



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

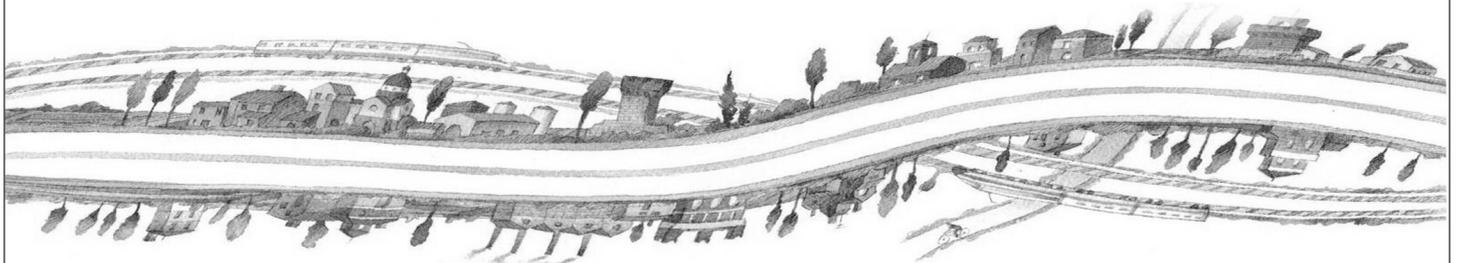
## PROGETTO DEFINITIVO

ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE

PARTE GENERALE

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE



IL PROGETTISTA

PIACENTINI INGEGNERI S.r.l.  
Ing. Luca Piacentini  
Albo Ing. Bologna n° 4152



RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	Emissione				Vacca	Piacentini	Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
0871	PD	0	000	00000	0	SD	RT	01	A	-



<b>1. PARTE GENERALE</b>	<b>6</b>
1.1. INTRODUZIONE	6
1.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	6
1.3. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO	7
1.3.1. <i>Studio di traffico</i> .....	7
1.3.1.1 Contestualizzazione	7
1.3.1.2 Impostazione e scenari analizzati	8
1.3.1.3 Domanda di traffico	9
1.3.1.4 Condizioni di servizio	12
1.3.1.5 Variazioni nella distribuzione dei flussi di traffico	18
1.3.2. <i>Topografia</i> .....	23
1.3.2.1 Rilievi topografici	23
1.3.2.2 Cartografia	34
1.3.3. <i>Geologia e idrogeologia</i> .....	36
1.3.3.1 Geologia e geomorfologia	36
1.3.3.2 Idrogeologia	39
1.3.4. <i>Geotecnica</i> .....	42
1.3.4.1 Caratterizzazione stratigrafica e unità di riferimento	43
1.3.4.2 Verifiche geotecniche e problematiche progettuali	44
1.3.5. <i>Idrologia e idraulica</i> .....	49
1.3.5.1 Indagini pluviometriche	49
1.3.5.2 Analisi idrologiche	53
1.3.5.3 Idrografia	56
1.3.6. <i>Sismica</i> .....	58
<b>2. PROGETTO AUTOSTRADALE E VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO</b>	<b>60</b>
2.1. TRACCIATO AUTOSTRADALE – CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE	60
2.1.1. <i>Andamento piano-altimetrico</i> .....	60
2.1.1.1 Asse autostradale	60

2.1.1.2	Interconnessione con A22	70
2.1.1.3	Interconnessione con A13	72
2.1.1.4	Svincolo di Ferrara Sud	74
2.1.1.5	Svincoli di autostazione	76
2.1.1.6	Viabilità interferite e rete poderale	78
2.1.1.7	Piste ciclabili	82
2.1.2.	<i>Organizzazione della piattaforma stradale PIACENTINI</i> .....	82
2.1.2.1	Asse autostradale	82
2.1.2.2	Interconnessioni	86
2.1.2.3	Svincoli di autostazione	91
2.1.2.4	Svincolo di Ferrara sud	93
2.1.2.5	Viabilità interferite e rete poderale	96
2.1.2.6	Piste ciclabili	99
2.1.3.	<i>Pavimentazioni</i> .....	99
2.1.3.1	Asse autostradale	99
2.1.3.2	Interconnessioni e svincoli	103
2.1.3.3	Viabilità interferite e rete poderale	106
2.1.3.4	Piste ciclabili	111
2.1.4.	<i>Barriere di sicurezza</i> .....	111
2.1.4.1	Asse autostradale	111
2.1.4.2	Interconnessioni	115
2.1.4.3	Svincoli di autostazione	115
2.1.4.4	Svincolo di Ferrara sud	116
2.1.5.	<i>Segnaletica Stradale</i> .....	116
2.1.5.1	Asse autostradale	116
2.1.5.2	Interconnessioni e svincoli	117
2.1.5.3	Viabilità interferite e rete poderale PIACENTINI/P.S.U./ALPINA (da PP)	118
2.1.5.4	Piste ciclabili	118
2.1.6.	<i>Viabilità treno neve e accessi di emergenza</i> .....	118
2.2.	IDRAULICA DI PIATTAFORMA	119

2.2.1.	<i>Drenaggio delle acque di piattaforma autostradale</i> .....	119
2.2.1.1	Criteri generali	119
2.2.1.2	Analisi idrologiche	122
2.2.1.3	Sistemi di raccolta ed evacuazione	122
2.2.1.4	Trattamento delle acque di piattaforma autostradale	126
2.2.2.	<i>Drenaggio acque di piattaforma viabilità interferita</i> .....	128
2.2.2.1	Viabilità in rilevato	128
2.2.2.2	Viabilità in trincea	129
2.3.	<b>OPERE D'ARTE</b>	130
2.3.1.	<i>Viadotti e Cavalcavia</i> .....	130
2.3.1.1	AVI01 – Viadotto F.S. Bologna-Verona	131
2.3.1.2	AVI03 – Viadotto F.S. Bologna-Padova	132
2.3.1.3	AVI04 – Viadotto su autostrada A13	133
2.3.1.4	AVI05 – Viadotto su s.p. n.43 Maestra Grande (partecipanza)	134
2.3.1.5	AVI06 – Viadotto su s.p. n.413 Romana (Novi)	134
2.3.1.6	IVI01 – Interconnessione A22 – Viadotto rampa nord-est su F.S. Verona-Modena	134
2.3.1.7	IVI02 – Interconnessione A22 – Viadotto rampa est-sud su autostrada A22	135
2.3.1.8	ICV02 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa sud-ovest	135
2.3.1.9	ICV03 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa Nord-est	136
2.3.1.10	ICV04 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa Ovest-Nord	137
2.3.2.	<i>Ponti</i> .....	137
2.3.2.1	APO01 – Ponte sul Cavo Parmigiana-Moglia e Collettore Acque Basse Reggiane	138
2.3.2.2	APO02 – Ponte sul Canale Resega	139
2.3.2.3	APO03 – Ponte sul Canale Acque Basse Modenesi	141
2.3.2.4	APO04 – Ponte sul Cavo Lama	141
2.3.2.5	APO05 – Ponte sul Fiume Secchia	142
2.3.2.6	APO06 – Ponte sul Canale Sabbioncello	143
2.3.2.7	APO07 – Ponte sul Canale Diversivo Burana I	143
2.3.2.8	APO08 – Ponte sul Canale Cavezzo	144
2.3.2.9	APO09 – Ponte sul Canale Burana II	145

2.3.2.10	APO10 – Ponte sul Canale Diversivo Burana III e S.P. n.468	145
2.3.2.11	APO11 – Ponte sul Cavo Vallicella	146
2.3.2.12	APO12 – Ponte sul Fiume Panaro	146
2.3.2.13	APO13 – Ponte sul Canale Collettore Acque Alte (Foscaglia)	147
2.3.2.14	APO14 – Ponte sul Canale Emissario Acque Basse (Palata Reno)	148
2.3.2.15	APO15 – Ponte sul Condotto Generale	148
2.3.2.16	APO16 – Ponte sul Canale di Cento	149
2.3.2.17	APO17 – Ponte sul Canale Angelino	150
2.3.2.18	APO18 – Ponte sullo Scolmatore fiume Reno	150
2.3.2.19	APO19 – Ponte sullo Scolo Riolo	151
2.3.2.20	APO21 – Ponte sullo Scolo Principale Superiore (Aldrovandi)	151
2.3.2.21	IPO01 – Interconnessione con A22 – Allargamento Ponte su Parmigiana- Moglia	152
2.3.2.22	IPO02 – Interconnessione con A22 – Allargamento Ponte su Cavo Acque Basse Reggiane	152
2.3.2.23	SPO01 – Svincolo Autostazione S.Felice sul Panaro/Finale Emilia – Ponte sul Canale Diversivo Burana IV	153
<b>2.3.3.</b>	<b><i>Trincee e gallerie artificiali</i></b> .....	<b>153</b>
2.3.3.1	Interconnessione A22 - Gallerie e trincee confinate assi IRA03 e IRA04	154
2.3.3.2	Viabilità interferita: Trincea confinata S.P. n.43 Maestra Grande	159
2.3.3.3	Asse autostradale: Trincea confinata e cavalcavia San Giacomo Roncole	162
<b>2.3.4.</b>	<b><i>Sottopassi</i></b> .....	<b>166</b>
<b>2.3.5.</b>	<b><i>Opere d'arte minori</i></b> .....	<b>168</b>
2.3.5.1	Tombini scatolari	169
2.3.5.2	Tombini circolari	176
2.3.5.3	Manufatti idraulici	176

## **1. PARTE GENERALE**

---

### **1.1. INTRODUZIONE**

---

Il presente documento riguarda le principali informazioni relative alla progettazione stradale dell'asse Autostradale, degli Svincoli e delle Viabilità interferite e di collegamento previste nell'ambito del progetto definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara sud sulla A13.

### **1.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

---

Il quadro normativo di riferimento adottato per la redazione del Progetto Definitivo e dello SIA è raccolto nell'elaborato: "PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_KT\_01\_A Elenco delle Normative di Riferimento".

## 1.3. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

---

### 1.3.1. Studio di traffico

#### 1.3.1.1 Contestualizzazione

L'autostrada Cispadana nasce dall'esigenza di raccogliere e soddisfare le istanze sociali, economiche ed ambientali delle Province e dei Comuni situati nel corridoio emiliano parallelo al fiume Po, tra Ferrara e Parma.

Questa infrastruttura infatti, risulta essere il completamento necessario per integrare una maglia stradale piuttosto carente sulla trasversale Est-Ovest, servita principalmente dalla Via Emilia e dall'asse autostradale A1 che, nonostante la recente realizzazione della quarta corsia, risulta comunque carico.

Oltre a servire una mobilità di attraversamento, ponendosi come collegamento tra le due arterie autostradali A22 e A13, la Cispadana attraversa anche un territorio urbanizzato e ricco di attività produttive, in grado di trarre notevoli vantaggi da un collegamento più diretto alla rete autostradale.

La rete autostradale che attraversa l'area di studio e si interconnette con la nuova Autostrada Regionale Cispadana è formata dalla A1 Bologna-Milano, la A13 Bologna-Padova e la A22 del Brennero. Le dinamiche della mobilità sulla rete sono state analizzate nel dettaglio nello studio di traffico allegato.

Per quanto riguarda la viabilità ordinaria, le principali arterie sono le strade statali: la SS12 dell'Abetone e la SS64 Porrettana in direzione Nord-Sud e la SS9 via Emilia in direzione Est-Ovest. Pur costituendo una maglia stradale importante tali infrastrutture non rappresentano un'alternativa all'itinerario Cispadano, anzi sottolineano la mancanza di una chiusura della maglia a Nord della Via Emilia.

Attualmente non esiste infatti un percorso trasversale diretto tra la A22 e la A13, ma vi è un itinerario costituito dalle strade provinciali SP8, SP9, SP468 e SP67 che collegano i centri abitati di Novi di Modena, Concordia sulla Secchia, Mirandola, Massa Finalese, Finale Emilia e Vigarano Mainarda.

Tuttavia tale itinerario risente del fatto che, essendo costituito da infrastrutture di rango minore (in generale di categoria C1-C2) e attraversando diversi centri abitati, garantisce velocità di percorrenza decisamente ridotte e bassi livelli di sicurezza.

La principale alternativa rispetto all'itinerario Cispadano rimane quindi l'Autostrada A1 nel tratto Bologna-Modena che però presenta traffico intenso durante diverse ore di punta nell'arco della giornata.



**Figura 1.3-1 Mappa stradale dell'area di studio**

### 1.3.1.2 Impostazione e scenari analizzati

Le valutazioni di traffico effettuate nello studio trasportistico allegato al Progetto Definitivo sono state sviluppate adottando una metodologia di analisi consolidata e conforme alla letteratura di settore.

Inizialmente è stata analizzata la domanda di mobilità attuale che interessa l'area di studio per ricostruire le dinamiche che attualmente interessano il territorio che verrà attraversato dalla nuova infrastruttura autostradale. Sono stati quindi considerati i traffici di tipo autostradale rilevati dalle Società Concessionarie e i traffici sulla viabilità locale rilevati dalle postazioni automatiche della Regione Emilia-Romagna. Ad integrazione di tali dati è stata condotta una specifica campagna di indagine con rilevamenti automatici e manuali.

E' stato quindi implementato un modello di simulazione dei flussi di traffico in grado di rappresentare la mobilità che attualmente interessa il territorio, opportunamente calibrato con i flussi di traffico a disposizione.

Sono quindi state considerate le evoluzioni sia della domanda che dell'offerta all'apertura dell'infrastruttura (2017) e nel medio-lungo termine (2021 e 2030), determinando i flussi di traffico previsti sull'Autostrada Regionale Cispadana e sulle viabilità di collegamento in progetto e su tutta l'area di studio interessata dalla realizzazione della nuova infrastruttura.

Per la stima dei fattori di crescita della domanda, soprattutto in paesi con indici di motorizzazione elevati e prossimi alla saturazione come l'Italia, è prassi comune utilizzare modelli di crescita che mettono in relazione

la mobilità (auto e mezzi pesanti) con fattori macroeconomici quali PIL, PIL pro capite, indice dei prezzi al consumo.

Tuttavia, dalla seconda metà del 2008, gli effetti della crisi finanziaria sull'economia reale hanno in qualche modo segnato un momento di rottura dei modelli di crescita "tradizionali" e costretto ad analizzare più nel dettaglio alcune anomalie osservate per cercare di proiettarne gli effetti nel breve termine.

Dopo un forte calo del traffico pesante nel biennio 2008-2009, nel 2010 c'è stata una generale ripresa del traffico pesante, confermata anche dai primi dati del 2011. I veicoli leggeri, dopo aver sostanzialmente retto la prima ondata di crisi, nel 2011, a causa anche di un aumento inaspettato dell'IVA e delle accise sui carburanti stanno subendo un evidente rallentamento nella loro crescita.

Sembra quindi evidente che saranno comunque necessari diversi anni prima di riattestarsi sui livelli di crescita osservati prima del 2007 in quanto la ripresa della mobilità è strettamente collegata alla crescita economica del paese e delle regioni attraversate dalla nuova infrastruttura per le quali, allo stesso tempo, è anche fattore trainante di tale crescita.

Sono stati quindi ipotizzati due trend di crescita della domanda di trasporto: Basso e Alto. Lo scenario Basso si caratterizza per un calo della domanda nel 2012 e prima metà del 2013 e per una ripresa più lenta negli anni 2014-2016 che porta il traffico a livelli inferiori rispetto a quelli prevedibili seguendo il trend registrato negli anni 1995-2010.

Lo scenario Alto, invece, ipotizza una moderata crescita nei prossimi anni prevedendo quindi un ritorno a valori equivalenti a quelli del trend attuale dopo il 2030.

#### 1.3.1.3 Domanda di traffico

Per un principio di cautela lo Scenario Alto è stato adottato per definire gli elementi trasportistici alla base della progettazione (dimensionamento infrastrutture, pavimentazione, verifica livelli di servizio, emissioni inquinanti, ecc..).

Sempre per il medesimo criterio cautelativo, lo Scenario Basso, invece, è stato adottato per l'analisi costi-benefici e la valutazione dell'efficacia trasportistica della nuova infrastruttura.

I valori di traffico previsto per le singole tratte dell'Autostrada Regionale Cispadana sono riportati nelle tabelle sotto, sia per lo Scenario Basso che per lo Scenario Alto relativamente al giorno medio annuale all'apertura dell'infrastruttura (2017) e nello scenario a lungo termine (2030) utilizzato per il dimensionamento dell'infrastruttura.

<b>Tratta</b>	<b>Lungh - (km)</b>	<b>Auto</b>	<b>Pesanti</b>	<b>Totale</b>	<b>Totale equivalenti</b>
A22-Concordia	15,03	15.700	3.700	19.400	23.100
Concordia-San Felice	16,60	14.000	2.900	16.900	19.800

Tratta	Lungh. (km)	Auto	Pesanti	Totale	Totale equivalenti
San Felice-Cento	13,10	14.000	4.600	18.600	23.200
Cento-Poggio Renatico	10,35	16.300	4.800	21.100	25.900
Poggio Renatico-A13	10,33	20.800	6.300	27.100	33.400
A13-Barriera Ferrara Sud	2,32	15.800	7.400	23.200	30.600
VTGM totale	67,73	15.800	4.400	20.200	24.600

**Tabella 1.3-1 Scenario 2017 basso – Traffico Medio Giornaliero Annuo**

Tratta	km	Auto	Pesanti	Totale	Totale equivalenti
A22-Concordia	15,03	18.100	4.900	23.000	27.900
Concordia-San Felice	16,60	16.500	3.900	20.400	24.300
San Felice-Cento	13,10	16.300	5.600	21.900	27.500
Cento-Poggio Renatico	10,35	18.700	6.000	24.700	30.700
Poggio Renatico-A13	10,33	23.400	7.400	30.800	38.200
A13-Barriera Ferrara Sud	2,32	18.200	8.400	26.600	35.000
VTGM totale	67,73	18.300	5.500	23.800	29.300

**Tabella 1.3-2 Scenario 2017 alto – Traffico Medio Giornaliero Annuo**

All'entrata in esercizio nel 2017 si prevede che l'autostrada abbia un traffico medio giornaliero annuo tra i 20.000 e i 24.000 veicoli e una percentuale di traffico pesante pari al 22%-23%.

Le tratte più cariche risulta quella da Poggio Renatico a Ferrara con punte di quasi 31.000 veicoli/giorno, dovuta al fatto che, nell'ora di punta del mattino, la maggior parte degli spostamenti è diretta a Ferrara.

Tratta	Lungh. (km)	Auto	Pesanti	Totale	Totale equivalenti
A22-Concordia	15,03	31.200	10.700	41.900	52.600

Tratta	Lungh. (km)	Auto	Pesanti	Totale	Totale equivalenti
Concordia-San Felice	16,60	29.500	9.100	38.600	47.700
San Felice-Cento	13,10	27.700	11.300	39.000	50.300
Cento-Poggio Renatico	10,35	30.800	12.200	43.000	55.200
Poggio Renatico-A13	10,33	36.900	13.900	50.800	64.700
A13-Barriera Ferrara Sud	2,32	35.300	19.200	54.500	73.700
<b>VTGM totale</b>	<b>67,73</b>	<b>31.100</b>	<b>11.400</b>	<b>42.500</b>	<b>53.900</b>

**Tabella 1.3-3 Scenario 2030 basso – Traffico Medio Giornaliero Annuo**

Tratta	km	Auto	Pesanti	Totale	Totale equivalenti
A22-Concordia	15,03	33.100	11.600	44.700	56.300
Concordia-San Felice	16,60	30.200	10.100	40.300	50.400
San Felice-Cento	13,10	28.500	12.200	40.700	52.900
Cento-Poggio Renatico	10,35	31.200	13.000	44.200	57.200
Poggio Renatico-A13	10,33	37.000	14.500	51.500	66.000
A13-Barriera Ferrara Sud	2,32	36.500	19.300	55.800	75.100
<b>VTGM totale</b>	<b>67,73</b>	<b>31.900</b>	<b>12.300</b>	<b>44.200</b>	<b>56.500</b>

**Tabella 1.3-4 Scenario 2030 alto – Traffico Medio Giornaliero Annuo**

Importante sottolineare che nel lungo termine (2030), lo scenario infrastrutturale cambia radicalmente con il completamento del tratto Emiliano-Romagnolo della E55 tra Cesena e Mestre e la riqualificazione della Ferrara-Porto Garibaldi che potenziano ulteriormente il ruolo dell'Autostrada Regionale Cispadana come collegamento tra il traffico proveniente dall'Autostrada del Brennero A22 e il versante adriatico.

A questo orizzonte temporale infatti aumenta notevolmente il traffico sulla tratta tra la A13 e la barriera di Ferrara Sud, indice di un traffico che utilizzerà poi la Ferrara-Porto Garibaldi per raggiungere il versante adriatico. Il traffico medio giornaliero annuo al 2030 risulta pari a circa 42.000 - 44.000 veicoli con una percentuale di traffico pesante del 27%-28%.

All'entrata in esercizio nel 2017 il traffico che interessa l'Autostrada Regionale Cispadana è composto dal 44% di traffico locale il cui itinerario si esaurisce all'interno dell'asse cispadano, entrando ed uscendo ad un

casello della nuova infrastruttura, mentre il rimanente traffico è in parte di scambio (24%) e in parte di lunga percorrenza (32%), prevalentemente autostradale.

La quota di traffico autostradale aumenta poi nello scenario 2021 quando si completa la rete autostradale e l'itinerario cispadano diventa più attrattivo per gli spostamenti tra la A22 e la costa adriatica.

Tipologia	Composizione traffico 2017
Locale	44%
Scambio	24%
Attraversamento	32%

**Tabella 1.3-5 Tipologia di traffico**

#### 1.3.1.4 Condizioni di servizio

La verifica generale del livello di funzionalità dei singoli archi stradali è stata effettuata mettendo a confronto la domanda di traffico prevista con la capacità di deflusso oraria espressa in veicoli equivalenti.

La verifica è stata effettuata dall'apertura dell'Autostrada Regionale Cispadana (2017) fino all'anno 2030, mediante l'utilizzo di tre scenari (2017, 2021 e 2030), in corrispondenza dei quali sono stati stimati i flussi di traffico relativamente all'ora di punta del mattino, che rappresenta il momento in cui la rete è più congestionata.

La capacità massima oraria di una strada dipende dalla tipologia di strada e l'efficienza di un ramo stradale viene definita attraverso la valutazione dell'indice di saturazione, che rappresenta il rapporto tra il flusso orario di traffico e la capacità massima della tratta stradale. Tanto più il flusso di traffico si avvicina alla capacità, tanto più risulteranno critiche le condizioni del deflusso. In generale si considera accettabile un livello di saturazione inferiore al 77%.

Per rappresentare le condizioni di deflusso della rete è stato adottato il livello di servizio (LOS, *Level of Service*), un indicatore che definisce 6 diverse condizioni di traffico, da una situazione in cui la circolazione dei veicoli è completamente libera (LOS A) alla situazione di traffico bloccato (LOS F). Le definizioni del *Highway Capacity Manual* (HCM 2000) sono le seguenti:

- LoS A: circolazione libera, cioè ogni veicolo si muove senza alcun vincolo ed in libertà assoluta di manovra nella corrente del traffico;
- LoS B: il tipo di circolazione può considerarsi ancora libera ma si verifica una modesta riduzione nella velocità e le manovre cominciano a risentire della presenza degli altri utenti;
- LoS C: la presenza degli altri veicoli determina vincoli sempre maggiori nel mantenere la velocità desiderata e nella libertà di manovra: si riduce il comfort ma il flusso è ancora stabile;

- LoS D: si restringe il campo di scelta della velocità e la libertà di manovra; si ha elevata densità ed insorgono problemi di disturbo: il comfort si abbassa ed il flusso può divenire instabile;
- LoS E: il flusso si avvicina al limite della capacità compatibile con l'arteria e si riducono la velocità e la libertà di manovra: il flusso diviene instabile in quanto anche modeste perturbazioni possono causare fenomeni di congestione;
- LoS F: flusso forzato: il volume veicolare smaltibile si abbassa insieme alla velocità; si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino all'insorgere di forti fenomeni di accodamento.

La normativa italiana in materia (D.M. 5/11/2001) prevede che tutte le strade di categoria A (autostrade), vengano progettate in modo tale da garantire un livello di servizio pari a B per l'asse autostradale e C per le rampe, mentre per le strade di categoria C ed F deve essere garantito un livello di servizio pari a C, senza tuttavia specificare per quanti anni dopo l'apertura questo LOS debba essere mantenuto.

Pertanto, per la verifica delle singole sezioni stradali si è assunto come livello di riferimento il LOS C al 2017 ed in seguito si è verificato fino a quando tale livello di servizio venisse mantenuto dall'infrastruttura in esame. In ogni caso, si è verificato che il LOS non scendesse mai sotto il livello D, oltre il quale iniziano a insorgere problemi di stabilità nelle condizioni di circolazione e possono verificarsi fenomeni di congestione.

Dato che la verifica è stata condotta sull'ora di punta del mattino, in caso di criticità si è proceduto ad analizzare il livello di servizio sull'intera giornata, per verificare che la maggior parte delle ore diurne garantissero comunque buone condizioni di circolazione.

La stima dei volumi massimi orari per ogni livello di servizio è stata dedotta dall'HCM 2000 per ogni tipologia di strada.

<b>Parametri prestazionali</b>	<b>Livello A</b>	<b>Livello B</b>	<b>Livello C</b>	<b>Livello D</b>	<b>Livello E</b>	<b>Livello F</b>
Massimo indice di saturazione	36%	55%	77%	91%	100%	>100%
Massimo flusso orario per corsia	800	1200	1700	2000	2200	>2200

**Tabella 1.3-6 Definizione Dei Livelli Di Servizio Di Un'autostrada (Hcm 2000)**

I livelli di servizio adottati per la rete autostradale sono cautelativi rispetto a quanto suggerito dall'HCM che prevede una capacità massima di 2.400 veicoli equivalenti/ora per corsia sulle autostrade con velocità a flusso libero di 120 km/h.

<b>Massimo flusso orario bidirezionale</b>	<b>Livello A</b>	<b>Livello B</b>	<b>Livello C</b>	<b>Livello D</b>	<b>Livello E</b>	<b>Livello F</b>

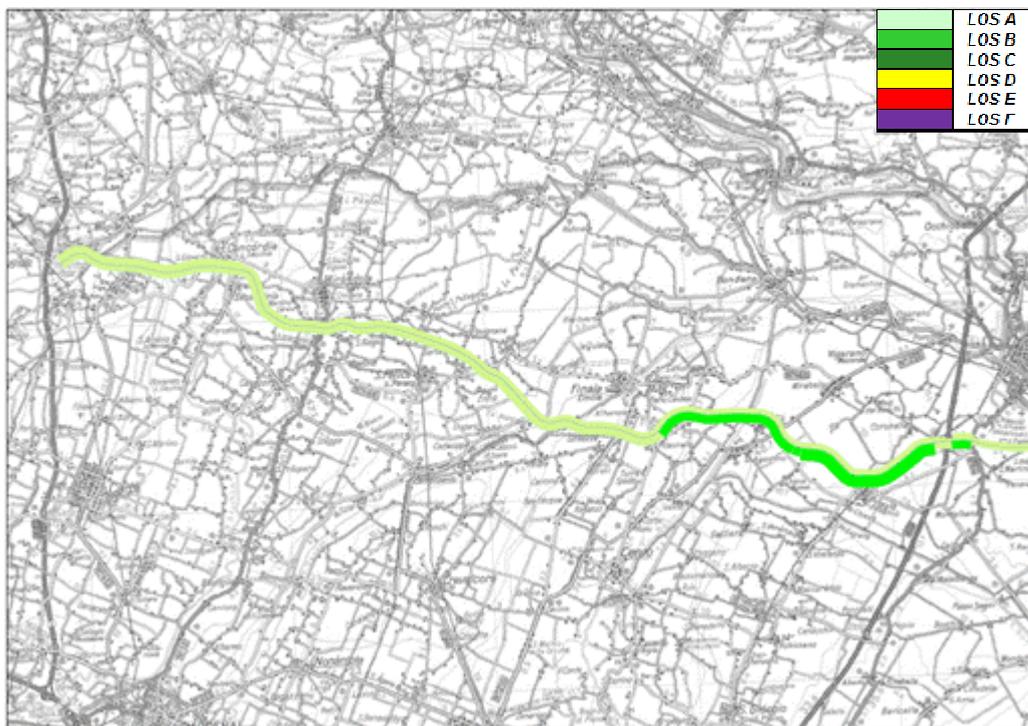
Massimo flusso orario bidirezionale	Livello A	Livello B	Livello C	Livello D	Livello E	Livello F
Categoria C	490	780	1200	1800	3200	>3200
Categoria F	400	600	900	1400	2400	>2400

**Tabella 1.3-7 Definizione dei livelli di servizio di una strada extraurbana (elaborazioni su dati HCM 2000)**

I livelli di servizio per la viabilità ordinaria fanno riferimento alle strade definite “two lanes – highways” nell’HCM 2000, queste strade infatti presentano caratteristiche simili alla categoria C secondo la normativa italiana. Si fa notare che per tali strade, ad una corsia per senso di marcia, l’HCM suggerisce un valore di traffico orario bidirezionale e non monodirezionale sul quale calcolare il livello di servizio. Quindi tutti i valori riportati si riferiscono al traffico bidirezionale.

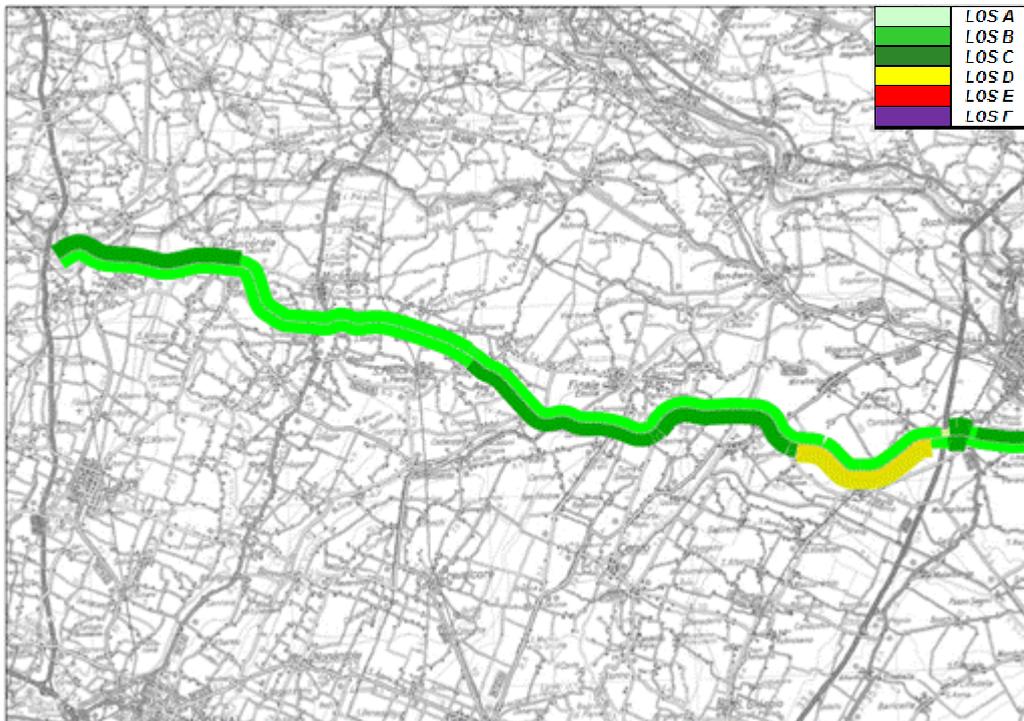
I valori per la categoria F, non essendo presenti riferimenti nel manuale HCM, sono stati dedotti considerando la capacità massima pari al 75% di una categoria C.

L’analisi sull’Autostrada Regionale Cispadana e sulle rampe e interconnessioni con la viabilità ordinaria e autostradale non ha evidenziato problemi. Al 2017, anno di apertura della nuova infrastruttura, non si riscontrano criticità, in quanto come richiesto dal D.M. 5/11/2001 il livello di servizio si mantiene sempre entro il livello B.



**Figura 1.3-2** Livelli di servizio 2017 – ora di punta del giorno feriale medio invernale

Anche nell'orizzonte di lungo termine, al 2030, il livello di servizio sull'Autostrada Regionale Cispadana si mantiene buono e solo la tratta tra Poggio Renatico e l'interconnessione con la A13 e tra questa e lo svincolo di Ferrara Sud raggiunge il livello D. Considerando tuttavia che si tratta dell'ora di punta nello scenario di lungo termine e che durante la giornata il livello è il C, riteniamo sia accettabile.



**Figura 1.3-3 Livelli di Servizio 2030 – Ora di punta del giorno feriale medio invernale**

Sono stati verificati anche gli svincoli e le interconnessioni con le autostrade A22 e A13.

Al 2017 il livello di servizio massimo raggiunto è il B su tutti gli svincoli e interconnessioni con le autostrade. L'unica criticità si rileva sull'ingresso alla A22 direzione Sud da Cispadana Ovest, dove il livello di servizio è il C. Considerato però che tale livello si verifica solo nell'ora di punta, mentre durante la giornata il livello è sempre B, riteniamo accettabile anche il livello C che garantisce comunque condizioni di deflusso stabili.

Al 2030 si rileva qualche criticità nell'interconnessione tra la A22 e l'Autostrada Cispadana, sullo svincolo che collega la A22 Nord alla nuova autostrada e sull'immissione dalla Cispadana Ovest alla A22 in direzione Sud. Tuttavia tali criticità sono limitate alle ore di punta del mattino e della sera e quindi ritenute accettabili in uno scenario di lungo termine.

Tutti gli svincoli analizzati presso i quattro caselli autostradali presentano invece un livello di servizio A anche nell'orizzonte di lungo termine.

La verifica di funzionalità sulla viabilità di collegamento è stata condotta deducendo i livelli di servizio da quelli proposti dall'HCM 2000, che riteniamo comunque cautelativi in quanto il livello C è superato con un indice di saturazione del 38% rispetto al 77% delle autostrade.

Possiamo quindi affermare che la viabilità di nuova progettazione risulta verificata se presenta un livello inferiore al C all'anno di apertura (2017), cosa che si verifica sulla maggior parte delle strade in progetto.

Le uniche viabilità in cui si riscontra un livello D nell'ora di punta del mattino sono:

- C11 (ex FE-04) Tangenziale ovest di Ferrara.

Per tali viabilità è stata condotta un'analisi di dettaglio per verificare la funzionalità delle suddette strade durante l'arco della giornata. E' emerso che durante la maggior parte delle ore diurne viene comunque mantenuto il livello C.

Di conseguenza, pur sottolineando il fatto che nell'ora di punta, il traffico sulle viabilità D01, D02, D03 e C11 potrebbe diventare meno stabile nel corso degli anni, le categorie stradali presentate in sede di progetto preliminare possono essere considerate soddisfacenti.

Di seguito vengono riportate le tabelle con i valori di traffico e i livelli di servizio attesi sulle viabilità di collegamento.

Codice	Descrizione	SEZIONI TIPO	Livelli di servizio (Vet.Equiv./ora bid.)					Flusso di traffico (vet.ecq./ora)	Livello di servizio	Flusso di traffico (vet.ecq./ora)	Livello di servizio
			A	B	C	D	E	2017 - ora di punta	2030 - ora di punta		
C09 (FE-01)	Collegamento tra tratte B Bondeno Cento e tangenziale di Finale Emilia	C2	500	800	1.200	1.800	3.200	500	A	800	B
C10 (FE-03)	Completamento del sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico	C2	500	800	1.200	1.800	3.200	700	B	800	B
C11 (FE-04)	Tangenziale Ovest di Ferrara	C1	500	800	1.200	1.800	3.200	1.500	D	2.000	E
C03 (MO-02)	Variante sud all'abitato di Concordia sulla Secchia	C2	500	800	1.200	1.800	3.200	300	A	800	B
C05 (MO-04)	Raccordo tra la variante alla S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero" e Via di Mezzo - Comune di	C1	500	800	1.200	1.800	3.200	500	A	800	B
C07 (MO-06)	Collegamento allo svincolo di San Felice sul Panaro	C2	500	800	1.200	1.800	3.200	500	A	800	B
C08 (MO-07)	Collegamento tra la S.C. "Salde Entra" ed il polo industriale di Finale Emilia	C2	500	800	1.200	1.800	3.200	500	A	800	B

**Tabella 1.3-8 Viabilità di collegamento – verifica livelli di servizio**

C11 (FE-04)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Anno 2017	A	A	A	A	A	A	B	D	D	C	C	C	D	C	C	C	C	D	D	C	B	A	A	A
Anno 2030	A	A	A	A	A	A	B	E	E	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	D	C	B	A	A

**Tabella 1.3-9 Viabilità di collegamento – verifica livelli di servizio giornalieri**

#### 1.3.1.5 Variazioni nella distribuzione dei flussi di traffico

Per valutare come l'asse autostradale cispadano possa modificare le dinamiche della circolazione nell'area di studio, è significativo analizzare le differenze tra lo Scenario di Progetto e lo Scenario Programmatico ("Alternativa 0"), in cui si ipotizza che l'intervento non venga realizzato e la domanda di traffico segua la propria evoluzione. In questo caso lo Scenario Programmatico prevede la non realizzazione sia dell'Autostrada Regionale Cispadana, sia della viabilità di collegamento prevista.

Per valutare gli effetti della realizzazione dell'asse cispadano l'analisi è stata condotta al 2017, anno di apertura della nuova infrastruttura, e al 2030, orizzonte temporale di lungo termine.

Per ciascun orizzonte temporale, è stata ricavata la domanda di mobilità, in termini di veicoli leggeri e mezzi pesanti, transitante sulla rete stradale nell'ora di punta mattutina di un giorno feriale medio. La domanda di mobilità è espressa attraverso una matrice Origine/Destinazione e conta poco più di 400mila veicoli leggeri e 65mila veicoli pesanti al 2017, mentre nel 2030 i veicoli salgono rispettivamente a 540mila e 85mila.

La domanda è stata assegnata alla rete stradale, ricavando, attraverso un processo iterativo di equilibrio tra domanda ed offerta, il numero di veicoli che percorrono ciascun arco della rete nei quattro scenari individuati (Programmatico 2017, Progettuale 2017, Programmatico 2030 e Progettuale 2030).

Per stimare l'impatto della realizzazione dell'Autostrada Regionale Cispadana sulla rete stradale, sono state analizzate le differenze tra gli scenari programmatici e progettuali al 2017 e al 2030 come illustrato nelle Figure seguenti che rappresentano le Reti Differenza..

Queste Figure sono utili per comprendere l'effetto che, a parità di domanda (quindi a parità di spostamenti effettuati nell'ora di punta), comporterà la realizzazione della Cispadana. Gli archi evidenziati con barre rosse vedono un incremento dei flussi (ovviamente spicca la Cispadana e la viabilità complementare), mentre il colore verde identifica le tratte stradali caratterizzate da una diminuzione dei flussi dovuti all'effetto "drenante" della nuova autostrada.

Come si può osservare, i due orizzonti temporali offrono un comportamento pressoché simile in termini di aumento o diminuzione dei flussi; cambia invece l'entità in valore assoluto delle differenze, a causa dell'incremento di domanda ipotizzato nel 2030 rispetto al 2017.

Gli impatti della Cispadana si possono apprezzare a due scale diverse: localmente, sono osservabili principalmente sulle direttrici perpendicolari all'asse della nuova autostrada; mentre, ad una scala più ampia, gli effetti sono individuabili essenzialmente nella diminuzione di traffico sugli itinerari alternativi con direzione est-ovest.

Ad una macroscale, gli effetti positivi più significativi si possono apprezzare come detto lungo la viabilità parallela alla nuova autostrada. In particolare, una delle tratte maggiormente scaricate, a Sud della

Cispadana, risulta tutto l'asse autostradale che corre tra Cesena e Parma (A14 e A1), comprendendo il Passante di Bologna (in esercizio solo al 2030).

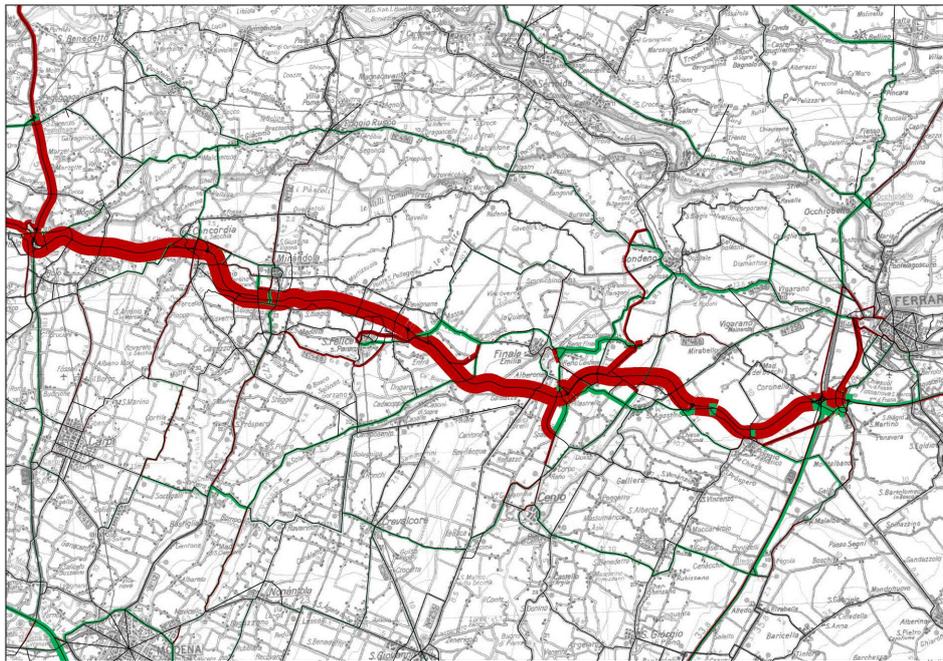
A Nord della nuova autostrada, risentono positivamente della Cispadana diverse direttrici in direzione Est-Ovest:

- Il collegamento tra Bondeno e Poggio Rusco attraverso la SP69 in Provincia di Ferrara e la successiva SS496 in territorio mantovano;
- Il collegamento tra Poggio Rusco e lo svincolo di Mantova Sud verso Nord Ovest che include per una tratta la SS 496 e poi la successiva SS413;
- le direttrici attorno a Pegognaga: la SS496 tra Poggio Rusco e Quistello, la SP44 tra San Giacomo delle Segnate e Moglia, la SP49 tra Pegognaga e Suzzara e l'esistente Cispadana a Nord verso Suzzara e la SP2 tra la A22 e l'esistente Cispadana;
- le due direttrici che fiancheggiano il Po, a Nord del letto del fiume (l'asse Occhiobello-Ostiglia-Mantova attraverso la SR6 e SR482 del Veneto, e la SS482 in Lombardia) e a Sud dello stesso (l'asse Bondeno-Sermide-Revere attraverso le SP35 e SP34 della Provincia di Mantova).

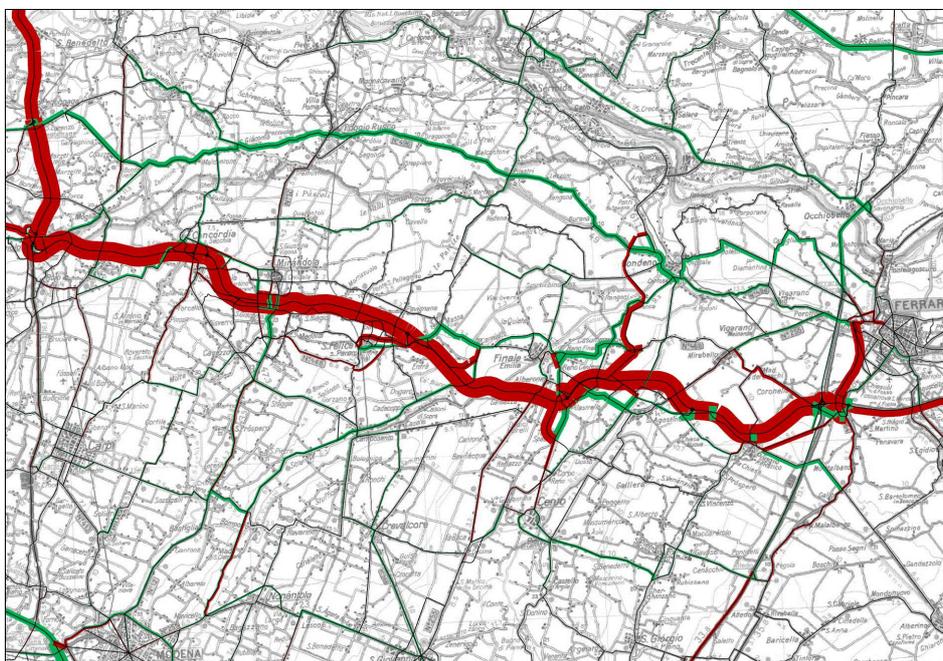
La realizzazione della Cispadana Ovest, nel territorio reggiano e parmense contribuisce a sgravare la viabilità locale tra Guastalla, Suzzara e Reggiolo (SP50, SP48 in Provincia di Mantova, SP2 e Cispadana esistente verso Suzzara in provincia di Reggio Emilia) e su alcune tratte di strade provinciali tra Colorno, Brescello e Sorbolo in Provincia di Parma.

Ad Est della Cispadana si nota un incremento nei flussi veicolari concentrato sulla Nuova Tangenziale Ovest di Ferrara (opera il cui completamento è legato alla realizzazione della Cispadana) e principalmente sulla Ferrara – Porto Garibaldi verso la Nuova Romea (al 2030). La nuova Autostrada Cispadana viene infatti a fare parte dell'itinerario formato dalla tratta della Nuova Romea tra Cesena e Comacchio, dalla Ferrara – Porto Garibaldi e più a Ovest dalla Cremona – Mantova, che nel suo complesso assorbe traffico dall'itinerario alternativo e parallelo formato dalla A14 e dalla A1 tra Cesena e Piacenza.

Le simulazioni mostrano che, nello scenario temporale 2030, parte del traffico che interessa la Cispadana, utilizza poi la nuova Autostrada Cremona Mantova (che vede un incremento dei traffici con l'apertura della Cispadana) percorrendo la A22 nella tratta Mantova – Reggiolo che subisce un discreto aumento.



**Figura 1.3-4 Rete differenza Scenario programmatico – scenario progettuale 2017 – scala locale**



**Figura 1.3-5 Rete differenza Scenario programmatico – scenario progettuale 2030 – scala locale**

Per analizzare in dettaglio i benefici che derivano dalla costruzione della nuova infrastruttura, è utile analizzare i principali indicatori trasportistici relativi all'area di studio:

- L'indicatore Veicoli\*km, ottenuto come sommatoria su tutti gli archi dell'area di analisi del prodotto tra il flusso e la lunghezza dell'arco;
- L'indicatore Veicoli\*ore, ottenuto come sommatoria su tutti gli archi dell'area di analisi del prodotto tra il flusso e il tempo medio di percorrenza dell'arco;
- L'indicatore Velocità Media, ottenuto come media ponderata attraverso i flussi delle velocità previste sugli archi dell'area di analisi;
- l'Indice di Saturazione della rete, IS, definito come rapporto tra il flusso orario equivalente F transitante su ciascun arco stradale e la sua capacità oraria di deflusso C.

Al 2017 si nota un incremento di traffico sulla rete (veicoli\_km) complessivo del 1% dovuto alla realizzazione dell'Autostrada Regionale Cispadana e della viabilità complementare, si riscontra però un decremento sull'attuale rete autostradale ed ordinaria, indice del fatto che la nuova infrastruttura sottrae del traffico alla rete esistente e migliora la condizioni di circolazione.

Questo è supportato dall'analisi del tempo speso sulla rete (veicoli\_ora) che diminuiscono complessivamente di un 3%, con un incremento molto più marcato sulle autostrade (-9,2%). A conferma del minor tempo speso sulla rete si ha anche un incremento della velocità media di percorrenza, che risulta un 4,1% superiore nello scenario di progetto.

Veicoli_km nell'ora di punta	2017	2017	Diff. % 2017 progetto – 2017 progr.
	Programmatico	Progettuale	
Veicoli_km	3.658.622	3.693.826	1,0%
Veicoli_ora	99.310	96.282	-3,0%
Velocità media (km/h)	36,8	38,4	4,1%

**Tabella 1.3-10 Principali indicatori trasportistici - anno 2017**

E' stata inoltre analizzata la percentuale di chilometri di rete in congestione, verificando che, nello scenario di progetto, diminuiscono i chilometri di rete con un Indice di Saturazione (IS) superiore al 36% e aumentano quelli con un indice di saturazione inferiore al 36%. Dunque, complessivamente, grazie alla realizzazione delle infrastrutture di progetto la rete sarà caratterizzata da un minor livello di congestione già all'apertura dell'autostrada.

IS	2017	2017
	Programmatico	Progettuale
	% KM Totali	% KM Totali
<36%	53,3%	54,8%
36%<IS<55%	21,1%	21,1%

55%<IS<77%	17,5%	17,0%
77%<IS<91%	4,0%	3,2%
IS>91%	4,2%	3,9%

**Tabella 1.3-11** **Indice di Saturazione della rete al 2017**

Al 2030 i benefici sono maggiori, in quanto la domanda di traffico aumenta, la rete è più congestionata e il completamento della maglia infrastrutturale, in particolare il potenziamento della Ferrara-Porto Garibaldi e la realizzazione della E55, contribuiscono ad aumentare l'efficacia dell'itinerario cispadano.

Nonostante il lieve aumento di percorrenze sulla rete (veicoli\_km) del 1,7% si nota infatti che il tempo speso sulla rete (veicoli\_ora) diminuisce complessivamente di un 4,1%, con un decremento notevole sulle autostrade (-12,7%). A conferma del minor tempo speso sulla rete si ha anche un incremento della velocità media di percorrenza, che risulta un 6,1% superiore nello scenario di progetto e raggiunge un 10,2% sulle autostrade.

Veicoli_km nell'ora di punta	2030	2030	Diff. % 2030 progetto – 2030 progr.
	Programmatico	Progettuale	
Veicoli_km	4.763.210	4.843.632	1,7%
Veicoli_ora	193.757	185.717	-4,1%
Velocità media (km/h)	24,6	26,1	6,1%

**Tabella 1.3-12** **Principali indicatori trasportistici - anno 2030**

L'analisi dell'indice di saturazione (IS) conferma l'effetto benefico delle opere in progetto sulla rete considerata. Nello specifico, rispetto allo scenario programmatico aumenta la porzione di rete con indice di saturazione più basso (inferiore al 36%) e diminuiscono invece i percorsi con indici di saturazione più alti, ad eccezione della fascia 77%-91% che passa dal 7,7% del programmatico al 8,1% nel progettuale. Tale incremento è dovuto alla riduzione delle infrastrutture ricadenti nella fascia più congestionata, quella caratterizzata da IS>91%, e pertanto è da intendersi come miglioramento delle condizioni di circolazione sulla rete.

IS	2030	2030
	Programmatico	Progettuale
	% KM Totali	% KM Totali
<36%	39,0%	44,8%
36%<IS<55%	23,7%	22,4%

55%<IS<77%	21,2%	17,9%
77%<IS<91%	7,7%	8,1%
IS>91%	8,5%	6,8%

**Tabella 1.3-13** **Indice di Saturazione della rete al 2030**

### 1.3.2. Topografia

#### 1.3.2.1 Rilievi topografici

##### 1.3.2.1.1 *PREMESSA*

Alla base della progettazione del tracciato autostradale è stato eseguito un rilievo topografico redatto sia al fine di avere la corretta rappresentazione della consistenza del territorio attraversato dall'infrastruttura in oggetto e sia , successivamente, poter contare sulla Rete di capisaldi impiantati lungo tutto lo sviluppo stradale per il tracciamento delle opere.

Tutte le attività sono state effettuate nel periodo compreso tra Luglio e Dicembre 2011 e sono state condotte secondo il seguente schema metodologico:

- Materializzazione e relativa misurazione dei vertici di Rete geodetica di inquadramento;
- Livellazione di precisione eseguita su tutti i vertici della Rete geodetica impiantati;
- Rilievi celerimetrici di dettaglio
- Rilievi delle principali sezioni idrauliche di canali interferenti con l'opera stradale;
- Rilievi dei principali manufatti posti lungo i corsi idraulici;

##### 1.3.2.1.2 *RETE GEODETICA PRIMARIA DI INQUADRAMENTO*

Per poter inquadrare i rilievi celerimetrici e le opere da realizzare nel sistema generale di riferimento Gauss-Boaga, lo stesso della cartografia regionale, si è resa necessaria la realizzazione di una rete di capisaldi legati ai vertici della Rete Geodetica Italiana IGM95 ovvero della Rete Dinamica Nazionale (RDN) ed in particolare sono stati individuati ed utilizzati allo scopo, i seguenti vertici primari:

#### **Sito FERRARA (FERA)**

Nome: FERRARA

Codice: FERA

Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 59 Stazione permante presso STGA edilizia e topografia

Latitudine: 44°48' 48.88079" N  
 Longitudine: 11°37' 37.31623" E  
 Quota: 58.334m  
 Tipo di Ricevitore: LEICA GMX902GG  
 Costellazione: GPS e GLONASS  
 Antenna: LEIAX1202GG NONE  
 Antenna Reference Pnt: 0 m  
 Angolo di elevazione: 10 °  
 Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
 File disponibili: FERRARA

### **Sito FAENZA (FAEZ)**

Nome: FAENZA  
 Codice: FAEZ  
 Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 22 Stazione di proprietà di Hera  
 Latitudine: 44°18' 9.94715" N  
 Longitudine: 11°51' 40.60149" E  
 Quota: 83.826m  
 Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200GGPRO  
 Costellazione: GPS e GLONASS  
 Antenna: LEIAT504GG LEIS  
 Antenna Reference Pnt: 0.0083 m  
 Angolo di elevazione: 10 °  
 Intervallo di campionamento: 1s  
 Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
 File disponibili: FAENZA

**Sito BOLOGNA (BOLO)**

---

Nome: BOLOGNA

Codice: BOLO

Descrizione: RTK Station Code: RTCM-Ref 04

Latitudine: 44°29' 15.41473" N

Longitudine: 11°19' 43.79489" E

Quota: 140.13m

Tipo di Ricevitore: LEICA GX1230GG

Costellazione GPS e GLONASS

Antenna: LEIAX1202GG NONE

Antenna Reference Pnt: 0 m

Angolo di elevazione: 10 °

Intervallo di campionamento: 1s

Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN

File disponibili: BOLOGNA

**Sito MODENA RING (MODE)**

---

Nome: MODENA RING

Codice: MODE

Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 72

Latitudine: 44°37' 44.21592" N

Longitudine: 10°56' 55.3218" E

Quota: 92.179m

Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200PRO

Costellazione GPS

Antenna: LEIAT504 SCIT

Antenna Reference Pnt: 0.0083 m  
 Angolo di elevazione: 10 °  
 Intervallo di campionamento: 1s  
 Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
 File disponibili: MODENA RING

**Sito MODENA (MOPS)**

Nome: MODENA  
 Codice: MOPS  
 Descrizione: RTK Station Code: RTCM-Ref 14  
 Latitudine: 44°37' 45.6617" N  
 Longitudine: 10°56' 57.0845" E  
 Quota: 92.199m  
 Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200GGPRO  
 Costellazione GPS e GLONASS  
 Antenna: LEIAT504GG LEIS  
 Antenna Reference Pnt: 0.0083 m  
 Angolo di elevazione: 10 °  
 Intervallo di campionamento: 1s  
 Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
 File disponibili: MODENA

**Sito S.BENEDETTO PO RING (SBPO)**

Nome: S BENEDETTO PO RING  
 Codice: SBPO  
 Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 70

Latitudine: 45° 3' 3.58825" N  
Longitudine: 10° 55' 11.15659" E  
Quota: 62.452m  
Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200PRO  
Costellazione GPS  
Antenna: LEIAT504 SCIT  
Antenna Reference Pnt: 0.0083 m  
Angolo di elevazione: 10 °  
Intervallo di campionamento: 1s  
Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
File disponibili: S BENEDETTO PO RING

**Sito *PARMA RING (PARM)***

---

Nome: PARMA RING  
Codice: PARM  
Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 65  
Latitudine: 44° 45' 52.4409" N  
Longitudine: 10° 18' 43.8597" E  
Quota: 121.831m  
Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200PRO  
Costellazione GPS  
Antenna: LEIAT504 SCIT  
Antenna Reference Pnt: 0.0083 m  
Angolo di elevazione: 10 °  
Intervallo di campionamento: 1s  
Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
File disponibili: PARMA RING

**Sito PIACENZA (PIAC)**

---

Nome: PIACENZA

Codice: PIAC

Descrizione: RTK Station Code: RTCM-Ref 28

Latitudine: 45°2' 35.60532" N

Longitudine: 9°41' 23.23791" E

Quota: 115.305m

Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200PRO

Costellazione GPS

Antenna: LEIAX1202 NONE

Antenna Reference Pnt: 0 m

Angolo di elevazione: 10 °

Intervallo di campionamento: 1s

Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN

File disponibili: PIACENZA

**Sito CARPENEDOLO (CARP)**

---

Nome: CARPENEDOLO

Codice: CARP

Descrizione: RTK Station Code: RTCM-Ref 05

Latitudine: 45°22' 5.52112" N

Longitudine: 10°25' 35.48049" E

Quota: 138.882m

Tipo di Ricevitore: LEICA GRX1200+GNSS

Costellazione GPS e GLONASS

Antenna: LEIAS10 NONE  
Antenna Reference Pnt: 0 m  
Angolo di elevazione: 10 °  
Intervallo di campionamento: 1s  
Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
File disponibili: CARPENEDOLO

**Sito RAMISETO (RAMS)**

---

Nome: RAMISETO  
Codice: RAMS  
Descrizione: RTK Site Code: RTCM-Ref 177  
Latitudine: 44°24' 40.8739" N  
Longitudine: 10°16' 41.3243" E  
Quota: 851.614m  
Tipo di Ricevitore: LEICA GMX902GG  
Costellazione: GPS e GLONASS  
Antenna: LEIAS10 NONE  
Antenna Reference Pnt: 0 m  
Angolo di elevazione: 10 °  
Intervallo di campionamento: 1s  
Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN  
File disponibili: RAMISETO

**Sito VERONA (VERO)**

---

Nome: VERONA  
Codice: VERO

Descrizione: RTK Station Code: RTCM-Ref 32

Latitudine: 45°26' 40.9181" N

Longitudine: 11°0' 8.7543" E

Quota: 123.856m

Tipo di Ricevitore: LEICA GMX902GG

Costellazione GPS e GLONASS

Antenna: LEIAX1202GG NONE

Antenna Reference Pnt: 0 m

Angolo di elevazione: 10 °

Intervallo di campionamento: 1s

Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN

File disponibili: VERONA

**Sito *SERMIDE (SERM)***

Nome: SERMIDE

Codice: SERM

Descrizione: RTCM-Ref 23 Stazione permanente di proprietà di Geogrà

Latitudine: 45°0' 26.72199" N

Longitudine: 11°17' 58.0114" E

Quota: 68.0305m

Tipo di Ricevitore: LEICA GMX902

Antenna: LEIAX1202GG NONE

Antenna Reference Pnt: 0 m

Angolo di elevazione: 10 °

Intervallo di campionamento: 1s

Commento: Coordinate in ETRF2000-RDN

File disponibili: SERMIDE

La fase di rilievo è stata eseguita con stazioni GPS a doppia frequenza LEICA –mod. SR530-1230-900, in modalità statica e tempi di stazionamento su ogni caposaldo di almeno 40 minuti. La successiva elaborazione è stata integrata dai corrispondenti dati temporali delle stazioni fisse della Rete Dinamica Nazionale. Almeno tre dei vertici sopra contraddistinti hanno sempre costituito, rispetto alla loro distanza minore, le basi fisse di appoggio, rispetto alle quali sono state riferite ed elaborate le letture statiche eseguite sui capisaldi della Rete di inquadramento.

