degli allontanamenti degli ostacoli alla visuale sia in rilevato che in trincea; tale soluzione è stata realizzata mediante ampliamenti della piattaforma.

Nella definizione delle intersezioni di tipo rotatoria, sono state effettuate le verifiche di visibilità previste dalla norma per le otto rotatorie di progetto in forma grafica e sono riportate negli elaborati "Verifiche rotatorie e transitabilità mezzi pesanti".

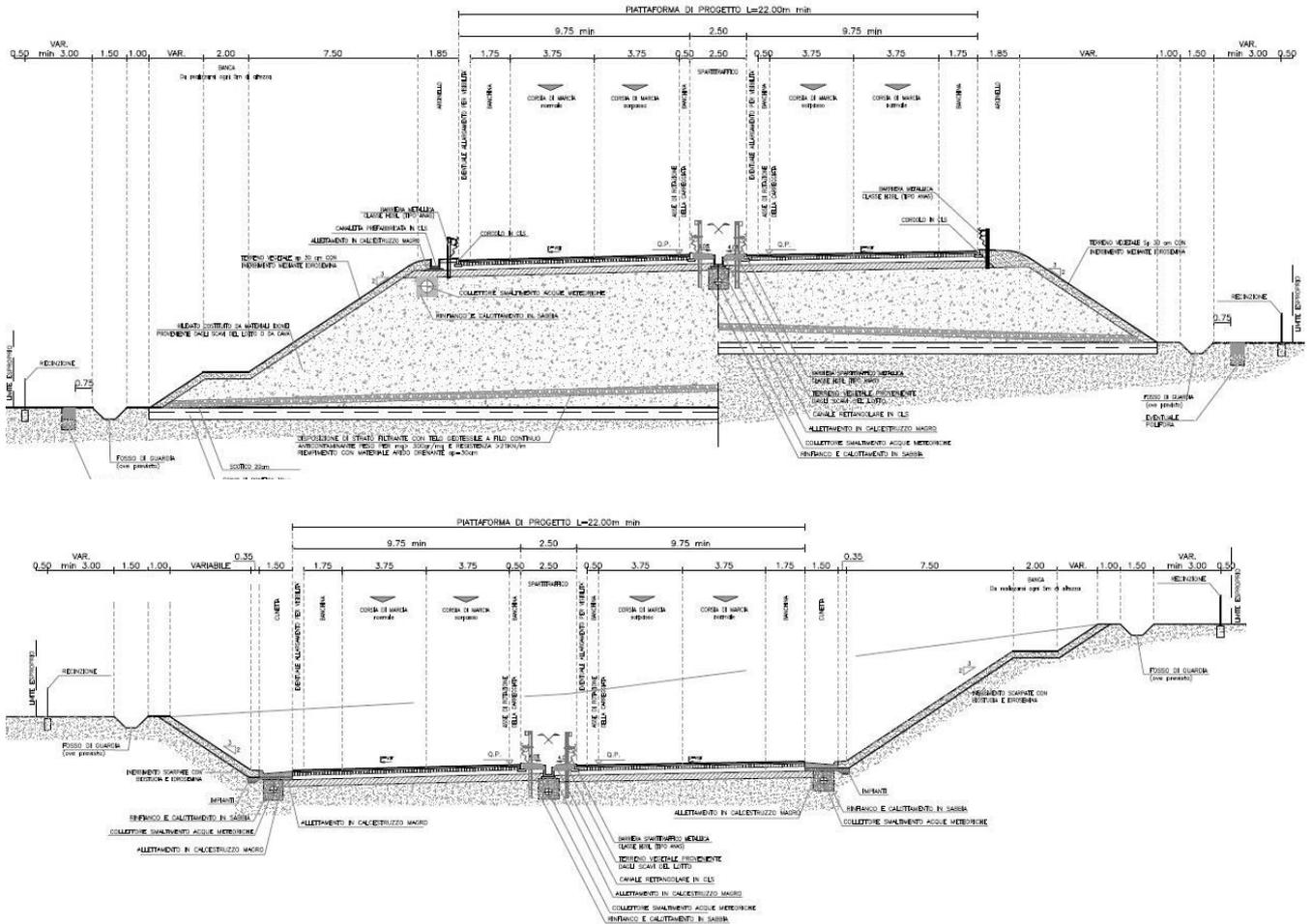
Come si evince dall'elaborato le verifiche di visibilità risultano tutte soddisfatte senza particolari accorgimenti, risulta comunque opportuno mantenere una zona di circa 2.5m priva di ostacoli all'interno dell'anello giratorio. Nella scelta dei raggi di ingresso, uscita e raccordo si è prediletto il soddisfacimento delle verifiche di visibilità piuttosto che delle deflessioni (solo raccomandate).

3.3. SEZIONI TIPO

L'infrastruttura è stata progettata in conformità alle vigenti "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", D.M. 5 Novembre 2001, con riferimento alla sezione tipo B "extraurbane principali" per quanto riguarda l'asse principale, con riferimento alla sezione tipo F2 "strade extraurbane locali" per quanto riguarda la viabilità secondaria e con riferimento alle strade a destinazione particolare.

3.3.1. ASSE PRINCIPALE

La sezione tipo adottata per l'asse principale è in conformità alla Categoria B - Strada Extraurbana Principale del D.M.05.11.2001, con due corsie di 3,75 m per senso di marcia, banchine in destra di 1,75 m e banchine in sinistra di 0,50 m con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 22,00 m. La pendenza trasversale della piattaforma è pari al 2,5% in rettilo mentre in curva si raggiunge in alcuni casi la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 %.



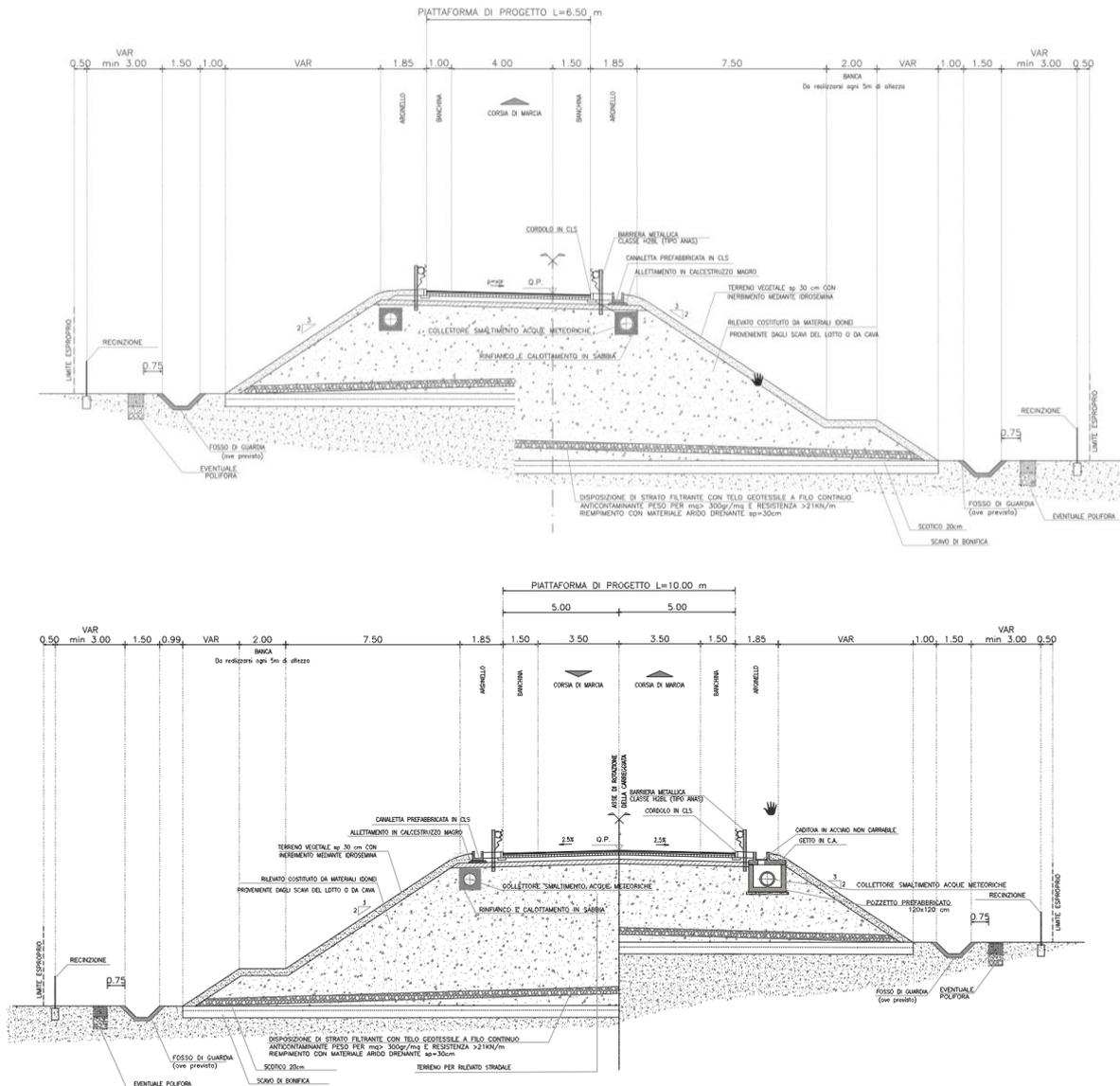
Il rilevato, essendo realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm. L'elemento marginale è costituito da un arginello di larghezza 1.50 metri, all'interno del quale è prevista l'istallazione della barriera di sicurezza.

I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza.

3.3.2. RAMPE SVINCOLI

Le intersezioni a livelli sfalsati presentano:

- rampe monodirezionali di larghezza complessiva pari a 6,00 m, con una corsia di 4,00 m e banchina di 1,50 m in destra e di 1,00m sinistra;
- rampe bidirezionali di larghezza totale pari a 9,00 con corsie di 3,50 m ciascuna e banchine laterali da 1,50 m;
- corsie di decelerazione (uscita) e accelerazione (entrata) di 3,75 m ciascuna.



In rilevato realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello di larghezza 1.50 m e sostituito da misto granulare non legato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza. Le scarpate sono rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina.

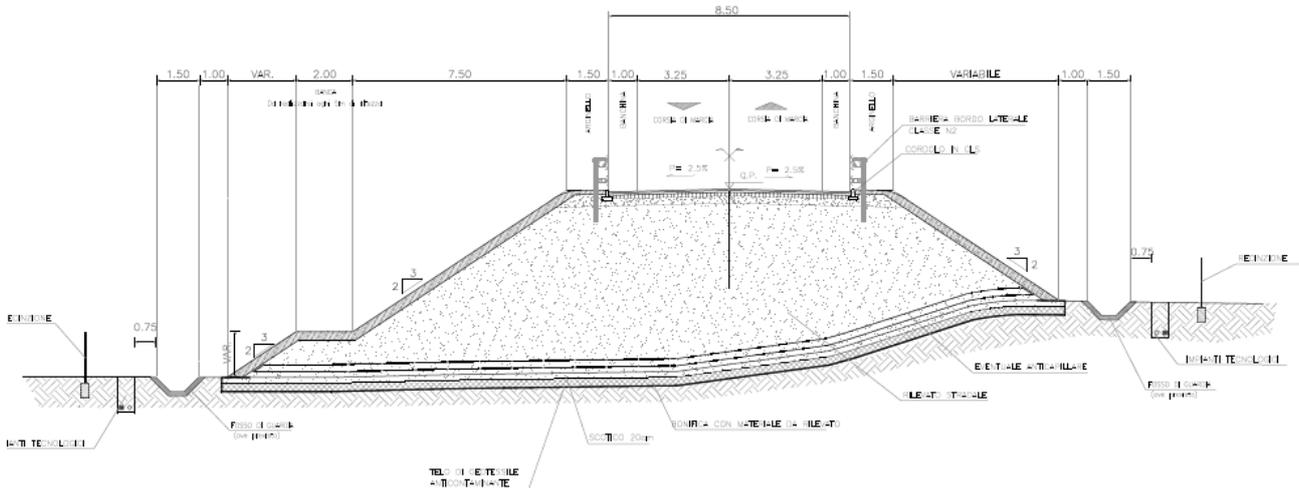
3.3.3. VIABILITÀ LOCALE F2

La sezione tipo adottata per la deviazione dell'attuale S.P.42 (VS.02) è in conformità alla Categoria F2 - Strada Extraurbana Locale del D.M.05.11.2001, con due corsie di 3,25 m ciascuna e banchine di 1,00 m in sinistra e destra con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 9,50 m. La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5% in rettilineo, mentre in curva si raggiunge la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 % lungo gran parte delle curve

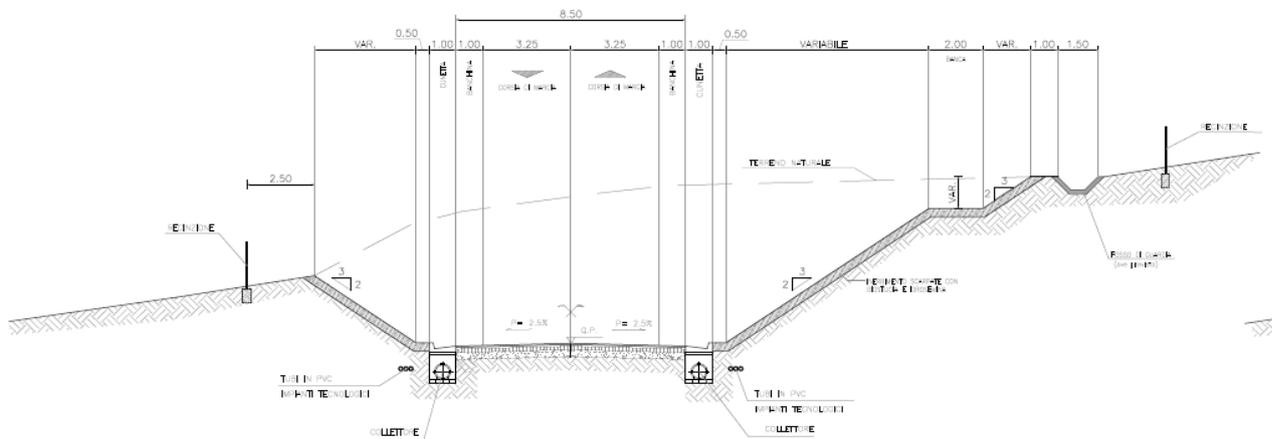
PROGETTAZIONE ATI:

dell'asse stradale. Il rilevato, essendo realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm. L'elemento marginale è costituito da un arginello di larghezza 1.50 metri, all'interno del quale è prevista l'installazione della barriera di sicurezza.

I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza.



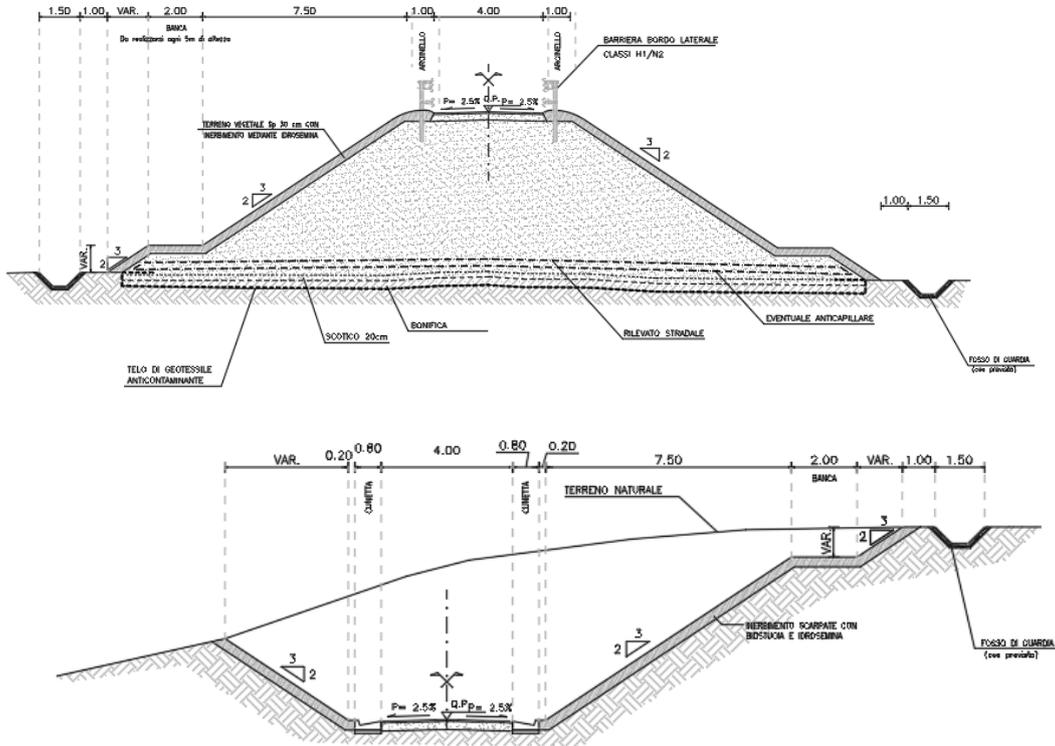
VALICATA SECONDA
CATEGORIA F1 - EXTRAURBANA LOCALE D.M. 06/11/2001
SEZIONE STRADALE TIPO IN TRINCEA - IN RETTILIO



3.3.4. LE STRADE A DESTINAZIONE PARTICOLARE

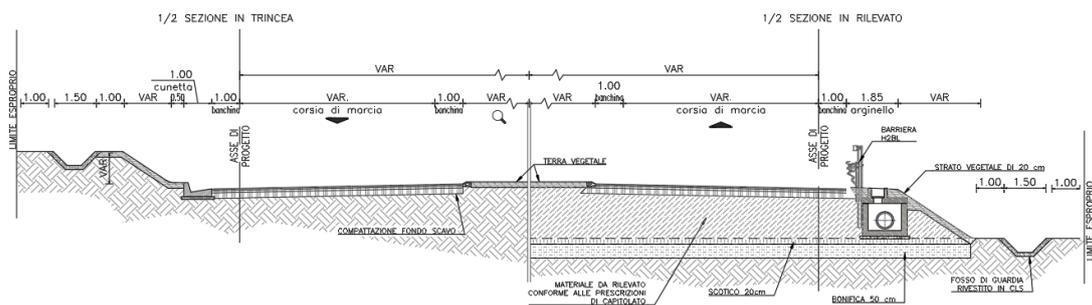
Per le strade a destinazione particolare cui si demanda la funzione di accesso a fondi agricoli o a proprietà private è stata prevista una sezione stradale con una larghezza di pavimentato pari a 4 m o 6m. L'elemento marginale è costituito da:

- un arginello da 1 m a raso in cui è prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta stradale cui segue il rilevato stradale con pendenza 2/3 per i tratti in rilevato;
- una cunetta alla francese da 80 cm cui segue la scarpata con pendenza 2/3 per i tratti in trincea.



3.3.5. ROTATORIA

Per le nuove rotatorie si prevede un anello giratorio di larghezza 6,00÷ 9,00m, banchina esterna da 1,00m ed una banchina interna da 1,00m. Si prevedono inoltre all'esterno della rotatoria gli stessi elementi marginali e scarpata previste nei rami in ingresso.



3.4. PAVIMENTAZIONI STRADALI

Il progetto della pavimentazione, dell'asse principale di categoria B – Extraurbana Principale e delle rampe di svincolo, prevede l'impiego di un pacchetto di spessore complessivo pari a 75 cm con una sovrastruttura così composta:

- Usura drenante fonoassorbente in conglomerato bituminoso (C.B.) con bitume modificato tipo "hard" di 4 cm;

PROGETTAZIONE ATI:

- Binder in C.B. con bitume 50/70 T.Q. di 6 cm;
- Base in C.B. con bitume 50/70 T.Q. di 20 cm;
- Strato di fondazione in misto cementato di 20 cm;
- Misto granulare non legato di 20 cm.

Per le strade afferenti alle rotonde (escluse le rampe), per le strade di tipo F2 extraurbane “locali” e per le rotonde stesse è previsto un pacchetto così composto:

- Usura in conglomerato bituminoso (C.B.) con bitume modificato tipo “hard” di 4 cm;
- Binder in C.B. con bitume 50/70 T.Q. di 6 cm;
- Base in CB con bitume 50/70 T.Q. di 15 cm;
- Misto granulare non legato di 30 cm.

Per quanto concerne le strade a destinazione particolare invece si adatterà una pavimentazione consistente in 20 cm di misto granulare e 6 cm di strato di collegamento in conglomerato bituminoso (bitume 50/70 T.Q) e un tappeto di usura di 4 cm (bitume 50/70 T.Q).

3.5. BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA

BARRIERE

Sulla base dei dati di traffico (TGM>25'000 veic/giorno %Veic.Pesanti circa 15%), la tipologia dei dispositivi da adottare è stata individuata secondo quanto previsto dal D.M. 18 febbraio 1992, n.223 e s.m.i. facendo riferimento all'ultimo aggiornamento del 21 giugno 2004 e, partendo dai criteri di scelta dei dispositivi in esso contenuti, si sono individuate le zone da proteggere e le tipologie da adottare. Si è altresì tenuto conto delle norme EN 1317 recepite dallo stesso D.M. 21 giugno 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

In riferimento ai dati di traffico precedentemente esposti si deduce un tipo di traffico “II” del D.M.21.06.04 che prevede delle classi minime dei dispositivi quali “H2” per bordo laterale ed “H3” per bordo ponte e spartitraffico.

Quindi per l'Asse principale, svincoli e rotonde si prevedono:

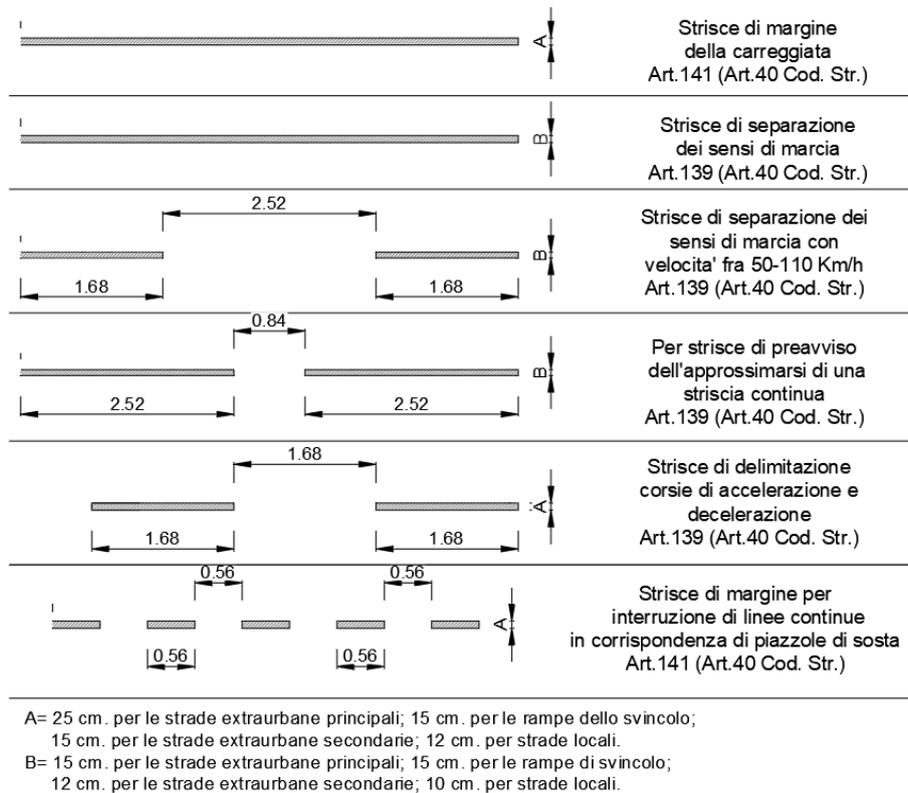
- Bordo laterale Tipo ANAS con Livello di contenimento H2 e larghezza Utile \leq W5 (in acciaio)
- Bordo Ponte Tipo ANAS con Livello di contenimento H3 e larghezza Utile \leq W5 (in acciaio)
- Profilo redirettivo in cls all'interno ed in appoggio alle gallerie
- Spartitraffico - Bordo laterale Tipo ANAS con Livello di contenimento H3 e larghezza Utile \leq W5 (in acciaio).

SEGNALETICA VERTICALE

Si prevede l'installazione dei segnali verticali con formato “grande” per la strada CAT. B (comprese le rampe degli svincoli) e, invece, il formato “normale” per le strade rimanenti.

Per le dimensioni, i colori e le caratteristiche dei segnali indicati nella tavola si rimanda al D.P.R. del 16.12.1992 n° 495 e successive modifiche.

Si prevede installazione sull'Asse Principale dei delineatori modulari di curva (Fig.II 468 Art. 174) integrati con leds.



Per quanto concerne ai portali a bandiera, si prevede l'installazione del palo verticale ad una distanza minima di 3.50m da ciglio pavimentato, per premettere il corretto funzionamento della barriera stradale e della messa in opera dei presidi idraulici.

SEGNALETICA ORIZZONTALE

L'intervento prevede la realizzazione della segnaletica orizzontale, in modo particolare delle strisce longitudinali di margine e di separazione in base agli Articoli 141 e 139 (Art.40 Cod. Str.), utilizzando colato plastico "a goccia".

4. OPERE D'ARTE MAGGIORI – VIADOTTI

4.1. VIADOTTO "LE VILLE"

Il viadotto, di lunghezza complessiva pari a 220 m (carreggiata direzione Grosseto) e 260 m (carreggiata direzione Fano) è continuo e costituito da campate centrali con luci pari a 40.00m, e da campate di riva di luce pari a 30.00m.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria B (Extraurbana principale con soluzione a 2+2 corsie di marcia) composta da carreggiate ciascuna formata da due corsie di larghezza 3.75 m e da banchine di larghezza pari a 1.75 m, con andamento planimetrico in rettilifo.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 9.75m, e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L'impalcato risulta quindi di larghezza complessiva pari a 11,25m.

L'asse di progetto sovrappassa la sottostante strada provinciale.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI02.

PROGETTAZIONE ATI:

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		7.22	12 pali ø1200
	30.00		
P1		4.50	8 pali ø1200
	40.00		
P2		6.00	8 pali ø1200
	40.00		
P3		8.00	8 pali ø1200
	40.00		
P4		7.50	1 pozzo ø600
	40.00		
P5		5.80	1 pozzo ø600
	40.00		
SpB		5.30	104 micropali ø300

Carreggiata direzione Grosseto

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI01.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		8.02	12 pali ø1200
	30.00		
P1		6.50	8 pali ø1200
	40.00		
P2		7.50	8 pali ø1200
	40.00		
P3		9.00	8 pali ø1200
	40.00		
P4		9.50	8 pali ø1200
	40.00		
P5		9.00	1 pozzo ø600
	40.00		
P6		7.50	35 micropali ø300

PROGETTAZIONE ATI:

SpB	30.00	3.56	91 micropali ø300
------------	-------	------	-------------------

Carreggiata direzione Fano

4.1.1. IMPALCATO

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 2 travi a "doppio T" in acciaio di altezza 2,00 m poste ad interasse di 6.5 m e soletta in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore pari a 0.30m. Le due travi sono collegate in campata con diaframmi reticolari e sulle pile e sulle spalle da diaframmi a parete piena.

Le travi d'acciaio hanno altezza costante lungo il loro sviluppo longitudinale sono attrezzate con elementi di connessione trave/soletta (pioli).

All'intradosso della soletta sono previste predelle in cls, ordite in direzione trasversale e poggianti sulle travi longitudinali principali e sulla trave spina.

Il sistema di smaltimento acque meteoriche è costituito da caditoie con boccacci poste sulla sede stradale in adiacenza al cordolo laterale esterno, che convogliano le acque a condotte correnti poste al di sotto della soletta. Tali condotte attraversano anche il paraghiaia delle spalle, anch'esso dotato di apposita asola ed attrezzato con elemento di disconnessione a soffietto, compatibile con le escursioni orizzontali degli apparecchi di appoggio, utile a creare una separazione fisica tra la condotta dell'impalcato e la condotta delle rampe. Una volta attraversato il paraghiaia la condotta di scarico si collega al sistema di raccolta acque generale.

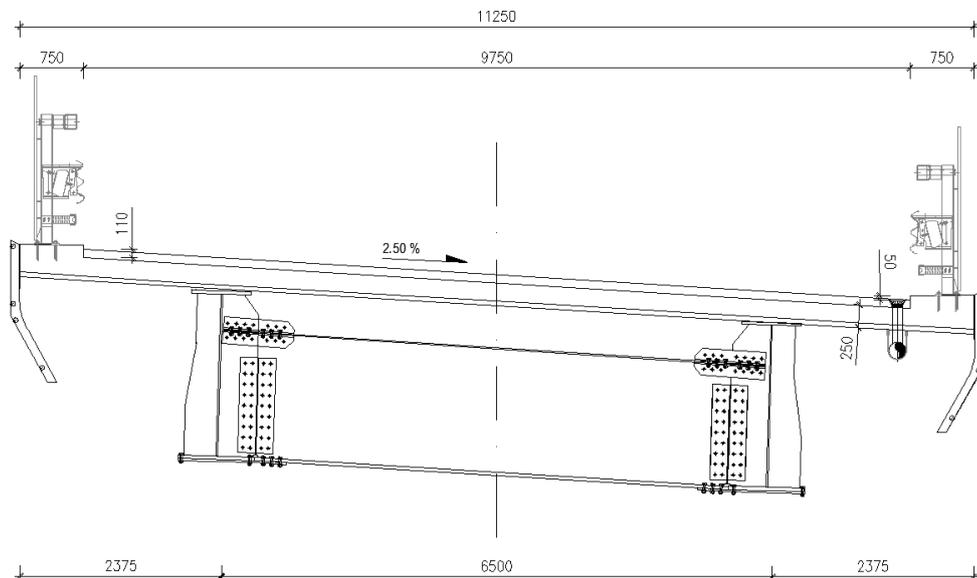


Figura 24-Sezione trasversale impalcato

PROGETTAZIONE ATI:

4.1.2. PILE

Le pile sono a fusto pieno in conglomerato cementizio armato di forma rettangolare smussata, di larghezza pari a 400cm e larghezza pari a 150cm con pulvino di lunghezza pari a 8.30m e larghezza pari a 2.00m e altezza pari a 1.80m, orientato perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza dei fusti circolari sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste complessivamente 11 pile con altezza del fusto pari massima pari a 8.20 m.

Le pile presentano un plinto di forma rettangolare 9,60mx8,64m attestato su una palificata di fondazione costituita da n.8 pali \varnothing 1200 mm, con lunghezza di perforazione pari a 20 m. Fanno eccezioni le pile in prossimità della strada provinciale che presentano un plinto circolare su pozzo di dimensioni più raccolte e le pile e le spalle B con fondazione su micropali.