Quest'ultima è stata materializzata in sito attraverso l'apposizione di specifici centrini metallici a testa sferica e rondelle di opportuno diametro. Allo scopo di rendere riconoscibili univocamente i capisaldi, è stata predisposta opportuna etichetta metallica con incisa la sigla della Committente, il numero identificativo del caposaldo e l'anno di posa, e la stessa è stata inghisata in affiancamento ai centrini metallici posizionati.

I vertici sono stati materializzati di norma su manufatti con sufficiente garanzia di stabilità nel tempo, come spalle di ponti, muri di sostegno, chiuse, e opere in calcestruzzo, etc..

Laddove non è stato possibile riscontrare in sito manufatti sufficientemente stabili, si è provveduto ad infiggere barra metallica di diametro 28mm con saldato in testa opportuno centrino metallico topografico. La barra, infissa nel terreno per almeno 70cm, è stata ribassata di almeno 10cm al di sotto del piano campagna ed è stata protetta all'interno di pozzetto in PVC di dimensioni 200mmx200mm con coperchio mobile di ispezione.

Di norma i vertici di nuova istituzione sono stati materializzati in modo stabile, in luoghi raggiungibili con autovettura, facilmente stazionabili e lontani da ostacoli stabili che riducano la possibilità di ricezione dei satelliti; gli eventuali ostacoli non hanno mai avuto una elevazione superiore a 13° rispetto l'orizzontale passante per l'antenna. Prima di realizzare la materializzazione del vertice quindi, è stata controllata l'assenza di disturbi che avrebbero potuto impedire o rendere difficoltosa la ricezione dei segnali GPS.

La scelta dell'ubicazione ha privilegiato edifici e strutture pubbliche tali da garantire la libertà di accesso al punto fisico materializzato.

I capisaldi della Rete hanno coperto l'intero tracciato di progetto e sono stati posizionati ad una interdistanza media di circa 500mt e comunque mai superiore a 1Km rispetto ai precedenti, con particolare attenzione affinché gli stessi ricadessero esternamente al tracciato autostradale.

I dati acquisiti con modalità statica per ogni caposaldo hanno sempre rispettato le seguenti specifiche:

<b>Costellazione minima</b>	<b>5 satelliti</b>
<b>Elevazione minima dei satelliti</b>	<b>13°</b>
<b>Intervallo di registrazione</b>	<b>5 sec.</b>
<b>Tempi di acquisizione</b>	<b>40 min</b>
<b>Tolleranza planimetrica ammissibile</b>	<b>+/- 2 cm</b>

Le coordinate orizzontali dei vertici di rete sono state misurate nel sistema ellissoidico WGS 84, e successivamente convertite nel sistema cartografico nazionale Gauss-Boaga attraverso l'utilizzo del software VERTO 3 fornito dall'Istituto Geografico Militare, utilizzando gli adeguati grigliati GR2.

A seguito della necessità di individuare un unico sistema di riferimento per l'intera opera stradale in coordinate rettilinee, si è scelto di basare lo stesso sulla rappresentazione obliqua di Mercatore: con questa rappresentazione, ottimale per opere a orientamento prevalente non coincidente con i meridiani terrestri quali il caso de quo, si è portato il cilindro ad essere tangente con l'orientamento medio dell'area da cartografare, limitando le deformazioni secondo quanto descritto nel seguito.

E' stato quindi considerato un cilindro verticale portato ad essere tangente nel punto baricentrico dell'intera opera, assunto come il punto di coordinate:

$$\lambda = 10^{\circ}58', \quad \phi = 44^{\circ}50'$$

Dato l'orientamento praticamente Est-Ovest dell'opera, non si è ritenuto di imporre al cilindro nessun angolo di rotazione per meglio adattarlo all'andamento del tracciato.

Il modulo di deformazione lineare è risultato pari a:

$$m = \frac{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \varnothing_{rid}}}{\cos \varnothing_{rid}}$$

che, valutato con il massimo valore di  $\varnothing_{rid} = 0.10^{\circ}$ , porta ad un coefficiente di deformazione lineare pari a 1.5 mm/km, valore che si è ritenuto accettabile.

Le quote altimetriche interessate dal tracciato, risultano estremamente basse (variabili da 7 a 36 mt, quota media pari a 20mt), per cui ne deriva che il fattore di scala, anche se molto prossimo all'unità, può essere valutato (R = raggio medio terrestre) come:

$$S = 1 + \frac{Q_m}{R}$$

ed essere assunto pari a  $S = 1.000003$ .

Per le false origini, si sono assunti i valori :

Falsa Est = 200 000

Falsa Nord = 200 000

in modo da avere sempre valori positivi, con lo stesso numero di cifre e numericamente molto differenti dalle corrispondenti cartografiche sia UTM/WGS84 sia Gauss-Boaga: I valori in Est sono risultanti variabili da 154 000 a 250 000 m circa e in Nord da 190 000 a 212 000 m circa.

Tutti i dati rilevati in sito sono stati elaborati con software Leica GeoOffice vers. 5 e successivamente esportati in formato internazionale RINEX .

#### 1.3.2.1.3 LIVELLAZIONE DI PRECISIONE

Le quote ortometriche dei vertici di rete primaria sono state ricavate con livellazioni geometriche di precisione, e vincolate a capisaldi della livellazione nazionale dell'IGM, opportunamente prescelti e controllati in sito.

In particolare sono stati acquisiti ed utilizzati tutti i capisaldi IGM95 livellati disponibili, e di seguito elencati:

- Caposaldo IGM95 073804 - Colorno
- Caposaldo IGM95 074607 - Zocca
- Caposaldo IGM95 074701 - Boretto
- Caposaldo IGM95 074801 - Guastalla
- Caposaldo IGM95 076708 - Ferrara S.S.64 Km 135,900 (ponticello)
- Caposaldo IGM95 076801 - Poggio Renatico

La livellazione di precisione è stata condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello è stato posizionato al centro tra le due stadie, e la distanza tra lo strumento e la stadia non ha superato di norma i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale è stata eseguita in andata e ritorno, ovvero con poligoni chiuse e vincolate a capisaldi di quota nota. Le livellazioni sono state effettuate in ore diverse, ed in ogni caso si sono evitate le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non è stata ritenuta ammissibile se superiore alla tolleranza di  $\text{mm } \pm 6 \sqrt{D}$  , dove D è la distanza in sola andata

espressa in km, ovvero a  $\pm 3,5 \sqrt{D}$  nel caso di poligonale chiusa con D pari allo sviluppo complessivo della poligonale stessa.

Nei casi in cui la livellazione ha ecceduto tali valori, questa è stata ripetuta.

E' da specificare inoltre che, la cospicua presenza di capisaldi impiantati lungo tutto il tracciato di progetto, ad una interdistanza media di 600mt, ha consentito di stazionare ripetutamente sugli stessi capisaldi, definendosi pertanto una "catena a maglia progressiva" con conseguente iperdeterminazione dei punti di caposaldo, a tutto vantaggio della qualità ed affidabilità dei valori in quota ortometrica definitivi.

Durante la livellazione si è sempre determinato almeno un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata.

I dati acquisiti in fase di rilievo in formato elettronico, sono stati scaricati, elaborati e compensati con software Leica GeoOffice vers.5.0.

#### 1.3.2.1.4 *RILIEVI CELERIMETRICI E SEZIONI IDRAULICHE*

Laddove è stato ritenuto necessario, al fine di integrare ed irrobustire la qualità della restituzione cartografica aerofotogrammetrica, si sono eseguiti specifici e particolareggiati rilievi topografici a terra.

Il rilievo dei punti celerimetrici è stato eseguito prevalentemente con strumentazioni GPS in modalità RTK con stazione master posizionata sui capisaldi della Rete di inquadramento come sopra descritta.

Nei casi in cui il segnale satellitare è risultato scadente e non consono quindi ai parametri tecnici minimi, si sono utilizzate Stazioni Totali topografiche Leica mod. TCRA 1201 con collegamento diretto ai capisaldi di rete più prossimi.

Ogni rilievo è stato successivamente orientato e restituito sia in coordinate nazionali Gauss-Boaga e sia in coordinate rettilinee locali, come precedentemente definite e descritte.

Con le stesse metodologie e specifiche tecniche sono stati condotti i rilievi delle sezioni interessanti tratti di aste idrauliche risultate interferenti con il tracciato stradale ed i relativi manufatti eventualmente presenti lungo di esse.

Anche in questo caso, i dati acquisiti in fase di rilievo in formato elettronico, sono stati scaricati, elaborati e compensati con software Leica GeoOffice vers.5.0, e successivamente graficizzati in ambiente CAD.

#### 1.3.2.2 Cartografia

La pianificazione di questo progetto è stata dedicata:

- Al rilievo aereo per la successiva produzione di cartografia, DSM/DTM ed Ortofoto. Il progetto era mirato alla copertura aerea di una porzione di territorio dove in parte era già presente o in fase di progettazione l'autostrada Cispadana tra Ferrara e Reggiolo;

- Al rilievo cartografico a scala 1:1000 alla produzione di DTM/DSM e Ortofoto attraverso restituzione aerofotogrammetrica.

#### 1.3.2.2.1 RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO

Alla base della progettazione del tracciato autostradale è stato eseguito un rilievo cartografico a scala 1:1000 redatto al fine di avere la corretta rappresentazione della consistenza del territorio attraversato dall'infrastruttura in oggetto; l'attività è stata effettuata nel periodo compreso tra Luglio 2011 e Gennaio 2012. L'orografia del territorio, interamente pianeggiante, è quella tipica della pianura padana: ricca di canali di irrigazione, di vie di comunicazione di vario livello e di strade interpoderali per la gestione dei fondi, il cui gran numero deriva appunto dalla tipica frammentazione della proprietà agricola.

La restituzione tridimensionale del territorio è stata indispensabile al fine di apportare le ottimizzazioni necessarie ad un miglior inserimento dell'infrastruttura sul territorio; il tracciato infatti ricalca in gran parte il corridoio previsto per la realizzazione della "Cispadana".

Il rilievo ha messo in evidenza le principali interferenze con il territorio, corsi d'acqua, fiumi, ferrovie e strade, che ha determinato le altezze dei rilevati in corrispondenza delle opere di scavalco e la profondità delle trincee.

L'inquadramento della produzione è avvenuto nel sistema WGS84, nella materializzazione RDN - Rete Dinamica Nazionale recentemente (2008) messa a disposizione dall'IGM.

Per la conversione delle quote da ellissoidiche ad ortometriche e per la produzione delle coordinate Gauss-Boaga sono stati utilizzati i grigliati I.G.M. nella loro versione più aggiornata.

In tutte le varie fasi della produzione si è tenuto conto delle precisioni richieste dal punto di vista planoaltimetrico e delle indicazioni riguardo alla compilazione del DTM/DSM e della cartografia a scala 1:1000.

Al fine di ottenere una maggior precisione rispetto al puro dato Applanix, tutte le strisciate sono state compensate mediante triangolazione aerea. Sono stati inseriti nel calcolo le coordinate di n° 76 punti fotografici d'appoggio utilizzando il ricevitore Gps geodetico a doppia frequenza Leica Rx 1250X in collegamento Umts con le stazioni permanenti Italpos di Leica presenti nella zona. Più precisamente le stazioni permanenti utilizzate sono state: RTCM-Ref n. 0014, 0023 Sermide, 0059 Ferrara, 0065 Parma, 0070 San Benedetto Po.

Il ricevitore Gps è stato settato nella modalità d'acquisizione IMAX3-Rdn, con correzione di area con protocollo RTCM V3: tale tipo di correzione fa sì che la precisione sul rover sia omogenea nell'area coperta dalla rete; in tale modo la precisione non dipende dalla distanza della base che si misura.

Le coordinate sono state acquisite nel sistema di riferimento ETRF2000.

I dati acquisiti sono stati in seguito elaborati con lo specifico software Leica LGO versione 6.00, calcolando le coordinate nel Sistema Rettilineo esistente impostando i seguenti parametri:

False Easting	= 200.000,00
False Northing	= 200.000,00
Latitude of Origin	= 44°50'00,00000" N
Longitude of Origin	= 10°58'00,00000" E
Zone Width	= 3°00'00,00
Scale Factor	= 1,00000300000

Per la realizzazione del modello digitale DTM/DSM si è provveduto ad eseguire tecniche di correlazione e laddove sia stato possibile tecniche di autocorrelazione aerofotogrammetrica.

Il rilievo aerofotogrammetrico ha previsto l'acquisizione di elementi come la viabilità stradale e ferroviaria, i canali e corsi d'acqua principali e secondari con le relative scarpate, gli edifici misurati in gronda, le linee telefoniche ed elettriche aeree, ecc.

Un elemento importante richiesto di cui si è tenuto conto in fase di restituzione cartografica è stato la "full topology"; infatti la ricostruzione topologica delle aree è stata eseguita su tutta la superficie restituita, in modo tale che a ogni coppia di coordinate planimetriche appartenenti alla zona restituita sia possibile associare un'area di appartenenza.

E' stato inoltre effettuato l'inserimento dei rilievi celerimetrici esistenti eseguiti in precedenza, editando opportunamente i particolari cartografici nelle zone di attacco tra i due rilievi, al fine di rendere omogeneo il prodotto finale si è provveduto allo sfoltimento di tutti quegli elementi superflui per una cartografia scala 1:1000. Sono stati prodotti files di uscita in 2d/3d in formato Autocad. E' stata eseguita inoltre una generalizzazione della cartografia alle scale 1:2000 e 1:5000. Per quanto riguarda la scala 1:5000 si è inserita la fascia del rilievo all'interno dei raster della CTR della Regione Emilia Romagna.

### **1.3.3. Geologia e idrogeologia**

Lo studio geologico ed idrogeologico è stato sviluppato sulla base di quanto reperito in bibliografia, dai dati disponibili dalle pregresse fasi di progettazione nonché sulla base dei rilievi e delle indagini geognostiche eseguite in sito ed in laboratorio a partire da luglio 2011.

#### **1.3.3.1 Geologia e geomorfologia**

Il tracciato del corridoio Cispadana si colloca nella porzione centro orientale della Pianura Padana a sud del fiume Po. La Pianura Padana è un ampio bacino d'avanfossa subsidente compreso tra la catena

appenninica a sud e quella alpina a nord che, a partire dal Terziario, ha raccolto i sedimenti provenienti dallo smantellamento delle catene alpina e appenninica in formazione. L'assetto strutturale di tale bacino appare assai complesso, e strettamente legato alle dinamiche evolutive della catena subalpina e di quella appenninica. Lo stile tettonico compressivo ed il conseguente accorciamento crostale per convergenza e collisione tra la placca Europea e quella Africana è accompagnato, in quest'area, da un pattern deformativo e da un'attività sismica molto complessi. In particolare, il settore di Pianura in esame ricade, dal punto di vista strutturale, nella zona caratterizzata dalla presenza della Dorsale Ferrarese. Essa rappresenta il top del substrato mesozoico che modella in profondità la fossa sub-padana, ed assume l'aspetto di un horst delimitato da un grande fascio arcuato di pieghe e faglie inverse, che da Correggio (RE) si estende fino ad oltre le valli di Comacchio (FE). In corrispondenza di tale struttura la copertura dei terreni pliocenici e quaternari in alcuni punti è ridotta a poche centinaia di metri.

L'area di studio si colloca interamente nella Pianura Padana, uno dei più grandi bacini sedimentari plio-quaternari subsidenti costituito da una spessa coltre di sedimenti marini in profondità e fluviali più in superficie che sono stati depositati dai corsi d'acqua alpini ed appenninici nell'antico Golfo Padano (insenatura del Mare Adriatico presente tra le Alpi e gli Appennini). La profondità del bacino di sedimentazione è sempre stata limitata e l'accumulo di migliaia di metri di sedimenti è stato determinato da un'elevata velocità di subsidenza (progressivo abbassamento del terreno dovuto allo spontaneo costipamento dei sedimenti causato dal peso di quelli sovrastanti e a movimenti tettonici del substrato roccioso). Le particolari condizioni strutturali instauratesi nei diversi settori della Pianura, e la subsidenza differenziata in conseguenza all'evoluzione tettonica dell'intero bacino terziario, hanno condizionato la sedimentazione che presenta frequenti variazioni di facies sia laterali che verticali. L'alternarsi di facies è inoltre legato alle glaciazioni, che si sono succedute nel Quaternario a causa di cambiamenti climatici avvenuti a partire dalla fine del Pliocene ed a variazioni globali del livello del mare. Il riempimento del bacino è avvenuto con sedimenti in massima parte terrigeni, di notevole spessore, che denotano una subsidenza molto accentuata e un apporto detritico imponente. La maggior parte di questi depositi è sepolta al di sotto delle alluvioni fluviali del Pleistocene medio-superiore - Olocene, depositato dai fiumi Po, Secchia, Panaro e relativi affluenti.

Come sopra accennato, il riempimento del bacino marino, fino alle condizioni di continentalità, avviene attraverso eventi tettonico-sedimentari separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale. Questo andamento ad impulsi successivi è testimoniato da numerose superfici di discontinuità stratigrafica che "marcano" le diverse fasi ed affiorano sul margine appenninico. La ricostruzione del loro andamento nel sottosuolo permette di definire il quadro stratigrafico secondo i criteri della stratigrafia sequenziale. Si possono distinguere tre sequenze deposizionali (cicli sedimentari o deposizionali) composti a loro volta da sequenze o cicli base (Unità stratigrafiche) comprendenti un episodio sedimentario, solitamente ripetitivo, che determina il sistema deposizionale. Tali sistemi sono identificati come Sequenza deposizionale inferiore, intermedia e superiore.

Nel dettaglio, la ricostruzione dei profili stratigrafici sulla base delle indagini geognostiche disponibili indica che il primo sottosuolo è caratterizzato nella parte orientale del tracciato da una netta prevalenza di depositi fini (argille e limi), con presenza di livelli di argille contenenti sostanza organica. A profondità superiori ai 15 metri, intercalati ai depositi fini, sono presenti depositi più grossolani (sabbie da fini a medie) organizzati in lenti che, pur mostrando una buona continuità laterale, presentano generalmente spessori modesti. Tale quadro si mantiene pressoché inalterato fino circa alla metà del tracciato.

Proseguendo verso l'estremo occidentale del tracciato, sebbene il quadro geologico presenti una forte disomogeneità sia verticale che orizzontale, si osserva una brusca variazione litologica entrando nel territorio del Comune di S. Felice sul Panaro, dove si osserva un deciso aumento dell'unità sabbiosa, che diventa la litologia prevalente (il tetto dell'unità si trova a circa 10 metri dal p.c.); inoltre, nei livelli fini più superficiali si ha la notevole diminuzione della frazione argillosa contenente sostanza organica, che risulta spesso assente e talora limitata a piccole lenti di modesta importanza. Tale configurazione risulta confermata fino alla estremità occidentale del tracciato, dove, in prossimità dello svincolo dell'autostrada A22 di Reggiolo-Rolo, si verifica una diminuzione della profondità del tetto delle sabbie che raggiunge, in questa porzione, i 5 metri circa dal p.c.

Per quanto concerne l'assetto geomorfologico, l'area interessata dal passaggio dell'Autostrada Cispadana e dai relativi interventi locali di collegamento ricade all'interno della bassa pianura padana, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Ciò risulta evidenziato anche dalle curve di livello che rappresentano una superficie di oltre 200 km<sup>2</sup> con quote sempre comprese tra i 6 e i 22 m s.l.m. Ad un primo sguardo, l'andamento clivometrico del territorio di interesse, se si escludono le modificazioni artificiali, appare sostanzialmente pianeggiante, con pendenza pressoché costante e incisioni dovute alla rete scolante poco marcate. In realtà, ad un esame più attento, le morfologie del rilievo appaiono ben più articolate ed in stretta relazione con la paleoidrografia, che ha modellato le aree di pianura dando luogo a dossi e aree invece più depresse (concavità e zone di intradosso) con dislivelli apprezzabili. Si rileva quindi in generale una superficie topografica piuttosto irregolare che degrada da ovest verso est, con acclività inferiori all'1%. Nella porzione di pianura in esame si può osservare anche un'inclinazione, anche questa con gradiente molto basso e simile al precedente, da sud a nord, sostanzialmente verso il Po. Le forme del territorio sono essenzialmente legate alle dinamiche fluviali che hanno caratterizzato i corsi d'acqua negli ultimi secoli; quelli appenninici, che attraversano la pianura in senso SW-NE, e il fiume Po, che presenta direzione est-ovest, benché l'azione antropica di arginatura ne ha sicuramente bloccato la naturale evoluzione, impedendo agli alvei di divagare liberamente. Appare infatti abbastanza evidente che, in assenza di azioni dell'uomo, i corsi d'acqua avrebbero abbandonato il loro percorso attuale laddove si osservano meandri in fase terminale, sviluppando un percorso più rettilineo. Va comunque segnalato che le morfologie del terreno non sono ben evidenti e rilevabili in sito, sia per le deboli pendenze in gioco, sia per l'intensa azione antropica di modellamento del terreno. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo.

L'aspetto più evidente di tale attività è la suddivisione del territorio attraverso una rete di collettori artificiali, pressoché ortogonali tra di loro, che consentono a periodi alterni lo scolo e la distribuzione irrigua delle acque. Questa rete, in relazione al prevalere di depositi superficiali a bassa permeabilità e alla morfologia pianeggiante della zona, risulta essere molto sviluppata. L'individuazione delle aree in rilievo e quelle depresse risulta invece più agevole attraverso l'analisi della distribuzione delle classi granulometriche dei depositi superficiali; in particolare l'identificazione delle aree depresse (valli, catini o bacini interfluviali) è marcata dalla presenza di depositi a tessitura fine e finissima. Queste zone erano fino a tempi recenti aree palustri e solo le opere di bonifica le hanno conferito l'aspetto attuale. Di grande interesse possono essere inoltre considerati i "ventagli di rotta" lungo gli alvei attuali dei fiumi e lungo i dossi corrispondenti ai paleoalvei, caratterizzati da granulometrie più grossolane, prevalentemente sabbiose ed ubicati generalmente in riva concava dei meandri, cioè in corrispondenza delle maggiori energie di corrente. Allontanandosi da essi si individuano sedimenti sempre più fini: a dominanza limosa, in corrispondenza degli argini distali, e argillosa nelle aree interfluviali.

#### 1.3.3.2 Idrogeologia

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola, definito in "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" redatto dal Servizio cartografico e geologico regionale insieme ad ENI-AGIP. Secondo tale studio, sia in superficie che nel sottosuolo, si distinguono 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi (Gruppo A, Gruppo B e Gruppo C). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale. Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi, in senso orizzontale, in Complessi Acquiferi, da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decametrici, a prevalente granulometria fine.

I complessi acquiferi vengono denominati con un numero progressivo dall'alto verso il basso, posto dopo il nome del gruppo acquifero (ovvero A1, A2, A3, ...). I lavori svolti nell'ambito della realizzazione della Carta Geologica di Pianura, hanno permesso un ulteriore dettaglio stratigrafico, introducendo, in particolare, una unità pellicolare denominata A0, posta superiormente ad A1; questa unità corrisponde a depositi di età pleistocenica terminale ed olocenica, sedimentatisi dopo l'ultima glaciazione. L'unità A0 comprende quindi i depositi presenti nel primo sottosuolo della pianura, nonché gran parte di quelli affioranti.

La ricostruzione geometrica delle unità idrostratigrafiche ha evidenziato che, nel settore di pianura attraversato dall'autostrada in progetto, si hanno due situazioni differenti. Infatti, nel settore più occidentale

(tra Reggiolo e Massa Finalese) si rinvengono complessi acquiferi di pertinenza padana a partire da profondità relativamente modeste da piano campagna (5÷15 m), mentre, più ad est, dove il tracciato si allontana dal fiume Po, il sottosuolo risulta privo di serbatoi idrici significativi.

La cartografia idrogeologica elaborata rappresenta gli inviluppi dei massimi livelli piezometrici registrati negli ultimi 40 anni, cioè il tetto della falda contenuta nel primo acquifero sfruttato, che in generale mostra un andamento declinante da Ovest verso Est. Non sono, pertanto stati considerati livelli idrici più superficiali, che si incontrano in presenza di acquiferi sospesi, non amalgamati ai depositi permeabili sottostanti; tali informazioni sono invece state riassunte nei profili geologico-geotecnici, nei quali, facendo riferimento ai rilievi piezometrici effettuati nel corso dell'indagine geognostica, è stato graficato schematicamente l'andamento della prima falda superficiale.

Al proposito, la soggiacenza della falda freatica è stata ricostruita sulla base delle letture eseguite nelle verticali piezometriche lungo le opere in progetto, confrontate ed integrate con i dati con i dati della rete di monitoraggio della falda "ipodermica", ovvero del livello freatico nei primi metri dal piano di campagna, messa a punto dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna. Tale rete di monitoraggio è costituita da una serie di pozzetti di profondità pari a 3 m, monitorati in continuo. La distribuzione della rete di monitoraggio è molto ampia, anche se con una densità di punti piuttosto bassa.

Il confronto dei dati ha evidenziato che il monitoraggio piezometrico lungo l'asse autostradale e le relative viabilità di collegamento risulta affetto da un lungo periodo caratterizzato dalla quasi totale assenza di apporti meteorici, perdurato fino a tutto gennaio 2012; in conseguenza a tali deficit pluviometrici, la falda freatica risulta piuttosto depressa rispetto ai valori di norma attesi per il periodo e l'area in esame, ove frequentemente si registrano soggiacenze spesso prossime al piano di campagna.

La cartografia idrogeologica presenta inoltre informazioni relative al grado di permeabilità dei terreni superficiali presenti lungo lo sviluppo del tracciato autostradale. Poiché la valutazione delle caratteristiche idrogeologiche è strettamente collegata alla granulometria dei terreni, la carta idrogeologica è stata elaborata con criterio idrolitologico, cioè, alle classi litologiche definite nella carta della litologia di superficie è stato attribuito un determinato valore di conducibilità idraulica. Le classi di permeabilità riferite ai depositi prevalenti nei primi metri di profondità dal piano campagna sono i seguenti:

- Depositi a permeabilità elevata - coefficiente di permeabilità  $k > 10^{-6}$  m/sec; depositi a granulometria prevalentemente sabbiosa e sabbioso limosa. Sabbie medie e fini, organizzate in strati di spessore decimetrico, intercalate a sabbie fini e finissime limose; subordinatamente sono presenti limi e limi argillosi. Localmente sabbie medie e grossolane talora ghiaiose.
- Depositi a media permeabilità - coefficiente di permeabilità  $10^{-6} > k > 10^{-9}$  m/sec; depositi a granulometria prevalentemente limoso sabbiosa, da argillosi a debolmente argillosi.
- Depositi a bassa permeabilità - coefficiente di permeabilità  $k < 10^{-9}$  m/sec; depositi a granulometria prevalentemente limosa e limoso argillosa, limi, limi argillosi con locali e rare intercalazioni di limi



sabbiosi e sabbie limose nonché depositi a granulometria prevalentemente argillosa e argilloso limosa talora con presenza di residui vegetali e lenti di strati torbosi.

#### **1.3.4. Geotecnica**

Lo studio geotecnico è basato sui dati geologici e sulle indagini geognostiche disponibili da archivio bibliografico e da una nuova campagna integrativa eseguita nel periodo luglio 2011 - marzo 2012.

Le indagini in sito eseguite nel corso della nuova campagna sono:

- sondaggi a carotaggio continuo (BH) spinti sino profondità massime di 50 m dal p.c.; All'interno di numerosi fori di sondaggio sono stati posizionati piezometri di tipo Norton  $\phi=4''$  (a varie profondità) e celle Casagrande (a varie profondità) per la lettura dei livelli di falda;
- prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), spinte sino profondità massime di 40 m dal p.c.; in corso di realizzazione delle prove sono inoltre state eseguite prove di dissipazione, in terreni coesivi sia coesivi sia granulari, al fine di valutare il regime delle pressioni interstiziali;
- indagini geofisiche di tipo cross-hole (CH) ed indagini mediante cono sismico (SCPT) ai fini della determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (vs30) e conseguente classificazione del tipo di suolo secondo Normativa;
- realizzazione di pozzetti esplorativi (PZ) mediante escavatore, approfonditi fino a 2,5 m da p.c. per il prelievo di campioni rimaneggiati di terreno ed esecuzione di prove di carico su piastra.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni, i campioni indisturbati prelevati durante la campagna indagini di Progetto Definitivo, sono stati sottoposti a prove di laboratorio; in particolare:

- **Prove di classificazione**
  - apertura del campione con descrizione;
  - classificazione secondo UNI EN ISO 14688;
  - analisi granulometrica secondo ASTM D422 per setacciatura e per sedimentazione;
  - determinazione del contenuto naturale d'acqua;
  - determinazione dei limiti di Atterberg;
  - determinazione del peso di volume allo stato naturale;
  - determinazione del peso specifico dei grani.
- **Prove meccaniche**
  - prova triassiale non consolidata non drenata (U.U.);
  - prova triassiale consolidata e non drenata con misura delle pressioni interstiziali (C.I.U.);
  - prova di taglio diretto (T.D.);
  - prova di compressione non confinata (ELL);
  - prova di compressibilità edometrica con diagramma deformazione/tempo e determinazione dei coefficienti M, Cv, C $\alpha$  e k;

- prova triassiale ciclica per la determinazione dei parametri ciclici (TXC-Property) e prova triassiale con applicazione monotona del carico (TXM);
- prova di taglio torsionale ciclico (TTC);
- prova di colonna risonante (RC).

Sui campioni rimaneggiati prelevati durante la campagna indagini di Progetto Definitivo, sono inoltre state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- **Prove di classificazione**

- apertura del campione con descrizione;
- classificazione secondo UNI EN ISO 14688;
- analisi granulometrica secondo ASTM D422 per setacciatura e per sedimentazione;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- determinazione del peso di volume allo stato naturale;
- determinazione del peso specifico dei grani.

Inoltre, i campioni rimaneggiati prelevati durante l'esecuzione dei pozzetti esplorativi realizzati nel corso della campagna indagini di Progetto Definitivo, sono stati sottoposti a prove di laboratorio, sia sul terreno naturale sia sui campioni di terreno miscelati con calce; in particolare:

- **Prove su terreno naturale**

- apertura del campione con descrizione;
- classificazione secondo UNI EN ISO 14688;
- analisi granulometrica secondo ASTM D422 per setacciatura e per sedimentazione;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- determinazione del contenuto di sostanza organica;
- determinazione del contenuto di solfati e nitrati;
- determinazione del consumo iniziale di calce (CIC).

- **Prove su terreno naturale miscelato con calce** (secondo tre valori di percentuale di calce)

- determinazione dei limiti di Atterberg;
- prova di costipamento Proctor "AASHTO Modificata";
- definizione dell'indice di portanza immediato (IPI);
- prova CBR post-saturazione.

#### 1.3.4.1 Caratterizzazione stratigrafica e unità di riferimento

L'intera profondità indagata, lungo tutta la tratta autostradale, è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali, che sono stati suddivisi nelle unità litostratigrafiche descritte in seguito (vedi profili geologico-geotecnici):

- **Rilevati antropici**
- **Unità R:** Terreno vegetale e/o suoli agrari, sovraconsolidati per essiccamento. Localmente terreni di riporto.
- **Unità 1:** Argille, argille limose e debolmente limose o sabbiose, limi, limi argillosi e debolmente argillosi o sabbiosi, di colore nocciola, marrone, grigio e nerastro. Localmente sono presenti striature rossastre e ocre, venature nerastre per presenza di frustoli carboniosi e resti torbosi, e concrezioni calcaree millimetriche (calcinelli). L'unità si presenta da moderatamente consistente a consistente. I primi metri dal piano campagna appaiono talvolta sovraconsolidati per essiccamento. Resistenza alla punta media 1÷3 MPa.
- **Unità 2:** Limi sabbiosi e sabbie limose, talora debolmente argillose di colore nocciola, marrone e grigio. Resistenza alla punta media 3÷8 MPa.
- **Unità 3:** Sabbie fini, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio, da poco a mediamente addensate. Intercalate all'unità 3 si rinvencono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 8÷10 MPa,  $Dr \leq 50\%$ .
- **Unità 4:** Sabbie medie, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane. Si presentano da mediamente addensate ad addensate. Intercalate all'unità 4 si rinvencono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 10÷15 MPa,  $Dr = 50\% \div 70\%$ .
- **Unità 5:** Sabbie medie, talora debolmente limose, di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane talora ghiaiose. Le sabbie presentano generalmente un buon grado di addensamento. Intercalate all'unità 5 si rinvencono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media >15 MPa,  $Dr \geq 70\%$ .
- **Unità 6:** Argille poco consistenti, di colore grigio scuro e nero con abbondante presenza di frustoli carboniosi e livelli organici indecomposti. Localmente si rinvencono livelli di torba di spessore decimetrico.

La caratterizzazione dei profili sulla base delle 6 unità litostratigrafiche descritte in precedenza ha permesso la suddivisione delle intere tratte autostradali in zone omogenee, che presentano al loro interno caratteristiche geologico-geotecniche considerate uniformi ai fini delle successive verifiche geotecniche.

#### 1.3.4.2 Verifiche geotecniche e problematiche progettuali

Nel presente paragrafo sono descritte le problematiche progettuali di carattere geotecnico che sono state affrontate nell'ambito della progettazione.

##### 1.3.4.2.1 *STABILITÀ DI RILEVATI E TRINCEE*

Le analisi di stabilità condotte riguardano i seguenti aspetti:

- **Analisi di stabilità delle scarpate dei rilevati:** tali analisi sono finalizzate a verificare la stabilità del corpo rilevato, indipendentemente dal terreno di fondazione; a parità di parametri di resistenza al taglio del materiale da rilevato, la stabilità del corpo rilevato dipende quindi solo dalla geometria del corpo del rilevato in termini di:
  - pendenza delle scarpate;
  - posizione altimetrica e dimensione planimetrica delle eventuali banche.
- **Analisi di stabilità globale dei rilevati:** tali verifiche di stabilità interessano sia il corpo rilevato sia il terreno di fondazione dello stesso e consentono di definire l'eventuale necessità di elementi di rinforzo alla base o all'interno del corpo rilevato.
- **Analisi di stabilità di scarpate provvisorie e trincee:** tali analisi sono finalizzate a verificare la stabilità del terreno naturale a seguito di scavi provvisori/definitivi.

Le verifiche di stabilità sono state sviluppate secondo la normativa vigente (**D.M. 14/01/2008** e relativa circolare esplicativa **n. 617 - 02/02/2009**).

#### 1.3.4.2.2 CEDIMENTI DEI RILEVATI E DECORSO NEL TEMPO

Lungo il tracciato autostradale, sono presenti unità di natura coesiva di potenza in genere crescente con direttrice Reggiolo-Ferrara. La presenza di terreni di tale natura implica inevitabilmente un decorso dei cedimenti dei rilevati nel tempo a causa del fenomeno della consolidazione primaria dei materiali coesivi e della successiva consolidazione secondaria.

Il procedimento di analisi inerente la determinazione dei cedimenti dei rilevati e del relativo decorso nel tempo consiste in:

- valutazione del cedimento immediato delle unità coesive ed incoerenti;
- valutazione del cedimento di consolidazione primaria per le unità coesive;
- analisi della consolidazione delle unità coesive e valutazione del cedimento di consolidazione secondaria;
- determinazione dei grafici inerenti:
  - la sezione trasversale dei rilevati con indicazione del cedimento immediato e totale (immediato + di consolidazione primaria e secondaria);
  - l'andamento del cedimento totale in funzione del tempo per la direttrice di calcolo più cautelativa;
- valutazione di eventuali interventi volti ad accelerare il decorso dei cedimenti nel tempo (dreni a nastro e precarico) o a ridurre l'entità del cedimento (rilevato in Leca).

Per la progettazione degli interventi di consolidamento al di sotto del rilevato corrente dell'asse autostradale, degli svincoli e delle interconnessioni sono stati considerati i seguenti livelli prestazionali:

- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare inferiore a 2.5 cm nel corso del primo anno di esercizio ( $T_c+T_a +360\text{gg}$ );
- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare inferiore a 10 cm nel corso dei primi 10 anni di esercizio ( $T_c+T_a +3600\text{gg}$ );
- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare inferiore a 25-30 cm nel corso dei primi 50 anni di esercizio ( $T_c+T_a +18000\text{gg}$ );

dove:

$T_c$  è il tempo di costruzione del rilevato considerato pari a 10 gg/metro;

$T_a$  è il tempo che intercorre tra la fine della costruzione del rilevato e la realizzazione della sovrastruttura stradale.

Per la progettazione delle rimanenti viabilità sono stati considerati i seguenti livelli prestazionali:

- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare inferiore a 5 cm nel corso del primo anno di esercizio ( $T_c+T_a +360\text{gg}$ );
- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare inferiore a 15 cm nel corso dei primi 10 anni di esercizio ( $T_c+T_a +3600\text{gg}$ ).

Sono stati anche analizzati gli interventi di consolidamento per i rilevati in corrispondenza delle spalle delle opere d'arte e in particolare sono state considerate le condizioni seguenti:

- nel caso di spalla passante a due file di pali in cui la scarpata frontale del rilevato viene rimossa per i primi 5 metri a partire dalla sommità del rilevato è previsto l'intervento volto alla accelerazione del decorso dei cedimenti nel tempo mediante dreni + precarico;
- nel caso in cui, a causa della presenza di interferenza in prossimità della spalla, non sia possibile effettuare un precarico efficace in termini di accelerazione del decorso dei cedimenti nel tempo, sono state previste le seguenti metodologie:
  - rilevato alleggerito con Leca;
  - rilevato con palancoato;
- per rilevati che presentano, in prossimità delle spalle, altezze inferiori a 4.5m si ritiene sufficiente l'utilizzo dei soli dreni.

#### 1.3.4.2.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI E RELATIVO COMPORTAMENTO DEFORMATIVO

Per le opere d'arte che presentano fondazioni profonde sono state condotti i seguenti calcoli/verifiche:

- capacità portante di un palo singolo/diaframma a carichi assiali e trasversali;
- capacità portante dei pali in gruppo soggetti a carico assiale e trasversale;
- stima dei cedimenti per il palo singolo e per i pali in gruppo rispetto a carichi verticali e trasversali;
- valutazione delle rigidezze assiali e trasversali;

- andamento delle sollecitazioni lungo il palo singolo in relazione alle particolari condizioni di vincolo;
- incremento delle sollecitazioni rispetto al palo singolo dei pali in gruppo.

#### 1.3.4.2.4 *CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI*

Per le opere d'arte con fondazione superficiale, il problema della capacità portante è stato affrontato mediante lo studio dei domini di interazione fra le componenti di sollecitazione (M, V, H) in funzione della geometria della fondazione (dimensioni planimetriche ed approfondimento) e delle caratteristiche geotecniche del terreno.

#### 1.3.4.2.5 *STIMA DEI CEDIMENTI POST-SISMICI DEI LIVELLI COESIVI.*

E' stata analizzata tale problematica secondo quanto riportato nel documento DGR n.1 del 10/01/2007 recante ad oggetto "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, comma 1, della L.R. 20/2000, in merito a "Indirizzi per la microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" proposta all'assemblea legislativa"

#### 1.3.4.2.6 *VALUTAZIONI IN MERITO ALLE PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE.*

In terreni saturi sabbiosi sollecitati in condizioni non drenate da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche.

L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

Poiché nel caso in esame non è rispettata la condizione prevista dal D.M. 14-01-2008 che consente di omettere la verifica di liquefazione è stata valutato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione (F) alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili, adottando metodi di analisi semplificata in termini di tensioni totali basati sulle prove penetrometriche statiche disponibili e sulla valutazione, ad ogni profondità z del deposito compreso nei primi 20 m, di un coefficiente di sicurezza.

#### 1.3.4.2.7 *BONIFICA DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI*

Con riferimento alle sezioni tipologiche inerenti rilevati e trincee, con il termine "piano di posa del rilevato" si intende il piano corrispondente a quello di scotico; tale piano è posto in genere alla profondità di 20 cm dal piano campagna locale.

Nei tratti caratterizzati da livelletta prossima al piano campagna o in trincea, il piano di posa dei rilevati viene a coincidere con il piano di posa della sovrastruttura stradale (intradosso fondazione o sottofondo stradale). Il piano di posa del rilevato rappresenta l'estradosso dello strato di bonifica.

I livelli prestazionali ad estradosso bonifica, espressi in termini di modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico su piastra di diametro 30 cm, sono definiti in funzione della distanza "d" fra l'intradosso della fondazione della sovrastruttura stradale ed il piano di posa dei rilevati, ovvero:

- per  $d > 2$ ,  $M_d \geq 15$  MPa ;
- per  $d > 1$ ,  $M_d \geq 20$  MPa ;
- per  $d=0$ ,  $M_d \geq 50$  MPa;
- per  $d = 0.00 \div 1.00$  m, la variazione di  $M_d$  al variare della quota risulta lineare.

Il dimensionamento dello strato di bonifica è stato condotto ricorrendo ai tradizionali approcci impiegati nel campo delle costruzioni stradali, con riferimento alle caratteristiche geotecniche del terreno di posa del rilevato.

In particolare la definizione dello spessore "s" della bonifica è stata effettuata con riferimento al criterio dei due strati formulato da Burmister (1943).

#### 1.3.4.2.8 MATERIALI DA RILEVATO

Per tutti i calcoli e le verifiche geotecniche il rilevato è stato ipotizzato in materiale stabilizzato a calce, a meno di alcuni rilevati di approccio ad opere d'arte previsti in rilevato alleggerito con LECA.

### 1.3.5. Idrologia e idraulica

#### 1.3.5.1 Indagini pluviometriche

L'area presa a riferimento e caratterizzata da omogeneità idrologica è quella compresa tra la via Emilia ed il Fiume Po lungo l'orientamento nord-sud e tra Parma e Ferrara lungo l'orientamento ovest-est; si tratta di un'area estesa ma che presenta omogeneità climatica essendo tutta appartenente alla Pianura Padana a sud del Po e tutta limitata a sud dalla catena appenninica che la separa dai regimi climatici tirrenici.

Nell'ambito dello studio sono state prese in esame le stazioni pluviometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area e per esse si sono rilevati i valori di pioggia caratteristici; successivamente sono state scelte le stazioni maggiormente rappresentative e soprattutto dotate di un numero sufficiente di dati per determinare le curve di possibilità pluviometriche. Nonostante l'omogeneità idrologica sono state determinate curve di possibilità pluviometriche nell'intorno del corridoio autostradale con ragguaglio all'area attraverso il metodo dei topoi e quindi con discretizzazione su tratti di 4 km a variabilità ovest-est.

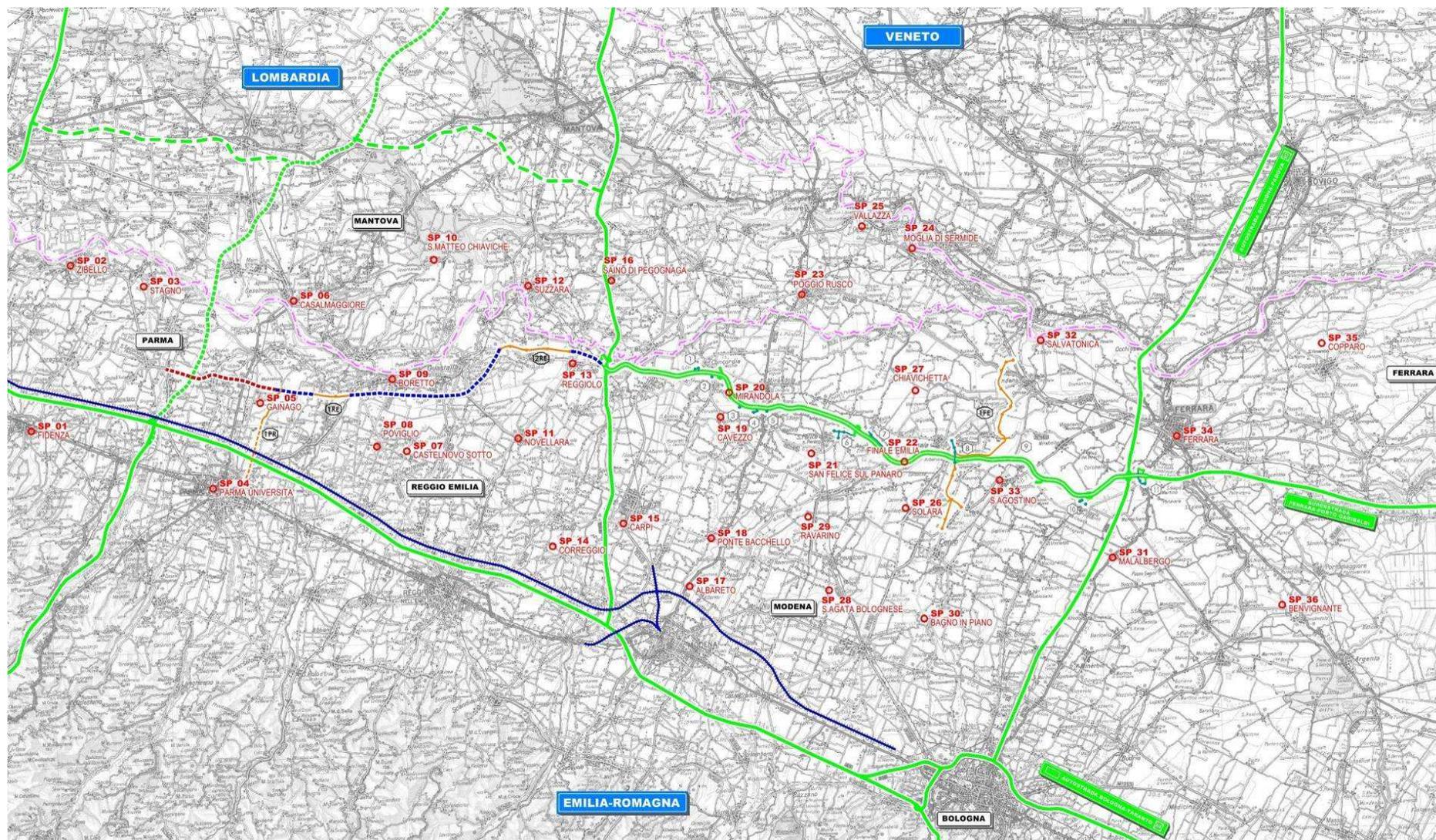
**Tabella 1-14: Stazioni pluviometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio**

CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITÀ	COMUNE	PROV.	X_Gauss_B o	Y_Gauss_B o	STRUMENTO	BACINO
SP_01	FIDENZA	ARPA Emilia-Romagna	Coduro - via Vittorio Veneto	Fidenza	(PR)	1584484.25	4967975.19	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_02	ZIBELLO	ARPA Emilia-Romagna	Ardola	Zibello	(PR)	1588670.48	4985548.15	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_03	STAGNO	ARPA Emilia-Romagna	Stagno	Roccabianca	(PR)	1596501.68	4983327.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Taro
SP_04	PARMA UNIVERSITA'	ARPA Emilia-Romagna	via Strela	Parma	(PR)	1603936.61	4961898.84	Pr: pluviometro registratore	Parma
SP_05	GAINAGO	ARPA Emilia-Romagna	Gainago	S.Polo Torriile	(PR)	1608983.67	4970975.01	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Parma
SP_06	CASALMAGGIORE	ARPA Lombardia	via Volta	Casalmaggiore	(CR)	1612566.00	4981813.00	Pr: pluviometro registratore	Oglio-Adda
SP_07	CASTELNOVO SOTTO	ARPA Emilia-Romagna	Castelnuovo Sotto	Castelnuovo S.	(RE)	1624687.44	4965868.82	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_08	POVIGLIO	ARPA Emilia-Romagna	Poviglio	Poviglio	(RE)	1621481.57	4966353.40	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_09	BORETTO	ARPA Emilia-Romagna	Boretto	Boretto	(RE)	1623122.84	4973513.31	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Enza e Crostolo
SP_10	S.MATTEO CHIAVICHE	ARPA Lombardia	S.Matteo	S.Matteo	(MN)	1627572.00	4986175.00	Pr: pluviometro registratore	Oglio
SP_11	NOVELLARA	ARPA Emilia-Romagna	Sirona	Novellara	(RE)	1636617.00	4967230.00	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_12	SUZZARA	ARPA Emilia-Romagna	Suzzara	Suzzara	(MN)	1637661.59	4983413.36	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia

CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA'	COMUNE	PROV.	X_Gauss_B o	Y_Gauss_B o	STRUMENTO	BACINO
SP_13	REGGIOLO	ARPA Emilia- Romagna	Reggiolo	Reggiolo	(RE)	1642437.31	4975183.96	P: pluviometro comune	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_14	CORREGGIO	ARPA Emilia- Romagna	Correggio	Correggio	(RE)	1640303.01	4955778.57	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_15	CARPI	ARPA Emilia- Romagna	Carpi	Carpi	(MO)	1647876.65	4958203.44	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_16	SAINO PEGOGNAGA	DI ARPA Emilia- Romagna	Pegognaga	Pegognaga	(MN)	1646582.80	4983981.05	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Crostolo e Secchia
SP_17	ALBARETO	ARPA Emilia- Romagna	Albareto	Modena	(MO)	1654961.78	4951545.41	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_18	PONTE BACCHELLO	ARPA Emilia- Romagna	Sorbara	Soliera	(MO)	1657265.94	4956647.57	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_19	CAVEZZO	ARPA Emilia- Romagna	Cavezzo	Cavezzo	(MO)	1658264.15	4969509.25	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_20	MIRANDOLA	ARPA Emilia- Romagna	Mirandola	Mirandola	(MO)	1659177.35	4972096.84	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_21	SAN FELICE SUL PANARO	ARPA Emilia- Romagna	San Felice sul Panaro	San Felice sul Panaro	(MO)	1667997.20	4965645.81	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_22	FINALE EMILIA	ARPA Emilia- Romagna	Finale Emilia	Finale Emilia	(MO)	1677956.10	4964765.86	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_23	POGGIO RUSCO	ARPA Emilia- Romagna	Poggio Rusco	Poggio Rusco	(MO)	1666969.06	4982502.19	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_24	MOGLIA SERMIDE	DI ARPA Emilia- Romagna	Moglia	Sermide	(MN)	1678789.00	4987404.00	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_25	VALLAZZA	ARPA Emilia- Romagna	Carbonara	Carbonara di Po	(MN)	1673397.21	4989740.87	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_26	SOLARA	ARPA Emilia- Romagna	Solara	Bomporto	(MO)	1678092.35	4959846.84	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_27	CHIAVICHETTA	ARPA Emilia- Romagna	Viarovere	Finale Emilia	(MO)	1679132.95	4972314.56	P: pluviometro comune	Pianura fra Secchia e Panaro
SP_28	S.AGATA BOLOGNESE	ARPA Emilia- Romagna	Crevalcore	Sant'Agata B.	(BO)	1669894.62	4951127.56	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Panaro
SP_29	RAVARINO	ARPA Emilia- Romagna	Ravarino	Ravarino	(MO)	1667654.40	4958910.92	P: pluviometro comune	Panaro
SP_30	BAGNO IN PIANO	ARPA Emilia- Romagna	Bagno di Piano	Sala Bolognese	(BO)	1680082.51	4948117.61	Pr: pluviometro registratore	Reno (Samoggia)
SP_31	MALALBERGO	ARPA Emilia- Romagna	Malalbergo	Malalbergo	(BO)	1700250.67	4954606.55	Pr: pluviometro registratore	Reno (Idice)
SP_32	SALVATONICA	ARPA Emilia- Romagna	Salvatonica	Bondeno	(FE)	1692548.45	4977646.93	Pr: pluviometro registratore	Pianura fra Po e Reno



CODICE	STAZIONE	GESTIONE	LOCALITA'	COMUNE	PROV.	X_Gauss_B o	Y_Gauss_B o	STRUMENTO	BACINO
SP_33	S.AGOSTINO	ARPA Emilia- Romagna	S.Agostino	S.Agostino	(FE)	1688139.32	4962802.95	Pr: pluviometro registratori	Pianura fra Po e Reno
SP_34	FERRARA	ARPA Emilia- Romagna	Ferrara	Ferrara	(FE)	1707124.12	4967495.55	Pr: pluviometro registratori	Pianura fra Po e Reno
SP_35	COPPARO	ARPA Emilia- Romagna	Copparo	Copparo	(FE)	1722632.47	4977345.50	RP: stazione dotata di radiotrasmettitore	Pianura fra Po e Reno
SP_36	BENVIGNANTE	ARPA Emilia- Romagna	Benvignante	Argenta	(FE)	1718411.94	4949591.27	Pr: pluviometro registratori	Pianura fra Po e Reno



**Figura 1-6: Planimetria delle stazioni pluviometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio**

#### 1.3.5.2 Analisi idrologiche

Per la caratterizzazione idrologica si è intesa la determinazione diretta o indiretta delle sollecitazioni di deflusso che interessano i corsi d'acqua di studio; tali sollecitazioni derivano, in condizioni naturali, dalla risultanza del processo di trasformazione afflussi in deflussi dove la portata idrica nel corso d'acqua è la risultante delle precipitazioni depurate delle perdite per evaporazione, traspirazione ed infiltrazione. Nell'ambito di studio tali valutazioni sono state possibili solo per i corsi d'acqua naturali, Secchia e Panaro, in quanto caratterizzati da un bacino di scolo a comportamento naturale. Viceversa i comprensori di bonifica sono caratterizzati da elementi idrografici canalizzati dove il regime di scolo si sovrappone a quello di irrigazione e dove il deflusso delle acque artificiali è spesso gestito attraverso paratoie, chiaviche e soprattutto attraverso sollevamenti meccanici; ciò vale a maggior ragione per il territorio indagato che rappresenta, in molti casi, l'ultimo lembo di terra prima della foce dei canali dei rispettivi recettori terminali.