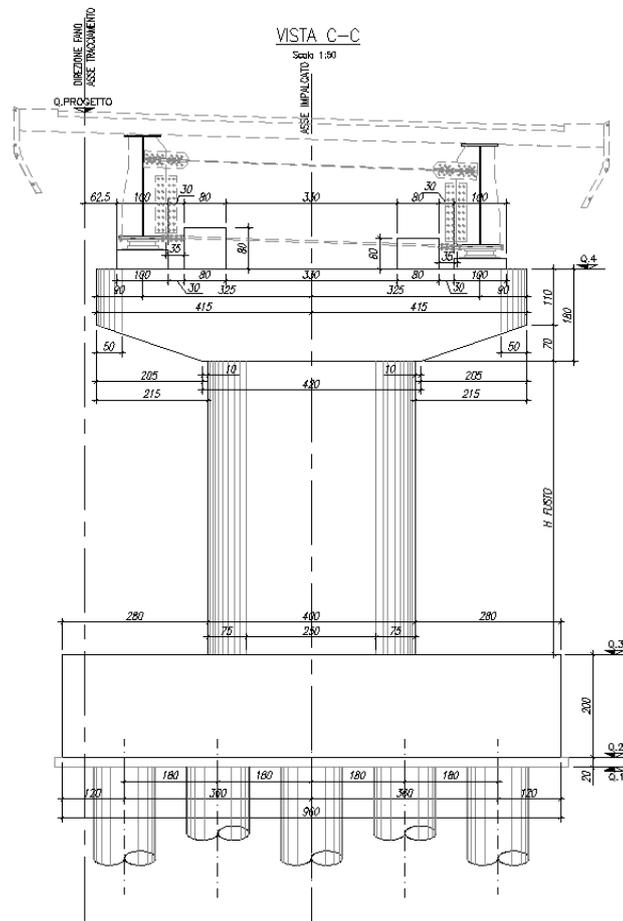


Figura 25-Vista frontale pila

4.1.3. SPALLE

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali $\varnothing 1200$ mm (spalla A) e micropali $\varnothing 300$ mm (spalla B). L'elevazione è costituita frontalmente da un fusto di spessore variabile da 1.80 a 2.70 m che culmina in un paraghiaia di spessore 0.50m, mentre lateralmente sono previsti muri di risvolto di spessore variabile da 100 cm a 50 cm completati da orecchia a sbalzo. Nel paraghiaia di entrambe le spalle sono previste asole atte a consentire il passaggio del sistema di raccolta acque meteoriche dell'impalcato, che si collega dietro alle spalle stesse al sistema di raccolta acque generale delle rampe.

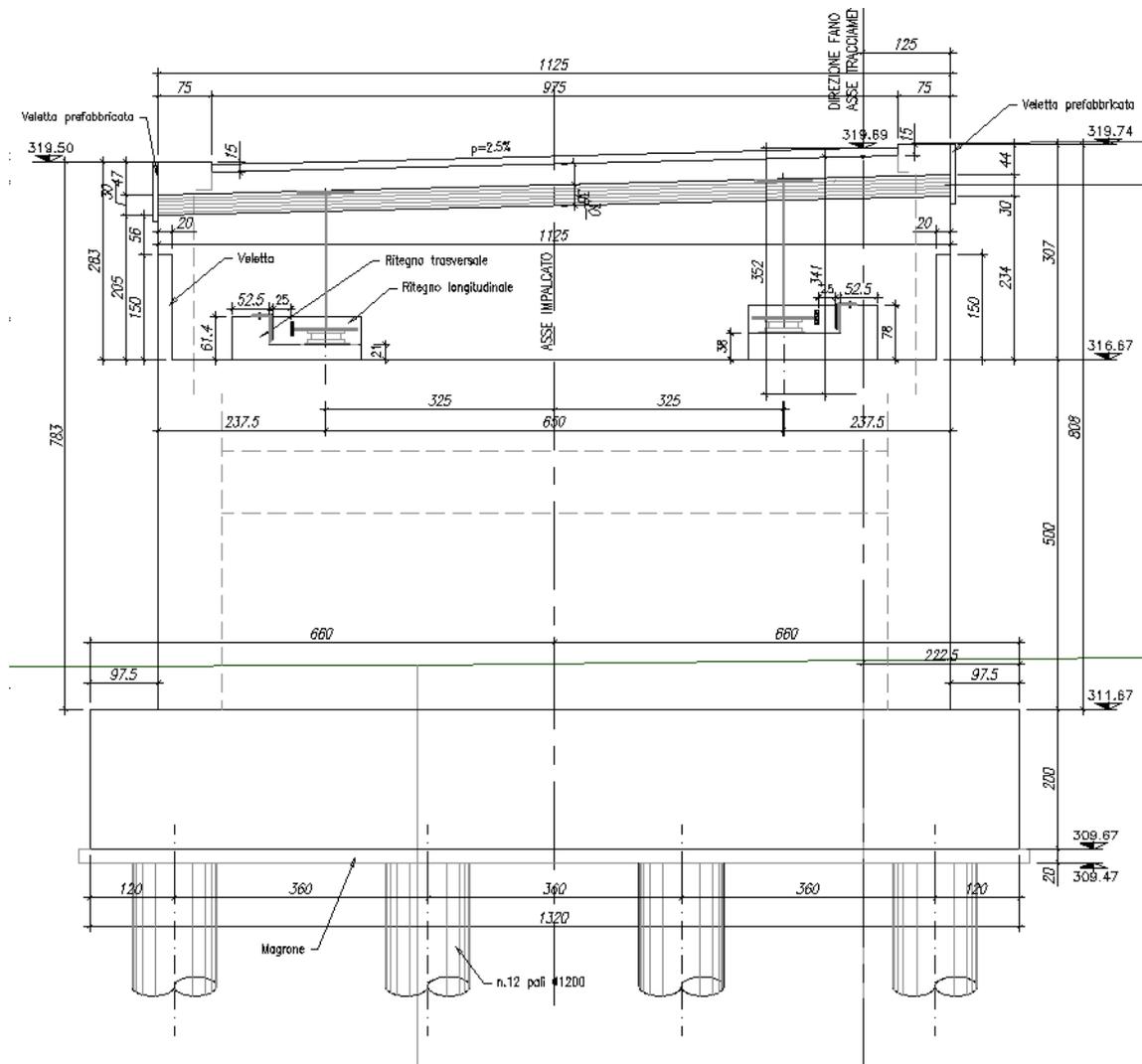


Figura 26-Vista frontale spalla

PROGETTAZIONE ATI:

4.1.4. VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura.

I dispositivi sono progettati affinché resistano senza danneggiarsi all'azione di progetto allo stato limite di collasso e affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo, così come prescritto dalla normativa, mentre gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo. In questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza.

Le caratteristiche dei dispositivi, posti rispettivamente in corrispondenza delle pile e delle spalle, vengono definite adoperando la scelta della rigidezza della mescola sulla base di spostamenti ritenuti accettabili per l'opera.

4.1.5. GIUNTI

Si prevedono giunti di dilatazione del tipo in gomma armata, costituiti da elementi piani posti a livello della pavimentazione realizzati in neoprene armato con parti in acciaio.

I giunti sono stati dimensionati, con riferimento alle normative vigenti, per la massima escursione valutata in condizioni statiche e sismiche.

4.1.6. RITEGNI SISMICI

Si prevedono in sommità delle pile o delle spalle dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, nel caso di disaccoppiamento con gli apparecchi d'appoggio.

Il ritegno sismico consiste in un baggiole solidale al pulvino di spalla e di pila, con interposto cuscinetto di neoprene. L'elemento, convenientemente armato, trasferisce l'azione proveniente dall'impalcato all'elemento sottostante.

I ritegni previsti sono di due tipologie: longitudinale sulle due spalle e trasversale su pile e spalle.

In funzione della direzione di applicazione del sisma, entrano in funzione due cuscinetti di contrasto in senso longitudinale, posizionati sulle spalle, e uno per ciascun elemento di sostegno in senso trasversale.

4.2. VIADOTTO SOVARA

Il viadotto, di lunghezza complessiva pari a circa 1213 m (carreggiata direzione Grosseto) e 1220 m (carreggiata direzione Fano) presenta uno schema statico di trave continua su più appoggi con luci variabili da un minimo di 44 m ad un massimo di 65 m.

Dato l'importante sviluppo del viadotto, di circa 1.213m (carreggiata direzione Grosseto) e 1.220m (carreggiata direzione Fano), sono stati introdotti giunti strutturali ogni 300m circa con l'introduzione di pile di transizione a doppia fila di appoggi. Questa scelta, dovuta alla necessità di gestire al meglio gli effetti termici e sismici dell'opera, comporta la divisione dell'impalcato in strutture separate. In definitiva l'intera opera, per ogni carreggiata è suddivisa in 4 tratti e prevede, oltre le 2 spalle, 18 pile (direzione Grosseto) e 19 pile (direzione Fano), di cui 3 di transizione con giunto strutturale.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria B composta da carreggiata direzione Grosseto formata da due corsie di larghezza 3.75 m fino alla pila 12 e successivamente diventa a 3 corsie m e carreggiata direzione fano composta da 3 corsie e da banchine di larghezza pari a 1.75 m, con andamento planimetrico curvo con raggio di circa 930 m.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile variabile da 10.13 m a 15.40 m, e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L'impalcato risulta quindi di larghezza complessiva variabile da pari a 11,63m a 16.90m.

Si è scelto di adottare una soluzione di sezione trasversale a 3 travi (per la carreggiata direzione Grosseto) ed a 4 travi (per la carreggiata direzione Fano) con impalcato torsio-rigido, dotato di controventi inferiori e superiori e travi con interasse variabile nelle zone di allargamento che vanno a sfocciare limitando l'eccentricità e quindi la torsione che ne conseguirebbe a causa di quest'ultimo.

L'asse di progetto sovrappassa il torrente Sovara da cui ne prende il nome.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI04.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		7.53	2 pozzi ø1040
	57.94		
P1		5.05	9 pali ø1200
	65.30		
P2		5.87	1 pozzo ø1040
	65.30		
P3		6.11	1 pozzo ø1040
	65.15		
P4		6.83	1 pozzo ø1040
	65.19		
P5		6.00	9 pali ø1200
	64.64		

PROGETTAZIONE ATI:

P6		5.84	9 pali ø1200
	64.68		
P7		5.05	9 pali ø1200
	64.66		
P8		5.53	9 pali ø1200
	64.64		
P9		4.85	9 pali ø1200
	64.64		
P10		4.75	9 pali ø1200
	64.63		
P11		4.44	9 pali ø1200
	64.78		
P12		4.37	9 pali ø1200
	64.71		
P13		4.43	9 pali ø1200
	64.74		
P14		4.49	9 pali ø1200
	64.80		
P15		4.91	9 pali ø1200
	64.79		
P16		4.98	9 pali ø1200
	64.83		
P17		5.35	9 pali ø1200
	64.93		
P18		5.47	9 pali ø1200
	53.34		
SpB		9.56	2 pozzi ø1200

Carreggiata direzione Grosseto

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI03.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		7.56	2 pozzi ø1040

PROGETTAZIONE ATI:

P1	44.19	5.01	12 pali ø1200
P2	49.71	6.84	12 pali ø1200
P3	49.60	6.21	1 pozzo ø1040
P4	64.53	5.76	1 pozzo ø1040
P5	65.06	6.92	1 pozzo ø1040
P6	48.37	6.35	12 pali ø1200
P7	65.15	6.15	12 pali ø1200
P8	65.13	5.46	12 pali ø1200
P9	65.15	5.89	12 pali ø1200
P10	65.16	5.12	12 pali ø1200
P11	65.14	4.71	12 pali ø1200
P12	65.16	4.45	12 pali ø1200
P13	65.25	4.39	12 pali ø1200
P14	65.16	4.57	12 pali ø1200
P15	65.23	4.55	12 pali ø1200
P16	65.23	4.80	12 pali ø1200
P17	65.22	5.47	12 pali ø1200
	65.19		

PROGETTAZIONE ATI:

P18		5.75	12 pali ø1200
	65.19		
P19		5.81	12 pali ø1200
	54.01		
SpB		9.56	2 pozzi ø1200

Carreggiata direzione Fano

4.2.1. IMPALCATO

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da travi a doppio T in composizione saldata, disposte a interasse di 4 m la cui altezza risulta di 3.50m; nelle zone di allargamento della piattaforma stradale l'interasse travi diventa variabile per assecondare l'irregolarità della planimetria stradale e ridurre eccentricità di carico e conseguente torsione. I traversi intermedi, di spalla e di pila sono di tipo reticolare disposti a interasse longitudinale variabili solitamente pari a circa 6.50 m. Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra concetti d'officina; per il collegamento di tutti gli elementi secondari (traversi e controventi), invece, si prevedono unioni bullonate a taglio.

La stabilizzazione della porzione compressa della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi realizzato mediante profili angolari accoppiati di sezione. La soletta presenta una larghezza variabile da 11,63m a 16.90m e spessore costante pari a 30 cm (7 cm di predalla e 23 cm di getto). Gli impalcato sono stati concepiti come via superiore a 3 o 4 travi a sezione aperta; l'adozione dei controventi inferiori con impalcato torsiorigido è limitata solo alle parti che presentano allargamenti e quindi sbalzi molto elevati, in cui una sezione non torsio-rigida avrebbe penalizzato fortemente il calcolo statico e le incidenze del peso strutturale.

La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli Nelson.

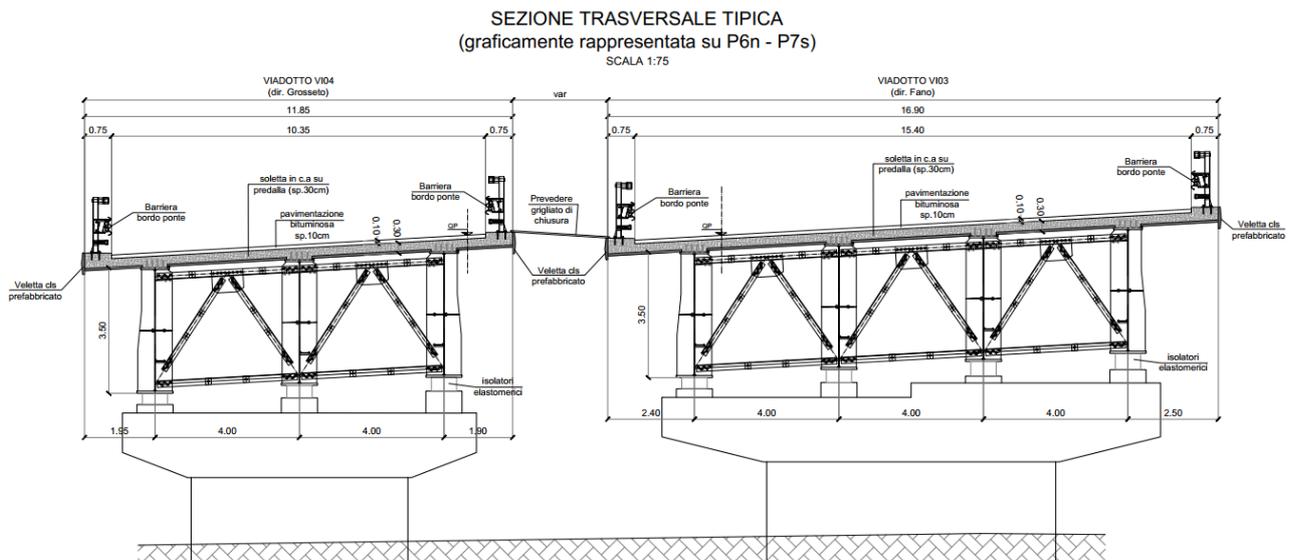


Figura 27-Sezione trasversale tipologica impalcato

4.2.1. PILE

Le pile sono a fusto pieno in conglomerato cementizio armato di forma rettangolare smussata, di lunghezza pari a 800cm e larghezza pari a 150cm con pulvino di lunghezza pari a 13.80m e larghezza pari a 2.00m e altezza pari a 1.80m, orientato perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza dei fusti circolari sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste complessivamente 18 pile in direzione Grosseto e 19 pile in direzione Fano con altezza del fusto massima pari a 5.12 m.

Le pile presentano un plinto di forma rettangolare 9,60mx9,60m per la carreggiata direzione Grosseto attestato su una palificata di fondazione costituita da n.9 pali $\varnothing 1200$ mm e plinto di forma rettangolare 9,60mx13,20m per la carreggiata direzione Fano attestato su una palificata di fondazione costituita da n.12 pali $\varnothing 1200$ mm , con lunghezza di perforazione pari a 40 m. Fanno eccezioni le pile in prossimità del torrente Sovara che presentano un plinto circolare su pozzo di dimensioni più raccolte.

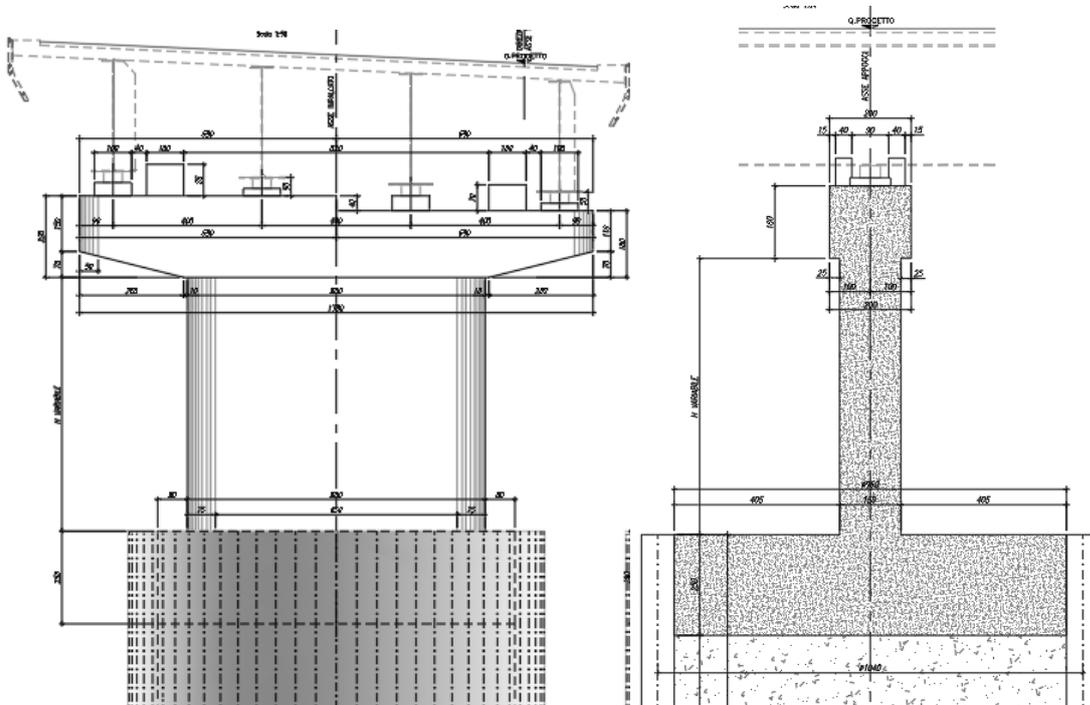


Figura 28-vista frontale pila

PROGETTAZIONE ATI:

4.2.2. SPALLE

Entrambe le spalle raccolgono le due carreggiate e presentano una fondazione con pianta rettangolare e fondazioni su pozzo ma si differenziano per dimensioni.

Il muro in elevazione, di sostegno e contenimento del rilevato stradale alleggerito, presenta uno spessore funzione dell'altezza del paramento; sulla sommità del muro di elevazione è posto il paraghiaia, di spessore 50 cm, con altezza variabile, per raccordarsi con la soletta dell'impalcato.

A fianco del paraghiaia sono presenti i baggioli, elementi tozzi per l'ancoraggio degli apparecchi di appoggio. Anteriormente ai baggioli è lasciato lo spazio di posizionamento dei martinetti per sollevare il ponte in caso di sostituzione degli apparecchi di appoggio.

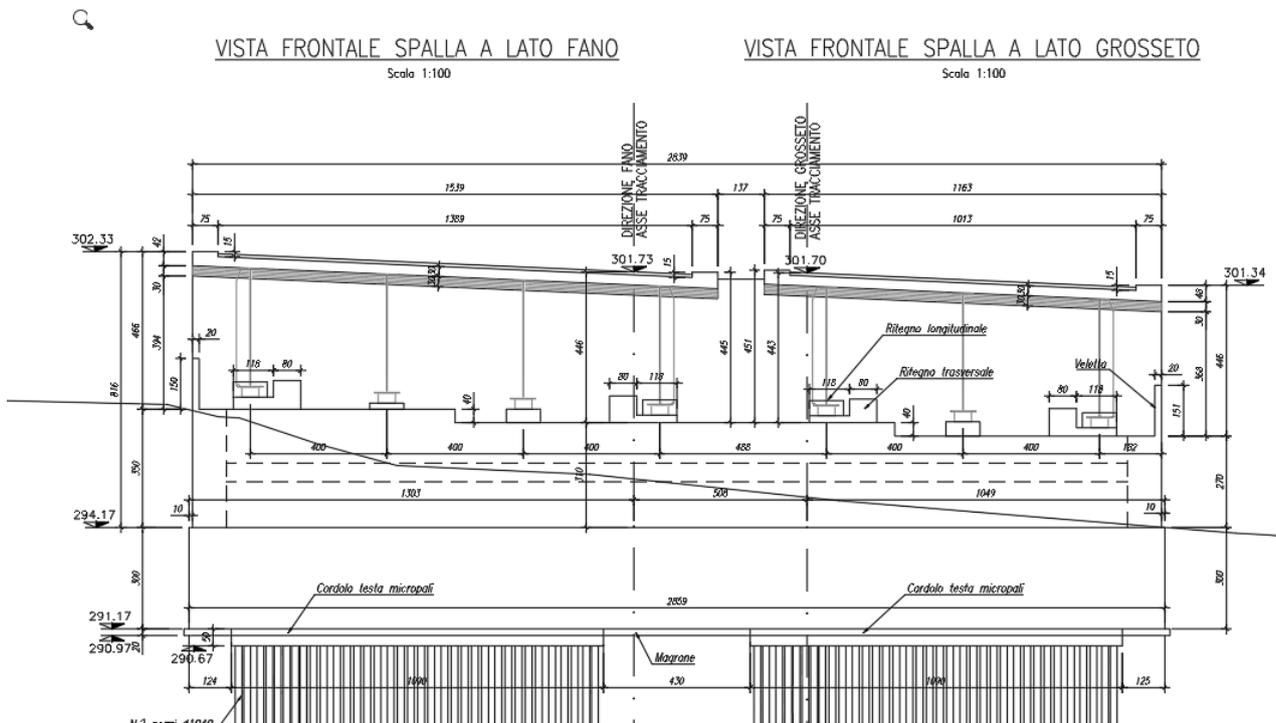


Figura 29-Vista frontale spalla

Le spalle presentano due muri d'ala di spessore variabile e pari a 100 cm alla base e 50 cm in sommità, a fianco del muro e del paraghiaia, per il contenimento del rilevato stradale. Sulla testa dei muri d'ala è realizzata la prosecuzione del cordolo dell'impalcato stradale.

4.2.3. VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura.

I dispositivi sono progettati affinché resistano senza danneggiarsi all'azione di progetto allo stato limite di collasso e affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo, così come prescritto dalla normativa, mentre gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo. In questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza.

Le caratteristiche dei dispositivi, posti rispettivamente in corrispondenza delle spalle, vengono definite adoperando la scelta della rigidezza della mescola sulla base di spostamenti ritenuti accettabili per l'opera.

4.2.4. GIUNTI

Si prevedono giunti di dilatazione del tipo in gomma armata, costituiti da elementi piani posti a livello della pavimentazione realizzati in neoprene armato con parti in acciaio.

I giunti sono stati dimensionati, con riferimento alle normative vigenti, per la massima escursione valutata in condizioni statiche e sismiche.

4.2.5. RITEGNI SISMICI

Si prevedono in sommità delle spalle dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, nel caso di disaccoppiamento con gli apparecchi d'appoggio.

Il ritegno sismico consiste in un baggiolo solidale al pulvino di spalla, con interposto cuscinetto di neoprene. L'elemento, convenientemente armato, trasferisce l'azione proveniente dall'impalcato all'elemento sottostante.

I ritegni previsti sono di due tipologie: longitudinale e trasversale.

In funzione della direzione di applicazione del sisma, entrano in funzione due cuscinetti di contrasto in senso longitudinale e uno per ciascun elemento di sostegno in senso trasversale.

4.3. VIADOTTO “TEVERE”

Il viadotto, di lunghezza complessiva pari a circa 1175 m (carreggiata direzione Grosseto) e 1170 m (carreggiata direzione Fano) presenta uno schema statico di trave continua su più appoggi con luci variabili da un minimo di 40 m ad un massimo di 65 m.

Dato l'importante sviluppo del viadotto, di circa 1.175m (carreggiata direzione Grosseto) e 1170m (carreggiata direzione Fano), sono stati introdotti giunti strutturali ogni 300m circa con l'introduzione di pile di transizione a doppia fila di appoggi. Questa scelta, dovuta alla necessità di gestire al

PROGETTAZIONE ATI:

meglio gli effetti termici e sismici dell'opera, comporta la divisione dell'impalcato in strutture separate. In definitiva l'intera opera, per ogni carreggiata è suddivisa in 4 tratti e prevede, oltre le 2 spalle, 18 pile di cui 3 di transizione con giunto strutturale.

La viabilità in progetto al di sopra del viadotto è una strada di categoria B con soluzione a 3+3 corsie per senso di marcia, con corsie di larghezza pari a 3.75 m e banchina di larghezza variabile, andamento planimetrico curvo con raggio di circa 975 m.

La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile variabile da 10.14 m a 16.13 m, e da due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75m. L'impalcato risulta quindi di larghezza complessiva variabile da circa 13.2 m a circa 21 m.

Si è scelto di adottare una soluzione di sezione trasversale a 4 travi (per la carreggiata direzione Grosseto) ed a 4 travi (per la carreggiata direzione Fano) con impalcato torsio-rigido, dotato di controventi inferiori e superiori, per gestire l'irregolarità degli allargamenti di piattaforma e gli squilibri di carico accidentale e permanente che ne derivano. La soluzione adottata consente di evitare la variabilità della posizione planimetrica delle travi che ne renderebbe complessa la costruzione.

Le travi sono quindi ad interasse trasversale costante di 4 m e in corrispondenza di ogni diaframma, dove gli allargamenti di soletta eccedono la larghezza autoportante viene introdotto un oggetto metallico realizzato con uno schema puntone tirante ed una trave di spina longitudinale ordita in semplice appoggio da diaframma a diaframma.

L'asse di progetto sovrappassa il fiume Tevere da cui ne prende il nome.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI05.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		11.13	2 pozzi ø1200
	40.00		
P1		11.00	12 pali ø1200
	60.00		
P2		11.00	12 pali ø1200
	65.00		
P3		10.60	12 pali ø1200
	65.00		
P4		10.60	12 pali ø1200
	65.00		
P5		11.00	1 pozzo ø1040
	65.00		
P6		11.00	1 pozzo ø1040
	65.00		
P7		11.00	12 pali ø1200
	65.00		

PROGETTAZIONE ATI:

P8		11.00	12 pali ø1200
	65.00		
P9		11.00	12 pali ø1200
	65.00		
P10		11.00	12 pali ø1200
	65.00		
P11		10.50	12 pali ø1200
	65.00		
P12		10.50	12 pali ø1200
	65.00		
P13		10.50	12 pali ø1200
	65.00		
P14		10.00	12 pali ø1200
	50.00		
P15		9.50	12 pali ø1200
	65.00		
P16		9.00	12 pali ø1200
	65.00		
P17		8.00	12 pali ø1200
	60.00		
P18		7.00	12 pali ø1200
	50.00		
SpB		8.88	2 pozzi ø1040

Carreggiata direzione Fano

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del viadotto VI06.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione
SpA		11.13	2 pozzi ø1200
	40.26		
P1		11.00	12 pali ø1200
	60.41		
P2		11.00	12 pali ø1200

PROGETTAZIONE ATI:

P3	65.47	10.60	12 pali ø1200
P4	65.47	10.60	12 pali ø1200
P5	65.47	11.00	1 pozzo ø1040
P6	65.47	11.00	1 pozzo ø1040
P7	65.47	11.00	12 pali ø1200
P8	65.47	11.50	12 pali ø1200
P9	65.47	11.00	12 pali ø1200
P10	65.47	11.50	12 pali ø1200
P11	65.10	12.50	12 pali ø1200
P12	65.69	10.50	12 pali ø1200
P13	65.17	10.50	12 pali ø1200
P14	65.06	10.50	12 pali ø1200
P15	49.99	9.50	12 pali ø1200
P16	64.94	8.50	12 pali ø1200
P17	64.87	7.50	12 pali ø1200
P18	59.79	6.70	12 pali ø1200
SpB	49.73	8.88	2 pozzi ø1040

Carreggiata direzione Grosseto

PROGETTAZIONE ATI:

4.3.1. IMPALCATO

L'impalcato è della tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da travi a doppio T in composizione saldata, disposte a interasse di 4 m la cui altezza risulta di 3.50m. I traversi intermedi, di spalla e di pila sono di tipo reticolare disposti a interasse longitudinale variabili solitamente pari a circa 6.50 m. Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra concetti d'officina; per il collegamento di tutti gli elementi secondari (traversi e controventi), invece, si prevedono unioni bullonate a taglio.

La stabilizzazione della porzione compressa della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi realizzato mediante profili angolari accoppiati di sezione. La soletta presenta una larghezza variabile da 13,00m a 21,00m e spessore costante pari a 30 cm (7 cm di predalla e 23 cm di getto). Per sostenere la soletta in senso trasversale in corrispondenza degli sbalzi su allargamento, si prevedono delle travi di spina sorrette da saette in profilo tubolare.

Gli impalcati sono stati concepiti come via superiore a 3 o 4 travi a sezione aperta; l'adozione dei controventi inferiori con impalcato torsiorigido è limitata solo alle parti che presentano allargamenti e quindi sbalzi molto elevati, in cui una sezione non torsio-rigida avrebbe penalizzato fortemente il calcolo statico e le incidenze del peso strutturale.

La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli Nelson.

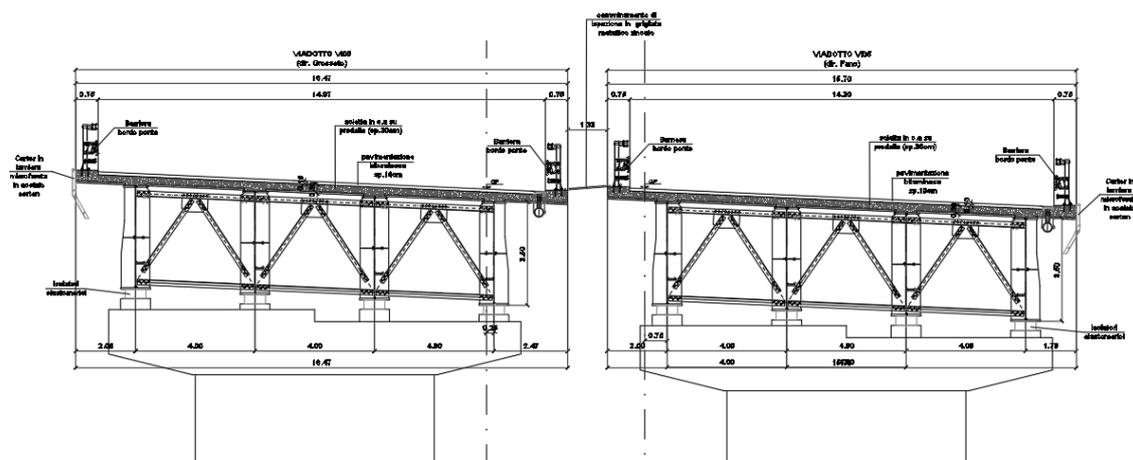


Figura 30-Sezione trasversale impalcato

4.3.2. PILE

Le pile sono a fusto pieno in conglomerato cementizio armato di forma rettangolare smussata, di lunghezza pari a 800cm e larghezza pari a 150cm con pulvino di lunghezza pari a 13.80m e larghezza pari a 2.00m e altezza pari a 1.80m, orientato perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza dei fusti circolari sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste complessivamente 18 pile in direzione Grosseto e 18 pile in direzione Fano con altezza del fusto massima pari a 10.70 m.

Le pile presentano un plinto di forma rettangolare 9,60mx13,20m attestato su una palificata di fondazione costituita da n.12 pali $\varnothing 1200$ mm, con lunghezza di perforazione pari a 45 m. Fanno eccezioni le pile in prossimità del fiume Tevere che presentano un plinto circolare su pozzo di dimensioni più raccolte.

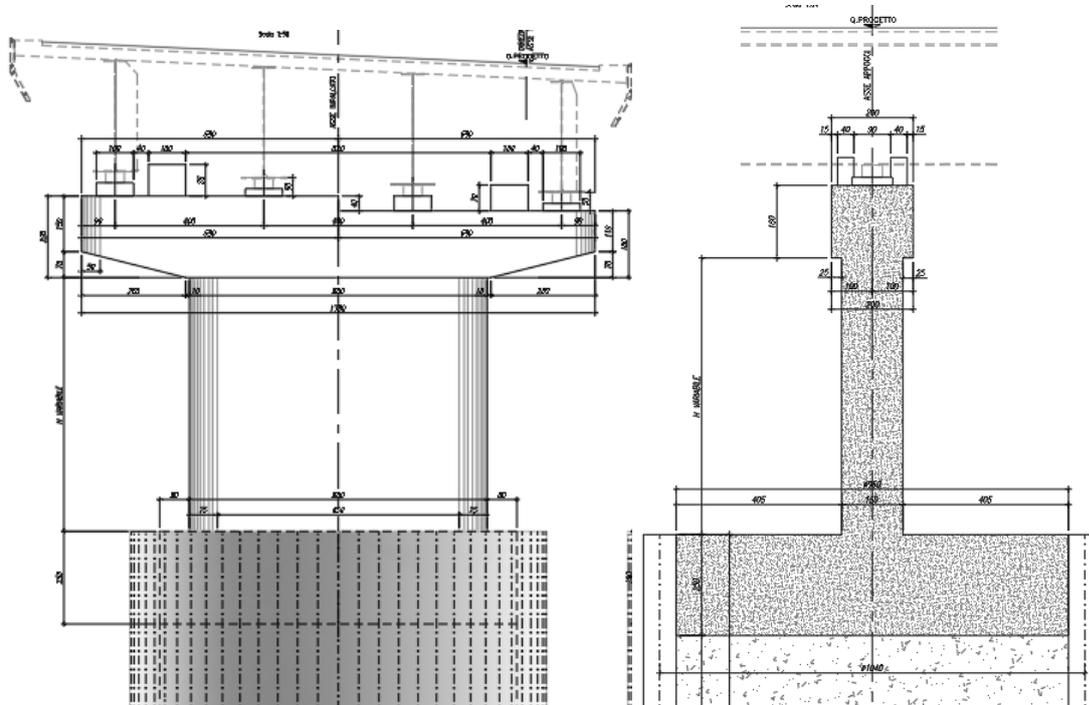


Figura 31-Vista frontale Pila

4.3.3. SPALLE

Entrambe le spalle raccolgono le due carreggiate e presentano una fondazione con pianta rettangolare e fondazioni su pozzo ma si differenziano per dimensioni.

La spalla A è fondata su 2 pozzi di diametro 1200 cm mentre la spalla B due pozzi di diametro 1040 cm.

Il muro in elevazione, di sostegno e contenimento del rilevato stradale alleggerito, presenta uno spessore funzione dell'altezza del paramento; sulla sommità del muro di elevazione è posto il paraghiaia, di spessore 50 cm, con altezza variabile, per raccordarsi con la soletta dell'impalcato.

A fianco del paraghiaia sono presenti i baggioli, elementi tozzi per l'ancoraggio degli apparecchi di appoggio. Anteriormente ai baggioli è lasciato lo spazio di posizionamento dei martinetti per sollevare il ponte in caso di sostituzione degli apparecchi di appoggio.

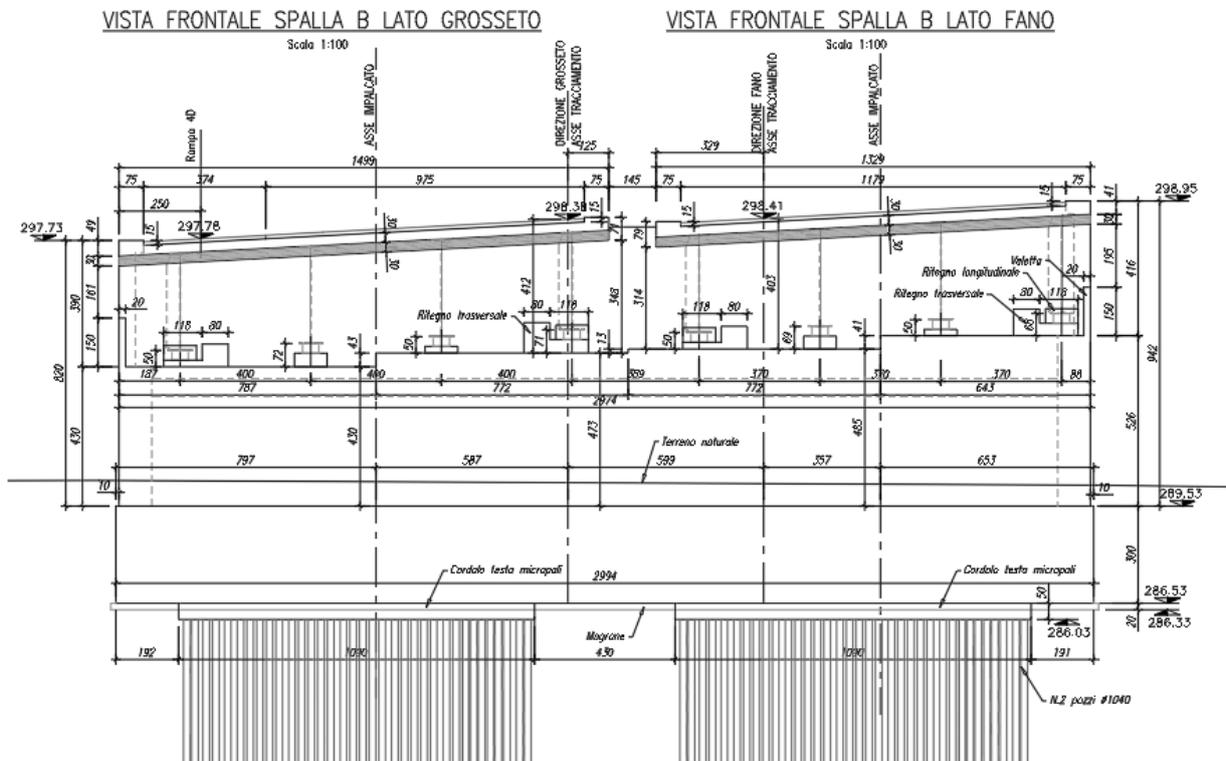


Figura 32-Vista frontale spalla B

Le spalle presentano due muri d'ala di spessore variabile che si rastrema in sommità, a fianco del muro e del paraghiaia, per il contenimento del rilevato stradale. Sulla testa dei muri d'ala è realizzata la prosecuzione del cordolo dell'impalcato stradale.

4.3.4. VINCOLAMENTO DEGLI IMPALCATI

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura.

I dispositivi sono progettati affinché resistano senza danneggiarsi all'azione di progetto allo stato limite di collasso e affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo, così come prescritto dalla normativa, mentre gli elementi di sostegno ai quali vengono trasmesse le azioni longitudinali e le azioni trasversali sono progettati affinché si mantengano in campo elastico anche sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo. In questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza.

Le caratteristiche dei dispositivi, posti rispettivamente in corrispondenza delle spalle, vengono definite adoperando la scelta della rigidezza della mescola sulla base di spostamenti ritenuti accettabili per l'opera.

4.3.5. GIUNTI

Si prevedono giunti di dilatazione del tipo in gomma armata, costituiti da elementi piani posti a livello della pavimentazione realizzati in neoprene armato con parti in acciaio.

I giunti sono stati dimensionati, con riferimento alle normative vigenti, per la massima escursione valutata in condizioni statiche e sismiche.

4.3.6. RITEGNI SISMICI

Si prevedono in sommità delle spalle dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, nel caso di disaccoppiamento con gli apparecchi d'appoggio.

Il ritegno sismico consiste in un baggiolo solidale al pulvino di spalla, con interposto cuscinetto di neoprene. L'elemento, convenientemente armato, trasferisce l'azione proveniente dall'impalcato all'elemento sottostante.

I ritegni previsti sono di due tipologie: longitudinale e trasversale.

In funzione della direzione di applicazione del sisma, entrano in funzione due cuscinetti di contrasto in senso longitudinale e uno per ciascun elemento di sostegno in senso trasversale.

5. OPERE D'ARTE MAGGIORI - OPERE IN SOTTERRANEO

Nel progetto è prevista la realizzazione di 2 gallerie a doppia canna:

- Galleria Le Ville dir. Fano (lunghezza complessiva pari a 1212 m);
- Galleria Le Ville dir. Grosseto (lunghezza complessiva pari a 1278 m);
- Galleria Citerna dir. Fano (lunghezza complessiva pari a 2900 m);
- Galleria Citerna dir. Grosseto (lunghezza complessiva pari a 2880 m).

Nello specifico, le gallerie sono composte come di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

- Le Ville dir. Fano: GA01 22 m di tratta in artificiale, dalla prog. 0+858.66 alla 0+880.90; GN01 1155 m di tratta in naturale, dalla prog.0+880.90 alla prog. 2+036.12; GA03 35 m di tratta in artificiale, dalla prog. 2+036.12 alla 2+071.00.
- Le Ville dir. Grosseto: GA02 23 m di tratta in artificiale, dalla prog. 0+772.00 alla 0+795.00; GN02 1240 m di tratta in naturale, dalla prog.0+795.00 alla prog. 2+036.00; GA04 15 m di tratta in artificiale, dalla prog. 2+036.00 alla 2+051.00.
- Citerna dir. Fano: GA05 42 m di tratta in artificiale, dalla prog. 4+715.00 alla 4+757.00; GN03 2500 m di tratta in naturale, dalla prog.4+757.00 alla prog. 7+257.00; GA07 358 m di tratta in artificiale, dalla prog. 7+257.00 alla 7+615.00.
- Citerna dir. Grosseto: GA06 37 m di tratta in artificiale, dalla prog. 4+740.00 alla 4+777.00; GN04 2511 m di tratta in naturale, dalla prog.4+777.00 alla prog. 7+287.00; GA08 332 m di tratta in artificiale, dalla prog. 7+287.00 alla 7+720.00.

Le sezioni tipo *standard* delle gallerie prevedono una carreggiata costituita da due corsie di larghezza pari a 3.75 m ciascuna, una banchina in destra di larghezza 1.75 m e una banchina in sinistra di larghezza 0.50 m, per una larghezza complessiva della carreggiata pari a 9.75m.

Le due canne della galleria Le Ville sono scavate con la tecnica dello scavo tradizionale e presentano una sezione policentrica, caratterizzata da un raggio interno pari a 6.10 m, in calotta (con piano dei centri a +1.60 m dalla Q.P.), e 10.00 m, in arco rovescio.

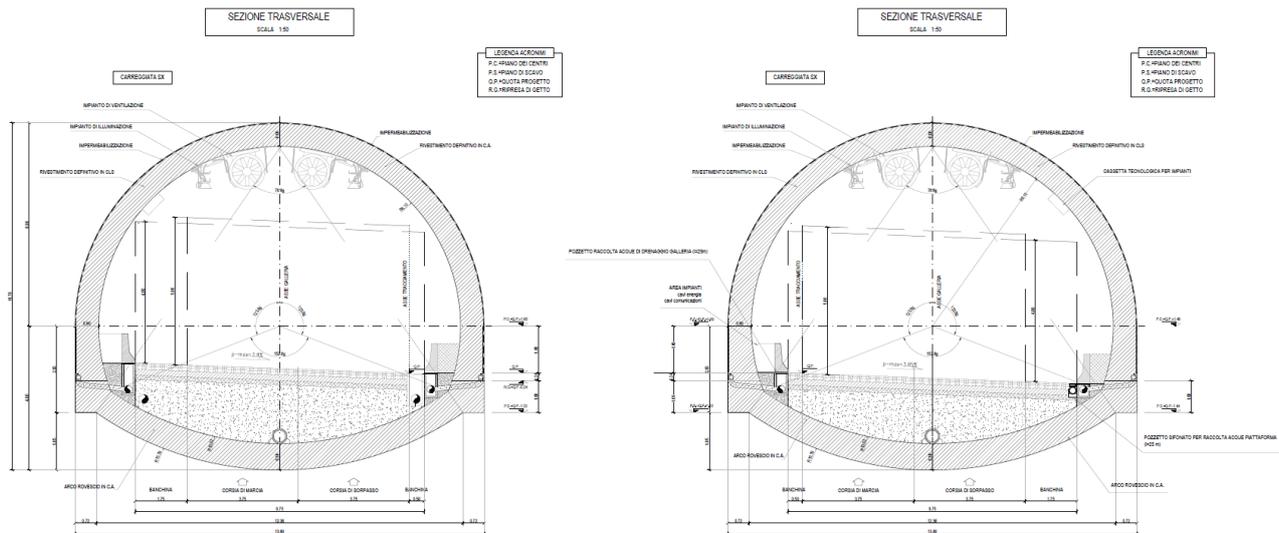


Figura 5-1: Sezione tipo corrente galleria “Le Ville”

Per questa galleria sono state progettate quattro tipologie di sezioni tipo, che si differenziano sia per la quantità e per il tipo di interventi di consolidamento presenti sia per gli spessori dei rivestimenti provvisori e definitivi. Inoltre, tutte le sezioni tipologiche hanno un sistema di impermeabilizzazione costituito da telo in PVC e tessuto non tessuto.

Per quanto riguarda la galleria Citerna, le due canne sono scavate con la tecnica dello scavo meccanizzato e presentano una sezione circolare, caratterizzata da un raggio interno pari a 6.00 m.

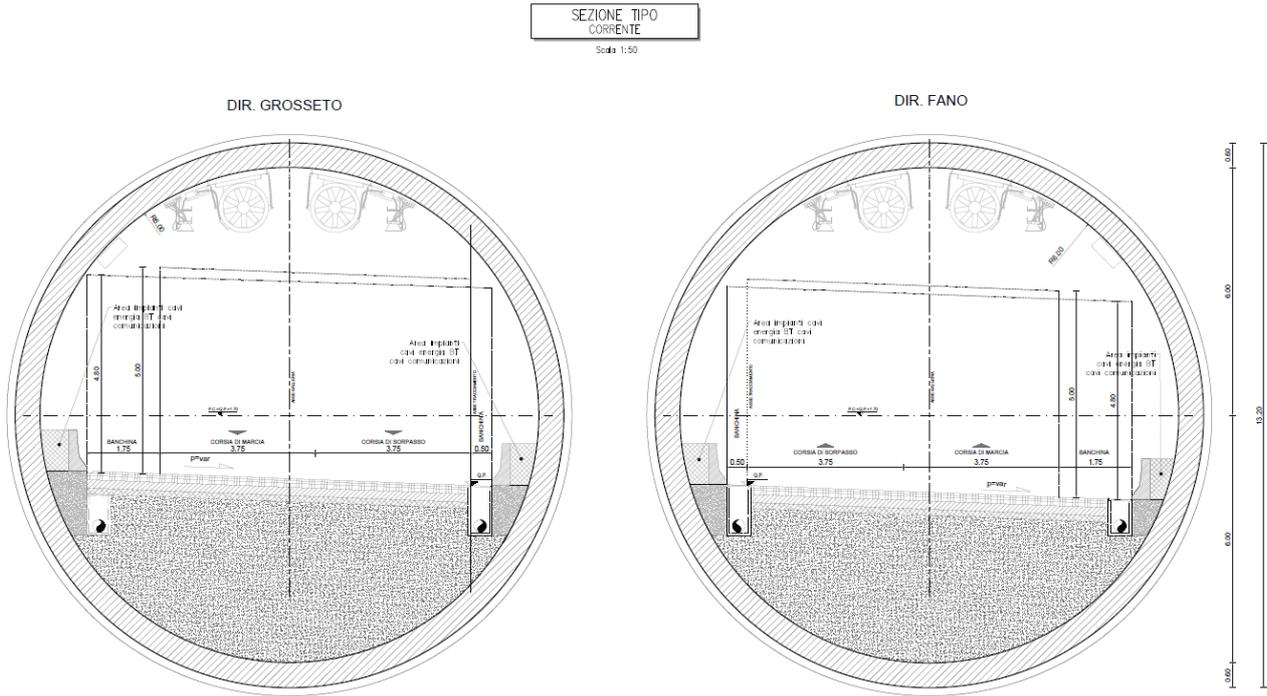
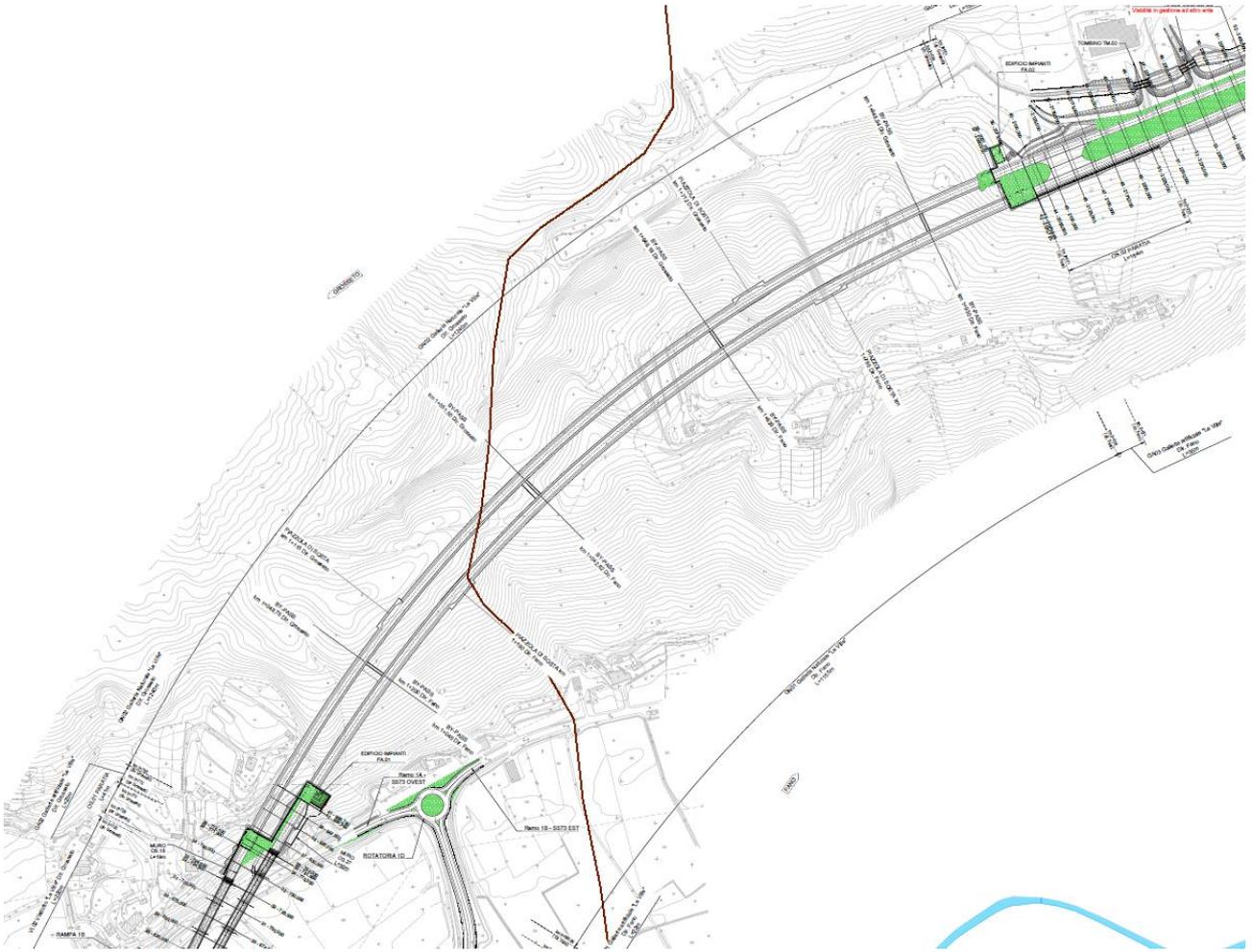


Figura 5-2: Sezione tipo corrente galleria “Citerna”

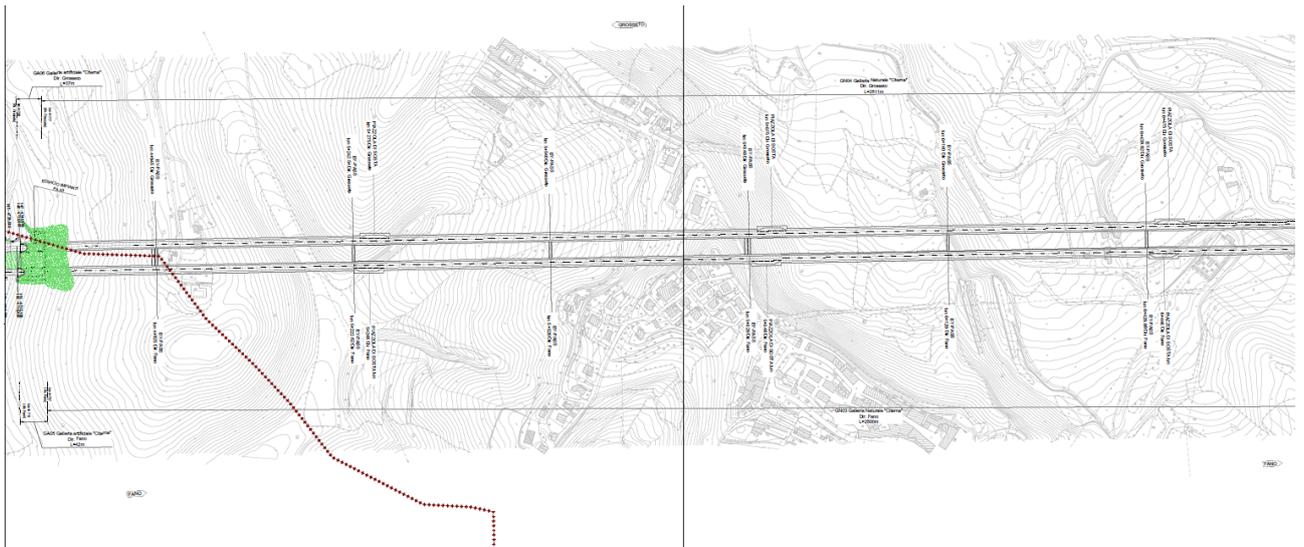
Entrambe le gallerie presentano le due canne collegate da bypass sia pedonali, aventi interasse massimo pari a 300 m, sia pedocarrabili, aventi interasse massimo pari a 900 m, in accordo a quanto previsto dalle *Linee guida per la progettazione della sicurezza delle gallerie stradali* redatta da ANAS. Nello specifico, per la galleria Le Ville si hanno n. 3 bypass pedonali e n. 1 bypass pedocarrabile. Per la galleria Citerna si hanno n. 8 bypass pedonali e n. 4 bypass pedocarrabile.

Riguardo la galleria Le Ville, la piattaforma stradale ha una pendenza trasversale massima pari a 3.847% in direzione Fano e 3.804% in direzione Grosseto. Per quanto riguarda la galleria Citerna, la piattaforma stradale ha una pendenza trasversale massima pari a 3.086% in direzione Fano e 3.777% in direzione Grosseto. La pendenza longitudinale massima è pari a 1,65% e la si ha nella galleria Le Ville.

Nelle figure seguenti si riportano degli stralci planimetrici delle gallerie.

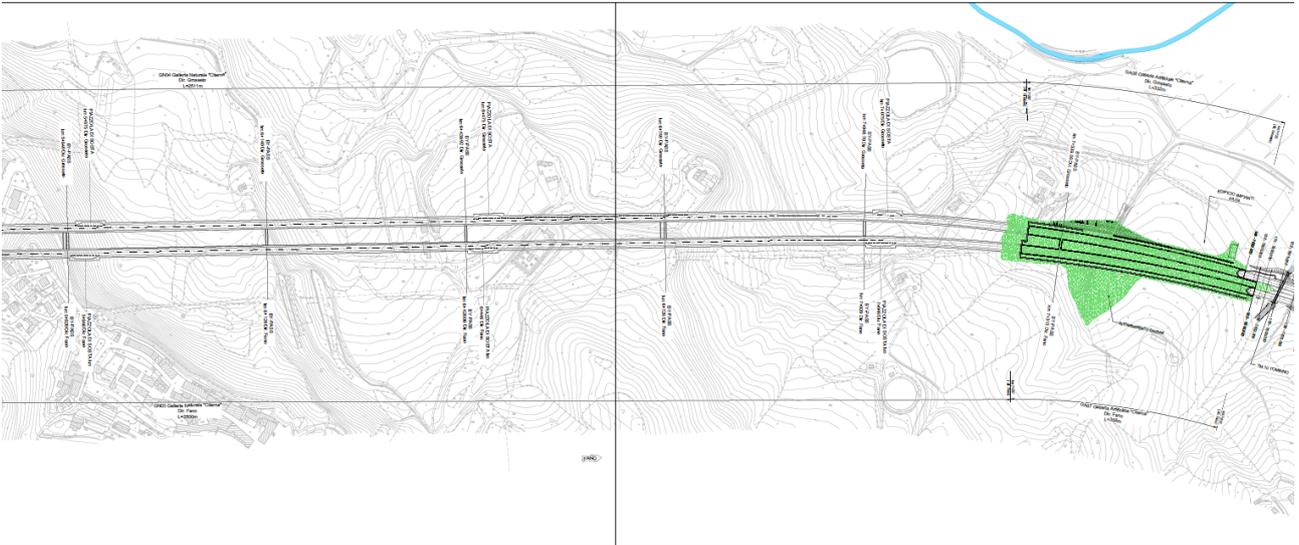


Stralcio planimetrico della galleria "Le Ville"



Stralcio planimetrico della galleria "Citerna" – 1° parte

PROGETTAZIONE ATI:



Stralcio planimetrico della galleria " Citerna" – 2° parte

Di seguito si riportano le sezioni tipo dei bypass.