L'analisi idrologica è stata quindi condotta con l'obiettivo di definire, dove possibile, le portate minime e massime dei corsi d'acqua studiati concentrando tale attività su quelli di rango principale e secondario per i quali è stato inoltre possibile un confronto con i Consorzi di bonifica che, in quanto gestori, hanno fornito prezioso aiuto nelle determinazioni.

Le portate minime sono rappresentate dai minimi deflussi sempre presenti all'interno dei corsi d'acqua e risultano di particolare importanza per comprendere il mantenimento, durante tutto l'arco dell'anno o viceversa la perdita parziale o totale, degli habitat caratteristici degli ambienti fluviali naturali e/o canalizzati. La portata minima è stata valutata attraverso indagini di campo ed attraverso le informazioni dei Consorzi; si è rilevato che la maggior parte dei sistemi canalizzati presenta periodi dell'anno completamente asciutti anche se riconducibili a poche giornate in quanto durante la stagione umida i canali svolgono principalmente la funzione di scolo e pertanto sono spesso interessati da deflussi; durante la stagione secca sono invasati per la funzione irrigua ed ancora pertanto pieni d'acqua. Si sono infatti osservati spesso abitanti del luogo pescare all'interno di canali anche di modeste dimensioni. Le portate minime sono nella maggior parte dei casi nulle, mentre sono sempre garantite nei fiumi naturali e nello Scolmatore di Reno.

Le portate massime sono i massimi deflussi che si sviluppano all'interno di aste canalizzate. I deflussi massimi sono in genere correlati alla probabilità con cui si verificano e questa espressa attraverso il tempo di ritorno. La determinazione delle sollecitazioni idrologiche per assegnato tempo di ritorno avviene generalmente attraverso una indagine afflussi-deflussi sul bacino imbrifero sotteso; tuttavia tale analisi risulta eseguibile solo laddove le informazioni sul bacino sono note e dove il regime idrologico avviene interamente a gravità. Nel caso di studio solo i fiumi Secchia e Panaro sono caratterizzati da queste informazioni e le portate possono essere definite per via analitica; per essi ci si è appoggiati ai valori caratteristici determinati dall'Autorità di Bacino nell'ambito dei suoi più recenti studi condotti per la definizione degli ambiti di tutela fluviale.

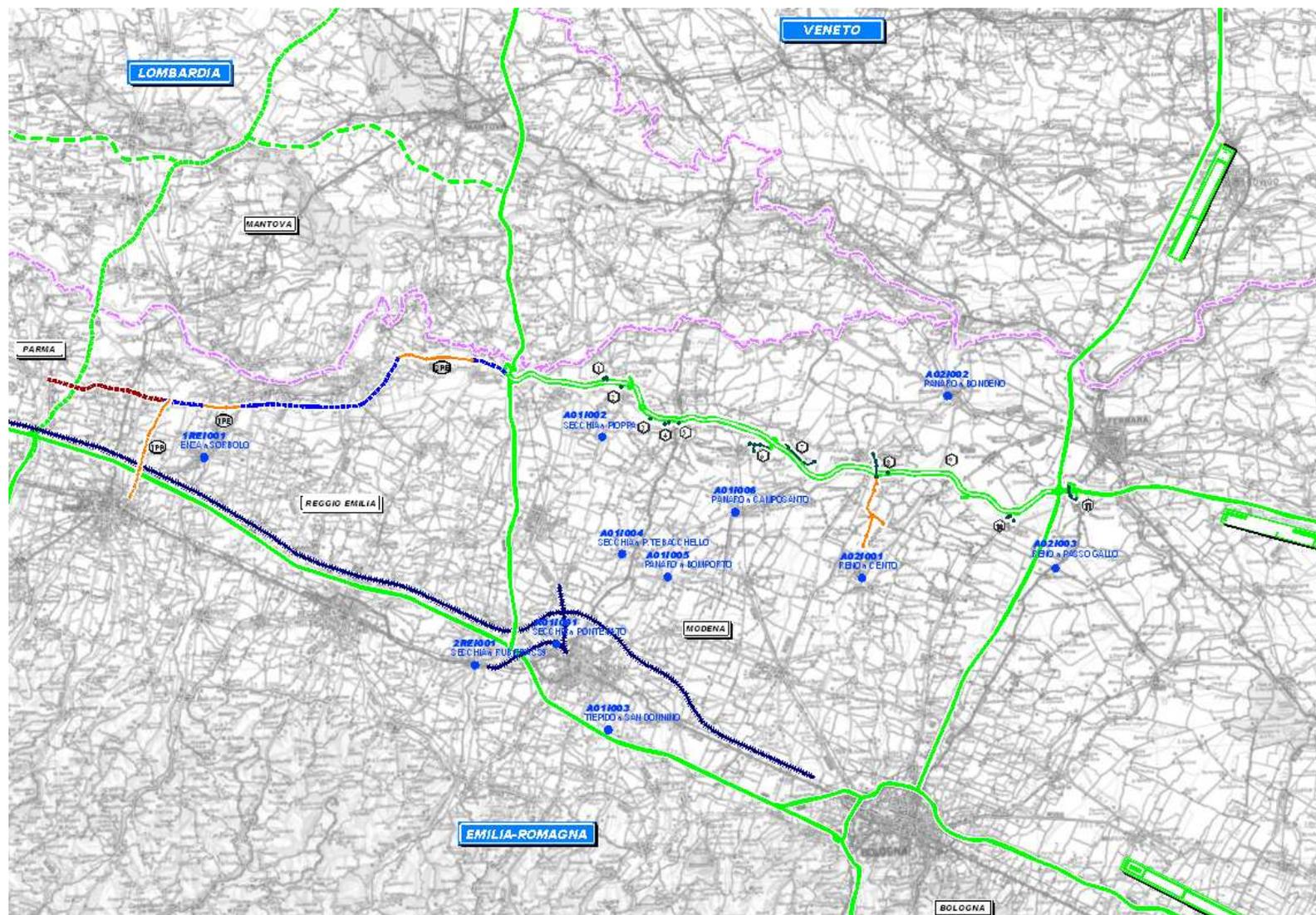
Per i canali la definizione delle portate massime assume un significato leggermente diverso; essi infatti hanno bacini imbriferi di difficile determinazione univoca in quanto spesso è diverso il bacino di scolo da

quello di irrigazione ed in caso di sollecitazioni pluviometriche durante la stagione irrigua la forte regolazione artificiale dei deflussi impedisce la determinazione di portate con riferimento probabilistico. E' importante inoltre segnalare che, essendo i canali di antica costruzione, gli stessi sono stati dimensionati per portate di scolo riferite a tempi di ritorno di 20-30 anni che tuttavia oggi, dopo la forte espansione urbanistica, risultano insoddisfatte a causa dell'aumento dei coefficienti di deflusso e della riduzione dei tempi di corrivazione.

Il valore di portata assunto quindi a riferimento per la caratterizzazione dei massimi deflussi è quindi quello della massima portata sostenibile dalla geometria del canale nel tratto indagato; tale valore non vale in senso assoluto ma solo nella sezione d'indagine. La portata sostenibile viene quindi ricavata per via idraulica attraverso l'espressione di Chezy od ipotizzando all'interno dei modelli idraulici diverse portate e verificando quali di queste mantengono il proprio idrodinamismo all'interno dell'alveo sia esso inciso o arginato.

**Tabella 1-15: Stazioni idrometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio**

COD_CISPA	COMUNE	PROVINCIA	PROPRIETA'	ENTE_GES	CORSO D'ACQUA	QUOTA ZERO IDROMETRICO (m s.l.m.)	DISTANZA DALLA CONFLUENZA CON FIUME PO (km)
1REI001	Sorbolo	PR	ARPA	ARPA	Enza	24.09	19.6
2REI001	Rubiera	RE	ARPA	ARPA	Secchia	47.17	86.8
A01I001	Modena	MO	ARPA	ARPA	Secchia	28.71	74.2
A01I002	San Possidonio	MO	ARPA	ARPA	Secchia	17.97	41.7
A01I003	Modena	MO	ARPA	ARPA	Tiepido - affluente del Panaro	42.93	68
A01I004	Soliera	MO	ARPA	ARPA	Secchia	23.62	60.3
A01I005	Bomporto	MO	ARPA	ARPA	Panaro	18.43	46.6
A01I006	Camposanto	MO	ARPA	ARPA	Panaro	-	-
A02I001	Cento	FE	ARPA	ARPA	Reno	15.2	-
A02I002	Bondeno	FE	ARPA	ARPA	Panaro	10.99	-
A02I003	Malalbergo	BO	ARPA	ARPA	Reno	4.68	-



**Figura 1-7: Planimetria delle stazioni idrometriche ufficiali ricadenti all'interno dell'area di studio**

### 1.3.5.3 Idrografia

Il sistema di acque superficiali, interessato dal tracciato autostradale e dalle viabilità di collegamento, è composto, in parte, da corsi d'acqua naturali, ma soprattutto da una fitta rete di corsi d'acqua artificiali, di storica memoria, rappresentativi di un importante componente dell'ambiente circostante. Questo antico intreccio di canali rappresenta un elemento determinante per la caratterizzazione anche del paesaggio agrario coinvolto dall'infrastruttura stradale ed assolve una funzione strategica per l'economia del territorio, sia in termini di distribuzione delle acque irrigue che di scolo di quelle piovane.

L'ambito territoriale scelto per l'analisi del sistema idrografico è, quindi, quello definito dai bacini imbriferi le cui aste vengono interessate dall'opera in studio; essi appartengono in maggior parte al bacino imbrifero del Fiume Po ed in minor parte al bacino del Fiume Reno e si estende dal crinale appenninico fino al Po, nell'area delimitata ad ovest dalla provincia di Parma e ad est da quelle di Bologna e Ferrara. Sono interferiti dal tracciato proposto 3 corsi d'acqua naturali, torrente Enza, fiume Secchia e fiume Panaro, e da una fitta rete di canali artificiali tra principali, secondari e minori, tra cui merita particolare attenzione lo Scolmatore di Reno per le sue precipue funzioni idrauliche. Sono inoltre individuate le interferenze con i corsi d'acqua principali, secondari e minori generate dalla realizzazione degli Interventi locali di collegamento viario al sistema autostradale.

Lo studio idrologico ed idraulico, differenziato per singolo sistema idrografico e per singolo ambito territoriale, ha permesso di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio autostradale e delle viabilità di collegamento, bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema è quindi organizzato in tre classi prevalenti:

- ❑ Corsi d'acqua principali classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $B > 10\text{m}$ , tra questi rientrano i corsi d'acqua naturali Torrente Enza, Fiume Secchia e Fiume Panaro e diversi canali di bonifica, inoltre ricopre particolare importanza lo Scolmatore di Reno di competenza dell'Autorità di bacino del Fiume Reno.
- ❑ Corsi d'acqua secondari classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $10\text{m} > B > 3\text{m}$ , tra questi rientrano i corsi d'acqua artificiali gestiti dai singoli Consorzi di Bonifica territorialmente competenti;
- ❑ Corsi d'acqua minore classificati tali, perché aventi sezione trasversale con base maggiore  $B < 3\text{m}$ , tra questi rientrano i corsi d'acqua della rete minuta di proprietà privata e/o pubblica principalmente riconducibili alle tipologie di fossi di guardia di strade provinciali comunali o poderali e capifosso agricoli, collettori delle singole scoline, realizzati dai conduttori agricoli nell'ambito dell'organizzazione coltiva e fondiaria

Nelle tabelle seguenti sono indicate le competenze amministrative dei corsi d'acqua principali e secondari

**Tabella 1-16 Corsi d'acqua di competenza dell'Autorità di Bacino**

CORSO D'ACQUA	ENTE DI GESTIONE	PROVINCE INTERESSATE	SUPERFICIE del bacino idrografico sotteso (km <sup>2</sup> )
Torrente Enza	Agenzia Interregionale per il fiume PO Servizio Tecnico Bacini Enza e Sinistra Secchia	Parma-Reggio Emilia	890
Fiume Secchia	Agenzia Interregionale per il fiume PO Servizio Tecnico Bacini Enza e Sinistra Secchia Servizio Tecnico Bacini Panaro e Destra Secchia	Reggio Emilia - Modena Mantova	2.090
Fiume Panaro	Agenzia Interregionale per il fiume PO Servizio Tecnico Bacini Panaro e Destra Secchia	Modena - Bologna Pistoia - Ferrara Mantova	1.775
Scolmatore Reno o Cavo Napoleonico	Autorità di bacino del fiume Reno Servizio Tecnico Bacino Reno	Bologna - Ferrara Modena - Ravenna Firenze – Pistoia - Prato	4.925

**Tabella 1-17: Competenze amministrative dei corsi d'acqua artificiali**

COMPENSORI DI BONIFICA	PROVINCE INTERESSATE	SUPERFICIE del Compensorio di Bonifica (ha)
Terre dei Gonzaga in Destra Po	Mantova - Reggio Emilia	87.000
Emilia Centrale	Reggio Emilia - Modena - Mantova	214.318
Burana	Modena- Ferrara – Bologna Mantova - Pistoia	200.722
Terre di Ferrara	Modena – Bologna - Ferrara	109.431

### **1.3.6. Sismica**

Il tracciato dell'Autostrada Regionale Cispadana si colloca nella porzione centro orientale della Pianura Padana a sud del fiume Po. Per la valutazione della pericolosità sismica di un'area è importante individuare tra le faglie attive quelle la cui storia recente è direttamente legata ai terremoti di elevata magnitudo: faglie primarie o principali. Queste strutture sismogenetiche hanno lasciato le tracce più tangibili della loro attività nella storia geologica tardo-quadernaria, rappresentate dal macroscopico condizionamento del contesto geologico su cui insistono. Il concetto di faglia attiva è attualmente oggetto di numerose definizioni e si presta ad interpretazioni ambigue imponendo la necessità di definire con chiarezza i criteri discriminanti delle faglie attive rispetto all'insieme delle strutture tettoniche riconoscibili. Una definizione utile di attività con riferimento agli scopi eminentemente pratici del progetto è la seguente: "faglia che può muoversi con potenziali effetti dannosi in un intervallo di tempo di interesse sociale" (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti- PE98). L'analisi sismotettonica del territorio emiliano-romagnolo evidenzia come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. A tali strutture (in particolare alla dorsale Ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale osservati in alcune aree di Pianura Padana, nelle province di Reggio Emilia e Modena (Pellegrini & Mezzani, 1978). Lungo il margine, risulta attivo il thrust pede-appenninico tra Bologna e Parma, mentre blind thrusts attivi caratterizzano il settore a Sud Est di Bologna. L'attività del thrust pede-appenninico è in accordo con quanto osservato da Amorosi et alii (1996) sulla base dell'analisi delle correlazioni tra terrazzi fluviali del margine e conoidi alluvionali nella pianura nelle vicinanze della città di Bologna. Attivi risultano anche sovrascorrimenti nell'area di catena, come il sistema che si sviluppa tra Castiglione di Pepoli e M. Orsaro (crinale toscano-emiliano) e le strutture nell'area di S. Sofia (Appennino romagnolo). La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW ed i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I terremoti profondi risultano quasi tutti di bassa magnitudo, probabilmente per la maggiore presenza di fluidi nel mantello, per cui pochi sono i meccanismi focali calcolati. Ciò nonostante questi sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio interessato dall'infrastruttura in progetto, come indicato nella Delibera di Giunta Regionale n.1677/2005, a decorrere dal 23/10/2005 trova attuazione la classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia Romagna, stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una nuova classificazione sismica, suddividendo il

territorio nazionale in quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Le zone sono definite rispettivamente ad alta sismicità la zona 1, a media sismicità la zona 2 e a bassa sismicità la zona 3, mentre nella zona 4 viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa.

Come stabilito dall'allegato B della D.G.R. n.1677/2005, tutti i Comuni attraversati dall'infrastruttura in progetto sono classificati in zona 3.

In generale per il territorio interessato dall'opera in progetto sono storicamente documentate numerose scosse sismiche, molte delle quali sono attribuibili a eventi sismici con aree epicentrali esterne al territorio di interesse. Non mancano tuttavia forti sismi riconducibili invece ad eventi locali e connessi da un punto di vista strutturale a movimenti delle pieghe dell'Appennino sepolto. La regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico" (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

## 2. PROGETTO AUTOSTRADALE E VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO

### 2.1. TRACCIATO AUTOSTRADALE – CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE

#### 2.1.1. Andamento plano-altimetrico

Nella presente sezione si provvede a fornire una sintesi delle caratteristiche funzionali e geometriche del tracciato della nuova Autostrada Regionale Cispadana. Per indicazioni di dettaglio si rimanda alla “Relazione Tecnica sul progetto stradale” (PD\_0\_000\_00000\_0\_SD\_RT\_01) e alla “Relazione tecnica sul tracciato autostradale” (PD\_0\_A00\_ACS00\_0\_SD\_RT\_01).

##### 2.1.1.1 Asse autostradale

Il progetto del tracciato autostradale si sviluppa da Ovest verso Est per una lunghezza complessiva di 64'666.12 m, partendo dalla pk 0+00 km ubicata al termine dell'interconnessione con A22, mentre lo sviluppo complessivo da inizio sino a fine intervento è pari a circa 67'730 m. Il tracciato prevede quattro nuove autostazioni e due aree di servizio, oltre allo svincolo di interconnessione con le autostrade A22 ed A13, posti all'inizio e alla fine del raccordo autostradale di progetto. Oltre al tracciato autostradale e ai relativi svincoli d'interconnessione e di autostazione, la progettazione riguarda anche le varianti alle viabilità interferite. Le opere previste a risoluzione delle interferenze stradali si suddividono in varianti intersecate dal tracciato e viabilità di collegamento tracciato autostradale, accomunate ad esso per la funzione di ricucitura del tessuto viario, per il processo di cantierizzazione e per le opere di mitigazione.

La definizione del tracciato plano-altimetrico è sviluppata in modo che le caratteristiche geometriche e funzionali rispondano agli standard di sicurezza richiesti dal quadro normativo vigente. Il progetto dell'asse principale autostradale, in particolare, si sviluppa nel pieno rispetto del D.M. 05/11/2001 “Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade” e del D.M. 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”. Le norme sopra citate permettono di definire i criteri di progettazione degli aspetti funzionali e geometrici delle strade, in relazione alla classificazione effettuata dal Codice della strada, in modo tale da garantire sempre in qualsiasi momento e condizione:

- la sicurezza della circolazione di tutti coloro che utilizzano la strada;
- la riduzione di inquinamento acustico ed atmosferico;
- il rispetto ambientale e degli edifici storici di particolare pregio.

Per garantire, poi, il funzionamento del sistema globale in cui viene a collocarsi la presente infrastruttura, è stata posta particolare attenzione allo studio del sistema di “interconnessioni” che si vengono a realizzare fra la nuova autostrada regionale e le altre strade appartenenti alla rete primaria e al livello funzionale adiacente. Il collegamento alle due autostrade esistenti, realizzato con svincoli direzionali per agevolare le

manovre di immissione da e per le autostrade intersecantesi, prevede la ricollocazione dello svincolo di autostazione di Reggiolo-Rolo sull'Autostrada A22, anche nell'ottica di una possibile implementazione dell'autostrada Cispadana verso Ovest e la riconfigurazione della barriera di Ferrara Sud sull'Autostrada A13.

Quest'ultima, in particolare, è stata studiata in modo tale da permettere l'eventuale trasformazione della Superstrada Ferrara – Porto Garibaldi a rango di autostrada, senza sostanziali modifiche al raccordo futuro della Superstrada stessa proposto nel presente progetto definitivo, all'interno del quale potrà essere ricollocato il casello autostradale di Ferrara Sud.

Anche le intersezioni del nuovo tracciato autostradale con la viabilità locale sono state oggetto di un attento studio. In seguito alle indicazioni dello studio di traffico sono state individuate quelle che rappresentano le collocazioni territoriali ideali per i punti di "permeabilità" della nuova Autostrada Regionale con il territorio interessato. Si è individuata, quindi, la soluzione progettuale ottimale per la configurazione funzionale degli svincoli di autostazione, caratterizzati dalla tipologia a "racchetta", ossia con rampe direzionali che, oltre a consentire un minor impatto sul territorio, permettono manovre *dirette o semi-dirette* agevolando l'ingresso e l'uscita dal nuovo raccordo autostradale.

Per la nuova Autostrada Regionale Cispadana viene proposta la sezione corrispondente alla categoria "A" con due corsie per senso di marcia, più la corsia d'emergenza, secondo la classificazione fornita dal D.M. 05/11/01.

La velocità di progetto dell'intero raccordo autostradale è pari a 140 Km/h; solo in corrispondenza delle curve planimetriche tra il km 0+969 e 1+432 e tra il km 55+533 e km 55+971 la velocità di progetto viene ridotta rispettivamente a 130 e 136 km/h ma comunque nel rispetto della normative vigenti. Tutti gli elementi plano-altimetrici del tracciato sono stati dimensionati in base a tale valore. Al fine di garantire la continua osservanza delle verifiche di visibilità, inoltre, sono stati previsti gli allargamenti della banchina interna della piattaforma autostradale.

Su tutto il tratto autostradale ad intervalli prossimi al chilometro e su entrambi i lati sono previsti gli allargamenti della piattaforma stradale per ospitare le piazzole di sosta, alternativamente corredate di colonnina S.O.S.

La corsia d'emergenza mantiene la sua continuità anche nei rami degli svincoli d'interconnessione e di autostazione, la larghezza della carreggiata stradale dei rami unidirezionali a due corsie è prevista sovradimensionata rispetto alle indicazioni delle norme.

E' stata inoltre adottata una pavimentazione con tappeto d'usura drenante per assicurare una maggiore aderenza ed una migliore visibilità in caso di pioggia.

Il tracciato autostradale ha inizio in corrispondenza dell'interconnessione con l'Autostrada A22 che consente il raccordo alla nuova Autostrada Regionale Cispadana in direzione Ferrara e termina con la barriera di Ferrara Sud sull'asse della Superstrada Ferrara – Porto Garibaldi.

La nuova arteria autostradale si sviluppa per il 34% in rettilineo, per il 29% in raccordo circolare e per il restante 37% in raccordo clotoidico.

CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	LUNGHEZZA (m)	%
<b>Totale tracciato</b>	<b>64'666.12</b>	<b>100</b>
Tratto in rettilineo	21'865.73	34
Tratto in raccordo clotoidico	24'161.51	37
Tratto in raccordo circolare	18'638.88	29

**Tabella 2-1 – Configurazione planimetrica**

Planimetricamente il tracciato è caratterizzato da raggi di curvatura che consentono di ripercorrere, fondamentalmente, la geometria predisposta dallo Studio di fattibilità della Regione Emilia-Romagna per il tracciato della nuova Autostrada Regionale Cispadana. Il raggio planimetrico minimo è di 806 m in prossimità dell'interconnessione con l'autostrada A22. Tutte le curve sinistrorse di raggio inferiore a 2.300 m prevedono l'incremento della banchina interna per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità di progetto  $V_{pmax}=140$  km/h. Per i raccordi clotoidali sono stati calcolati i valori del parametro A nel rispetto dei criteri definiti dalla normativa.

La pendenza trasversale massima in curva è pari al 7%, mentre in rettilineo è sempre garantita la pendenza del 2,5% per consentire il corretto deflusso delle acque di piattaforma.

Gli elementi planimetrici costituenti il tracciato sono riassunti nella tabella seguente:

Tipo	Progressiva iniziale	Progressiva finale	Sviluppo	Parametro di scala A	Raggio iniziale	Raggio finale	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]	Vp
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]				[km/h]
CLOTOIDE	522.817	969.467	446.650	600.000	0.000	806.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	969.467	1.432.038	462.572	0.000	806.000	806.000	Dx	-7.000	7.000	130
CLOTOIDE	1.432.038	1.878.689	446.650	600.000	806.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	1.878.689	2.000.858	122.170	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	2.000.858	2.577.049	576.190	1.100.000	0.000	2.100.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	2.577.049	3.040.181	463.132	0.000	2.100.000	2.100.000	Sx	4.255	-4.255	140
CLOTOIDE	3.040.181	3.616.371	576.190	1.100.000	2.100.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	3.616.371	4.474.643	858.271	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	4.474.643	4.807.976	333.333	1.000.000	0.000	3.000.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	4.807.976	5.116.570	308.594	0.000	3.000.000	3.000.000	Dx	-3.387	3.387	140
CLOTOIDE	5.116.570	5.449.903	333.333	1.000.000	3.000.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	5.449.903	5.895.353	445.450	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	5.895.353	6.245.353	350.000	1.050.000	0.000	3.150.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	6.245.353	7.501.655	1.256.302	0.000	3.150.000	3.150.000	Sx	3.283	-3.283	140
CLOTOIDE	7.501.655	7.851.655	350.000	1.050.000	3.150.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	7.851.655	8.230.657	379.002	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	8.230.657	8.655.104	424.447	1.270.000	0.000	3.800.000	Dx	0.000	0.000	140



ARCO	8.655.104	9.631.934	976.829	0.000	3.800.000	3.800.000	Dx	-2.912	2.912	140
CLOTOIDE	9.631.934	10.056.381	424.447	1.270.000	3.800.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	10.056.381	11.178.298	1.121.917	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	11.178.298	11.765.454	587.156	800.000	0.000	1.090.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	11.765.454	12.398.034	632.580	0.000	1.090.000	1.090.000	Dx	-6.473	6.473	140
CLOTOIDE	12.398.034	13.042.936	644.902	838.417	1.090.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	13.042.936	14.113.095	1.070.159	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	14.113.095	14.363.095	250.000	500.000	0.000	1.000.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	14.363.095	14.798.898	435.802	0.000	1.000.000	1.000.000	Sx	6.840	-6.840	140
CLOTOIDE	14.798.898	15.048.898	250.000	500.000	1.000.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	15.048.898	15.734.713	685.815	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	15.734.713	15.913.284	178.571	500.000	0.000	1.400.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	15.913.284	16.451.886	538.602	0.000	1.400.000	1.400.000	Sx	5.516	-5.516	140
CLOTOIDE	16.451.886	16.630.457	178.571	500.000	1.400.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	16.630.457	17.086.387	455.930	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
ARCO	17.086.387	17.192.734	106.347	0.000	30.000.000	30.000.000	Dx	-2.500	-2.500	140
RETTIFILO	17.192.734	17.688.961	496.227	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
ARCO	17.688.961	18.441.005	752.044	0.000	10.250.000	10.250.000	Dx	-2.500	-2.500	140
RETTIFILO	18.441.005	18.471.496	30.491	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	18.471.496	18.697.121	225.625	475.000	0.000	1.000.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	18.697.121	19.068.447	371.326	0.000	1.000.000	1.000.000	Sx	6.840	-6.840	140
CLOTOIDE	19.068.447	19.270.947	202.500	450.000	1.000.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	19.270.947	19.285.048	14.100	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	19.285.048	19.487.548	202.500	450.000	0.000	1.000.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	19.487.548	19.766.356	278.808	0.000	1.000.000	1.000.000	Dx	-6.840	6.840	140
CLOTOIDE	19.766.356	19.968.856	202.500	450.000	1.000.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	19.968.856	21.448.055	1.479.199	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	21.448.055	22.024.978	576.923	1.500.000	0.000	3.900.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	22.024.978	22.322.992	298.014	0.000	3.900.000	3.900.000	Dx	-2.864	2.864	140
CLOTOIDE	22.322.992	22.979.402	656.410	1.600.000	3.900.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	22.979.402	24.105.702	1.126.299	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
ARCO	24.105.702	24.982.169	876.467	0.000	10.250.000	10.250.000	Dx	-2.500	-2.500	140
RETTIFILO	24.982.169	26.473.226	1.491.057	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	26.473.226	26.806.559	333.333	1.000.000	0.000	3.000.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	26.806.559	26.946.356	139.797	0.000	3.000.000	3.000.000	Dx	-3.387	3.387	140
CLOTOIDE	26.946.356	27.279.689	333.333	1.000.000	3.000.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	27.279.689	27.885.651	605.962	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	27.885.651	28.297.080	411.429	1.200.000	0.000	3.500.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	28.297.080	28.707.339	410.260	0.000	3.500.000	3.500.000	Dx	-3.069	3.069	140
CLOTOIDE	28.707.339	29.118.768	411.429	1.200.000	3.500.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	29.118.768	29.190.297	71.529	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	29.190.297	29.388.322	198.025	445.000	0.000	1.000.000	Sx	0.000	0.000	140



ARCO	29.388.322	29.586.601	198.280	0.000	1.000.000	1.000.000	Sx	6.840	-6.840	140
CLOTOIDE	29.586.601	29.784.626	198.025	445.000	1.000.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	29.784.626	29.784.890	0.264	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	29.784.890	30.009.340	224.450	670.000	0.000	2.000.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	30.009.340	30.756.903	747.563	0.000	2.000.000	2.000.000	Dx	-4.390	4.390	140
CLOTOIDE	30.756.903	30.981.353	224.450	670.000	2.000.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	30.981.353	32.043.043	1.061.691	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
ARCO	32.043.043	32.247.003	203.960	0.000	10.250.000	10.250.000	Sx	-2.500	-2.500	140
RETTIFILO	32.247.003	32.993.891	746.888	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	32.993.891	33.206.115	212.224	635.000	0.000	1.900.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	33.206.115	34.680.919	1.474.804	0.000	1.900.000	1.900.000	Sx	4.537	-4.537	140
CLOTOIDE	34.680.919	34.893.143	212.224	635.000	1.900.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	34.893.143	34.893.489	0.347	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	34.893.489	35.095.789	202.300	595.000	0.000	1.750.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	35.095.789	35.822.752	726.962	0.000	1.750.000	1.750.000	Dx	-4.782	4.782	140
CLOTOIDE	35.822.752	36.049.552	226.800	630.000	1.750.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	36.049.552	36.144.705	95.153	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	36.144.705	36.368.972	224.267	580.000	0.000	1.500.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	36.368.972	36.885.519	516.548	0.000	1.500.000	1.500.000	Sx	5.277	-5.277	140
CLOTOIDE	36.885.519	37.052.186	166.667	500.000	1.500.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	37.052.186	37.576.944	524.758	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	37.576.944	37.743.611	166.667	500.000	0.000	1.500.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	37.743.611	38.206.488	462.877	0.000	1.500.000	1.500.000	Dx	-5.277	5.277	140
CLOTOIDE	38.206.488	38.373.155	166.667	500.000	1.500.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	38.373.155	39.639.153	1.265.998	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	39.639.153	39.805.820	166.667	500.000	0.000	1.500.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	39.805.820	41.752.130	1.946.310	0.000	1.500.000	1.500.000	Sx	5.277	-5.277	140
CLOTOIDE	41.752.130	41.918.797	166.667	500.000	1.500.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	41.918.797	41.996.652	77.856	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	41.996.652	42.333.586	336.933	798.000	0.000	1.890.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	42.333.586	44.308.348	1.974.763	0.000	1.890.000	1.890.000	Dx	-4.552	4.552	140
CLOTOIDE	44.308.348	44.645.281	336.933	798.000	1.890.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	44.645.281	44.751.078	105.796	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	44.751.078	45.001.710	250.632	708.000	0.000	2.000.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	45.001.710	45.338.127	336.418	0.000	2.000.000	2.000.000	Sx	4.390	-4.390	140
CLOTOIDE	45.338.127	45.588.759	250.632	708.000	2.000.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	45.588.759	46.502.262	913.503	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
ARCO	46.502.262	47.589.437	1.087.174	0.000	10.250.000	10.250.000	Dx	-2.500	-2.500	140
RETTIFILO	47.589.437	48.326.009	736.573	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	48.326.009	48.492.455	166.446	498.000	0.000	1.490.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	48.492.455	49.992.526	1.500.071	0.000	1.490.000	1.490.000	Dx	-5.300	5.300	140
CLOTOIDE	49.992.526	50.158.971	166.446	498.000	1.490.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140

RETTIFILO	50.158.971	50.159.252	0.281	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	50.159.252	50.358.363	199.111	597.000	0.000	1.790.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	50.358.363	52.088.281	1.729.918	0.000	1.790.000	1.790.000	Sx	4.713	-4.713	140
CLOTOIDE	52.088.281	52.287.392	199.111	597.000	1.790.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	52.287.392	52.743.444	456.052	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	52.743.444	53.045.265	301.822	775.000	0.000	1.990.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	53.045.265	54.012.432	967.167	0.000	1.990.000	1.990.000	Dx	-4.404	4.404	140
CLOTOIDE	54.012.432	54.648.424	635.992	1.125.000	1.990.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	54.648.424	55.226.526	578.102	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	55.226.526	55.532.776	306.250	525.000	0.000	900.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	55.532.776	55.971.338	438.562	0.000	900.000	900.000	Sx	7.000	-7.000	136
CLOTOIDE	55.971.338	56.277.588	306.250	525.000	900.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	56.277.588	56.821.284	543.696	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	56.821.284	57.247.950	426.667	800.000	0.000	1.500.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	57.247.950	57.678.113	430.163	0.000	1.500.000	1.500.000	Sx	5.277	-5.277	140
CLOTOIDE	57.678.113	58.104.780	426.667	800.000	1.500.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	58.104.780	58.590.281	485.501	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	58.590.281	59.090.281	500.000	1.500.000	0.000	4.500.000	Sx	0.000	0.000	140
ARCO	59.090.281	59.229.838	139.557	0.000	4.500.000	4.500.000	Sx	2.613	-2.613	140
CLOTOIDE	59.229.838	59.729.838	500.000	1.500.000	4.500.000	0.000	Sx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	59.729.838	60.134.763	404.925	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	60.134.763	60.276.216	141.453	412.000	0.000	1.200.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	60.276.216	60.872.344	596.128	0.000	1.200.000	1.200.000	Dx	-6.087	6.087	140
CLOTOIDE	60.872.344	61.013.797	141.453	412.000	1.200.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	61.013.797	62.994.119	1.980.322	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140
CLOTOIDE	62.994.119	63.163.610	169.492	500.000	0.000	1.475.000	Dx	0.000	0.000	140
ARCO	63.163.610	63.540.414	376.804	0.000	1.475.000	1.475.000	Dx	-5.334	5.334	140
CLOTOIDE	63.540.414	63.709.906	169.492	500.000	1.475.000	0.000	Dx	0.000	0.000	140
RETTIFILO	63.709.906	64.666.125	956.219	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	140

Altimetricamente l'autostrada si configura per il 41% del suo sviluppo in rilevato basso (denominato a raso), cioè con altezza inferiore a 2,5 m rispetto al piano campagna. Per il 53% in rilevato (altezze superiori ai 2.5 m rispetto al piano campagna), per il 4% in viadotto e per il restante 2% al di sotto del piano campagna (in trincea). L'altezza di rilevato massima è in corrispondenza degli scavalchi ferroviari ed è pari a 11,50 m.

CONFIGURAZIONE ALTIMETRICA	LUNGHEZZA (m)	%
<b>Totale tracciato</b>	<b>64'666</b>	<b>100</b>
Tratto a raso (H<2.50)	29'455	46
Tratto in rilevato (H>2.50)	31'173	48
Tratto in Viadotto	2'830	4
Tratto in Trincea Confinata	1'207	2

**Tabella 2-2 – Configurazione altimetrica**

Le livellette sono previste con una pendenza minima dello 0,10% per consentire l'allontanamento delle acque meteoriche ed il loro recapito agli impianti di trattamento. La pendenza massima prevista lungo il tracciato principale, in corrispondenza delle opere di scavalco, è il 3.70%. Tali valori, molto contenuti, consentono l'inserimento degli ampi raccordi verticali necessari a garantire la richiesta visibilità per l'arresto con valori minimi dei raggi adottati pari a 15'000.00 m per i raccordi convessi e 6'000.00 m quelli concavi.

I raccordi parabolici di progetto, con relativa rispondenza al D.M. 05/11/01, sono riassunti nella seguente tabella:

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	50000.00000	-0.21866427	109.3321572	934.2633468	1043.595481	109.3321349	<input type="checkbox"/>	132.6739355	<input checked="" type="checkbox"/>	2263.679676	
2	Parabolico	6000.000000	2.77859979	166.7352060	1437.989221	1604.705209	166.7159873	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	5184.208237	
3	Parabolico	15800.00000	-2.97231036	469.6757100	1622.021185	2091.646221	469.6250361	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15729.73733	
4	Parabolico	15600.00000	-2.12845810	332.0763431	2792.102222	3124.141686	332.0394633	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15554.23991	
5	Parabolico	6000.000000	2.26217126	135.7444813	3145.780438	3281.510713	135.7302754	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2907.404244	
6	Parabolico	10000.00000	2.50281554	250.3029928	3424.565165	3674.846719	250.2815543	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4215.131299	
7	Parabolico	15600.00000	-4.56037506	711.4803030	3687.627052	4399.045561	711.4185086	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15501.43771	
8	Parabolico	10000.00000	1.94063260	194.0813985	4404.466140	4598.529399	194.0632597	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
9	Parabolico	11999.99999	0.25789903	30.94792552	4884.526132	4915.474015	30.94788306	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
10	Parabolico	10000.00000	1.38948405	138.9526948	5837.870616	5976.819021	138.9484048	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
11	Parabolico	16000.00000	-1.08648273	173.8440400	6028.320693	6202.157931	173.8372373	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	11804.94526	
12	Parabolico	10000.00000	1.55059388	155.0696402	6362.907494	6517.966882	155.0593877	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
13	Parabolico	15550.00000	-4.19656245	652.6156204	6530.668714	7183.234174	652.5654603	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15514.13675	
14	Parabolico	10000.00000	2.46199255	246.2212184	7207.074673	7453.273927	246.1992547	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4034.654037	
15	Parabolico	15000.00000	2.03338335	305.0317730	8351.963501	8656.971003	305.0075018	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
16	Parabolico	16000.00000	-1.93338335	309.3672057	8665.371159	8974.712494	309.3413353	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15365.07299	
17	Parabolico	10000.00000	2.18068887	218.0913612	9361.322038	9579.390925	218.0688873	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
18	Parabolico	15700.00000	-4.98643816	782.9524030	9579.626676	10362.49746	782.8707916	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15679.07278	
19	Parabolico	10000.00000	2.40574929	240.6044019	10374.83326	10615.40819	240.5749290	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	3787.264619	
20	Parabolico	16000.00000	-1.86707151	298.7549720	10646.33549	10945.06693	298.7314416	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15322.73713	
21	Parabolico	10000.00000	1.86707151	186.7218575	11045.92077	11232.62792	186.7071510	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
22	Parabolico	19999.99995	0.30000000	60.00002989	11526.84146	11586.84146	59.99999988	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
23	Parabolico	19999.99998	-0.21570461	43.14092991	12007.14731	12050.28823	43.14092141	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
24	Parabolico	15500.00000	-1.85320884	287.2670845	12451.19859	12738.44596	287.2473709	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15260.75779	
25	Parabolico	6500.000000	4.02545760	261.6724379	12807.20272	13068.85747	261.6547439	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	6110.860253	
26	Parabolico	15500.00000	-2.15654415	334.2868148	13144.59272	13478.85706	334.2643428	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15316.05115	
27	Parabolico	20000.00000	0.20137683	40.27537344	13838.52927	13878.80464	40.27536663	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
28	Parabolico	10000.00000	0.39862317	39.86252328	14130.06884	14169.93115	39.86231668	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
29	Parabolico	20000.00000	-0.39862317	79.72504656	14210.48308	14290.20771	79.72463336	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
30	Parabolico	10000.00000	1.76533811	176.5446506	14898.92289	15075.45670	176.5338111	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
31	Parabolico	15350.00000	-3.95287485	606.8061640	15234.12503	15840.89132	606.7662897	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15334.88455	
32	Parabolico	10000.00000	2.21390905	221.4060406	15963.07864	16184.46955	221.3909054	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2528.849025	
33	Parabolico	10000.00000	-0.84615103	84.61572465	16957.69244	17042.30755	84.61510318	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2949.461021	
34	Parabolico	6500.000000	3.21340674	208.8886660	17065.49666	17274.36809	208.8714382	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	5887.441562	
35	Parabolico	16170.00000	-5.76160788	931.7877982	17279.76477	18211.41676	931.6519945	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	16169.16102	
36	Parabolico	6375.000000	6.93857018	442.4234901	18221.34373	18663.67758	442.3338486	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	6371.864199	
37	Parabolico	16525.00000	-4.90639220	810.9228397	18663.71128	19474.49260	810.7813106	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	16520.19009	
38	Parabolico	16000.00000	-1.02108388	163.3990008	19574.38085	19737.75427	163.3734203	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	11246.98258	
39	Parabolico	6500.000000	4.45338261	289.4938054	19779.01567	20068.48554	289.4698698	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	6139.077915	
40	Parabolico	15410.00000	-3.95454226	609.4361585	20072.79666	20682.19163	609.3949622	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15406.62197	
41	Parabolico	15000.00000	1.58537266	237.8194382	20715.35653	20953.16242	237.8058987	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
42	Parabolico	30000.00000	-0.13355663	40.06710599	21275.40615	21315.47314	40.06698947	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
43	Parabolico	50000.00000	0.40470391	202.3522002	22041.48407	22243.83602	202.3519558	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
44	Parabolico	7000.000000	2.67070905	186.9744418	22674.81075	22861.76038	186.9496334	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4892.031035	
45	Parabolico	16000.00000	-5.63628039	901.9243419	22862.08837	23763.89324	901.8048626	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15863.19299	
46	Parabolico	7000.000000	2.76571997	193.6278515	23788.09787	23981.69827	193.6003981	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	5178.410589	
47	Parabolico	20000.00000	-0.17210155	34.42037435	24508.47136	24542.89167	34.42031053	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
48	Parabolico	6000.000000	2.29140129	137.4923312	24847.60940	24985.09348	137.4840771	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	3059.461224	
49	Parabolico	15300.00000	-3.92340213	600.3191318	25005.92846	25606.20898	600.2805261	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15292.47248	
50	Parabolico	6000.000000	1.81457490	108.8813968	25630.22879	25739.10328	108.8744940	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
51	Parabolico	20000.00000	0.12924937	25.84987677	27181.52935	27207.37922	25.84987417	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
52	Parabolico	20000.00000	-0.24454603	48.90923579	27503.01380	27551.92300	48.90920693	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
53	Parabolico	10000.00000	2.95633594	295.6683250	28405.61300	28701.24659	295.6335939	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	5575.278768	
54	Parabolico	15800.00000	-4.43151758	700.2471240	28703.27214	29403.45192	700.1797774	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15781.14568	
55	Parabolico	10000.00000	2.16812915	216.8210124	29449.93297	29666.74589	216.8129153	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
56	Parabolico	15100.00000	-2.03403176	307.1483875	30018.84851	30325.98731	307.1387964	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15002.14596	
57	Parabolico	10000.00000	1.44604579	144.6107352	30551.68737	30696.29195	144.6045794	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
58	Parabolico	15000.00037	0.19986262	29.97939830	31065.74620	31095.72560	29.97939331	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
59	Parabolico	10000.00000	2.45377877	245.4056322	31251.09730	31496.47517	245.3778767	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4019.613153	
60	Parabolico	15700.00000	-5.02854568	789.5649211	31513.45318	32302.93485	789.4816714	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15643.33430	

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
61	Parabolico	10000.00000	2.37476691	237.5019492	32317.90842	32555.38511	237.4766910	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	3605.722511	
62	Parabolico	20000.00023	0.19999701	39.99940966	33080.00208	33120.00148	39.99940299	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
63	Parabolico	20000.00000	-0.14999471	29.99894526	33564.30673	33594.30567	29.99894151	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
64	Parabolico	8400.000000	3.27142458	274.8464629	34063.11156	34337.91122	274.7996646	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	6057.665417	
65	Parabolico	16200.00000	-5.74599705	930.9852352	34342.76416	35273.61568	930.8515214	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	16133.02501	
66	Parabolico	10000.00000	4.56719564	456.7605895	35368.81279	35825.53235	456.7195639	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	6178.405964	
67	Parabolico	15800.00000	-4.73300922	747.8891867	35885.80937	36633.62483	747.8154571	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15737.99723	
68	Parabolico	9000.000000	2.59038374	233.1637438	36642.72913	36875.86367	233.1345370	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4608.296480	
69	Parabolico	20000.00000	0.20000000	40.00000667	37255.09312	37295.09312	40.00000000	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
70	Parabolico	15000.00000	0.76623990	114.9376073	37914.07713	38029.01311	114.9359847	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
71	Parabolico	15300.00000	-2.72119184	416.3602869	38735.80199	39152.14434	416.3423520	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15189.77878	
72	Parabolico	8500.000000	1.75495195	149.1799558	39166.14226	39315.31318	149.1709153	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
73	Parabolico	20000.00000	-0.93397063	186.7978065	39557.42875	39744.22288	186.7941250	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	7406.789308	
74	Parabolico	20000.00000	0.93397063	186.7978065	39745.74586	39932.53999	186.7941250	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
75	Parabolico	20000.00000	-0.35491259	70.98282808	40291.82473	40362.80725	70.98251760	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
76	Parabolico	20000.00000	0.35491259	70.98282808	40724.15362	40795.13613	70.98251760	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
77	Parabolico	8000.000000	1.63289559	130.6364514	41466.28540	41596.91705	130.6316474	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
78	Parabolico	15500.00000	-2.46949584	382.7832844	41728.83867	42111.61052	382.7718553	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	14994.39049	
79	Parabolico	20000.00000	2.18818298	437.6458709	42170.49202	42608.12862	437.6365955	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
80	Parabolico	16000.00000	-1.77656103	284.2553786	42626.64120	42910.89097	284.2497640	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	14829.36368	
81	Parabolico	15000.00003	2.29551821	344.3419704	43467.09537	43811.42310	344.3277321	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	3060.540930	
82	Parabolico	15400.00000	-3.78131204	582.3571724	43837.79087	44420.11293	582.3220547	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15287.09020	
83	Parabolico	20000.00000	2.06897204	413.8215086	44428.23788	44842.03229	413.7944082	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
84	Parabolico	20000.00000	0.79981971	159.9660478	45957.33280	46117.29674	159.9639428	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
85	Parabolico	15000.00000	-1.31482183	197.2250919	46143.04704	46340.27031	197.2232741	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	13932.00519	
86	Parabolico	15000.00000	2.96147543	444.2608339	46682.27159	47126.49290	444.2213141	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	5547.773977	
87	Parabolico	15700.00000	-5.10835890	802.0996570	47147.24150	47949.25385	802.0123466	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15677.64739	
88	Parabolico	10000.00000	2.70368567	270.3979854	47956.75881	48227.12737	270.3685670	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4968.708744	
89	Parabolico	30000.00000	-0.60000000	180.0006300	49684.28901	49864.28901	180.0000000	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
90	Parabolico	15000.00000	0.42847770	64.27196608	50092.86317	50157.13482	64.27165448	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
90	Parabolico	15000.00000	0.42847770	64.27196608	50092.86317	50157.13482	64.27165448	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
91	Parabolico	10000.00000	1.54332405	154.3377190	50719.45318	50873.78558	154.3324046	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
92	Parabolico	15100.00000	-2.77764723	419.4383618	50899.62766	51319.05239	419.4247318	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	14958.12757	
93	Parabolico	10000.00000	0.99975908	99.97957172	51334.00550	51433.98141	99.97590824	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
94	Parabolico	20000.00000	0.40598559	81.19721726	51683.42445	51764.62157	81.19711833	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
95	Parabolico	20000.00000	-0.28209396	56.41881645	52018.10878	52074.52757	56.41879296	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
96	Parabolico	19999.99974	0.28219478	56.43897851	52962.21619	53018.65514	56.43895501	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
97	Parabolico	50000.00000	-0.31429867	157.1494266	53367.59352	53524.74285	157.1493363	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
98	Parabolico	10000.00000	0.61839959	61.84008509	54168.40312	54230.24308	61.83995869	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
99	Parabolico	10000.00000	-0.93867079	93.86744326	54671.91238	54765.77945	93.86707861	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	7112.256224	
100	Parabolico	10000.00000	0.65239579	65.23983593	55017.41714	55082.65672	65.23957858	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
101	Parabolico	25000.00000	-0.33429743	83.57440540	56143.25103	56226.82539	83.57435631	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
102	Parabolico	20000.00000	0.26647151	53.29433648	56994.40991	57047.70421	53.29430224	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
103	Parabolico	10000.00000	1.14655832	114.6586874	57292.21765	57406.87348	114.6558323	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
104	Parabolico	15100.00000	-2.47709317	374.0506658	57448.22030	57822.26136	374.0410682	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	14846.12359	
105	Parabolico	10000.00000	1.23053484	123.0569838	57837.67681	57960.73029	123.0534843	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
106	Parabolico	20000.00000	0.24999965	49.99995690	58285.68115	58335.68108	49.99992982	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
107	Parabolico	50000.00000	-0.28378055	141.8903472	58808.35493	58950.24521	141.8902756	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
108	Parabolico	20000.00000	0.13378090	26.75618293	59651.61937	59678.37555	26.75618055	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
109	Parabolico	6000.000000	2.63334403	158.0199617	60360.61844	60518.61908	158.0006420	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4758.256547	
110	Parabolico	15800.00000	-2.80027716	442.4946714	60584.61703	61027.06082	442.4437913	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15733.06057	
111	Parabolico	15700.00000	-2.51772454	395.3306007	62001.33036	62396.61312	395.2827535	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	15699.09633	
112	Parabolico	10000.00000	2.64886781	264.9172594	62416.66948	62681.55626	264.8867806	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	4803.059679	
113	Parabolico	10000.00000	-0.50322477	50.32267198	63479.10929	63529.43177	50.32247706	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	
114	Parabolico	10000.00000	0.48695268	48.69546333	63623.06790	63671.76316	48.69526842	<input type="checkbox"/>	140.0000000	<input checked="" type="checkbox"/>	2520.576131	

#### 2.1.1.2 Interconnessione con A22

Nella configurazione progettuale proposta, la nuova infrastruttura ha origine dall'interconnessione diretta con l'autostrada A22; i rami di svincolo in entrata e di uscita alla nuova arteria sono del tipo "direzionale", ossia ogni ramo è caratterizzato da una specifica funzione, garantendo una sola manovra. La tipologia di svincolo adottata è un'intersezione tipo 1 (non prevede cioè intersezioni a raso) garantendo standard alti di sicurezza, per una velocità di progetto fino a 80 km/h.

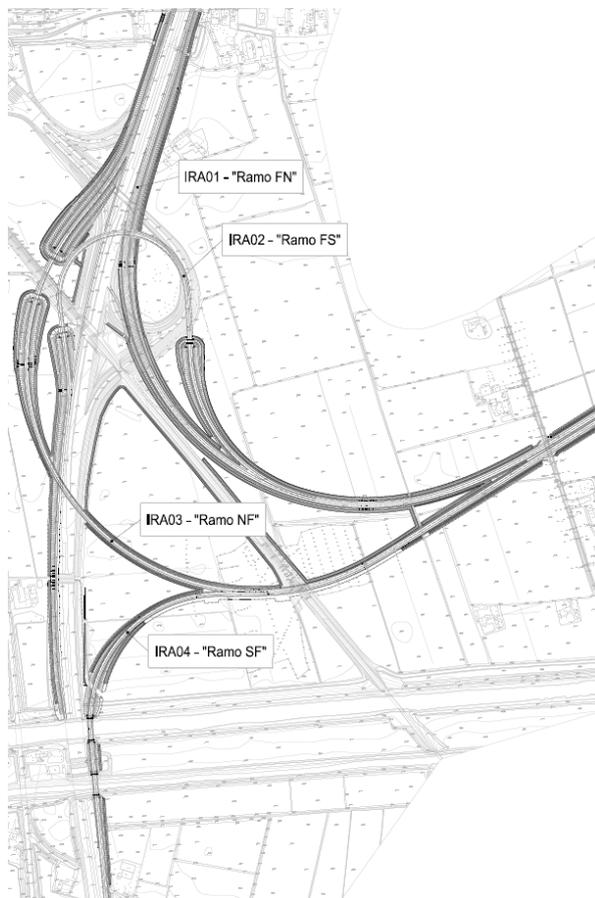
Il ramo di uscita dall'autostrada A22 (carreggiata Nord), consente la svolta in sinistra in direzione Ferrara; è previsto in rilevato fino allo scavalco in viadotto della linea ferroviaria FS "Modena – Verona", dopodiché il tracciato sottopassa l'autostrada A22 e nuovamente la linea ferroviaria con la realizzazione di due tratti in galleria artificiale. Le rampe di discesa e salita dalla trincea sono contenute tra muri per la presenza della falda superficiale. Planimetricamente sono caratterizzate da un raccordo di raggio  $R = 439,50$  m.

Il ramo di svincolo che dalla nuova autostrada si raccorda all'A22 (ramo "FN"), consente la svolta in destra verso il Brennero ed è previsto in rilevato ad un'altezza dal piano campagna di circa 4 m.

Il ramo "FS" è previsto in rilevato e consente la manovra di svolta in sinistra verso Modena. Questo scavalca l'autostrada A22 e la linea ferroviaria con un viadotto unico di lunghezza pari a circa 547 m. Il raggio planimetrico è pari a 120 m ed è previsto un allargamento della banchina interna di 1,00 m.

Il collegamento dall'autostrada A22 (carreggiata Sud) avviene tramite il ramo di svincolo "SF", che consente la svolta in destra in direzione Ferrara. La rampa è prevista parte in rilevato e parte in trincea confinata da muri. Nel tratto in affiancamento all'Autostrada A22 è previsto lo scavalco del "Cavo Parmigiana-Moglia" e del "collettore acque basse Reggione" in viadotto; il raccordo alla piattaforma stradale esistente si realizza circa 310 m oltre le interferenze idrauliche.

In sintesi, la presente configurazione funzionale dell'intersezione a più livelli, prevede che il ramo di svincolo "FN" sia percorso con una manovra diretta, mentre i rimanenti rami con manovre semidirette.



**Figura 2.1.1.2-1** – Schema planimetrico svincolo interconnessione con l'Autostrada A22

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico. In relazione al numero dei veicoli/ora stimato, il ramo di svincolo "A" è previsto unidirezionale a due corsie di larghezza pari a 11,50 m, con la piattaforma composta da due corsie di marcia da 3,75 m (le norme le prevedono da 3,50 m), banchina in sinistra da 1,00 m e banchina in destra da 3,00 m. Gli altri rami sono previsti unidirezionali ad una corsia da 4,00 m, banchina laterale in sinistra da 1,00 m e sovradimensionata a 3,00 m in destra per consentire l'eventuale sosta di un veicolo in avaria, il transito dei mezzi di soccorso o per deviazioni parziali del traffico durante i lavori di manutenzione. La sovrastruttura stradale e le lavorazioni previste per preparazione e consolidamento del piano di posa dei rilevati è la stessa utilizzata per la sezione autostradale.

Le corsie di entrata ed uscita sono previste di larghezza pari a 4,00 m e prevedono la continuità della corsia di emergenza di 3,00 m. Le relative lunghezze sono state calcolate considerando gli intervalli di velocità indicati nella tabella e richiesti dalla normativa vigente.

La pendenza longitudinale massima delle livellette è sempre inferiore al 5%, la piattaforma stradale ha pendenza trasversale compresa tra il 2,5% e il 7%. Per i raccordi convessi, il valore minimo del raggio utilizzato è pari a 4.000 m, per i raccordi concavi è 2.000 m.

### 2.1.1.3 Interconnessione con A13

La tipologia funzionale prevista per l'interconnessione tra la nuova Autostrada Regionale Cispadana, l'Autostrada A13 "Bologna-Padova" e lo svincolo d'uscita Ferrara Sud è una variazione del tipo "Quadrifoglio", con l'eliminazione di tre funzioni indirette.

Lo schema prevede i rami di svincolo esterni con geometrie tali da consentire tutte manovre dirette, tre rami di svincolo con funzione semidiretta e uno con funzione indiretta. La geometria adottata per le rampe consente di distanziare opportunamente le corsie di accelerazione e decelerazione delle stesse sulle arterie principali e non creare quindi punti di conflitto o generare disorientamento all'utenza. Lo schema di svincolo è stato definito partendo dalla ipotesi emessa in progetto preliminare e perfezionata in base alle prescrizioni di dettaglio fornite da Autostrade per l'Italia s.p.a. (con comunicazione ufficiale in data 23/08/2011, riferimento DOSR/SGT/MCT).

La tipologia funzionale adottata per la progettazione della interconnessione prevede:

- n°4 rampe dirette
- n°3 rampe semi-dirette
- n°1 rampe indirette

dove, come convenzione, si sono considerate:

- Dirette le rampe che curvano direttamente nella direzione necessaria per andare dal punto di partenza al punto di arrivo, mantenendo tale andamento fino al congiungimento con l'altra strada;
- Semidirette le rampe che nel corso del proprio sviluppo curvano in due sensi opposti (ad es. prima a destra e poi a sinistra), sia per lasciar spazio ad altre rampe sia perché scavalcano la corrente di traffico a cui sono destinate;
- Indirette le rampe che mantengono costantemente la curvatura opposta a quella che sarebbe naturale, e raggiungono la destinazione dopo aver compiuto un cappio ed essere passate sopra o sotto se stesse.