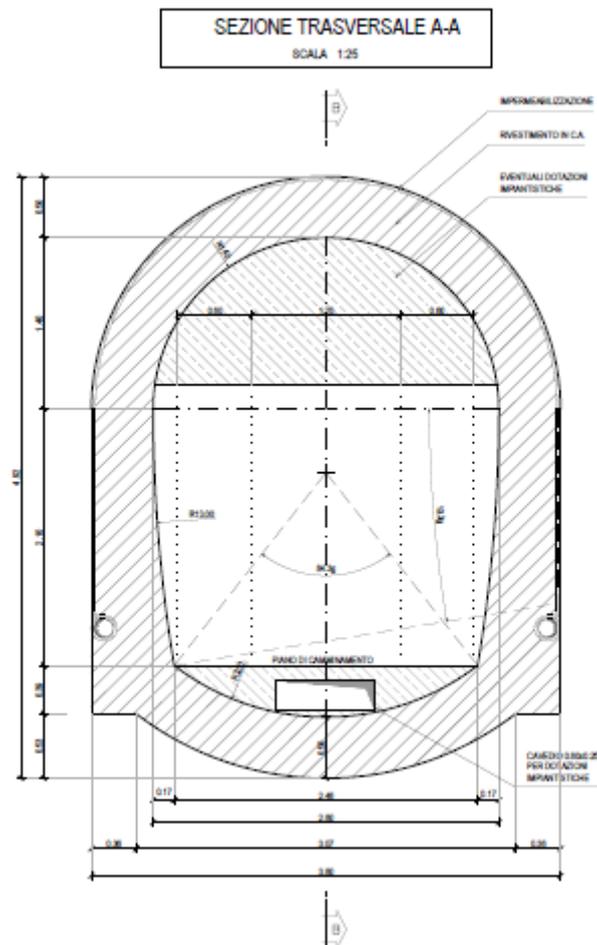


Figura 5-3: Sezione tipo bypass pedonale

PROGETTAZIONE ATI:

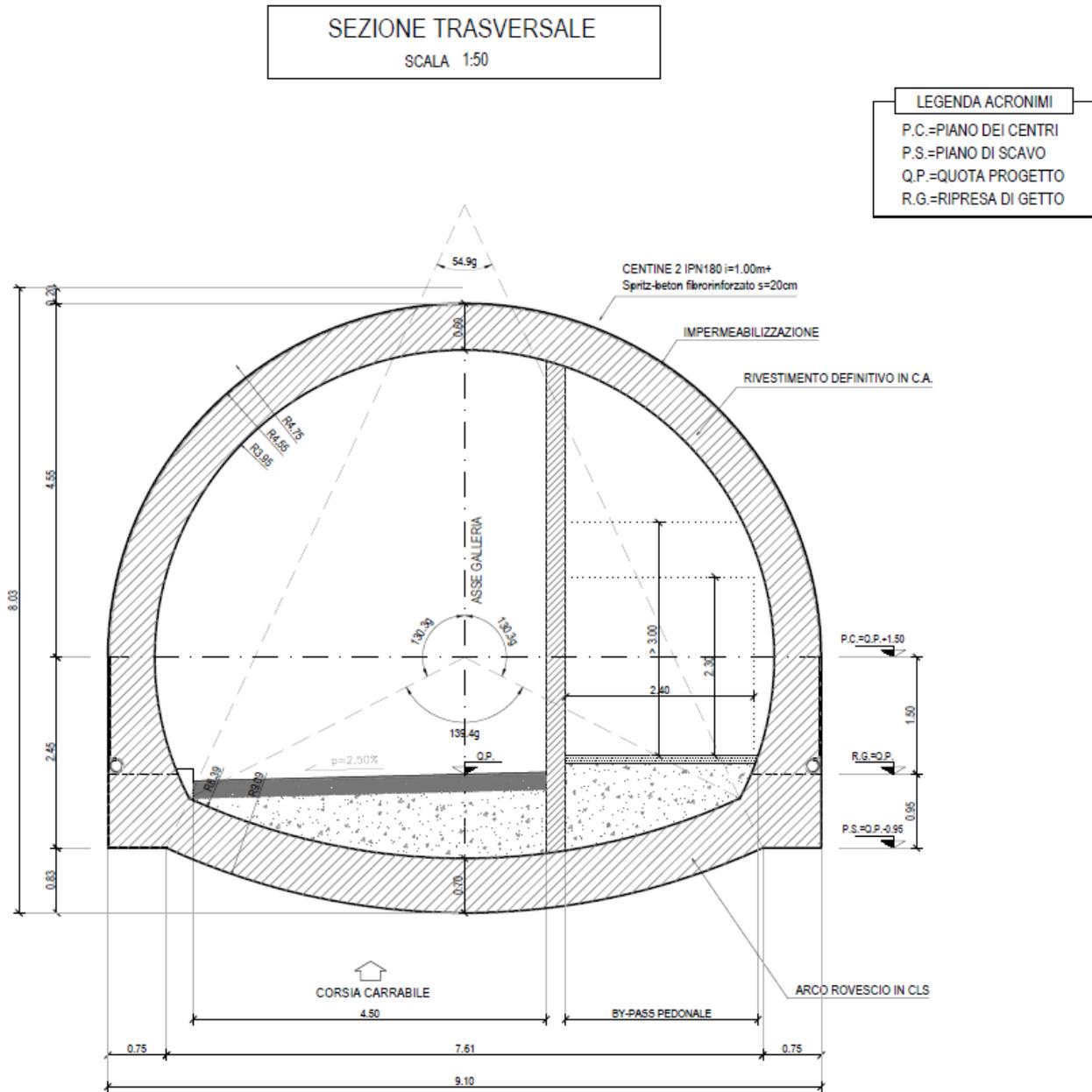


Figura 5-4: Sezione tipo bypass pedocarrabile

Di seguito si riportano i prospetti degli imbocchi delle due gallerie.

PROGETTAZIONE ATI:

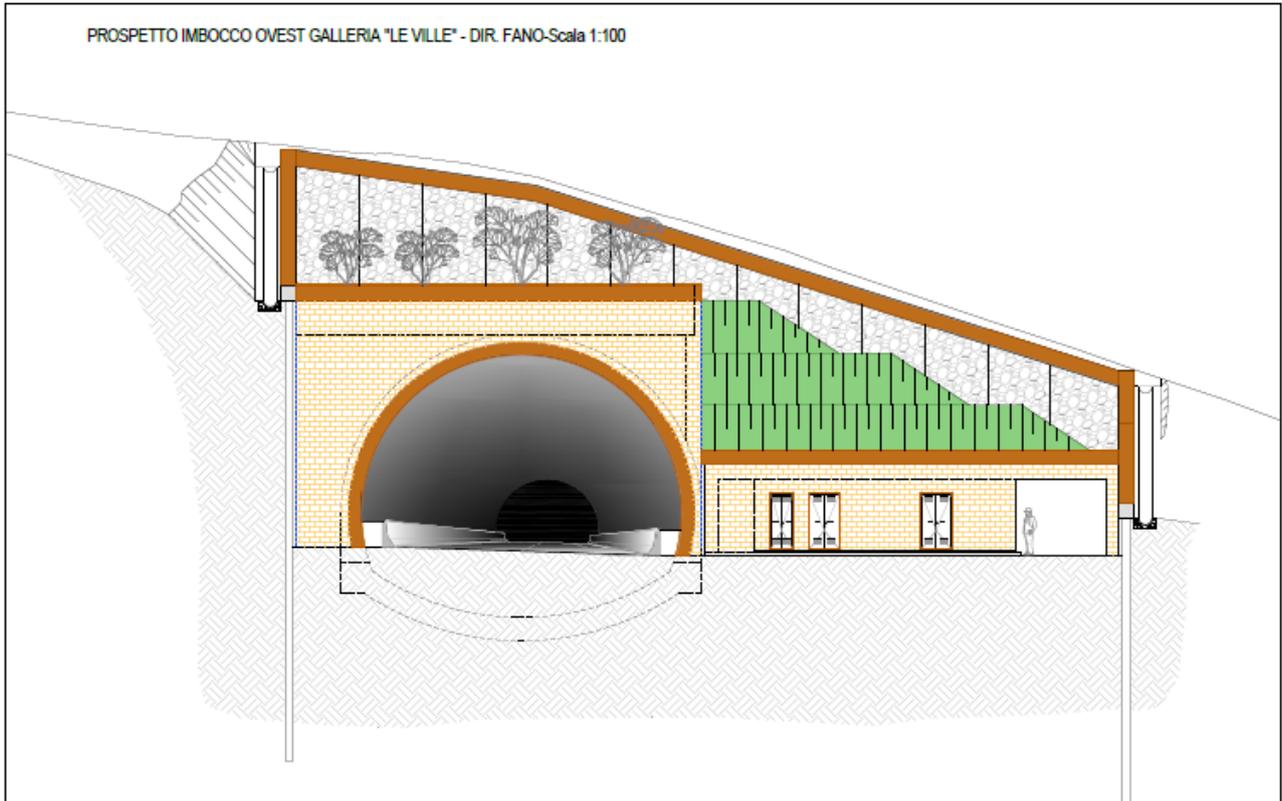


Figura 5-5: Prospetto imbocco GA01

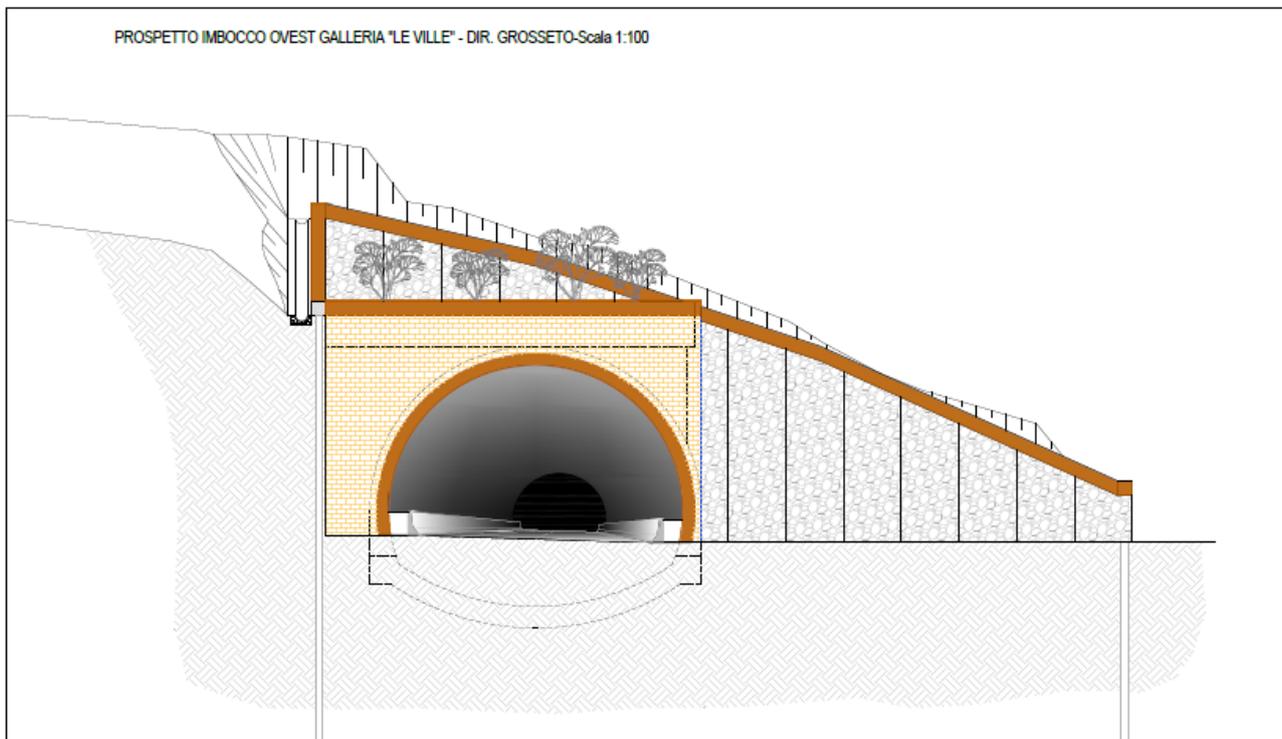


Figura 5-6: Prospetto imbocco GA02

PROGETTAZIONE ATI:

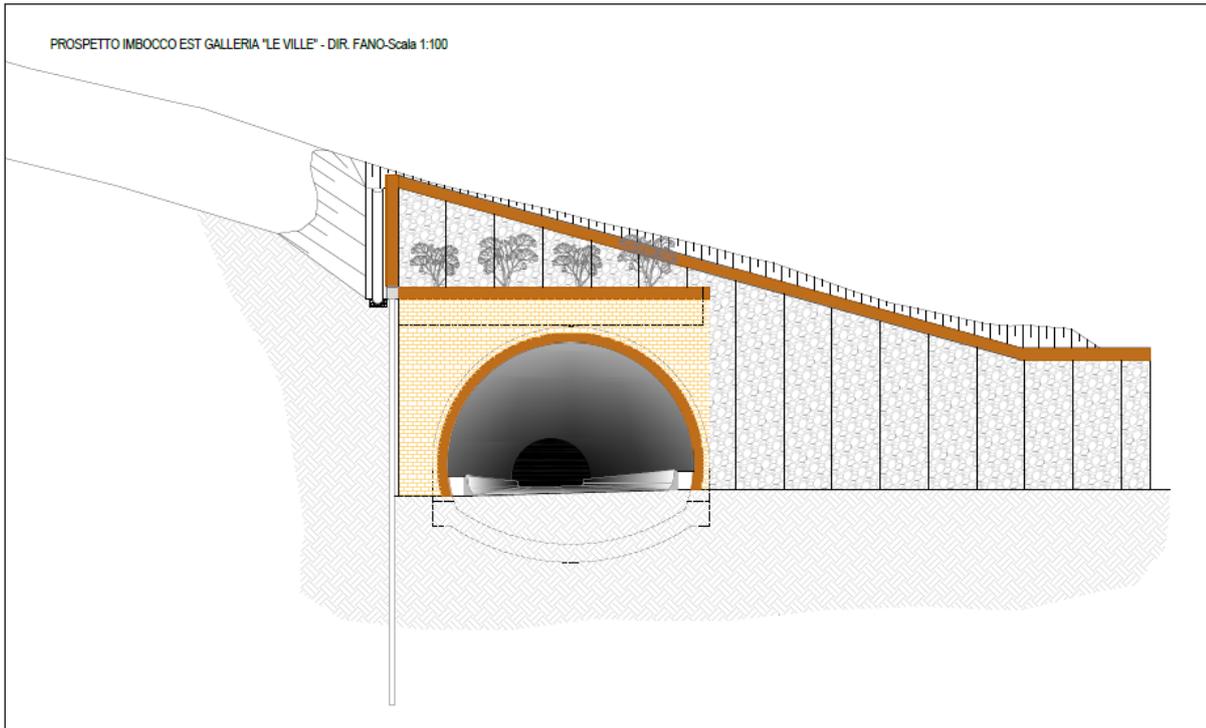


Figura 5-7: Prospetto imbocco GA03

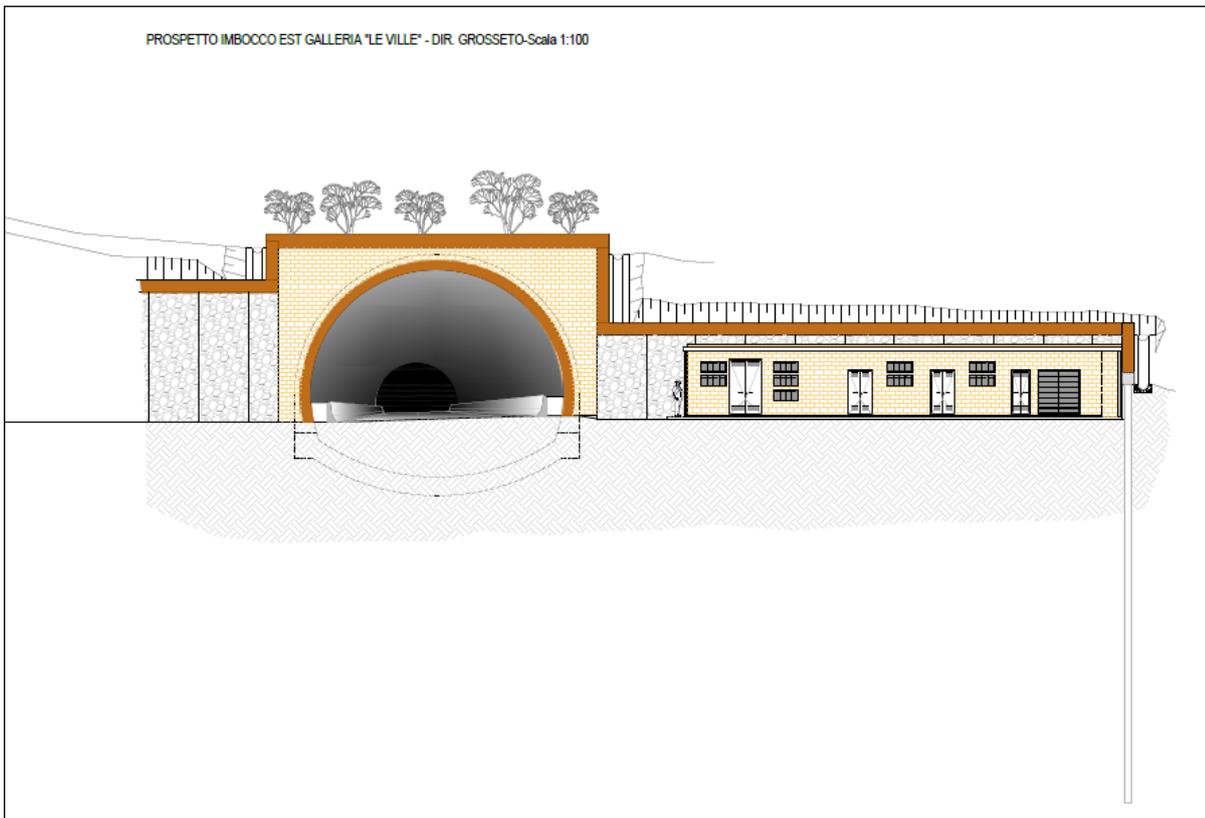


Figura 5-8: Prospetto imbocco GA04

PROGETTAZIONE ATI:

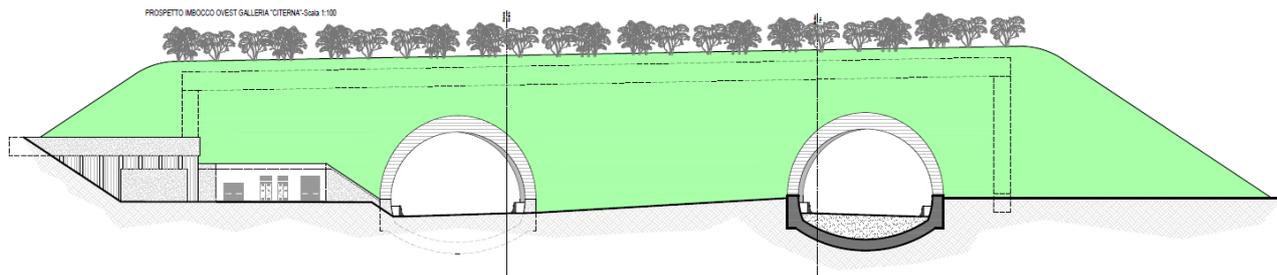


Figura 5-9: Prospetto imbocco GA05 e GA06

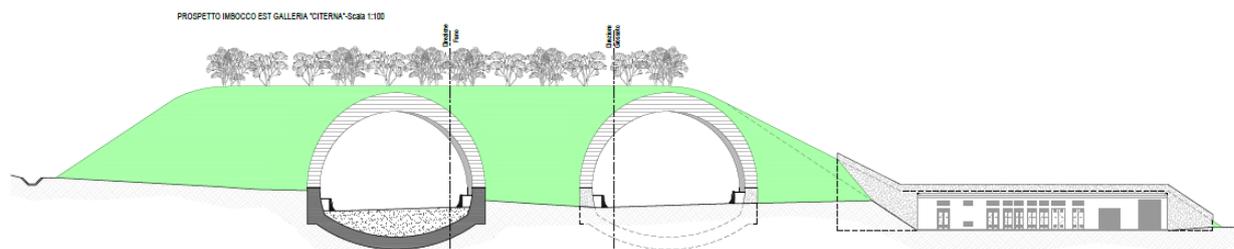


Figura 5-10: Prospetto imbocco GA07 e GA08

PROGETTAZIONE ATI:

6. OPERE D'ARTE MINORI

6.1. CAVALCAVIA

6.1.1. CAVALCAVIA CV01 SU RAMPA 2F

Il cavalcavia in oggetto è sito tra la progressiva 2+675 e 2+700 e va a scavalcare l'asse stradale principale di nuova realizzazione.

Il cavalcavia CV01 ha una lunghezza complessiva di circa 213 m ed è composto da 6 campate di luce variabile da un minimo di 25 m ad un massimo di 50 m.

L'impalcato è realizzato con tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 3 travi a doppio T in composizione saldata, disposte a interasse di 4 m la cui altezza risulta pari 2.20 m. I traversi intermedi, di spalla e di pila sono di tipo reticolare disposti a interasse longitudinale variabili solitamente da 6.00 a 7.1 m. Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra concetti d'officina; per il collegamento di tutti gli elementi secondari (traversi e controventi), invece, si prevedono unioni bullonate a taglio.

La stabilizzazione della porzione compressa della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi realizzato mediante profili angolari accoppiati di sezione. La soletta presenta una larghezza variabile da circa 11.50m a 13.20m e spessore costante pari a 26 cm (7 cm di predalla e 19 cm di getto).

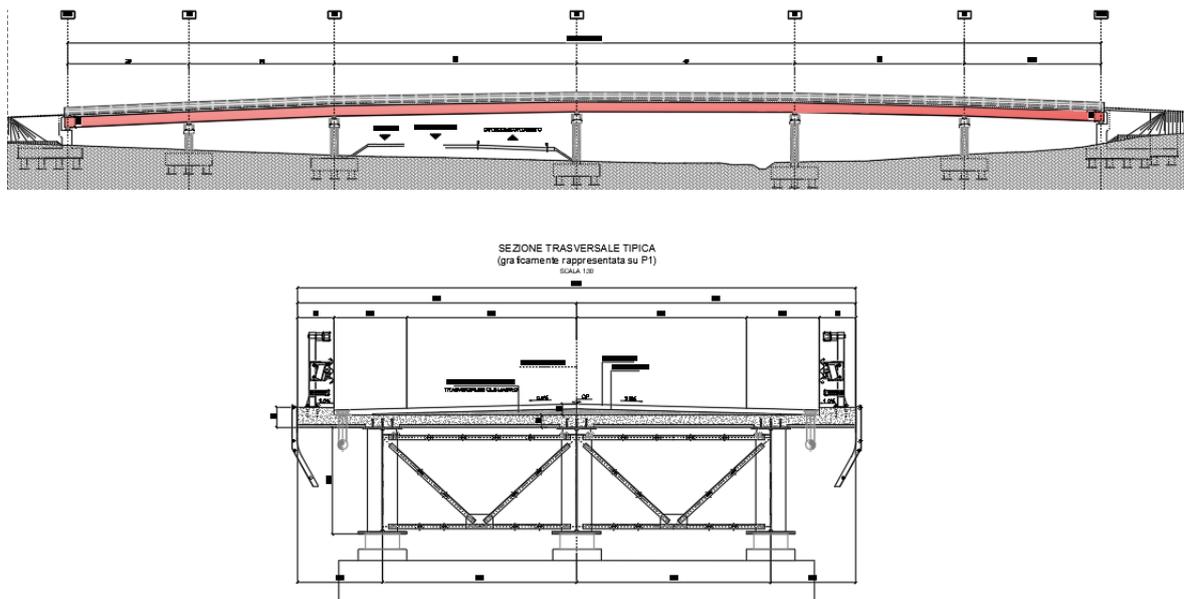


Figura 6-1-Cavlcavia CV01

L'andamento planimetrico del ponte è curvo con raggio di circa 120 m.

Le pile sono a fusto pieno in conglomerato cementizio armato di forma rettangolare smussata, di lunghezza pari a 600cm e larghezza pari a 150cm con pulvino di lunghezza pari a 9.80m e larghezza pari a 2.00m e altezza pari a 1.80m, orientato perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza dei fusti circolari sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste complessivamente 5 pile con altezza del fusto massima pari a 9.53 m.

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali $\varnothing 1200$ mm. L'elevazione è

PROGETTAZIONE ATI:

costituita frontalmente da un fusto di spessore variabile da 1.80 a 2.70 m che culmina in un paraghiaia di spessore 0.50m, mentre lateralmente sono previsti muri di risvolto di spessore variabile da 100 cm alla base fino a 50 cm in sommità che diventano 75 cm per consentire la prosecuzione del cordolo. Nel paraghiaia di entrambe le spalle sono previste asole atte a consentire il passaggio del sistema di raccolta acque meteoriche dell'impalcato, che si collega dietro alle spalle stesse al sistema di raccolta acque generale delle rampe.

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione.

PROGETTAZIONE ATI:

6.1.2. CAVALCAVIA CV03

Il cavalcavia in oggetto è sito tra la progressiva 4+425 e 4+450 e va a scavalcare l'asse stradale principale di nuova realizzazione.

Il cavalcavia CV03 ha una lunghezza complessiva di 125 m ed è composto da 4 campate, 3 di luce pari a 30 m e la restante di luce 35 m.

L'impalcato è realizzato con tipologia mista "acciaio-calcestruzzo" costituito da 3 travi a doppio T in composizione saldata, disposte a interasse di 4 m la cui altezza risulta pari 1.50 m. I traversi intermedi, di spalla e di pila sono di tipo pieno a doppio T con interasse longitudinale variabili solitamente pari a circa 5.00 m. Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra concetti d'officina; per il collegamento di tutti gli elementi secondari (traversi e controventi), invece, si prevedono unioni bullonate a taglio.

La stabilizzazione della porzione compressa della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi realizzato mediante profili angolari accoppiati di sezione. La soletta presenta una larghezza variabile da circa 10.70m a 11.95m e spessore costante pari a 26 cm (7 cm di predalla e 19 cm di getto).

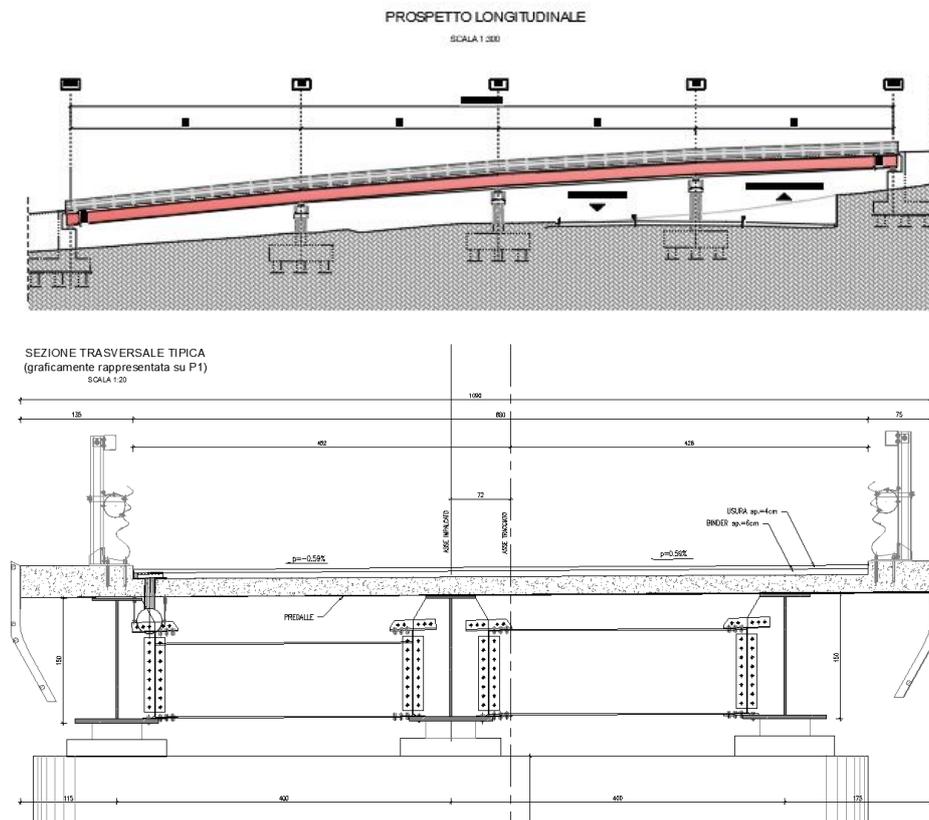


Figura 6-2-Cavalcavia CV03

L'andamento planimetrico del ponte è curvo con raggio di circa 224 m.

Le pile sono a fusto pieno in conglomerato cementizio armato di forma rettangolare smussata, di lunghezza pari a 500cm e larghezza pari a 150cm con pulvino di lunghezza pari a 9.80m e larghezza pari a 2.00m e altezza pari a 1.80m, orientato perpendicolarmente al tracciato stradale. Le dimensioni in altezza dei fusti circolari sono determinate dall'andamento altimetrico del tracciato stradale e dallo spessore dell'impalcato; sono previste complessivamente 3 pile con altezza del fusto massima pari a 6.87 m.

PROGETTAZIONE ATI:

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali $\varnothing 1200$ mm. L'elevazione è costituita frontalmente da un fusto di spessore variabile da 1.80 a 2.60 m che culmina in un paraghiaia di spessore 0.50m, mentre lateralmente sono previsti muri di risvolto di spessore variabile da 1.00 m a 50 cm con sommità di spessore pari a 75 cm per garantire il corretto proseguo del cordolo. Nel paraghiaia di entrambe le spalle sono previste asole atte a consentire il passaggio del sistema di raccolta acque meteoriche dell'impalcato, che si collega dietro alle spalle stesse al sistema di raccolta acque generale delle rampe.

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione.

6.2. SOTTOVIA E SOTTOPASSI

Lungo il tracciato sono previsti n.4 sottovia scatolari in c.a. gettati in opera, di cui n. 3 di nuova costruzione e n. 1 prolungamento di un sottovia esistente. Inoltre, sono presenti n.2 sottopassi realizzati con tubazione tipo ARMCO.

▪ SOTTOVIA ALLA PK 8+516,40 ST01

L'opera è costituita da un sottovia avente struttura scatolare in c.a. di dimensioni interne lorde pari a 10,00x6,50 m e lunghezza in asse pari a 24,00 m da eseguirsi alla Progr. 8+516,40 ca. Pareti, piastra di fondazione e copertura hanno spessore pari a 1,00 m.

▪ SOTTOVIA SVINCOLO SV.03.C ALLA PK 10+192,00 ST02

L'opera è costituita da un sottovia avente struttura scatolare in c.a. di dimensioni interne lorde pari a 12,00x6,50 m e lunghezza in asse pari a 31,00 m da eseguirsi alla Progr. 10+164 ca. Pareti, piastra di fondazione e copertura hanno spessore pari a 1,00 m.

▪ SOTTOVIA SVINCOLO SV.04.C ALLA PK 11+854,80 ST03

L'opera è costituita da un sottovia avente struttura scatolare in c.a. di dimensioni interne lorde pari a 12,00x6,50 m e lunghezza in asse pari a 35,00 m da eseguirsi alla Progr. 11+854,80 ca. Pareti, piastra di fondazione e copertura hanno spessore pari a 1,00 m.

▪ SOTTOPASSO SVINCOLO SV.03.A ST05

L'opera è costituita da un sottopasso avente struttura metallica prefabbricata con sezione policentrica, avente luce interna 5,26 m e lunghezza in asse pari a circa 32 m da eseguirsi sotto la rampa 3A.

▪ SOTTOPASSO SVINCOLO SV.04.C ST06

L'opera è costituita da un sottopasso avente struttura metallica prefabbricata con sezione policentrica, avente luce interna 5,26 m e lunghezza in asse pari a circa 38 m da eseguirsi sotto la rampa 4C.

6.3. PARATIE

Lungo il tracciato sono previste n.4 paratie di pali/micropali. Di seguito se illustrano le caratteristiche.

▪ PARATIA OS01

Trattasi di una paratia di micropali $\varnothing 300$, con micropali di lunghezza variabile da eseguirsi tra la Progr. 0+725 ca e la Progr. 0+772 ca in direzione Grosseto. L'opera, avente lunghezza

complessiva pari a circa 40 m. I micropali hanno interasse di 0,50 m e sono solidarizzati in testa con un cordolo rettangolare aventi dimensioni pari a 0,60 x 0,60 m.

▪ **PARATIA OS02**

Trattasi di una paratia di micropali Ø 300, con micropali di lunghezza variabile da eseguirsi tra la Progr. 2+070 ca e la Progr. 2+233,50 ca in direzione Fano. L'opera, avente lunghezza complessiva pari a circa 163,50 m. I micropali hanno interasse di 0,50 m e sono solidarizzati in testa con un cordolo rettangolare aventi dimensioni pari a 0,60 x 0,60 m.

▪ **PARATIA OS06**

Trattasi di una paratia di pali di grande diametro Ø 1000, con pali di lunghezza variabile da eseguirsi tra la Progr. 4+325 ca e la Progr. 4+426,50 ca in direzione Fano. L'opera, avente lunghezza complessiva pari a circa 101,70 m. I pali hanno interasse di 1,20 m e sono solidarizzati in testa con un cordolo rettangolare aventi dimensioni pari a 2,00 x 1,20 m.

▪ **PARATIA OS10**

Trattasi di una paratia di pali di grande diametro Ø 1000, con pali di lunghezza variabile da eseguirsi tra la Progr. 4+575 ca e la Progr. 4+426,50 ca in direzione Fano. L'opera, avente lunghezza complessiva pari a circa 121,80 m. I pali hanno interasse di 1,20 m e sono solidarizzati in testa con un cordolo rettangolare aventi dimensioni pari a 2,00 x 1,20 m.

6.4. MURI DI SOSTEGNO

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS03**

Trattasi di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi sullo svincolo di Monterchi sul ramo 2C. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 117,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS04**

Trattasi di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 dei CV01. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 46,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS05**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sullo svincolo di Monterchi sul ramo 2N. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 75,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS07**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del CV03. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 86 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS08**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del CV03. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 81 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS09**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del CV03. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 85 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS11**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del VI05. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 38 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS12**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del VI06. Il muro ha la funzione anche di opera di sostegno dalla rampa E dello svincolo di Pistrino. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 185 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS13**

Trattasi di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi le spalle 1 dei VI01 e VI02. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 30,50 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS14**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del VI01. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 4,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS15**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del VI02. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 19,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS16**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del CV01. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 7,00 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS17**

Trattasi di un prolungamento di un muro andatore in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del CV01. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 8,50 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS20**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 1 del VI04. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 5 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS21**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del VI03. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 5 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS22**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del VI04. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 4 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS23**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 3 del VI05. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 17 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS24**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 2 del VI05. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 5 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS25**

Trattasi di un prolungamento dei muri andatori in c.a. da realizzarsi sulla spalla 3 del VI05. L'opera ha sviluppo complessivo pari a 46 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS26**

Trattasi di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi sullo svincolo della E45 sul ramo 4D. L'opera ha sviluppo complessivo pari a circa 110 m.

▪ **MURO DI SOSTEGNO OS27**

Trattasi di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi in corrispondenza del piazzale di accesso della GA01. L'opera ha sviluppo complessivo pari a circa 50 m.

6.5. OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

Il progetto prevede la realizzazione di n. 12 tombini scatoari in c.a. lungo tutto il tratto di S.G.C. per come di seguito sinteticamente riportato:

- Tombino scatolare TM01, avente dimensioni 4,00x4,50 m da eseguirsi alla Progr. 0+440 ca;
- Tombino doppia canna scatolare TM02, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 2+250;
- Tombino doppia canna scatolare TM03, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 2+310;
- Tombino doppia canna scatolare TM04, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 2+675;
- Tombino doppia canna scatolare TM05, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 2+975;
- Tombino doppia canna scatolare TM06, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 3+025;
- Tombino doppia canna scatolare TM13, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 3+150;
- Tombino doppia canna scatolare TM07, avente dimensioni 3,50x3,50 m da eseguirsi alla pk 3+910;
- Tombino scatolare TM09, avente dimensioni 2,50x2,50 m da eseguirsi alla Progr. 4+500;
- Tombino scatolare TM10, avente dimensioni 2,00x2,00 m da eseguirsi alla Progr. 7+650;
- Tombino scatolare TM12, avente dimensioni 2,50x2,50 m da eseguirsi alla Progr. 8+375;
- Tombino scatolare TM14, avente dimensioni 2,50x2,50 m da eseguirsi alla Progr. 8+375;

7. STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

Dal punto di vista strettamente procedurale-ambientale, il riferimento normativo è rappresentato dal Testo unico ambientale D.lgs. 152/06 e smi modificato dal D.lgs. 104/2017. Il testo unico, oltre a disciplinare le principali procedure in termini di valutazioni ambientali (con particolare riferimento alla Valutazione di Impatto Ambientale e alla Verifica di Assoggettabilità alla VIA), individua la tipologia e le classi dimensionali degli interventi che devono essere sottoposti alle procedure di valutazione ambientale, nonché l'ente competente alla valutazione (Stato o Regione).

L'opera rientra nelle tipologie elencate nell'Allegato II alla Parte Seconda del D.Lgs. 152/2006 al punto 10) strade extraurbane a quattro o più corsie o adeguamento di strade extraurbane esistenti a due corsie per renderle a quattro o più corsie, con una lunghezza ininterrotta di almeno 10 km, per le quali la procedura è la Valutazione di Impatto Ambientale (art. 7, co. a). Dato che il lotto in esame è parte di una infrastruttura viaria di rilevanza nazionale, con ricadute ambientali e sociali sul territorio di un piccolo comune, è corretto richiedere la Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 27 del D.L.gs 152/2006. La scelta è dettata anche dalla considerazione che la procedura VIA favorisce un maggiore confronto con la comunità dei territori coinvolti, arrivando a scelte condivise.

Tra le novità introdotte dal D.L.gs 104/2017, entrato in vigore il Decreto Legislativo 16 giugno 2017 numero 104 (in Gazzetta Ufficiale numero 156 del 6 luglio), vi è l'abrogazione del D.P.C.M. 27 dicembre 1988, recante le norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale (SIA), il quale viene sostituito dal nuovo Allegato VII alla Parte Seconda del D. Lgs. n. 152/2006.

Nella sostanza l'elaborazione dello studio si discosta in termini formali e sostanziali dalle versioni consolidate degli Studi di Impatto Ambientali redatte secondo le normative precedentemente vigenti, ora abrogate. Sotto il profilo formale, le differenze maggiori consistono nell'abbandono della struttura del SIA secondo i tre "quadri di riferimento" programmatico, progettuale e ambientale. In base al nuovo D.Lgs. 104/2017 il SIA appare come una relazione unica.

Sotto il profilo dei contenuti, la differenza più evidente riguarda la mancanza, nella nuova normativa, di un chiaro riferimento al quadro di riferimento programmatico o, quanto meno, all'analisi degli strumenti (piani e programmi, generali e settoriali) che ai sensi del DPCM 1988 costituivano il quadro programmatico. Inoltre sono stati introdotti ulteriori elementi di analisi e valutazione ambientale.

Il presente studio analizza comunque tutti i piani/programmi i cui contenuti concorrono a definire il quadro vincolistico e programmatico nel quale il progetto si inserisce e che deve essere esaminato anche ai sensi della modifica normativa ai fini della necessaria verifica vincolistica e della coerenza programmatica.

Lo schema che segue riporta i capitoli dello Studio di Impatto Ambientale e le corrispondenze con l'Allegato VII della Parte II del D.lgs 152/2006 così come modificato dal D. Lgs. 104/2017 (colonna a destra).

	Titolo	Contenuti ai sensi dell'Al. VIII della Parte seconda del D.Lgs 152/2017
PARTE 1 L'iniziativa: obiettivi, coerenze e conformità	Premessa	Indica il progetto e la procedura da adottare
	Scopo del progetto	Descrive la finalità del progetto
	Descrizione e ubicazione dell'area	Come previsto dal comma 1, let. a dell'Al. VIII della Parte seconda del D.lgs 152/2006 viene descritta l'ubicazione del progetto anche in riferimento alle tutele e ai vincoli presenti.

PROGETTAZIONE ATI:

	interessata	Nel cap. 4 si analizza la coerenza con i vincoli, gli strumenti di pianificazione territoriali e paesaggistici presenti, i piani e la programmazione di settore
	Ambiti di tutela, vincoli presenti e quadro normativo di riferimento	
PARTE 2 Lo scenario di base	Il contesto ambientale	Descrizione degli aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente (scenario di base) e una descrizione generale della sua probabile evoluzione in caso di mancata attuazione del progetto, nella misura in cui i cambiamenti naturali rispetto allo scenario di base possano essere valutati con uno sforzo ragionevole in funzione della disponibilità di informazioni ambientali e conoscenze scientifiche.
PARTE 3 Documento di fattibilità delle alternative	Alternative di progetto	Descrizione delle principali alternative ragionevoli del progetto
PARTE 4 L'assetto futuro e l'intervento	Descrizione del progetto	Descrizione del progetto con riferimento ai punti che seguono.
	La configurazione del progetto e le opere	Descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto, compresi, ove pertinenti, i lavori di demolizione necessari, nonché delle esigenze di utilizzo del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento
	Gestione delle acque di piattaforma	Descrizione delle opere di drenaggio finalizzate a: <ul style="list-style-type: none"> • garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione stradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali rispetto alle carreggiate; • convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito.
	Cantierizzazione	Descrizione dei cantieri, delle attività previste, dei mezzi impiegati e delle misure adottate per la prevenzione degli effetti negativi sull'ambiente legati alla corretta gestione dei rifiuti, delle acque e dei suoli, oltre alle misure di mitigazione adottate ai fini della sostenibilità nei riguardi del clima acustico, della qualità dell'aria, della salute umana, del paesaggio e della biodiversità
	Interventi di inserimento ambientale e paesaggistico	Descrizione delle opere a verde in quanto mitigazione per favorire l'inserimento dell'infrastruttura viaria nel contesto ambientale e paesaggistico di riferimento. Tra le mitigazioni rientrano anche il mantenimento di una adeguata permeabilità faunistica, le barriere fonoassorbenti, le opere idrauliche e di stabilizzazione geomorfologica.
PARTE 5 Gli impatti della cantierizzazione	Gli impatti del cantiere sui fattori ambientali	Descrizione dei fattori specificati all'articolo 5, comma 1, lettera c) del D.L.gs 152/2006 potenzialmente soggetti a impatti ambientali dal progetto proposto, con particolare riferimento alla popolazione, salute umana, biodiversità, al territorio, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, ai beni materiali, al patrimonio culturale, al patrimonio agroalimentare, al paesaggio,
PARTE 6 Gli impatti in fase di esercizio	Gli impatti dell'esercizio sui fattori	

PROGETTAZIONE ATI:

	ambientali	<p>nonché all’interazione tra questi vari fattori</p> <p>Descrizione dei probabili impatti ambientali rilevanti del progetto proposto, dovuti, tra l’altro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • alla costruzione e all’esercizio del progetto, inclusi, ove pertinenti, i lavori di demolizione; • all’utilizzazione delle risorse naturali, in particolare del territorio, del suolo, delle risorse idriche e della biodiversità, tenendo conto, per quanto possibile, della disponibilità sostenibile di tali risorse; • all’emissione di inquinanti, rumori, vibrazioni, luce, calore, radiazioni, alla creazione di sostanze nocive e allo smaltimento dei rifiuti; • ai rischi per la salute umana, il patrimonio culturale, il paesaggio o l’ambiente (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, in caso di incidenti o di calamità); • al cumulo con gli effetti derivanti da altri progetti esistenti e/o approvati, tenendo conto di eventuali criticità ambientali esistenti, relative all’uso delle risorse naturali e/o ad aree di particolare sensibilità ambientale suscettibili di risentire degli effetti derivanti dal progetto; • all’impatto del progetto sul clima (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, natura ed entità delle emissioni di gas a effetto serra) e alla vulnerabilità del progetto al cambiamento climatico; • alle tecnologie e alle sostanze utilizzate. <p>La descrizione dei possibili impatti ambientali include sia effetti diretti che eventuali effetti indiretti, secondari, cumulativi, transfrontalieri, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi del progetto.</p> <p>Descrizione da parte del proponente dei metodi di previsione utilizzati per individuare e valutare gli impatti ambientali significativi del progetto, incluse informazioni dettagliate sulle difficoltà incontrate nel raccogliere i dati richiesti (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, carenze tecniche o mancanza di conoscenze) nonché sulle principali incertezze riscontrate.</p>
--	------------	--

Relativamente al cumulo degli impatti si sottolinea che è insito nella metodologia di lavoro che analizza lo stato attuale, considerando pertanto eventuali attività esistenti in grado di determinare pressione antropica sulle matrici ambientali in esame, sulle quali si analizza il cumulo con i fattori di perturbazione legati alle azioni di progetto che caratterizzano il progetto in esame.

In uno specifico elaborato è stato sviluppato il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) avente lo scopo di verificare le previsioni degli effetti ambientali delle fasi di cantiere e di esercizio dell’opera, al fine di poter adottare, se necessario, adeguate misure correttive per la sostenibilità ambientale dell’intervento nel suo complesso.

La Sintesi Non Tecnica di cui al punto 10 dell’Allegato VII del Dlgs 104/2017, presentata come documento allegato al presente Studio, è stata redatta sulla base delle “Linee Guida per la predisposizione della Sintesi non Tecnica dello Studio di Impatto Ambientale” predisposte dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare”

PROGETTAZIONE ATI:

Lo Studio di Impatto Ambientale è corredato da tavole grafiche e relazioni specialistiche.

8. INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE

Gli interventi qui citati fanno riferimento agli elaborati della sezione “INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE” cui si rimanda per approfondimenti.

Gli interventi di mitigazione saranno volti a:

- **rinaturalizzare le superfici** che competono al progetto infrastrutturale sia per motivi funzionali (antierosivi e di stabilizzazione in genere), sia per motivi naturalistici di potenziamento della dotazione vegetazionali. In tali aree si prevede la formazione di copertura erbacea accompagnata, dove previsto, alla messa a dimora di specie arbustive ed arboree compatibili con la vegetazione potenziale locale;
- adottare soluzioni per il **contenimento dell’impatto acustico** attraverso l’installazione di barriere antirumore in prossimità di ricettori;
- adottare soluzioni per la **salvaguardia della fauna** attraverso sia la messa in sicurezza del tracciato tramite reti anti-intrusione sia l’impiego di passaggi faunistici che ne possano permettere il dinamismo. A tale scopo le opere di attraversamento idraulico presenti lungo tutto il tracciato permetteranno anche il passaggio della fauna, mantenendo inalterati i consueti spostamenti della stessa;
- **integrare le opere strutturali** con il contesto paesaggistico circostante attraverso la scelta di apposite finiture materiche o cromatiche per le opere d’arte principali.
- **ripristinare le aree a vocazione naturale** o ad uso agricolo temporaneamente occupate da aree e piste di cantiere nel corso delle lavorazioni per la realizzazione dell’opera stradale.

8.1. CRITERI GENERALI DELLE MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE

I criteri presi in considerazione per la progettazione delle opere di inserimento sono principalmente:

- Le caratteristiche dei suoli, in termini di esposizione, morfologia, fattori edafici e uso attuale;
- L’assetto fondiario, ovvero la definizione della maglia poderale e delle relative sistemazioni idraulico-agrarie prevalenti (pianura bonificata, pianura, terrazzamenti);
- Gli aspetti vegetazionali con riferimento all’attuale uso del suolo per la parte coltivata, alle tipologie vegetazionali riscontrate durante i sopralluoghi e alla vegetazione potenziale;
- La produzione di servizi ecosistemici, privilegiando formazioni miste, multispecifiche, disetanee, che possano essere di supporto a processi di rinaturalizzazione di aree manomesse o variamente degradate;
- Il consolidamento della vegetazione autoctona, soprattutto nella forma di siepi e filari alberati. La diffusione di queste eco-strutture è infatti una delle misure più utili per favorire lo spostamento e l’alimentazione della fauna (mammiferi, ma soprattutto uccelli e insetti) negli spazi aperti, e per mitigare l’impatto delle infrastrutture stradali. Quelle collocate lungo i corsi

PROGETTAZIONE ATI:

d'acqua e le zone umide sono particolarmente utili visto che molte specie animali, compresi gran parte degli uccelli e dei mammiferi citati nell'area di studio, tende a muoversi lungo i corsi d'acqua e i canali, data l'assenza di altre eco strutture nel mosaico agricolo di pianura. Anche le specie nettariifere sono state tenute in grande considerazione per il supporto fornito agli insetti impollinatori in crescente difficoltà negli agroecosistemi di pianura.

- La qualità complessiva del paesaggio, "così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni" (Convenzione Europea del Paesaggio).

8.2. ANALISI PAESAGGISTICHE: PUNTI DI VISUALE SENSIBILI PRESENTI NEL CONTESTO

Per le aree dove l'infrastruttura è esposta, in zone di particolare interesse o con la presenza di opere d'arte di particolare rilievo, e quindi maggiormente meritevoli di attenzione specifica, sono state considerate ed opportunamente sviluppate quelle direttrici visuali di cui il progetto prevede una significativa rivisitazione con l'introduzione delle principali opere a verde previste dal progetto stradale. Queste visuali, qui di seguito riportate e facenti parte della documentazione fotografica (cifra punti di vista 3, 14, 16, 36 IN T00IA12AMBPV01) sono state oggetto di foto inserimenti, per i quali si rinvia all'elaborato T00IA21AMBFO01.



Figura 6-2 Punti di visuale sensibili (estratto tav. T00IA21AMBPV01)

8.3. ANALISI DELLE VALENZE AMBIENTALI E ANALISI DEL CONTESTO PAESAGGISTICO

La definizione dell'area del contesto d'intervento e il progetto di mitigazione dell'infrastruttura in oggetto sono stati sviluppati attraverso un insieme di analisi delle componenti più significative del contesto paesaggistico di riferimento.

In dettaglio sono state analizzate:

- MORFOLOGIA DEL PAESAGGIO:
 - le caratteristiche dei versanti (esposizione, pendenza, valori altimetrici)
 - il reticolo idrografico esistente, da cui emerge il Torrente Cerfone, il fosso della Centena, il Torrente Sovara e l'elemento di maggiore interesse ovvero il Fiume Tevere.

PROGETTAZIONE ATI:

➤ **CONTESTO**

- componenti infrastrutturali-insediative
- componenti morfologico-ambientali
- componenti storico-testimoniali
- elementi di valore (I corsi d'acqua, i principali fronti boscati, aree naturali protette, il mosaico agricolo, gli edifici di valore storico-architettonico, i beni archeologici)
- elementi funzionali della rete ecologica come l'area critica per processi di artificializzazione, la barriera infrastrutturale principale da mitigare, le direttrici di connettività da riqualificare, ricostruire e da mantenere.
- elementi di criticità; rappresentati soprattutto da elementi di frammentazione della continuità ecologica esistente come i fronti delle aree industriali

➤ **STRUTTURA DEL PAESAGGIO**

- La definizione dell'uso agricolo del suolo e delle aree boschive.
- Le principali matrici ecosistemiche.
- Le componenti infrastrutturali-insediative predominanti.

Dall'analisi delle *componenti fisiche elementari* del territorio attraversato scaturisce la definizione del *contesto* del sistema infrastrutturale come chiave interpretativa, utile per comprendere e valutare il ruolo dell'intervento progettuale all'interno di una rete più ampia; la loro aggregazione definisce ambiti territoriali più ampi, caratterizzati dalla omogeneità naturalistica e morfologica.

Il quadro conoscitivo nel suo insieme mette in evidenza i principali valori e sensibilità paesaggistici, da cui derivano gli ambiti omogenei d'intervento. Il territorio così individuato, nelle sue componenti di interazione con l'infrastruttura in progetto, viene riferito ad azioni specifiche di progetto, individuate e risolte con precise **STRATEGIE D'INTERVENTO**. La metodologia applicata, integrante le indicazioni del PIT/PPR per quanto riguarda le aree ricadenti nel territorio della Regione Toscana, e del PPR e del PTCT Perugia per le aree ricadenti nel territorio della regione Umbria è sintetizzata nello schema riportato di seguito:

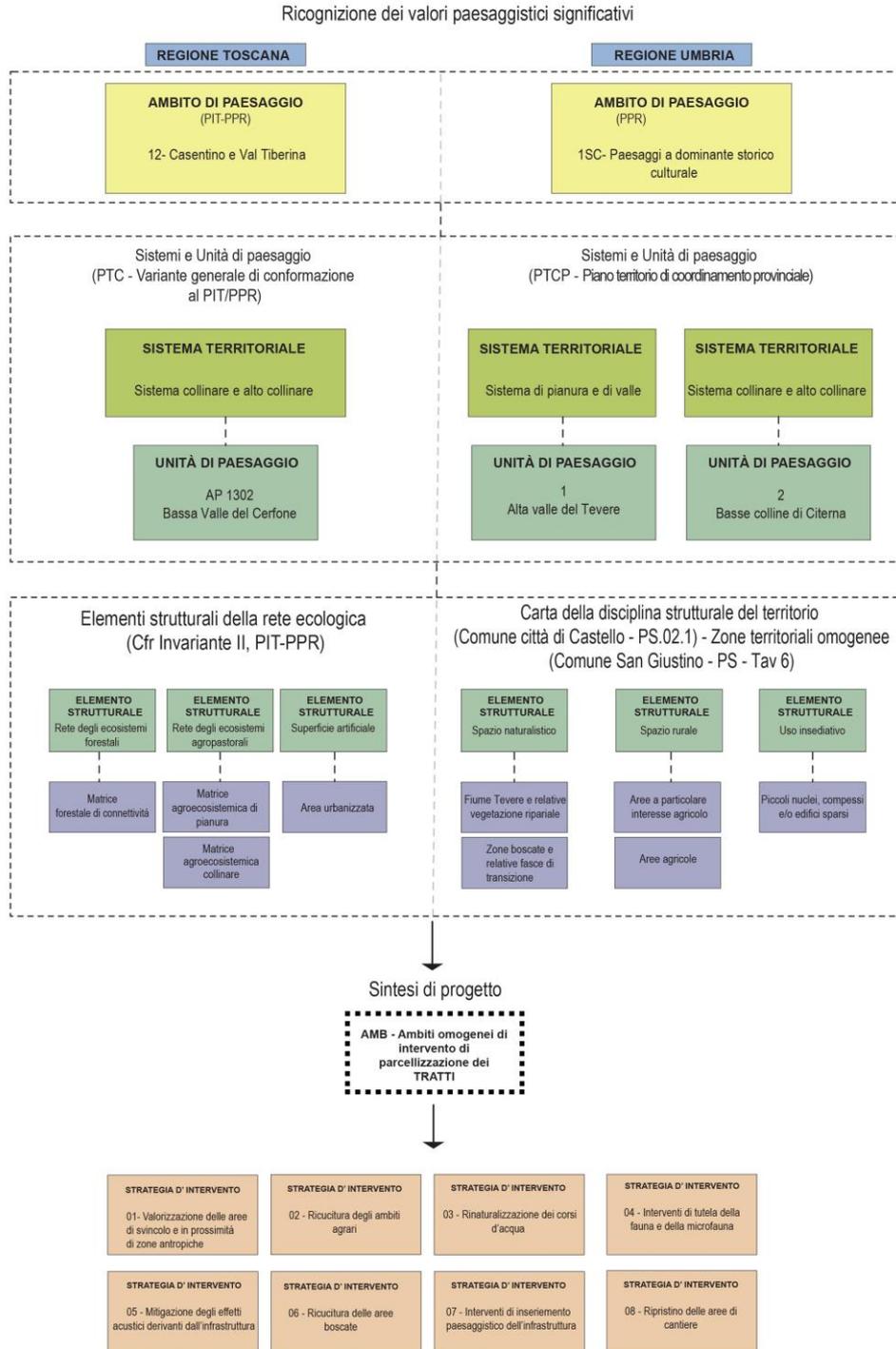


Figura 7.1 Tabella di ricognizione

8.4. STRATEGIE PER L'INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

Le STRATEGIA D'INTERVENTO adottate sono:

- STRATEGIA_01 – Valorizzazione delle aree di svincolo e in prossimità di zone antropiche
- STRATEGIA_02 – Ricucitura degli ambiti agrari
- STRATEGIA_03 – Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua
- STRATEGIA_04 – Interventi di tutela della fauna e della microfauna
- STRATEGIA_05 – Mitigazione degli effetti acustici derivanti dall'infrastruttura
- STRATEGIA_06 – Ricucitura delle aree boscate e arbustive
- STRATEGIA_07 – Interventi di inserimento paesaggistico dell'infrastruttura
- STRATEGIA_08 – Ripristino delle aree di cantiere

8.4.1. STR_01 – VALORIZZAZIONE DELLE AREE DI SVINCOLO E IN PROSSIMITÀ DI ZONE ANTROPICHE

I nodi di raccordo rappresentano una forte criticità nel contesto paesaggistico di intervento, sono dunque oggetto di particolare attenzione progettuale attraverso un indirizzo strategico mirato alla valorizzazione dei punti nodali tramite opere a verde in dialogo con le trame agrarie e con i simboli storici territoriali della viabilità. L'ambito di paesaggio, a natura antropica, ha determinato le strategie di mitigazione applicate nelle aree urbanizzate discontinue. Qui il progetto di mitigazione lavora sui nodi infrastrutturali prevedendo la loro ricucitura con il contesto, attraverso l'utilizzo combinato di diversi sestri, calati ad hoc nel contesto. Per gli svincoli, quattro in tutto (Selci Pistrino Monterchi e Le Ville) sono presenti delle sistemazione delle nuove rotatorie studiate ad hoc.



Figura 8-1 Stralcio della planimetria delle opere a verde, svincolo “Le Ville”

PROGETTAZIONE ATI:

8.4.2. STR_02 – RICUCITURA DEGLI AMBITI AGRARI

L'obiettivo principale della seguente strategia di mitigazione è ricucire, tramite fasce arboreo-arbustive, la trama agraria esistente costituita da colture temporanee associate a colture permanenti.

Tali aree possiedono un'importante valenza paesaggistica legata al paesaggio antropico pertanto risultano da tutelare e valorizzare. In presenza di questo ambito, il progetto di inserimento paesaggistico e ambientale ne prevede la valorizzazione attraverso un'operazione di ricucitura che ripropone la matrice agraria, tramite fasce arbustive e fasce arboreo arbustive, nonché attraverso la scelta di specie arboree ad alta valenza simbolico-rappresentativa del contesto.

Per le aree interne trattate secondo la STR_02, negli attraversanti con gli ambiti rurali particolarmente significativi per il disegno del mosaico, il progetto cerca di ritracciare le linee principali.

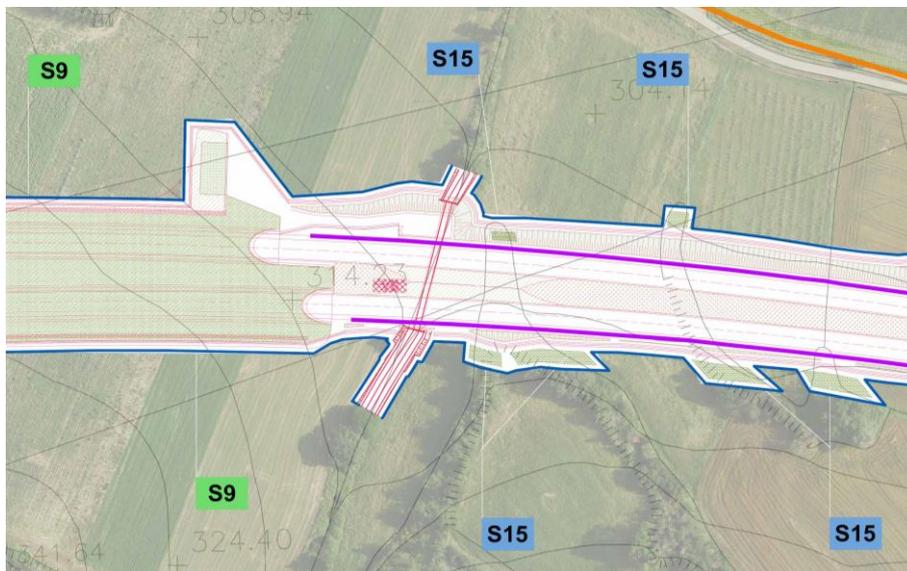


Figura 8-2 Ricucitura con le fasce arboreo arbustive in ambito agrario, imbocco della galleria Citerna in direzione est.

8.4.3. STR_03 – RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Vi sono numerosi corsi d'acqua che attraversano o lambiscono l'opera in oggetto, alcuni di dimensioni modeste, ma altri di notevole rilievo, come ovviamente il Fiume Tevere. Dove l'opera ha una forma di interferenza con il reticolo idrografico si prevede il ripristino o l'integrazione della fascia ripariale tramite una fascia naturaliforme arbustiva e/o una fascia mista arboreo-arbustiva composta da specie igrofile come *Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea*, *Frangula alnus*, *Ligustrum vulgare*, *Populus nigra*, *Populus Alba*, *Salix alba* e *Alnus glutinosa*.

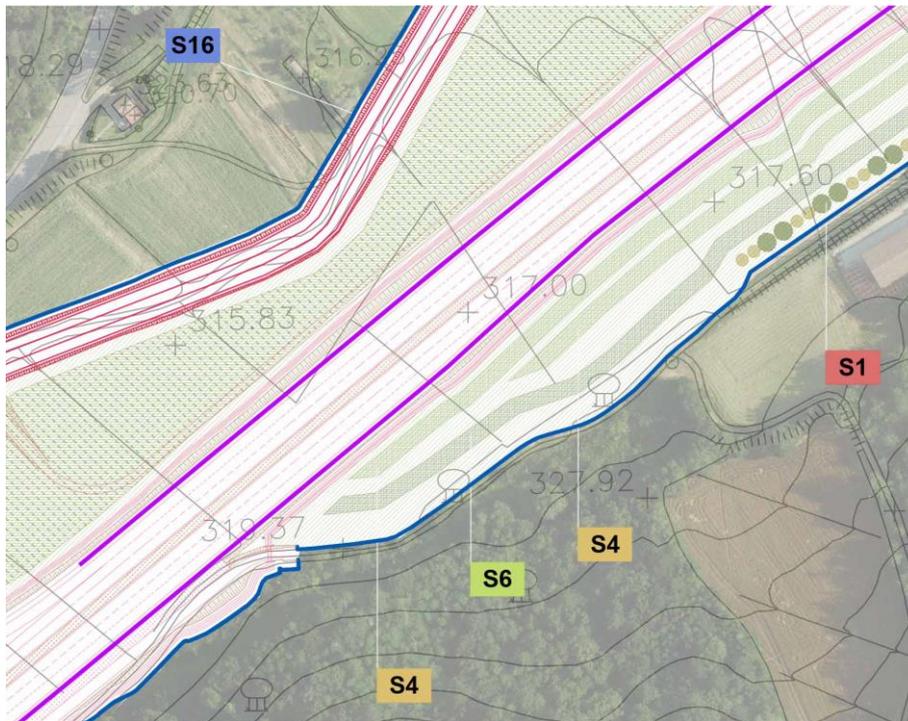


Figura 8-3 Fascia ripariale di ricucitura lungo il fosso della centena (a nord dell'asse)

8.4.4. STR_04 – INTERVENTI DI TUTELA DELLA FAUNA E DELLA MICROFAUNA

Oltre agli attraversamenti faunistici di grande taglia, sono stati utilizzati altri dispositivi per la tutela di fauna e microfauna, quali le barriere anti fauna e sistema a catadiottri per evitare l'attraversamento dell'infrastruttura da parte degli animali e una chiara strategia di organizzazione delle opere a verde.