Si è studiato un posizionamento dell'asse autostradale di progetto in allineamento con la Superstrada Ferrara-Porto Garibaldi, nell'ottica di una futura implementazione della stessa a rango di autostrada. Con lo schema proposto, infatti, nello scenario futuro la velocità del tratto autostradale in corrispondenza dell'intersezione con l'autostrada A13 rimarrebbe costante a 140 km/h.

I rami di svincolo esterni, tutti a manovra di svolta diretta, sono previsti in rilevato di altezza variabile dai 2 ai 10 m, con raggi planimetrici previsti tra i 250 m e i 490 m. Le rampe semidirette sono previste in parte in trincea e in parte in rilevato al fine di garantire il corretti distanziamenti tra le rampe, nonché gli eventuali franchi di sicurezza da rispettare. Nei tratti in trincea sono stati previsti muri di confinamento e sottovia per consentire il passaggio sotto la Nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico.

In alcuni tratti in curva delle rampe semi-dirette si è reso necessario incrementare le dimensioni delle carreggiate, per garantire il soddisfacimento delle verifiche di visibilità prescritte dal DM del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". In particolare si sono previsti allargamenti della banchina in sinistra per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità di progetto caratteristica del ramo, mentre non sono da prevedersi in destra per la presenza della corsia d'emergenza.

I raccordi clotoidali sono stati progettati con un parametro di scala A, tale da soddisfare le verifiche prescritte dalla normativa vigente, garantendo: il valore minimo del contraccolpo, una adeguata sovra-pendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata ed una corretta percezione ottica del tracciato.

Le corsie di entrata ed uscita sono previste di larghezza pari a 4,00 m e prevedono la continuità della corsia di emergenza di 3,00 m.

La pendenza longitudinale massima delle livellette è sempre inferiore al 5%, la piattaforma stradale ha pendenza trasversale compresa tra il 2,5% e il 7%, mentre i raccordi verticali sono calcolati per la distanza di arresto corrispondente ad una velocità di 70 km/h. Per i raccordi convessi il valore minimo del raggio è pari a 2800 m e per i raccordi concavi è 1.400 m.

La sovrastruttura stradale e le lavorazioni previste per la preparazione ed il consolidamento del piano di posa dei rilevati, sono le stesse utilizzate per la piattaforma autostradale.



**Figura 2.1.1.3-1** – Schema planimetrico svincolo interconnessione con l'Autostrada A13

#### 2.1.1.4 Svincolo di Ferrara Sud

Lo svincolo di Ferrara Sud, posizionato oltre la barriera di esazione al Km 64+100, consente il collegamento tra la Superstrada Ferrara-Porto Garibaldi con il sistema stradale locale, attraverso la S.S. 64 Poretana e la Tangenziale Ovest di Ferrara; la tipologia di svincolo adottata è del tipo a "trombetta". Lo schema prevede un ramo di scavalco dell'autostrada, il quale, dividendosi nella parte terminale, assume sia fusione indiretta che semi-diretta; sono state progettate, inoltre, due rampe aventi manovra diretta caratterizzate da maggiori raggi di curvatura e maggiori velocità di progetto. Lo schema prevede due rami di scavalco dell'autostrada aventi manovra semidiretta, e due rampe aventi manovra diretta caratterizzate da maggiori raggi di curvatura e maggiori velocità di progetto. In accordo con il Comune di Ferrara, lo schema di svincolo è stato modificato rispetto alla ipotesi emessa in progetto preliminare, al fine di minimizzare l'impatto sul territorio.

Lo svincolo a più livelli esistente tra la Statale e la Superstrada, il cui posizionamento non risulta più compatibile con la nuova barriera di esazione, viene pertanto dismesso attraverso la demolizione della sede stradale dei rami di svincolo. Le rampe vengono mantenute e piantumate svolgendo funzione di mitigazione ambientale, mentre è prevista la ricostruzione del sovrappasso S.S. 64 in quanto il posizionamento delle pile non è compatibile con l'ampliamento della sede stradale esistente.

La tipologia funzionale adottata per la progettazione della interconnessione prevede:

- N°2 rampe dirette;
- N°1 rampa indiretta;
- N°1 rampa semi-diretta.

dove, come convenzione, si sono considerate:

- Dirette le rampe che curvano direttamente nella direzione necessaria per andare dal punto di partenza al punto di arrivo, mantenendo tale andamento fino al congiungimento con l'altra strada;
- Semidirette le rampe che nel corso del proprio sviluppo curvano in due sensi opposti (ad es. prima a destra e poi a sinistra), sia per lasciar spazio ad altre rampe sia perché scavalcano la corrente di traffico a cui sono destinate;
- Indirette le rampe che mantengono costantemente la curvatura opposta a quella che sarebbe naturale, e raggiungono la destinazione dopo aver compiuto un cappio ed essere passate sopra o sotto se stesse.

I rami di svincolo esterni, tutti a manovra di svolta diretta, sono previsti in rilevato di altezza variabile da 1 a 5 m, con raggi planimetrici previsti tra i 120 m e i 250 m.

Le rampe semidirette sono previste totalmente in rilevato nel rispetto dei corretti distanziamenti tra le rampe, nonché gli eventuali franchi di sicurezza da rispettare.

I raccordi clotoidici sono stati progettati con un parametro di scala A, tale da soddisfare le verifiche prescritte dalla normativa vigente, garantendo: il valore minimo del contraccolpo, una adeguata sovra-pendenza

longitudinale delle linee di estremità della carreggiata ed una corretta percezione ottica del tracciato.

La pendenza longitudinale massima delle livellette è sempre inferiore al 5%; questo per garantire, soprattutto ai mezzi pesanti, condizioni di sicurezza nel moto anche in presenza di una riduzione della aderenza della pavimentazione stradale. La piattaforma stradale ha pendenza trasversale compresa tra il 2,5% e il 7%.

Dal punto di vista planimetrico, sono stati adottati i raggi minimi come da D.M.19.04.2006, clotoidi come da D.M.5.11.2001 con parametro A definito in base al Criterio Dinamico ( $A > 0.021V^2$ ), al Criterio Costruttivo o della Sovrapendenza Longitudinale ( $A > (R/Dimax \times 100 \times Bi \times (qf+qi))^{1/2}$ ) e del Criterio Ottico ( $1/3R < A < R$ ), pendenze trasversali come da D.M.19.04.2006 (ovvero, in definitiva come da D.M.5.11.2001).

La composizione planimetrica dei tracciati delle rampe è stata progettata come previsto sia dal D.M.5.11.2001 che dal D.M.19.04.2006, in quanto alcune verifiche planimetriche prescritte dalla normativa del 2001 non sono applicabili nel caso di intersezioni di tale tipologia. Si è ritenuto necessario, dunque, derogare all'utilizzo di alcuni elementi planimetrici di sviluppo ridotto, rispetto ai minimi di normativa imposti dal D.M.5.11.2001, che non rappresentano alcun deficit per la sicurezza della circolazione.

I raccordi altimetrici utilizzati nella progettazione delle rampe, sono tutti di tipo parabolico aventi raggio minimo inferiore a quelli minimi previsti dal D.M. 5/11/2001, inoltre, la pendenza delle livellette di progetto, non eccede in nessun caso il 5% come previsto dal progetto preliminare.

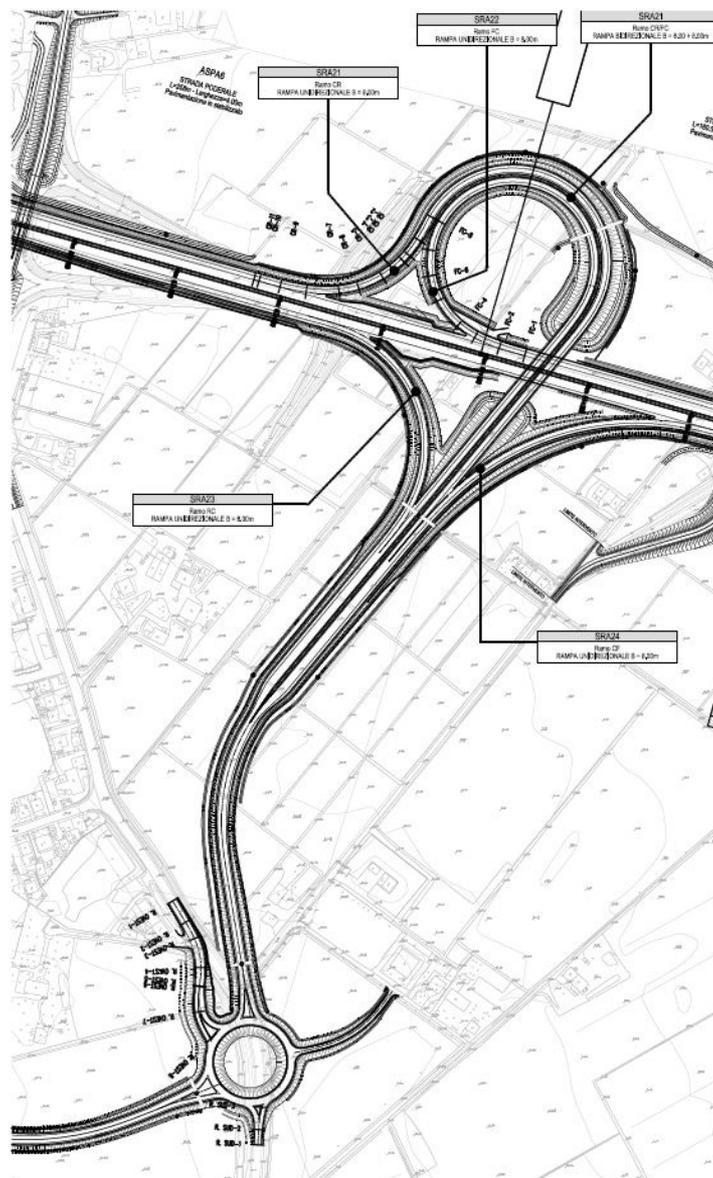


Figura 2.1.1.4-1 Schema planimetrico svincolo Ferrara Sud

### 2.1.1.5 Svincoli di autostazione

La nuova infrastruttura di progetto prevede la realizzazione di quattro svincoli di autostazione riportati nella seguente tabella.

Svincoli a più livelli	Progressiva (m)	Distanza (m)
Autostazione di San Possidonio-Concordia-Mirandola	11+700	
		16.675

<b>Autostazione di S. Felice sul Panaro – Finale Emilia</b>	<b>28+375</b>	
		13.075
<b>Autostazione di Cento</b>	<b>41+450</b>	
		10.350
<b>Autostazione di Poggio Renatico</b>	<b>51+800</b>	

**TABELLA 2-3 – ELENCO SVINCOLI DI AUTOSTAZIONE**

La soluzione tecnico-costruttiva adottata per gli svincoli di autostazione è costituita da due rampe dirette e due rampe semi-dirette (Racchetta) dove, come consuetudine, si considerano:

- Dirette le rampe che curvano direttamente nella direzione necessaria per andare dal punto di partenza al punto di arrivo, mantenendo tale andamento fino al congiungimento con l'altra strada;
- Semidirette le rampe che nel corso del proprio sviluppo curvano in due sensi opposti (ad es. prima a destra e poi a sinistra), sia per lasciar spazio ad altre rampe sia perché scavalcano la corrente di traffico a cui sono destinate;
- Indirette le rampe che mantengono costantemente la curvatura opposta a quella che sarebbe naturale, e raggiungono la destinazione dopo aver compiuto un cappio ed essere passate sopra o sotto se stesse.

La scelta di tale specifica soluzione tecnico-costruttiva è scaturita da diverse esigenze, utili a:

- garantire un adeguato livello di sicurezza della circolazione in corrispondenza dell'intersezione,
- garantire un adeguato livello di servizio in relazione ai flussi,
- ottimizzare i costi,
- ridurre gli spazi occupati.

La geometria adottata per le rampe consente di distanziare opportunamente le corsie di accelerazione e decelerazione delle stesse sull'arteria principale e non creare quindi punti di conflitto o generare disorientamento all'utenza. La composizione planimetrica dei tracciati delle rampe è stata progettata come previsto sia dal D.M.5.11.2001 che dal D.M.19.04.2006, in quanto alcune verifiche planimetriche prescritte dalla normativa del 2001 non sono applicabili nel caso di intersezioni di tale tipologia. Si è ritenuto necessario, dunque, derogare all'utilizzo di alcuni elementi planimetrici di sviluppo ridotto, rispetto ai minimi di normativa imposti dal D.M.5.11.2001, che non rappresentano alcun deficit per la sicurezza della circolazione.

I rami di svincolo esterni, tutti a manovra di svolta diretta, sono previsti in rilevato di altezza variabile dai 2 ai 7 m.

Le rampe semidirette sono previste totalmente in rilevato nel rispetto dei corretti distanziamenti tra le rampe,

nonché gli eventuali franchi di sicurezza da rispettare. Sono state implementate le larghezze minime da normativa delle banchine in destra e delle corsie delle rampe unidirezionali, al fine di migliorare la sicurezza dell'infrastruttura ed agevolare le operazioni di soccorso e manutenzione nella fase d'esercizio dell'autostrada.

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico. Le dimensioni delle carreggiate, sono state incrementate in alcuni tratti in curva delle rampe semidirette, per garantire il soddisfacimento delle verifiche di visibilità prescritte dal DM del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"; in particolare si sono previsti allargamenti della banchina in sinistra per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità di progetto caratteristica del ramo, mentre non sono da prevedersi in destra per la presenza della corsia d'emergenza.

I raccordi clotoidici sono stati progettati con un parametro di scala A, tale da soddisfare le verifiche prescritte dalla normativa vigente, garantendo: il valore minimo del contraccolpo, una adeguata sovra-pendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata ed una corretta percezione ottica del tracciato.

Le corsie di entrata ed uscita sono previste di larghezza pari a 4,00 m e prevedono la continuità della corsia di emergenza di 3,00 m.

La pendenza longitudinale massima delle livellette è sempre inferiore al 5%; questo per garantire, soprattutto ai mezzi pesanti, condizioni di sicurezza nel moto anche in presenza di una riduzione della aderenza della pavimentazione stradale (neve). La piattaforma stradale ha pendenza trasversale compresa tra il 2,5% e il 7%.

I raccordi altimetrici utilizzati nella progettazione delle rampe, sono tutti di tipo parabolico aventi raggio minimo inferiore a quelli minimi previsti dal D.M. 5/11/2001, inoltre, la pendenza delle livellette di progetto, non eccede in nessun caso il 5% come previsto dal progetto preliminare.

#### 2.1.1.6 Viabilità interferite e rete podereale

La definizione delle caratteristiche geometriche dei tracciati relativi alle opere di carattere lineare sono rispondenti agli standard di sicurezza richiesti dal quadro normativo vigente, nel pieno rispetto del D.M. 05/11/2001 "Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade" e successive modificazioni, nonché del D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

Si propone si seguito la tabella riepilogativa con riferimento alla tipologia d'intervento ed alle caratteristiche geometriche principali:

GRUPPO	CODICE	STRADA	CLASSE
C01	-	Viabilità di collegamento all' Autostazione Reggiolo Rolo	C1
C02	MO01	Rotatoria tra Via Boccaletta ed S.P. n° 8 di Mirandola - Comune di Concordia sulla Secchia	rotatoria
C03	MO02	Variante sud all'abitato di Concordia sulla Secchia (MO02)	C2
C04	MO03	Rotatoria tra Via di Mezzo, Via Baccarella, Via Personali e Via Margotta - Comune di Mirandola (MO03)	rotatoria
C05	MO04	Raccordo tra la variante alla S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero" e Via di Mezzo - Comune di Mirandola (MO04)	C1
C06	MO05	Rotatoria fra la S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero", Via di Mezzo e Via Camurana - Comune di Mirandola	rotatoria
C07	MO06	Collegamento allo svincolo di San Felice sul Panaro	C2
C08	MO07	Collegamento tra la S.C. "Salde Entra" ed il polo industriale di Finale Emilia	C2
C09	FE01	Collegamento tra tratto B Bondeno Cento e tangenziale di Finale Emilia	C2
C10	FE03	Completamento del sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico	rotatorie
C11	FE04	Tangenziale Ovest di Ferrara	C1
V08	-	Sottovia SP 8 dir mirandola alla pk 12+023	C2
CST01	-	Sottovia SP5 di Cavezzo	F1
V27	-	Variante alla S.P. 468 alla pk 32+290	C2
V35	-	Cavalcavia S.P. n.6 "ex-Bondeno Cento" alla pk 43+700	C2
V12	-	Cavalcavia Via dei Prati alla pk 17+251	F2
V19	-	Sottovia via "S. Antonio" alla pk 22+422	F2
V20	-	Sottovia via Imperiale alla pk 22+712	F2
V21	-	Sottovia Strada "Viazzolo Picca" alla pk 23+460	F2
DST01	-	Sottopasso via degli Orologi	F2
V40	-	Cavalcavia esistente via Ortolani alla pk 57+040	ESISTENTE
V34	-	Sottovia S.P. n.41 "Riga" alla pk 42+200	C2
V01	-	Sottovia ST. Com. Fantozza alla pk 2+935	F2
V06	-	Sottovia ST. Com. Siltata alla pk 8+955	F2
V07	-	Sottovia Via S. Stefano alla pk 11+100	F2
V32	-	Cavalcavia S.C. "Roveri-Bratellari" alla pk 40+500	F2
V48	-	Trincea confinata S.P. n° 43 Maestra Grande	C2
V49	-	Sottovia via Monsignor di sotto	C2
V36	-	Sottovia Quattro Torri alla pk 48+264	F2
V37	-	Cavalcavia SP253 S. Matteo Decima alla pk 52+971	C2
V38	-	Cavalcavia Via Riolo alla pk 54+062	F2
V41	-	Cavalcavia esistente Variante strada Ca del Bosco alla pk 57+923	ESISTENTE

V42	-	Cavalcavia SP 50 Vigarano Mainarda alla pk 59+310	C2
V44	-	Sottovia Via Imperiale alla pk 64+400	C2
V09	-	Via per San Possidonio alla pk 13+470	F2
V11	-	Cavalcavia SP 11 di Mirandola alla pk 16+214	F1
V14	-	Sottovia Via Baccarella alla pk 18+955	F2
V16	-	Via della Posta alla pk 21+216	F2
V22	-	Sottovia via Getta alla pk 24+750	F2
V23	-	Cavalcavia via Bignardi alla pk 25+836	F2
V24	-	Cavalcavia SP 8 dir. S. Felice alla pk 27+505	C2
V25	-	Cavalcavia via Pioppe alla pk 29+166	F2
V26	-	Cavalcavia SP 9 Imperiale alla pk 30+465	C2
V29	-	Cavalcavia SP2 Panaria Bassa alla pk 37+108	C2
V31	-	Sottovia via di Selvabella alla pk 39+057	F2
V46	-	Adeguamento Cavalcavia su SS n.64 "Porrettana" alla pk 66+500	C1

**TABELLA 2-4 – TABELLA RIEPILOGATIVA DEGLI INTERVENTI VIARI DI COLLEGAMENTO AL SISTEMA AUTOSTADALE**

L'andamento altimetrico dei tratti in rilevato è caratterizzato da una pendenza delle scarpate pari a 2/3; medesima pendenza presenta il fosso laterale per la raccolta delle acque di piattaforma.

Gli interventi di progetto prevedono la risoluzione delle interferenze con le strade esistenti in alcuni casi con l'inserimento di intersezioni a raso con rotatorie di tipo "convenzionale", con precedenza al flusso circolante nell'anello di rotazione che obbliga l'utente alla riduzione della velocità in approccio alle stesse, nel rispetto della distanza di riconoscimento, necessaria all'utente per percepire la presenza dell'intersezione, distanza entro la quale è vietato l'inserimento di qualsiasi elemento che possa essere di ostacolo alla visibilità. L'anello di circolazione è costituito da due corsie, da una corona circolare sormontabile e da un'aiuola centrale sistemata a verde, di larghezza variabile in funzione del diametro della rotatoria; le banchine laterali presentano una larghezza di 1.00 m, oltre all'arginello esterno di larghezza 1.30 m, che potrà eventualmente ospitare il dispositivo di ritenuta. Tali geometrie consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli".

Generalmente l'andamento altimetrico delle intersezioni a rotatoria prevede di impostare l'anello di circolazione alla quota della viabilità con cui si raccorda.

Gli accessi esistenti saranno garantiti nella stessa posizione qualora la loro distanza sia conforme a quanto indicato dalle norme, altrimenti verranno riuniti con appositi stradelli.

La continuità dei fossi di scolo verrà garantita con la deviazione degli stessi attorno alla rotatoria e/o prevedendone il tombinamento.

La formazione dei rilevati avverrà previo scotico del terreno vegetale, successiva preparazione del piano di

posa, bonifica di spessore variabile a seconda delle caratteristiche geotecniche del terreno in sito mediante stabilizzazione a calce.

L'installazione della barriera di sicurezza si limiterà ai tratti di strada interessati dalla presenza di edifici, ostacoli isolati e attraversamenti di corsi.

Le intersezioni saranno illuminate secondo le indicazioni riportate nel paragrafo relativo agli impianti accessori.

Per quanto riguarda le viabilità poderali di collegamento rurale, a seguito dell'analisi sul contesto agroproduttivo che associa riflessi di notevole portata sul settore agroalimentare, è sorta la necessità di verificare la strutturazione complessiva degli insediamenti agricoli, secati dalla nuova infrastruttura, al fine di riaccorparli, tramite connessioni interaziendali e ricollegarli alla maglia viaria secondaria.

Si è pertanto tentato di riannodare gli stralci di viabilità secondaria e poderale, già a servizio di fondi agricoli, per creare una nuova maglia di supporto alle attività ivi praticate.

In sintesi sono state elaborate:

- le analisi sulla ricognizione fondiaria delle aziende, non sempre coincidenti con la parcellizzazione catastale;
- le verifiche dei confini aziendali, al fine di capirne il sistema di mobilità poderale ed interpoderale, ed il loro collegamento alle viabilità secondarie;
- le sezioni delle aziende rimaste interdette e resecate dall'intero contesto produttivo, a seguito del tracciamento del nastro autostradale.

Sulla base delle precedenti analisi è stato condotto un attento studio, per la riconnessione e la saldatura delle aziende al tessuto viario, secondo le seguenti linee di indirizzo:

- creazione di una maglia poderale con strade a servizio di singoli ricollegamenti aziendali;
- creazione di tronchi di strade interpoderali a sostegno e ricucitura della maglia poderale;
- creazione di sottopassi di interconnessione interaziendale, in corrispondenza dell'asse autostradale.

Allo scopo si è cercato, quanto più possibile di fare ricadere le maglie poderali ed interpoderali entro le impronte delle piste di cantiere, già allestite in corso d'opera, al fine di evitare ulteriori consumi di suolo agricolo ai bordi della nuova infrastruttura.

Nel complesso sono state create:

<b>NUOVE STRADE PODERALI DI COLLEGAMENTO RURALE</b>		
<b>Descrizione</b>	<b>Sezione</b>	<b>Lunghezza</b>
Viabilità poderali	4,00 m	56.18 km
	5,00 m	1.22 km
	6,00 m	5.28 km
<b>Totale complessivo</b>		<b>62.68 km</b>

**Tabella 2-5 - Nuove strade poderali di collegamento rurale**

#### 2.1.1.7 Piste ciclabili

Il contesto territoriale attraversato dall'infrastruttura autostradale in progetto è caratterizzato da una buona vocazione ciclabile. Tale vocazione si estrinseca sul territorio con la presenza di una discreta rete di itinerari ciclabili esistenti, ovvero in fase di realizzazione e programmazione. I percorsi ciclabili si sviluppano prevalentemente lungo i corridoi territoriali interessati dagli ambiti fluviali principali (fiumi Secchia e Panaro, canale Diversivo, ecc...).

L'area in esame è inoltre interessata da alcuni tratti di piste ciclabili a valenza nazionale ed internazionale quali ad esempio la *Ciclopista del sole* (nei pressi di Concordia lungo il fiume Secchia) un progetto di itinerario ciclabile, per molto tratti già realizzato, che attraversa l'Italia in senso nord/sud.

Alla luce di tali considerazioni si è quindi ritenuto opportuno individuare, all'interno della documentazione progettuale, una sezione tematica specifica che affrontasse il tema dell'interferenza tra le infrastrutture di progetto e la rete dei percorsi ciclopeditoni esistenti.

L'analisi degli strumenti di pianificazione e dei percorsi ciclabili esistenti sia in sede promiscua che in sede propria lungo tutto il corridoio territoriale in esame ha evidenziato come soprattutto la parte centrale dell'area di studio (tratto Concordia – Finale Emilia) è interessata dalla presenza di una rete ciclopeditona abbastanza strutturata. L'analisi degli strumenti pianificatori in materia di mobilità ciclabile è stata infine integrata con l'analisi territoriale che riporta gli ambiti di maggior pregio, dal punto di vista naturalistico, storico e paesaggistico, del territorio attraversato, al fine di risolvere le interferenze tra i percorsi ciclabili esistenti e l'infrastruttura di progetto ed individuare potenziali nuovi percorsi ciclabili che possono essere proposti/progettati, nell'ambito degli interventi di mitigazione e/o riqualificazione ambientale legati alla realizzazione dell'opera.

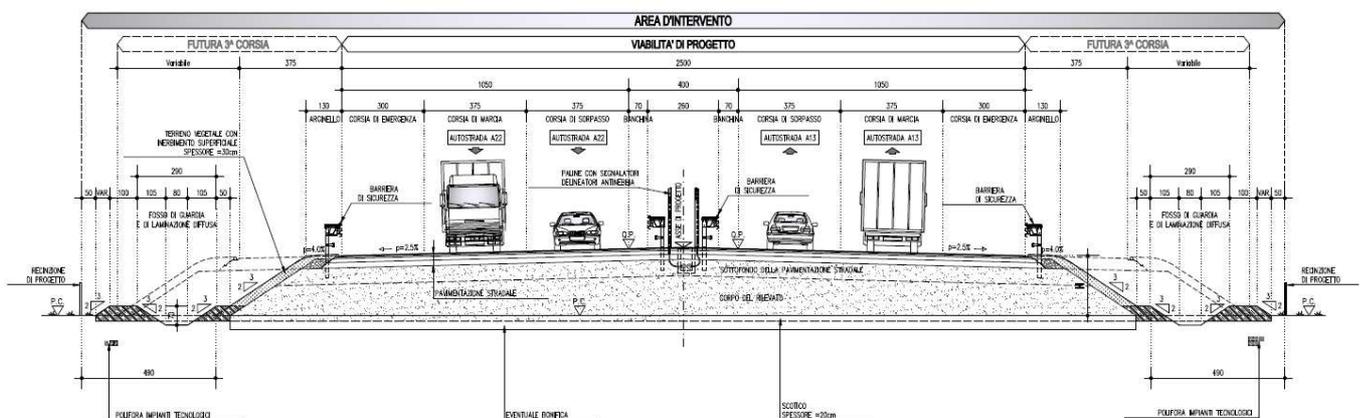
#### 2.1.2. Organizzazione della piattaforma stradale PIACENTINI

##### 2.1.2.1 Asse autostradale

La sezione autostradale è di categoria A in ambito extraurbano a 2+2 corsie di marcia, avente larghezza minima di 25,00 m e composta da due carreggiate, ciascuna organizzata con due corsie di marcia di 3,75 m oltre ad una corsia di emergenza di 3,00 m. Le due carreggiate sono separate da un margine interno di

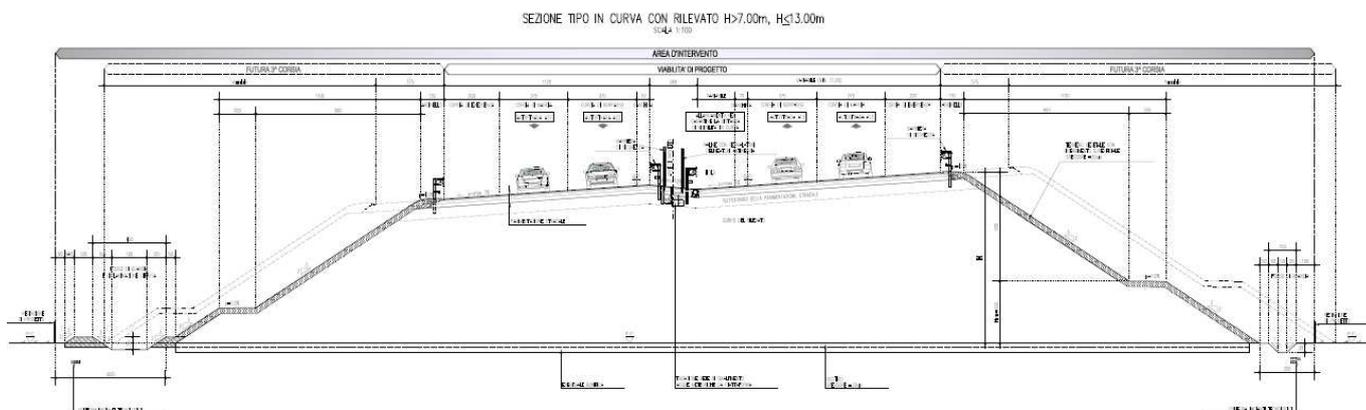
larghezza pari a 4,00 m. Lo spazio riservato allo spartitraffico, destinato al funzionamento delle barriere di sicurezza, è pari a 2,60 m, affiancato da due banchine in sinistra di larghezza minima pari a 0,70 m eventualmente incrementate a garanzia delle richieste distanze di visuale libera. L'arginello in terra è previsto di 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta.

Al piede del rilevato è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione, oltre il quale è prevista la collocazione dei cavidotti. Il sedime autostradale è delimitato verso l'esterno da una rete di recinzione per tutto lo sviluppo dell'opera.



**Figura 2.1.2.1-1 Sezione tipo asse autostradale in rettilineo (Rilevati H≤7m)**

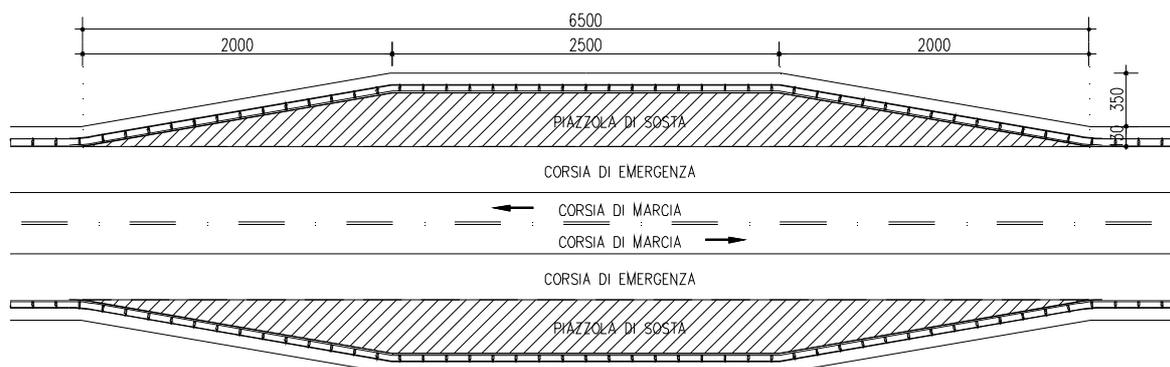
La pendenza delle scarpate nei tratti in rilevato è pari a 2/3, inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm. Nei tratti in cui l'altezza rispetto al piano campagna supera i 7 m, è previsto l'inserimento di una banca intermedia di larghezza pari a 2,00 m, posizionata ad una quota rispetto al ciglio pari a 6m.



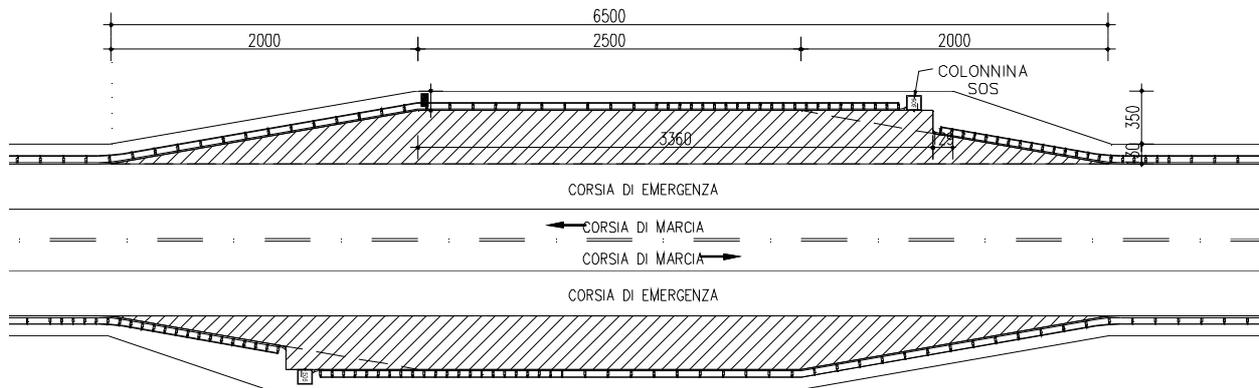
**Figura 2.1.2.1-2 Sezione tipo asse autostradale in curva (Rilevati  $H > 7m$ )**

Per ogni carreggiata, ad intervalli di 1.000 m circa, sono previste piazzole di sosta comportanti un allargamento della piattaforma di ulteriori 3.50 m oltre la corsia di emergenza. Queste sono caratterizzate da uno sviluppo pari a 65 m, di cui 25 m a larghezza costante e due tratti, di lunghezza complessiva 20 m ciascuno, a larghezza variabile per realizzare il raccordo alla piattaforma tipo. Le piazzole alternativamete vengono attrezzate con colonnine SOS.

Di seguito si riportano gli schemi di piazzola adottati nel progetto nel caso di piazzola di sosta e di piazzola di sosta con colonnina S.O.S. .



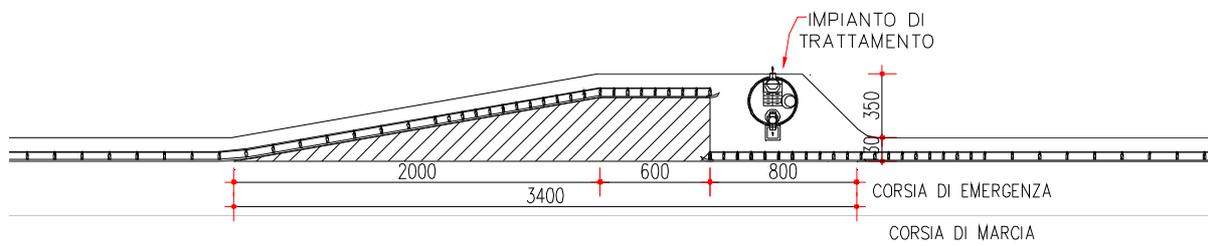
**Figura 2.1.2.1-3 Schema piazzola di sosta**



**Figura 2.1.2.1-4** Schema piazzola di sosta con SOS

La configurazione standard sopra descritta, è stata modificata laddove è sorta la necessità di inserire impianti tecnici accessibili dalla carreggiata: la modifica apportata in tali casi consiste in un ampliamento della zona pavimentata esterno alla zona di sosta, di dimensioni differenziate a seconda del numero e della tipologia di impianti previsti.

In aggiunta alle piazzole suddette sono state inserite piazzole di dimensioni ridotte, denominate piazzole idrauliche, in corrispondenza delle quali sono previsti esclusivamente l'accesso e il posizionamento degli impianti di trattamento delle acque di piattaforma.



**Figura 2.1.2.1-5** Schema piazzola idraulica

Si prevedono interruzioni dello spartitraffico centrale in linea di massima ogni due chilometri, al fine di predisporre varchi per eventuali casi d'emergenza e consentire operazioni di manutenzione. Tali varchi, comunque sempre previsti prima viadotti di lunghezza considerevole, sono caratterizzati dalla sostituzione della barriera di sicurezza normalmente prevista, con quella di tipo removibile per una lunghezza di circa 40 m (si veda al proposito il capitolo specifico relativo alle barriere di sicurezza).

La progettazione dell'autostrada è stata condotta prevedendo la compatibilità con l'eventuale futuro ampliamento della piattaforma stradale alla terza corsia di marcia. A tal proposito tutte le opere d'arte, in particolare i ponti, i viadotti, i sottovia e i tratti in trincea contenuti da muri, sono previste già per la configurazione futura.

I tratti in trincea sono confinati da solettone di fondo e muri di contenimento per la presenza della falda superficiale. Per la formazione del corpo del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa previo scotico del terreno vegetale, preceduto dalla bonifica di spessore variabile in funzione delle caratteristiche dei terreni in sito con materiale trattato mediante stabilizzazione a calce. Per i tratti in cui il rilevato supera l'altezza di 3 m dal piano campagna è previsto l'utilizzo di dreni verticali a nastro per contenere i tempi di consolidazione dei terreni; le relative lunghezze variano a seconda della localizzazione sul territorio.

Gli spessori degli strati costituenti il pacchetto di pavimentazione sono i seguenti:

- strato d'usura drenante (fonoassorbente in doppio strato DDL) = 5 cm;
- binder = 5 cm;
- strato di base = 14 cm;
- fondazione in misto cementato ad alta duttilità = 20 cm.

Nella fase di cantierizzazione, infine, è prevista la realizzazione di controstrade di servizio da utilizzarsi come piste di cantiere, al fine di ridurre al minimo gli impatti di cantiere sulla viabilità locale, aventi larghezza variabile di 4,00 m e 6,00 m che, a lavori ultimati, potranno essere cedute al territorio o convertite in piste ciclabili per i tratti indicati negli elaborati di progetto.

#### 2.1.2.2 Interconnessioni

In merito alle dimensioni trasversali degli elementi che compongono le rampe, si riporta la seguente tabella del D.M. 2006. I valori indicati sono da considerarsi minimi, e si riferiscono alle sezioni standard in assenza di allargamenti per la visibilità.

<b>Strade extraurbane</b>				
<b>elemento modulare</b>	<b>Tipo di strada principale</b>	<b>Larghezza corsie (m)</b>	<b>Larghezza banchina in destra (m)</b>	<b>Larghezza banchina in sinistra (m)</b>
Corsie specializzate di uscita e di immissione	<b>A</b>	3,75	2.50	-
	<b>B</b>	3,75	1.75	-
Rampe monodirezionali	<b>A</b>	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
	<b>B</b>	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
Rampe bidirezionali	<b>A</b>	1 corsia: 3,50	1.00	-
	<b>B</b>	1 corsia: 3,50	1.00	-

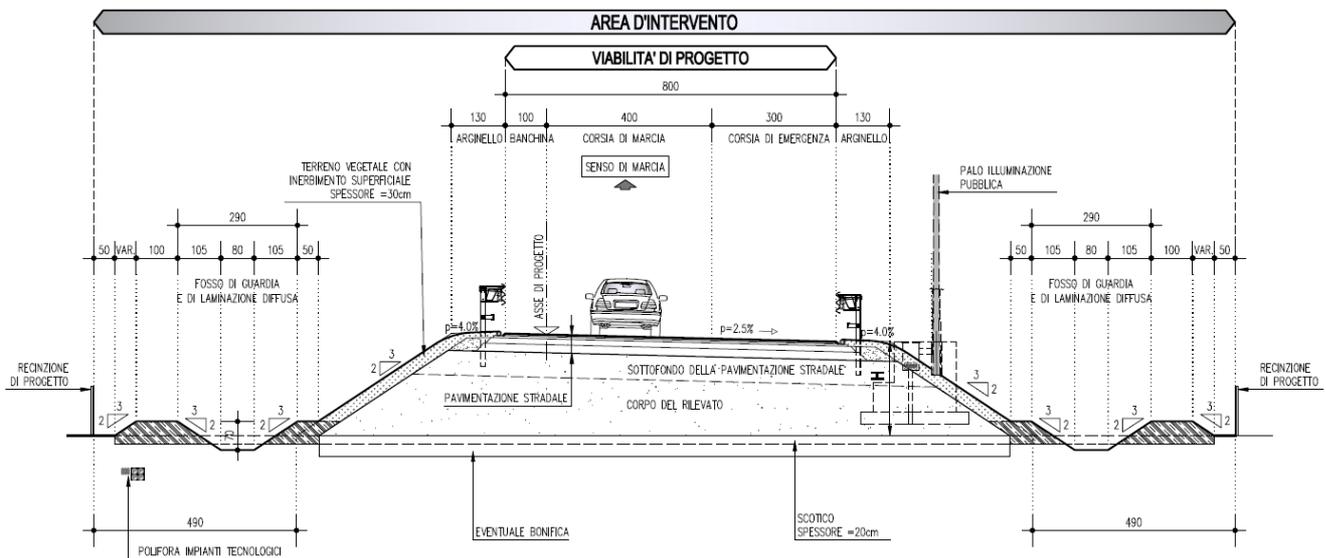
**TABELLA 2.6 – VALORI MINIMI DI ELEMENTI MODULARI (D.M. 24/07/2006)**

Per le diverse rampe di progetto sono state utilizzate, per ciascun elemento stradale, dimensioni maggiori rispetto a quelle previste in tabella; questo al fine di garantire la percorribilità del flusso veicolare anche in caso di parzializzazione della piattaforma durante le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria.

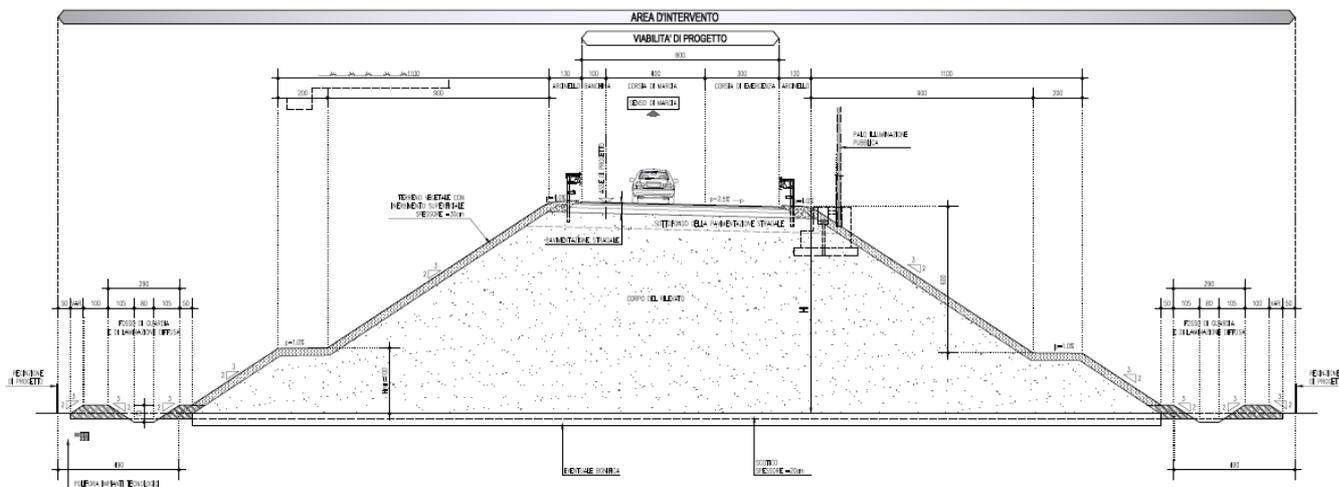
Sono state assunte le seguenti dimensioni:

- rampa monodirezionale ad una corsia: larghezza complessiva della sezione pari a 8,00 m costituita da una corsia di marcia di 4,00 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;
- rampe monodirezionali a due corsie: larghezza complessiva della sezione pari a 12,00 m costituita da due corsie di marcia di 4,00 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;

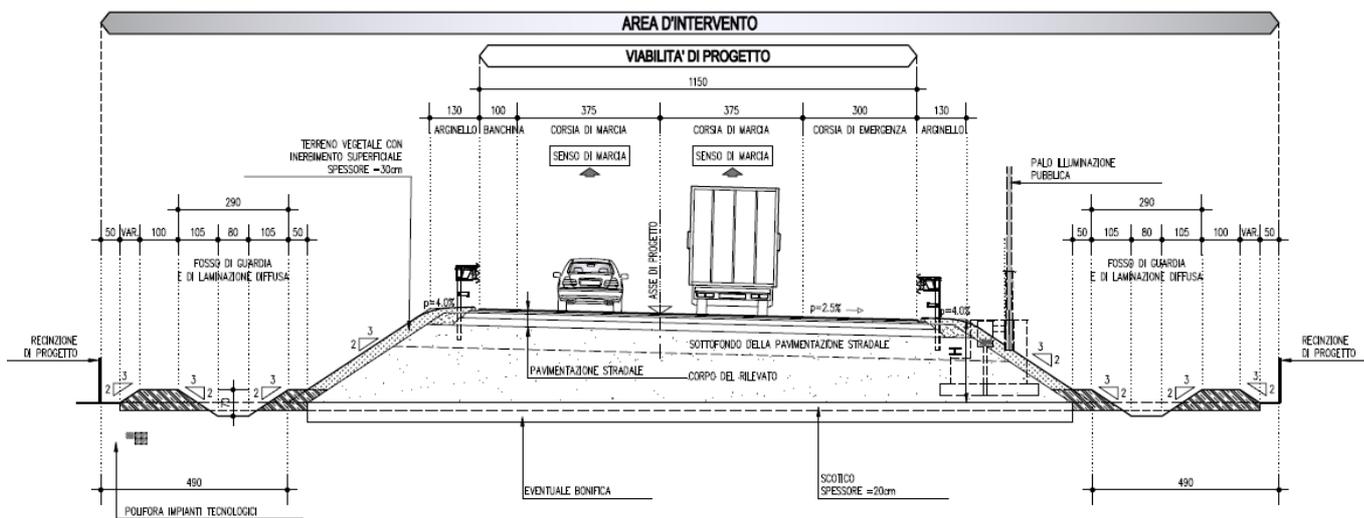
La sistemazione della sede autostradale è stata effettuata ripristinando i margini laterali e conferendo alle scarpate dei rilevati e delle trincee una pendenza adeguata alla stabilità del corpo autostradale e pari ad almeno 2/3.



**Figura 2.1.2.2-1 Sezione tipo ramo di svincolo unidirezionale ad una corsia (rilevati H≤7m)**

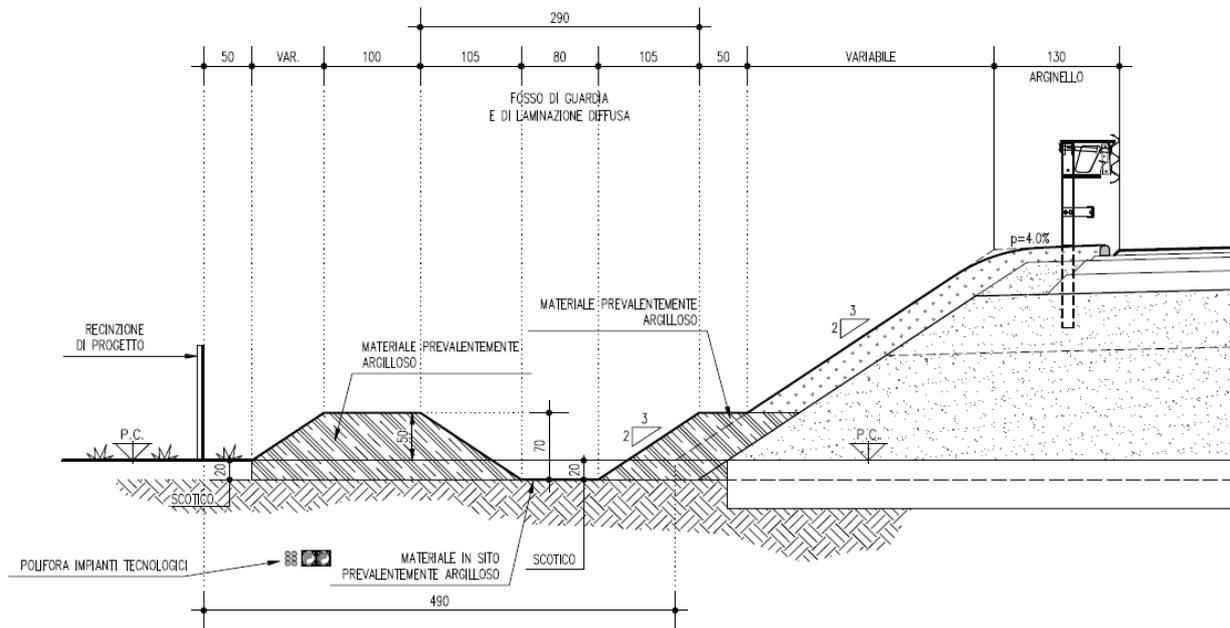


**Figura 2.1.2-2 Sezione tipo ramo di svincolo unidirezionale ad una corsia (rilevati  $H > 7m$ )**



**Figura 2.1.2-3 Sezione tipo ramo di svincolo unidirezionale a doppia corsia (rilevati  $H > 7m$ )**

Per rilevati con altezza superiore di 7 m, è stata prevista la realizzazione di una ribanca di larghezza 2 m, posta 6 m al di sotto della quota di progetto. Per consentire un corretto allontanamento delle acque di piattaforma si è deciso di adoperare una pendenza trasversale pari al 2,5%. Ai piedi del rilevato sono stati posizionati i fossi di guardia e di laminazione diffusa che convogliano le acque di piattaforma agli impianti di trattamento delle acque meteoriche.



**Figura 2.1.2.2-4 Particolare fosso di guardia e di laminazione diffusa**

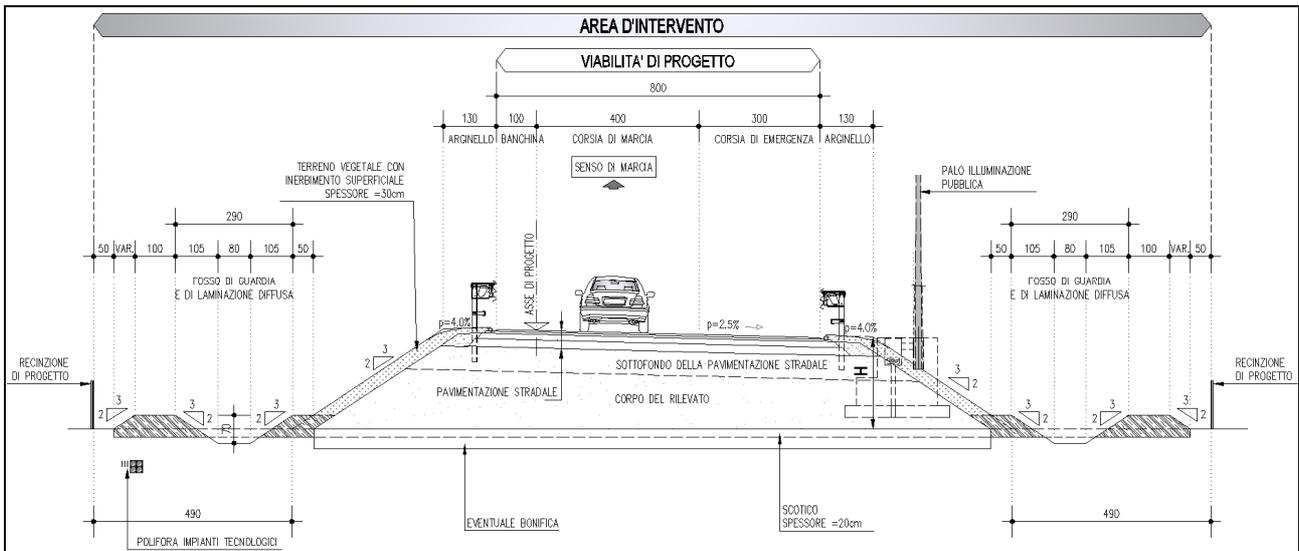


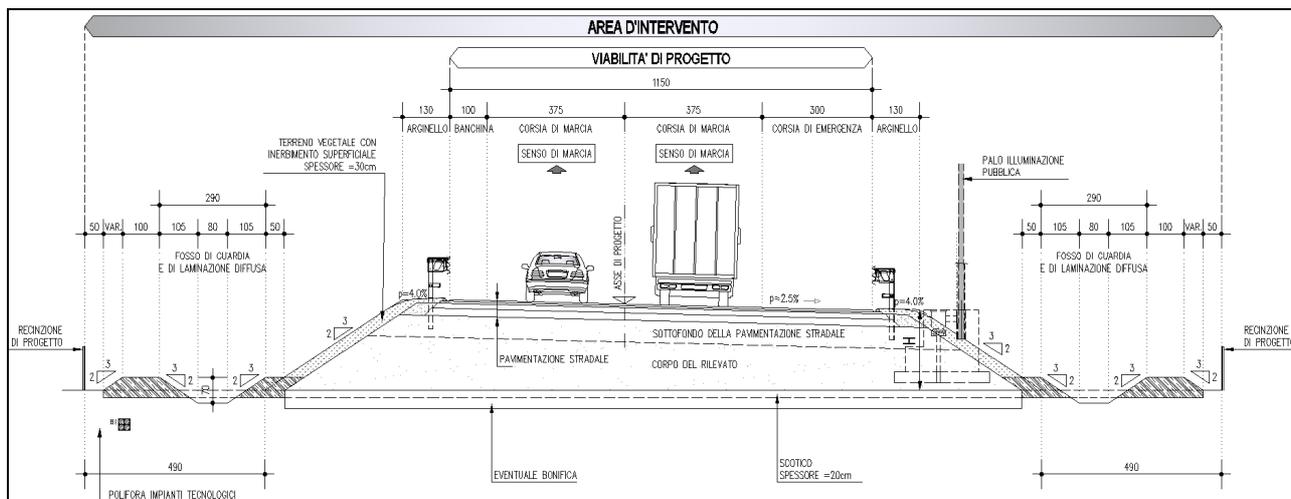
### 2.1.2.3 Svincoli di autostazione

Per le diverse rampe di progetto sono state utilizzate, per ciascun elemento stradale, dimensioni maggiori rispetto a quelle previste nel D.M. 24/07/2006; questo al fine di garantire la percorribilità del flusso veicolare anche in caso di parzializzazione della piattaforma durante le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria.

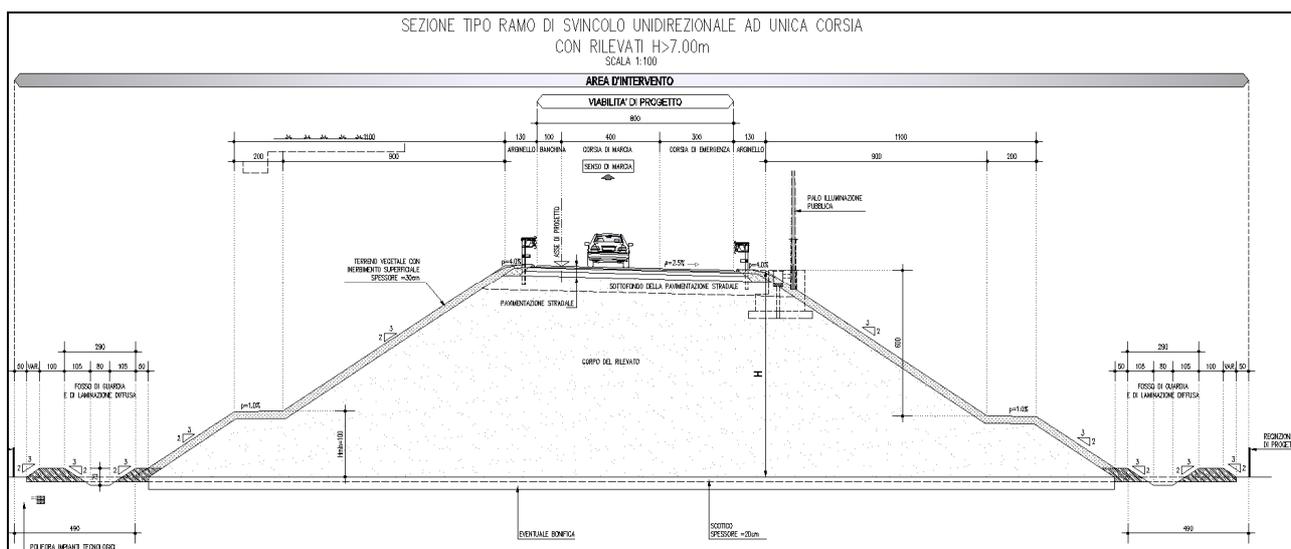
Sono state assunte le seguenti dimensioni:

- rampa monodirezionale ad una corsia: larghezza complessiva della sezione pari a 8,00 m costituita da una corsia di marcia di 4,00 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;
- rampe monodirezionali a due corsie: larghezza complessiva della sezione pari a 11,50 m costituita da due corsie di marcia di 3,75 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;





**FIGURA 2.1.2.3-1 e 2.1.2.3-2 – SEZIONI TIPO PER RAMPE AD UNA E A DUE CORSIE**



**FIGURA 2.1.2.3-3 – SEZIONI TIPO PER RAMPE AD UNICA CORSIA CON H>7m**

Per rilevati con altezza superiore di 7 m, è stata prevista la realizzazione di una ribanca di larghezza 2 m, posta 6 m al di sotto della quota di progetto.

La sistemazione della sede stradale è stata effettuata conferendo alle scarpate dei rilevati una pendenza adeguata alla stabilità del corpo autostradale e pari a 2/3.

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico. In relazione al numero dei veicoli/ora stimato, le carreggiate dei rami di svincolo unidirezionali ad una corsia sono stati progettati di larghezza pari a 8,00 m, composti da una corsia di 4,00 m, banchina laterale in sinistra da 1,00 m e da 3,00 m in destra. I rami unidirezionali a due corsie, derivanti dall'unione di due rampe monocorsia, sono composti da due corsie di marcia di larghezza 3,75 m, la banchina in sinistra da

1,00 m e la banchina in destra implementata a 3,00 m.

#### 2.1.2.4 Svincolo di Ferrara sud

Sono state implementate le larghezze minime da normativa delle banchine in destra e delle corsie delle rampe unidirezionali, al fine di migliorare la sicurezza dell'infrastruttura ed agevolare le operazioni di soccorso e manutenzione nella fase d'esercizio dell'autostrada.

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico. In relazione al numero dei veicoli/ora stimato, le carreggiate dei rami di svincolo unidirezionali ad una corsia sono stati progettati di larghezza pari a 8,00 m, composti da una corsia di 4,00 m, banchina laterale in sinistra da 1,00 m e da 3,00 m in destra. . I rami unidirezionali a due corsie, derivanti dall'unione di due rampe monocorsia, sono composti da due corsie di marcia di larghezza 3.75 m, la banchina in sinistra da 1,00 m e la banchina in destra implementata a 3,00 m.

Tali dimensioni delle carreggiate, sono state incrementate in alcuni tratti in curva delle rampe semidirette e indirette, per garantire il soddisfacimento delle verifiche di visibilità prescritte dal DM del 5/11/2001 riguardante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"; In particolare si sono previsti allargamenti della banchina in sinistra per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità di progetto caratteristica del ramo, mentre non sono da prevedersi in destra per la presenza della corsia d'emergenza.

Le corsie di entrata ed uscita sono previste di larghezza pari a 4,00 m e prevedono la continuità della corsia di emergenza di 3,00 m.

In merito alle dimensioni trasversali degli elementi che compongono le rampe, si riporta la seguente tabella del D.M. 2006. I valori indicati sono da considerarsi minimi, e si riferiscono alle sezioni standard in assenza di allargamenti per la visibilità.

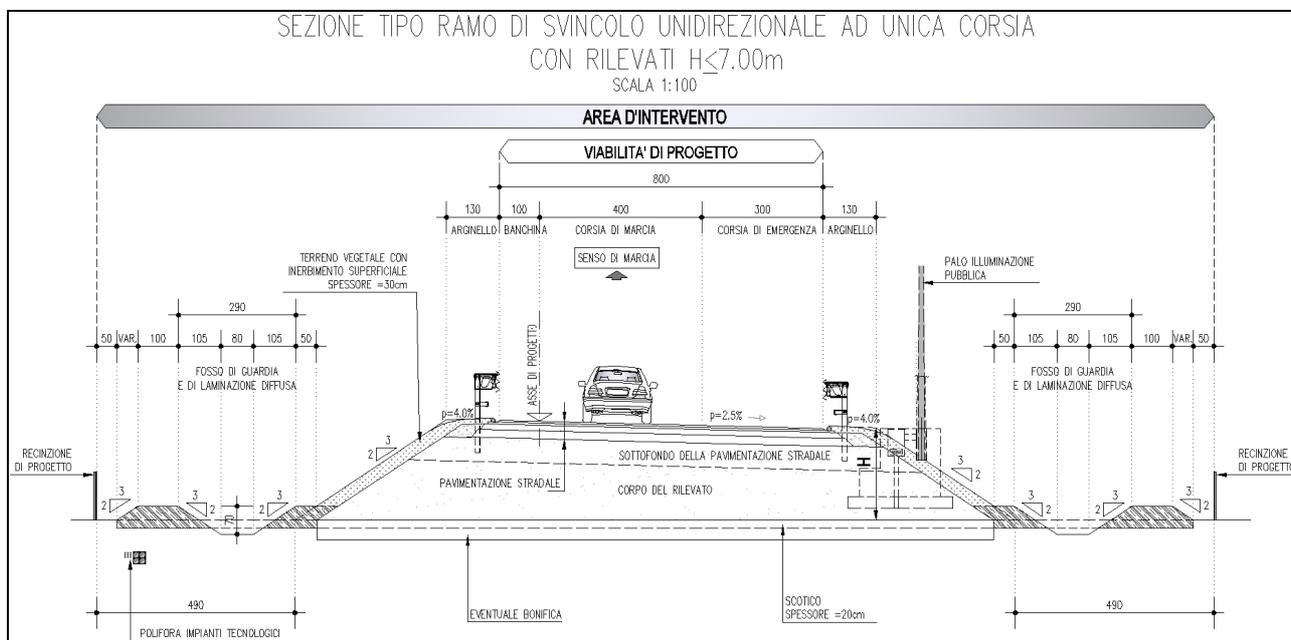
<b>Strade extraurbane</b>				
<b>elemento modulare</b>	<b>Tipo di strada principale</b>	<b>Larghezza corsie (m)</b>	<b>Larghezza banchina in destra (m)</b>	<b>Larghezza banchina in sinistra (m)</b>
<b>Corsie specializzate di uscita e di immissione</b>	<b>A</b>	3,75	2.50	-
	<b>B</b>	3,75	1.75	-
<b>Rampe monodirezionali</b>	<b>A</b>	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
	<b>B</b>	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
<b>Rampe bidirezionali</b>	<b>A</b>	1 corsia: 3,50	1.00	-
	<b>B</b>	1 corsia: 3,50	1.00	-

**TABELLA 2.7 – VALORI MINIMI DEGLI ELEMENTI MODULARI (D.M. 24/07/2006)**

Per le diverse rampe di progetto sono state utilizzate, per ciascun elemento stradale, dimensioni maggiori rispetto a quelle previste in tabella; questo al fine di garantire la percorribilità del flusso veicolare anche in caso di parzializzazione della piattaforma durante le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Sono state assunte le seguenti dimensioni:

- rampa monodirezionale ad una corsia:  
 larghezza complessiva della sezione pari a 8,00 m costituita da una corsia di marcia di 4,00 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;
- rampe monodirezionali a due corsie:  
 larghezza complessiva della sezione pari a 11,50 m costituita da due corsie di marcia di 3,75 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m:
- rampe bidirezionali a 2 corsie:  
 larghezza complessiva della sezione pari a 10,50 m costituita da due corsie di marcia di 3,75 m e una banchina in destra di 1,5 m:



**FIGURA 2.1.2.4-1 – SEZIONI TIPO PER RAMPE UNIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA**

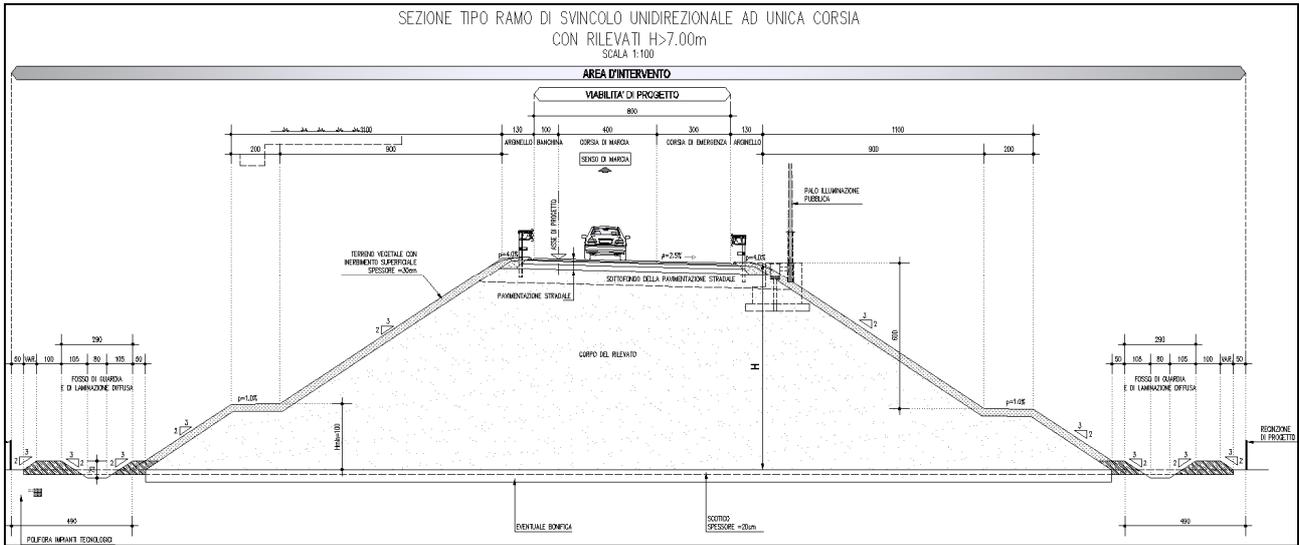


FIGURA 2.1.2.4-2 – SEZIONI TIPO PER RAMPE UNIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA CON H>7m

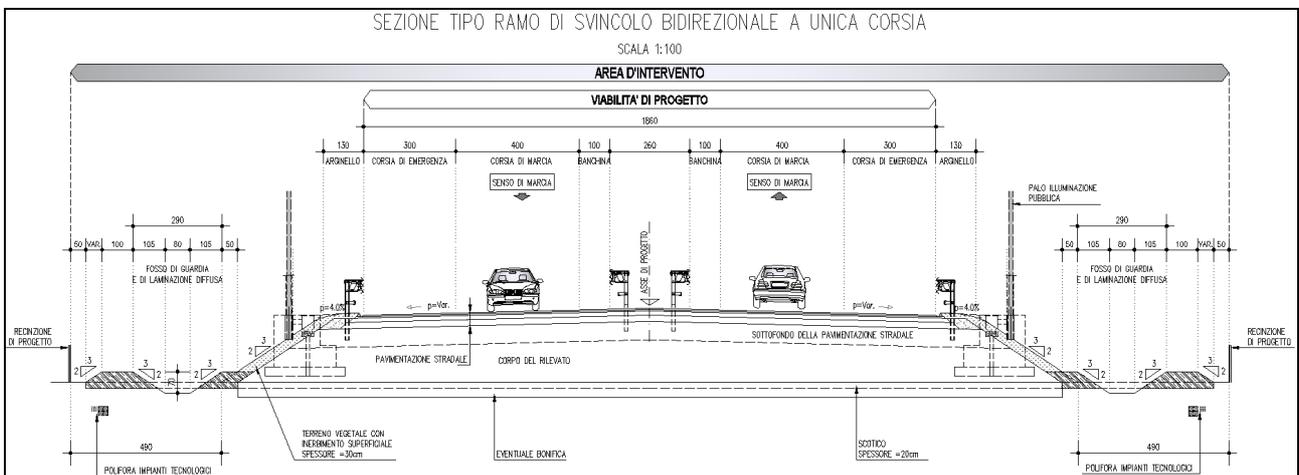
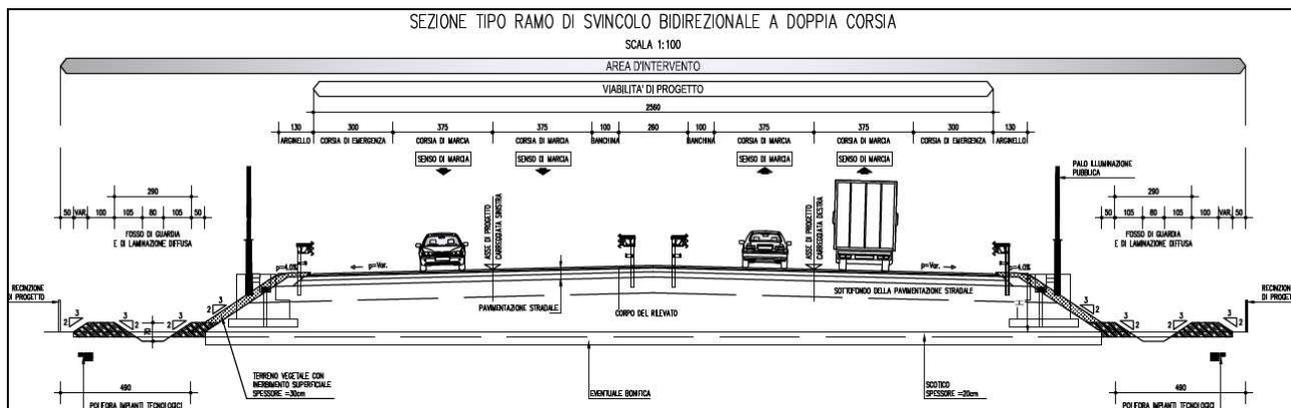


FIGURA 2.1.2.4-3 – SEZIONI TIPO PER RAMPE BIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA



**FIGURA 2.1.2.4-4 – SEZIONI TIPO PER RAMPE BIDIREZIONALI A DOPPIA CORSIA**

Per rilevati con altezza superiore di 7 m, è stata prevista la realizzazione di una ribanca li larghezza 2 m, posta 6 m al di sotto della quota di progetto.

La sistemazione della sede stradale è stata effettuata conferendo alle scarpate dei rilevati una pendenza adeguata alla stabilità del corpo autostradale e pari a 2/3.

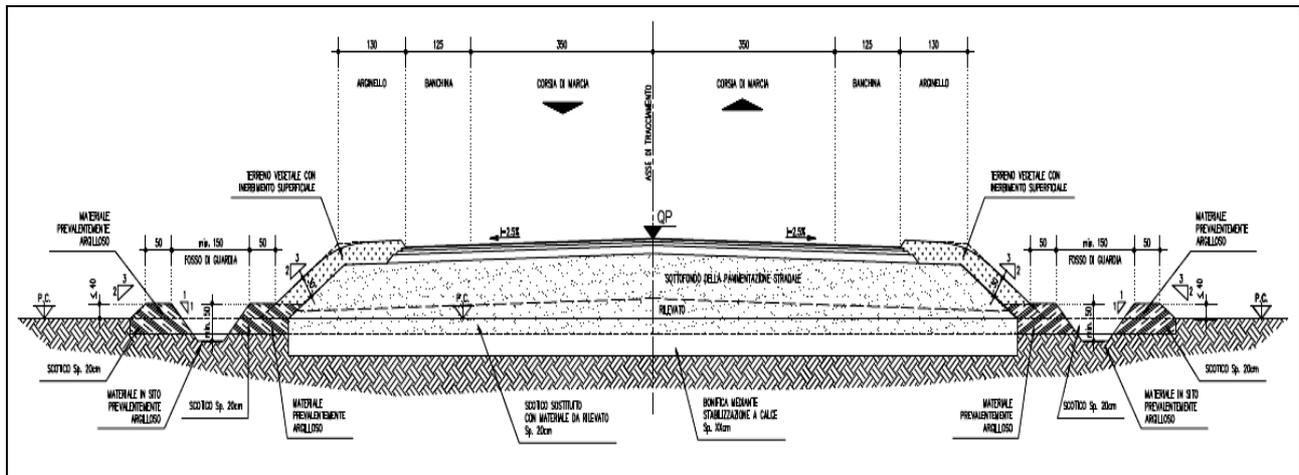
#### 2.1.2.5 Viabilità interferite e rete poderale

Le sezioni stradali previste per le viabilità interferite in progetto sono corrispondenti alla categoria C2 - strada extraurbana secondaria e alla alla categoria F2 - Strada locale extraurbana, con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (D.M. 5/11/2001).

Per quanto riguarda la categoria C2, la piattaforma stradale adottata risulta avere una sezione minima pari a 9.50 m, così composta:

- una carreggiata a doppio senso di marcia, composta da n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.50m;
- una banchina in destra per senso di marcia pari a 1.25m;

Le scarpate dei rilevati hanno una pendenza 3/2.



**FIGURA 2.1.2.5-1 – SEZIONE TIPO STRADA C2**

Le pavimentazioni usate per la viabilità di collegamento sono le seguenti:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa: Spessore 3 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta: Spessore 7 cm ;
- Strato di base: Spessore 14 cm per opere ubicate in provincia di Modena;  
Spessore 17 cm per opere ubicate in provincia di Ferrara e Reggio Emilia;
- Sottofondo in misto stabilizzato : Spessore 60 cm;

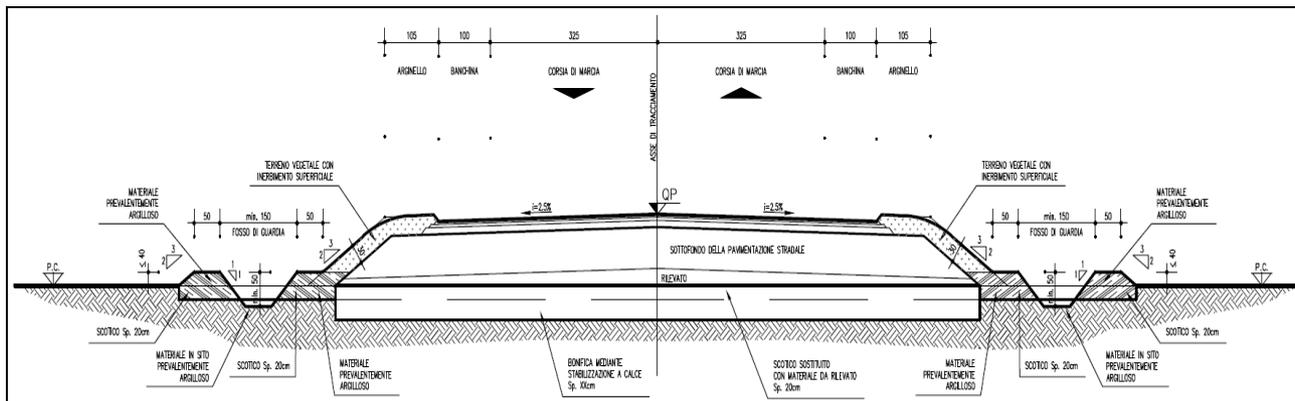
Per maggiori dettagli consultare le tabelle 11 e 12 del paragrafo 2.1.3.3.

Lo spessore dello scotico è di 20 cm. Per lo spessore dello strato di bonifica si rimanda agli appositi elaborati di progetto specializzati.

Per quanto riguarda la categoria F2 la piattaforma stradale adottata risulta avere una sezione minima pari a 8.50, così composta:

- una carreggiata a doppio senso di marcia, composta da n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.25m;
- una banchina in destra per senso di marcia pari a 1.00m.

Le scarpate dei rilevati hanno una pendenza 3/2. Occorre porre particolare attenzione a come la sezione stradale, in prossimità dei limiti di intervento, si debba raccordare ad una pavimentazione esistente di larghezza limitata, il che comporta un allargamento dei cigli, come peraltro riportato negli elaborati di riferimento.



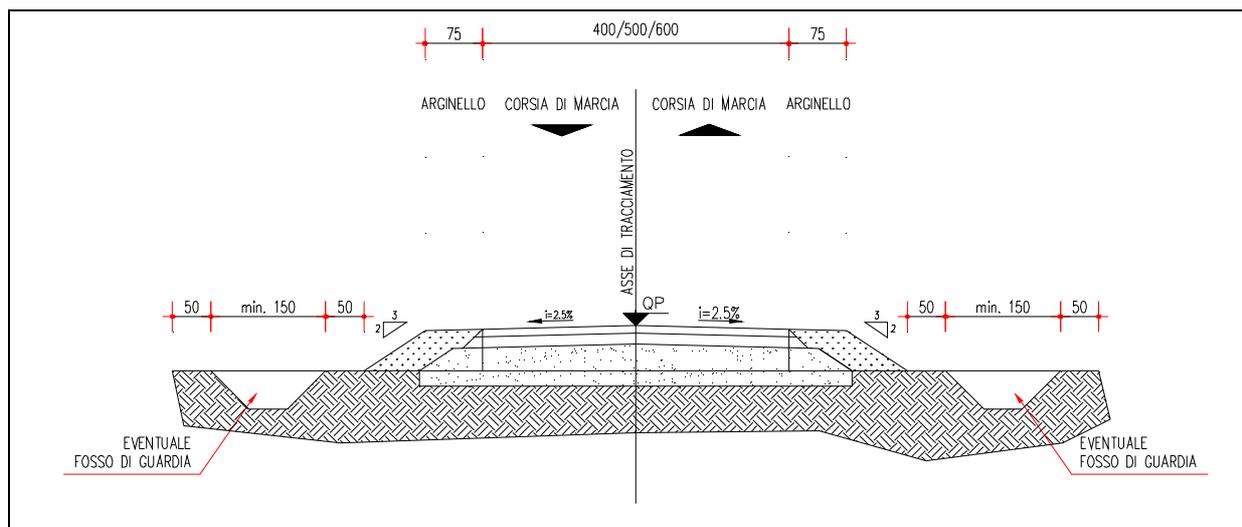
**FIGURA 2.1.2.5-2 – SEZIONE TIPO STRADA F2**

Le pavimentazioni usate per la viabilità interferita sono le seguenti:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa: Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta: Spessore 5 cm ;
- Strato di base: Spessore variabile in funzione del tipo di strada e della provincia di appartenenza della infrastruttura;
- Sottofondo in misto stabilizzato : Spessore 60 cm;

Per maggiori dettagli consultare le tabelle 11 e 12 del paragrafo 2.1.3.3.

Per quanto riguarda invece le strade poderali, le sezioni trasversali presentano larghezze del pavimentato pari a 4.00m, 5.00m o 6.00m, e sezione tipo come da schema grafico seguente:



**FIGURA 2.1.2.5-3 – SEZIONE TIPO STRADE PODERALI**

La pavimentazione è prevista in misto granulare non legato di spessore pari a 25cm o in conglomerato

bituminoso, con spessori degli strati costituenti il pacchetto di pavimentazione seguenti:

- binder = 10 cm;
- fondazione in misto granulare stabilizzato = 15 cm.

Nella fase di cantierizzazione, infine, è prevista la realizzazione di controstrade di servizio da utilizzarsi come piste di cantiere, al fine di ridurre al minimo gli impatti di cantiere sulla viabilità locale, aventi larghezza variabile di 4,00 m e 6,00 m che, a lavori ultimati, potranno essere cedute al territorio o convertite in piste ciclabili per i tratti indicati negli elaborati di progetto.

#### 2.1.2.6 Piste ciclabili

La sezione tipo della pista ciclabile in progetto è composta da due corsie larghe 1,5 m, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia (art. 7 DM 30/11/1999 n. 557). Ai margini della piattaforma sono previste due banchine da 0,5 m di larghezza. Nei tratti in cui la pista ciclabile si sviluppa lungo le strade poderali esistenti o di nuova realizzazione la sezione viene ampliata per permetterne l'uso promiscuo. La pavimentazione delle ciclabili in sede propria è composta da uno strato di 7 cm di conglomerato bituminoso (binder) e dal manto di usura (3 cm) in conglomerato bituminoso pigmentato. Il pacchetto è posato sullo strato di fondazione esistente della pista di cantiere, previo ripristino con stabilizzato. Nei tratti coincidenti con strade poderali esistenti o di nuova realizzazione verrà mantenuta la pavimentazione già in essere o prevista.

### 2.1.3. Pavimentazioni

#### 2.1.3.1 Asse autostradale

Il progetto definitivo (PD) delle pavimentazioni dell'asse della nuova Autostrada Regionale Cispadana è stato definito ottimizzando le soluzioni già previste nel progetto preliminare (PP). Tale ottimizzazione è stata possibile grazie ad una maggiore accuratezza dei dati di traffico derivanti dalle analisi trasportistiche effettuate sull'intera rete su cui l'intervento si colloca e grazie all'introduzione sul mercato di nuove tecnologie per la realizzazione delle sottobasi in misto cementato ad alta duttilità.

In Tabella 3 è rappresentata la struttura della pavimentazione prevista per l'asse autostradale nel PD che conferma essenzialmente quella del PP a meno della sostituzione della tipologia di legante bituminoso utilizzato nel MCAD. Il PP prevedeva infatti un MCAD confezionato con bitume schiumato, in PD si propone invece l'uso di un misto cementato ad alta duttilità confezionato con emulsione bituminosa sovra-stabilizzata che consente importanti vantaggi costruttivi e di compatibilità ambientale. L'emulsione bituminosa permette di ottenere un risparmio non indifferente in termini di consumo energetico e di immissione in aria di CO<sub>2</sub> grazie alla possibilità di stabilizzazione in sito a freddo. L'emulsione sovra stabilizzata inoltre migliora le condizioni di lavoro e la salubrità in cantiere e consente ampio margine di messa in opera grazie alla non

necessità di mettere in opera il materiale ad una specifica temperatura (condizionante per la buona riuscita dell'opera).

L'uso del manto drenante in doppio strato (già previsto nel PP) garantisce elevati standard di sicurezza con elevata aderenza ed eliminazione dei fenomeni di "splash&spray" e ridotte emissioni acustiche nell'ambiente circostante.

**Tabella 3 - Pavimentazione prevista nel PD per l'asse della principale**

Usura in Conglomerato Bituminoso Drenante (DDL)	cm	5
Strato di collegamento in Conglomerato Bituminoso	cm	5
Strato di base in Conglomerato Bituminoso	cm	14
Strato di sottobase in Misto Cementato ad Alta Duttilità (MCAD) con emulsione bituminosa sovra stabilizzata	cm	20
<b>TOTALE</b>	cm	<b>44</b>

Tutte le pavimentazioni proposte nel PD sono state verificate valutando le prestazioni che le differenti sovrastrutture potranno offrire nel tempo quando soggette alle condizioni di traffico previste in progetto e nelle condizioni climatiche della zona di sedime dell'opera utilizzando la nuova procedura di analisi basata sull'impiego di metodi di tipo "empirico-razionale" prodotta dall'NCHRP per l'AASHTO Statunitense (metodo M-E PDG). La versione del codice di calcolo adottata è la 1.1 del 31 agosto 2009.

Il metodo M-E PDG consente di passare dalla tradizionale valutazione del comportamento nel tempo della pavimentazione per mezzo di correlazioni empiriche ed indici sintetici di stato ad una valutazione del progredire nel tempo delle diverse tipologie di ammaloramento (fessurazione, deformazione permanente dei diversi strati costituenti la pavimentazione, irregolarità longitudinale) determinando poi il danno complessivo per fatica che ci si può attendere nella struttura nel corso di tutto il periodo di analisi.

I dati di progetto utilizzati per la verifica della pavimentazione prevista per l'asse autostradale sono rappresentati in Tabella 4.

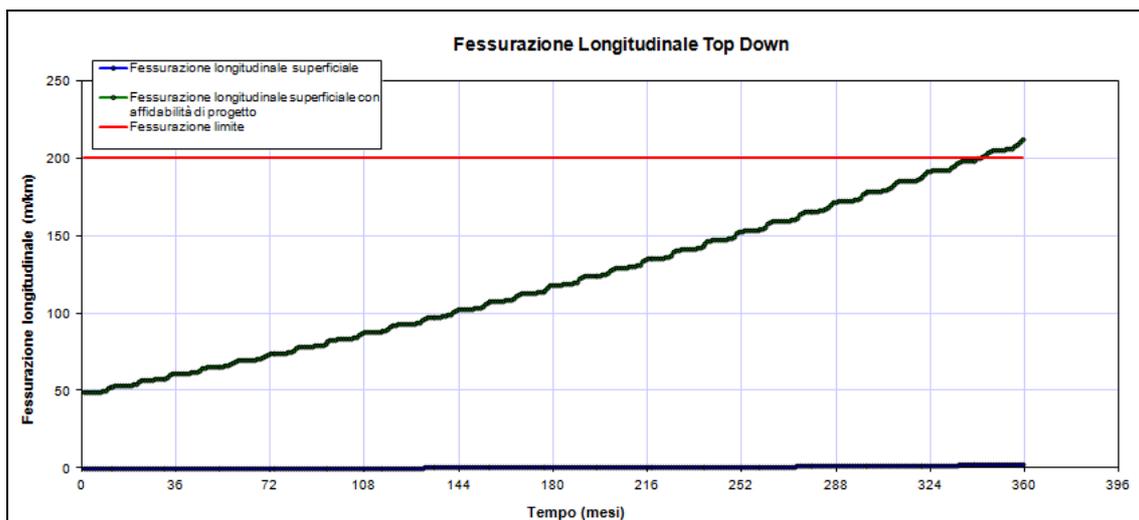
**Tabella 4 - Dati di progetto utilizzati nel dimensionamento delle sovrastrutture**

DATI DI PROGETTO	PROGETTO DEFINITIVO
Traffico di progetto	Tratta maggiormente caricata: Interconnessione A13-Ferrara Sud $TGM_{2030} = 10700 \text{ VC/gg}$ ; $r=4.29\%$ ; $VC_{totali} = \text{circa } 98 \text{ milioni}$
Sottofondo	$Mr = 200 \text{ MPa}$
Condizioni climatiche	Ferrara
Periodo di analisi	30 anni
Affidabilità	90%

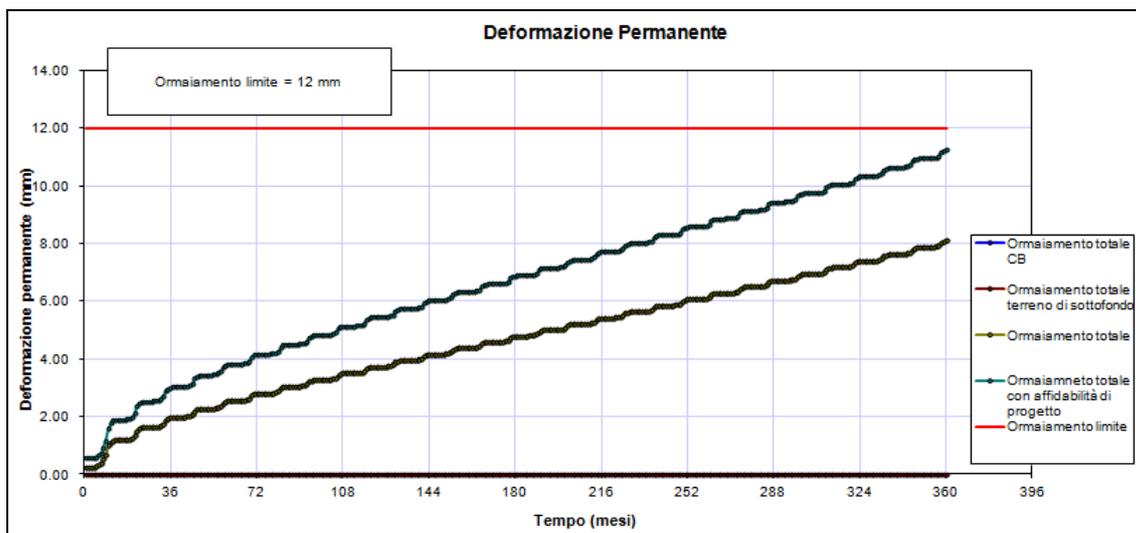
Le verifiche effettuate con il software M-E PDG sulla sovrastruttura di Tabella 3 hanno mostrato un ottimo comportamento nei confronti di tutte le tipologie di indicatori prestazionali calcolati (v. Tabella 5, *Figura 8*, *Figura 9* e *Figura 10*).

**Tabella 5 – Risultati della verifica sulla pavimentazione di PD per l’asse autostradale**

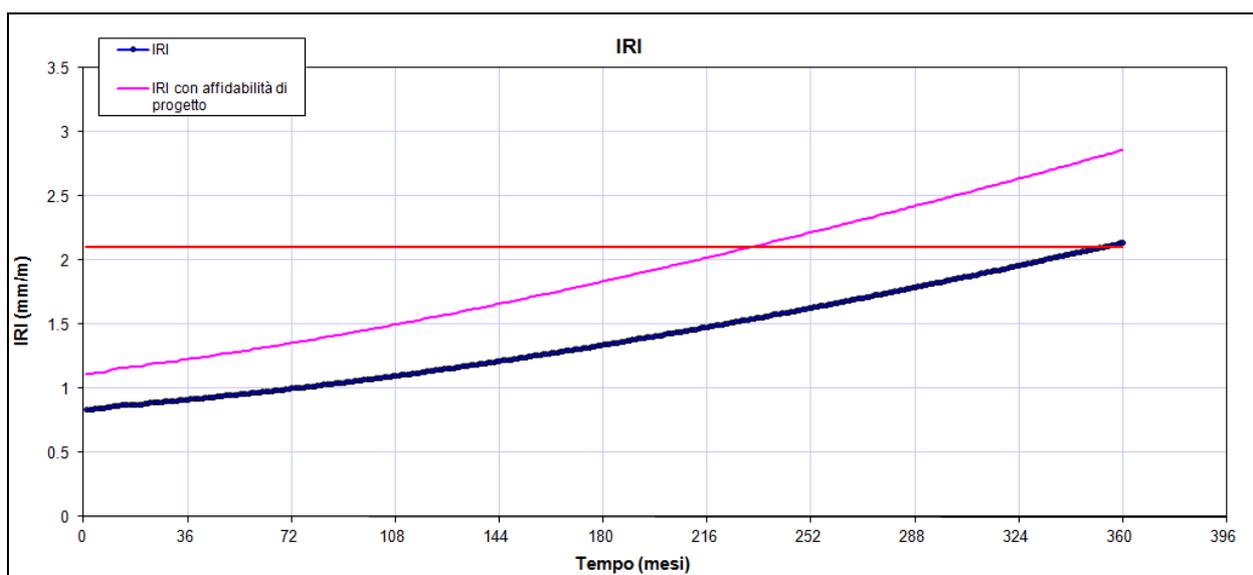
INDICATORE DI PRESTAZIONE	R = 50%	R = 90%
Fessurazione di tipo “bottom-up” (%)	-	1.49
Fessurazione di tipo “top-down” (m/km)	-	212.32
Danno per fatica (Bottom-up)	$5.74 \times 10^{-4}$	
Profondità ormaie (mm)	8.1	11.3
IRI (mm/m)	2.14	2.86



**Figura 8 – Andamento della fessurazione longitudinale Top Down per l’asse autostradale**



**Figura 9 – Andamento della deformazione permanente nel tempo per l'asse della autostradale**



**Figura 10 – Andamento dell'irregolarità longitudinale nel tempo (indice IRI) per l'asse autostradale**

I calcoli di verifica effettuati evidenziano che la struttura della pavimentazione prevista per l'asse autostradale è correttamente dimensionata rispetto a tutti gli indicatori di ammaloramento. Dal punto di vista funzionale sarà necessario prevedere una periodica pulitura con aria compressa ed una eventuale ulteriore sostituzione dell'usura laddove dovesse risultare intasata (per garantire elevati livelli di aderenza e la necessaria capacità di drenaggio delle acque meteoriche) ed in generale almeno una sostituzione dello strato di usura in DDL verso i 20 anni di vita in modo da eliminare anche l'irregolarità longitudinale. Tale intervento permetterà allo stesso tempo il controllo delle fessurazioni longitudinali superficiali (di tipo "Top-down") che al termine del periodo di analisi tendono (sebbene in modo marginale) a superare i limiti di progetto fissati.

### 2.1.3.2 Interconnessioni e svincoli

Per le interconnessioni e le rampe degli svincoli nel progetto preliminare era prevista una pavimentazione semirigida, analoga a quella dell'asse della principale con sottobase in misto cementato ad alta duttilità (MCAD) realizzata con bitume schiumato e manto di usura in CB di tipo chiuso tradizionale.

In fase di PD si è scelto di migliorare le prestazioni funzionali della pavimentazione degli svincoli e delle interconnessioni sostituendo lo strato di usura in CB chiuso tradizionale con uno di tipo Splitt Mastix Asphalt ad elevate prestazioni di aderenza e durabilità e caratterizzato da una ridotta emissione di rumore.

Per le rampe degli svincoli e delle interconnessioni l'usura in SMA garantisce infatti, oltre che una maggiore aderenza rispetto ad un CB chiuso di tipo tradizionale, una maggiore resistenza alle forti azioni tangenziali che ivi si sviluppano a causa dei piccoli raggi di curvatura tipici della geometria degli svincoli e delle intense e conseguenti azioni di frenata. La miscela dello SMA è realizzata con materiali di elevatissima qualità e resistenza che consentono il raggiungimento di prestazioni elevate anche con stese molto sottili (ex. 3 cm) come per l'usura delle rampe e delle interconnessioni in oggetto. Inoltre, come già per l'asse autostradale, la sottobase in MCAD realizzato con bitume schiumato è stata sostituita con una sottobase in MCAD realizzata con emulsione bituminosa sovra-stabilizzata.

La stratigrafia della pavimentazione prevista nel PD per svincoli ed interconnessioni è schematizzata in Tabella 6.

**Tabella 6 - Pavimentazione prevista nel PD per svincoli e interconnessioni**

		<b>PD</b>
Usura in Splitt mastix Asphalt	cm	3
Strato di collegamento in Conglomerato Bituminoso	cm	5
Strato di base in Conglomerato Bituminoso	cm	10
Strato di sottobase in Misto Cementato ad Alta Duttilità (MCAD) con emulsione bituminosa sovra stabilizzata	cm	15
<b>TOTALE</b>	<b>cm</b>	<b>33</b>

I dati di progetto utilizzati per la verifica della pavimentazione prevista nel PD per le rampe di svincolo e per le interconnessioni sono rappresentati in Tabella 7.

**Tabella 7 - Dati di progetto utilizzati nel dimensionamento delle sovrastrutture per svincoli e interconnessioni**

<b>DATI DI PROGETTO</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>
Traffico di progetto	Rampa maggiormente caricata: Interconnessione A22, Rampa Trento-

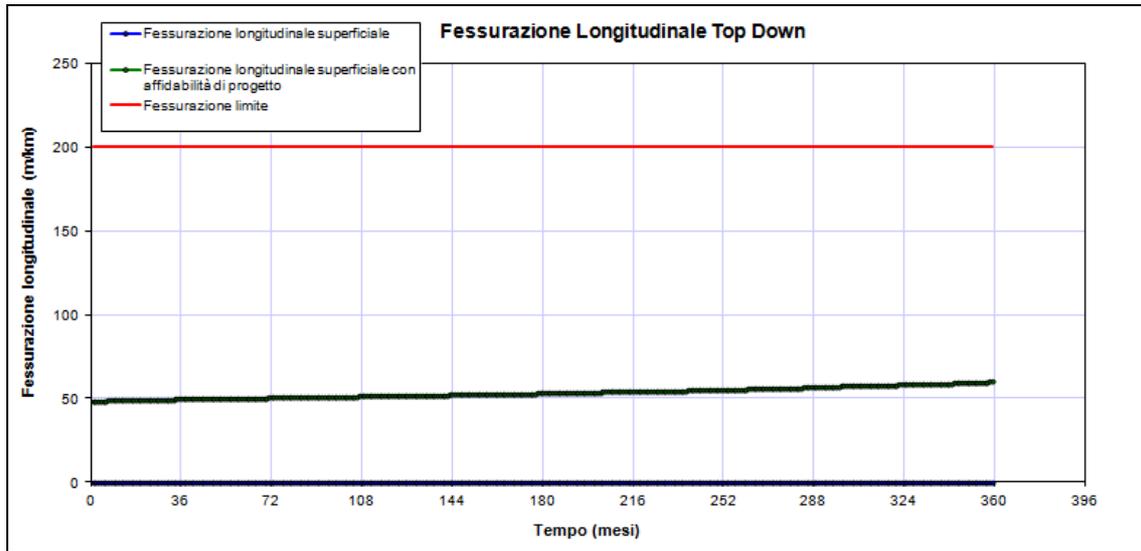
	Ferrara TGM <sub>2030</sub> = 5000 VC/gg; r=4.29%; VC <sub>totali</sub> = circa 42 milioni
Sottofondo	Mr = 200 MPa
Condizioni climatiche	Ferrara
Periodo di analisi	30 anni
Affidabilità	90%

In Tabella 8 sono rappresentati gli indicatori prestazionali ottenuti dalle verifiche effettuate con il software M-E PDG sulla pavimentazione in esame. I risultati mostrano che dal punto di vista strutturale le due pavimentazioni sono sostanzialmente equivalenti.

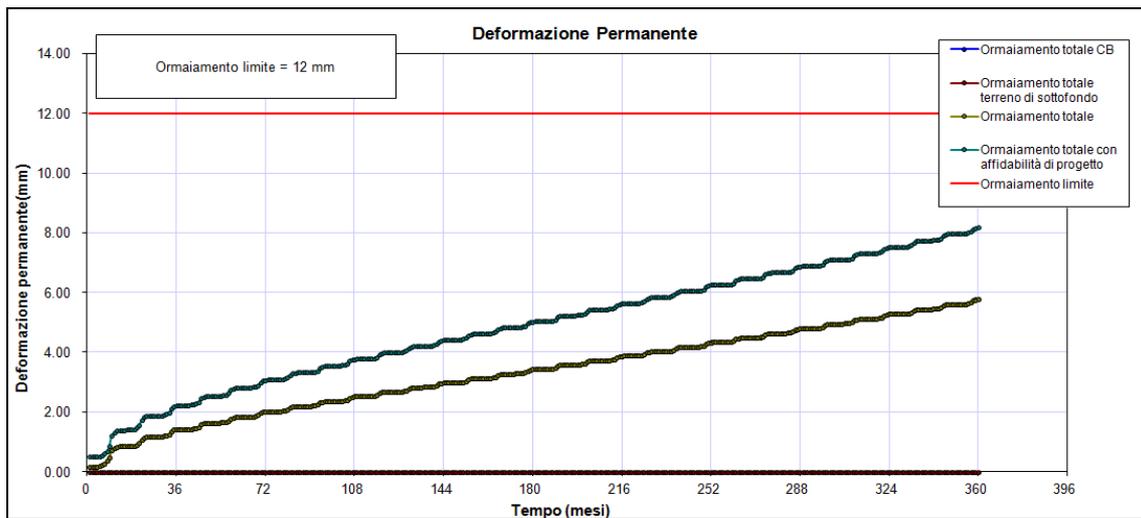
**Tabella 8 – Risultati della verifica sulla pavimentazione di PD per svincoli e interconnessioni**

INDICATORE DI PRESTAZIONE	R = 50%	R = 90%
Fessurazione di tipo "bottom-up" (%)	-	1.54
Fessurazione di tipo "top-down" (m/km)	-	55.11
Danno per fatica (Bottom-up)	1.25 x 10 <sup>-3</sup>	
Profondità ormaie (mm)	5.2	7.4
IRI (mm/m)	2.20	2.93

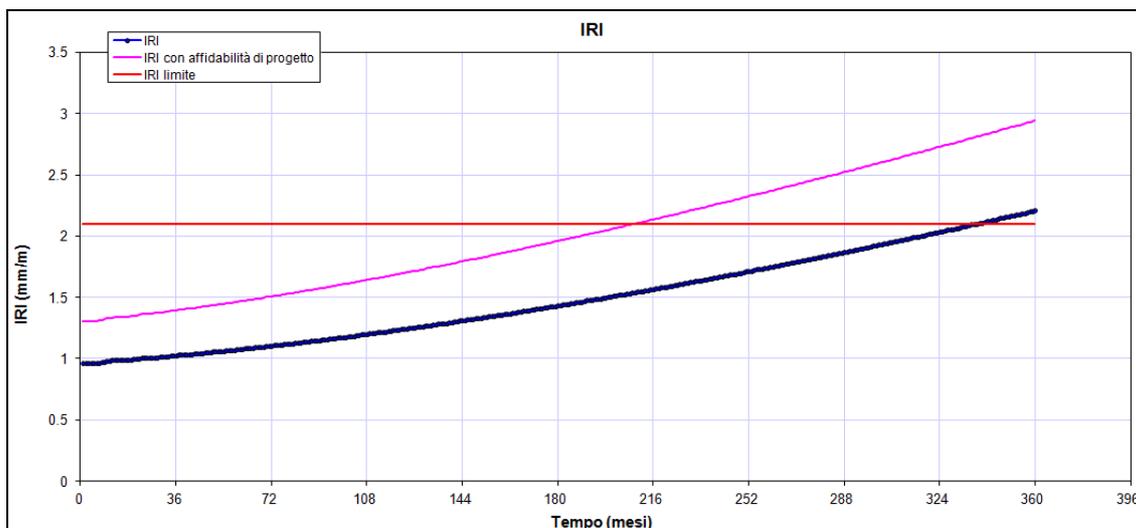
In Figura 11, in Figura 12 ed in Figura 13 sono rappresentate le evoluzioni degli indicatori prestazionali calcolati nel corso del tempo (Fessurazione longitudinale, deformazione permanente e IRI).



**Figura 11 – Andamento della fessurazione longitudinale nel tempo per la pavimentazione prevista nel PD per le rampe degli svincoli e delle interconnessioni**



**Figura 12 – Andamento della deformazione permanente nel tempo per la pavimentazione prevista nel PD per le rampe degli svincoli e delle interconnessioni**



**Figura 13 – Andamento dell'irregolarità longitudinale (indice IRI) nel tempo per la pavimentazione prevista nel PD per le rampe degli svincoli e delle interconnessioni**

I calcoli di verifica effettuati evidenziano che la struttura della pavimentazione prevista nel progetto definitivo è correttamente dimensionata rispetto a tutte le tipologie di indicatori di performance adottati. La sovrastruttura mantiene infatti durante tutto il periodo di analisi prestazioni elevate dal punto di vista strutturale con la sola necessità di eseguire un intervento di manutenzione di sostituzione del manto di usura verso la metà del periodo di analisi, in linea con le prestazioni offerte dalle pavimentazioni dell'asse.

### 2.1.3.3 Viabilità interferite e rete podereale

L'intervento per la realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana si colloca all'interno di una rete interferita costituita da una molteplicità di strade di differente categoria e funzione. Nella redazione del PD è stato possibile studiare soluzioni ottimizzate per ciascuna strada grazie alla disponibilità di dati dettagliati di traffico desunto dallo studio di traffico effettuato considerando l'intera rete interferita.

I dati di traffico utilizzati caratterizzanti le diverse strade considerate sono sintetizzati in *Tabella 9* (per la viabilità di collegamento) ed in *Tabella 10* (per la viabilità interferita).

**Tabella 9 – Definizione del traffico di progetto per la viabilità di collegamento**

VIABILITÀ	Codice PP	TIPO DI STRADA	MIX DI TRAFFICO	TGM VC 2030 (VC/gg)	TGM VC 2017 (VC/gg)	VC CUMULATI 2017-2036
C01	-	C1	Tipo C – forte traffico	500	415	3.5 milioni
C02	MO 01	Rotatoria	Tipo C - ordinaria	900	747	6.3 milioni

C03	MO 02	C2	Tipo C – ordinaria	500	415	3.5 milioni
C04	MO 03	Rotatoria	Tipo C – ordinaria	900	747	6.3 milioni
C05	MO 04	F1, Rotatoria	Tipo C - ordinaria	500	415	3.5 milioni
C06	MO 05	Rotatoria	Tipo C – ordinaria	500	415	3.5 milioni
C07	MO 06	C2	Tipo C – ordinaria	400	332	2.8 milioni
C08	MO 07	C2	Tipo C – ordinaria	400	332	2.8 milioni
C09	FE 01	C2	Tipo C – ordinaria	500	415	3.5 milioni
C10	FE 03	Rotatoria	Tipo C – ordinaria	500	415	3.5 milioni
C11	FE 04	C1	Tipo C – forte traffico	900	747	6.3 milioni

**Tabella 10 – Definizione del traffico di progetto per la viabilità interferita**

VIABILITÀ	TIPO DI STRADA	MIX DI TRAFFICO	TGM VC 2030 (VC/gg)	TGM VC 2017 (VC/gg)	VC CUMULATI 2017-2036
CST 01	F1	Tipo C – turistica	500	415	3.5 milioni
V27 – V29 – V37	C2	Tipo C – ordinaria	500	415	3.5 milioni
V26	C2	Tipo C – ordinaria	100	83	700 mila
V35	C2	Tipo C - ordinaria	600	498	4.2 milioni
V34	C2	Tipo C - ordinaria	700	581	4.9 milioni
V11-V24-V42-V44-V48	C2	Tipo C ordinaria	200	166	1.4 milioni
V08	C2	Tipo C - ordinaria	900	747	6.3 milioni
V49	C2	Tipo C - ordinaria	15	12	104 mila
V12-V19-V20-V21-V22-V23-V25-V31-V38-V40-V41	F2	Tipo C - turistica	100	83	700 mila
V01-V06-V07-V32	F2	Tipo C - turistica	50	42	350 mila
V09-V36	F2	Tipo C - turistica	500	415	3.5 milioni
DST01-V14-V16	F2	Tipo C - turistica	200	166	1.4 milioni
C01	C1	Tipo C – forte traffico	480	442	3.4 milioni
V46	C2	Tipo C - ordinaria	90	75	630 mila

Complessivamente nel PD sono state previste 2 pavimentazioni per la viabilità di collegamento, 4 per la viabilità interferite ed 1 per la viabilità podereale usata per il servizio neve e di manutenzione, come sintetizzato in Tabella 11. Le soluzioni previste per ciascuna strada oggetto di analisi sono indicate in Tabella 12

Nella definizione delle soluzioni proposte si è tenuto conto anche delle esigenze ambientali dell'infrastruttura nel suo complesso cercando di soddisfare i seguenti criteri:

- Limitazione dell'approvvigionamento di nuove materie prime valorizzando al meglio i prodotti ottenibili mediante tecniche di riuso (stabilizzazione a calce o cemento dei terreni argillosi presenti in sito di scadenti caratteristiche prestazionali);
- Ottimizzazione della stratigrafia della sovrastruttura in relazione ai carichi del traffico forniti dalle analisi trasportistiche effettuate nel PD;
- Omogeneizzazione delle soluzioni proposte per provincia, a parità di classe funzionale della strada, per agevolare la gestione e manutenzione delle infrastrutture da parte degli Enti Locali.

Per le piste ciclabili, è stata proposta una pavimentazione che prevede una usura di 5 cm di conglomerato con legante neutro, direttamente stesa su terreno di sottofondo. Il conglomerato realizzato con legante neutro permette di realizzare una infrastruttura che bene si inserisce nel contesto ambientale e paesaggistico mantenendo una colorazione analoga a quella degli inerti vergini.

Tutte le soluzioni proposte sono state verificate con il software M-E PDG e garantiscono ottime prestazioni strutturali e funzionali per tutto il periodo di analisi assunto pari a 20 anni, ben superiori ai limiti di progetto previsti.

**Tabella 11 - Tabella riassuntiva delle diverse tipologie di pavimentazioni proposte nel PD per la viabilità di collegamento, interferita, poderale per servizio neve e manutenzione**

		CO_1	CO_2	VI_1	VI_2	VI_3	VI_4	Viabilità poderale per servizio neve e manutenzione
Strato di usura in Conglomerato Bituminoso	cm	3	3	4	4	4	4	-
Strato di usura in CB con legante neutro	cm	-	-	-	-	-	-	-
Strato di collegamento in Conglomerato Bituminoso	cm	7	7	5	5	5	5	10
Strato di base in Conglomerato Bituminoso	cm	17	14	12	11	10	8	-
Strato di fondazione in MGNL	cm	-	-	-	-	-	-	15
Impregnazione fondazione con emulsione bituminosa	cm	-	-	-	-	-	-	*
Sottofondo		Mr = 200 MPa con stabilizzazione a calce o cemento del sottofondo						
<b>TOTALE</b>	cm			21	20	19	17	25

**Tabella 12 – Tipologie di pavimentazioni previste in PD per le diverse strade**

Viabilità (Gruppo)	Viabilità (nome - codice)	Tipo di strada	Pavimentazione di PD	Provincia
C01	Viabilità di collegamento all'Autostazione Reggiolo Rolo	C1	C0_1	RE
C02	Rotatoria tra Via Boccaletta ed S.P. n° 8 di Mirandola - Comune di Concordia sulla Secchia (MO01)	rotatoria	C0_2	MO
C03	Variante sud all'abitato di Concordia sulla Secchia (MO02)	C2	C0_2	MO
C04	Rotatoria tra Via di Mezzo, Via Baccarella, Via Personali e Via Margotta - Comune di Mirandola (MO03)	rotatoria	C0_2	MO
C05	Raccordo tra la variante alla S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero" e Via di Mezzo - Comune di Mirandola (MO04)	C1	C0_2	MO
C06	Rotatoria fra la S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero", Via di Mezzo e Via Camurana - Comune di Mirandola (MO05)	rotatoria	C0_2	MO
C07	Collegamento allo svincolo di San Felice sul Panaro (MO06)	C2	C0_2	MO

C08	Collegamento tra la S.C. "Salde Entra" ed il polo industriale di Finale Emilia (MO07)	C2	C0_2	MO
C09	Collegamento tra tratto B Bondeno Cento e tangenziale di Finale Emilia (FE01)	C2	C0_1	FE
C10	Completamento del sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico (FE03)	rotatorie	C0_1	FE
C11	Tangenziale Ovest di Ferrara (FE04)	C1	C0_1	FE
V34	Sottovia S.P. n.41 "Riga"	C2	VI_2	FE
V35	Cavalcavia S.P. n.6 "ex-Bondeno Cento"	C2	VI_2	FE
V37	Cavalcavia SP253 S. Matteo Decima	C2	VI_2	FE
V42	Cavalcavia SP 50 Vigarano Mainarda	C2	VI_2	FE
V46	Adeguamento Cavalcavia su SS n.64 "Porrettana"	C2	VI_2	FE
V48	Trincea confinata S.P. n°43 Maestra Grande	C2	VI_2	FE
V49	Sottovia via Monsignor di sotto	C2	VI_2	FE
V40	Cavalcavia esistente via Ortolani	ESISTENTE	-	FE
V41	Cavalcavia esistente Variante strada Ca del Bosco	ESISTENTE	-	FE
DST01	Sottopasso via degli Orologi	F2	VI_3	FE
V36	Sottovia Quattro Torri	F2	VI_3	FE
V38	Cavalcavia Via Riolo	F2	VI_3	FE
V08	Sottovia SP 8 dir mirandola	C2	VI_1	MO
V11	Cavalcavia SP 11 di Mirandola	C2	VI_1	MO
V24	Cavalcavia SP 8 dir. S. Felice	C2	VI_1	MO
V26	Cavalcavia SP 9 Imperiale	C2	VI_1	MO
V27	Variante alla S.P. 468	C2	VI_1	MO
V29	Cavalcavia SP2 Panaria Bassa	C2	VI_1	MO
V44	Sottovia Via Imperiale	C2	VI_1	MO
CST01	Sottovia SP5 di Cavezzo	F1	VI_3	MO
V06	Sottovia ST. Com. Siltata	F2	VI_3	MO
V07	Sottovia Via S. Stefano	F2	VI_3	MO
V09	Via per San Possidonio	F2	VI_3	MO
V12	Cavalcavia Via dei Prati	F2	VI_3	MO
V14	Sottovia Via Baccarella	F2	VI_3	MO
V16	Via della Posta	F2	VI_3	MO
V19	Sottovia via "S. Antonio"	F2	VI_3	MO
V20	Sottovia via Imperiale	F2	VI_3	MO

V21	Sottovia Strada "Viazzolo Picca"	F2	VI_3	MO
V22	Sottovia via Getta	F2	VI_3	MO
V23	Cavalcavia via Bignardi	F2	VI_3	MO
V25	Cavalcavia via Pioppe	F2	VI_3	MO
V31	Sottovia via di Selvabella	F2	VI_3	MO
V32	Cavalcavia S.C. "Roveri-Bratellari"	F2	VI_3	MO
V01	Sottovia ST. Com. Fantozza	F2	VI_4	RE

#### 2.1.3.4 Piste ciclabili

Nel PD si propone una specifica pavimentazione per le piste ciclabili interferite. La pista ciclabile costituisce un'area destinata in maniera esclusiva al transito di pedoni e ciclisti eccetto la possibilità in cui vi sia la necessità del passaggio di mezzi di emergenza e/o soccorso quali ad esempio le ambulanze.

Si propone di realizzare uno strato di usura in conglomerato bituminoso a pigmentazione naturale dello spessore di 5 cm direttamente su terreno di sottofondo stabilizzato.

Conglomerati bituminosi di questo tipo associano le prestazioni strutturali dei CB a quelle funzionali ed estetiche necessarie per il corretto inserimento dell'opera nel contesto ambientale ed urbanistico dell'area, presentandosi con l'aspetto tipico delle pavimentazioni in terra.

In via cautelativa la sovrastruttura proposta è stata anch'essa verificata con il metodo M-E PDG con un traffico di progetto pari ad 1 ambulanza/gg e le stesse condizioni climatiche e strutturali delle altre tipologie di pavimentazioni. Come per le poderali utilizzate come piste antineve la verifica sulla pavimentazione di progetto è stata effettuata sia per terreni di sottofondo caratterizzati da  $M_r = 200$  MPa che per  $M_r = 120$  MPa quale valore minimo prescritto dalle Norme Tecniche di Appalto.

La sovrastruttura sollecitata con il traffico dei mezzi di emergenza è ampiamente verificata per tutta la durata della vita utile di progetto e presenta valori di sollecitazioni praticamente nulli.

#### 2.1.4. Barriere di sicurezza

##### 2.1.4.1 Asse autostradale

Il Progetto Definitivo (PD) delle barriere di sicurezza dell'asse dell'Autostrada Cispadana è stato definito partendo dalle previsioni del Progetto Preliminare (PP) ed ottimizzando le soluzioni alla luce delle evoluzioni tecnologiche e normative intervenute (DM 21/06/2004 e 28/06/2011 e Circolari esplicative del MIT) ed in considerazione delle disponibilità attuali di barriere marcate CE.

Il criterio generale seguito per la scelta del tipo e delle caratteristiche delle barriere è stato quello di utilizzare in tutti i casi in cui ciò è stato ritenuto possibile, barriere caratterizzate dalla classe minima di contenimento

(Lc) e dalla livello minimo di severità dell'urto sugli occupanti dei veicoli in svio (ASI, PHD e THIV), nel rispetto delle prescrizioni normative. Tale scelta è motivata dalla considerazione che classi di protezione più elevate rendono le barriere più rigide, caratterizzate da valori degli indici ASI, PHD e THIV (che quantificano il danno arrecato durante l'urto agli occupanti dei veicoli) più elevati (per quanto rientranti nei limiti normativi) e più critiche, di conseguenza, le conseguenze degli urti coinvolgenti veicoli leggeri che rappresentano la stragrande maggioranza degli eventi possibili, come richiamato anche dalla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032/2010.

Tutte le barriere, con la sola esclusione delle barriere installate sul bordo delle opere d'arte, è prescritto siano caratterizzate da un livello di severità dell'urto A mentre per le barriere da bordo opera d'arte è ammesso un livello di severità B.

La definizione delle classi di barriere è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.06.2004, con riferimento alla classe funzionale a cui appartiene la strada (tipo A ai sensi del Codice della Strada), alla classe di traffico (tipo III, con TGM al 2017 compreso tra 8486 e 14628 veicoli/giorno e %VP tra il 21% ed il 42%) ed alla destinazione delle protezioni (bordo rilevato, bordo opera d'arte e spartitraffico).

Il PD ha preso separatamente in considerazione la protezione del bordo laterale dell'autostrada nei tratti in cui non corre in affiancamento alle linee ferroviarie, del bordo laterale nei tratti in affiancamento alle linee ferroviarie e dello spartitraffico, individuando per ciascuno delle situazioni elencate i vincoli normativi e le specificità progettuali.

Per il **bordo laterale nei tratti non in affiancamento a linee ferroviarie** i criteri adottati per la definizione del livello di contenimento delle barriere da installare in relazione alle diverse caratteristiche fisiche degli elementi costituenti il corpo stradale, nel rispetto delle prescrizioni dettate dal DM 21.06.2004, sono sintetizzati in Tabella 13.

**Tabella 13: classi minime di barriere adottate per l'asse autostradale lungo il bordo non in affiancamento a linee ferroviarie**

DESTINAZIONE	CLASSE
Bordo laterale con rilevato $H_{ril} < 1$ m	Nessuna protezione <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
Bordo laterale con rilevato $2.5 \text{ m} \leq H_{ril} \leq 1$ m	H2 <sup>(2)</sup>
Bordo laterale con rilevato $H_{ril} > 2.5$ m	H3
Opera d'arte di luce $L \leq 10$ m	H2 <sup>(3)</sup>
Opera d'arte di luce $L \leq 10$ m sovrappassanti strade	H3
Opera d'arte di luce $L > 10$ m	H4
Spartitraffico	H3

(1) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale

- compresa tra 12 m e 60 m (fascia di rispetto) è stata sempre prevista una barriera di classe H2.
- (2) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 12 m è stata sempre prevista una barriera di classe H3.
- (3) Se l'opera è in presenza di un rilevato con altezza maggiore di 2.5 m è stata sempre prevista una barriera di classe H3.

Per il **bordo laterale nei tratti in affiancamento con la linee ferroviarie** si è operato adottando le indicazioni più cautelative tra quelle della normativa stradale (DM 21/06/2004) e le prescrizioni delle Linee Guida RFI per la protezione delle linee ferroviarie dall'invasione da parte di veicoli in svio dalla sede stradale. Nella seguente Tabella 14 sono sintetizzati i criteri adottati per la definizione del livello di contenimento delle barriere installate lungo il margine dell'autostrada in funzione tipologia di affiancamento, così come definita dalle Linee Guida RFI.

**Tabella 14: Classi minime di barriere adottate lungo il bordo della CSPD in affiancamento con la linea AC/AV**

ZONE DI AFFIANCAMENTO	HRFI	LRFI	Elementi di Protezione FERROVIARIA		Previsioni PD Cispadana - Barriere di Sicurezza
			Dispositivi di protezione su bordo Cispadana	Dispositivi di protezione in Area Interclusa	
Zona 1	< 3.00	0 - 16.5	H4	Nessuno	H4
Zona 2	< 3.00	16.5 - 30	H4	Nessuno	H4
Zona 3	< 3.00	30 - 50		Cunettone + fascia 16m (*)	H4
cavalcaferrovia	-	-	H4	Nessuno	H4

(\*) La presenza della falda acquifera a circa 50 cm dal piano campagna, rende irrealizzabile il cunettone al piede del rilevato, pertanto, le Linee Guida RFI consentono in tali casi di sostituire le protezioni dell'area interclusa con una barriera di classe H4 sul bordo del rilevato stradale.

Nello **spartitraffico** le barriere sono previste, come nel PP, di classe H3, tenuto conto che:

- a) lo spartitraffico prevede l'adozione di due filari di barriere di classe H3 da bordo laterale di tipo indipendente e non interferente ed il livello effettivo di contenimento, pertanto, è sicuramente molto superiore a quello di un unico filare di classe H3, come ammesso dalla norma;
- b) il traffico giornaliero medio (in veicoli al giorno) previsto per l'infrastruttura varia tra 8486 e 14648 all'apertura il 2017 per arrivare ad una oscillazione tra 18100 e 31200 al 2030, quindi non elevatissimo per un asse autostradale.

Per le **barriere da bordo ponte**, il PD prevede l'installazione di barriere di classe crescente in funzione della tipologia di scavalco, partendo dal minimo della classe H2 per le opere di luce inferiori a 10 m (opere equiparate alla classe del bordo laterale che sono la maggior parte delle opere idrauliche), passando alla classe H3 per le opere di luce inferiore a 10 m in tratti in cui i rilevati di accesso sono maggiori di 2.5 m (per continuità con le barriere da bordo laterale adiacenti) e per tutte quelle che scavalcano le strade, per finire con la classe H4 per le opere di luce maggiore di 10 m. Tale distribuzione delle classi differisce da quella adottata nel PP (in cui è prevista sempre, per tutti i tipi di opere, la massima classe "H4") in linea con l'indicazione contenuta nella circolare 62032/2010 di adottare, per quanto possibile, le classi minime previste dalla normativa.

Analoga tipologia di barriere da bordo ponte è stata adottata anche nello spartitraffico di opere tra loro indipendenti, con la sola esclusione della classe minima H2 non essendo compatibile con le prescrizioni normative (classe minima H3), pertanto, per tutti i ponti e viadotti ad impalcati separati è stata adottata la classe H4 mentre per i sottopassi scatolari di qualsiasi lunghezza è stata adottata la classe H3 tipica dello spartitraffico.

Il PD prevede che, in presenza di ostacoli sia lungo i margini laterali, sia sul bordo delle opere d'arte (barriere acustiche, pali luce, portali PMV e portali per la segnaletica verticale), tutti gli ostacoli siano posti al di fuori della larghezza operativa delle barriere di sicurezza.

Analogo criterio è stato adottato per la protezione degli impianti tecnologici presenti nelle piazzole di sosta, tecniche ed idrauliche e in corrispondenza delle pile e spalle dei cavalcavia. In progetto è presente un unico cavalcavia esistente con tre pile circolari poste nello spartitraffico. In questo caso la protezione dello spartitraffico ha previsto l'adozione di un sistema realizzato con due barriere da bordo laterale di classe H3 ciascuna posta ad una distanza dalla pila non inferiore alla larghezza operativa della barriera stessa.

In presenza di sottopassi o tombini (scatolari o circolari), la protezione nel margine laterale è stata effettuata con barriere di tipo bordo laterale o bordo ponte montata su cordolo dell'opera; questo a seconda che la profondità dell'estradosso dell'opera lasciasse o meno spazio sufficiente per l'infissione delle barriere bordo laterale.

I tratti in rilevato, aventi un'altezza sul piano campagna inferiore al metro, ed i tratti in trincea sono stati lasciati senza barriera nei soli casi in cui non erano presenti ostacoli laterali o installazioni da proteggere (edifici, strade, ferrovie, depositi di materiali, alberature e simili) e, lungo i bordi in affiancamento con linee ferroviarie, in presenza di una situazione di "non affiancamento".

In ultimo, il PD dell'asse autostradale è stato redatto in previsione del futuro ampliamento alla terza corsia per senso di marcia, pertanto le opere d'arte sono state predisposte per tale ampliamento. Questo comporta che nelle gallerie artificiali il progetto delle barriere prevede l'adozione di una barriera tipo New Jersey in calcestruzzo poggiata sulla pavimentazione per limitare la piattaforma nella attuale configurazione a due corsie con a tergo lo spazio che sarà in futuro destinato alla terza corsia.

Tutte le indicazioni progettuali relative al progetto delle barriere di sicurezza sono dettagliate nella "Relazione Tecnica, Barriere di Sicurezza" (cod PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_RT\_01\_A), mentre per quanto riguarda le modalità di installazione delle barriere ed i dettagli costruttivi sono riportati nei tipologici di progetto (elaborati cod. da PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_01\_A a PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_05\_A). L'ubicazione planimetrica delle diverse tipologie di protezione e modalità di installazione è rappresentata nelle planimetrie di progetto delle barriere (elab. cod. da PD\_0\_A00\_ABS00\_0\_BS\_P2\_01\_A a PD\_0\_A00\_ABS00\_0\_BS\_P2\_26\_A).

#### 2.1.4.2 Interconnessioni

In progetto sono previste due interconnessioni dell'autostrada Cispadana con l'autostrada A22 e l'autostrada A13, caratterizzate da una percentuale di VP tra il 21% ed il 31% ed un TGM variabile tra 1360 e 8064 veicoli giorno al 2017 su tutte le rampe ad eccezione della sola rampa Modena-Ferrara della interconnessione A22 che, al 2017 è caratterizzata da un TGM di 891 veicoli/giorno. Considerando che al 2030 il TGM atteso su questa rampa è di 1900 veicoli giorno è stato attribuito un livello di traffico di tipo III a tutte le rampe. Pertanto per la protezione dei margini sono stati adottati gli stessi criteri adottati per l'asse autostradale.

In aggiunta rispetto all'asse sulle cuspidi delle interconnessioni sono previsti attenuatori d'urto di tipo redirettivo di classe diversa in funzione delle velocità ammesse sulla ramo su cui è prevista la diversione.

Tutte le indicazioni progettuali relative al progetto delle barriere di sicurezza sono dettagliate nella "Relazione Tecnica, Barriere di Sicurezza" (cod PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_RT\_01\_A), mentre per quanto riguarda le modalità di installazione delle barriere ed i dettagli costruttivi sono riportati nei tipologici di progetto (elaborati cod. da PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_01\_A a PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_05\_A). L'ubicazione planimetrica delle diverse tipologie di protezione e modalità di installazione è rappresentata nelle planimetrie di progetto delle barriere (elab. cod. PD\_0\_I01\_IBS01\_0\_BS\_P2\_01\_A, PD\_0\_I01\_IBS01\_0\_BS\_P2\_02\_A, PD\_0\_I02\_IBS02\_0\_BS\_P2\_01\_A e PD\_0\_I02\_IBS02\_0\_BS\_P2\_02\_A).

#### 2.1.4.3 Svincoli di autostazione

In progetto sono previsti 5 svincoli di autostazione (Cento, Poggio Renatico, Reggiolo-Rolo, S.Felice sul Panaro-Finale Emilia, S.Possidonio-Concordia-Mirandola), caratterizzati da una percentuale di VP tra il 17% ed il 29% ed un TGM variabile tra 516 e 8580 veicoli giorno al 2017 che diventano 1100-18300 al 2030. Anche alle rampe degli svincoli di autostazione è stato pertanto attribuito livello di traffico di tipo III e per la protezione dei margini sono stati adottati gli stessi criteri adottati per l'asse autostradale.

In aggiunta rispetto all'asse sulle cuspidi degli svincoli di autostazione sono previsti attenuatori d'urto di tipo redirettivo di classe diversa in funzione delle velocità ammesse sulla ramo su cui è prevista la diversione e terminali speciali testati ai sensi della ENV1317-4 in classe P2 o superiori per uso specifico nello

spartitraffico. Questioni ultimi sono stati previsti nei punti in cui finisce la barriera da spartitraffico nei piazzali di autostazione.

Tutte le indicazioni progettuali relative al progetto delle barriere di sicurezza sono dettagliate nella "Relazione Tecnica, Barriere di Sicurezza" (cod PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_RT\_01\_A), mentre per quanto riguarda le modalità di installazione delle barriere ed i dettagli costruttivi sono riportati nei tipologici di progetto (elaborati cod. da PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_01\_A a PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_05\_A). L'ubicazione planimetrica delle diverse tipologie di protezione e modalità di installazione è rappresentata nelle planimetrie di progetto delle barriere (elab. cod. PD\_0\_S01\_SBS01\_0\_BS\_P2\_01\_A, PD\_0\_S02\_SBS02\_0\_BS\_P2\_01\_A, PD\_0\_S03\_SBS03\_0\_BS\_P2\_01\_A, PD\_0\_S04\_SBS04\_0\_BS\_P2\_01\_A, PD\_0\_S05\_SBS05\_0\_BS\_P2\_01\_A).

#### 2.1.4.4 Svincolo di Ferrara sud

Lo svincolo di Ferrara sud è caratterizzato da una percentuale di VP tra il 17% ed il 31% ed un TGM variabile tra 1688 e 5345 veicoli giorno al 2017. Anche alle rampe dello svincolo di Ferrara sud è stato pertanto attribuito livello di traffico di tipo III e per la protezione dei margini sono stati adottati gli stessi criteri adottati per l'asse autostradale.

In aggiunta rispetto all'asse sulle cuspidi dello svincolo di Ferrara sud sono previsti attenuatori d'urto di tipo redirettivo di classe diversa in funzione delle velocità ammesse sulla ramo su cui è prevista la diversione e terminali speciali testati ai sensi della ENV1317-4 in classe P2 o superiori per uso specifico nello spartitraffico. Questioni ultimi sono stati previsti nei punti in cui finisce la barriera da spartitraffico in approccio alla viabilità ordinaria.

Tutte le indicazioni progettuali relative al progetto delle barriere di sicurezza sono dettagliate nella "Relazione Tecnica, Barriere di Sicurezza" (cod PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_RT\_01\_A), mentre per quanto riguarda le modalità di installazione delle barriere ed i dettagli costruttivi sono riportati nei tipologici di progetto (elaborati cod. da PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_01\_A a PD\_0\_A00A\_BS00\_0\_BS\_TP\_05\_A). L'ubicazione planimetrica delle diverse tipologie di protezione e modalità di installazione è rappresentata nelle planimetrie di progetto delle barriere (elab. cod. PD\_0\_S06\_SBS06\_0\_BS\_P2\_01\_A).

### 2.1.5. Segnaletica Stradale

#### 2.1.5.1 Asse autostradale

La segnaletica orizzontale sarà prevista conformemente a quanto prescritto dal "Nuovo Codice della Strada (D.L. n. 285)".

In particolare la segnaletica orizzontale comprenderà per il progetto autostradale:

- Strisce longitudinali di margine delle carreggiate rette o curve realizzate con materiale rifrangente eseguite con vernice a solvente premiscelata con perline di vetro; le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio dovranno essere conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436/08 e a quanto riportato nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.
- Iscrizioni e frecce direzionali anch'esse realizzate con materiale rifrangente.
- Zebratura nelle fasce non transitabili degli allargamenti delle banchine interne previste nelle curve sinistrorse a rispetto delle distanze di visuale libera; le stesse potranno essere costituite anche da bande sonore per scoraggiarne l'utilizzo da parte degli utenti. Le "bande sonore" saranno rialzate in laminato elastoplastico del tipo rifrangente e antisdrucchiolo della larghezza di cm. 12 e saranno poste in opera su supporto del medesimo materiale della larghezza di cm. 15 saldamente ancorate alla pavimentazione stradale mediante apposito collante, il tutto come da apposita omologazione rilasciata dai componenti organi ministeriali a norma del regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

La segnaletica verticale comprenderà:

- Portali di segnalamento;
- Pannelli segnaletica verticale costituiti da segnali triangolari, circolari e ottagonali, targhe e pannelli aggiuntivi e integrativi realizzati in lamiera in alluminio 25/10 o 10/10 interamente rivestiti con pellicola rifrangente di classe 1 o 2 a seconda di quanto indicato negli elaborati progettuali, installati su supporti in acciaio zincato a caldo su fondazione in calcestruzzo cementizio. Tutti i materiali impiegati dovranno essere conformi alle prescrizioni generali previste nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

#### 2.1.5.2 Interconnessioni e svincoli

Per i rami di interconnessione e svincolo, la segnaletica orizzontale verrà realizzata in conformità a quanto già definito per il tracciato autostradale.

In particolare, la segnaletica orizzontale verrà integrata con strisce, iscrizioni e frecce realizzate con vernice colorata per l'instradamento degli utenti per il corretto pagamento del pedaggio.

Per quanto riguarda la segnaletica verticale essa sarà integrata da portali a bandiera o a farfalla necessarie al segnalamento delle rampe dei caselli.

#### 2.1.5.3 Viabilità interferite e rete poderale PIACENTINI/P.S.U./ALPINA (da PP)

Per le viabilità extraurbane, la segnaletica orizzontale comprenderà:

- Strisce longitudinali di margine delle carreggiate in vernice rifrangente di colore bianco;
- Iscrizioni e frecce direzionali in vernice rifrangente di colore bianco, zebraure, ecc.

In particolare la segnaletica verticale comprenderà:

- Segnali triangolari, circolari e ottagonali, targhe e pannelli aggiuntivi e integrativi in lamiera di alluminio, con pellicola, sostegni tubolari in acciaio zincato a caldo su fondazione in calcestruzzo cementizio, segnali indicatori di direzione.

#### 2.1.5.4 Piste ciclabili

Per le piste ciclabili, la segnaletica orizzontale comprenderà:

- Strisce longitudinali di margine delle carreggiate in vernice rifrangente di colore bianco;
- Iscrizioni e frecce direzionali in vernice rifrangente di colore bianco, zebraure, ecc.

In particolare la segnaletica verticale comprenderà:

- Segnali triangolari, circolari e ottagonali, targhe e pannelli aggiuntivi e integrativi in lamiera di alluminio, con pellicola, sostegni tubolari in acciaio zincato a caldo su fondazione in calcestruzzo cementizio, segnali indicatori di direzione.

#### **2.1.6. Viabilità treno neve e accessi di emergenza**

La viabilità per l'inversione del treno neve verrà realizzata tramite l'inserimento di una coppia varchi e rampe di servizio per l'accesso-uscita, di larghezza pavimentata pari a 5.00m, in corrispondenza di un cavalcavia o sottovia prossimo alle stazioni di svincolo. Questa viabilità risulta quindi costituita da 4 coppie di rampe di accesso-uscita ciascuna in prossimità di una delle quattro stazioni autostradali, disposte sempre nello stesso "verso di percorrenza" dell'autostrada; nello specifico ogni coppia di rampe sarà posizionata ad est della stazione di riferimento.

Lungo lo sviluppo del tracciato autostradale sono stati inoltre previsti quattro coppie di varchi di servizio per gli accessi di emergenza, disposti a circa metà strada fra due stazioni di svincolo successive.

Per entrambe le tipologie di varchi di servizio è stata studiata una geometria tale da consentire l'installazione delle barriere di sicurezza in maniera tale da garantire il soddisfacimento dei criteri stabiliti da normativa per un corretto funzionamento in caso di collisione dei veicoli.

Nella tabella si riporta il riepilogo degli accessi di servizio per il treno neve e per gli accessi di emergenza, individuati dalla progressiva chilometrica di riferimento.

<b>ACCESSI DI SERVIZIO</b>	
<b>TRENI NEVE</b>	
Carr Est	Carr Ovest
pk 14+200	pk 14+200
pk 30+340	pk 30+340
pk 42+600	pk 43+150
pk 54+265	pk 54+265
<b>EMERGENZA</b>	
Carr Est	Carr Ovest
pk 5+922	pk 5+967
pk 22+750	pk 22+500
pk 33+943	pk 34+050
pk 45+420	pk 45+767
pk 59+515	-

## 2.2. IDRAULICA DI PIATTAFORMA

### 2.2.1. Drenaggio delle acque di piattaforma autostradale

#### 2.2.1.1 Criteri generali

La realizzazione dell'autostrada Cispadana comporta l'impermeabilizzazione delle superfici di piattaforma stradale con conseguenti problematiche connesse alla gestione delle acque meteoriche drenate sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo.

Il presente capitolo analizza, approfondisce e descrive le opere per la mitigazione dei problemi di tipo idraulico- relativi alla pressione che l'impermeabilizzazione induce sulla capacità recettiva dei corsi d'acqua riceventi e che trova in parte conforto nelle assunzioni già decise a livello di Progettazione Preliminare approvato.

Lo studio, che ha carattere idrologico, idraulico ed ambientale, ha portato alla definizione del sistema di raccolta, smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma di tipo chiuso e comprende:

- reti interconnesse di raccolta ed evacuazione delle acque di piattaforma;
- presidi di sicurezza per il controllo degli sversamenti accidentali;

- impianti tecnologici per il trattamento delle acque di prima e seconda pioggia;
- fossi di laminazione diffusa e bacini di laminazioni (solo per le autostazioni) per il controllo delle portate rilasciate che svolgono anche la funzione di zone di riequilibrio ecologico.

L'ambito progettuale è definito dall'asse autostradale chiuso all'interno della recinzione e confinato dalle cinque autostazioni e dalle due interconnessioni autostradali.

Per il corretto dimensionamento di tali opere, è stato individuato il migliore assetto da assegnare al sistema di drenaggio tenendo conto:

- delle sollecitazioni pluviometriche;
- dei vincoli normativi;
- della particolare situazione morfologica e idraulica delle aree interessate dall'infrastruttura stradale;
- dei vincoli quantitativi dei canali recettori;
- della funzionalità del sistema di trattamento delle acque;
- della possibilità di telecontrollare a distanza il funzionamento degli impianti di trattamento e la chiusura immediata del sistema nel caso di sversamenti accidentali

Infatti la realizzazione dell'autostrada produce essenzialmente due principali problematiche:

- potenziale incremento delle portate idrauliche consegnate ai ricettori a seguito dell'incremento dei coefficienti di deflusso;
- alterazione della qualità delle acque meteoriche, che si deteriora dal dilavamento del manto autostradale a tal punto che il problema del trattamento delle acque assume un'importanza analoga a quella del trattamento degli scarichi dei reflui civili ed industriali. Infatti il dilavamento di superfici scoperte non si esaurisce con le acque di prima pioggia bensì si protrae nell'arco di tempo in cui permangono gli eventi piovosi. Le acque meteoriche di dilavamento si qualificano a tutti gli effetti come "acque di scarico" da assoggettare alla disciplina ed al regime autorizzativo previsto dal DLgs 152/99.

Queste conseguenze possono essere controllate attrezzando l'opera autostradale con sistemi di raccolta di tipo chiuso con consegna della frazione inquinata agli impianti di trattamento in qualunque condizione di pioggia: intensa e di breve durata (1-3-6 ore) o prolungata nel tempo (9 – 12 -24 ore) fino ad eventi per TR=100 anni.

I criteri progettuali assunti derivanti in parte dal Progetto Preliminare, ma soprattutto dai numerosi incontri con i diversi attori per la gestione delle acque e soprattutto nel rispetto di un assetto agronomico consolidato in centinaia di anni, sono i seguenti.

- progettazione della rete di evacuazione delle acque di piattaforma dimensionata per tempo di ritorno TR=100 anni;
- non interferenza con la rete dei canali irrigui,
- non interferenza con i canali arginati;

- non interferenza con i canali promiscui ma già sofferenti;
- garantire sempre e ovunque la continuità idraulica dei campi sia ai fini di scolo che irrigui a monte ed a valle della infrastruttura stradale in progetto;
- riduzione massima dei sifoni e delle stazioni di sollevamento;
- rispetto del coefficiente udometrico di scarico e dei canali recettori imposti dal Consorzio di Bonifica;
- prevedere che ogni scarico sia dotato di manufatto di modulazione della portata e di depurazione delle acque;
- prevedere che ogni manufatto di scarico sia dotato di griglia anti-intrusione per evitare l'ingresso di animali di taglia nel corpo autostradale;
- invarianza di bacino afferente: non si può scaricare in un fosso o canale acque a lui non deputate originariamente.

Lo studio della rete di raccolta, laminazione, trattamento ed evacuazione, delle acque di piattaforma autostradale si è articolato attraverso le seguenti fasi:

1. individuazione dei recettori e dei loro limiti di portata sia attraverso il confronto con i diversi Consorzi di Bonifica che soprattutto con la realtà fisica del territorio;
2. analisi idrologiche: preliminarmente sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per ogni ambito territoriale da utilizzare nel dimensionamento degli afflussi che sollecitano la rete, quindi si è proceduto alla trasformazione Afflussi/Deflussi tramite utilizzo di modellazione matematica;
3. schema idraulico di funzionamento delle reti di raccolta, smaltimento e trattamento: comprende l'individuazione dei manufatti elementari del drenaggio di piattaforma ed il relativo dimensionamento in funzione dei parametri di progetto assunti; comprende anche l'individuazione dei tratti omogenei e dei bacini ad essi afferenti;
4. verifiche idrauliche: comprende il dimensionamento dei fossi di guardia e l'impatto dello scarico delle acque di piattaforma con i limiti allo scarico imposti;
5. dimensionamento dei manufatti di modulazione, evacuazione, trattamento e laminazione.

Il reticolo idrografico interferito dall'asse autostradale è costituito da corsi d'acqua naturali (Fiume Secchia e Fiume Panaro), e da una fitta rete di canali artificiali consortili e privati. La scelta dei corsi d'acqua riceventi le acque di piattaforma, pur accettando l'ipotesi dell'invarianza idraulica e della totale depurazione, è stata suffragata da una serie di considerazioni che hanno poi trovato conforto in uno stretto rapporto con i rispettivi consorzi di Bonifica.

Per prima cosa vengono esclusi tutti i seguenti corpi idrici nei quali, per diverse motivazioni, non è possibile scaricare nessuna acqua di drenaggio dalla piattaforma:

- tutti i corsi d'acqua arginati: lo scarico può essere eseguito solo attraverso stazioni di sollevamento non previste in sede di Progettazione Preliminare e caratterizzate da costi realizzativi e gestionali elevati;
- tutti i corsi d'acqua che presentano una vocazione esclusivamente irrigua;
- tutti i corsi d'acqua che pur non essendo pensili ed a vocazione promiscua sono già oggi sofferenti,
- tutti i canali minori quali fossi e scoline

Per i canali rimasti, circa il 15%, i relativi Consorzi di Bonifica hanno poi definito i limiti idrometrici di scarico. Prevalentemente il limite imposto è di 8 l/s\*ha di superficie impermeabile, tranne alcuni casi in cui il limite è stato ridotto a 4 l/sec/ettaro e solo per il Canale Burana il limite addirittura è stato portato a 15 l/s\*ha.

Nei casi in cui il fosso fosse privato e di dimensioni comunque accettabili ed in cui era inevitabile dover scaricare, si è prevista una ricalibratura della sezione di deflusso, dal punto di immissione fino alla foce nel ricevente idoneo per poter ricevere le acque.

Infine oltre ai vincoli rappresentati dai limiti normativi sia qualitativi che di deflusso allo scarico sopra menzionati, i fossi di scolo delle acque di piattaforma autostradale sono stati calibrati per garantire sempre e ovunque un volume di laminazione almeno pari a 500 m<sup>3</sup>/ha di superficie impermeabilizzata.

#### 2.2.1.2 Analisi idrologiche

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 100 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze del tratto autostradale, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto. Lo studio è stato suddiviso in due parti, ciascuna influenzata dalla durata di pioggia:

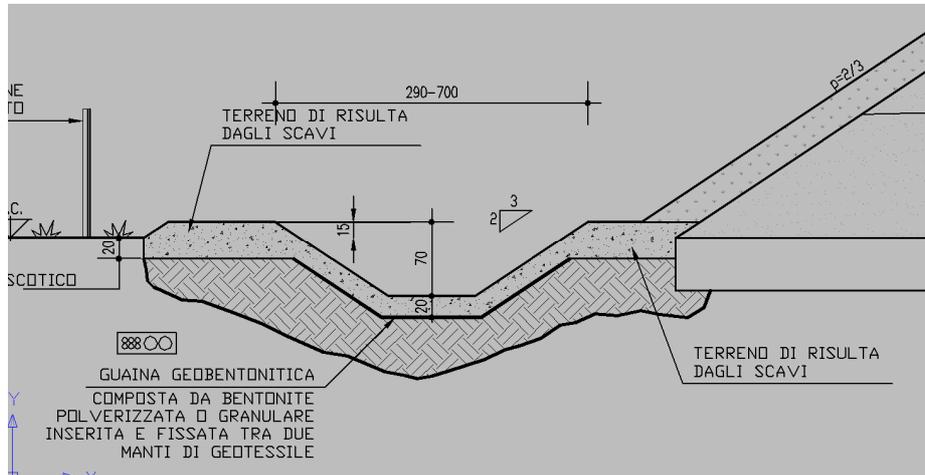
1. Verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitati da eventi di pioggia di durata >1 ora: rientrano tra questi i sistemi di raccolta tramite fosso di guardia che come già anticipato svolge anche la funzione laminativa;
2. Verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitati da eventi di pioggia di durata <1 ora: rientrano tra questi manufatti quelli legati a viadotti, ponti, tratti in curva e in trincea, ovvero quelli che necessariamente debbono scaricare prima possibile le acque defluite.

#### 2.2.1.3 Sistemi di raccolta ed evacuazione

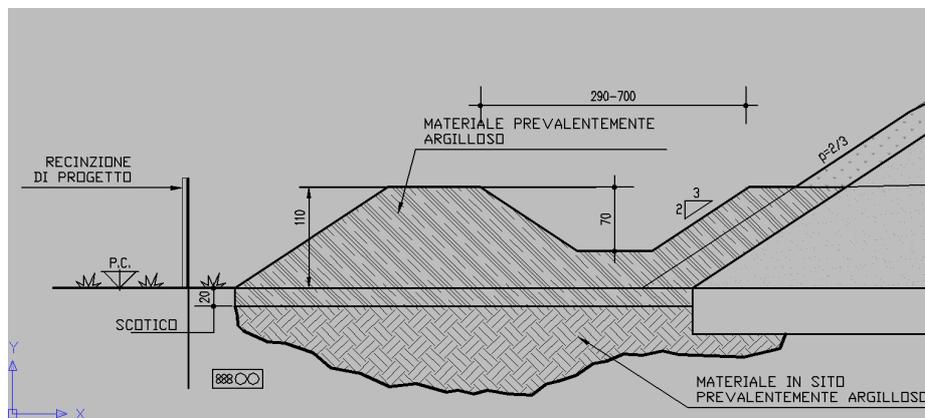
Il sistema di drenaggio autostradale è esteso a tutto il tracciato e comprende la raccolta delle acque del nastro pavimentato, delle banchine, delle aree di sosta e di tutte le superfici impermeabili interessate dal traffico compreso le scarpate dei rilevati.

Il sistema di evacuazione delle acque di piattaforma è di tipo chiuso, infatti tutti i collettori adottati sono impermeabili. Le acque raccolte sono convogliate attraverso gli embrici direttamente nei fossi di guardia laterali. Questi svolgono l'azione biunivoca di collettamento e laminazione. Per garantire la impermeabilità si prevede, che i fossi siano realizzati con le seguenti protezioni:

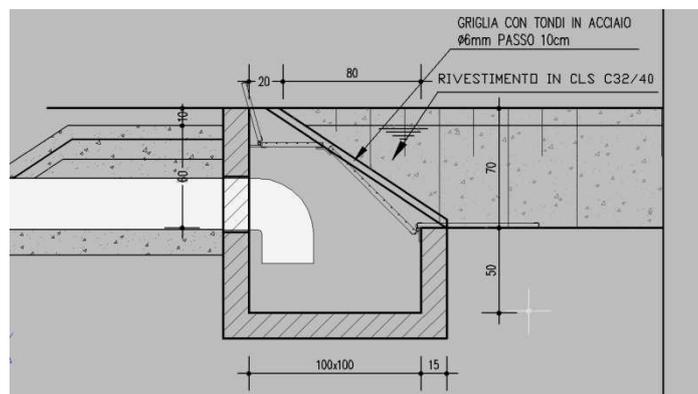
- a. in corrispondenza degli acquiferi critici, il fondo del fosso compreso le sponde e fino alla sommità bagnata si è prevista la posa di un materassino bentonitico (a base di bentonite sodica) con il ricoprimto di uno strato vegetale di 20cm



- b. negli altri casi, il fondo dei fossi di guardia sarà realizzato con materiale prevalentemente di matrice argillosa con ricoprimto di strato vegetale;



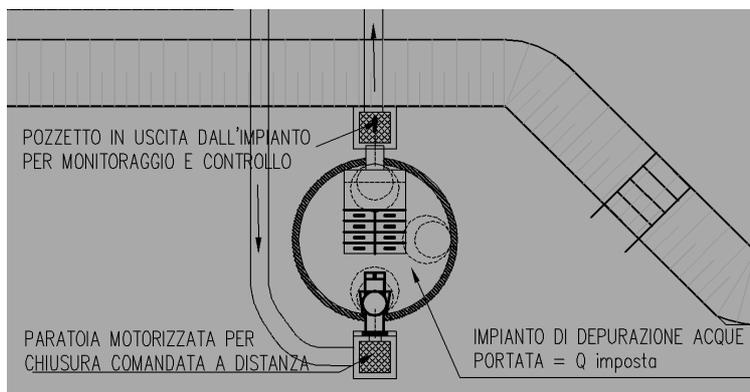
In corrispondenza degli scarichi degli embrici e dei tubi di scarico dei tratti in curva è previsto un rivestimento in cls sul fondo e sulle sponde del fosso.



Dai fossi di guardia le acque arrivano ad un manufatto modulatore di portata con griglia per bloccare rifiuti galleggianti, da cui parte una tubazione indirizzata all'impianto di depurazione.

Subito a monte dell'impianto viene inserito un pozzetto con paratoia motorizzata con chiusura comandata a distanza che svolge anche la funzione di intercetto in caso di sversamento accidentale. Da qui l'acqua a portata controllata giunge all'impianto di depurazione per poi defluire nel fosso ricevente. A valle dell'impianto, prima dello scarico, viene inserito un pozzetto per il monitoraggio e il controllo della qualità

delle acque in uscita dall'impianto stesso da parte di ARPA e in autocontrollo.



Il sistema così progettato consente di compensare l'aumento di carico idraulico gravante sui corsi d'acqua recettori dovuto all'incremento di impermeabilizzazione del suolo generato dall'opera autostradale e restituire sempre al territorio un'acqua depurata in qualunque condizione di pioggia.

La sezione stradale ha pendenza trasversale minima  $i_{min}=2.5\%$ , e può raggiungere i valori massimi nei tratti in curva con  $i_{max}=7\%$ ; la pendenza immerge verso l'esterno carreggiata nei tratti in rettilo mentre immerge verso l'interno nei tratti in curva. Le acque di piattaforma convergono, per scorrimento superficiale, verso la banchina esterna o verso lo spartitraffico intermedio a seconda dell'andamento planimetrico.

Nei tratti in rilevato la banchina è contenuta da un arginello in terra di altezza minima  $h=10$  cm al cui piede, lato autostrada, scorrono le acque di dilavamento. La raccolta centrale, in corrispondenza dello spartitraffico avviene per diretta caduta delle acque nella canaletta centrale in PeAD con grigliato carrabile (D400).

Nei viadotti le acque scorrono al margine della banchina delimitata dal cordolo di marciapiede. Nel caso delle trincee e gallerie le acque scorrono a lato della banchina contenute dal profilo redirettivo e catturate con una griglia longitudinale.

Nei tratti in rilevato e trincea la cattura delle acque di piattaforma avviene con caditoia a tegola ad angoli smussati e raccordo inclinato agli embrici. Il trasferimento delle acque avviene con gli embrici che convogliano le acque dalla piattaforma al fosso di guardia. Nei tratti in curva, dalla canaletta in PeAD, dei tubi  $\square\square 200\text{mm}$  posti ogni 20m convogliano le acque ai collettori, che attraverso delle tubazioni di diametro 315mm poste a distanza di 60m l'una dall'altra, scaricano nel fosso di guardia.

Nei tratti in viadotto la cattura avviene con solco nel marciapiede che convoglia le acque alla caditoia a griglia con bocchettone di raccordo al pluviale di evacuazione e da questo al collettore.

Le aree delle autostazioni sono interessate da un carico di traffico notevolmente inferiore a quello autostradale, ciò comporta l'accumulo, durante il tempo secco, di un carico inquinante inferiore al primo con trasferimento, durante il dilavamento, di volumi solidi di inquinanti più contenuti. Così come previsto nel Progetto Preliminare e ad eccezione della Stazione di San felice, si è pertanto scelto di confermare le assunzioni del Preliminare e quindi di attrezzarle con una rete di fossi filtro perimetrali capaci di garantire il trattamento e la laminazione delle acque di piattaforma con controllo finale sullo sversamento accidentale. Per quest'ultimo caso l'automatismo di chiusura della paratoia viene garantito dal sistema di monitoraggio a distanza analogo a quello degli impianti di trattamento in continuo.

La soluzione scelta con trattamento di tipo naturale per questi casi, presenta un minore impatto sul territorio e fornisce buoni risultati per il tipo di area drenata e per il traffico sostenuto; la stessa è suggerita come soluzione tipologica da adottare per gli ambiti stradali anche nelle Linee guida di progettazione della Regione Emilia-Romagna (D.G.R. 1860/2006).

I fossi filtro consentono di associare alla funzione idraulica di drenaggio anche quella ambientale di fitodepurazione e quella idraulica di laminazione delle portate di piena. I fossi filtro sono fossi di guardia, con sponde a bassa pendenza che favoriscono l'attecchimento di specie erbacee selezionate nei quali si realizza la sedimentazione e l'invaso.

Invece nel caso della Stazione di San Felice, stazione centrale e dove il traffico sarà decisamente superiore alle precedenti, si è pensato di associare ai fossi anche un impianto finale di trattamento in continuo per le acque di prima e seconda pioggia per eventi fino a circa  $TR= 2$  anni. Infine queste acque compreso quelle che by passano l'impianto (per eventi con TR maggiori) giungeranno all'interno di un bacino di accumulo di circa  $3.000\text{ m}^3$  di capacità di invaso collegato ad una stazione di sollevamento composto da 2+1 pompe da 10l/sec/cad in grado di scaricare le acque nel Canale Burana sormontandone l'arginatura (in questo tratto pensile), con le dovute precauzioni idrauliche.

Per tutte le autostazioni il processo laminativo viene garantito oltre che dalla presenza dei fossi filtro anche da un invaso specifico di laminazione ricavato in aree marginali ma comunque conterminato da opportune recinzioni di protezione sia interne che esterne.

Si riporta di seguito l'elenco degli invasi per singola autostazione.

**Tabella 2-15: Elenco invasi di laminazione per singola autostazione**

AUTOSTAZIONE	SUPERFICIE UTILE INVASO	VOLUME INVASO	QUOTA SCARICO A GRAVITA'	QUOTA MASSIMO INVASO	QUOTA FONDO INVASO	VOLUME MORTO	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO PER EVACUAZIONE ACQUA	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO PER IRRIGAZIONE DI SOCCORSO
	m2	m3	msms	sms	MSM	m3	tipo	tipo
SAN POSSIDONIO	1072	1072	15.50	16.50	15.00	430	NO	n°1+1 pompe da 3 l/sec per 2,0 KW
SAN FELICE	3265	2930	NO	12.50	11.60	NO	n° 2+1 pompe da 10 l/sec per 3,5 KW	si usa lo stesso impianto
CENTO	4057	1622.8	10.20	10.60	9.80	800	NO	n°1+1 pompe da 3 l/sec per 2,0 KW
POGGIO RENATICO	2500	1750	11.10	11.80	10.70	500	NO	n°1+1 pompe da 3 l/sec per 2,0 KW

Tutti gli invasi di laminazione offrono anche la possibilità di poter disporre di un volume “idraulicamente morto” ovvero che non influisce sulla capacità di laminazione, ma che rappresenta un'importante opportunità per poter disporre acqua piovana di scarso pregio ai fini di irrigazione per i giardini dell'autostazione in soccorso agli impianti già in essere ed inoltre elemento vitale per i macroinvertebrati che colonizzeranno l'area.

Infine nel tratto ferrarese ove sono già presenti invasi nati in coincidenza con la realizzazione dell'attuale sedime della Cispadana, si è pensato di mantenerli vivi attraverso lo scarico a gravità delle acque depurate e laminate provenienti dalla infrastruttura stradale in progetto.

#### 2.2.1.4 Trattamento delle acque di piattaforma autostradale

Il presente capitolo ha l'intento di descrivere le caratteristiche del Sistema in continuo, pensato per la laminazione e quindi il trattamento di tutte le acque meteoriche compreso quelle di prima pioggia, scolanti dalla piattaforma autostradale fino ad una intensità di pioggia per TR=100 anni.

Le acque di piattaforma, ovvero le acque drenate sulla sede stradale, devono essere smaltite attraverso un sistema idraulico che realizza le fasi d'evacuazione, laminazione, depurazione e scarico delle portate raccolte nel rispetto delle normative cogenti.

Le acque raccolte nei fossi di scolo autostradale confluiscono per gravità verso l'impianto di trattamento in continuo che si trova vicino ad un corpo idrico ricettore. I fossi posti a nord e a sud della carreggiata, vengono messi in collegamento tra loro tramite tombini in cls □ 1000mm sigillati nei giunti per garantire una perfetta tenuta idraulica, in modo tale da prevedere un solo impianto di trattamento per entrambi i sensi di marcia e senza impianto di sollevamento.

Il sistema di trattamento è costituito da una vasca in grado di trattenere i solidi sospesi e gli oli, attraverso un semplice processo combinato di sedimentazione e filtrazione.

Il funzionamento della vasca è il seguente: l'acqua inquinata entra in un sedimentatore di testa attraverso un primo sistema di limitazione e chiusura automatica a galleggiante che evita il rigurgito di oli. Grazie al basso carico superficiale ed al lungo percorso, l'acqua passa da un moto turbolento a un moto laminare permettendo così una corretta separazione delle sostanze sedimentabili. Successivamente, grazie ad un

percorso obbligato, l'acqua ancora inquinata attraversa i pacchetti lamellari dove le gocce d'olio più grandi vengono rapidamente indirizzate verso la superficie, mentre quelle più piccole vengono catturate grazie alla funzione coalescente e rilasciate solo una volta raggiunta la giusta dimensione. Gli oli ormai separati vengono trattenuti in superficie e l'acqua viene incanalata nel condotto di scarico avviandosi al corpo ricettore. Il condotto di scarico, nella parte superiore a vista, è ispezionabile per consentire la campionatura dell'acqua di scarico. Al termine del trattamento l'acqua in uscita verrà convogliata nel corpo idrico ricettore tramite un tubazione di dimensioni variabili in funzione della portata scaricabile, e lungo una decina di metri, al fine di garantire una distanza di sicurezza tra la vasca e la sponda del corpo idrico ricettore.

Il trattamento in continuo dell'impianto permette, attraverso la separazione gravimetrica dei solidi sospesi e attraverso l'utilizzo di filtri a coalescenza per la separazione degli oli, la mitigazione dello sversamento, con un abbattimento delle sostanze inquinanti superiore rispetto ai sistemi di prima pioggia con accumulo.

Il sistema di trattamento in continuo non presenta capacità di invaso in quanto la portata in uscita risulta coincidente con la portata in entrata. Questa viene garantita a monte da appositi impianti di laminazione. Per questi impianti di trattamento è prevista la manutenzione periodica con relativo smaltimento dei residui inquinanti trattenuti.

Con cadenza circa annuale, dovranno essere rimossi dalle vasche (da parte di ditte specializzate) gli oli in sospensione e le sabbie depositate. Medesima cadenza dovrà essere prevista per i filtri a coalescenza, la cui manutenzione prevede il lavaggio del filtro o la sostituzione.

Nel caso delle 5 autostazioni, e come sopra ricordato si è previsto l'utilizzo dei fossi filtro che svolgono l'azione biunivoca di laminatori e di fitodepuratori.

Questa tipologia di trattamento, idonea per tratti di piattaforma stradale a scarso traffico, appartiene ai sistemi di fasce tampone, ed è indicata nelle Best Management Practices (BMP) diffuse a livello internazionale e derivanti da esperienze dirette per il trattamento delle acque reflue stradali, sistema indicato anche nelle Linee guida della Regione Emilia Romagna.

Il sistema di fitodepurazione altro non è che la riproposizione del sistema che la natura ha escogitato nella sua evoluzione per la riutilizzazione, senza alcuna alterazione del sistema ecologico, dei residui biologici del regno animale attraverso i servizi del regno vegetale. Lo scopo è quello di ottenere la stabilizzazione della sostanza organica e la rimozione dei nutrienti per condurre il refluo depurato verso riutilizzazioni secondarie. La rimozione degli inquinanti avviene attraverso una complessa varietà di processi biologici, chimici e fisici tra i quali riveste un ruolo predominante la cooperazione tra le piante ed i microrganismi che trovano sulle piante stesse o vicine ad esse un habitat adatto al loro sviluppo. La capacità depurativa è dovuta alla presenza di ossigeno nel terreno, al potere depurativo della biomassa adesa alle radici delle piante (digestione aerobica della sostanza organica e nitrificazione dell'azoto ammoniacale) ed all'assimilazione di sostanze organiche e di nutrienti (l'azoto nitrico prodotto dai batteri nitrificanti) da parte della pianta per la sintesi proteica ed il proprio accrescimento.



#### 2.2.2.2 Viabilità in trincea

Il calcolo di dimensionamento e verifica del sistema di drenaggio delle viabilità interferite in trincea è eseguito in modo tale da garantire che la precipitazione con tempo di ritorno di venti anni riesca a defluire nel collettore fognario, evitando il ristagno dei deflussi sulla piattaforma.

Il sistema di drenaggio stradale è esteso a tutto il tracciato e comprende la raccolta delle acque del nastro pavimentato, delle banchine e di tutte le superfici impermeabili interessate dall'intervento.

Le acque vengono raccolte attraverso caditoie non sifonate e attraverso idonee tubazioni in PEAD tipo corrugato, convogliate in prossimità del punto di minimo del sottovia, comunque al di fuori del tratto coperto, dove verrà realizzato un impianto di sollevamento.

Le precipitazioni che insistono sulle nuove piattaforme stradali dei tratti in trincea saranno raccolte da pozzetti caditoia con griglia in ghisa carrabile delle dimensioni in pianta di 50x50 cm e convogliate alla rete di drenaggio.

La cunetta laterale di scolo sarà ricavata direttamente sulla banchina stradale.

L'interasse minimo tra le caditoie è pari a 12.00m nei tratti in curva delle rampe e all'interno del manufatto scatolare; nei tratti rimanenti l'interasse è portato a 24.00m.

Tra i pozzetti -caditoie sono previste tubazioni di raccolta in PEAD di tipo corrugato di diametro variabile tra  $\Phi 315\text{mm}$  e  $\Phi 500\text{mm}$ . Le portate così raccolte vengono convogliate verso la vasca di laminazione. La vasca è in grado di laminare la portata di piena col suddetto tempo di ritorno verificando l'invarianza idraulica del territorio. Tali manufatti dovranno essere dimensionati anche tenendo conto che dovranno garantire la sicurezza idraulica del sottopasso anche in caso di non funzionamento delle pompe per almeno 2 ore.

Prima dell'immissione delle acque all'interno delle vasca saranno sottoposte ad un trattamento di disoleazione e sedimentazione. Questo processo avverrà attraverso un disoleatore dotato di filtro a coalescenza o pacco lamellare.

Connesso alla vasca di accumulo è previsto l'impianto di sollevamento, grazie al quale le acque saranno convogliate verso fossi che le veicheranno verso i corpi idrici ricettori presenti. L'impianto di sollevamento è costituito da n°2 pompe. A valle dell'impianto di sollevamento le acque saranno immesse in fossi esistenti cercando di mantenere il medesimo recapito.

## 2.3. OPERE D'ARTE

### 2.3.1. Viadotti e Cavalcavia

Lungo l'asse principale dell'infrastruttura in progetto si rende necessaria la realizzazione di numerose opere d'arte di scavalco dei corsi d'acqua naturali e artificiali nonché di infrastrutture esistenti.

Il territorio padano, nelle zone interessate dal passaggio dell'autostrada, è segnato da un fitto reticolo di canali artificiali, alcuni dei quali di notevole importanza, ed dalla presenza del fiume Secchia e del fiume Panaro.

Le principali infrastrutture esistenti che si incontrano lungo il tracciato sono le Autostrade A22 (del Brennero) e A13 (BO-PD), le linee FS MO-VR, BO-VR e BO-PD.

Nella progettazione delle opere d'arte si è perseguito l'obiettivo di conciliare le seguenti esigenze:

- possibilità di allargamento delle opere in relazione alla futura terza corsia con il minimo impatto sull'esercizio;
- minimizzazione dell'impatto ambientale, anche con riferimento ai rilevati di approccio alle opere e alla cantierizzazione;
- minimizzazione delle interferenze, anche in fase di cantierizzazione, con i corsi d'acqua e con le linee di infrastrutture in esercizio;
- cura dell'estetica dei viadotti e dell'integrazione con le barriere antirumore, ove previste;
- ottimizzazione delle opere dal punto di vista economico;
- ottimizzazione dei costi di gestione e di manutenzione.

Si premette una Tabella nella quale si sintetizzano i dati e le caratteristiche principali delle Opere.

WBS	VIADOTTI	PK	Lunghezza (m)	Composizione	Tipologia	Classe Cls Fondazioni	ag (g)	Cat. Suolo	Spalle	Materiale a tergo	Pile
AVI 01	Viadotto su lincea F.S. BO/VR	23+202	170≈	3x34,75/2x24,88/34,75	CAP	XA1	0.255	C	Chiuse	Terreno	Ellittiche
AVI 03	Viadotto su lincea F.S. BO/PD	60+907	228≈	2x34,75/40,0/3x34,75	CAP	XC2	0.260	D	Chiuse	Terreno	Ellittiche (Bifusto)
AVI 04	Viadotto su Autostrada A13	62+080	60	campata unica	A/C	XC2	0.259	D	Chiuse	LECA	-
AVI 05	Viadotto su S.P. n°43 Maestra Grande (Parteci panze)	39+525	125	25x5	A/C	XA2	0.266	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	Doppio pilastro
AVI 06	Viadotto su S.P. n°413 Romana (Novi)	4+008	100	25x4	A/C	XC2	0.233	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	Doppio pilastro
IVI 01	Interconnessione con A22 - Viadotto Rampa Nord-Est su lincea F.S. VR/MO	00+500	100	25/50/25	A/C	XC2	0.228	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	A 'biscotto'
IVI 02	Interconnessione con A22 - Viadotto Rampa Est-Sud su Autostrada A22	0+726	547	30x9/64.2/31.5x4/50/22.5x2	A/C	XC2	0.215	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	A 'biscotto'
ICV02	Interconnessione con A13- Cavalcavia rampa Sud-Ovest	0+726	143	30/35.8/50/30	A/C	XC2	0.259	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	A 'biscotto'
ICV03	Interconnessione con A13- Cavalcavia rampa Nord-Est	0+537	162	45/75/45	A/C	XC2	0.259	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	A 'biscotto'
ICV04	Interconnessione con A13- Cavalcavia rampa Ovest-Nord	0+456	163	35/60/40/30	A/C	XC2	0.259	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	A 'biscotto'

In particolare si riporta:

- WBS, Denominazione e progressiva dell'Opera (Spalla 1);
- Lunghezza e articolazione delle campate;
- Tipologia;
- Classe relativa al Cls. di Fondazioni e Sottofondazioni;
- Valore di  $a_g$  e Categoria del sottosuolo;
- Tipologia di spalla e materiale a tergo della stessa;
- Tipologia di pila.

#### 2.3.1.1 AVI01 – Viadotto F.S. Bologna-Verona

L'Opera in esame sovrappassa la **linea ferroviaria Bologna-Verona**, alla progressiva ferroviaria 46+550, in Comune di Mirandola, Provincia di Modena; è posta alla progr. Autostradale 23+201,59 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza complessiva delle sei campate pari a 200,49 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle). La lunghezza delle campate misurate tra gli assi degli appoggi è pari a 34.75m e 24.88m, distribuite come meglio descritto nel seguito.

Il Viadotto è in rettilineo.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, di larghezza totale 16.35 m ciascuno. Gli **impalcati** sono realizzati mediante n°7 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.60 m, poste ad interasse 2.20 m.

Gli **appoggi** sono del tipo a calotta sferica per le campate sulla linea Fs e quelle immediatamente adiacenti (tot. N. 3+3 campate), mentre sono a disco elastomerico confinato, per le campate rimanenti (n.1+2).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso', con sviluppo trasversale pari a 33.90m. La possibilità di prevedere una unica spalla per entrambi i viadotti è stata ottenuta attraverso l'introduzione di campate "jolly" (lunghezza 22, 48m) che ha permesso l'allineamento delle spalle delle due carreggiate. Ogni spalla, la cui piastra di fondazione ha dimensioni in pianta pari a 40.00 x 8.40 m e spessore pari a 1.50m, grava su n°39 **pali** Ø1200 di lunghezza 25.0 m.

Le **pile**, distinte per ogni carreggiata, hanno altezza del fusto pari a 8.50m, misurata dall'estradosso fondazione all'intradosso del pulvino, e sono di sezione ellittica (10.40x2.40m).

I **pulvini**, di spessore sempre pari a 1.40m, sono differenziati per le pile che raccolgono le campate di scavalco della linea Fs e quelle adiacenti, rispetto a quelli rimanenti. I primi devono contenere i fermi antisismici, sia trasversali, sia longitudinali: la dimensione longitudinale è quindi pari a 3.00m e quella trasversale è pari a 17.18m. I secondi devono permettere solo l'inserimento di fermi laterali: la dimensione longitudinale è quindi pari a 2.50m e quella trasversale è pari a 16.34m.

Tutte le pile sono fondate su piastra di dimensioni 11.00x10.50 di spessore pari a 2.00, che grava su n°9 **pali** Ø1500 di lunghezza 32.00 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche abbastanza diverse da quelle dell'opera ora progettata: infatti era prevista una galleria artificiale di scavalco e campate laterali semplicemente appoggiate. In questa fase si è invece optato per l'eliminazione della galleria artificiale, sia per contenimento dell'impatto ambientale, sia per consentire una maggiore permeabilità paesaggistica dell'opera, sia per contenimento dei costi dell'intervento, sia per ridurre gli espropri e aumentare la fruibilità della zona. La larghezza dell'impalcato, e dell'opera tutta, è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

### 2.3.1.2 AVI03 – Viadotto F.S. Bologna-Padova

L'Opera in esame sovrappassa la **linea ferroviaria Bologna-Padova**, alla progressiva ferroviaria 39+100, in Comune di Ferrara; è posta alla Progr. autostradale 60+900 (Spalla Ovest) ed ha luci  $2 \times 34.75 + 40.0 + 2 \times 24.78 + 34.75 = 193.8$  m (distanza tra gli assi degli appoggi partendo da Spalla Ovest). La lunghezza totale è pari a  $\approx 210$  m per entrambi i Viadotti.

Il Viadotto è in parte in clotoide e in parte in rettilineo, con una obliquità di  $40^\circ$  rispetto all'asse autostradale.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, di larghezza:

Impalcato Nord: da 19.20 m (Spalla Ovest) a 16.70 m (Spalla Est)

Impalcato Sud: da 17.30 m (Spalla Ovest) a 16.35 m (Spalla Est)

L'**impalcato Nord** è realizzato mediante:

n°8 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.20 m e di altezza 1.60 m (Campata n°1);

n°8 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.10 m e di altezza 1.60 m (Campate n°2 e 3);

n°8 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.10 m e di altezza 2.00 m (Campata n°4, che scavalca la ferrovia);

n°7 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.20 m e di altezza 1.60 m (Campate n°5 e 6).

L'**impalcato Sud** è realizzato mediante il seguente numero e interasse travi:

n°7 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.20 m e di altezza 1.60 m (Campate n°1,2,4,5,6);

n°7 travi a 'V' in c.a.p. poste ad interasse 2.20 m e di altezza 2.00 m (Campata n°3, che scavalca la ferrovia).

Gli **appoggi** sono di tipo a calotta sferica per l'impalcato che scavalca la linea ferroviaria e per i due adiacenti, e a dsco elastomerico confinato per quanto riguarda i rimanenti.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. La piastra di fondazione della spalla ha spessore pari a 1.50m e dimensioni in pianta pari a 50.40 x 8.40 m (Spalla A) e 48.00 x 8.40 m (Spalla B), e grava su n°48 pali (3 file da 16 pali)  $\varnothing 1200$  di lunghezza 37.0 m.

**Le pile**, nel numero di 5 per ogni singolo viadotto, sono a doppio fusto con sezione orizzontale ellittica, sormontate da pulvino di pianta ad angoli smussati inscrivibile in un rettangolo di dimensioni 22.63x4.00m e fondate su piastra rettangolare o trapezoidale di spessore pari a 2.00m che grava a sua volta su pali.

Le pile adiacenti alle campate ferroviarie (P2 e P3 Sud, P3 e P4 Nord) sono fondate su piastra trapezoidale che grava su n°13 pali Ø1500 di lunghezza 51.0 m, mentre tutte le altre pile sono fondate su piastra rettangolare che grava su n°12 pali Ø1500 di lunghezza 51.0 m

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche diverse. Dopo 2 luci da 30 m era presente una luce assai ridotta che poggiava su galleria artificiale sede della linea FS, seguita da ulteriore luce ridotta e poi da 3 luci da 30 m. Inoltre il Progetto preliminare presentava spalle singole non allineate per ogni carreggiata. Ciò comportava la realizzazione di un'opera di sostegno – di notevole altezza - a contenimento del terrapieno insistente sulla spalla più 'avanzata'. Si è preferito quindi aggiungere una luce per ogni carreggiata al fine di rendere le spalle allineate e poterne realizzare una unica che riceva entrambi gli impalcati terminali. La larghezza dell'impalcato, e dell'opera tutta, è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.1.3 AVI04 – Viadotto su autostrada A13

L'Opera in esame sovrappassa l'“**autostrada A13**” e la rampa di svincolo “**Ferrara-Bologna**”, in Comune di Ferrara in Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 62+086.53 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 60.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Viadotto è in rettilineo con obliquità pari a 9°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati misti acciaio-calcestruzzo. I due impalcati hanno larghezze differenti in quanto sulla carreggiata Nord è presente una corsia di decelerazione per la rampa dello svincolo Ferrara-Bologna; in particolare l'impalcato Sud ha una larghezza di 16.35m e l'impalcato Nord ha una larghezza di 21.81m.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 3.00 m e 2 anime inclinate per il cassone dell'impalcato sud e 3 anime (due inclinate laterali e una centrale verticale ) su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm. Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°39 **pali** Ø1200 di lunghezza 32.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase invece la larghezza dell'impalcato, e dell'opera tutta, è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.1.4 AVI05 – Viadotto su s.p. n.43 Maestra Grande (partecipanza)

L'opera in oggetto è un ponte costituito da 5 campate di luci di calcolo uguali, misurate in asse tracciato stradale, pari a 25, per una lunghezza totale di 125 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 1.00 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale.

Le pile sono previste a fusto doppio aventi sezione di forma pseudo - circolare di dimensioni 1.70 m x 1.50 m ed altezza totale variabile da 3.0 a 5.50 m. I plinti di fondazione presentano forma planimetrica rettangolare 5.60 m x 9.20 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 6 pali in c.a., trivellati in opera con lunghezza totale pari a 36.0 m e diametro pari a 1200 mm.

Le spalle si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 2.2 m dallo spiccatto della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati in opera aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 30.0 m.

#### 2.3.1.5 AVI06 – Viadotto su s.p. n.413 Romana (Novi)

L'opera in oggetto è un viadotto costituito da 4 campate con luci di calcolo uguali, misurate in asse tracciato stradale, pari a 25 m, per una lunghezza totale di 100 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 1.00 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale.

Le pile sono previste a fusto doppio aventi sezione di forma pseudo - circolare di dimensioni 1.70 m x 1.50 m ed altezza totale variabile da 8.52 a 9.32 m. I plinti di fondazione presentano forma planimetrica rettangolare 5.60 m x 9.20 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 6 pali in c.a., trivellati in opera con lunghezza totale pari a 26.0 m e diametro 1200 mm.

Le spalle si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 2.2 m dallo spiccatto della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati in opera aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 22.0 m.

#### 2.3.1.6 IVI01 – Interconnessione A22 – Viadotto rampa nord-est su F.S. Verona-Modena

L'Opera in esame sovrappassa la **linea ferroviaria Modena-Verona** alla progressiva ferroviaria 30+377, in Comune di Reggiolo, in Provincia di Reggio Emilia; è posta alla progr. 00+500 (Spalla Ovest) dello svincolo autostradale dell'interconnessione con L'Autostrada A22; ha campate di lunghezza 25/50/25 m per un totale pari a 100.00 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Viadotto è in raccordo clotoideo con raggio di curvatura pari a circa 440 m. L'obliquità dell'intreseczione è pari a circa 25°.

L'**impalcato** (unico) è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 2.5 m e anime verticali su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 0.35 m.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** sono di tipo 'passante a due file di pali' e gravano su n°8 **pali** (2 file da 4 pali ciascuna) di diametro  $\varnothing 1200$  e lunghezza pari a 28.0 m per la spalla Nord e 24.0 m per quella Sud.

Le **pile** hanno sezione a biscotto 1.20x9.00 m ed altezza 10 m circa. Ognuna grava su un plinto di fondazione di dimensioni 7.5x13.0 m con spessore 2.0 m, posto su n°8 **pali**  $\varnothing 1200$  di lunghezza 30.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche simili a quelle dell'opera ora progettata.

#### 2.3.1.7 IVI02 – Interconnessione A22 – Viadotto rampa est-sud su autostrada A22

L'opera in oggetto è un viadotto costituito da 17 campate di luci di calcolo variabili da un minimo di circa 22.50 m ad un massimo di circa 64.50 m (campata di scavalco della Autostrada A22), per una lunghezza totale di circa 550.0 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche con sezione a doppio T ad altezza minima pari a 1.40 m per tutte le campate con eccezione delle due campate di lunghezza maggiore per le quali l'altezza minima è prevista in 2.60 m su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

I due sbalzi laterali misurano 3.50 m per ogni impalcato. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante montaggio progressivo dei conci dalle spalle sino alla campata sulla A22.

Le pile sono previste a fusto unico aventi sezione di forma rettangolare ad angoli smussati di altezza totale variabile da un minimo di 5.50 m ad un massimo di circa 16.45 m. Queste sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 5.60 m e 12.80 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 8 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm.

#### 2.3.1.8 ICV02 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa sud-ovest

L'opera in oggetto è un viadotto costituito da 4 campate di luci variabili da un minimo di circa 30.0 m ad un massimo di circa 50.0 m (campata di scavalco della Autostrada A13), per una lunghezza totale di circa 145.0 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche con sezione a doppio T ad altezza minima pari a 2.30 m su cui appoggia

una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

I due sbalzi laterali misurano 3.50 m per ogni impalcato. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante montaggio progressivo dei conci dalle spalle sino alla campata sulla A13.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le pile sono previste a fusto unico aventi sezione di forma rettangolare ad angoli smussati di altezza totale variabile da un minimo di 9.90 m ad un massimo di 11.70 m. Queste sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 9.20 m e 12.80 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 12 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza 42.0 m.

Le spalle si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 3.60 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 8 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 37.0 m.

#### 2.3.1.9 ICV03 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa Nord-est

L'opera in oggetto è un viadotto costituito da 3 campate di luci di calcolo variabili da un minimo di circa 45.0 m ad un massimo di circa 75.0 m (campata di scavalco della Autostrada A13), per una lunghezza totale di circa 165.0 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche con sezione a doppio T ad altezza minima pari a 3.00 m su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

I due sbalzi laterali misurano 3.50 m per ogni impalcato. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante montaggio dei conci di spalla e a seguire del concio centrale sulla A13 (si veda specifica tavola progettuale).

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le pile sono previste a fusto unico aventi sezione di forma rettangolare ad angoli smussati di altezza totale variabile da un minimo di 6.80 m ad un massimo di 7.00 m. Queste sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 9.20 m e 12.80 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 12 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza 45.0 m.

Le spalle si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 4.20 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 8 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 38.0 m.

#### 2.3.1.10 ICV04 – Interconnessione A13 – Cavalcavia rampa Ovest-Nord

L'opera in oggetto è un viadotto costituito da 4 campate di luci di calcolo variabili da un minimo di circa 30.0 m ad un massimo di circa 60.0 m (campata di scavalco della Autostrada A13), per una lunghezza totale di circa 165.0 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche con sezione a doppio T ad altezza minima pari a 2.70 m su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

I due sbalzi laterali misurano 3.00 m per ogni impalcato. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante montaggio progressivo dei conci dalle spalle sino alla campata sulla A13 (si veda specifica tavola progettuale).

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le pile sono previste a fusto unico aventi sezione di forma rettangolare ad angoli smussati di altezza totale variabile da un minimo di 5.10 m ad un massimo di 7.60 m. Queste sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 9.20 m e 12.80 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 12 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza 40.0 m.

Le spalle si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 3.90 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 8 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 34.0 m.

#### 2.3.2. Ponti

Si premette una Tabella nella quale si sintetizzano i dati e le caratteristiche principali delle Opere.

WBS	PONTE	PK	Lunghezza (m)	Composizione	Tipologia	Classe Cls Fondazioni	ag (g)	Cat. Suolo	Spalle	Materiale a tergo	Pile
APO 01	Ponte sul Cavo Parmigiana-Moglia e Collettore Acque Basse Reggiane	1+911	264	45/58/58/58/45	A/C	XC2	0.246	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 02	Ponte sul Canale Resega	2+768	105	3x35	A/C	XC2	0.235	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 03	Ponte sul Canale Acque Basse Modenesi	6+176	32	campata unica	CAP	XC2	0.239	C	Passanti 1 fila di pali	Terreno	-
APO 04	Ponte sul Cavo Lama	6+729	130	40/50/40	A/C	XC2	0.239	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 05	Ponte sul Fiume Secchia	9+672	608	45/50x3/70x2/60/56x3/45	A/C	XA1	0.221	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	Circolari
APO 06	Ponte sul Canale Sabbioncello	10+835	30	campata unica	CAP	XA1	0.240	C	Passanti 1 fila di pali	Terreno	-
APO 07	Ponte sul Canale di Burana I	15+369	114	74/40	A/C	XA1	0.252	C	Chiuse	LECA	Circolari
APO 08	Ponte sul Canale di Cavezzo	18+790	22	campata unica	CAP	XC2	0.253	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	-
APO 09	Ponte sul Canale di Burana II	25+294	30	campata unica	CAP	XA1	0.257	C	Chiuse	Terreno	-
APO 10	Ponte sul Canale Burana III	29+098	52	campata unica	A/C	XA1	0.260	C	Chiuse	LECA	-
APO 11	Ponte sul Cavo Vallicella	31+885	56	campata unica	A/C	XA1	0.262	C	Chiuse	LECA	-
APO 12	Ponte sul Fiume Panaro	34+769	186	58/70/58	A/C	XA1	0.266	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 13	Ponte sul Canale Collettore Acque Alte (Foscaglia)	36+235	119	38/43/38	A/C	XA2	0.266	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 14	Ponte sul Canale Emissario Acque Basse (Palata Reno)	38+760	50	campata unica	A/C	XA2	0.265	D	Chiuse	LECA	-
APO 15	Ponte sul Condotta Generale	41+850	32	campata unica	CAP	XA2	0.264	D	Passanti 1 fila di pali	Terreno	-
APO 16	Ponte sul Canale di Cento	44+080	32	campata unica	CAP	XA2	0.263	D	Chiuse	LECA	-
APO 17	Ponte sul Canale Angelino	46+250	28	campata unica	CAP	XA2	0.263	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	-
APO 18	Ponte sullo scolmatore fiume Reno	47+416	240	80x3	A/C	XA2	0.264	D	Passanti 2 file di pali	Terreno	Ellittiche
APO 19	Ponte sullo Scolo Riolo	51+107	22	campata unica	CAP	XA2	0.264	D	Passanti 1 fila di pali	Terreno	-
APO 21	Ponte sullo Scolo Principale Superiore (Aldrovandi)	57+576	35	campata unica	CAP	XA1	0.264	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	-
IPO 01	Interconnessione con A22 - Allargamento Ponte sul Cavo Parmigiana-Moglia	00+464	42	campata unica	A/C	XC2	0.232	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	-
IPO 02	Interconnessione con A22 - Allargamento Ponte sul Cavo Acque Basse Reggiane	00+353	42	campata unica	A/C	XC2	0.232	C	Passanti 2 file di pali	Terreno	-
SPO 01	Svincolo Autostazione di S.Felice sul Panaro Finale Emilia - Ponte sul Canale Burana IV	00+032	22	campata unica	CAP	XA1	0.259	C	Passanti 1 fila di pali	Terreno	-

In particolare si riporta:

- WBS, Denominazione e progressiva dell'Opera (Spalla 1);
- Lunghezza e articolazione delle campate;
- Tipologia;
- Classe relativa al Cls. di Fondazioni e Sottofondazioni;
- Valore di  $a_g$  e Categoria del sottosuolo;
- Tipologia di spalla e materiale a tergo della stessa;
- Tipologia di pila.

### 2.3.2.1 APO01 – Ponte sul Cavo Parmigiana-Moglia e Collettore Acque Basse Reggiane

L'opera in oggetto scavalca il "Cavo Pamigiana" e il "Collettore Acque Basse Reggiane", è un ponte costituito da 5 campate di luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 45, 58, 58, 58 e 45 m, per una lunghezza totale di circa 264 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di **impalcato** a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 2.6 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica di altezza totale variabile. Queste sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 10.0 m e 14.0 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 12 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm, interasse di 4.0m e lunghezza totale pari a 30.0 m.

Fa eccezione la Pila P1 che è collegata ad un plinto con forma planimetrica rettangolare 13.3 m x 7.80 m, spessore 1.50 m la cui fondazione è costituita da una "scatola di diaframmi" realizzata con elementi accostati di sezione 2.50 m x 1.00m e lunghezza pari a 25.0 m.

Lato Cavo Parmigiana-Moglia, in continuità ai diaframmi strutturali che sottofondano le pile, viene realizzata una cortina di diaframmi idraulici di lunghezza 20 m aventi funzione di protezione antiscaldamento per le pile stesse.

Le **spalle** del tipo passante a 2 file di pali si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 3.50 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 25.0m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato.

#### 2.3.2.2 APO02 – Ponte sul Canale Resega

L'Opera in esame sovrappassa il "**Canale Resega**" (o Fossa Raso), in Comune di Novi di Modena in Provincia di Modena, è posta alla Progr. 2+768 (Spalla Ovest) ed è composta da tre campate, ognuna di luce pari a 35.0 m (distanza tra asse appoggi a partire da Spalla Ovest), per una lunghezza totale di 105 m.

Il Ponte è in curva, con raggio di curvatura pari a circa 2100 m. L'obliquità è pari a circa 9°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati di larghezza totale pari a 16.35 m (impalcato nord) e 16.65 m (impalcato sud). I due impalcati sono posti ad una distanza di 1.20 m l'uno dall'altro e possiedono la medesima pendenza trasversale, pari al 4.255%.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 2.5 m e anime inclinate su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante a due file di pali'. Le spalle sono fondate su n°20 **pali** (2 file da 10 pali ciascuna) di diametro  $\varnothing 1200$  e lunghezza pari a 25.0 m.

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica (2.4 m x 9.7 m).

I **plinti di fondazione** presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 7.5 m e 13.0 m e spessore pari a 1.5 m. Ogni plinto è fondato su 16 **diaframmi** in c.a. realizzati in opera aventi sezione rettangolare di lati 2.50 m x 1.00 m e altezza pari a 20.0m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato, già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato, e dell'opera tutta, è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

### 2.3.2.3 APO03 – Ponte sul Canale Acque Basse Modenesi

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Acque Basse Modenesi**”, in Comune di Novi di Modena, Provincia di Modena, è posta alla progr. 6+176.53 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 32.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in raccordo clotoidico.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35 m. Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°6 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.60 m, poste ad interasse 2.50 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante'. Ogni spalla grava su n°11 **pali** Ø1200 di lunghezza 23.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

### 2.3.2.4 APO04 – Ponte sul Cavo Lama

L'Opera in esame sovrappassa il “**Cavo Lama**”, in Comune di Novi di Modena in Provincia di Modena, è posta alla Progr. 6+729 (Spalla Ovest) ed è composta da tre campate di luci pari a 40.0 – 50.0 – 40.0 m (distanza tra asse appoggi da Spalla Ovest), per una lunghezza totale di 130 m.

Il Ponte è in curva, con raggio di curvatura pari a circa 3100 m. L'obliquità è pari a circa 13°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, entrambi di larghezza totale pari a 16.35 m. I due impalcati sono posti ad una distanza di 1.20 m l'uno dall'altro e possiedono la medesima pendenza trasversale, pari al 3.283%.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 3.0 m e anime inclinate su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante a due file di pali'. Le spalle sono fondate su n°20 **pali** (2 file da 10 pali ciascuna) di diametro Ø1200 e lunghezza pari a 25.0 m (Spalla Ovest) e 30.0 m (Spalla Est).

Le **pili** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica (2.4 m x 9.2 m).

I **plinti di fondazione** presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 7.5 m e 13.0 m e spessore pari a 1.5 m. Ogni plinto è poi fondato su 16 **diaframmi** in c.a. realizzati in opera aventi sezione rettangolare di lati 2.50 m x 1.00 m e lunghezza totale pari a 23.0m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato, già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.5 APO05 – Ponte sul Fiume Secchia

L'opera in oggetto di scavalco del fiume **Secchia** è un ponte costituito da 11 campate di luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 45, 50, 50, 50, 72, 72, 56, 56, 56, 56, 45 m, per una lunghezza totale di 608 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La carreggiata sinistra ha pendenza trasversale verso Dx (spalle all'origine del tracciato) variabile dal 2.87%, in corrispondenza della "Sezione su Spalla A", al - 2.50% in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

La carreggiata destra invece ha pendenza trasversale verso Dx (spalle all'origine del tracciato) pari all' 2.86%, in corrispondenza della "Sezione su Spalla A", per poi ridursi sino al 2.50% in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

La soluzione tecnica prevista è quella di **impalcato** a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 3.0 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta è costituita da un getto in opera di spessore 26 cm eseguito su lastre predalles di spessore pari a 9 cm per uno spessore costante complessivo di 35 cm.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma circolare con diametro 3.00 m ed altezza complessiva con leggera variabilità da 10 m fino a 10.65 m circa. Le pile terminano in sommità con un pulvino a due bracci.

Le pile sono collegate ai plinti di fondazione che presentano forma planimetrica rettangolare 14.0 m x 10.0 m e spessore pari a 2.00 m. Ogni plinto è poi collegato a 12 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm, interasse di 4.0m e lunghezza totale pari a 40.0 m.

Le pile in corrispondenza delle due campate di luce maggiore (P5sx – P5dx – P6sx – P6dx) sono fondate su plinti a pianta circolare di diametro 11.20 m e spessore 2.00 m. Ogni plinto è poi collegato a 16 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm disposti a raggiera aventi lunghezza totale pari a 40.0 m.

Fanno eccezione le pile P4sx e P4dx collegate ad un plinto con forma planimetrica rettangolare 13.3 m x 7.80 m e spessore 2.00 m. In tal caso la fondazione è costituita da una “scatola di diaframmi” realizzata con elementi accostati di sezione 2.50 m x 1.00m e lunghezza pari a 36.0 m.

Le **spalle** del tipo passante a due file di pali, si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 3.7 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 22 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 32.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche simili a quelle dell'opera ora progettata, la principale differenza riguarda le luci delle campate nella zone fra gli argini che sono state riviste in relazione alle indicazioni di Aipo e la larghezza dell'impalcato che viene realizzato fin da subito per le 3 corsie.

#### 2.3.2.6 APO06 – Ponte sul Canale Sabbioncello

L'Opera in esame sovrappassa il “Canale Sabbioncello”, in Comune di Novi di Modena, Provincia di Modena, è posta alla progr. 10+835 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 30.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35m. Il singolo impalcato è realizzato mediante n°6 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.40 m, poste ad interasse 2.50m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le spalle – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo ‘passante’. La spalla Ovest grava su n°1 pali Ø1200 di lunghezza 25 m, mentre la spalla Est grava su n°11 pali Ø1200 di lunghezza 30 m.

Nel Progetto Preliminare l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.7 APO07 – Ponte sul Canale Diversivo Burana I

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Diversivo Burana I**”, in Comune di Mirandola in Provincia di Modena, è posta alla Progr. 15+369 (Spalla Ovest) ed è composta da due campate di luci pari a 40.0 – 74.0 m (distanza tra asse appoggi da Spalla Ovest per l'impalcato sud e da Spalla Est per l'impalcato Nord), per una lunghezza totale di 114 m.

Il Ponte è in rettilineo. L'obliquità è pari a circa 19°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, entrambi di larghezza totale pari a 16.35 m. I due impalcati sono posti ad una distanza di 1.20 m l'uno dall'altro e possiedono la medesima pendenza trasversale, pari al 3.283%.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 3.0 m e anime inclinate su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso a quattro file di pali'. Le spalle sono fondate su n°48 **pali** (4 file da 12 pali ciascuna) di diametro Ø1200 e lunghezza pari a 25.0 m.

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma circolare (diametro 3.00 m).

I **plinti di fondazione** presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 8.0 m e 11.0 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi fondato su 12 **pali** Ø1200m e lunghezza totale pari a 30.0m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista ad una campata di luce pari a 60m e con obliquità assai rilevante (>64°). Tentativi volti a diminuire l'obliquità allungando la luce sono risultati impraticabili; si è passati quindi ad ipotizzare due campate. In definitiva si è adottata una soluzione a due luci 74+40 m, con pila circolare sormontata da pulvino con fondazione ruotata rispetto al pulvino stesso: questa soluzione consente infatti di scavalcare con sufficiente franco orizzontale sia il canale, sia la strada in questione, contenendo l'obliquità dell'impalcato entro valori accettabili.

Infine, in fase di Progetto Preliminare, l'opera era prevista per contenere due sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.8 APO08 – Ponte sul Canale Cavezzo

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Cavezzo**”, in Comune di Mirandola in Provincia di Modena, è posta alla progr. 18+790.320 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 22.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in curva, con raggio di curvatura pari a circa 1000 m. L'obliquità è pari a 17°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati in c.a.p., di larghezza totale 21.25 m (impalcato Sud) e 18.65 m (impalcato Nord).

L'**impalcato Sud** è realizzato mediante n°11 travi a 'V' poste ad in terasse 1.80 m, di altezza 1.10 m.

L'**impalcato Nord** è realizzato mediante n°9 travi a 'V' poste ad in terasse 1.80 m, di altezza 1.10 m.

Gli **appoggi** sono di tipo a disco elastomerico confinato “Vasoflon”.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante a due file di pali'. Ogni spalla grava su n°24 **pali** Ø1200 di lunghezza 23.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche identiche a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie – e della luce, pari a 20.0 m. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.9 APO09 – Ponte sul Canale Burana II

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Diversivo Burana II**”, in Comune di San Felice sul Panaro, Provincia di Modena, è posta alla progr. 25+294.559 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 30.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35 m.

Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°6 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.40 m, poste ad interasse 2.50 m.

Gli **appoggi** sono di tipo a disco elastomerico confinato “Vasoflon”.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°33 **pali** Ø1200 di lunghezza 23.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.10 APO10 – Ponte sul Canale Diversivo Burana III e S.P. n.468

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Diversivo Burana III**”, in Comune di San Felice sul Panaro in Provincia di Modena, è posta alla progr. 29+098,79 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 52.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo. L'obliquità è pari a 30°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, dei quali quello Nord di larghezza totale 16.35m costante, mentre quello Sud presenta la stessa dimensione (16.35m) in corrispondenza della Spalla A e si allarga di 32cm sulla Spalla B.

Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°2 travi in acciaio di altezza 2.50 m, poste ad interasse 7.10 m., e soletta collaborante di spessore 35 cm.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

**Le spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°39 **pali** Ø1200 di lunghezza 25.00 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.11 APO11 – Ponte sul Cavo Vallicella

L'Opera in esame sovrappassa il “**Cavo Vallicella**”, in Comune di Camposanto in Provincia di Modena, è posta alla progr. 31+885.617 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 56.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo. L'obliquità è pari a 20°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati misti acciaio-calcestruzzo, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35m.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 2.5 m e anime inclinate su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

**Le spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°33 **pali** Ø1200 di lunghezza 21.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.12 APO12 – Ponte sul Fiume Panaro

L'opera in oggetto di scavalco del fiume **Panaro** è un ponte costituito da 3 campate con luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 58 m, 70 m e 58 m, per una lunghezza totale di 186 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di **impalcato** a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 3.0 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione

trasversale. La sezione è completata da una trave centrale avente funzione di rompitratta per la soletta, dai cordoli in c.a. di posizionamento dei guard-rail e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...).

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica di altezza totale pari a 8.13 m e 7.76 m per le Pile P1 e 9.44 m per le Pile P2. I plinti di fondazione presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 7.8 m e 13.3 m e spessore pari a 1.5 m. Ogni plinto è poi collegato a 16 diaframmi in c.a. realizzati in opera aventi sezione rettangolare di lati 2.50 m x 1.00 m e lunghezza totale pari a 30.0 m.

Lato Fiume Panaro, in continuità ai diaframmi strutturali che sottofondano le pile, viene realizzata una cortina di diaframmi idraulici di lunghezza 20 m aventi funzione di protezione antiscaldamento per le pile stesse.

Le **spalle** del tipo passante a due file di pali si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 4.4 m dallo spiccatto della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 37.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, la principale differenza riguarda la larghezza dell'impalcato che viene realizzato fin da subito per le 3 corsie.

#### 2.3.2.13 APO13 – Ponte sul Canale Collettore Acque Alte (Foscaglia)

L'opera in oggetto di scavalco del “**Collettore Acque Alte**” è un ponte costituito da 3 campate con luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 38 m, 43 m e 38 m, per una lunghezza totale di 119 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di **impalcato** a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 2.2 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **pile** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica di altezza totale pari a 8.15 m e 8.70 m per le Pile P1 e 7.80 m e 8.50 m per le Pile P2. I plinti di fondazione presentano forma planimetrica rettangolare di lati pari a 7.8 m e 13.30÷13.70 m e spessore pari a 1.5 m. Ogni plinto è poi collegato a 16 diaframmi in c.a. realizzati in opera aventi sezione rettangolare di lati 2.50 m x 1.00 m e lunghezza totale pari a 30.0 m.

Lato Collettore, in continuità ai diaframmi strutturali che sottofondano le pile, viene realizzata una cortina di diaframmi idraulici di lunghezza 20 m aventi funzione di protezione antiscaivamento per le pile stesse.

Le **spalle** del tipo passante a due file di pali si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 3.8 m dallo spiccato della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1200 mm e lunghezza totale pari a 40.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, la principale differenza riguarda la larghezza dell'impalcato che viene realizzato fin da subito per le 3 corsie.

#### 2.3.2.14 APO14 – Ponte sul Canale Emissario Acque Basse (Palata Reno)

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Emissario Acque Basse (Palata Reno)**”, in Comune di Cento in Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 38+763 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 50.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo. L'obliquità è pari a 14°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati misti acciaio-calcestruzzo, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35m.

Il singolo **impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da un cassone metallico con altezza minima pari a 2.5 m e anime inclinate su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°36 **pali** Ø1200 di lunghezza 30.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie, con sottovia di continuità delle piste di servizio inglobate nelle spalle. In questa fase progettuale sono stati eliminati i sottovia previsti entro le spalle, e, inoltre, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.15 APO15 – Ponte sul Condotto Generale

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Condotto Generale**”, in Comune di Cento, Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 41+818 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 32.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in raccordo clotoideo.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, dei quali quello Nord ha larghezza totale pari a 19.25 m, mentre quello Sud pari a 22.59 m; la larghezza stradale presenta variazioni notevoli: nord 16.61-18.36, sud 21.43-21.88 m. Per regolarizzare la struttura si è operato facendo variare i cordoli laterali.

L'**impalcato Nord** è realizzato con n°8 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.60 m, poste ad interasse 2.30m.

L'**impalcato Sud** con n°9 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.60 m, poste ad interasse 2.30m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante'. Ogni spalla grava su n°14 **pali** Ø1200 di lunghezza 24 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.16 APO16 – Ponte sul Canale di Cento

L'Opera in esame sovrappassa il "**Canale Diversivo Cento**", in Comune di Cento in Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 44+080 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 32.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in curva, con raggio di curvatura pari a circa 1900 m.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati in c.a.p. di larghezza totale pari a 17.65m (impalcato nord) e 16.35m (impalcato sud).

L'**impalcato Nord** è realizzato mediante n°7 travi a 'V' poste ad interasse 2.30 m, di altezza 1.60 m.

L'**impalcato Sud** è realizzato mediante n°6 travi a 'V' poste ad interasse 2.50 m, di altezza 1.60 m.

Gli **appoggi** sono di tipo a disco elastomerico confinato "Vasoflon".

**Le spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'chiuso'. Ogni spalla grava su n°48 **pali** (4 file da 12 pali ciascuna) Ø1200 di lunghezza 36.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

### 2.3.2.17 APO17 – Ponte sul Canale Angelino

L'Opera in esame sovrappassa il “**Canale Angelino**”, in Comune di Sant'Agostino in Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 46+250.452 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 28.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilifilo. L'obliquità è pari a 40.5°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcato affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35m.

Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°6 travi a 'V' in c.a.p. di altezza 1.40 m, poste ad interasse 2.50 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante'. Ogni spalla grava su n°18 **pali** Ø1200 di lunghezza 23 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie – e della luce (22.0 m). Il pulvino era posto su diaframma. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

### 2.3.2.18 APO18 – Ponte sullo Scolmatore fiume Reno

L'opera in oggetto di scavalco dello “**Scolmatore Reno**” è un ponte costituito da 3 campate con luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 80 m, 80 m e 80 m, per una lunghezza totale di 240 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

La soluzione tecnica prevista è quella di **impalcato** a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 3.80 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La sezione è completata da una trave centrale avente funzione di rompitratta per la soletta, dai cordoli in c.a. di posizionamento dei guard-rail e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...).

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **pila** sono previste a fusto unico aventi sezione di forma ellittica di dimensioni 9.20 m x 2.40 m ed altezza variabile da 11.65 m (Pila 1) a 10.85 m (Pila 2). I plinti di fondazione presentano forma planimetrica quadrata di lato 12.80 m e spessore pari a 2.0 m. Ogni plinto è poi collegato a 16 pali in c.a., ad interasse 3.60 m, trivellati in opera e aventi lunghezza totale pari a 40.0 m e diametro 1200 mm.

Le **spalle** si prevedono come strutture di contenimento del rilevato stradale aventi altezza media pari a circa 4.0-4.6 m dallo spiccatto della platea di fondazione e fondate su 20 pali in c.a. trivellati aventi diametro pari a 1500 mm e lunghezza totale pari a 40.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con luci diverse da quelle ora proposte in relazione alla necessità di soddisfare le richieste operate dal Servizio Tecnico Bacino del Reno.

#### 2.3.2.19 APO19 – Ponte sullo Scolo Riolo

L'Opera in esame sovrappassa lo "**Scolo Riolo**", in Comune di Poggio Renatico, Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 51+107.840 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 22.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in raccordo circolare, con raggio di curvatura pari a circa 1800 m ed una obliquità di 23°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati in c.a.p., dei quali quello nord di larghezza totale 16.36 m e quello sud di larghezza totale 17.84 m.

L'**impalcato** nord è realizzato mediante n°8 travi a 'V' di altezza 1.10 m, poste ad interasse 1.80 m.

L'**impalcato** sud è realizzato mediante n°9 travi a 'V' di altezza 1.10 m, poste ancora ad interasse 1.80 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante'. Ogni spalla grava su n°14 **pali** Ø1200 di lunghezza 19.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.20 APO21 – Ponte sullo Scolo Principale Superiore (Aldrovandi)

L'Opera in esame sovrappassa lo "**Scolo Principale Superiore (Aldrovandi)**", in Comune di Poggio Renatico in Provincia di Ferrara, è posta alla progr. 57+576 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza totale pari a 35.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in curva, di raggio di 1500 m. L'obliquità è pari a circa 43°.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, di larghezza totale 16.35 m (Carreggiata Nord) e 18.55 m (Carreggiata Sud).

L'**impalcato Nord** è realizzato mediante n°7 travi a 'V' poste ad interasse 2.10 m, di altezza 1.60 m.

L'**impalcato Sud** è realizzato mediante n°8 travi a 'V' poste ad interasse 2.10 m, di altezza 1.60 m.

Gli **appoggi** sono di tipo a disco elastomerico confinato "Vasoflon".

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante a due file di pali'. Ogni spalla grava su n°28 **pali** Ø1200 di lunghezza 34.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie – e della luce (32.0 m). Il pulvino era posto su diaframma. In questa fase, invece, la larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata prevista per contenere tre corsie di marcia e quella di emergenza.

#### 2.3.2.21 IPO01 – Interconnessione con A22 – Allargamento Ponte su Parmigiana- Moglia

L'Opera in esame sovrappassa il "**Canale Parmigiana Moglia**", in Comune di Reggiolo, in Provincia di Reggio Emilia; è posta alla progr. 00+464 (Spalla Nord) dello svincolo autostradale di interconnessione con L'Autostrada A22; ha lunghezza totale pari a 42.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in raccordo clotoidico, con raggio di curvatura minimo pari a circa 260m.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 1 impalcato, di larghezza totale pari a 10.70 m.

L'**impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da una struttura metallica con altezza minima pari a 1.58 m e 3 anime verticali su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 0.35 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** sono di tipo 'passante a due file di pali'. Ogni spalla grava su n°8 **pali** (2 file da 4 pali ciascuna) di diametro Ø1200 e lunghezza pari a 25.0 m.

#### 2.3.2.22 IPO02 – Interconnessione con A22 – Allargamento Ponte su Cavo Acque Basse Reggiane

L'Opera in esame sovrappassa il "**Canale Acque Basse Reggiane**", in Comune di Reggiolo, in Provincia di Reggio Emilia; è posta alla progr. 00+353 (Spalla Nord) dello svincolo autostradale di interconnessione con L'Autostrada A22; ha lunghezza totale pari a 42.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Il Ponte è in rettilineo.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 1 impalcato, di larghezza totale pari a 10.70 m.

L'**impalcato** è realizzato in sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è costituito da una struttura metallica con altezza minima pari a 1.55 m e 3 anime verticali su cui poggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 0.35 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento a doppia superficie curva (Friction Isolation Pendula).

Le **spalle** sono di tipo 'passante a due file di pali'. Ogni spalla grava su n°8 **pali** (2 file da 4 pali ciascuna) di diametro  $\varnothing 1200$  e lunghezza pari a 25.0 m.

#### 2.3.2.23 SPO01 – Svincolo Autostazione S.Felice sul Panaro/Finale Emilia – Ponte sul Canale Diversivo Burana IV

L'Opera in esame sovrappassa il "**Canale Burana IV**", in Comune di San Felice sul Panaro in Provincia di Modena, è posto alla progr. 00+032 dello svincolo Finale Emilia (Spalla Ovest). Lo svincolo in questione si trova alla progressiva 28+200 del tracciato principale.

Il Ponte è in rettilineo, con obliquità pari a 34° e d ha lunghezza pari a 22.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 12.90 m.

Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°6 travi a 'V' poste ad interasse 1.80 m, di altezza 1.10 m.

Il **sistema di vincolo** dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici.

Le **spalle** – che raccolgono entrambi i viadotti - sono di tipo 'passante'. Ogni spalla grava su n°9 **pali**  $\varnothing 1200$  di lunghezza 15 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche identiche a quelle dell'opera ora progettata, a meno di minime differenze nella larghezza dell'impalcato. La larghezza dell'impalcato - e dell'opera tutta - è stata infatti prevista per contenere due corsie di marcia e quella di emergenza (non è stata prevista una terza corsia di marcia in quanto l'opera è posta sullo svincolo Finale Emilia).

#### 2.3.3. Trincee e gallerie artificiali

Lungo il tracciato sono previste le seguenti trincee e gallerie:

- interconnessione con A22, assi IRA03 e IRA04 che comprende muri ad U, una galleria sotto la sede della A22 e un monolite a spinta sotto la linea FS Verona-Modena;
- asse autostradale, località di San Possidonio che comprende muri ad U e un cavalcavia per dare continuità alla S.S. 12 Abetone;
- asse autostradale, località di San Giacomo Roncole che comprende muri ad U e un cavalcavia per dare continuità alla S.S. 12 Abetone;
- viabilità interferita S.P. 43 Maestra Grande in località Partecipanza di Cento che comprende muri ad U.

Nel seguito saranno descritte le singole opere.

### 2.3.3.1 Interconnessione A22 - Gallerie e trincee confinate assi IRA03 e IRA04

In prossimità dell'uscita Reggiolo-Rolo sull'Autostrada del Brennero A22, è previsto il raccordo fra l'autostrada medesima e l'autostrada in progetto. La rampa di raccordo con provenienza da Nord, si sviluppa in trincea e galleria e comprende un tratto di galleria artificiale che sottopassa la A22 (IGA01), un monolite ferroviario prolungato da uno scatolare che consente di sottopassare la linea ferroviaria Modena-Verona (IGA02), nonché le trincee confinate da muri previste a monte e valle della galleria e del monolite (WBS IMU01 – IMU02 – IMU04 – IMU05).

L'intervento in progetto si completa con la rampa, direzione Sud-Est, che permette l'immissione del traffico stradale dell'Autostrada A22 proveniente da Sud, nell'Autostrada Regionale Cispadana in progetto. Tale rampa di raccordo, che si sviluppa per 144.0 m, è realizzata mediante trincea confinata da muri ad "U" (IMU03).

Altimetricamente, procedendo da Ovest verso Est, si accede alla galleria dell'A22, tramite un tratto con pendenza 2.81%. Il tracciato, in uscita dalla galleria A22, corre ancora in leggera discesa con pendenza dello 0.47% per uno sviluppo di 482.0 m, attraversando la futura galleria sotto la ferrovia (IGA02), per poi risalire dello 2.37% per uno sviluppo di 199.0 m.

Il punto di minimo è posizionato in prossimità dell'uscita dal monolite ferroviario.

Lungo il tracciato sono previste due vasche di accumulo con relativo impianto di sollevamento.

Vista la natura dei terreni attraversati, quali limi argillosi per i primi 6.0 - 7.5 m per poi passare a sabbie, e la presenza della falda il cui livello è stato rilevato a circa 1.30/1.65 m di profondità da piano campagna, le opere in progetto prevedono sostegni provvisori del terreno realizzati mediante palancolati metallici. Il tratto di galleria sottostante la A22 verrà invece realizzato mediante cortina laterale di diaframmi.

Particolare attenzione è stata posta ai problemi di sottospinta idraulica sia in condizioni transitorie di cantiere che di esercizio dell'opera.

#### 2.3.3.1.1 *MURI AD U*

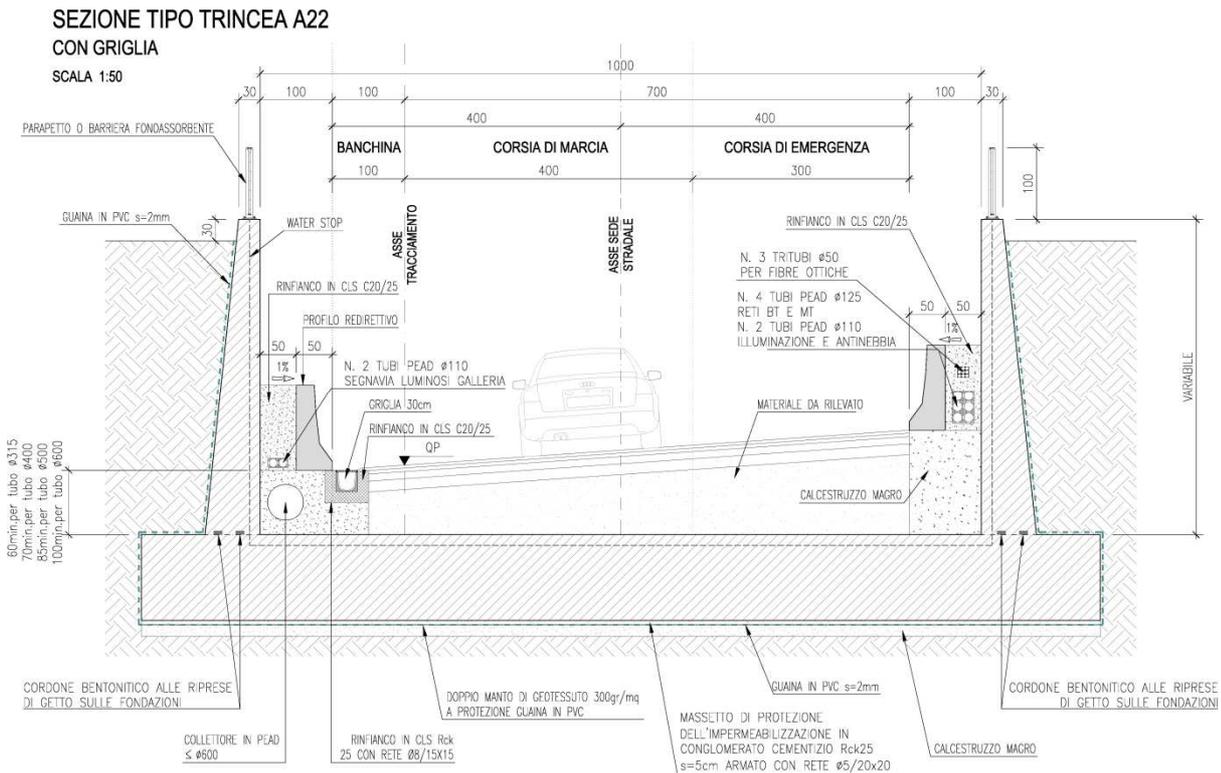
Partendo dalla Progr. Km 1+861.80 si prevede la realizzazione di una trincea confinata da muri ad "U" per uno sviluppo complessivo di 81.0 m (IMU01) sino a giungere alla galleria artificiale sotto l'autostrada che in tale tratto corre in rilevato. In funzione della profondità si prevedono spessori della soletta di fondazione variabili.

La larghezza della piattaforma stradale è pari a 8.00 m (singola corsia di marcia). Per la raccolta e smistamento delle acque è previsto l'inserimento, sul lato interno curva, di una caditoia grigliata continua, pozzetti disposti ad interasse pari a 24 m e tubo di raccolta in PEAD di diametro  $\leq 600$ mm.

Lungo entrambi i lati della carreggiata sono previsti allargamenti di 0.50 m per l'alloggiamento dei profili redirettivi, nonché ulteriori 0.50 m a tergo degli stessi per l'alloggiamento di polifere impiantistiche. La larghezza interna totale delle trincee risulta quindi pari a 10.0 m.

Tutti i muri sono realizzati mediante getto in opera del calcestruzzo, ed hanno i piedritti con spessore in sommità pari a 0.30m e pendenza della parete lato terreno pari a 1/10.

Il muro ad U è una struttura monolitica impermeabilizzata esternamente e inferiormente mediante guaina in PVC di spessore 2mm. Particolare cura è stata posta anche ai dettagli di impermeabilizzazione relativamente ai punti critici quali riprese di getto e giunti.



## Sezioni tipo muri ad U

Dalla Progr. Km 1+033.90 (uscita della galleria sottostante la A22) sino alla Progr. Km 1+322.90 si prevedono nuovamente muri ad "U" analoghi a quelli precedentemente descritti.

Alla Progr. Km 1+322.90 si ha la confluenza della rampa proveniente dall'Autostrada A22, con direzione da Sud verso Est, per immettersi nell'Autostrada Regionale Cispadana in progetto. Tale rampa di raccordo si sviluppa per una lunghezza di 144.0 m (dalla Progr. Km 0+685.25 alla Progr. Km 0+829.25) mediante trincea confinata da muri ad "U" in analogia al ramo Nord-Est. La piattaforma stradale presenta una pendenza trasversale massima del 7.00%.

Nella zona di confluenza, si ha il passaggio da una carreggiata a singola corsia di marcia con larghezza 8.0 m ad una carreggiata a doppia corsia di marcia di larghezza 11.50 m, esclusi i profili ridirettivi.

Dal tratto di confluenza delle due rampe in avanti, le progressive di tracciato sono riferite al ramo Sud-Est.

Proseguendo lungo la rampa, dalla Progr. Km 0+829.25 alla Progr. Km 982.33 per uno sviluppo complessivo di 153.0 m, si prevedono muri ad "U" con le stesse caratteristiche di quelli sopra descritti.

Analoghe caratteristiche presenta il tratto d'opera all'uscita del monolite ferroviario, dalla Progr. 1+022.33 alla Progr. Km 1+221.22.

#### 2.3.3.1.2 GALLERIA A22

Dalla Progr. Km 0+942.90 alla Progr. Km 1+033.90, per uno sviluppo complessivo di 91.0 m, è prevista la realizzazione della galleria artificiale di sottopasso all'Autostrada A22, denominata IGA01. L'angolo sotteso dall'intersezione fra i due assi stradali è pari a circa 35°.

La piattaforma stradale presenta una larghezza pari a 8.0 m. Lungo entrambi i lati della carreggiata sono previsti allargamenti pari a 0.50 m per l'alloggiamento dei profili ridirettivi, nonché ulteriori 0.50 m a tergo degli stessi per l'alloggiamento di polifere impiantistiche, da cui la larghezza complessiva interna risulta di 10.0 m.

L'altezza netta minima interna è superiore a 5.5 m.

I piedritti della galleria sono costituiti da diaframmi di spessore 1.0 m e lunghezza 25.0 m. La copertura è realizzata mediante solettone in cemento armato (c.a.) di spessore 1.10 m gettato in opera contro terra, previa preparazione del piano di posa con letto di sabbia e telo in pvc e regolarizzazione della testa dei diaframmi, mediante scapitozzatura. La platea di fondazione è prevista sempre in c.a., ha uno spessore di 1.20 m ed è gettata in opera sopra uno strato di calcestruzzo magro di spessore 20.0 cm. Previa idropulizia dei diaframmi, dalla platea spiccano su entrambi i lati, due muri in c.a. di spessore di 30.0 cm che creano una superficie regolare.



### 2.3.3.1.3 MONOLITE FERROVIARIO SOTTOSTANTE LA LINEA FERROVIARIA VERONA-MODENA

Dalla Progr. Km 0+982.33 alla Progr. Km 1+022.33 per uno sviluppo complessivo di 40.0 m, è prevista la realizzazione della galleria artificiale di sottopasso della Linea Ferroviaria Modena-Verona, a singolo binario, denominata IGA02.

L'angolo sotteso dall'intersezione fra gli assi delle due infrastrutture risulta essere pari a circa 60°.

L'opera è costituita da un tratto di scatolare di lunghezza 15.0 m realizzato in opera nella posizione utile a consentire un eventuale raddoppio della linea ferroviaria e da un tratto di lunghezza 25.0 m realizzato anch'esso in opera ma varato a spinta nella sua posizione finale.

L'importanza della linea ferroviaria interferita impone la realizzazione del monolite scatolare fuori opera, all'interno di un apposito pozzo di varo, e la successiva traslazione dello stesso al di sotto della sede ferroviaria. Quest'ultima può rimanere in esercizio per tutta la durata dei lavori, grazie alla posa in opera di appositi impalcati provvisori a sostegno dei binari (Metodo ESSEN).

#### SEZIONE TIPO MONOLITE A SPINTA SOTTO FS

SCALA 1:50

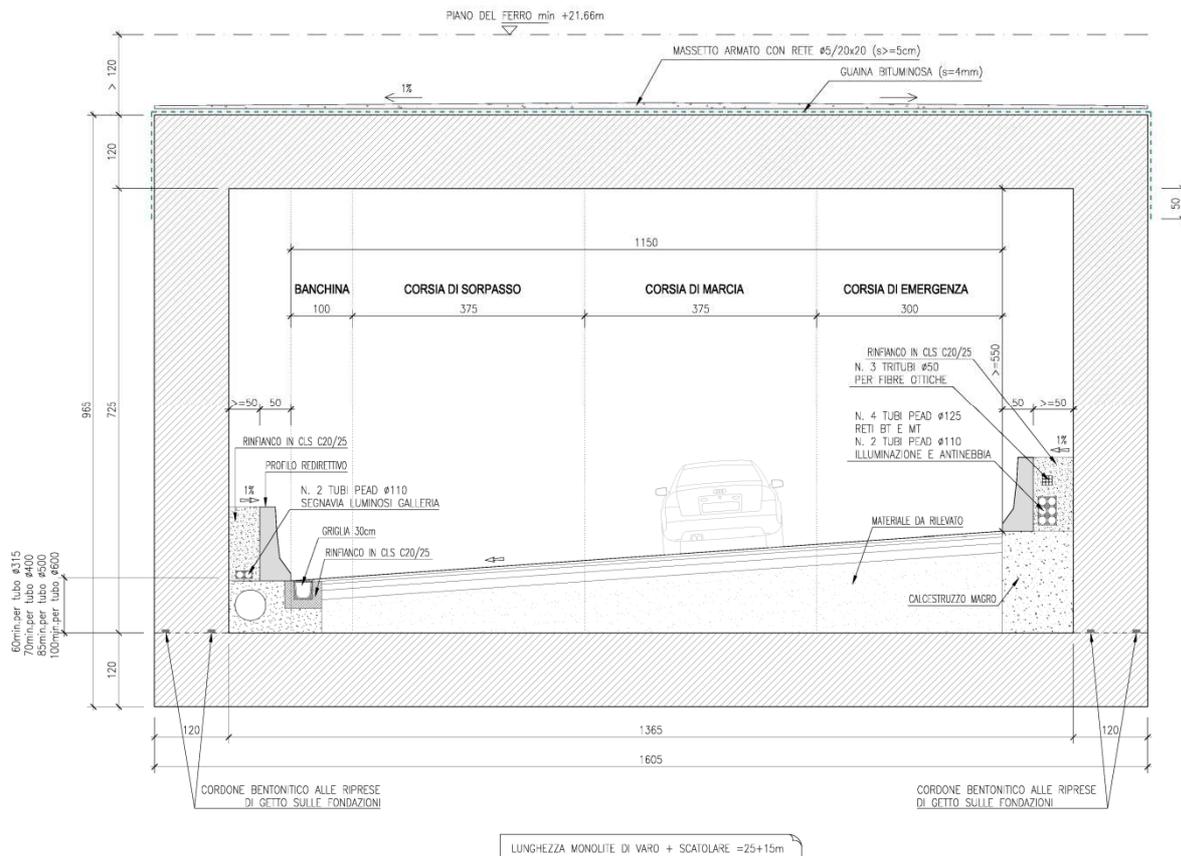


Figura 2-15: Sezioni tipo monolite

La traslazione ed infissione del monolite verrà eseguita attraverso idonea strumentazione oleodinamica. Lo scavo del terreno avverrà a foro cieco dall'interno del manufatto, con asportazione del materiale da tergo.

Il monolite presenta una sezione trasversale di dimensioni interne nette B x H pari a 13.65 x 7.25 m, con solette superiore ed inferiore di spessore paria 1.20 m e pareti laterali di spessore pari a 1.20 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 16.05 x 9.65 m. La lunghezza del monolite è di circa 25 m, cui devono aggiungersi i due rostri frontali triangolari, sagomati a 45° e sormontati da travi di collegamento, atti a consentire la corretta infissione del monolite.

A causa delle piccole tolleranze consentite, occorrerà un continuo controllo della posizione del monolite durante l'avanzamento, da ottenersi attraverso un preciso sistema di rilevamento topografico in modo da poter intervenire sulle modalità di scavo e sui dispositivi oleodinamici d'infissione, per correggere eventuali errori di traiettoria.

Terminata l'infissione del monolite, si procederà al completamento dello scavo, alla demolizione dei due rostri e alla realizzazione dei muri ad U in continuità con il monolite previa adeguata impermeabilizzazione del giunto tra monolite e muri.

La piattaforma stradale interna al monolite presenta una larghezza pari a 11.50 m. Lungo entrambi i lati della carreggiata sono previsti allargamenti pari a 0.50 m per l'alloggiamento dei profili ridirettivi.

L'altezza netta minima interna è superiore a 5.50 m.

La linea ferroviaria ad oggi è a singolo binario. In previsione di un eventuale futuro raddoppio della ferrovia, si prevede un tratto più esteso di galleria artificiale realizzato mediante scatolare in opera.

Lo scatolare in opera presenta una sezione trasversale di dimensioni interne nette B x H pari a 13.65 x 7.25 m, con solette superiore ed inferiore di spessore paria 1.20 m e pareti laterali di spessore pari a 1.20 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 16.05 x 9.65 m.

#### 2.3.3.2 Viabilità interferita: Trincea confinata S.P. n.43 Maestra Grande

Lungo l'asse principale del nuovo tracciato autostradale in progetto si rende necessaria alla progressiva Km 39+561.51 la realizzazione di un viadotto per lo scavalco della S.P. n°43 Maestra Grande e dell'adiacente Scolo Salione ubicata. Il tratto di strada provinciale interessato è interamente rettilineo e praticamente pianeggiante ed è compreso fra Via Monsignor di Sotto a Nord, la cui intersezione è risolta con una rotatoria, e Via Tassinari a Sud. In corrispondenza delle due intersezioni sono presenti alcuni nuclei abitativi formati da vari edifici. Parallelamente alla strada corre lo Scolo Salione che risulta per buona parte del tracciato interrato.

L'interferenza è risolta mediante un rialzo della livelletta autostradale e l'abbassamento del tracciato della strada provinciale. In particolare l'opera d'arte autostradale è costituita da due viadotti paralleli con una

tipologia studiata al fine di ridurre al minimo l'altezza dell'impalcato e l'ingombro delle pile, limitando l'impatto dell'attraversamento e garantendo in tal modo la massima trasparenza a chi percorre la S.P. n° 43 Maes tra.

Inoltre per minimizzare l'impatto del rilevato autostradale oltre che del viadotto è necessario prevedere un abbassamento della livelletta della strada provinciale, tenendo conto dei vincoli presenti a inizio e fine tracciato dovuti alla presenza delle intersezioni preesistenti. Il punto di minimo è stato quindi posto a circa 2.20 m da piano campagna attuale, quota risulta anche superiore al livello della falda idrica in condizioni ordinarie.

Data la contiguità della strada da un lato con lo Scolo Salione e data inoltre la presenza di fabbricati nel tratto attraversato, la trincea viene contenuta da muri ad U rivestiti da doghe in legno con funzioni mitigative sia dell'impatto visivo sia dell'impatto acustico.

SEZIONE TIPO MURI AD U  
SCALA 1:50

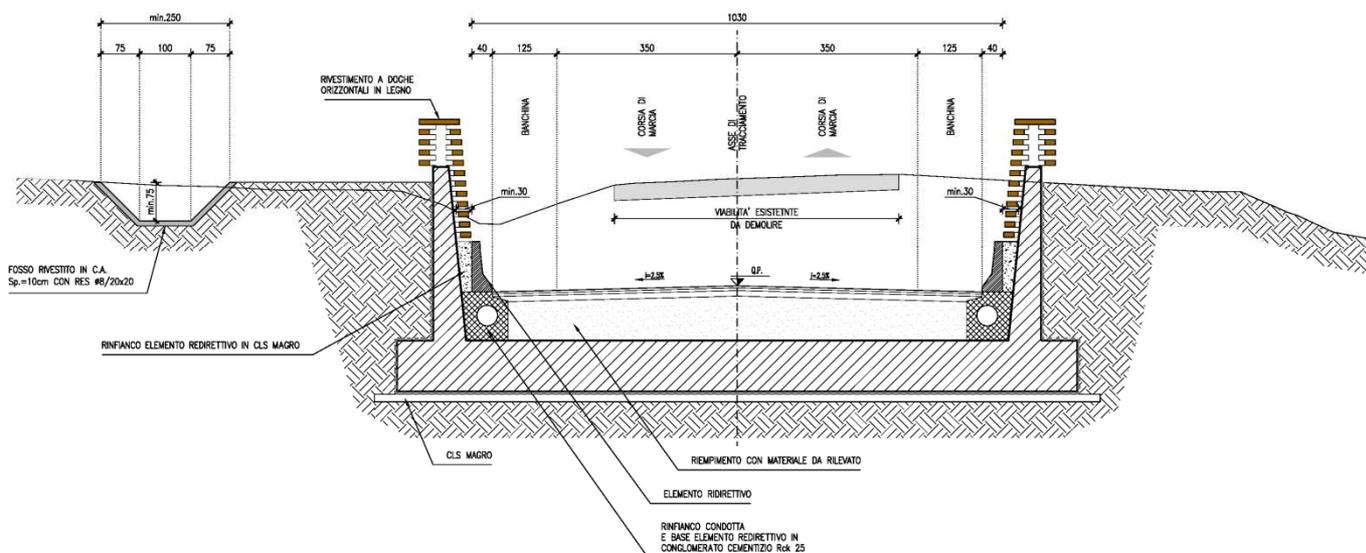


Figura 2-16: Sezioni tipo muri ad U

L'opera nel suo complesso è concepita per garantire la tenuta idraulica e dimensionata per sopportare le sottospinte idrauliche anche in condizioni eccezionali di esondazione.

In sintesi, nella progettazione si è perseguito l'obiettivo di conciliare le seguenti esigenze:

- minimizzazione dell'impatto ambientale, anche con riferimento alle opere ed alla cantierizzazione;
- minimizzazione delle interferenze, anche in fase di cantierizzazione, con le infrastrutture in esercizio;
- cura dell'estetica e del "mascheramento" della trincea confinata.

La trincea in progetto dal punto di vista geometrico contiene una carreggiata di larghezza netta pari a 9.50 m, sui lati della quale sono collocati due elementi di profili redirettivi; la carreggiata stradale possiede le caratteristiche di una C2 composta da due corsie da 3,50 m ciascuna oltre a due banchine di 1,25 m.

Come previsto dal D.M. del 05/11/01, la livelletta stradale è stata studiata per dar luogo ad una altezza libera non inferiore a 5,00m in corrispondenza del viadotto autostradale; il franco effettivo è di circa 5.30 m.

Durante i lavori il traffico è previsto deviato sulla viabilità esistente di Via Monsignor di Sotto, Via Riga e Via Tassinari.

#### 2.3.3.2.1 *PROGETTO STRADALE*

La deviazione stradale della SP43 "Maestra Grande" si sviluppa interamente in rettilineo e ricalca l'attuale sedime dell'infrastruttura andando solo a modificare l'altimetria. E' prevista l'adozione di una sezione di tipo C2 ai sensi del DM 05/11/2001 composta da due corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,50m, con banchina laterale di 1,25m.

Lungo i muri ad U la piattaforma stradale è limitata da un profilo redirettivo, particolare cura è stata riservata allo studio degli imbocchi dei muri dove il profilo viene fatto deviare dolcemente verso l'esterno.

Nei tratti in rilevato il margine è composto da una cunetta alla francese per la raccolta delle acque di piattaforma, da un arginello o da un argine per il contenimento di eventuali esondazioni.

Dal punto di vista altimetrico, il profilo di progetto è composto da due livellette principali di pendenza rispettivamente 4,2% e 4,3% necessarie per realizzare l'abbassamento di progetto. All'inizio e alla fine del muro ad U sono realizzati due lievi dossi con funzione di dissuasori per l'utilizzo del sottovia in caso di allagamenti dell'area in esame.

Il raccordo con la viabilità esistente è realizzato facendo variare in modo graduale la larghezza della piattaforma seguendo una legge parabolica.

#### 2.3.3.2.2 *MURI AD U*

L'intervento in esame comprende la realizzazione delle rampe confinate da muri a monte e valle della zona di attraversamento. Lo sviluppo complessivo del tratto in trincea risulta pari a 156 m.

Il punto di minimo è posizionato in prossimità dell'attraversamento del viadotto, ove è prevista la realizzazione della vasca di accumulo liquidi e relativo impianto di sollevamento.

Il muro ad U è caratterizzato da una soletta di spessore variabile da 0.7 m a 1.00 m e da due pareti in elevazione a sezione trapezoidale e di altezza variabile lungo il tracciato. Tutti i muri sono realizzati mediante getto in opera del calcestruzzo, ed hanno i piedritti con spessore in sommità pari a 0.30m e pendenza della parete lato strada pari a 1/10 per consentire un effetto di percezione visiva "aperta".

Il muro ad U è una struttura monolitica impermeabilizzata esternamente e inferiormente mediante guaina in PVC di spessore 2mm. Particolare cura è stata posta anche ai dettagli di impermeabilizzazione relativamente ai punti critici quali riprese di getto e giunti.

I muri saranno sormontati nella parte superiore da un rivestimento a doghe in legno con funzioni mitigative sia dell'impatto visivo sia dell'impatto acustico.

Realizzato il muro ad U, rinterrato lo scavo fra le palancole (ove previste) e le pareti in elevazione, il sistema di aggotamento della falda può essere rimosso. Inoltre, poiché l'opera lambisce un'area soggetta a possibili esondazioni, la verifica al galleggiamento viene condotta con riferimento ad una Condizione Eccezionale che ipotizza un battente d'acqua alla quota di sommità dei ritti.

Internamente alle pareti sono installati i profili redirettivi.

Per la raccolta dei liquidi provenienti dalla piattaforma stradale, è previsto l'inserimento su entrambi i cigli destri delle carreggiate di un pozzetto con caditoia, ricavato a nicchia nei profili redirettivi, che mediante tubazione inserita nel riempimento sovrastante la fondazione, convoglia i liquidi raccolti alla vasca di accumulo dotata di impianto di sollevamento.

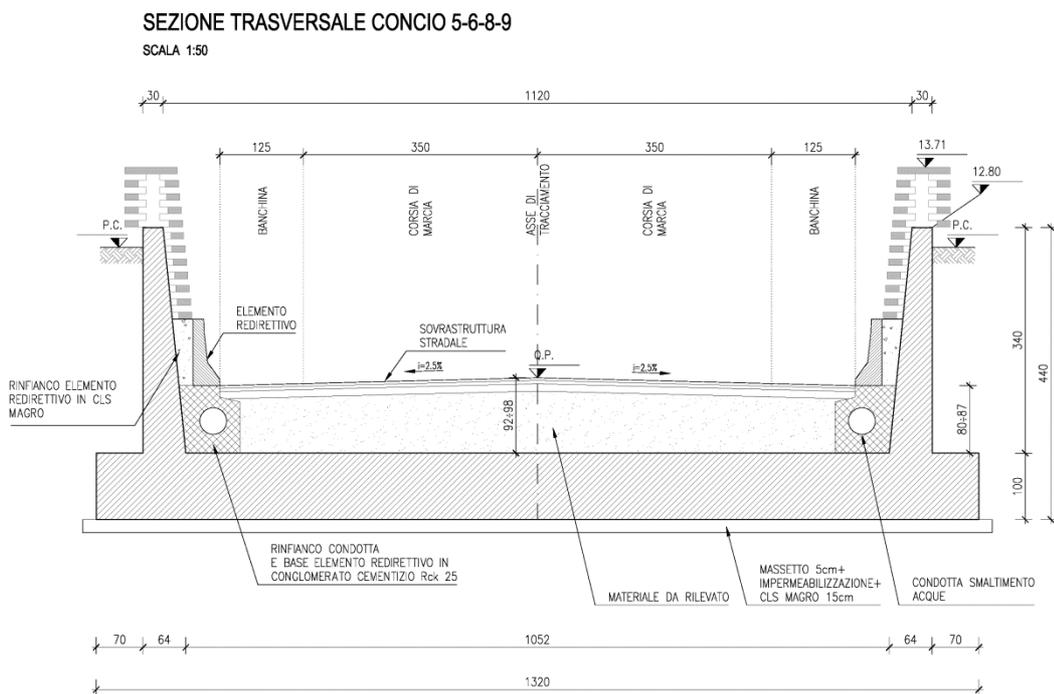


Figura 2-17: Sezioni tipo muri ad U

### 2.3.3.3 Asse autostradale: Trincea confinata e cavalcavia San Giacomo Roncole

L'opera in oggetto si colloca tra la Prog. Km. 18+152.55 e la Prog. Km. 18+742.10 in corrispondenza dell'abitato di San Giacomo Roncole.

L'intervento comprende un cavalcavia a via inferiore che sottopassa la S.S.12 Abetone (WBS VCV23), nonché le trincee confinate da muri previste a monte e valle del cavalcavia (WBS AMU04 – AMU05).

Altimetricamente, procedendo da Ovest verso Est, si percorre la trincea per un tratto con pendenza 2.09% e lunghezza di circa 264.0 m sino alla vasca di raccolta delle acque meteoriche, quindi il tracciato prosegue in leggera ascesa con pendenza dello 1.13% per uno sviluppo di circa 118.0 m sino a sopraggiungere al sottoattraversamento della S.S.12, per poi risalire dello 3.21% per uno sviluppo di 166.0 m.

Il punto di minimo è posizionato in prossimità della vasca di raccolta acque meteoriche posta circa a metà dell'opera.

Vista la natura dei terreni attraversati, quali limi argillosi per i primi 13 m per poi passare a sabbie, e la presenza della falda, le opere in progetto prevedono sostegni provvisori del terreno realizzati mediante palancolati metallici.

Particolare attenzione è stata posta ai problemi di sottospinta idraulica sia in condizioni transitorie di cantiere che di esercizio dell'opera.

La trincea ricade in zona potenzialmente esondabile; si assume un battente d'acqua di esondazione di +1.0 m da p.c. per cui i muri laterali della trincea sono previsti di altezza da p.c. di circa  $1.0+0.3=1.3$  m. Alle estremità della trincea, per dare continuità alla barriera rappresentata dai muri, sono previsti due argini in argilla che si raccordano con il rilevato stradale ad altezza 1.0 m da p.c.

#### 2.3.3.3.1 MURI AD U

Partendo dalla Progr. Km 18+152.55 si prevede quindi la realizzazione di una trincea confinata da muri ad "U" per uno sviluppo complessivo di 406.33 m (AMU04) sino a giungere al sottoattraversamento della esistente S.S.12 Abetone.

La larghezza minima della piattaforma stradale è pari a 14.95 m per ciascuna corsia di marcia. Per la raccolta e smistamento delle acque di piattaforma è previsto l'inserimento, a bordo trincea oppure in asse al variare della pendenza trasversale della piattaforma, di una caditoia grigliata continua, pozzetti disposti ad interasse pari a 24 m e tubo di raccolta in PEAD di diametro  $\leq 800$ mm. Il pozzetto è inserito all'interno della banchina.

Lungo entrambi i lati della carreggiata sono previsti allargamenti di 0.50 m per l'alloggiamento dei profili ridirettivi, nonché ulteriori  $0.50+0.3$  m a tergo degli stessi per l'alloggiamento di polifere impiantistiche e del rivestimento fono-assorbente.

Tutti i muri sono realizzati mediante getto in opera del calcestruzzo, ed hanno i piedritti con spessore in sommità pari a 0.30 m e pendenza della parete lato terreno pari a 1/10.

Il muro ad U è una struttura monolitica impermeabilizzata esternamente e inferiormente mediante guaina in PVC di spessore 2 mm. Particolare cura è stata posta anche ai dettagli di impermeabilizzazione relativamente ai punti critici quali riprese di getto e giunti.

Con l'approfondimento della trincea al di sotto della ciabatta di fondazione sono stati previsti pali con funzione di ancoraggio della struttura poiché il peso dell'opera e dei permanenti su essa gravanti risultano inferiori alla sottospinta idraulica generata dalla falda. I pali sono stati differenziati in diametro e lunghezza man mano che ci si approfondisce mantenendo tuttavia costante la maglia 3.0 x 3.3 m2.

Dalla Progr. Km 18+575.76 alla Progr. Km 18+742.10 (AMU05), oltrepassata la S.S.12, l'opera prosegue in analogia al tratto precedente mediante trincea confinata da muri ad "U". Anche questo tratto, al fine di garantire idonea capacità nei confronti del galleggiamento, è stato in parte sottofondato su pali.

**SEZIONE TIPO 2**  
**SCALA 1:100**

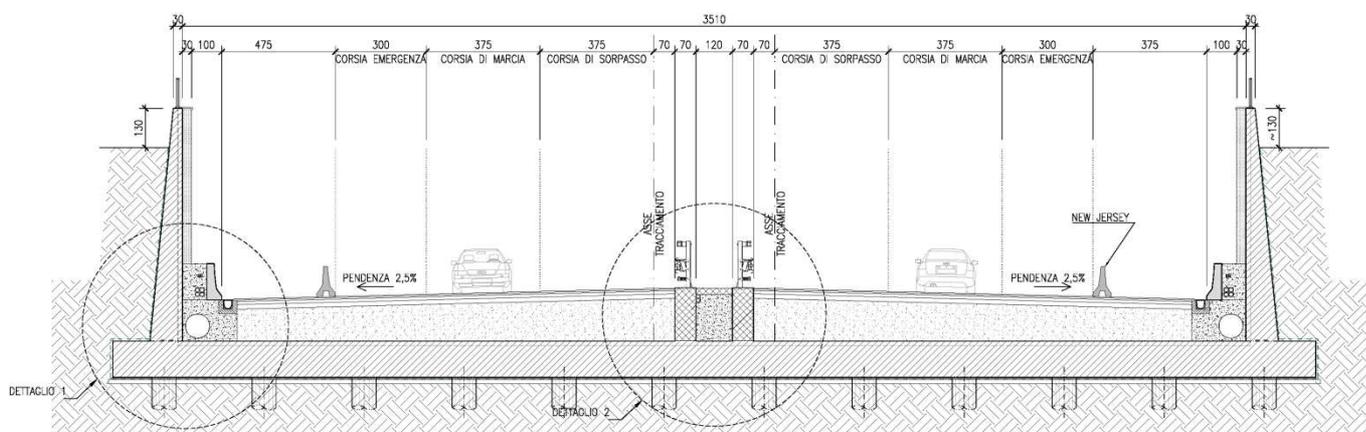


Figura 2-18: Sezioni tipo muri ad U

#### 2.3.3.3.2 CAVALCAVIA SS 12 ABETONE

Alla Progr. Km 18+558.88 è prevista la realizzazione di un cavalcavia a via inferiore di sottopasso alla S.S.12 Abetone, denominato VCV23.

Il cavalcavia, che interseca l'asse della sottostante trincea con una leggera obliquità di circa 95g, presenterà una larghezza complessiva, da asse trave ad asse trave, costante dell'impalcato di 14.4 m e campata unica di luce tra gli appoggi pari a 42.85 m.

La sezione trasversale è tale da accogliere, internamente alle travi metalliche portanti che fungono anche da parapetto, due corsie di marcia di larghezza 3.50 m cadauna, due banchine stradali di 1.25 m cadauna ed un marciapiede per lato di 2.00 m che ospiterà anche i necessari cordoli per l'alloggiamento dei sicurvia.

Il nuovo attraversamento appoggerà su spalle in c.a. fondate su pali trivellati.

La sagoma dell'intradosso del cavalcavia di progetto garantirà un franco minimo rispetto al piano autostradale di 5.59 m.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori sismici elastomerici (HDRB), inquadrabili secondo la tipologia descritta al punto 11.9.7 delle NTC08.

La soluzione strutturale adottata è quella di impalcato bitrave a sezione mista acciaio-cls in cui le due travi portanti, ad altezza variabile dagli appoggi sino alla mezzeria, fungono da parapetto esterno per gli utilizzatori dei marciapiedi. Le travi principali avranno altezza massima in mezzeria pari a 2.90 m mentre in corrispondenza degli appoggi l'altezza si ridurrà a 2.00 m. Le travi verranno sormontate da apposita parapetto integrato con rete metallica per garantire una altezza di protezione di 3.0 m da piano viario.

Le travi parapetto portanti sono disposte ad interasse di 14.4 m. Ad esse l'impalcato risulterà appeso mediante traversi metallici a doppio T a sezione costante posti ad interasse longitudinale di circa 1.0 m.

La soletta di calcestruzzo strutturale prevista all'estradosso dei traversi avrà una sezione con spessore minimo da 25 cm. La connessione ai traversi metallici verrà realizzata mediante pioli tipo Nelson. Nelle zone dei marciapiedi la soletta in cls presenterà spessore maggiorato al fine di consentire l'alloggiamento di eventuali polifere per il passaggio degli impianti.

La sede stradale presenterà pendenza trasversale costante per le due falde e per l'intero sviluppo longitudinale dell'impalcato pari al 2.50%.

Il getto della soletta avverrà con l'ausilio di predalles in acciaio al fine di contenere le altezze di impalcato.

Per la stabilità delle travi durante il montaggio è previsto una controventatura che potrà essere smontata una volta gettata la soletta.

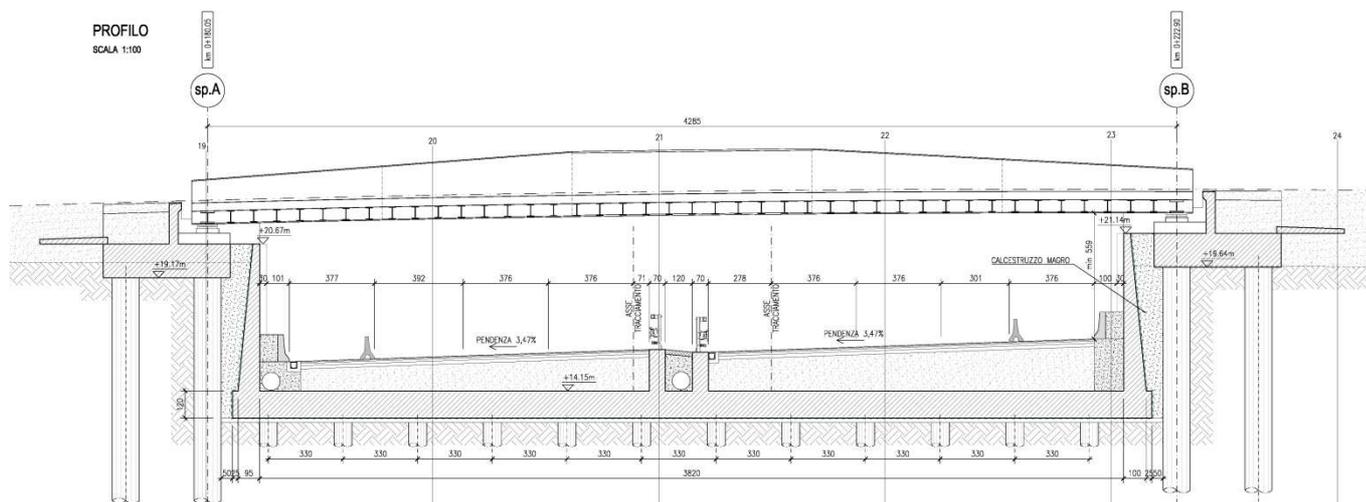


Figura 2-19: Profilo del cavalcavia

## SEZIONE TRASVERSALE IN MEZZERIA

SCALA 1:50

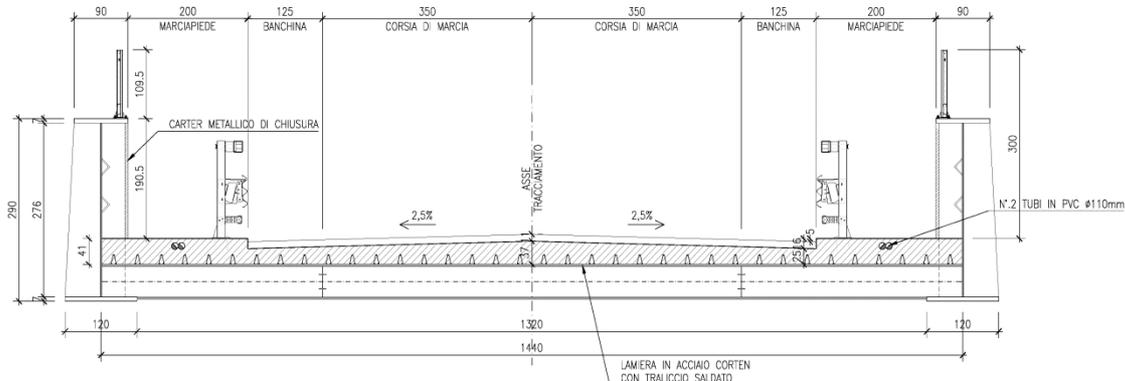


Figura 2-20: Sezione in mezzaria

### 2.3.4. Sottopassi

La risoluzione delle interferenze con la viabilità ordinaria avverrà, qualora le condizioni la richiedano, anche mediante la costruzione di sottopassi carrabili. La larghezza dei manufatti sarà legata alle caratteristiche dimensionali delle viabilità interessate. Le pendenze adottate e i raggi di raccordo verticale saranno tali da garantire il rispetto delle distanze di visibilità e di arresto previste dalle norme cogenti.

Nell'area di interferenza con i sottovia, l'autostrada di progetto è in rilevato rispetto al piano campagna circostante. Per questo motivo i sottovia in progetto sono costituiti da un sottovia scatolare al di sotto del rilevato autostradale a sezione rettangolare a singola canna e da muri di imbocco con sezione ad U ed L per ogni imbocco dello scatolare, aventi la funzione di contenimento delle scarpate del rilevato soprastante. All'estradosso della soletta superiore dello scatolare sono presenti i cordoli laterali, trasversali al sottovia, che consentono il contenimento del corpo autostradale della Cispadana e l'installazione delle relative barriere di sicurezza e parapetti metallici.

I sottovia in progetto possono essere distinti in due raggruppamenti: sottovia a raso e sottovia in trincea. I primi, denominati soprafalda, si sviluppano sostanzialmente a livello del piano campagna e sono ubicati laddove il rilevato autostradale ha altezza sufficiente da ospitare l'intera dimensione in altezza dell'opera mentre i secondi, denominati sottofalda, presentano un approfondimento della livelletta rispetto al piano campagna per permettere la risoluzione dell'interferenza nei casi in cui il rilevato autostradale presenta altezze ridotte sul piano campagna.

Nei tratti di tracciato compresi tra le opere d'arte (muri ad U e scotalari), a margine delle banchine ed a ridosso del paramento dell'opera d'arte, sono previsti degli elementi ridirettivi con profilo New Jersey in conglomerato cementizio armato di altezza di larghezza pari a 0.40m.

L'altezza interna netta di ciascun scatolare è stata valutata al fine di avere sia il franco minimo di 5.30m, superiore a quello imposto dalla normativa stradale e pari a 5.00m, sia un ricoprimento minimo della fondazione sufficiente per ospitare pacchetto stradale e tubazioni di scolo.

Dal punto di vista strutturale i sottovia sono realizzati mediante struttura scatolare in conglomerato cementizio armato, composta da soletta superiore, piedritti e soletta inferiore, opportunamente impermeabilizzata nelle parti controterra.

Nella progettazione dei sottovia si è tenuto conto della possibilità futura di realizzare la terza corsia sulla Autostrada Cispadana. Per tale ragione, la sezione longitudinale dello scatolare, è stata dimensionata considerando il futuro allargamento della carreggiata; allo stato di progetto sono stati previsti 3 cordoli di cui 2 provvisori (i quali saranno demoliti all'atto di costruzione della terza corsia) ed uno definitivo che rimarrà in opera anche dopo la realizzazione della terza corsia. Quest'ultimo cordolo, è stato dimensionato in maniera tale da poter ospitare sia la barriera di ritenuta, sia l'eventuale barriera antirumore, rispettando le adeguate larghezze operative. Nel cordolo definitivo sono stati predisposti gli opportuni spazi per la polifora, che verranno usati anche nella configurazione della Cispadana a 2 corsie.

A completamento delle opere sono previsti muri ad U ed L per ogni imbocco dello scatolare. Lo sviluppo dei muri è stato determinato in base all'altezza del terreno presente lateralmente. Su entrambi i lati i muri d'ala presentano elevazioni divergenti dall'allineamento, inclinandosi planimetricamente ed in modo simmetrico rispetto la mezzeria al fine di accogliere adeguatamente la strada provinciale in ingresso; per i sottovia sottofalda tale divergenza viene realizzata esclusivamente negli ultimi 7.00m di sviluppo dell'opera. Tale soluzione consente di avere una più graduale percezione dell'andamento plano-altimetrico del tracciato durante la marcia, evitando quindi di disorientare l'utenza. Per lo stesso motivo si è scelto di realizzare l'imbocco della rampa contestuale ad un allargamento planimetrico delle elevazione.

I muri di imbocco ad U sono composti da platea di fondazione con spessore costante e da elevazione a spessore variabile sia in senso verticale che longitudinale. I muri di imbocco ad L sono composti anch'essi da platea di fondazione con spessore costante e da elevazione a spessore variabile, sia in senso verticale che longitudinale. Il paramento del muro rivolto verso la carreggiata (paramento interno) è verticale, mentre quello verso il terreno (p. esterno) permette un' allargamento della sezione resistente del muro con un'inclinazione di 1/10. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto relativi a ciascuna opera.

In testa ai muri è prevista l'installazione di un parapetto di altezza 1.10m con griglia zincata e della recinzione, che si prevede in continuità con quella corrente al piede del rilevato della rampa.

Per i soli sottovia sottofalda, in prossimità del punto più basso della pavimentazione stradale è alloggiato l'impianto di sollevamento idraulico.

Si propone si seguito la tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche principali di ciascun sottovia:

WBS	SOTTOVIA	PK	CATEGORIA STRADALE	TIPO SOTTOVIA	DIMENSIONI INTERNE (m)	
					LARGHEZZA	ALTEZZA
V01	Strada Comunale Fantozza	Interconnessione A22 -Pk km 1+388.181 - Pk km 0+163.658	F2	SOTTO FALDA	9,30	6,85
V06	Strada Comunale Siltata	Pk km 5+856.349	F2	SOTTO FALDA	9,30	6,60

<b>V07</b>	Strada Comunale Santo Stefano	Pk km 8+004.093	F2	SOTTO FALDA	9,30	6,85
<b>V08</b>	SOTTOVIA S.P. N.8 DI MIRANDOLA	Pk km 8+925.925	C2	SOPRA FALDA	10,30	5,90
<b>V14</b>	SOTTOVIA VIA BACCARELLA	Pk km 15+812.565	F2	SOPRA FALDA	9,30	5,90
<b>V16</b>	SOTTOVIA VIA DELLA POSTA	Pk km 17+948.950	Strada categoria F2+ pista ciclabile	SOTTO FALDA	12,50	6,90
<b>V19</b>	SOTTOVIA VIA S.ANTONIO	Pk km 19+294.957	F2	SOPRA FALDA	9,30	5,90
<b>V20</b>	SOTTOVIA VIA IMPERIALE	Pk km 19+580.500	F2	SOPRA FALDA	9,30	5,90
<b>V21</b>	SOTTOVIA STRADA VIAZZOLO PICCA	Pk km 20+324.141	F2	SOPRA FALDA	9,30	5,90
<b>V31</b>	SOTTOVIA SC DI SELVABELLA	Pk km 35+844.716	F2	SOTTO FALDA	9,30	6,85
<b>V33</b>	SOTTOVIA STRADA VICINALE GNOLA	Pk km 38+276.159	F2	SOTTO FALDA	9,30	7,00
<b>V34</b>	SOTTOVIA S.P. 41 RIGA	Pk km 38+899.266	C2	SOPRA FALDA	10,30	5,90
<b>V49</b>	SOTTOVIA MONSIGNORE DI SOTTO	Pk km 40+306.772	C2	SOTTO FALDA	10,30	7,10
<b>V36</b>	SOTTOVIA VIA QUATTRO TORRI	Pk km 45+671.210	F2	SOTTO FALDA	6,85	9,30
<b>V44</b>	SOTTOVIA VIA IMPERIALE CAMURANA	Pk km 61+485.200	C2	SOPRA FALDA	10,30	5,90

Per una descrizione dettagliata di ciascun sottovia si rimanda alla corrispondente relazione tecnica.

### 2.3.5. Opere d'arte minori

La viabilità autostradale di progetto costituisce una barriera per la fitta rete di corsi d'acqua secondari e minori interferita dalla viabilità di progetto. Per garantire la continuità idraulica è stato necessario studiare ogni singolo corso d'acqua verificando quale manufatto idraulico è necessario prevedere.

Attraverso le verifiche idrauliche e le prescrizioni dei Consorzi di Bonifica si è giunti a definire un elenco di manufatti idraulici capace di soddisfare positivamente tutte le interferenze tra reticolo idrografico secondario e minore e la viabilità in progetto.

### 2.3.5.1 Tombini scatolari

Per la maggior parte dei corsi d'acqua secondari è stato previsto, come attraversamento idraulico, un tombino scatolare con dimensioni interne concordate con il Consorzio di Bonifica e successivamente verificate, attraverso modellazione matematica in moto permanente, per garantire un franco d'aria del 30% dell'area interna del tombino, considerando come portata di riferimento, quella massima sostenibile cioè la massima portata sostenibile dall'attuale sezione idraulica del tratto di canale analizzato.

Di seguito sono riportate le dimensioni e le caratteristiche costruttive dei tombini scatolari previsti per garantire la corretta continuità idraulica della rete idrografica esistente.

**Tabella 2-16: Dimensioni e caratteristiche costruttive dei tombini scatolari**

<b>MANUFATTI SCATOLARI</b>				
<b>TOMBINI</b>	<b>Caratteristiche costruttive</b>	<b>base</b>	<b>altezza</b>	<b>AREA</b>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>2</sup></i>
tubazione scatolare	CA in opera	1.50	1.00	1.50
tubazione scatolare	CA in opera	1.50	1.50	2.25
tubazione scatolare	CA in opera	2.00	1.50	3.00
tubazione scatolare	CA in opera	2.00	2.00	4.00
tubazione scatolare	CA in opera	2.50	2.00	5.00
tubazione scatolare	CA in opera	3.00	2.00	6.00
tubazione scatolare	CA in opera	3.00	2.50	7.50
tubazione scatolare	CA in opera	4.00	2.50	10.00
tubazione scatolare	CA in opera	4.00	3.00	12.00
tubazione scatolare	CA in opera	5.00	3.00	15.00
tubazione scatolare	CA in opera	6.00	4.00	24.00
tubazione scatolare	CA in opera	8.00	4.00	32.00
tubazione scatolare	CA in opera	5.00	2.25	11.25
tubazione scatolare	CA in opera	2.50	3.00	7.50
tubazione scatolare	CA in opera	4.00	2.00	8.00
tubazione scatolare	CA in opera	3.00	1.50	4.50
tubazione scatolare	CA in opera	2.00	1.00	2.00

Ogni Consorzio di Bonifica ha prescritto una propria tipologia di imbocco e sbocco del tombino che vengono descritte puntualmente di seguito:

- Il Consorzio Terre di Gonzaga in Destra Po ha prescritto che il raccordo tra il tombino e la scarpata sia realizzato con muri d'ala prolungati in asse al canale e che il rivestimento delle sponde e del fondo sia costituito da massi di cava non gelivi del peso di 50-150 Kg/cad (peso specifico 2,4 t/m<sup>3</sup>), incassati per 50cm su sponde e fondo ed intasati con CLS classe C12/15 per un'incidenza del 30% al m<sup>3</sup>. Tale rivestimento sarà prolungato di 4,0m dalla testa del tombino.

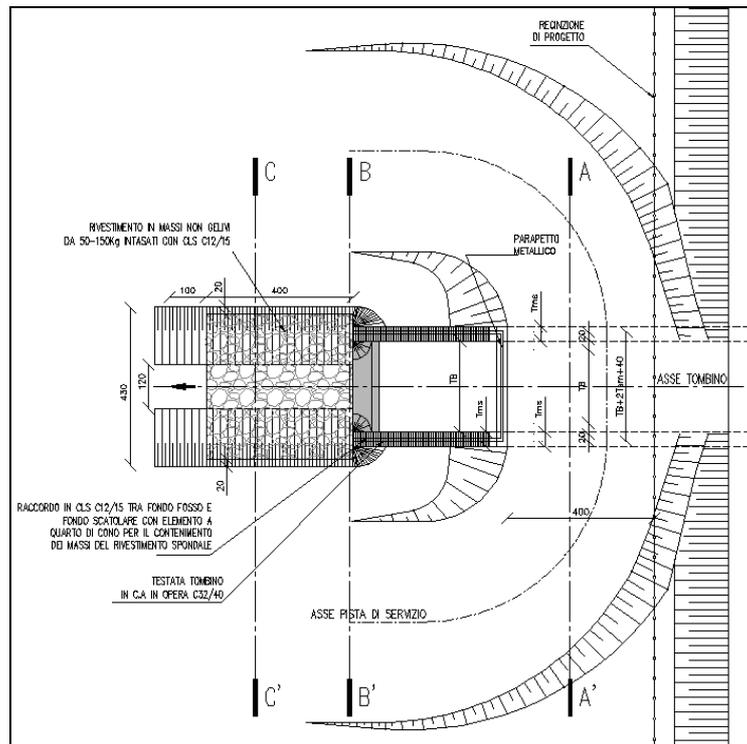


Figura 2-21: Planimetria imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Terre di Gonzaga in Destra Po

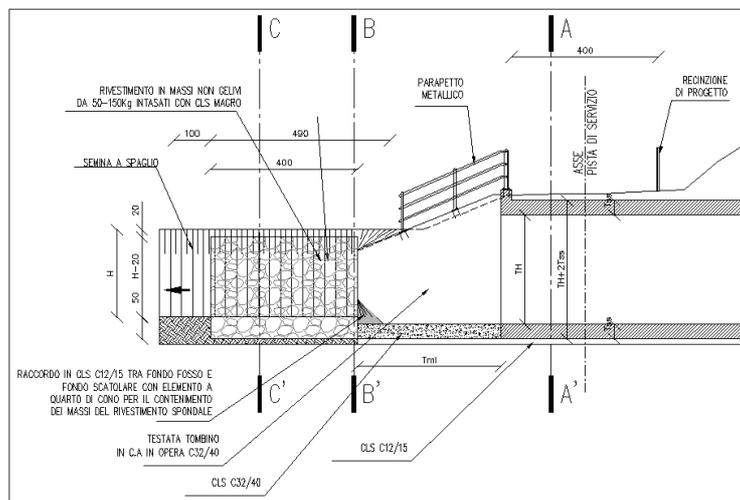


Figura 2-22: Sezione imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Terre di Gonzaga in Destra Po

- Il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale ha prescritto che il raccordo tra il tombino e la scarpata sia realizzato con muri d'ala prolungati in asse al canale e che il rivestimento delle sponde e del fondo sia costituito da massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad (peso specifico  $2,4 \text{ t/m}^3$ ), incassati per 50cm su sponde e fondo ed intasati con terreno sciolto di sterro per un'incidenza del 30% al  $\text{m}^3$ . Tale rivestimento sarà prolungato di 4,0m dalla testa del tombino.

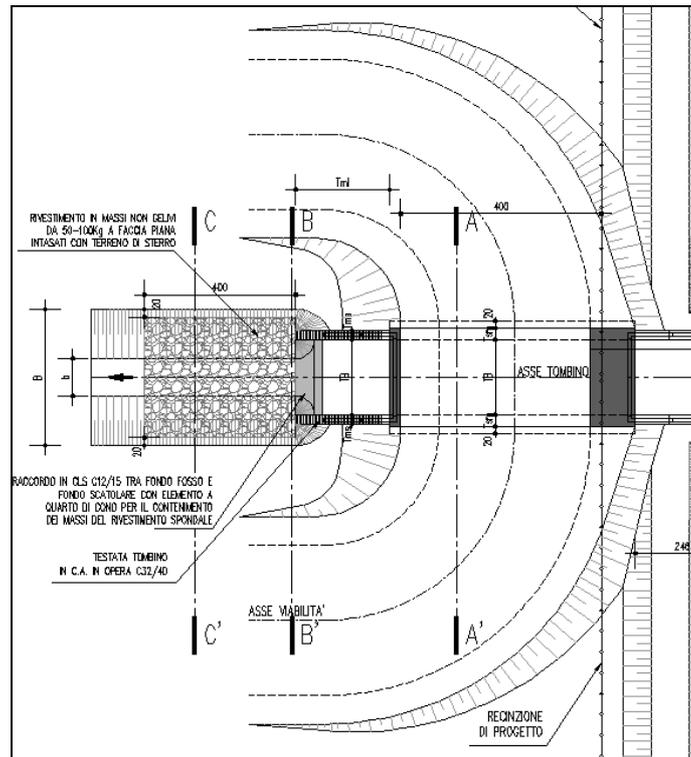


Figura 2-23: Planimetria imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Emilia Centrale

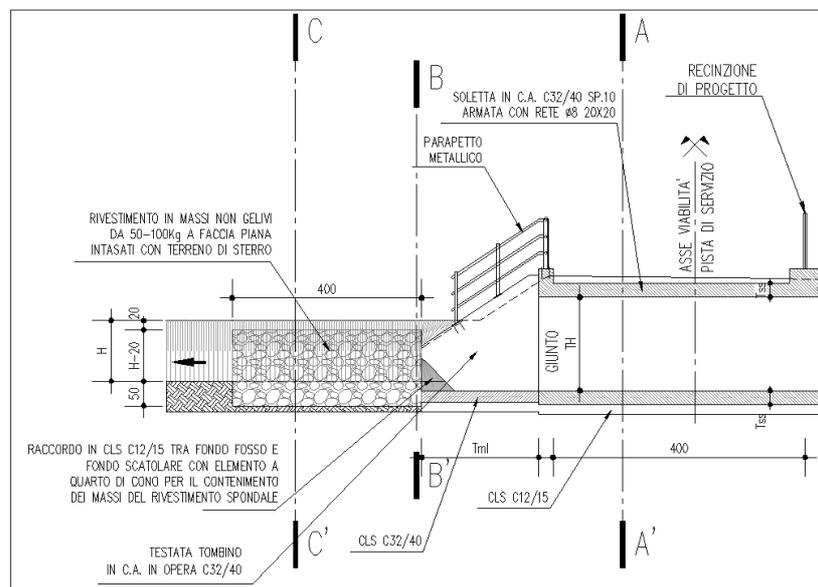


Figura 2-24: Sezione imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Emilia Centrale

- Il Consorzio di Bonifica Burana ha prescritto che il raccordo tra il tombino e la scarpata sia realizzato con muri d'ala inclinati rispetto all'asse del canale e che il rivestimento delle sponde e del fondo sia costituito da massi di cava non gelivi del peso di 50-100 Kg/cad (peso specifico  $2,4 \text{ t/m}^3$ ), incassati per 50cm sulle sponde, 80cm sul fondo ed intasati con CLS C12/15 per un'incidenza del 30% al  $\text{m}^3$ . Tale rivestimento sarà prolungato di 10m dalla testa del tombino.

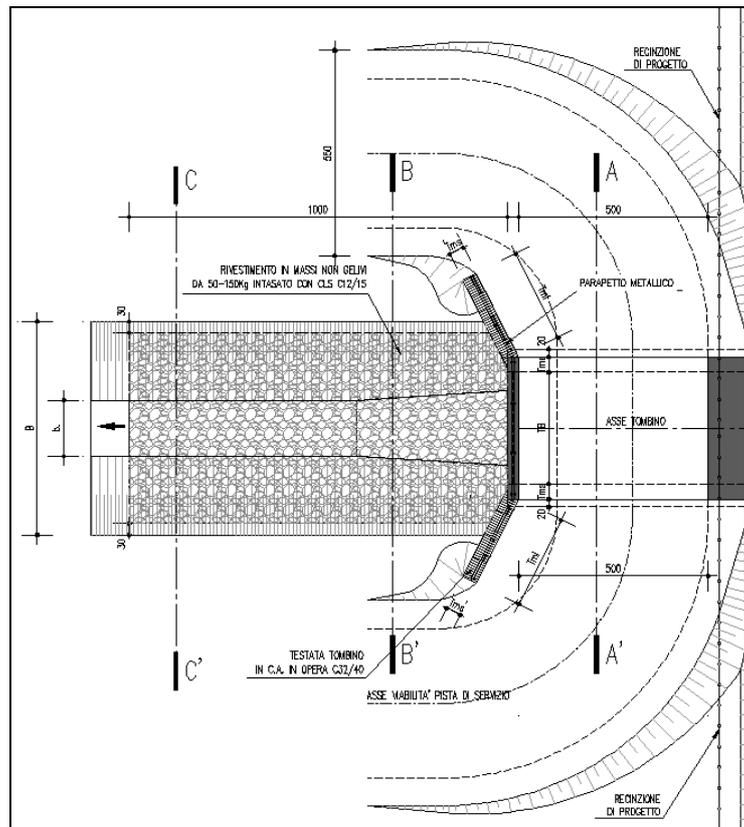


Figura 2-25: Planimetria imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Burana

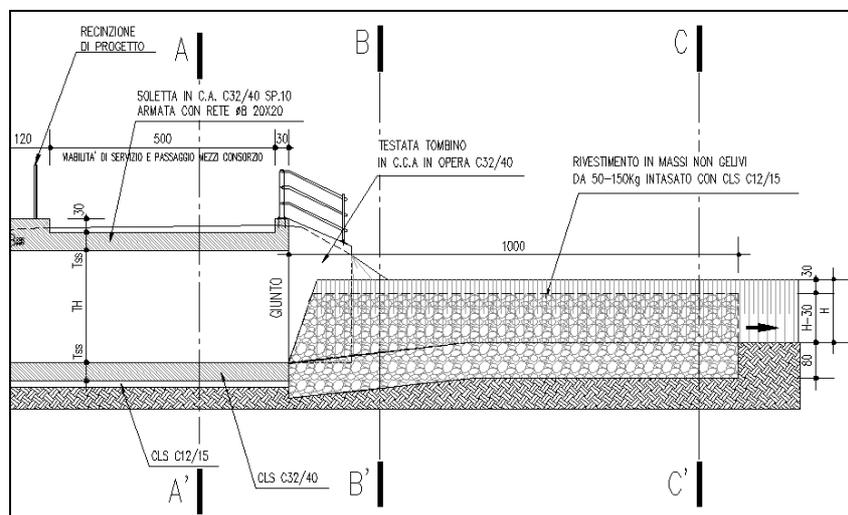
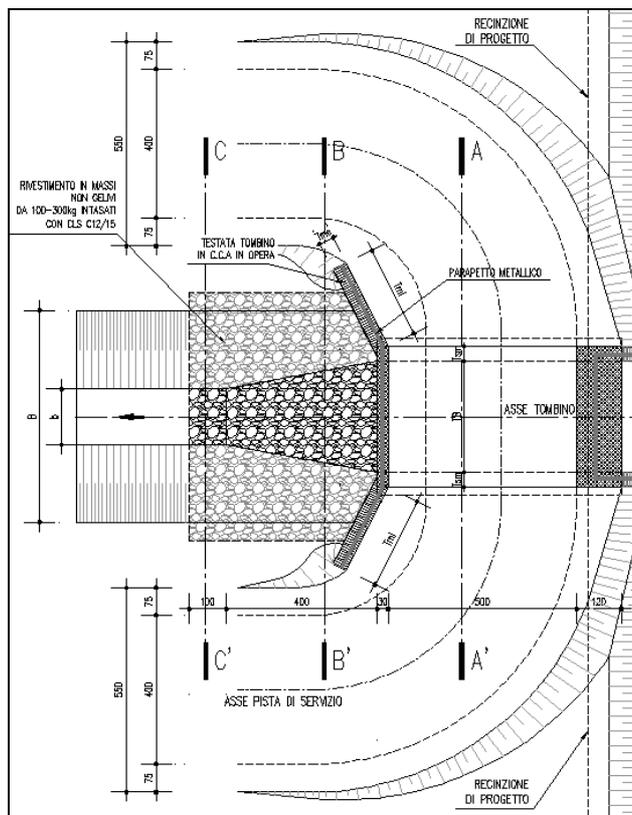
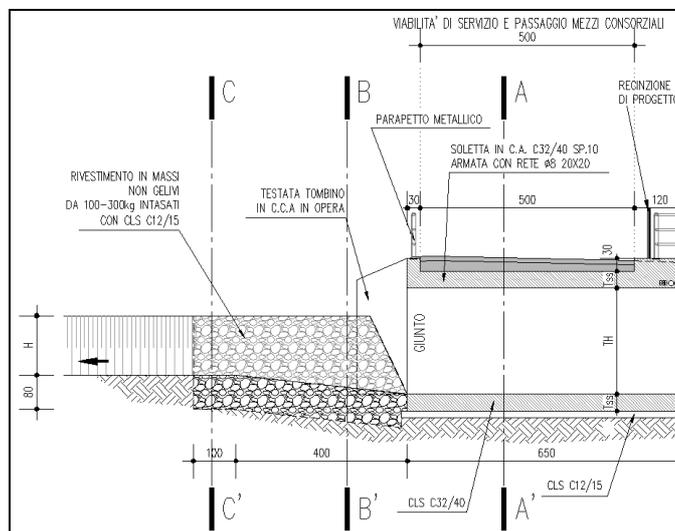


Figura 2-26: Sezione imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Burana

- Il Consorzio di Bonifica Terre di Ferrara ha prescritto che il raccordo tra il tombino e la scarpata sia realizzato con muri d'ala inclinati rispetto all'asse del canale e che il rivestimento delle sponde e del fondo sia costituito da massi di cava non gelivi del peso di 100-300 Kg/cad (peso specifico  $2,4 \text{ t/m}^3$ ), incassati per 50cm sulle sponde, 80cm sul fondo ed intasati con CLS C12/15 per un'incidenza del 30% al  $\text{m}^3$ . Tale rivestimento sarà prolungato di 5,0m dalla testa del tombino.



**Figura 2-27: Planimetria imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara**



**Figura 2-28: Sezione imbocco/sbocco Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara**

- Per gli attraversamenti privati è stato prescritto che il raccordo tra il tombino e la scarpata sia realizzato con muri d'ala prolungati in asse al canale e che il rivestimento delle sponde e del fondo sia costituito da CLS C32/40, spessore 15cm, armato con rete elettrosaldata da 6mm e con maglie 15cmx15cm. Tale rivestimento sarà prolungato di 1,5m dalla testa del tombino.

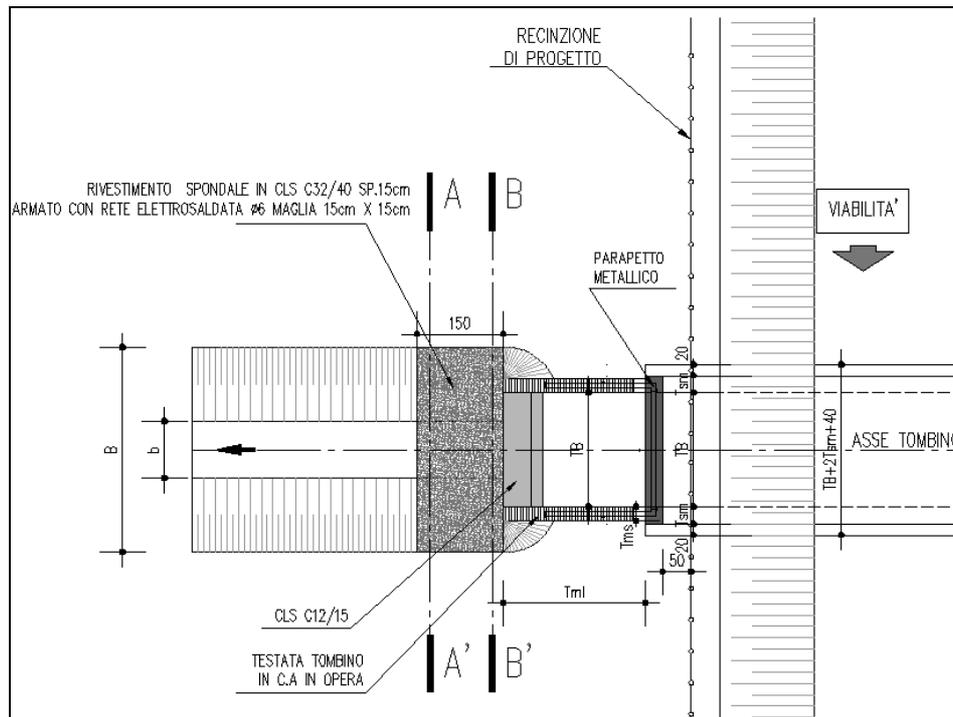


Figura 2-29: Planimetria imbocco/sbocco attraversamenti privati

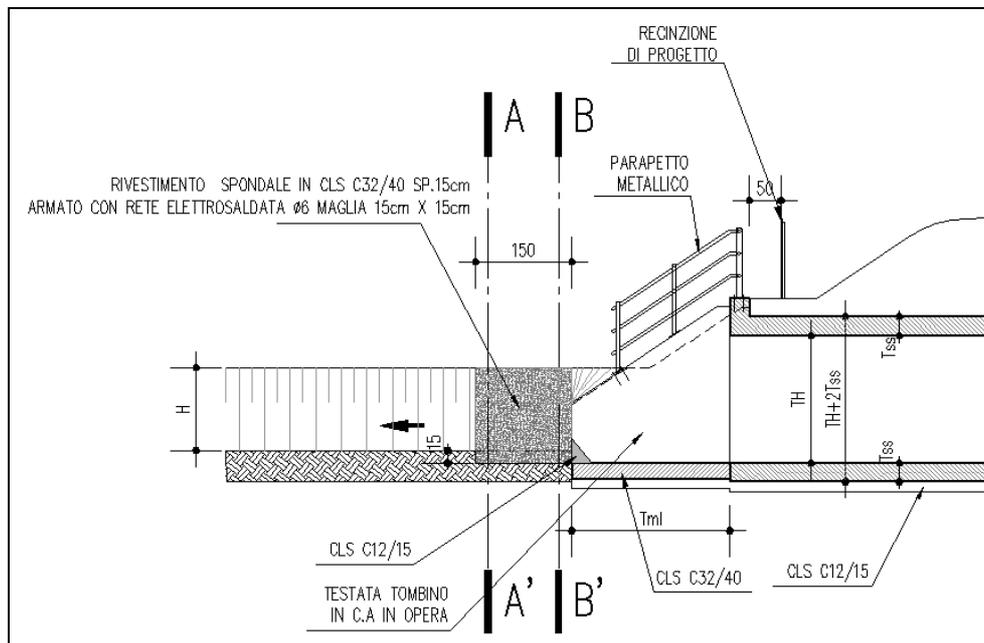


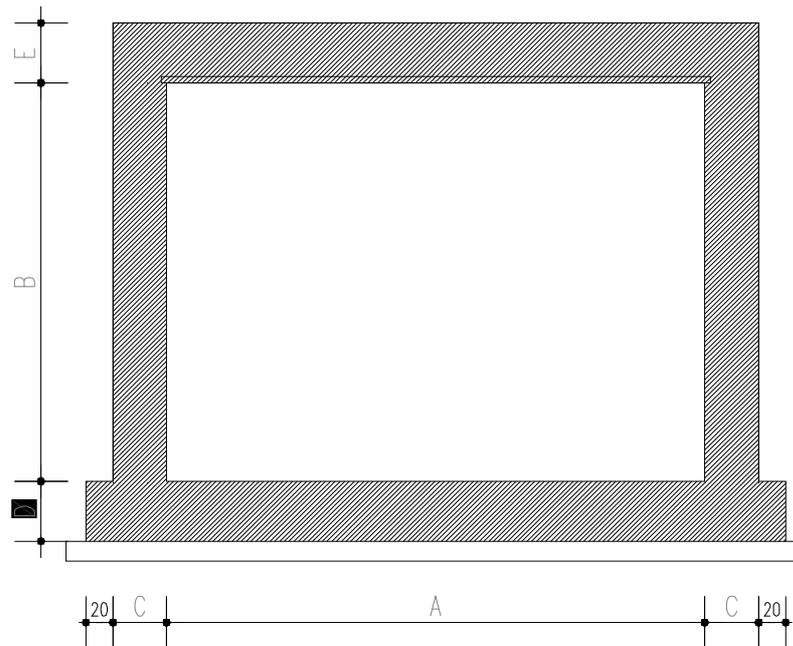
Figura 2-30: Sezione imbocco/sbocco attraversamenti privati

Ciascuna opera prevista è costituita da :

- Un tombino idraulico sotto l'autostrada Cispadana
- Tombini idraulici sotto le eventuali piste laterali di servizio
- Canali di collegamento tra i tombini con sezione trasversale ad U

- Imbocchi costituiti da canali di accesso con sezione trasversale ad U o da testate con muri d'ala a sbalzo.

Dal punto di vista strutturale i tombini idraulici sono costituiti da uno scatolare a sezione rettangolare a singola canna, avente la geometria riportata di seguito:



Gli spessori di solette e piedritti variano in funzione sia delle dimensioni nette interne sia dello spessore del ricoprimento, così come riassunto nella tabella seguente:

RICOPRIMENTO fino a 2m					RICOPRIMENTO fino a 5m					RICOPRIMENTO oltre 5 m				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
150	100	25	25	25	150	100	30	30	30	150	100	35	35	35
150	150	25	25	25	150	150	30	30	30	150	150	35	35	35
200	100	30	30	30	200	100	35	35	35	200	100	40	40	40
200	150	30	30	30	200	150	35	35	35	200	150	40	40	40
200	200	30	30	30	200	200	35	35	35	200	200	40	40	40
250	200	35	35	35	250	200	40	40	40	250	200	45	45	45
300	150	35	40	40	300	150	40	45	45	300	150	45	50	50
300	200	35	40	40	300	200	40	45	45	300	200	45	50	50
300	250	35	40	40	300	250	40	45	45	300	250	45	50	50
300	300	35	40	40	300	300	40	45	45	300	300	45	50	50
400	200	45	50	50	400	200	50	55	55	400	200	55	60	60
400	250	45	50	50	400	250	50	55	55	400	250	55	60	60
400	300	45	50	50	400	300	50	55	55	400	300	55	60	60
500	300	50	60	60	500	300	55	65	65	500	300	60	70	70

Le dimensioni in altezza dei tombini verranno adeguatamente incrementate in funzione dei cedimenti del piano di appoggio dei rilevati, secondo le geometrie indicate negli elaborati grafici di riferimento.

#### 2.3.5.2 Tombini circolari

Per i corsi d'acqua minori è stato previsto, come attraversamento idraulico, un tombino circolare con dimensioni interne definite tramite verifiche in moto uniforme al fine di garantire un franco d'aria del 30%.

Di seguito sono riportate le dimensioni e le caratteristiche costruttive dei tombini circolari previsti per garantire la corretta continuità idraulica della rete idrografica esistente.

**Tabella 2-17: Dimensioni e caratteristiche costruttive dei tombini circolari**

<b>MANUFATTI CIRCOLARI</b>				
<b>TOMBINI</b>	<b>Caratteristiche costruttive</b>	<b>base</b>	<b>altezza</b>	<b>AREA</b>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>2</sup></i>
tubazione circolare	prefabbricato		0.40	0.13
tubazione circolare	prefabbricato		0.50	0.20
tubazione circolare	prefabbricato		0.60	0.28
Si tubazione circolare	prefabbricato		0.80	0.50
tubazione circolare	prefabbricato		1.00	0.79
tubazione circolare	prefabbricato		1.20	1.13

Le dimensioni dei tombini circolari verranno adeguatamente incrementate in funzione dei cedimenti del piano di appoggio dei rilevati, secondo le geometrie indicate negli elaborati grafici di riferimento. In particolare si procederà ad aumentare il diametro dei tombini fino ad un massimo di  $\Phi 1200$ ; nel caso anche questa geometria non risultasse sufficiente a garantire il corretto deflusso delle acque in concomitanza con i cedimenti di progetto, si adotterà una struttura scatolare di dimensioni adeguate e definita negli elaborati grafici sopra menzionati.

#### 2.3.5.3 Manufatti idraulici

Tra le opere d'arte minore, oltre ai tombini, sono previste un gran numero di chiavichette di diversa tipologia e dimensione, essenziali per governare le acque di irrigazione.

Altrettanto importante sono le condotte irrigue in pressione che occorre predisporre nella misura di 4 passaggi da 50 m/cad al Km, al fine di garantire agli agricoltori di irrigare i loro campi intercettati e talvolta divisi in due aree distinte, dal tracciato autostradale.

Infine sono previste tubazioni e raccordi per testa attraversamenti poderali e stradine laterali di diam.  $\Phi 800$  in ca nella misura di 25 passaggi al km lunghi mediamente 6m.