In prossimità degli attraversamenti faunistici, che corrispondono ad attraversamenti del reticolo idrografico, la vegetazione di invito e di rinforzo è caratterizzata dagli interventi di ricucitura degli ambiti ripariali.

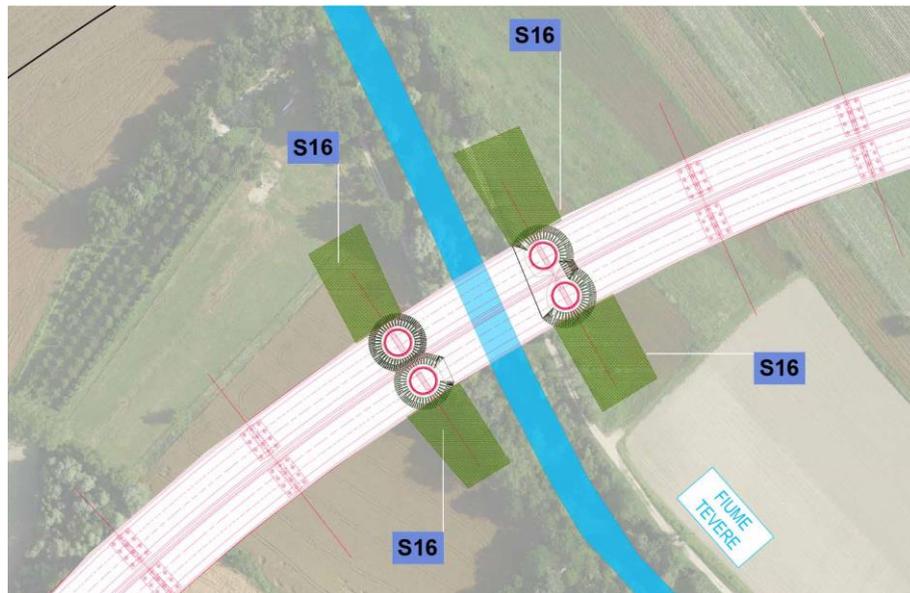


Figura 8-4 stralcio della fascia ripariale di rinforzo e ricucitura presso uno degli attraversamenti idraulici e relativo tipologico.

8.4.5. STR_05 – MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI ACUSTICI DERIVANTI DALL'INFRASTRUTTURA

In corrispondenza della presenza di recettori sensibili urbani (quali ad esempio aree edificate, architetture isolate, etc.) nelle aree più prossime al tracciato, il progetto di inserimento paesaggistico prevede l'ubicazione di schermature (arboree o arbustive) che mirino alla tutela delle valenze percettive del paesaggio di insediamento. Inoltre, si prevede in questi casi l'installazione di barriere antirumore, disposte secondo quanto definito dalle risultanze degli studi sull'impatto acustico.

8.4.6. STR 06 – RICUCITURA DELLE AREE BOScate ARBUSTIVE

Il progetto utilizza questa strategia in relazione alla presenza del tracciato nei punti che lambiscono aree boscate composte principalmente da boschi di latifoglie, con l'obiettivo della mitigazione della frammentazione e del ripristino della continuità di tali ecosistemi.

Vengono piantumate specie arboree autoctone e fasce arbustive a bassa infiammabilità, presenti anche nei contesti circostanti, in grado di ricostituire nel tempo la massa atta a ricucire il rapporto storico e percettivo tra ecosistemi forestali di questa area.



Figura 8-5 Opere di mascheramento e ricucitura presso l'imbocco ovest della galleria Le Ville

8.4.7. STR_07 – INTERVENTO DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELL'INFRASTRUTTURA

In prossimità degli imbocchi delle gallerie sono previste opere di mascheramento e ricucitura. Per la galleria Le Ville la copertura piana consente di utilizzare delle vasche composte da gruppi di alberi e arbusti misti, come elemento di inserimento nel contesto del vicino bosco di latifoglie. Per la galleria Citerna, i cui imbocchi a becco di flauto si integrano nella morfologia esistente, dove sono previsti movimenti terra è prevista una ampia e spessa fascia di ricucitura arbustiva.



Figura 8-6 Ricucitura area boscata in prossimità dell'imbocco ovest della galleria Citerna

8.4.8. STR_08 - RIPRISTINO DELLE AREE DI CANTIERE

Viene inoltre individuata una strategia di mitigazione per il recupero delle aree di cantiere.

Tali aree sono oggetto di interventi mirati al ripristino ambientale ed alla restituzione dello stato dei luoghi alle condizioni ante-operam per consentirne il ripristino all'uso agricolo.

In tali aree si attueranno 2 distinte fasi di recupero e ripristino ambientale:

Fase 1

- **Disinstallazione**
Disinstallazione dell'area di cantiere, delle strutture di contenimento delle barriere per la realizzazione dei fossi, degli elementi per la regimazione delle acque e le vasche.
- **Bonifica**
Il terreno verrà ripulito da qualsiasi rifiuto da eventuali sversamenti accidentali e dalla presenza di inerti, conglomerati e qualsiasi materiale estraneo alla sua natura. Ripristino dello strato superficiale del terreno tramite il riutilizzo dello scotico stoccato preliminarmente l'installazione del cantiere

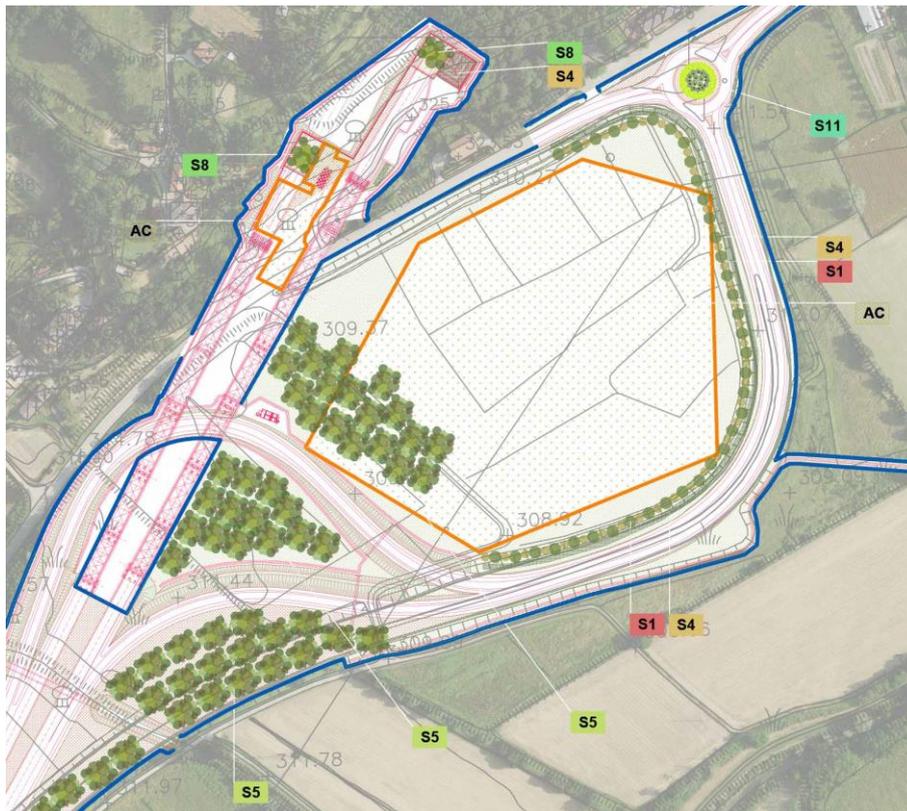


Figura 8-7 Stralcio della planimetria con area di cantiere in prossimità dello svincolo Le Ville

Fase 2

- **Raccordo morfologico e redistribuzione del terreno vegetale accantonato**

PROGETTAZIONE ATI:

- **Ripristino ambito agricolo**

Per i cantieri ricadenti su terreni agricoli si prevede il recupero della funzione originaria. La restituzione dei luoghi avverrà mediante ricollocamento del topsoil precedentemente conservato e successivo inerbimento con semina con miscuglio in ragione di 25-35 g/m² in funzione delle condizioni pedologiche, composto da un miscuglio prato foraggero (P2):

- *Lolium perenne* 25%
- *Festuca arundinacea* 25%
- *Dactylis glomerata* 10%
- *Festuca rubra* 10%
- *Medicago lupulina* 5%
- *Medicago sativa* 5 %
- *Onobrychis viciifolia* 10%
- *Trifolium pratense* 10%

- **Ripristino a vocazione naturale**

Per i cantieri che operano su aree boscate (consolidate o in evoluzione) si prevede il recupero del suolo mediante ricollocamento del topsoil precedentemente conservato e successivo inerbimento con semina di prato polifita rustico di specie erbacee al 60% e di semi di arbusti autoctoni colonizzatori al 40% composto da:

- *Bromus inermis* 20%
- *Dactylis glomerata* 15%
- *Onobrychis viciifolia* 15%
- *Poa pratensis* 10%
- *Trifolium repens* 10%
- *Festuca arundinacea* 10%
- *Medicago sativa* 5%
- *Trifolium repens* 5%
- *Lotus corniculatus* 5%
- *Arrhenatherum elatius* 5%
- *Spartium junceum* 10%
- *Coronilla emerus* 10%
- *Erica arborea* 10%

È previsto uno strato medio di 50 cm di terreno vegetale per le aree di ripristino a vocazione naturale

- **Ripristino fasce ripariali**

Qualora l'installazione di aree di cantiere lungo i corsi d'acqua comporti a fine lavori un danneggiamento delle fasce ripariali, se ne prevede il ripristino mediante interventi in analogia a quanto previsto per le Opere a Verde (*Strategia 03 - Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua*).

- **Ripristino aree boscate**

Qualora l'installazione di aree di cantiere comporti l'occupazione di aree boscate, se ne prevede il ripristino alla condizione originale mediante interventi in analogia a quanto previsto per le Opere a Verde (*Strategia 06 – Ricucitura delle aree boscate e arbustive*).

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli relativi alla collocazione delle aree.

8.5. INTERVENTI DI PROGETTO

8.5.1. OPERE A VERDE

Ognuna delle STRATEGIE DI PROGETTO sopra descritte prevede specifici interventi di opere a verde suddivisi in differenti categorie e tipologie, ognuna delle quali specificamente progettata al fine di rispondere in termini di forma, qualità, ritmo e percezione alla strategia d'intervento cui è destinata. Tali opere a verde sono state concepite al fine di perseguire l'integrazione e l'inserimento a carattere paesaggistico e naturalistico, con l'obiettivo di ripristinare quelle porzioni territoriali necessariamente modificate dall'opera o da tutte quelle operazioni che si rendono indispensabili per compierla.

Gli interventi di inserimento paesaggistico-ambientale prevedono le seguenti tipologie di opere a verde:

- Inerbimento,
- Fasce arboree,
- Fasce arbustive,
- Fasce arboreo-arbustive,
- Masse arboree,
- Masse arbustive,
- Masse arboreo-arbustive.

Nella distribuzione degli elementi arborei ed arbustivi sono state rispettate le distanze dal corpo stradale imposte dalla normativa vigente in materia. Si prevede inoltre l'utilizzo delle specie autoctone, proprie del contesto paesaggistico di riferimento, contraddistinte da una maggiore resilienza e adattabilità.

Per i tratti in cui vengono interessate zone boscate, al fine di ridurre il rischio di incendio, si conferma l'applicazione delle misure mitigative qui sintetizzate:

- l'uso di specie non resinose, con adeguati sestri di impianto
- la sistemazione delle scarpate con specie arbustive a basso livello di infiammabilità;

8.5.2. VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E DI RACCOLTA DEGLI SVERSAMENTI ACCIDENTALI

La superficie della piattaforma stradale rappresenta una sorta di contenitore nel quale si accumulano i prodotti di scarico derivanti dal traffico veicolare.

Il lavaggio effettuato dalle acque meteoriche sulla superficie stradale è chiaramente un processo temporaneo al termine del quale le acque defluenti riassumono caratteristiche di relativa purezza, scaricabili nel corpo idrico ricettore senza timore di inquinare.

A tale scopo, al termine della rete di drenaggio delle acque di piattaforma e subito a monte dello scarico nel mezzo di recapito finale, sono state inserite vasche di prima pioggia.

Inoltre, in caso di sversamento accidentale di fluidi inquinanti (oli e/o carburanti), conseguente ad incidenti stradali, che provocano la dispersione di quantità anche consistenti (ipotizzati pari a circa 40 m³) di fluidi pericolosi, la presenza di tali vasche permette di trattenere l'inquinante.

Pertanto, in ragione delle caratteristiche plano-altimetriche delle opere di progetto, sono state posizionate n°14 vasche di prima pioggia di caratteristiche adeguate, che sottendono l'intero tracciato di progetto.

Le vasche, finalizzate alla disoleazione e alla sedimentazione, sono state posizionate in luoghi accessibili dalla sede carrabile per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

Nella progettazione della vasca si è avuta cura di:

- limitare al minimo la necessità di operazioni di manutenzione, evitando l'inserimento di meccanismi elettrici ovvero elettro - idraulici;
- garantire basse velocità di deflusso tali da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
- mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

Le vasche di prima pioggia sono previste per funzionare in continuo, applicando la tecnologia delle vasche in c.a. prefabbricato all'interno delle quali sono ricavati i volumi necessari ai trattamenti. Le vasche saranno al loro interno costituite da comparti separati, per la sedimentazione e la separazione degli olii. Dal punto di vista funzionale la vasca prevede un pozzetto in entrata tale da consentire l'entrata nella vasca vera e propria della portata di prima pioggia e il by-pass dell'acqua in supero con scarico dall'apposita tubazione di uscita.

L'acqua di piattaforma che entra nella vasca dissipa dapprima la sua energia, quindi entra attraverso i fori nella vasca vera e propria. La quota che si stabilisce all'interno della vasca è quella dello sfioratore a valle (o di scarico); la portata in transito è data dal dislivello fra lo sfioro in entrata e quello in uscita, e la portata transitante defluisce al di sotto del setto alla fine della vasca.

Per tutte le informazioni di dettaglio riferite a posizionamento, dimensionamenti e scelte tecnico-costruttive delle vasche di prima pioggia si rimanda agli elaborati specialistici della sezione IDROLOGIA E IDRAULICA.

8.5.3. BACINI DI DISPERSIONE

I bacini disperdenti (o anche detti ponding area o di lagunaggio) hanno la funzione di invasare il volume idraulico affluito dalla rete di drenaggio e progressivamente disperderlo nel sottosuolo, sopra falda.

A tal fine sono state analizzate le risultanze dell'analisi geologica in termini sia di permeabilità (prove in situ dedicate) che di profilo di falda, per contestualizzare tanto l'effettiva capacità alla dispersione del territorio lungo il tracciato stradale, quanto la soggiacenza della falda (al fine di evitare tanto gli scavi in falda che garantire sempre una zona "filtro" tra fondo scavo e livello freatico).

I bacini disperdenti sono delle aree scavate nel primo strato di suolo, aventi geometria variabile, con fondo e sponde non rivestite, tranne che per la zona di scarico da fosso/collettore: attorno allo scarico sono previsti dei rivestimenti anti-erosivi in pietrame e/o calcestruzzo.

Il dimensionamento di tali bacini è stato condotto in analogia al classico dimensionamento delle vasche volano, applicando il metodo cinematico; non è pertanto la portata critica del collettore afferente all'elemento discriminante, bensì la durata critica della vasca.

Dai profili geotecnici è possibile apprezzare che nelle aree dei bacini di dispersione si hanno terreno limo-argillosi e di conseguenza è stato assunto un valore del coefficiente di permeabilità pari a 2×10^{-6} .

Determinando iterativamente la durata dell'evento piovoso, è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del volume di laminazione (ovviamente a parità di superficie disperdente del bacino).

I bacini sono stati dimensionati per contenere l'evento TR50 anni a piano campagna, che comunque risulta essere almeno 1 m sotto il piano stradale.

Il fondo dei bacini è previsto realizzato con uno strato di filtro drenante, costituito da materiale a grossa pezzatura, piantumato mediante specie vegetali fitodepurative autoctone.

8.5.4. ATTRAVERSAMENTI FAUNISTICI

Alla luce delle considerazioni nel paragrafo relativo all'indagine faunistica (aree forestali a elevata connettività e presenze faunistiche rilevanti) appaiono giustificate una serie di opere atte a facilitare l'attraversamento di mammiferi di taglia medio-grande sulla nuova viabilità del tracciato, oltre che utili per la microfauna. Nel tratto in questione la E78 prevede una serie di gallerie e viadotti estesi (da ovest a est galleria Le Ville, Galleria Citerna, Viadotto sul Sovara, viadotto sul Tevere), che consentono una permeabilità piuttosto elevata nelle matrici forestali presenti e anche lungo i corsi d'acqua del Sovara e del Tevere.

Lo **svincolo Monterchi**, dove la E78 interseca il **Fosso della Centena** presenta comunque delle caratteristiche di criticità, perché con la viabilità prevista l'area verrebbe in gran parte sigillata o interessata dal reticolo di strade presso lo svincolo. Anche il corso del Fosso della Centena sarebbe in parte rivisto.

Per questo tratto, in particolare dove la E78 passa sopra al corso modificato del **Fosso della Centena**, appare giustificata un'opera atta a facilitare l'attraversamento di mammiferi sotto alla nuova viabilità, sotto forma di un tombino idraulico ecologico di seguito descritto.

Tutti i **passaggi sotto alle opere per i canali per l'acqua del reticolo idrografico minore** (cioè quelli dove non si fanno interventi quali il sottopasso per specie di taglia medio-grande) andrebbero mantenuti perché, oltre alla funzione idraulica principale, possono consentire anche spostamenti delle specie animali di piccole dimensioni, soprattutto quando non è presente l'acqua.

8.5.5. ULTERIORI INTERVENTI DI MITIGAZIONE IN FASE DI ESERCIZIO: QUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA DELLE OPERE D'ARTE

Il progetto di inserimento prevede accorgimenti particolari derivanti dall'analisi del contesto per favorire un corretto inserimento delle varie opere d'arte che sono presenti lungo lo sviluppo dell'opera, sinteticamente riconducibili ai seguenti ambiti:

- Viadotti
- Gallerie
- Muri e paratie

8.5.6. BARRIERE ACUSTICHE

Dai risultati esposti nella Relazione valutazione previsionale di impatto acustico - ante/post operam e cantiere – (elaborato T00IA08AMBRE01) emerge la necessità di installare barriere acustiche presso i ricettori più sensibili, di seguito indicati come posizione e dimensione di installazione.

Dallo studio acustico condotto, la protezione dei recettori sarà effettuata predisponendo sul bordo della strada, lato recettore, una serie di barriere acustiche fonoassorbenti di tipo variabile in base alla zona di collocamento, le caratteristiche dimensionali e la loro distribuzione sono riportate nell'elaborato specialistico.

PROGETTAZIONE ATI:

Per tenere in considerazione tutti i recettori, nelle situazioni in cui ci sono degli agglomerati è stato preso un recettore come riferimento e sono stati individuati tratti di barriere acustiche. A seguito dell'applicazione del modello di simulazione sono state individuate le situazioni critiche per le quali progettare tratti di barriere acustiche da mettere in opera.

Le barriere saranno realizzate corten. Alla luce di quanto detto, si sottolinea come per il progetto in esame si sia scelto di utilizzare l'acciaio corten, non solo come inserti nel rivestimento delle opere d'arte, ma anche per le barriere acustiche. L'adozione di tale materiale come filo conduttore per alcune delle opere previste nel progetto rappresenta la volontà di una progettazione integrata che, oltre agli aspetti prettamente strutturali, tiene conto dell'inserimento dell'opera all'interno del paesaggio circostante.

Come si evince dagli elaborati specialistici, la distribuzione planimetrica e lo sviluppo delle barriere acustiche non va a costituire un "sistema" autonomo di nuovi segni, risultando poco impattante sia dal punto di vista paesaggistico che panoramico.

9. VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

9.1. VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE-OPERAM

All'interno del modello di simulazione acustico SoundPlan è stata ricostruita l'orografia attuale dell'ambito di studio. La modellazione digitale del terreno (Digital Ground Model) attraverso il software è stata costruita tramite punti quota, linee di elevazione infrastrutture esistenti e gli edifici rilevati in fase di censimento.

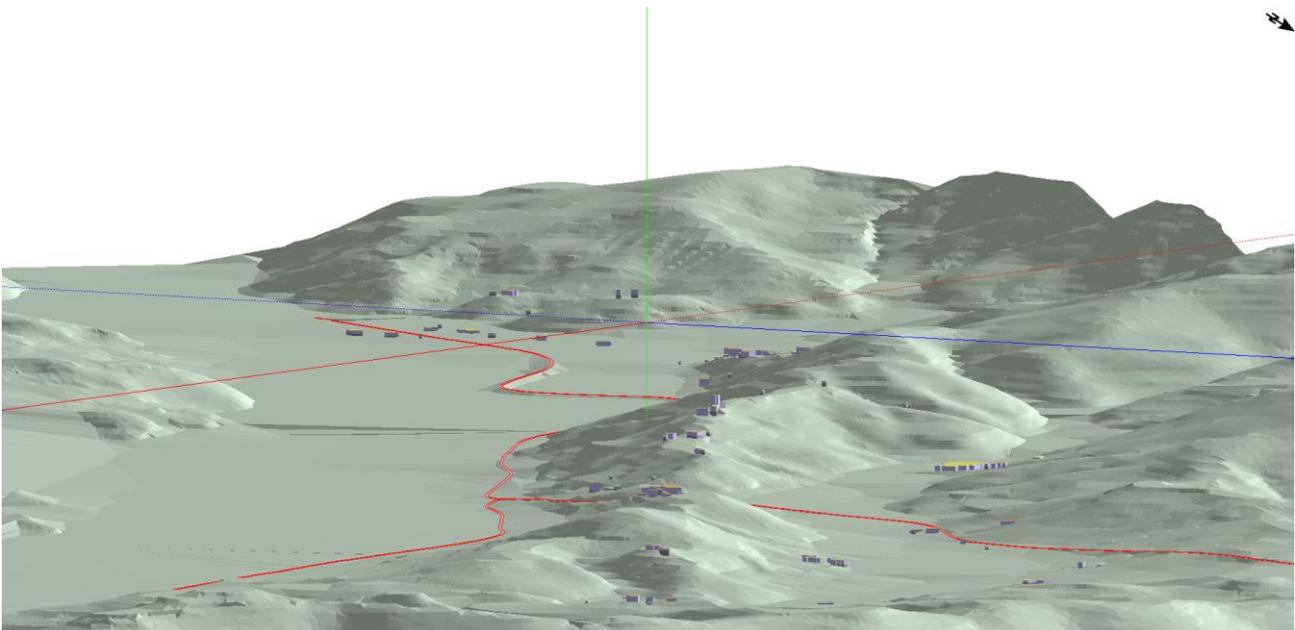


Figura 9-1 Modellazione tridimensionale in SoundPlan dello scenario Ante Operam, dettaglio

Il tratto della E 78 finora realizzato termina in corrispondenza allo svincolo Le Ville, dove dopo una curva ad S la strada passa da quattro a due corsie e si immette nella SS 73, che immediatamente dopo entra nell'abitato di Le Ville attraversandolo fino ad una salita, all'inizio della quale si trova il

bivio tra la SS 73 che prosegue in salita sulla sinistra (nord est) verso Sansepolcro e la SP 221 che scende a destra (sud est) verso Città di Castello.

Attualmente gran parte del flusso di traffico devia verso sud est in direzione di Città di Castello.

Il nuovo tracciato in progetto, proseguirà in direzione inizialmente coincidente con la SS 73 fino al nuovo svincolo di Monterchi, poi si dirigerà verso Selci Lama con un tracciato baricentrico rispetto ai due tracciati attuali.

9.2. STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO – MODELLO PREVISIONALE

All'interno del modello di simulazione acustico SoundPlan è stata ricostruita l'orografia attuale dell'ambito di studio. La modellazione digitale del terreno (Digital Ground Model) attraverso il software è stata costruita tramite punti quota, linee di elevazione infrastrutture esistenti e gli edifici rilevati in fase di censimento.

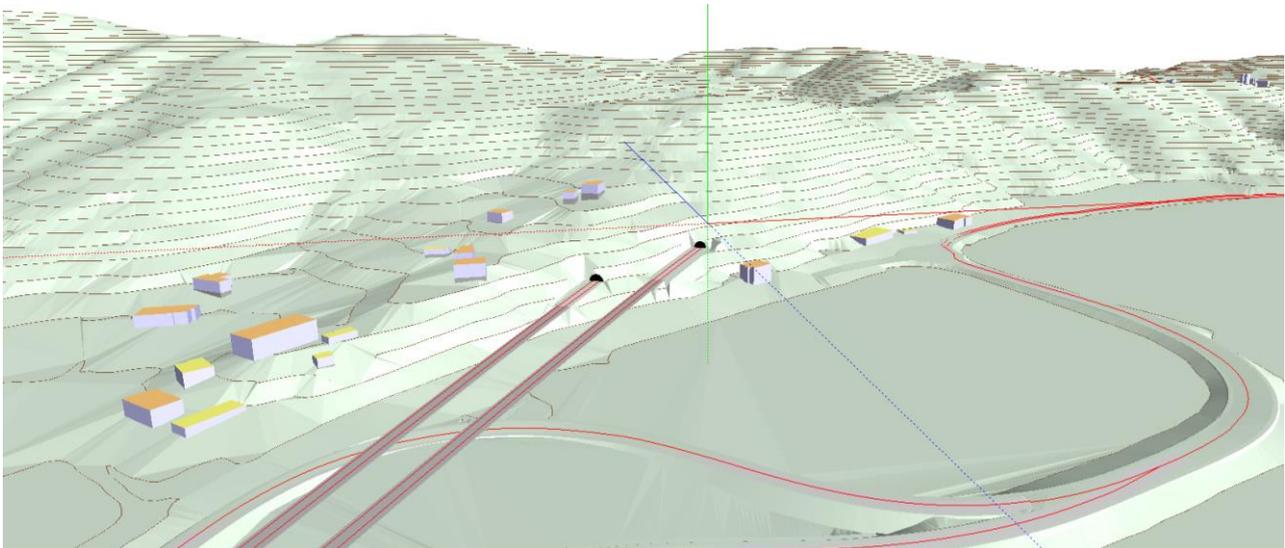


Figura 9-2 Modellazione dello scenario Post Operam, dettaglio ingresso galleria Le Ville

Il modello di calcolo utilizzato è SoundPlan versione 8.2: un software previsionale per effettuare simulazioni acustiche in grado di rappresentare al meglio le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato. Questo modello di simulazione è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore prodotto da sorgenti di ogni tipo: da quelle infrastrutturali, quali ad esempio strade, ferrovie o aeroporti, a quelle fisse, quali ad esempio strutture industriali, impianti energetici, etc.

SoundPlan è uno strumento previsionale ad “ampio spettro”, progettato per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno prendendo in considerazione tutti i fattori interessati al fenomeno, come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere antirumore, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici.

9.3. FASE DI POST OPERA

L'analisi dei livelli in facciata evidenzia un superamento dei limiti presso 10 ricettori, così distribuiti:

- 3 nel Comune di Anghiari;

PROGETTAZIONE ATI:

- 2 nel Comune di Monterchi;
- 2 nel Comune di Citerna;
- 3 nel Comune di San Giustino.

All'interno del modello di simulazione acustico SoundPlan sono state inserite le barriere acustiche, posizionate sopra al DGM, come si può osservare nell'immagine sotto riportata.

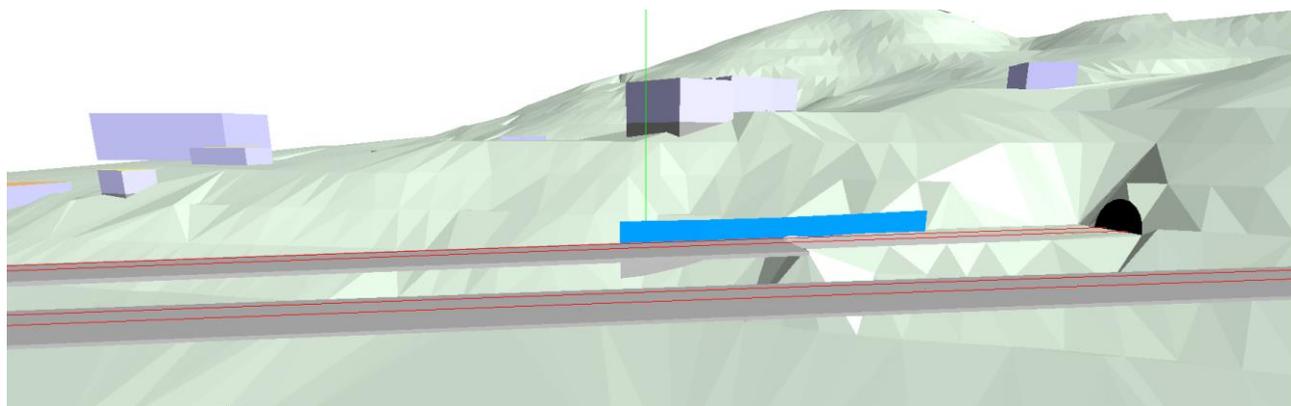


Figura 9-3 Modellazione tridimensionale in SoundPlan dello scenario Post mitigazioni, dettaglio

	Dettaglio barriere			
	Da km	A km	L [m]	H [m ²]
Barriera 1	0+705	0+747	42	126
Barriera 2	3+510	3+580	70	210
Barriera 3	12+270	12+330	60	180

Tabella 9-1 Riepilogo barriere

9.4. FASE DI CANTIERE

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze rispetto al clima acustico riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "Worst Case Scenario". Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio al rumore indotto rispetto ai limiti acustici territoriali possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L'analisi tiene conto dell'insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro.

10. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO

10.1. ANTE OPERAM

Al fine di caratterizzare al meglio la qualità dell'aria nella zona di intervento si è scelto di far riferimento alle centraline di qualità dell'aria della rete di monitoraggio regionale più vicine al progetto:

Le tre centraline più vicine al tracciato di intervento sono:

PROGETTAZIONE ATI:

- la stazione di Fondo Urbano “AR-Acropoli” nella città di Arezzo
- la stazione di Fondo Rurale regionale “AR-Casa Stabbi” nel comune di Chitignano, che distano, rispettivamente, all’incirca 13 e 23 km.
- la centralina di Città di Castello – C. Castello, distante circa 8 km dall’area di interesse, caratterizzata come “urbana fondo”, la centralina è installata in via Luca della Robbia in area verde presso centro commerciale in area residenziale e commerciale.



Figura 10-1 Ubicazione centraline monitoraggio

10.2. IDENTIFICAZIONE DEI RECETTORI INTERESSATI

Per lo studio di impatto delle fasi di cantiere e esercizio sono stati considerati i ricettori residenziali presenti nell’area della nuova infrastruttura, come criterio generali sono stati considerati quelli

PROGETTAZIONE ATI:

prossimi all’asse stradale ed alle aree di cantiere codificati e censiti nell’elaborato “T00IA08AMBRE03 – Ricettori”.

10.3. MODELLO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DELLE RICADUTE SULLA QUALITA’ DELL’ARIA

Al fine di condurre le analisi diffusionali generate dall’opera in esame sono stati utilizzati diversi modelli di simulazione. Nello specifico, per la stima dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5. Il software sopracitato è lo standard europeo per la valutazione delle emissioni da traffico veicolare stradale. Lo sviluppo del software COPERT è coordinato dall’Agenzia Europea dell’Ambiente, all’interno delle attività del “European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation”. Responsabile dello sviluppo scientifico è il European Commission’s Joint Research Centre. Il modello è stato realizzato ed è utilizzato per gli inventari delle emissioni stradali degli stati membri.

La metodologia utilizzata da COPERT 5 è parte integrante del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook per il calcolo dell’inquinamento atmosferico ed è in linea con gli orientamenti IPCC per il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra.

10.4. POST OPERAM

I flussi di traffico per lo scenario post operam derivano dallo Studio Trasportistico “E78 S.G.C. Grosseto Fano – Tratto “Tosco-Umbro” Le Ville di Monterchi – Selci Lama effettuato nel 2011 da ANAS. Partendo dallo scenario 2028 e prevedendo un incremento annuo dell’1% si ottiene la seguente proiezione al 2048:

Anno	Le Ville - Monterchi	Monterchi - Pistrino	Pistrino - Selci (E45)	Selci (E45) - Lama
2028	35065	31351	34724	27655
2048	42786	38254	42370	33744

Nella tabella seguente si riportano i dati di traffico considerati per la modellazione atmosferica Post Operam.

Tratta	V Leggeri [veic/h]	Velocità leggeri[km/h]	V. Pesanti [veic/h]	Velocità pesanti [km/h]
Le Ville - Monterchi	2469	90	269	90
Monterchi-Pistino	2201	110	241	90
Pistrino – Selci (E45)	2433	110	267	90
Selci (E45)-Lama	1919	110	185	90

Tabella 10-1 Dati di traffico implementati all’interno del modello di calcolo per lo scenario Post Operam

10.5. VALUTAZIONE IN FASE DI CANTIERE

Al fine di stimare le interferenze tra le attività di cantiere e la componente atmosfera e verificare i limiti normativi per la protezione della salute umana, sono state condotte delle simulazioni modellistiche.

In particolare, come effettuato nel prosieguo della trattazione, sono state in primo luogo individuate le sorgenti emmissive, rappresentate nello specifico da sorgenti areali in cui è prevista la movimentazione del materiale polverulento e l'emissione dei gas di scarico da parte dei mezzi di cantiere, e da sorgenti lineari sulle quali è prevista la circolazione del traffico di cantiere.

Si anticipa che le sorgenti considerate nelle simulazioni modellistiche per la stima delle concentrazioni degli inquinanti, sono state individuate in modo da rappresentare la situazione maggiormente critica data dalla sovrapposizione di più attività di cantiere.

Al fine di stimare le concentrazioni di inquinanti (PM10, PM2,5, e NO₂) prodotte dalle attività di cantiere è stato utilizzato il software di simulazione Aermod View.

11. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Al fine di controllare gli effetti dell'opera, sia nella sua dimensione operativa che in quella realizzativa, sul contesto ed eventualmente attuare prontamente ulteriori interventi di mitigazione di impatti residui è stato redatto il piano di monitoraggio delle componenti ambientali.

Il PMA indica l'insieme dei controlli, effettuati periodicamente o in maniera continua, da attuarsi durante le fasi ante-corso-post operam, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali potenzialmente impattate, in modo significativo e negativo, dalla realizzazione e/o dall'esercizio dell'intervento in progetto. Il PMA, opportunamente esteso alle varie componenti coinvolte, prevede le modalità per la restituzione di dati continuamente aggiornati, fornisce indicazioni sui trend evolutivi e consente la misura dello stato complessivo dell'ambiente e del verificarsi di eventuali impatti non previsti nella fase progettuale. Nella redazione del PMA si è tenuto conto delle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)" (MATTM, MiBAC, ISRPA, rev 2014 e successivi aggiornamenti).

Un aspetto importante nella predisposizione di un Piano di Monitoraggio Ambientale consiste nell'identificazione delle componenti ambientali e dei relativi indicatori ambientali ritenuti idonei per descrivere compiutamente ed efficacemente le ricadute sul territorio della fase di cantiere.

Tale analisi deve fare riferimento a due aspetti principali:

- le tipologie delle opere e delle attività di costruzione delle stesse;
- la situazione territoriale ed ambientale presente nell'area di intervento;
- le criticità emerse dall'indagine e le mitigazioni previste dal progetto.

In questo quadro è stata operata una scelta che ha portato a concentrare l'attenzione delle attività di monitoraggio su quelle componenti e su quegli indicatori ambientali che, tra tutti quelli possibili, effettivamente possono fornire utili indicazioni per la verifica delle previsioni formulate con lo Studio di Impatto Ambientale e nella corretta gestione del cantiere.

I principali ricettori sensibili nell'area interessata dall'intervento in progetto sono:

- edifici residenziali presenti nell'intorno delle aree di lavorazione;
- l'ambito fluviale, inteso come qualità chimico-fisica e biologica delle acque e qualità dell'ecosistema nel suo complesso, rappresentato dalla vegetazione ripariale e dalla fauna che gravita intorno al corridoio ecologico;
- le aree naturali in quanto serbatoio di biodiversità;
- la capacità d'uso dei suoli agricolo;
- le falde acquifere;
- le caratteristiche strutturali del paesaggio.

Le fasi in cui ciascuna componente verrà monitorata dipendono dalla durata degli impatti previsti e dalle caratteristiche proprie di ogni matrice.

Tenendo presente tali scelte, sono state definite le metodiche, e l'individuazione dei punti/recettori da monitorare.

La scelta dei ricettori è basata sulla sensibilità e vulnerabilità alle azioni di progetto nei confronti della tutela della salute della popolazione, dell'ambiente e del paesaggio.

Per quanto riguarda le attività di misura, campionamento, analisi ed elaborazione dati, al fine di garantire la confrontabilità dei dati, saranno utilizzate le stesse metodiche su tutti i ricettori monitorati.

PROGETTAZIONE ATI:

Si propone, pertanto, il monitoraggio delle seguenti componenti ambientali:

- Atmosfera;
- Suolo;
- Rumore;
- Vibrazioni
- Acque superficiali;
- Acque sotterranee;
- Vegetazione;
- Fauna.

12. INTERFERENZE

In questa fase si illustra il censimento delle reti tecnologiche dei sottoservizi e l'individuazione delle interferenze con il tracciato della nuova arteria stradale nel tratto compreso tra Le Ville di Monterchi e Selci – Lama tra le provincie di Arezzo (Toscana) e Perugia (Umbria).

Tutte le interferenze sono state catalogate ed ordinate progressivamente in base all'identificazione della tratta stradale presa in esame, suddivise in base alla tipologia di sottoservizio riscontrato, e all'ente di appartenenza. Volendo distinguere i diversi tipi di interferenze trattate, quest'ultime si possono raggruppare nelle seguenti macro-tipologie:

RI	RETE DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PER USO POTABILE
IR	RETE DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PER USO IRRIGUO
FC	RETI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE REFLUE - FOGNATURA
EA	RETI DI TRASPORTO E-DISTRIBUZIONE ELETTRICA AD ALTA E ALTISSIMA TENSIONE
EM	RETI DI TRASPORTO E-DISTRIBUZIONE ELETTRICA A MEDIA TENSIONE
EB	RETI DI TRASPORTO E-DISTRIBUZIONE ELETTRICA A BASSA TENSIONE
GA	RETI DI TRASPORTO E DISTRIBUZIONE GAS AD ALTA PRESSIONE
GM	RETI DI TRASPORTO E DISTRIBUZIONE GAS A MEDIA E BASSA PRESSIONE
TC	TELECOMUNICAZIONI
IP	ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Figura 12.1 Elenco Enti Gestori Reti Tecnologiche dei Sottoservizi.

13. CANTIERIZZAZIONE

13.1. UBICAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE ED ACCESSIBILITA'

Per l'esecuzione dei lavori sono stati definiti due Campi Base, ubicati in prossimità dei due svincoli, lato Grosseto e lato Fano, che contrassegnano l'inizio e la fine degli interventi sulla viabilità principale di progetto. Inoltre, sono stati individuati tre Campi Operativi con funzionamento asincrono durante le 4 FASI prefissate per lo svolgimento delle lavorazioni e inoltre, sono stati previste aree tecniche/cantieri operativi in prossimità della galleria "Citerna" e "Le Ville". I Campi Base ed i Campi Operativi sono stati posizionati in modo strategico lungo il tracciato di progetto evitando le interferenze con le aree potenzialmente esondabili individuate dal PGRA redatto dal Distretto Appenninico Settentrionale per tempi di ritorno TR=30 anni (classe di pericolosità 3).

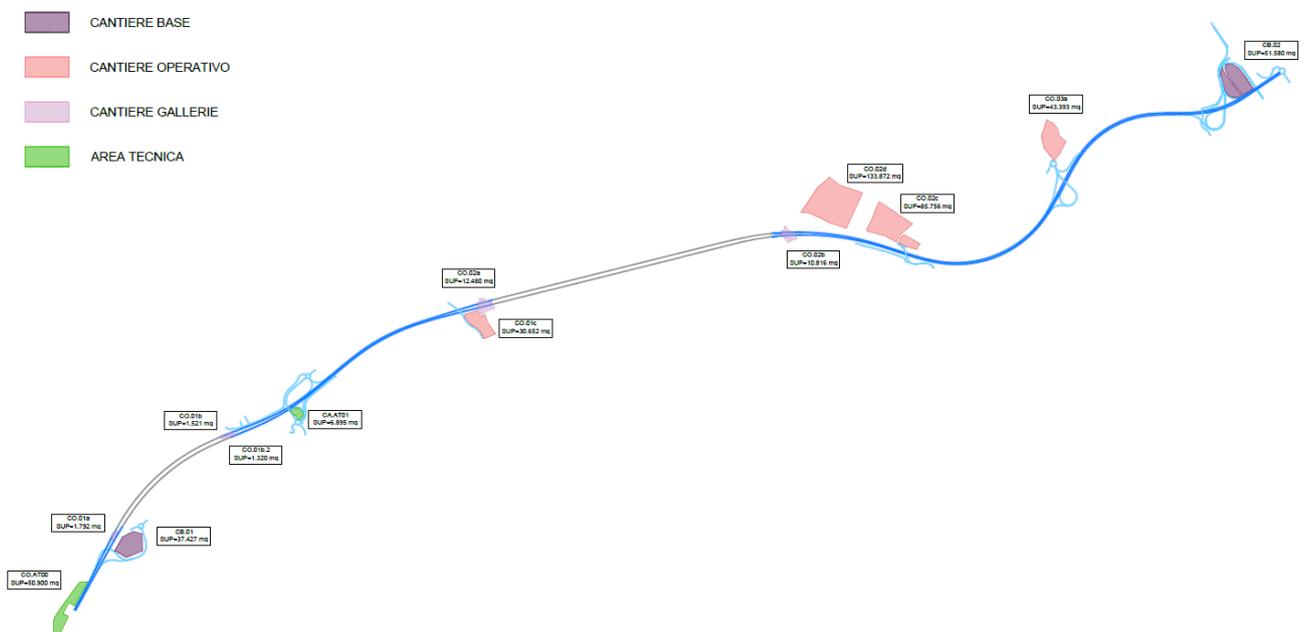


Figura 13.1 - Inquadramento progettuale con individuazione del tratto di intervento e dei cantieri base e operativi.

13.2. FASI ESECUTIVE DELLE OPERE

Le fasi sono così riassunte:

- La FASE 0 comprende in prima battuta tutte le attività di accantieramento propedeutiche all'inizio vero e proprio dei lavori, con la predisposizione dei cantieri principali, cantieri base CB.01 e CB.02, che rimarranno attivi per tutta la durata delle lavorazioni, e cantieri operativi CO.01, CO.02 e CO.03, che si rimoduleranno nella FASE successiva.

Prima dell'inizio delle lavorazioni è previsto l'allestimento di tutti i campi operativi. Le viabilità di accesso ai suddetti campi sfrutteranno il sedime di strada esistente interessata dall'intervento e sarà soggetta ad un limite di velocità amministrativa pari a 40 km/h per le tratte interferenti, finalizzato a limitare il rischio dovuto all'ingresso/uscita degli automezzi di cantiere. Le porzioni di cantiere operativo destinate allo stoccaggio provvisorio dei materiali sono connesse alle aree di cantiere per il tramite delle piste di cantiere. Saranno inoltre realizzate delle ricuciture temporanee alle viabilità locali esistenti al fine di non intercludere nessun accesso privato durante le lavorazioni.

PROGETTAZIONE ATI:

Si precisa che tutte le nuove viabilità di ricucitura e di cantiere realizzate fuori sede avranno carattere temporaneo.

- FASE 1 comprende le attività di accantieramento dei quattro svincoli, lato Grosseto e lato Fano, che contrassegnano l'inizio la fine ed i punti intermedi degli interventi sulla viabilità principale di progetto. In prima battuta, si procederà alla realizzazione delle parti di svincolo in direzione Fano e Grosseto al fine di utilizzare le rampe, rispettivamente di uscita e di ingresso, con le rispettive rotonde di progetto come viabilità alternative per il transito veicolare della FASE 2, conservando in via provvisoria la singola corsia per senso di marcia. Inoltre, prevede di realizzare i tronchi dell'asse principale che insistono sul sedime esistente ove possibile, comprese le restanti opere d'arte minori quali galleria artificiale, opere idrauliche quali tombini e sistemazioni idrauliche, muri e paratie. Il transito veicolare ordinario sfrutterà per la massima parte le porzioni di carreggiata ex-novo, avendo realizzato nella stessa FASE 0 provvisorie per le necessarie deviazioni temporanee del flusso veicolare e le piste di cantiere previste per la realizzazione di fondazioni e pile ed il successivo varo delle travi di impalcato.
- FASE 2 prevede principalmente l'inizio degli scavi riguardanti le opere d'arte maggiori come le due Gallerie "Citerna" in scavo TBM e "Le Ville" con scavo tradizionale e dei Viadotti per la realizzazione delle fondazioni (Le Ville – Sovara – Tevere), comprese le restanti opere d'arte quali sottovia, cavalcavia. Il transito veicolare ordinario sfrutterà per la massima parte le porzioni di carreggiata di progetto realizzate nella macrofase precedente, avendo a disposizione una piattaforma per il doppio senso di marcia, con una larghezza minima di 3 m per singola corsia.
- FASE 3, riguarda il varo dei viadotti e il completamento delle gallerie di progetto, inoltre prevede di realizzare i tronchi dell'asse principale mancanti e la messa in funzione degli svincoli con il completamento delle rampe e la dismissione delle opere e tracciati esistenti che garantivano durante la realizzazione delle fasi precedenti il transito veicolare. Inoltre, si provvederà alla dismissione dei cantieri operativi e relative piste per effettuare la successiva rinaturalizzazione.
- FASE 4 intesa come fase di completamento, prevede la realizzazione delle opere idrauliche quali fossi e vasche di laminazione, la realizzazione di edifici per gli impianti e tutte le opere di finitura per il completamento del tracciato di progetto.

13.3. CRONOPROGRAMMA

Le lavorazioni sono state riportate nel cronoprogramma nel quale si è organizzato il tutto in modo da poter procedere nell'esecuzione dei lavori ottimizzando i tempi ed organizzando le lavorazioni in modo da poter permettere il completamento delle opere entro il termine ultimo. Si rimanda all'elaborato specifico per i dettagli.

13.4. SITI DI DESTINAZIONE E APPROVVIGIONAMENTO

Di seguito si riportano due tabelle con un elenco dei siti individuati per il deposito finale dei materiali in esubero (con indicazione della viabilità interessata dal trasporto, della distanza e del tempo di percorrenza approssimativi dall'area di cantiere). La prima tabella elenca i siti indicati per ripristini ambientali, la seconda tabella indica gli impianti di recupero-discariche.

SITI DI CONFERIMENTO									
ID	Località	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	TRS (parametri della colonna A - tab. 1 allegato 5 Dlg 152/2006)	Distanza dal cantiere (km)	Volumi conferiti	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata
					Volumi Autorizzato (t)				
SITI DI RIUTILIZZO PER RIPRISTINI AMBIENTALI E GEOMORFOLOGICI									
SD01	Bastia Umbria (PG) loc. Costano	CUSI srl	<i>Determinazione dirigenziale n.2929 del 28/03/2017</i>	12/04/2027	80 000	30	64000	35	SP43
SD02	Pistoia	Serravalle Ambiente	<i>AUA n.46 del 11/11/15 aggiornata con AUA n. 18 del 27/04/17 con validità 15 anni</i>	27/04/2032	175 000	145	100 000	105	A1/E35
SD03	Arezzo (AR) fraz. Campoluci	Innocentini Santi e Figli S.rl	<i>Iter autorizzativo concluso nel marzo 2024, in attesa di pubblicazione e sul BURT</i>		300 000	30		35	SP43

Tabella 13.1 Discariche individuate

Tabella 13.2 Impianti di recupero

SITI DI CONFERIMENTO - IMPIANTI DI RECUPERO/DISCARICHE																			
ID	Località	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	CODICE EER 17 05 04				CODICE EER 17 03 02				CODICE EER 17 01 01				Distanza dal cantiere	Tempi di percorrenza	Viabilità interessata
					Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero	Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Op. Recupero	Volumi conferiti	Volume Autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero			
					t/a	t	t		t/a	t			t/a	t			k m	min	
SR01	Località Cozzano, Castiglion Fiorentino (AR)	EFFE 5 COSTRUZIONI SRL	Autorizzazione Unica Ambientale Determinazione Dirigenziale n°1031 del 29/01/2020 Regione Toscana	29/01/2035	47 760	286 560	160 000	R13	97870	587 220	R13 R5		12 000	72000		R13 R5	30	30	SS73
SR02	Cava Pantano	Marinelli SRL	Procedura semplificata ai sensi degli artt. 214 e 216 del D. Lgs. 152/06 autorizzata dalla provincia di Perugia Prot. N. GE2024/0002801	23/02/2025 prorogabile 5 anni	100 000	600 000	420 000	R10-R13									50	43	SS3bis
SR03	Località San Marco (PG)	PISELLI CAVE S.r.l.	Determinazione dirigenziale N. 12901 DEL 13/12/2019	28/01/2030	230 000	1 380 000	800 000	R5 R10	135230	811 380	R13 R12 R5		80 000	480000		R13 R12 R5	60	53	SS3bis

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

SITI DI CONFERIMENTO - IMPIANTI DI RECUPERO/DISCARICHE																			
ID	Località	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	CODICE EER 17 05 04				CODICE EER 17 03 02				CODICE EER 17 01 01				Distanza dal cantiere	Tempi di percorrenza	Viabilità interessata
					Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero	Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Op. Recupero	Volumi conferiti	Volume Autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero			
					t/a	t	t		t/a	t			t/a	t			k m	min	
SR04	Lacugnano, Località Olmo (PG)	PISELLI CAVE S.r.l.	Provvedimento autorizzativo unico n.2 del 05/01/2021 di Costruire n.142 del 9/07/2015	05/01/2036	100 000	600 000	320 000	R13									66	60	SS278 e SS3bis
SR05	Bastia Umbria	Consorzio Recupero srl	AUA n°6 del 06/12/2016	06/12/2031	60 000	360 000	150 000		5000	30000	R13 R5		25 000	150 000		R13 R5	73	56	SS3bis
SR06	Arezzo (AR) Via Setteponti, 181, 52100	Innocentini Santi & Figli Srl	Autorizzazione Unica Ambientale Pratica S.U.A.P. Rif. N. 2635/2015 Provvedimento Dirigenziale n. 276/EC del 31/07/2015	05/08/2030				-	8000	48000	R13 R5	15 000	60 000	360 000	10 000	R13 R5	30	30	SS73
SR07	Sansepolcro (AR) Località Santa Fiora n. 60, 52037	So.Ge.Srl	Autorizzazione Unica SUAP N. 3/2020 Sansepolcro 25/02/2020	25/02/2035				-	8000	48 000	R13 R5	22 678	60 000	360 000	21 450	R13 R5	11	11	SS73
SR08	Loc. San Pat	Piselli CAVE - Impianto S. Paterniano Città di Castello (PG)	A.U.A. n. 11/2014 del 17/11/2014	17/11/2029					94661	567 966	R13 R5	15 000	47 152	282 912	10 000	R13 R5	17	18	SS221

PROGETTAZIONE ATI:

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

SITI DI CONFERIMENTO - IMPIANTI DI RECUPERO/DISCARICHE																			
ID	Località	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	CODICE EER 17 05 04				CODICE EER 17 03 02				CODICE EER 17 01 01				Distanza dal cantiere	Tempi di percorrenza	Viabilità interessata
					Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero	Volume autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Op. Recupero	Volumi conferiti	Volume Autorizzato	Volume x anni lavoro (6)	Volumi conferiti	Op. Recupero			
					t/a	t	t		t/a	t			t/a	t			k m	mi n	
SR09	Impianto Santa Fiora	Cobat Srl	A.U.A. n.4675 del 30/03/2020	30/03/2035				R13 R5	20000	120 000							11	11	SS73

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 13.3 Elenco cave

ID	Denominazione	Comune e provincia	Località	Ditta	Autorizzazioni	Scadenza autorizzazione	Materiali	Volumi estraibili autorizzati (m³)	Distanza dal cantiere (km)	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata
CAVE DI INERTI											
SA01	Cava San Marco	Perugia (PG)	Voc. Sant'Angelo Loc. San Marco	PISELLI CAVE S.r.l.	Determinazione dirigenziale N. 12901 DEL 13/12/2019 rilasciata dalla Regione Umbria-	28/01/2030	Sabbie e inerti calcarei	900 000	60	53	SS3bis
SA02	Cave Cortonesi	Cortona (PG)	Loc. Carpineto, frazione Montanare	Cave Cortonesi Srl	Provvedimento o SUAP N. 56/2023	31/08/2028	Sabbie e inerti calcarei	1 500 000	53	60	SS73
SA03	Cava Monticchio	Perugia (PG)	località Monticchio - M.te Petroso, Perugia (PG)	MARINELLI SRL	Determinazione dirigenziale N.2427 del 19/03/2021	19/03/231	Sabbie e inerti calcarei	700 000	60	55	SS73

Tabella 13.4: Elenco Cementifici e Miscele Bituminose

ID	Denominazione	Comune e provincia	Località	Ditta	Materiale	Distanza dal cantiere (km)	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata
CEMENTIFICI								
SAC01	Impianto San Sepolcro	Sansepolcro (AR)	Loc. Campezone, 160 - 52037	Barbetti Calcestruzzi	Calcestruzzi	11	11	SS73
SAC02	Impianto Arezzo	Arezzo (AR)	Località Patrignone, 52100	Barbetti Calcestruzzi	Calcestruzzi	30	30	SS73
SAC03	Impianto Città di Castello	Città di Castello (PG)	Via Aretina - Fraz. Lerchi	Colabeton	Calcestruzzi	10	12	SS221
IMPIANTI DI PRODUZIONE MISCELE BITUMINOSE								
SAB01	Impianto Santa Fiora	Sansepolcro (AR)	Via dei Tarlati, 92-120	Cobat Srl	Miscela bituminose	11	11	SS73

14. PIANO UTILIZZO TERRE

In fase di progettazione è stato redatto il Piano Gestione Materie che tratta sia la gestione delle terre all'interno del cantiere (ai sensi del D.P.R. 120/17) che lo smaltimento dei materiali diversi dalle terre (bitumi e cementi).

A valle di una campagna di indagini ambientali lungo il tracciato di progetto è stato possibile determinare il tipo di riutilizzo delle terre scavate. L'opera in progetto è una infrastruttura viaria, essa determina un uso del territorio assimilabile a quello che la normativa indica come uso commerciale o industriale, pertanto i risultati della caratterizzazione ambientale per le terre da utilizzare nello stesso sito sono stati confrontati con le CSC della Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali il materiale proveniente dagli scavi può essere riutilizzato come sottoprodotto nell'ambito del cantiere.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel piano sono previste le seguenti modalità di gestione delle terre e rocce da scavo:

- Riutilizzo come sottoprodotto (*rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali, ripristini e miglioramento ambientali, in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava*) – TUA Art. 184bis, DPR 120/2017 art. 4-22;
- Operazioni di recupero / rifiuto – TUA Parte IV, DPR 120/2017 art.23

Al fine di migliorare le caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo e renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, si prevede di sottoporli a trattamenti di normale pratica industriale, così come definiti dall'Allegato 3 del DPR 120/2017.

Nella redazione del bilancio delle terre sono stati analizzati sia gli aspetti quantitativi, sia di qualità dei materiali di scavo. I volumi di scavo sono stati definiti a partire dal computo metrico, ed è stato considerato l'incremento volumetrico dovuto alle lavorazioni di cantiere, distinguendo i volumi geometrici da quelli smossi.

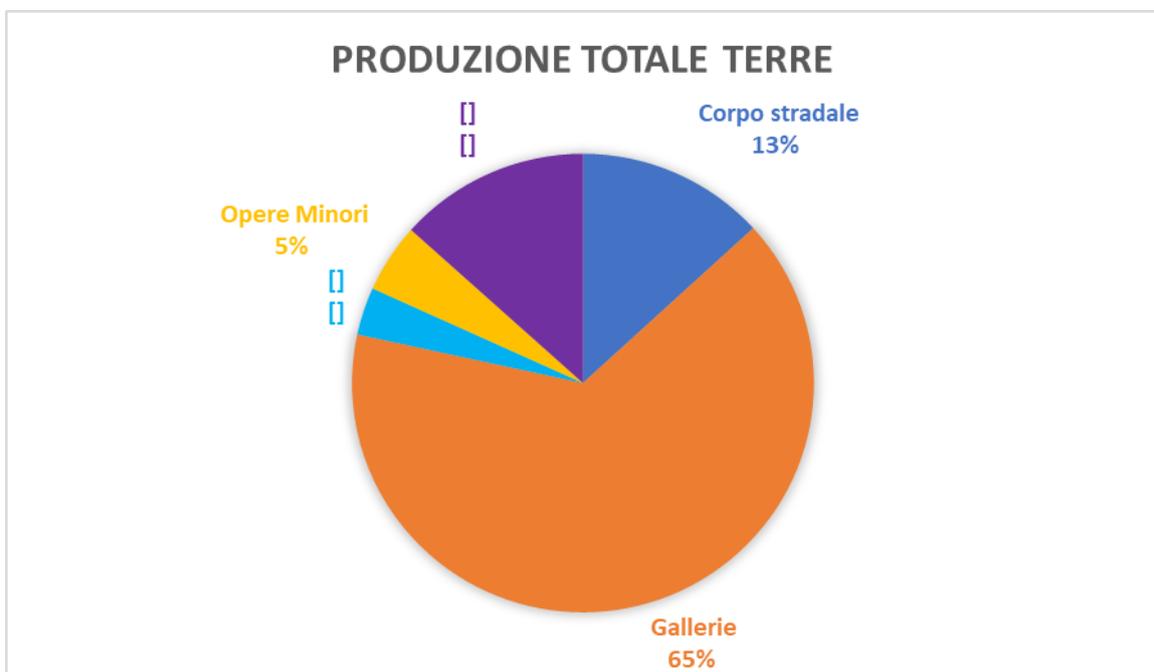
Le percentuali di riutilizzo sono state calcolate, per ogni tratta, partendo dalla classificazione dei terreni analizzati, per quei campioni (geotecnici o ambientali) compresi all'interno delle profondità di scavo, secondo la classificazione delle terre UNI EN ISO 14688-2:2018, riportata nella figura seguente, basata sulle percentuali granulometriche ed i limiti di Atterberg del passante al setaccio 0,4 UNI 2332.

STIMA DELLE PERCENTUALI DI RIUTILIZZO				
Tipologia	Unità Geotecnica	Unità Geologica	Descrizione	% Riutilizzo stimata
TERRENI	UG1a	b	Sabbia limosa	50,00%
	UG1b	Ala	Limo argilloso	0,00%
	UG2	Asl	Sabbia con elementi lapidei	0,00%
	UG3	b2	Sabbia con limo	0,00%
	UG5	MAC3	Argilla marnosa	0,00%
	UG6	F	Deposito di frana	0,00%
	UG7a	CTA2	Ghiaia	70,00%
	UG7b	CTA2	Limo sabbioso	0,00%
	UG8	MTC1	Conglomerati	70,00%
	UG9	FHL	Argilla limosa	0,00%
	UG10	Ag	Ghiaia Sabbiosa	50,00%
Ammassi rocciosi	UG4a	MAC1	Arenaria	90,00%
	UG4b	MAC1	Arenaria	90,00%

La produzione totale delle terre può essere sintetizzata come segue:

PROGETTAZIONE ATI:

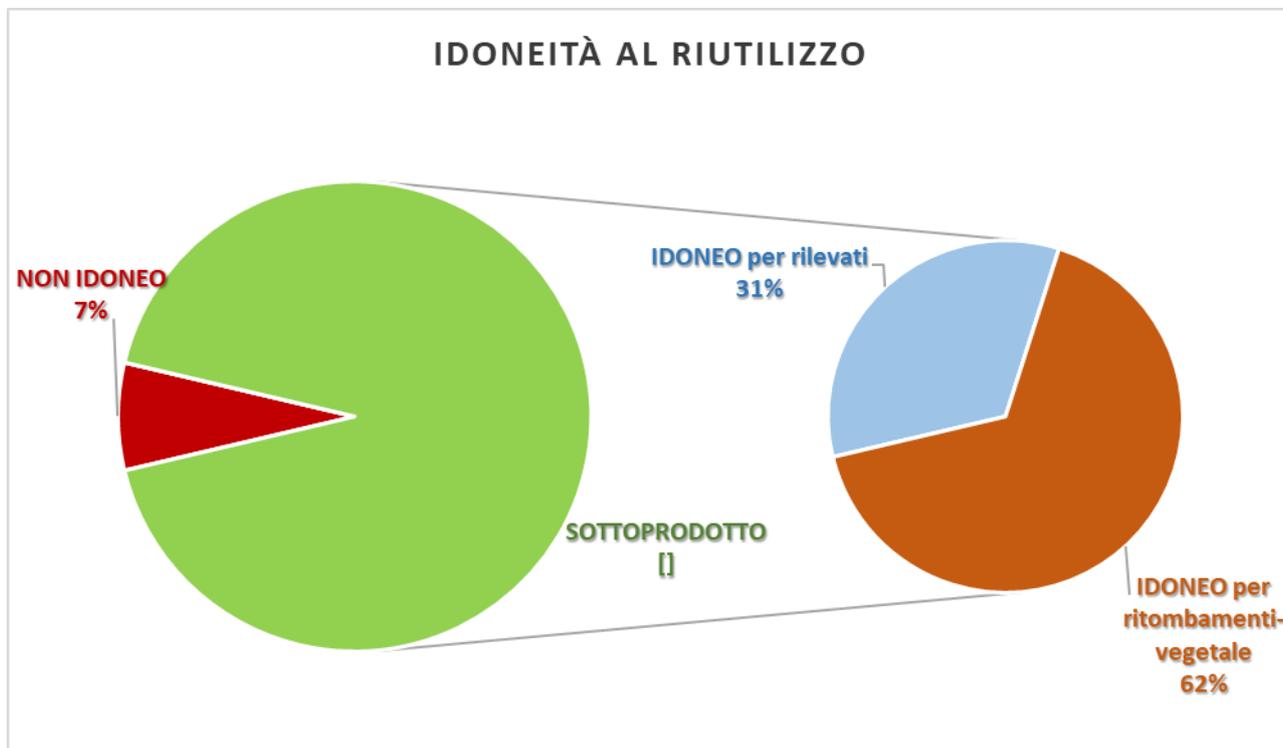
OPERA	PRODUZIONE TERRE (Geometrico)	PRODUZIONE TERRE (Smosso)
	<i>mc</i>	<i>mc</i>
Corpo stradale	292 610	351 132
Gallerie	1 445 193	1 734 232
Idraulica	74 541	89 449
Opere Minori	108 044	129 653
Viadotti	296 070	355 284
Totale complessivo	2 216 458	2 659 750



A seguito dei risultati ambientali, il materiale proveniente dagli scavi può essere riutilizzato come **sottoprodotto** nell'ambito del cantiere. Le terre considerate **non idonee**, e quindi da smaltire necessariamente come rifiuto EER 170504, sono quelle provenienti dai pali di fondazione. Sulla base delle percentuali di riutilizzo stimate, la quantità di terreno idoneo a poter essere riutilizzata è ripartita come segue:

	PRODUZIONE	IDONEO Per Rilevato	IDONEO Per ritombamenti e Vegetale	NON IDONEO
	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>
Corpo stradale	292 610	52 264	240 346	-
Gallerie	1 445 193	583 065	740 586	121 542
Idraulica	74 541		74 541	
Opere Minori	115 918	54 022	54 022	

Viadotti	296 070	-	253 787	42 282
TOT	2 224 332	689 351	1 363 283	163 824



Si riporta di seguito il totale dei fabbisogni necessari suddivisi per le principali opere del progetto:

FABBISOGNO

	Per rilevato	Per ritombamenti o vegetale
Corpo stradale	1 393 791	140 667
Gallerie	179 562	156 183
Idraulica		9 379
Opere Minori		8 319
Viadotti		205 694
TOT	1 573 353	520 241

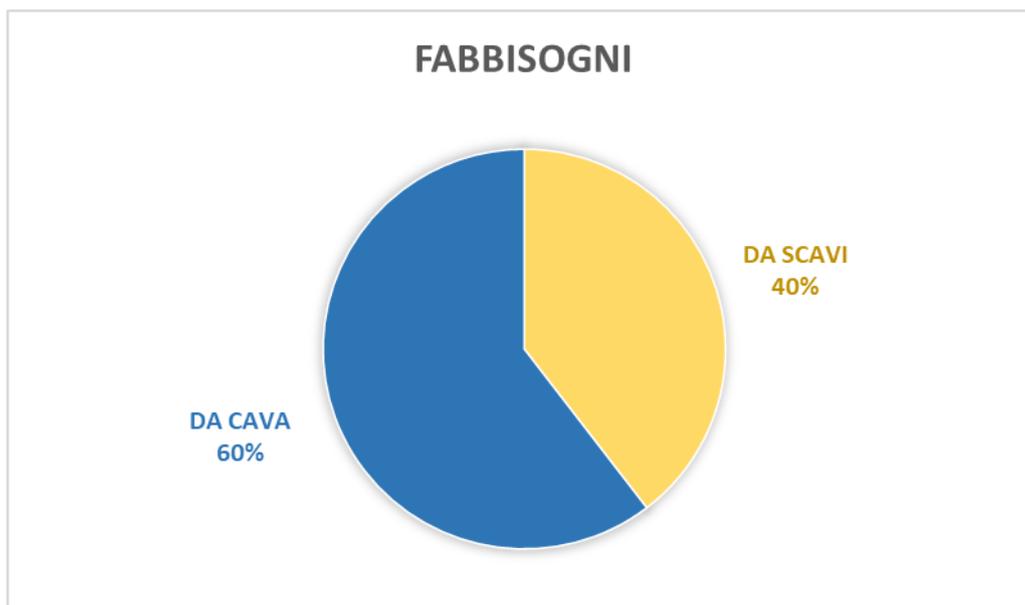
I fabbisogni di terreno vegetale e ritombamento saranno soddisfatti con materiale proveniente dagli stessi scavi. Il fabbisogno di materiale da rilevato, invece, sarà soddisfatto in parte dal riutilizzo del materiale scavato ed in parte dalla fornitura da cava.

	FABBISOGNO TOT	DA SCAVI	DA CAVA
	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>
Corpo stradale	1 393 791	437 415	956 376

PROGETTAZIONE ATI:

Gallerie	179 562	179 562	-
	179 562	616 977	956 376

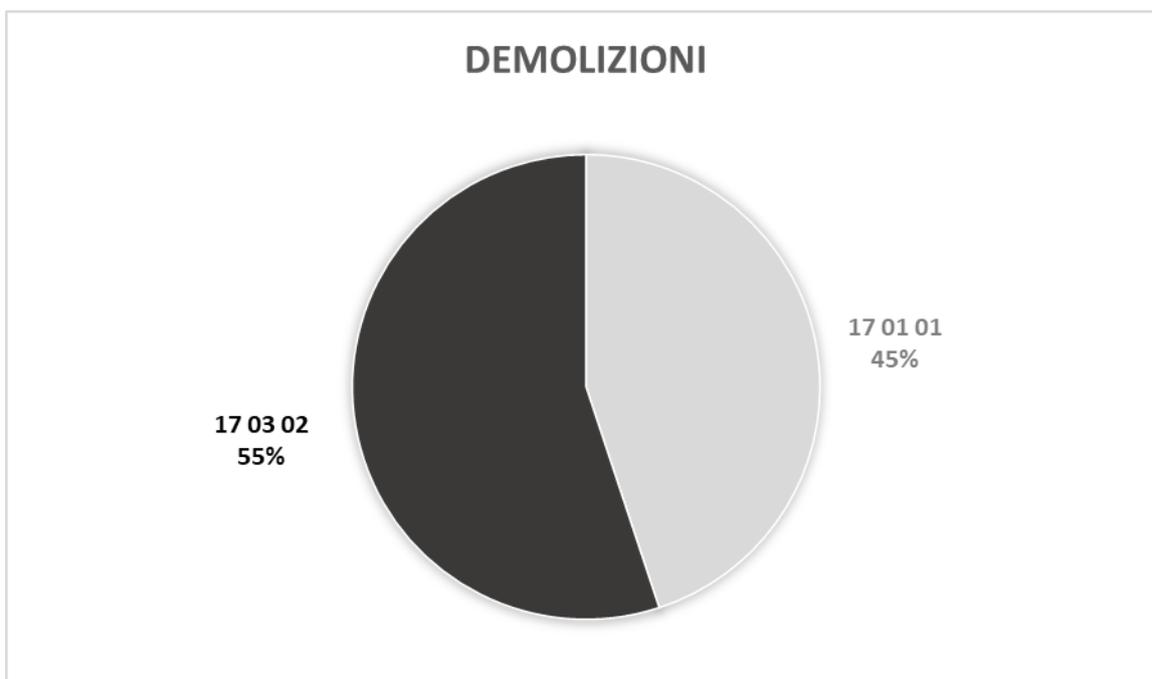
Il volume di materiale da rilevato da fornire da cave esistenti autorizzate è pari a circa **960 000 m³**, da utilizzare per le operazioni di preparazione del piano di posa (scotico e gradonatura) e per la formazione del rilevato stradale.



Per quanto concerne le demolizioni, le quantità di materiale da smaltire così suddivise:

Tabella 14.1 Materiali derivanti dalle demolizioni

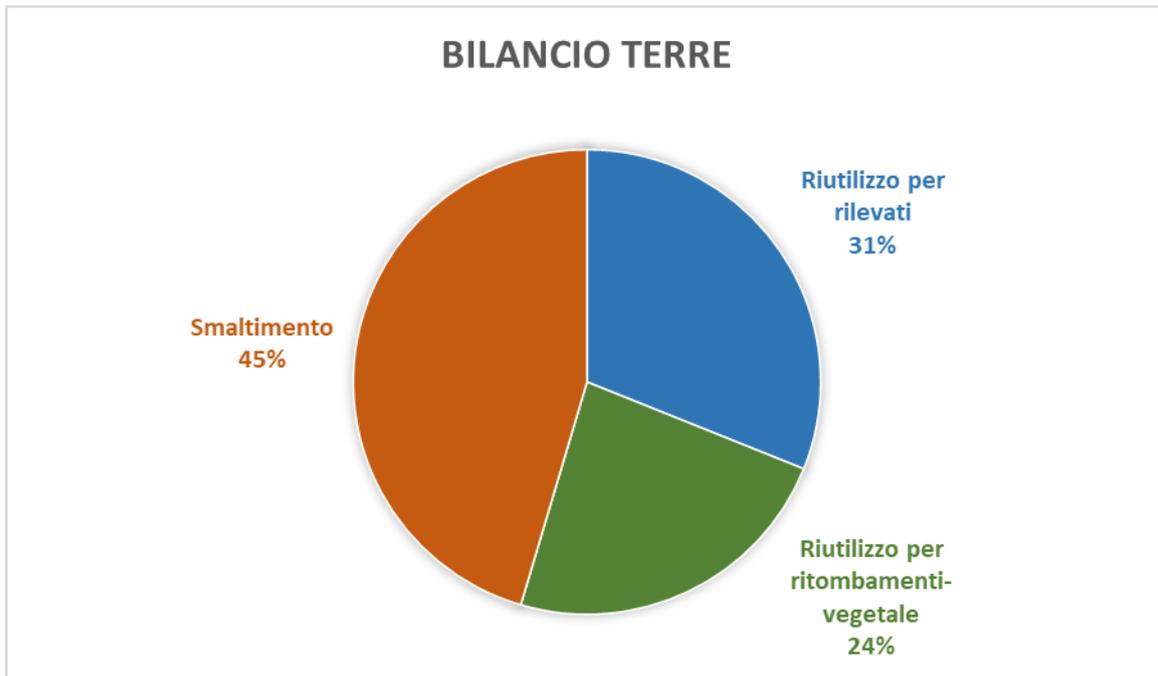
Codice EER	Descrizione	Quantità
17 01 01	cemento	41 450 t
17 03 02	miscele bituminose	52 678 t



Il bilancio delle terre è stimato sulla base della produzione totale delle terre (somma di tutti gli scavi), della loro idoneità al riutilizzo e del fabbisogno necessario alla realizzazione delle varie opere. In sintesi il materiale proveniente dagli scavi, sulla base del fabbisogno necessario, sarà riutilizzato in cantiere come sottoprodotto ai sensi del **TUA Art. 184bis, DPR 120/2017 art. 4-22** per un volume complessivo di **1 210 000 m³** circa, costituito da circa **520 000 m³** per ritombamenti e/o terreno vegetale e **690 000 m³** circa riutilizzati per la formazione dei rilevati.

	PRODUZIONE	RIUTILIZZO Per Rilevato	RIUTILIZZO Ritombamenti e Vegetale	SMALTIMENTO
	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>	<i>mc</i>
Corpo stradale	292 610	52 264	132 244	108 101
Gallerie	1 445 193	583 065	156 183	705 945
Idraulica	74 541	-	9 379	65 163
Opere Minori	115 918	54 022	8 319	45 703
Viadotti	296 070	-	214 116	81 953
TOT	2 224 332	689 351	520 241	1 006 866

Tabella 14.2 Riepilogo Bilancio Materie



Il volume di esubero di terre e rocce da scavo complessivo da smaltire, è pari a circa **1 007 000 m³** (geometrico) che corrisponde a circa **1 208 240 m³** (smosso), per un peso complessivo di **2 014 000 t**.

15. IMPIANTI TECNOLOGICI

Gli impianti delle gallerie Le Ville e Citerna, oggetto del presente progetto, sono i seguenti:

- Alimentazione elettrica di tutte le utenze;
- Impianto di illuminazione normale e di emergenza;
- Impianto di illuminazione di evacuazione;
- Stazioni di emergenza (SOS);
- Erogazione idrica antincendio;
- Sistema di videosorveglianza;
- Sistema di rivelazione incendi;
- Segnaletica stradale luminosa ed a messaggio variabile;
- Sistema di radiotrasmissione;
- Sistema di telecontrollo, automazione e supervisione.

Sono inoltre previsti gli impianti di illuminazione degli svincoli e delle rotatorie ricadenti nel tratto stradale oggetto del presente progetto.

L'allestimento impiantistico delle gallerie della tratta stradale in oggetto è stato selezionato in base all'esigenza prioritaria di dotarle di sistemi che permettano di raggiungere uno standard di sicurezza soddisfacente; per questo motivo, il presente progetto prevede la realizzazione di opere finalizzate a:

- assicurare un'elevata affidabilità degli impianti, con impiego di apparecchiature elettriche ed elettroniche tecnologicamente all'avanguardia;
- standardizzare quanto più possibile la tipologia delle apparecchiature previste, al fine di ottimizzare l'esercizio e la manutenzione;

PROGETTAZIONE ATI:

- indicare la possibilità di fuga agli utenti in caso di incendio in galleria;
- assicurare un importante livello di disponibilità della distribuzione di energia elettrica, garantendo il funzionamento degli impianti essenziali anche in caso di interruzione della rete di alimentazione pubblica;
- rendere sicure ed affidabili le comunicazioni tra gli utenti in panne, rifugiati nei luoghi sicuri temporanei e la Centrale di Supervisione di tratta;
- garantire un buon livello di comfort di guida agli utenti stradali;
- limitare, compatibilmente con i punti su richiamati, l'onere economico di primo impianto, di manutenzione e di esercizio.

L'alimentazione degli impianti delle gallerie sarà gestita all'interno di locali tecnici costituiti da edifici prefabbricati. Le gallerie sono alimentate tramite la rete pubblica di media tensione; le relative cabine elettriche MT/bt saranno costituiti da locali separati destinati a: locale distributore (Enel), locale misure, locale quadri MT e trasformatori, locale quadri BT e gruppi statici di continuità (UPS), locale per il gruppo elettrogeno, locale apparecchiature per il telecontrollo.

La trasformazione in BT sarà effettuata con impiego di trasformatori 400V trifase con neutro. I trasformatori MT/BT saranno isolati in resina, con collegamento primario a Δ e secondario a Y; il centro-stella dei trasformatori sarà collegato francamente a terra per una distribuzione con sistema TN-S.

I gruppi elettrogeni, destinati all'alimentazione della rete di emergenza, saranno installati all'interno delle cabine elettriche in appositi locali di ricovero, compartimentati REI120.

All'interno dei locali tecnici sono previsti gli UPS necessari a garantire una continuità di servizio alle utenze sottese alla rete di sicurezza; per loro costruzione, avranno la qualifica di soccorritori. Gli UPS saranno dotati di batterie sufficienti a garantire un'autonomia minima di 30 minuti.

I cavi elettrici d'alimentazione e distribuzione dell'energia in bassa tensione ai diversi impianti avranno differenti caratteristiche di isolamento e di comportamento al fuoco, in base alle condizioni di posa e all'utilizzo, in rispondenza alla norma CEI 64-20.

Le vie cavi previste all'interno del presente progetto saranno le seguenti:

- tubi in PeAD interrati all'esterno delle gallerie;
- tubi in PeAD protetti in banchine nello spazio tra il new-jersey e la parete delle gallerie;
- passerelle in acciaio inox AISI 304 con coperchio esternamente ai fornici;
- passerelle in acciaio inox AISI 304 asolate internamente ai fornici;
- tritubi interrati lungo tutta la tratta per i cavi a fibra ottica.

Il calcolo elettrico di dimensionamento e le caratteristiche specifiche degli elementi dell'impianto saranno poi sviluppati nell'apposita relazione tecnica e nel disciplinare.

L'impianto di illuminazione a servizio della galleria dovrà essere rispondente al DM 3476 del 14/09/2005 ed alla norma UNI 11095:2021

Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- l'illuminazione ordinaria, costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo;
- l'illuminazione di emergenza, costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica;
- l'illuminazione di evacuazione, costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

PROGETTAZIONE ATI:

Nei tratti di imbocco della galleria devono essere previste delle zone di rinforzo (zone di soglia e di transizione) così da garantire l'adattamento visivo degli utenti dalle condizioni di luminanza esterne a quelle interne in funzione della velocità di percorrenza media prevista.

L'impianto di regolazione del sistema di illuminazione deve essere in grado di adattare la luminanza all'interno della galleria alle condizioni variabili della luce all'esterno durante le ore del giorno.

L'adattamento deve realizzarsi senza indurre variazioni inattese nel comfort visivo dell'utente.

I regolatori di flusso luminoso dovranno essere di tipo "continuo" funzionanti in modalità wireless, elettronici e dotati di idonei stabilizzatori di tensione.

I cavi devono essere conformi alle norme CEI non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di gas tossici nocivi e corrosivi.

Le lampade dell'impianto di illuminazione devono essere a Led ad alta efficienza luminosa in modo da consentire un elevato risparmio energetico.

L'obiettivo che si desidera raggiungere con l'illuminazione di un tunnel è quello di assicurare a chi attraversa la galleria, sia di giorno che di notte, un senso di sicurezza e di comfort uguale a quello che l'utente può avere all'aperto.

Lo scopo si ottiene quando l'illuminazione trasmette ai conducenti adeguate informazioni visive sullo stato del tracciato che si appresta a percorrere, al movimento di altri veicoli ed alla presenza di ostacoli.

In quest'ottica l'impianto di illuminazione deve necessariamente fornire le seguenti prestazioni: deve illuminare il piano stradale con un adeguato livello di luminanza e di uniformità; la luce deve avere un angolo di incidenza rispetto al piano di visuale tale da fornire elevata visibilità del tracciato; deve illuminare adeguatamente il piedritto della galleria in modo da fornire all'utente un più ampio angolo di visibilità; non deve abbagliare;

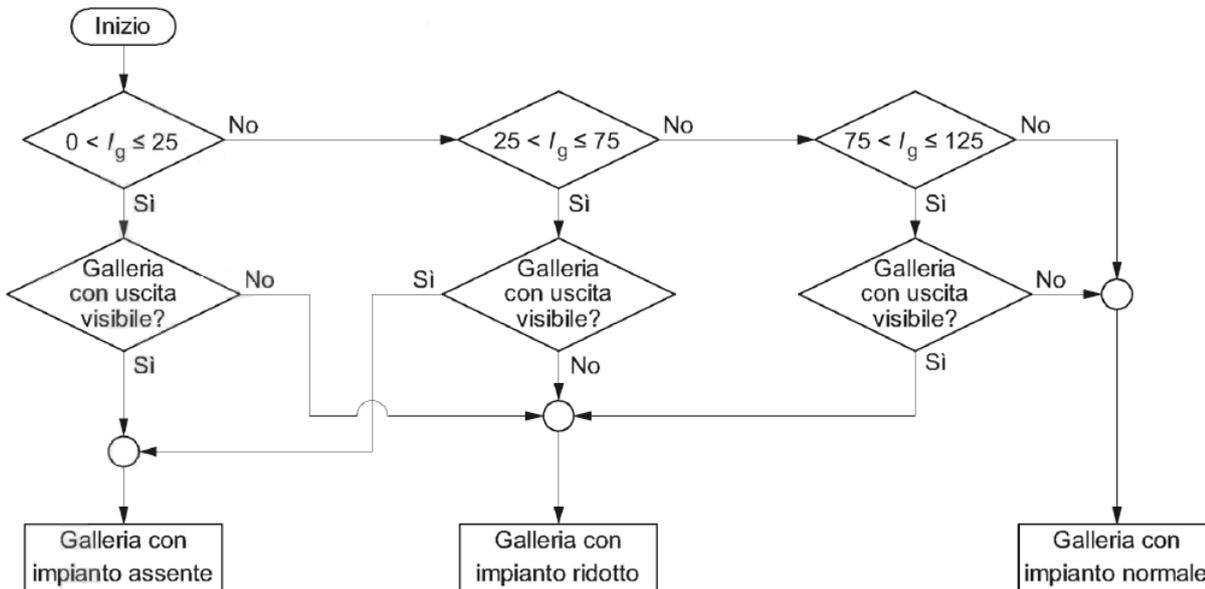
Le cassette di derivazione per l'alimentazione dei corpi illuminanti in galleria devono avere un grado di protezione non inferiore a IP 65 secondo CEI EN 60529 ed adeguato grado di resistenza agli urti. Il contenitore deve essere dotato di una base portafusibile precablata alla derivazione, idonea alla protezione della fase di alimentazione del corpo illuminante.

La messa a terra deve essere assicurata mediante morsetto.

Il materiale di costruzione dovrà essere acciaio INOX AISI 304. L'alimentazione al corpo illuminante deve avvenire attraverso presa CEE 2P+T da 16 A con grado di protezione non inferiore a IP 65.

Per definire la tipologia di illuminazione di rinforzo da prevedere, si ricorre al diagramma decisionale riportato nella norma UNI 11095:2021.

figura 4 Diagramma decisionale per galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante (III)



Nel caso in esame, ci si trova nella situazione in è necessario realizzare una illuminazione di rinforzo completo, in virtù della lunghezza della galleria $L > 125$ m.

L'illuminazione di emergenza (o di riserva) deve consentire un regolare deflusso dei veicoli presenti all'interno della galleria in caso di fuori servizio dell'alimentazione elettrica ordinaria.

Le caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti dell'illuminazione di riserva sono le stesse della illuminazione ordinaria.

L'illuminazione permanente, comprensiva della zona interna, dovrà essere realizzata, con lampade con sorgenti Led ad ottica simmetrica.

L'illuminazione di emergenza all'interno delle gallerie aventi lunghezza superiore a 500m dovrà essere alimentata da un gruppo elettrogeno, comune eventualmente ad altri impianti, con autonomia di almeno 24 ore; dovrà essere inoltre prevista una alimentazione elettrica in continuità assoluta dedicata, costituita da un sistema UPS che sostenga per almeno 30 minuti l'impianto di illuminazione.

L'illuminazione di emergenza, invece, all'interno delle gallerie aventi lunghezza inferiore a 500m dovrà essere alimentata dal solo sistema UPS.

Tutti i corpi illuminanti impiegati saranno a Led, aventi le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- corpo in alluminio pressofuso;
- ottica asimmetrica (rinforzo) o simmetrica (permanente);
- tecnologia ad onde radio;
- classe di isolamento II;
- grado di protezione IP66.

Nelle ore notturne la regolazione del flusso luminoso permetterà di diminuire tale valore a 1 cd/m^2 .

I corpi illuminanti che costituiscono l'illuminazione permanente saranno alimentati tramite UPS (autonomia 30 minuti), al fine di garantire, in condizioni di assenza di tensione da parte dell'Ente Erogatore, la continuità di servizio dell'impianto in oggetto.

PROGETTAZIONE ATI:

È inoltre presente un impianto di illuminazione di evacuazione, che costituisce una guida luminosa verso le uscite all'esterno, tramite gli imbocchi della galleria, la cui funzionalità non viene pregiudicata dai fumi generati da un eventuale incendio all'interno del tunnel.

Nel caso specifico, l'impianto risulterà costituito da apparecchi segnalatori di tipo a parete, costituiti da "picchetti" a diodi LED luminosi, disposti su più lati del picchetto, posti ad un'altezza pari a circa 90 cm e passo 10 m lungo l'intero sviluppo della galleria; tale modalità di installazione garantisce, sul piano stradale, un livello medio di illuminamento, in una zona di almeno 90 cm lungo i piedritti del tunnel, pari a 5 lux con valore minimo pari a 2 lux. Tali valori si prescrivono limitatamente alle due banchine lungo i piedritti del tunnel, in quanto solo esse vengono considerate come probabile via di fuga a piedi per gli automobilisti lungo il tunnel. Si precisa che i livelli di illuminamento sopra menzionati trovano rispondenza con il valore prescritto nelle "Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali ANAS".

Una canalizzazione chiusa, posata lungo il new jersey, avrà lo scopo di contenere le dorsali di alimentazione dei picchetti (costituite da cavi di tipo FTG18(O)M16 resistenti al fuoco e alimentati dal quadro più vicino) e delle relative muffole o giunti passanti di derivazione.

L'illuminazione di evacuazione potrà essere normalmente spenta e accesa in caso di incendio o pericolo, con lo scopo di fornire una guida luminosa agli utenti, visibilità pessima od un guasto all'illuminazione principale; in alternativa, potrà essere permanentemente accesa ad un livello di luminanza ridotto rispetto al livello massimo attuato in situazione di emergenza. Infine, in determinate situazioni (ad esempio, durante le operazioni di manutenzione), gli apparecchi potranno essere automaticamente, tramite il sistema di supervisione, impostati su lampeggio per avere, da parte degli utenti, la massima attenzione durante la percorrenza del tunnel.

Per quanto riguarda l'illuminazione esterna, la categoria illuminotecnica di progetto risulta essere la ME3, con i seguenti requisiti illuminotecnici;

prospetto 1 **Categorie illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_o [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$R_{EI}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

- a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.
- b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- c) I valori indicati nella colonna f_{T1} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.
- d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Per l'illuminazione delle rotonde, le prestazioni illuminotecniche da garantire sono invece quelle relative alla categoria C2:

prospetto 2 **Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale**

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Il calcolo illuminotecnico di dimensionamento e le caratteristiche specifiche degli elementi dell'impianto saranno poi sviluppati nell'apposita relazione tecnica e nel disciplinare.

Per quanto attiene la ventilazione meccanica delle gallerie, questa viene dimensionata in modo da assicurare condizioni di benessere fisiologico agli utenti presenti in galleria, mediante una ventilazione sanitaria in grado di mantenere:

- le condizioni degli inquinanti di riferimento (CO, NO_x) al disotto dei valori stabiliti dalle raccomandazioni del PIARC (Permanent International Associations of Road Congressess);
- una buona visibilità in galleria, controllando l'opacità (OP) dell'aria, in modo da diluire sia i fumi emessi dai motori diesel sia il particolato, dovuto all'usura del manto stradale, degli pneumatici e dei freni, al disotto dei valori stabiliti dalle raccomandazioni del PIARC.

Per quanto attiene la sicurezza in caso di incendio, trattandosi di galleria a singolo fornice a traffico bidirezionale e con ventilazione meccanica longitudinale, l'impianto di ventilazione è stato proporzionato per evitare velocità critiche di riflusso dei fumi (back-layering), verso zone occupate da veicoli fermi, sia per ventilare la galleria con traffico bloccato a monte dell'incendio.

A tal fine l'impianto prevede un numero adeguato di ventilatori assiali ad induzione, posti in volta, in grado di garantire una idonea portata di ventilazione sanitaria ed una velocità longitudinale dell'aria in caso di incendio con veicoli bloccati in galleria a monte dell'incendio.

I ventilatori assiali previsti sono idonei a funzionare ad elevate temperature, fino a 400 °C per 2 ore. In caso di incendio è essenziale fermare i veicoli prima del loro ingresso in galleria, nonché i veicoli presenti in galleria e diretti verso l'incendio con semafori al rosso, e PMV (pannelli a messaggio variabile) in modo da evitare che i veicoli stessi pervengano nella zona dell'incendio. I veicoli a valle dell'incendio debbono essere fatti defluire dalla galleria.

Tali operazioni vengono eseguite in modo automatico dal sistema di Automazione PLC della galleria.

In merito alla dotazione antincendio, al fine di combattere efficacemente l'eventuale insorgere di incendi all'interno delle gallerie di lunghezza superiore a 500 m, sarà realizzato un impianto di spegnimento incendi fisso ad acqua costituito da idranti UNI 45 e UNI 70, alimentati mediante una rete di distribuzione idrica ad unico anello, realizzata mediante tubazioni in polietilene PE 100 PFA 16.

L'impianto è composto da:

- vasca di riserva idrica con capacità pari ad almeno 100 m³, dimensionata al fine di garantire un'autonomia per più di 2 ore di erogazione;
- gruppo di pressurizzazione composto da una elettropompa principale di spinta e da una motopompa secondaria;
- elettropompa pilota;
- rete di distribuzione a maglia costituita da una tubazione PeAD, con giunti a manicotto, alloggiata al di sotto dei marciapiedi della carreggiata;
- idranti UNI45 in galleria e UNI 70 agli imbocchi e in coincidenza delle piazzole di sosta interne alle gallerie;
- attacchi autopompa VVF;
- saracinesche di intercettazione.

L'impianto è stato dimensionato considerando una contemporaneità di n° 4 idranti UNI 45 e un idrante UNI 70, per una portata complessiva di 780 l/min, in ottemperanza a quanto indicato nelle Linee guida di ANAS per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali.

Il calcolo idrico di dimensionamento e le caratteristiche specifiche degli elementi dell'impianto sono sviluppati nell'apposita relazione tecnica e nel disciplinare.

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto riguarda le caratteristiche degli altri impianti (sistema di videocontrollo, impianto di segnaletica luminosa, sistema di rilevazione incendi, radiotrasmissione, controllo automazione e supervisione), esse saranno esplicitate nel dettaglio nella relazione tecnica, nel disciplinare e nelle tavole relative.

16. COSTI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA

In accordo con gli standard e le procedure vigenti in ANAS per la definizione dei costi sono stati sviluppati i computi utilizzando l'Elenco Prezzi ANAS 2023 rev.2. Lo stesso elenco prezzi è stato utilizzato anche per la Stima dei Costi della Sicurezza.

PROGETTAZIONE ATI: