

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A1) : MILANO NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA
DEL TRATTO MILANO SUD (Tang. Ovest) – LODI

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE UFFICIO STP	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE AREA DI PROGETTO MILANO	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE FUNZIONE STP
--	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA: DICEMBRE 2010	REVISIONE			
	DIRETTORIO			FILE				n.	data		
—	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo			01	APRILE 2011			
—	1	1	0	1	5	9	0	1	STP0002-3	02	MAGGIO 2011
										03	MAGGIO 2011

 ingegneria europea	COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO Ing. Federica Ferrari	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI : —
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : —
CONSULENZA A CURA DI : —	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA' : —	

VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA DIREZIONE OPERATIVA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASP1 Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	---	--

AUTOSTRADA A1 – MILANO – NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA 4° CORSIA

TRATTO MILANO SUD (TANGENZIALE OVEST) – LODI

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

INDICE

1	PREMESSA.....	7
2	INQUADRAMENTO GENERALE	10
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	10
3	ANALISI DI TRAFFICO.....	12
3.1	MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO.....	12
3.2	PREVISIONI DI TRAFFICO SULL’AUTOSTRADA A1	12
3.3	EFFICIENZA ED EFFICACIA DEL COLLEGAMENTO STRADALE NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO	13
4	SISMICITA’	14
5	GEOLOGIA , GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	18
5.1	INTRODUZIONE	18
5.2	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI	18
5.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E PALEOGEOGRAFICO	19
5.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	21
5.4.1	Corsi d’acqua naturali e canali artificiali	24
5.5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	24
5.5.1	Caratteristiche della falda freatica	25
5.5.2	Censimento dei pozzi	29
5.6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
5.7	REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA.....	30
5.8	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI.....	31
6	GEOTECNICA.....	33
6.1	INTRODUZIONE	33
6.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	33
6.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO	33
6.3.1	Pregresse.....	33
6.3.2	Progetto definitivo dell’ampliamento alla 4° corsia del tratto Milano Sud (Tang. Ovest) – Lodi 34	34
6.3.2.1	Sondaggi.....	34
6.3.2.2	Prove penetrometriche dinamiche – DPSH.....	35
6.3.2.3	Pozzetti esplorativi.....	36
6.3.2.4	Indagini geofisiche	37
6.4	QUADRO PROGETTUALE.....	37
6.4.1	Aspetti geologici.....	37
6.4.2	Aspetti geomorfologici	38
6.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	38

6.5.1	Premessa.....	38
6.5.2	Zona omogenea 1.....	39
6.5.3	Zona omogenea 2.....	39
6.5.4	Zona omogenea 3.....	39
6.5.5	Zona omogenea 4.....	40
6.5.6	Zona omogenea 5.....	40
6.5.7	Zona omogenea 6.....	40
6.5.8	Zona omogenea 7.....	41
7	IDROLOGIA E IDRAULICA	42
7.1	GENERALITA'	42
7.2	AUTORITA' DI BACINO	42
7.3	ALTRI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE.....	42
7.4	CONSORZI DI BONIFICA.....	42
7.5	IDROGRAFIA	43
7.6	IDROLOGIA.....	43
7.7	INTERFERENZE IDROGRAFICHE ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA.....	43
7.7.1	Fiume Lambro.....	43
7.7.2	Idrografia Secondaria	44
7.7.3	Reti Irrigue Minori	45
7.7.4	Interventi di sistemazione idraulica.....	45
7.8	SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA.....	45
7.8.1	Schema di drenaggio	45
7.8.2	Requisiti prestazionali.....	45
7.8.3	Schema di drenaggio.....	46
8	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	47
8.1	ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	47
8.1.1	Sezione tipo esistente	47
9	L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO	48
9.1	INQUADRAMENTO NORMATIVO	48
9.2	IL PROGETTO STRADALE.....	49
9.2.1	Aspetti geometrici	50
9.2.1.1	Sezione tipo	50
9.2.2	Svincoli ed Aree di Servizio.....	51
9.2.2.1	Interconnessione Tangenziale Ovest – A1 direzione Sud.....	51
9.2.2.2	Adeguamento svincolo di Melegnano - Binasco.....	52
9.2.2.3	Adeguamento Area di Servizio San Zenone	52
9.2.2.4	Adeguamento Svincolo di Lodi	52
9.2.3	Piste di servizio ASPI	52

9.3	OPERE D'ARTE	52
9.3.1	Opere d'arte maggiori.....	53
9.3.1.1	Descrizione generale dell'intervento.....	53
9.3.1.1	Criteri progettuali per l'ampliamento delle opere d'arte	54
9.3.1.2	Impalcati.....	54
9.3.1.3	Pile	54
9.3.1.4	Spalle	55
9.3.1.5	Fondazioni	55
9.3.1.6	Sistema di vincolo	55
9.3.1.7	Fasi realizzative	55
9.3.1.8	Descrizione di dettaglio delle singole soluzioni progettuali	55
9.3.2	Opere d'arte minori.....	61
9.3.2.1	Ponticelli scatolari	61
9.3.2.2	Tombini tubolari in calcestruzzo	62
9.4	ASPETTI GEOTECNICI	63
9.4.1	Caratteristiche fondazionali delle principali opere esistenti (L >10m)	63
9.4.2	Tematiche progettuali	63
9.4.3	Tipologia delle fondazioni	63
9.4.4	Cavalcavia	64
9.4.5	Considerazioni Geotecniche relative agli Interventi	65
9.5	BARRIERE DI SICUREZZA	65
9.5.1	Barriere da spartitraffico	66
9.5.2	Barriere da bordo laterale	66
9.5.3	Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia.....	67
9.6	PAVIMENTAZIONI	68
9.6.1	Nuove pavimentazioni	68
9.6.2	Risanamento pavimentazioni esistenti	69
9.6.3	Risanamento pavimentazioni esistenti	70
9.7	PIAZZOLE DI SOSTA	71
9.8	BARRIERE ACUSTICHE	71
9.9	OPERE A VERDE	72
10	ImPIANTI	74
11	ARCHEOLOGIA	75
11.1	PREMESSA.....	75
11.2	METODOLOGIA OPERATIVA.....	75
11.3	SCHEDATURA DELLE EVIDENZE ARCHEOLOGICHE	76
11.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	77
11.5	INQUADRAMENTO STORICO-ARCHEOLOGICO DEL TERRITORIO	78

11.6	VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA	80
11.7	PROCEDURA INTEGRATIVA DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA.....	81
11.8	SINTESI DELL'INDAGINE ARCHEOLOGICA IN LOCALITÀ LODI VECCHIO.....	81
11.9	INDAGINI DA ESEGUIRE.....	83
12	CANTIERIZZAZIONE E FASIZZAZIONE DEI LAVORI.....	86
12.1	AREE DI CANTIERE.....	86
12.1.1	VIABILITÀ DI SERVIZIO.....	86
12.1.2	ORGANIZZAZIONE GENERALE DEI CANTIERI	87
12.1.2.1	Campo base - CB01	87
	<i>Aspetti logistici</i>	88
12.1.2.2	Cantiere operativo - CO01.....	88
	<i>Aspetti logistici</i>	89
12.2	FASIZZAZIONE DEI LAVORI.....	90
12.2.1	Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione	90
12.2.2	Sezioni tipo di intervento e fasi di traffico	90
13	ESPROPRI ED INTERFERENZE.....	91
13.1	ESPROPRI	91
13.2	INTERFERENZE	92

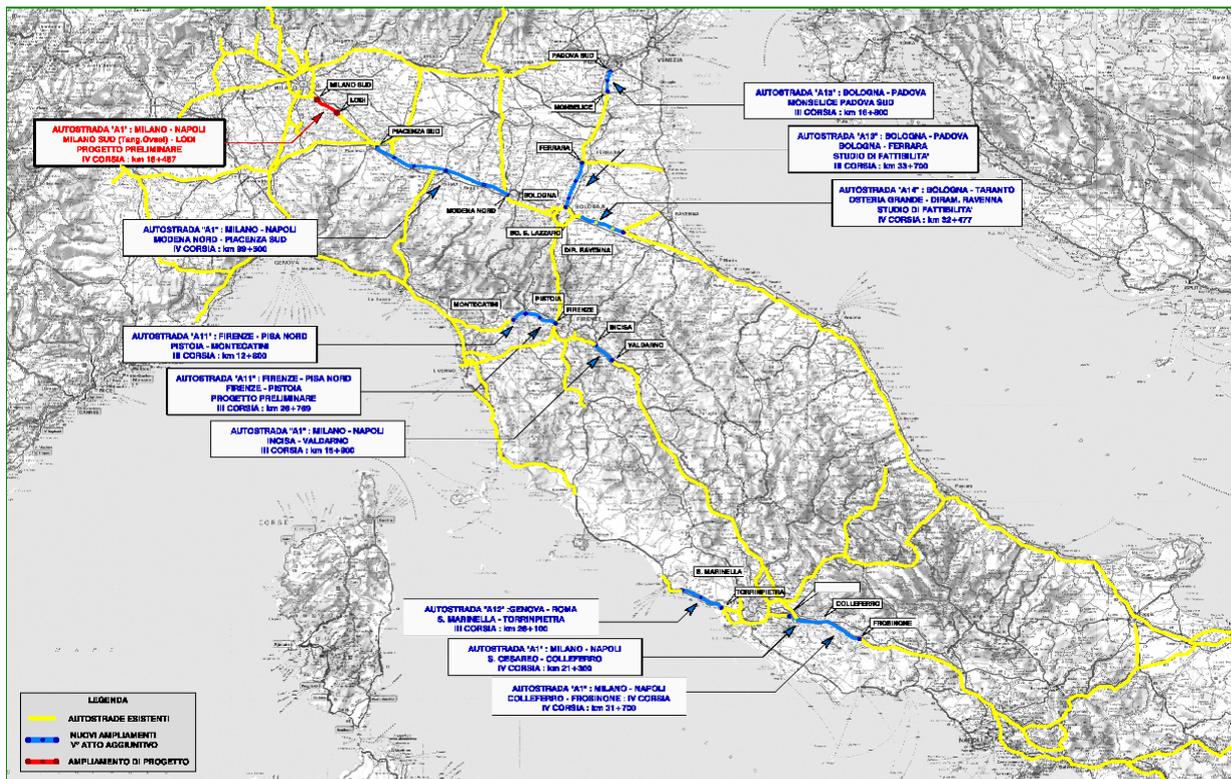
1 PREMESSA

Nell'ambito delle attività da svolgere legate alla Convenzione Unica tra Autostrade per l'Italia S.p.A. ed ANAS, si prevede l'ammodernamento e l'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi.

L'intervento rientra tra quelli previsti della Convenzione Unica alla concessione per l'esercizio di tratte autostradali stipulata tra Autostrade per l'Italia S.p.A. e Anas, stipulata in data 12/10/2007 ed approvata con legge n. 101 del 06/06/2008.

In base all'art. 15 di tale Convenzione, Autostrade per l'Italia ha in corso un importante programma di investimenti che ha l'obiettivo di migliorare la fluidità del traffico e l'accessibilità della rete.

La figura seguente riporta uno schema degli interventi previsti dal programma di investimenti relativo al potenziamento della rete costituito da 13 ampliamenti alla terza o quarta corsia per un totale di circa 330 km; in particolare è evidenziato l'intervento di ampliamento dell'autostrada A1 nel tratto Milano Sud – Lodi, oggetto del presente studio.



Interventi di potenziamento previsti dalla Convenzione Unica

I Progetti Preliminari di tutti i 13 interventi sono stati approvati dall'ANAS con provvedimento n° 16009 in data 3/2/2011.

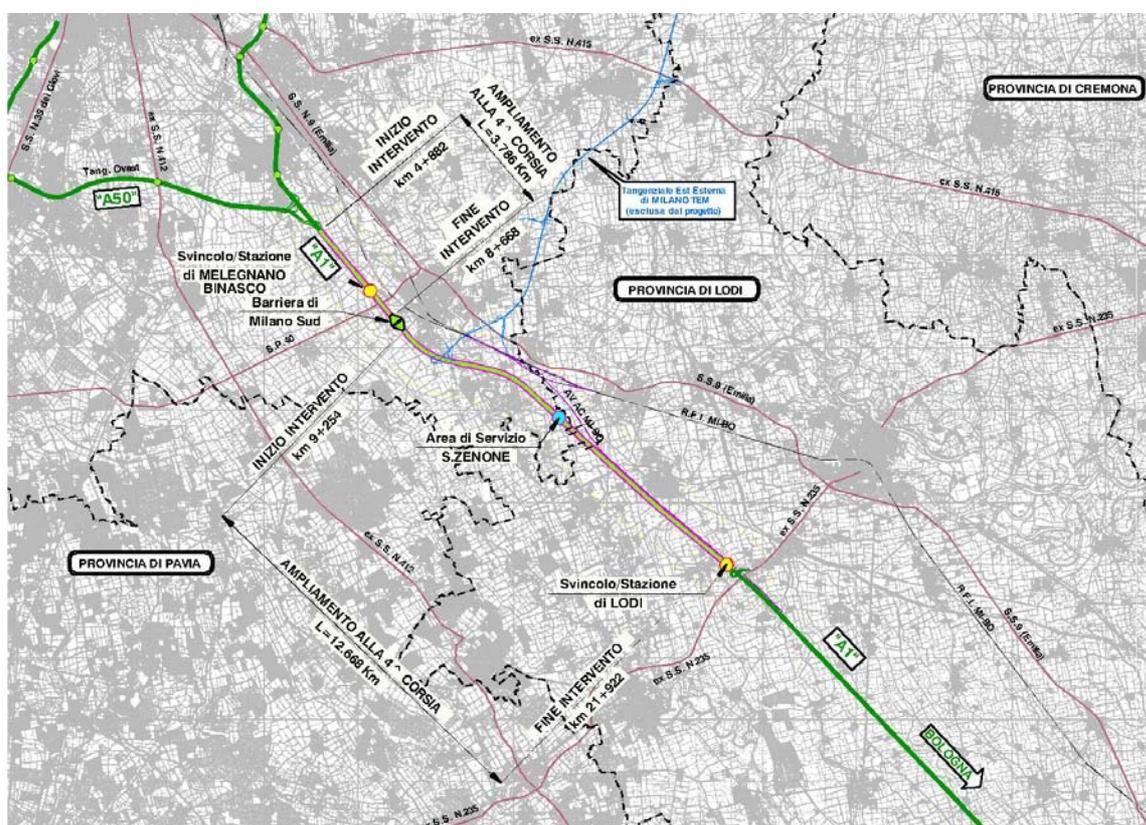
L'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi, trova giustificazione in considerazione del notevole incremento di traffico che negli ultimi anni ha interessato il tratto in esame, nell'assicurare i necessari livelli di servizio e di sicurezza dell'autostrada, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici ed i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione.

L'A1, nella numerazione delle autostrade italiane e chiamata anche Autostrada del Sole, risulta la più lunga tra quelle attualmente in esercizio. Asse meridiano principale della rete autostradale italiana, ha una lunghezza complessiva di 759,6 km. L'inaugurazione del primo tronco, da Milano a Parma, risale al 1958 e l'intera opera venne completata nel 1964.

Oggi l'A1 ha inizio nella zona sud-est di Milano come prosecuzione della Tangenziale Est di Milano.

Il percorso attuale tra la Tangenziale Est e lo svincolo di San Donato Milanese è una variante del percorso originario con il quale l'A1 terminava direttamente nel centro abitato di Milano.

Nei pressi di San Giuliano Milanese si collega con la Tangenziale Ovest di Milano. Attraversa la Pianura Padana correndo parallela alla Via Emilia, con tre corsie più quella di emergenza per senso di marcia. All'inizio degli anni '90 è stato realizzato l'ampliamento a tre corsie e, nel 2006, nel tratto Modena-Bologna è stata realizzata la quarta corsia.



Inquadramento territoriale

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della barriera di Milano Sud (dalla progr. km 8+668 alla progr km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16.524 km.

Sia per il tratto iniziale tra la tangenziale ovest e la barriera di Milano sud che per il tratto successivo dalla barriera allo svincolo di Lodi si prevede l'ampliamento alla 4° corsia della sede stradale. Il tratto corrispondente alla barriera di Milano Sud non necessita di intervento in quanto la sezione stradale è di larghezza idonea per raccordarsi con gli interventi di ampliamento alla quarta corsia a monte e a valle.

Nella sezione di inizio intervento (lato Milano) le quarte corsie si originano dalle rampe di diversione/immissione dell'interconnessione con la tangenziale ovest, infatti la progressiva di

inizio intervento (4+882) nasce con la rampa di immissione in carreggiata sud (direz. Bologna) mentre l'intervento in carreggiata nord (interconnessione Tang. Ovest) inizia con lo sfiocco della rampa di diversione (km 5+129).

La nuova linea ferroviaria ad alta velocità è stata realizzata in affiancamento alla A1 per circa 130 chilometri a partire circa dal km 17+700 (scelta fatta per evitare ulteriori tagli alle aree agricole e minimizzare l'estensione delle nuove infrastrutture).

All' altezza di Lodi Vecchio, per mancanza di spazio nel corridoio tra la A1 e l'abitato, i cantieri della TAV hanno previsto una variante, ad oggi già realizzata, del tracciato dell' autostrada, per complessivi 3.460 metri, (progr. km 17+716÷ 21+176) con lo spostamento dell'asse verso S-O di circa 45.00 metri. E' stato altresì realizzato il nuovo svincolo per il casello di Lodi che è stato spostato di circa 500 metri a nord per consentire l'inserimento della linea ad alta velocità tra il casello e la sede autostradale esistente. In particolare l'opera prevede uno scavalco che sovrappassa l'autostrada e la linea A.V. proseguendo in quota verso Lodi con un secondo cavalcavia sulla nuova rotonda di svincolo con l'A1.

Alla progressiva chilometrica 10+700 è prevista la futura interconnessione con la Tangenziale Est Esterna di Milano (TEEM), tuttavia la progettazione delle rampe di immissione e diversione saranno realizzate nell'ambito del progetto delle TEEM.

I criteri progettuali alla base dello studio prevedono un allargamento laterale dell'attuale sedime, per carreggiata, di complessivi 4.00 m, al fine di realizzare la quarta corsia di marcia ed adeguare, alla norma di riferimento costituita dal DM 6792/2001, le dimensioni delle corsie di marcia, intervenendo anche laddove necessario sui dispositivi di sicurezza.

Il tracciato si sviluppa per tutta la sua lunghezza in rilevato e l'orografia del territorio attraversato permette lunghi rettifili e curve di raggio molto ampio.

Complessivamente il tracciato di progetto si mantiene aderente al tracciato attuale: l'intervento prevede infatti ovunque un ampliamento della piattaforma in sede e simmetrico.

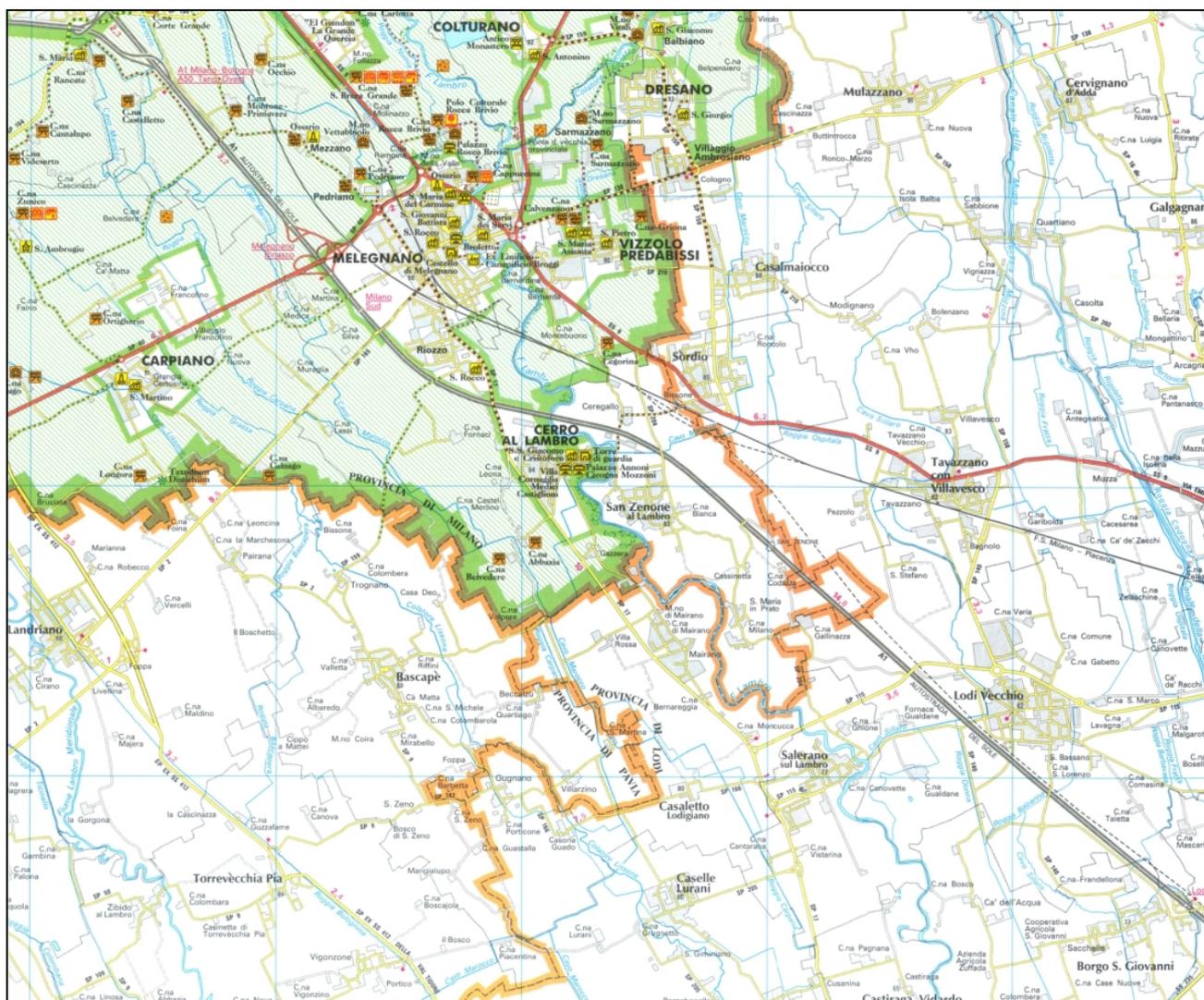
2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Il tratto oggetto di intervento di ampliamento alla quarta corsia si colloca completamente all'interno della Regione Lombardia attraversando le Province di Milano e Lodi.

L'intera tratta autostradale è ripartita rispettivamente per le due province in:

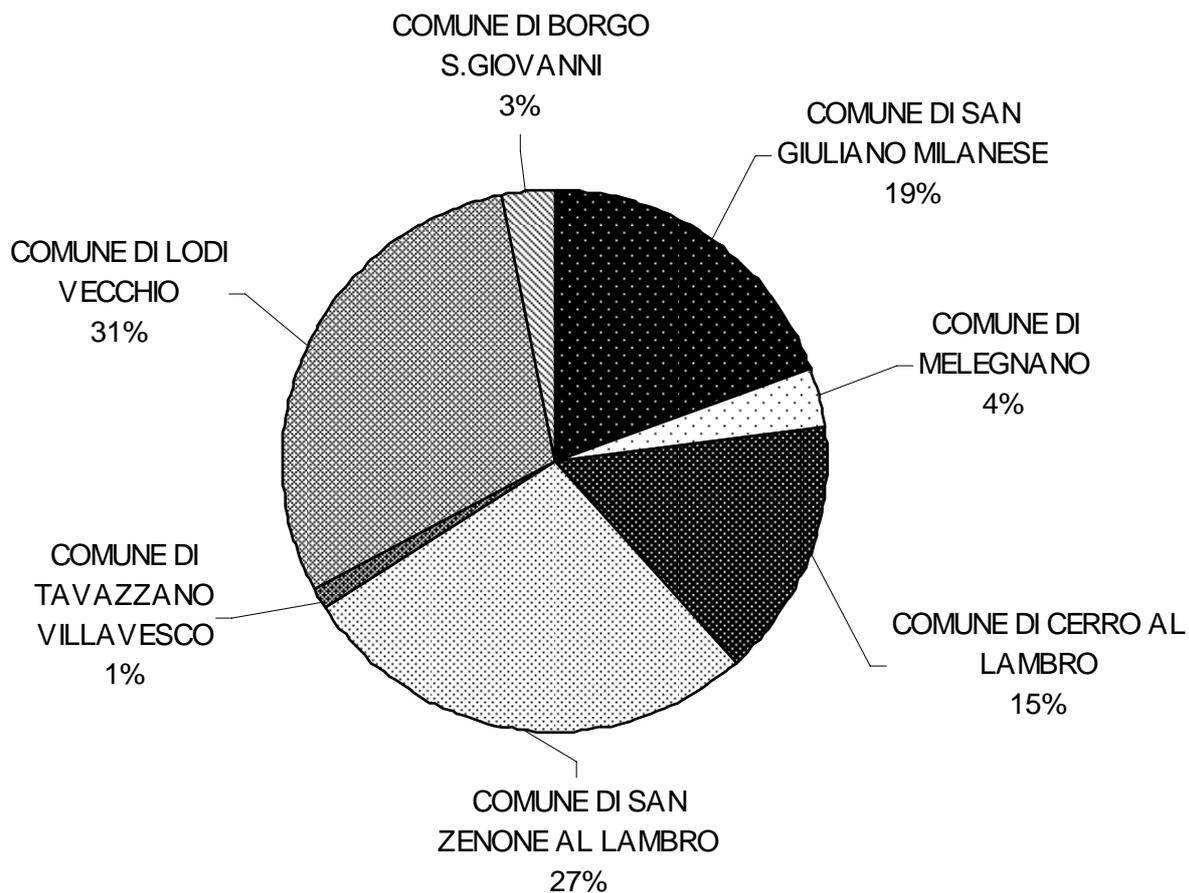
- 10.84 km in provincia di Milano (pari al 66% dello sviluppo totale)
- 5.62 km in provincia di Lodi (pari al 34% dello sviluppo totale)



Tracciato autostradale A1 da Milano a Lodi

La tratta di nostro interesse, Milano Sud (Tang. Ovest) - Lodi, lungo il suo sviluppo Nord-Sud, attraversa il comprensorio di sette Comuni:

- SAN GIULIANO MILANESE (MI)
- MELEGNANO (MI)
- CERRO AL LAMBRO (MI)
- SAN ZENONE AL LAMBRO (MI)
- TAVAZZANO CON VILLAVESCO (LO)
- LODI VECCHIO (LO)
- BORGO SAN GIOVANNI (LO)



Comuni interessati dall'intervento

3 ANALISI DI TRAFFICO

Nel seguito si riportano gli esiti dell'analisi trasportistica del progetto definitivo dell'allargamento ed ammodernamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Bologna nella tratta tra l'allacciamento con la Tangenziale Ovest di Milano e Lodi.

3.1 MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

Per l'analisi dello stato attuale della mobilità nell'area di studio è stata organizzata una campagna di conteggi di traffico lungo la viabilità extraurbana principale e alcune interviste Origine/Destinazione ai caselli principali. I rilievi sono stati effettuati nel periodo di Ottobre-Novembre 2009.

L'analisi del traffico attuale ha considerato nel dettaglio anche i transiti alla Barriera di Milano Sud, i movimenti di stazione al casello di Melegnano, i dati annui rilevati alla spira situata tra Lodi e Casalpusterlengo.

Per simulare gli effetti che il nuovo sistema viario avrà sulla circolazione, è stato implementato un modello di simulazione del traffico privato considerando la scala regionale proporzionata all'area di studio, comprendente il territorio delle Regioni Lombardia ed Emilia-Romagna.

Le analisi modellistiche hanno considerato l'intera tratta Milano - Bologna dell'Autostrada A1, nonché la rete stradale del contesto territoriale circostante che sarà influenzata dal progetto in questione. Le valutazioni sono state approfondite per il contesto oggetto di studio, tratta Milano – Lodi, e tengono conto dei potenziamenti previsti sull'intero asse.

Nello specifico, è stato implementato un modello che rappresenta la mobilità nell'ora di punta del giorno medio invernale.

3.2 PREVISIONI DI TRAFFICO SULL'AUTOSTRADA A1

Le previsioni sono state ottenute utilizzando tutte le informazioni disponibili nell'area di studio sui livelli di traffico attuali e sulle previsioni di crescita della domanda in funzione di scenari demografici ed economici futuri.

Nell'ambito di questo studio, sono stati simulati gli scenari infrastrutturali riferiti agli orizzonti temporali degli anni 2015, 2025 e 2035.

Con la configurazione di progetto, il traffico giornaliero medio annuo stimato raggiunge 103.500 veicoli/giorno nel 2015 e 119.200 veicoli/giorno nel 2035.

VTGM del Giorno Medio Annuo			
Scenario	Leggeri (veicoli/giorno)	Pesanti (veicoli/giorno)	Veicoli Totali (veicoli/giorno)
2015	80.400	23.100	103.500
2025	83.400	27.800	111.100
2035	87.500	31.700	119.200

3.3 EFFICIENZA ED EFFICACIA DEL COLLEGAMENTO STRADALE NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

L'efficienza del nuovo collegamento è stata analizzata attraverso la valutazione del livello di servizio (LOS, Level of Service) che è 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).

Dall'analisi dei livelli di servizio si nota, nella punta mattutina feriale, un diverso andamento qualitativo tra le due carreggiate autostradali. A seguito della forte attrazione esercitata da Milano la carreggiata in direzione Nord risulta, infatti, notevolmente più carica di quella in direzione Sud

Confronto dei LOS negli scenari programmatico e progettuale – Ora di punta POMERIDIANA (17:00 – 18:00) del giorno feriale INVERNALE MEDIO Dir. Sud

Tratta	Progettuale			Programmatico		
	2015	2025	2035	2015	2025	2035
Tang. Ovest - Melegnano	C	C	C	D	D	E
Melegnano –TEEM	C	D	D	E	F	F
TEEM - Lodi	B	C	C	C	C	C

Confronto dei LOS negli scenari programmatico e progettuale – Ora di punta MATTUTINA (07:00 – 08:00) del giorno feriale INVERNALE MEDIO Dir. Nord

Tratta	Progettuale			Programmatico		
	2015	2025	2035	2015	2025	2035
Tang. Ovest - Melegnano	C	C	C	D	D	E
Melegnano –TEEM	C	C	C	D	D	E
TEEM - Lodi	B	B	B	B	B	B

La distribuzione dei livelli di servizio durante l'ora di punta del giorno medio invernale mostra chiaramente che lo scenario progettuale prevede miglioramenti rispetto al programmatico. Dal confronto tra gli scenari programmatico e progettuale, si evince che l'evoluzione tendenziale del traffico nello scenario di lungo periodo renderebbe critica (LOS D, E, F) la circolazione

stradale, sul complessivo delle due carreggiate, durante il 18% delle ore dell'anno, mentre la realizzazione della quarta corsia permette di limitare le ore critiche al 3% delle ore dell'anno.

Per analizzare l'efficacia della nuova configurazione progettuale ed i benefici al sistema viario, si è fatto riferimento ai principali indicatori trasportistici: percorrenze, tempo di viaggio e velocità media nei periodi simulati.

Dal confronto di tali indicatori nello scenario di progetto rispetto allo scenario programmatico, è possibile desumere sia le variazioni in termini di qualità della circolazione stradale che i conseguenti potenziali benefici apportati alla collettività.

L'impatto sulla mobilità dell'allargamento a quattro corsie dell'autostrada A1 è risultato decisamente positivo e nello scenario progettuale sono evidenti netti miglioramenti rispetto allo scenario programmatico per quanto riguarda sia il tracciato della Autostrada, sia la rete stradale del contesto.

4 SISMICITA'

Le accelerazioni orizzontali massime convenzionali su suolo di categoria A, riferite ai Comuni interessati dal tracciato autostradale, sono riportate nelle tabelle contenute nel presente paragrafo, insieme ai principali parametri di interesse necessari per la definizione dell'azione sismica.

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

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

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

Stati limite di esercizio (P_{VR})	Stati limite ultimi (P_{VR})
SLO - Stato limite di operatività (81%)	SLV- Stato limite di salvaguardia (10%)
SLD - Stato limite di danno (63%)	SLC – Stato limite di prevenzione del collasso (5%)

Qualora la pericolosità sismica su reticolo di riferimento (vedi Allegato B delle NTC DM 14 Gennaio 2008) non contempli il periodo di ritorno corrispondente al V_R e alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} fissate in progetto, il valore del generico parametro p (a_g, F_0, T^*_c) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

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

nella quale:

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

In conformità a quanto previsto dalla recente Normativa italiana di riferimento per il presente Progetto Definitivo (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 14-01-2008) i valori di accelerazioni orizzontali massime assunti, convenzionali su suolo di categoria A, sono riferiti ai Comuni interessati dal tracciato autostradale).

*Comune di San Giuliano Milanese (Milano) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno*

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.021	2.547	0.182
50	0.027	2.543	0.201
72	0.031	2.557	0.216
101	0.035	2.574	0.226
140	0.039	2.589	0.247
201	0.044	2.567	0.268
475	0.057	2.628	0.284
975	0.070	2.642	0.296
2475	0.090	2.695	0.314

*Tabella 4-1: Comune di Melegnano (Milano) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .*

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.022	2.549	0.182
50	0.028	2.540	0.204
72	0.032	2.560	0.218
101	0.036	2.576	0.228
140	0.040	2.581	0.250
201	0.046	2.564	0.268
475	0.060	2.621	0.286
975	0.074	2.633	0.294
2475	0.096	2.664	0.312

*Comune di Cerro al Lambro (Milano) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .*

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.023	2.547	0.183
50	0.029	2.541	0.206
72	0.033	2.561	0.219
101	0.037	2.577	0.230
140	0.041	2.571	0.255
201	0.047	2.562	0.268
475	0.062	2.604	0.287
975	0.077	2.618	0.294
2475	0.103	2.619	0.309

Comune di Castel San Zenone al Lambro (Milano) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.023	2.545	0.183
50	0.029	2.542	0.207
72	0.034	2.563	0.220
101	0.038	2.578	0.231
140	0.042	2.566	0.257
201	0.048	2.565	0.267
475	0.063	2.600	0.287
975	0.079	2.618	0.294
2475	0.105	2.616	0.309

Comune di Tavazzano (Lodi) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.024	2.529	0.184
50	0.030	2.546	0.209
72	0.035	2.566	0.221
101	0.039	2.582	0.236
140	0.044	2.556	0.260
201	0.050	2.574	0.266
475	0.065	2.598	0.287
975	0.081	2.614	0.296
2475	0.024	2.529	0.184

Comune di Lodi Vecchio (Lodi) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.024	2.522	0.187
50	0.031	2.548	0.210
72	0.035	2.568	0.222
101	0.039	2.581	0.241
140	0.045	2.549	0.261
201	0.051	2.572	0.266
475	0.067	2.586	0.287
975	0.084	2.592	0.296
2475	0.113	2.589	0.306

Comune di Borgo San Giovanni (Lodi) – Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c al variare del tempo di ritorno T_R .

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0.025	2.512	0.194
50	0.031	2.551	0.212
72	0.036	2.570	0.224
101	0.040	2.580	0.245
140	0.046	2.543	0.262
201	0.052	2.571	0.266
475	0.070	2.575	0.286
975	0.088	2.567	0.295
2475	0.120	2.558	0.304

Comune di Pieve Fissiraga (Lodi) – Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* al variare del tempo di ritorno T_R .

T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
30	0.025	2.512	0.197
50	0.032	2.553	0.213
72	0.036	2.571	0.224
101	0.041	2.574	0.247
140	0.047	2.544	0.262
201	0.053	2.572	0.266
475	0.071	2.572	0.286
975	0.091	2.558	0.295
2475	0.123	2.548	0.304

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

- una vita nominale dell'opera di $V_N = 50$ anni e una **Classe d'uso = IV** (Coefficiente d'uso $C_U = 2$);
- una prefissata probabilità di eccedenza $P_{VR} = 10\%$ corrispondente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con un tempo di ritorno $T_R = 949$ anni;
- trattandosi di zone pianeggianti, una categoria topografica T1.

Alla luce:

- dei valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio V_s registrati nel corso della prove cross-hole e MASW eseguite;
- della caratterizzazione geotecnica delle diverse zone omogenee riportata nei capitoli seguenti;

è possibile affermare che la categoria di sottosuolo ai sensi del DM 14/01/2008 è "**C**" lungo tutto il tracciato oggetto di intervento.

Ne derivano i valori di accelerazione massima per lo stato limite SLV indicati nella tabella seguente.

Accelerazioni massime – SLV

Comuni	a_g		S_s	S_t	a_{max}	
San Giuliano Milanese	0.070	g	1.5	1.0	0.105	g
Melegnano	0.073	g	1.5	1.0	0.1095	g
Cerro al Lambro	0.077	g	1.5	1.0	0.1155	g
San Zenone	0.078	g	1.5	1.0	0.117	g
Tavazzano	0.081	g	1.5	1.0	0.1215	g
Lodi Vecchio	0.084	g	1.5	1.0	0.126	g
Borgo San Giovanni	0.088	g	1.5	1.0	0.132	g
Pieve Fissiraga	0.090	g	1.5	1.0	0.135	g

5 GEOLOGIA , GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

5.1 INTRODUZIONE

Nel seguito si riportano gli elementi utili ad individuare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato; pertanto si intende definire quanto segue:

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologica delle singole formazioni, che nel contempo tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostatigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio;
- schema idrogeologico generale, finalizzato ad esporre i dati ad oggi disponibili relativamente alla falda più superficiale (ANZICHE' produrre ipotesi verosimili di soggiacenza).

La morfologia pianeggiante - con quote topografiche digradanti verso sud - che contraddistingue l'intera area di studio, impone l'adozione di una metodologia per la ricostruzione dell'assetto geologico - stratigrafico differente da quella normalmente impiegata per zone collinari o montane. Il rilevamento di superficie, infatti, fornisce elementi significativi solo nei rari punti in cui incisioni fluviali o scarpate antropiche (cave, sbancamenti per opere edili, etc.) mettono a nudo "spaccati stratigrafici", mentre assumono grande rilevanza le verticali di indagine eseguite in sito (sondaggi geognostici, pozzi per acqua, ecc.), che consentono una interpretazione dei depositi del sottosuolo al di sotto del terreno di coltivo o di riporto.

5.2 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

I dati di base utili all'inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti:

- Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000: Foglio 45 – Milano; Foglio 59 – Pavia; Foglio 60 – Piacenza. Tali documenti risalgono agli anni '60-'70 e presentano ancora una suddivisione "tradizionale" delle unità del Quaternario. Per l'area del progetto non è stata approntata una nuova cartografia CARG con distinzione delle unità in alloformazioni; in ogni caso, vista la finalità applicativa dello studio, le distinzioni proposte dalla cartografia ufficiale – più legate alle caratteristiche granulometrie dei materiali – mantengono la loro validità.
- Documentazione della Regione Lombardia presente nel GEOportale (<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale/ptk>) da cui è stata ricavata la litologia di superficie, gli andamenti dei corsi d'acqua e dei paleoalvei e le perimetrazioni delle aree di rispetto dei pozzi pubblici
- Piani di Coordinamento Provinciale di Milano e di Lodi (PTCP)
- Documentazione inerente la pianificazione territoriale reperibile nei siti delle Provincie di Milano e Lodi
- PRG del Comune di Lodi Vecchio (2006)

Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo e per l'inquadramento idrogeologico sono stati analizzati i seguenti documenti:

- Campagne d'indagine di precedenti progetti inerenti la tratta d'interesse
- Campagne di indagine eseguite da CEPAV UNO per la progettazione della Linea ad Alta Velocità tra Milano e Bologna
- Stratigrafie di pozzi fornite da ARPA - Dipartimento di Lodi
- Bibliografia inerente la falda reperibile nel sito della Provincia di Milano
- Ubicazioni e tipo d'uso dei pozzi fornite dalla Provincia di Milano – S.I.F. e da ARPA - Dipartimento di Lodi
- Piezometrie di quattro pozzi fornite da ARPA - Dipartimento di Lodi

5.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E PALEOGEOGRAFICO

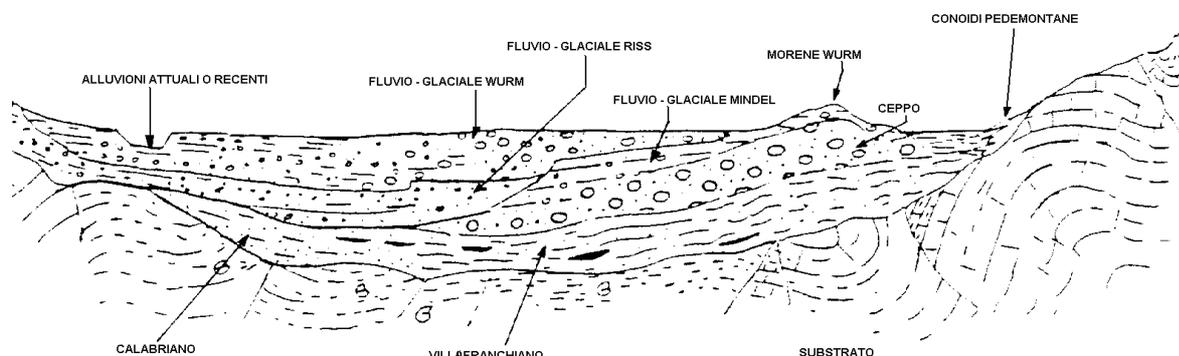
Dal punto di vista geologico l'area del progetto è costituita da depositi quaternari di età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Attuale.

L'assetto è guidato dagli eventi geologici che si sono succeduti dal Miocene superiore fino al Quaternario, con la deposizione, al di sopra del substrato lapideo pre-Pliocenico, di sedimenti dapprima marini e poi prevalentemente di tipo transizionale e continentale (depositi fluviali, glaciali e subordinatamente lacustri e palustri).

In seguito all'innalzamento ed emersione della catena alpina, con l'aumento dell'azione erosiva sulla terraferma, la depressione pedemontana venne ricoperta da potenti coltri ghiaiose, localmente cementate a dare il "Ceppo lombardo".

Durante il Pleistocene la fascia Alpina e la Pianura Padana vengono interessate da episodi glaciali - convenzionalmente raggruppati in cinque fasi Danau, Gunz, Mindel, Riss, Würm (di cui solo le ultime tre sono presenti nella nostra Regione). L'enorme quantità di materiali trasportata dai ghiacciai e dalle acque di fusione, riempì le depressioni vallive, colmandole fino al livello del ripiano più elevato della pianura terrazzata. La deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane costituì i primi anfiteatri morenici mentre nella media e bassa pianura si formarono depositi fluvioglaciali.

La massima espansione dei ghiacciai nell'area Prealpina, si ebbe durante il Mindel (le cerchie moreniche del Mindel sono le più sviluppate ed estese), mentre le morene del Riss e del Würm sono più interne e meno estese.

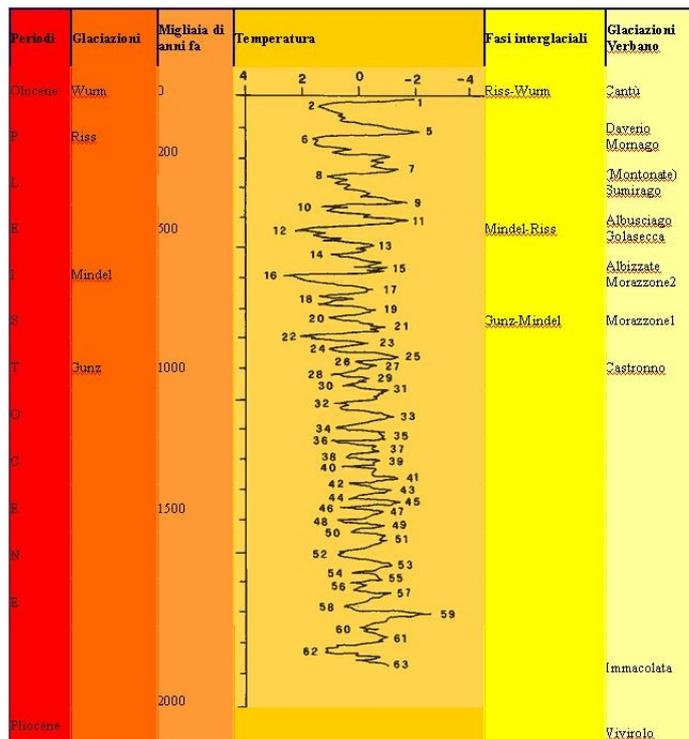


Schema stratigrafico di sintesi riferibile alla Pianura Padana

Il susseguirsi di periodi con climi sensibilmente differenti ha determinato cicli di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con relative fasi deposizionali e fasi erosive, e la conseguente formazione di depositi glaciali e fluvioglaciali.

Durante le fasi interglaciali si assiste all'erosione dei depositi accumulatisi da parte di corsi d'acqua e alla conseguente creazione di una serie di terrazzi, sui quali si rinvergono tipici depositi eolici di clima più arido (loess): attualmente i sistemi di terrazzi occupano la porzione media e alta della pianura, ai piedi degli anfiteatri morenici.

Studi più recenti hanno permesso di riconoscere, all'interno delle glaciazioni principali, ulteriori cicli di clima caldo/freddo che stanno portando al superamento delle classiche suddivisioni in Mindel – Riss - Wurm (individuate in zone a nord delle Alpi) con il riconoscimento di glaciazioni locali.



Fasi glaciali e interglaciali

Dal Pleistocene superiore all'Olocene, con il lento innalzamento dell'alta pianura, vengono messe a giorno le unità più antiche nei settori settentrionali; il conseguente smantellamento della catena porta alla deposizione di alluvioni.

La successione stratigrafica può essere così schematizzata, procedendo dal basso verso l'alto: Substrato roccioso (pre-Pliocenico): costituito da Formazioni di varie età, non è mai affiorante nell'area in esame.

Argille sotto il Ceppo (Unità Villafranchiana): sono costituite in prevalenza da materiali fini – argille varvate, argille e sabbie fossilifere, sabbie con strutture incrociate, depositi lacustri e torbe - e sono la testimonianza della regressione marina del Villafranchiano. Gli strati più profondi sono costituiti da argille di origine marina a cui si sovrappongono sedimenti sabbioso - argillosi di facies transizionale e continentale, costituiti da argille con lenti di sabbia.

Ceppo: si tratta di arenarie e conglomerati sovente passanti a ghiaie e sabbie per diminuzione del grado di cementazione.

Fluvioglaciale Mindel: depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati immersi in una matrice sabbioso argillosa con colore giallo – rossiccio, caratterizzati da un'alterazione superficiale di colore rosso nota come "Ferretto" e spesso fino a 2÷3 m. Affiorano a nord-ovest dell'area d'interesse.

Fluvioglaciale Riss: depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati con ghiaie, immersi in una matrice sabbiosa giallo - ocra. Hanno anch'essi un'alterazione superficiale di colore rossiccio simile al "Ferretto" localmente coperta da loess. Affiorano a nord-ovest dell'area d'interesse.

Fluvioglaciale e fluviale Wurm: sono i depositi connessi al fluvio-glaciale dell'ultima glaciazione quaternaria. Sono formati da ghiaie e sabbie prevalenti con scarsi livelli argillosi e costituiscono il cosiddetto "livello principale della Pianura Padana" o "Diluvium recente". La granulometria di questa unità diminuisce da nord a sud, passando da termini più grossolani (ghiaie prevalenti) a termini più fini (sabbie prevalenti) con passaggio per lo più graduale. Superficialmente sono presenti orizzonti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, di spessore limitato a pochi metri. Tali depositi si rinvengono sulla totalità dell'area oggetto di studio.

All'interno delle scarpate fluviali del Fiume Lambro affiorano depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene), con una distribuzione altimetrica in diversi livelli che dall'alveo attuale si raccordano alla piana principale. Si tratta di depositi prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con presenza di sabbie, limi e argille in lenti più o meno allungate, legate alle divagazioni dei corsi d'acqua.

5.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

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

- fasi glaciali recenti
- dinamica dei corsi d'acqua
- intensa attività di rielaborazione del territorio ad opera dell'uomo, particolarmente importante in quest'area

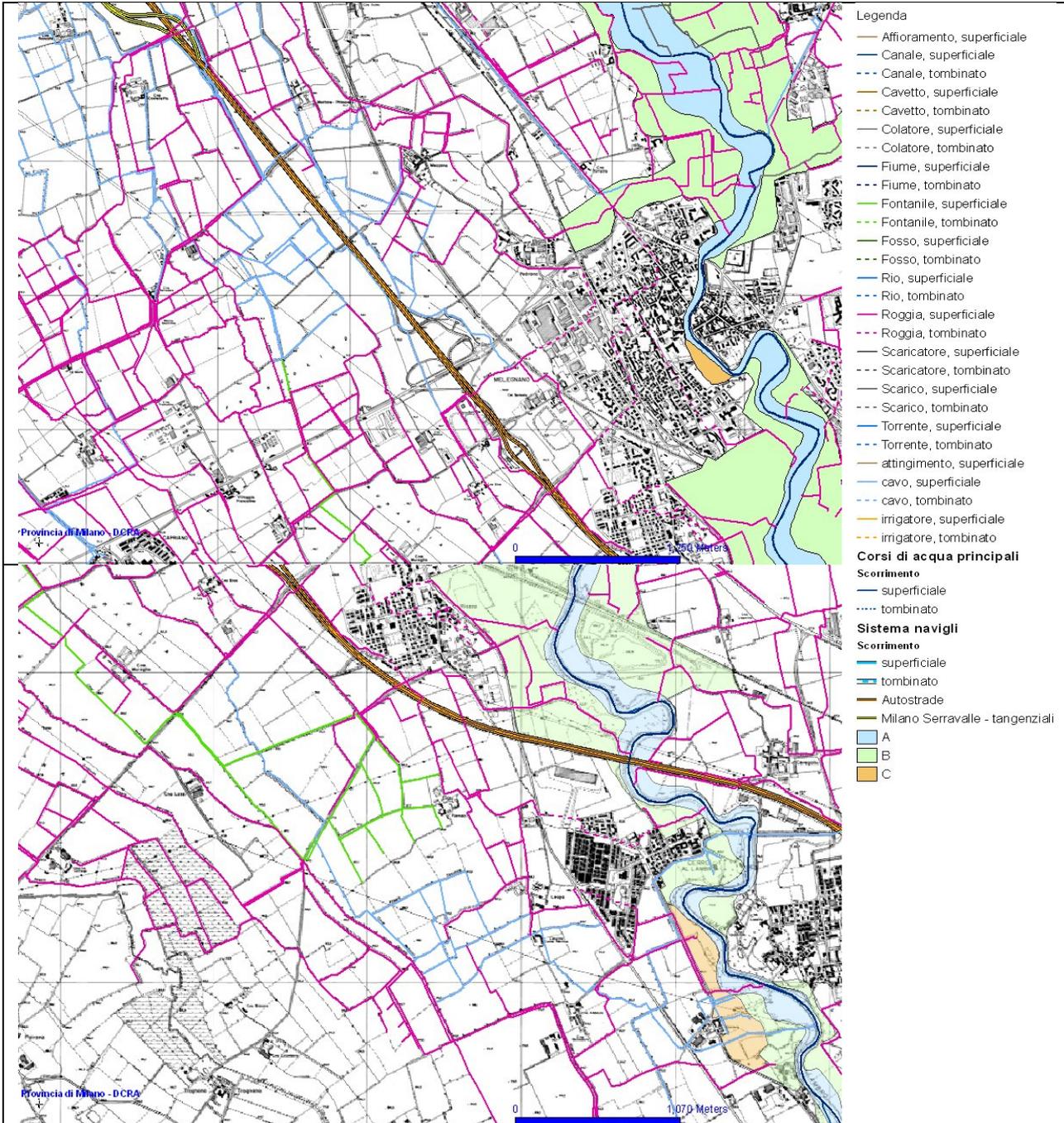
L'assetto morfologico del territorio è costituito da un'estesa piana fluvioglaciale, incisa, nella parte settentrionale, dal Fiume Lambro e caratterizzata da variazioni altimetriche molto limitate (si passa da ~ 100 m s.l.m. nella zona N a ~ 75 m in prossimità dello svincolo di Lodi mentre in corrispondenza del F. Lambro si raggiungono quote di ~ 70 m).

La piana principale è interrotta anche dalla traccia di un paleoalveo meandriforme, profondo pochi metri, attualmente percorso dal Cavo Sillaro ma che probabilmente rappresenta un paleoalveo del Fiume Lambro o dell'Adda.

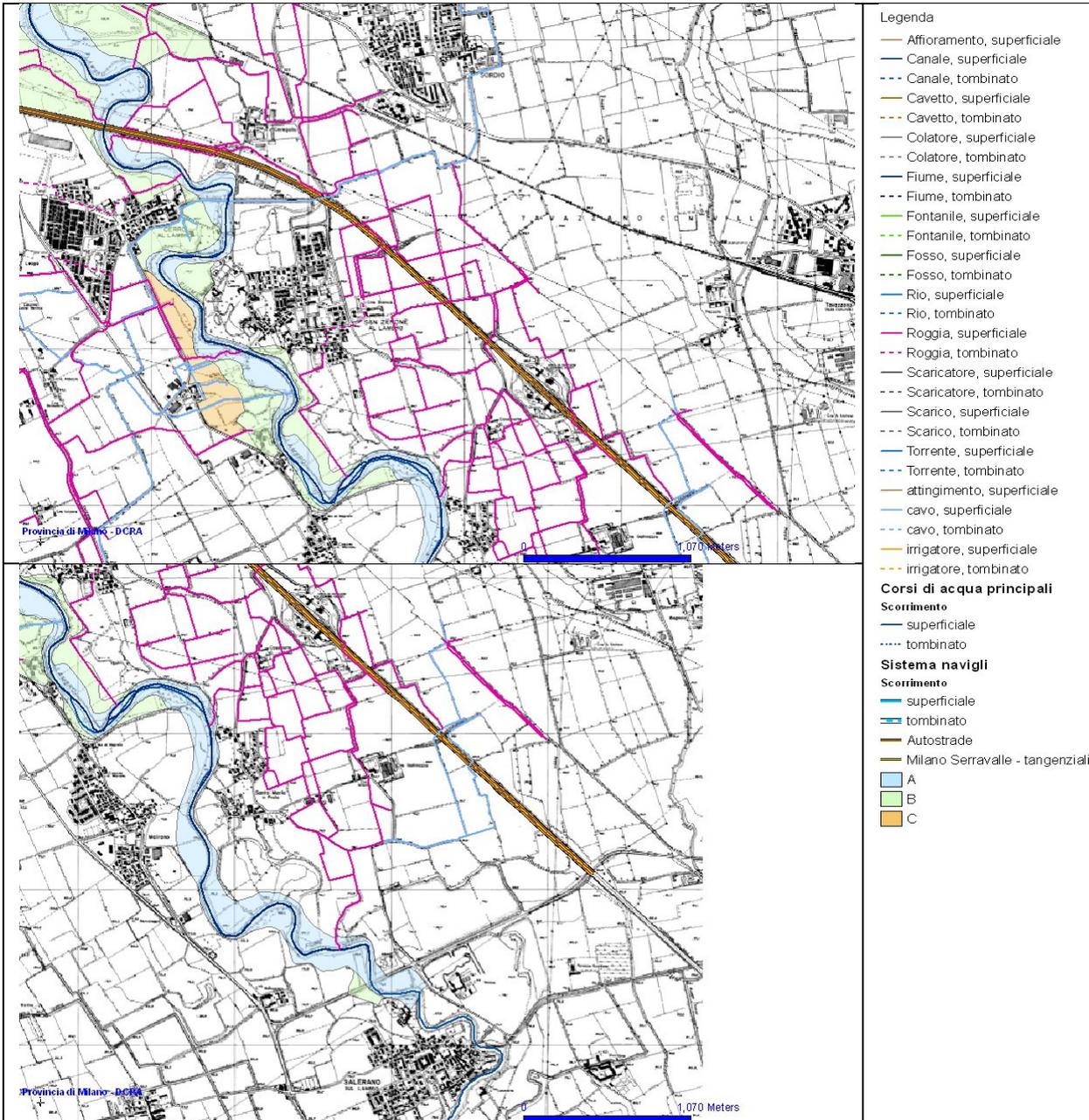
A piccola scala, risultano estremamente importanti i processi legati all'azione delle acque di deflusso superficiali e soprattutto all'azione dell'uomo (l'area è caratterizzata, infatti, da un'elevata antropizzazione che ne condiziona l'assetto attuale) che ha comportato una profonda modificazione del paesaggio, con la realizzazione di una fitta rete di canali irrigui.

Nella carta geologica e geomorfologia allegata sono riportati, oltre al Fiume Lambro che costituisce l'elemento principale, i corsi d'acqua secondari (per lo più canali artificiali) ed i paleoalvei ricavati dal GEOportale della Regione Lombardia

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci - editi dal Laboratorio Cartografico della Provincia di Milano - con tutti i corsi d'acqua (suddivisi per tipologia e con l'indicazione degli eventuali tratti tombinati) e le fasce PAI relative al Fiume Lambro (il tracciato dell'A1 attraversa le fasce A e B).



Stralcio della carta del reticolo idrico e Fasce PAI (Provincia di Milano)



Stralcio della carta del reticolo idrico e Fasce PAI (Provincia di Milano)

5.4.1 Corsi d'acqua naturali e canali artificiali

La zona è caratterizzata da un reticolo idrografico naturale e da una rete di canali artificiali molto sviluppata ed articolata, suddivisa, in funzione dell'utilizzo e della portata, in rogge, canali irrigui etc. Entrambi i sistemi risultano molto spesso ritombati parzialmente o totalmente, in particolar modo in corrispondenza dei centri abitati e delle strade principali.

I corsi d'acqua naturali scorrono da Nord a Sud, in accordo con la morfologia della media pianura lombarda che ha una superficie debolmente inclinata (0.3%) verso Sud; i numerosi canali artificiali, invece, hanno uno sviluppo dipendente dal loro utilizzo (per lo più irriguo) e dal contesto in cui sono inseriti.

Il progetto di allargamento dell'A1 sovrappassa, da NW verso SE, i seguenti corsi d'acqua (naturali ed artificiali) principali, oltre ad un numero imprecisato di rogge e piccoli canali minori:

- Cavo Vettabbia
- Fiume Lambro
- Cavo Lorini-Marocco
- Roggia Triulza
- Cavo Sillaro
- Roggia Balzanina
- Roggia Barbavara
- Cavo Sillaro

Il *Fiume Lambro* nasce a quota 942 m s.l.m. da una sorgente di tipo carsico, posta sui monti del gruppo del San Primo nei pressi di Piano Rancio, in provincia di Como e sfocia, con un percorso di circa 130 km, nel Po presso Orio Litta.

Nella zona settentrionale, il fiume mostra il tipico andamento connesso alle zone che hanno subito un modellamento glaciale; infatti, il corso principale solca da nord a sud gli allineamenti morenici della Brianza con un tracciato incassato entro alcuni ordini di terrazzi, mentre i tributari presentano un pattern molto più irregolare.

A sud delle ultime propaggini moreniche, assume invece l'andamento meandriforme tipico delle aree di pianura alluvionale.

Nel tratto più meridionale, il corso d'acqua costituisce il recapito della rete presente a nord - ovest di Milano, ed in particolare del F. Olona, e dei torrenti Lura, Bozzente e Guisa e di tutta una serie di rogge e canali artificiali.

5.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

La successione idrogeologica dell'area è caratterizzata da più falde idriche sotterranee sovrapposte, separate tra loro da orizzonti argilloso - limosi non sempre continui, la cui presenza tende ad aumentare con la profondità. In particolare, si osserva una progressiva diminuzione della granulometria dei terreni in senso verticale, riferibile a diverse fasi di deposizione, che comporta la formazione di tre acquiferi distinti.

Il primo acquifero è costituito da una successione di depositi grossolani, che presentano spessore di circa 40-50 m, in cui è contenuta la prima falda.

Il secondo acquifero è costituito da una successione ghiaioso - sabbiosa con frequenti diaframmi argillosi che occupano l'intervallo da 40-50 m fino a 100-110 m di profondità. I livelli

argillosi del secondo acquifero non sono continui quindi il primo acquifero risulta genericamente intercomunicante con il secondo.

Il terzo acquifero, in cui si riconoscono depositi prevalentemente argillosi contenenti sabbie e ghiaie, sede di una modesta circolazione idrica, si colloca oltre i 100-110 m di profondità e risulta in condizioni di pressione.

5.5.1 Caratteristiche della falda freatica

I depositi wurmiani e le alluvioni recenti ed attuali, caratterizzate dalla predominanza di sabbia, vengono considerati come un acquifero multifalde, penalizzato dalla carenza e discontinuità di livelli a bassa permeabilità in grado da garantire una protezione delle acque immagazzinate dal rischio di inquinamento.

Nell'ambito dell'area di studio la circolazione idrica sotterranea più superficiale (prima falda) viene alimentata in maniera significativa dalla rete irrigua e dagli apporti meteorici mentre le falde più profonde hanno circuiti d'alimentazione non direttamente connessi alla superficie.

La rete idrica superficiale alimenta in maniera variabile la falda ed in particolare in funzione della diversa permeabilità dei depositi superficiali e dalla diversa morfologia. La locale presenza di depositi argillosi in superficie, infatti, non permette un'omogenea infiltrazione delle acque, con la conseguente presenza di acquiferi di varia dimensione.

A livello regionale la soggiacenza della falda diminuisce da nord verso sud ed è influenzata sia dalle variazioni stagionali, che producono oscillazioni anche di alcuni metri, sia dalle più consistenti variazioni a periodo medio - lungo. A livello locale i dati dei pozzi e dei sondaggi presi in considerazione indicano una soggiacenza molto limitata (pochi metri).

La permeabilità dei depositi quaternari affioranti viene descritta – su base solo bibliografica in assenza di prove dirette - in funzione delle caratteristiche granulometriche:

Ghiaie e sabbie: si tratta di depositi di origine fluviale (Olocene) e fluvioglaciale (Fluvioglaciale Würm Autoctono) che contengono anche lenti limose. Questi terreni contengono importanti acquiferi distinguibili in falde libere, artesiane e semiartesiane utilizzate a scopo potabile, agricolo e industriale. Il coefficiente di permeabilità K risulta superiore a $10^{-4} \div 10^{-3}$ m/s.

Nelle figure seguenti è riportata la piezometria della falda freatica delle provincie di Milano e Lodi riferita al settembre 2000 nonché la carta della soggiacenza e della piezometria riferita ai mesi di marzo 2008 e settembre 2007 della sola Provincia di Milano (Carte realizzate dalla Provincia di Milano – Sistema Informativo Falda).

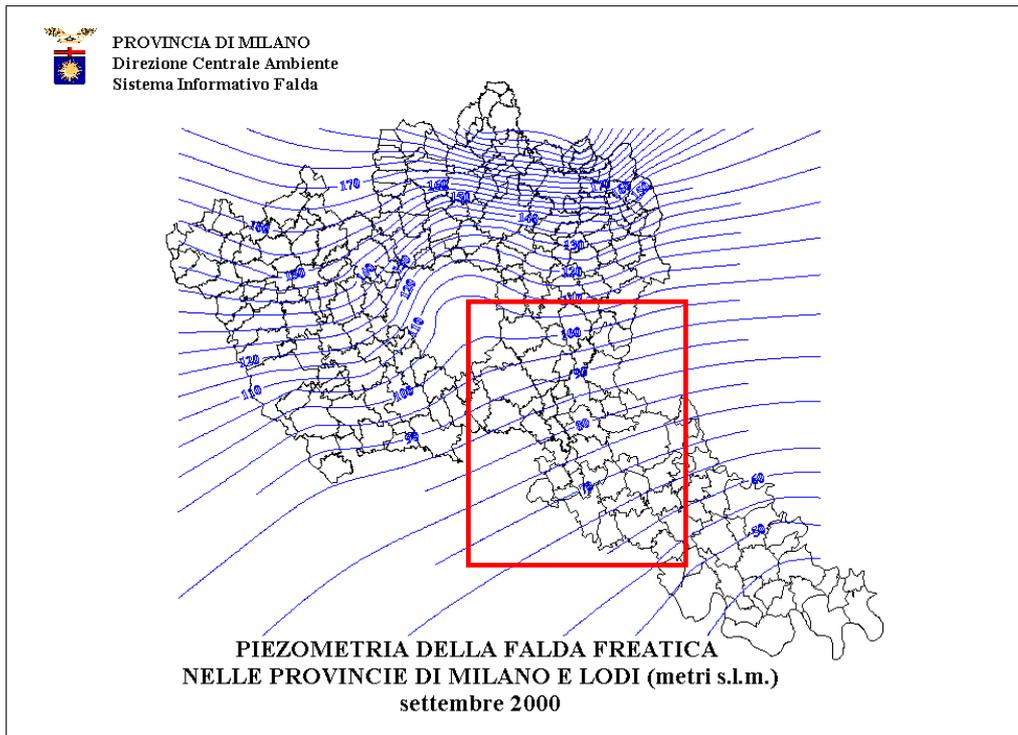
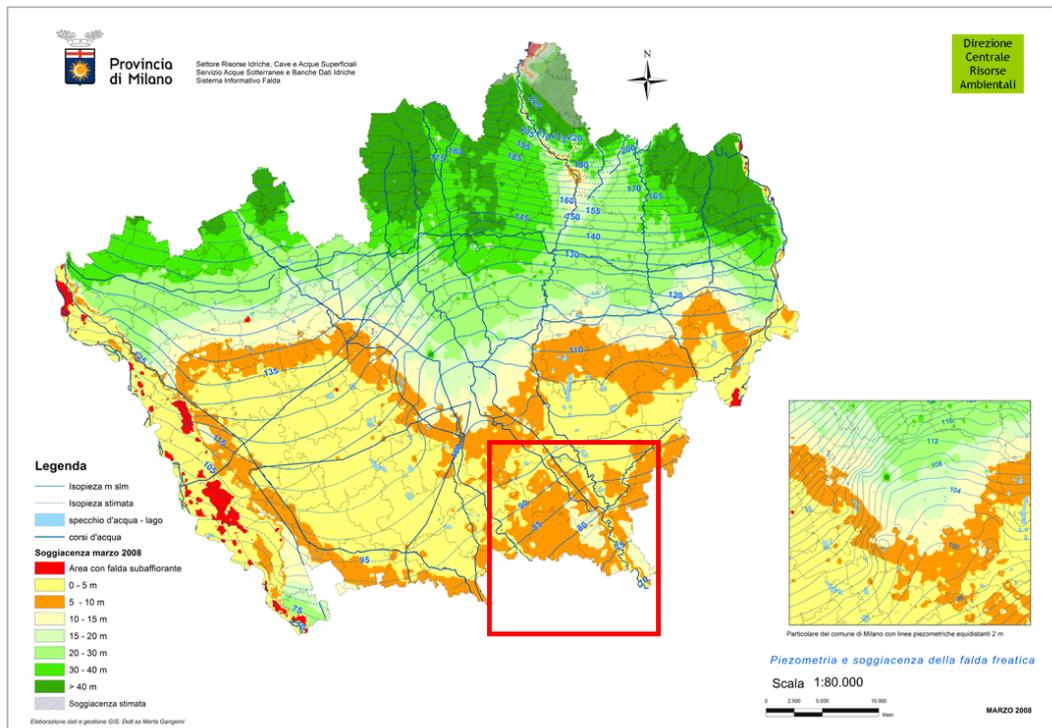
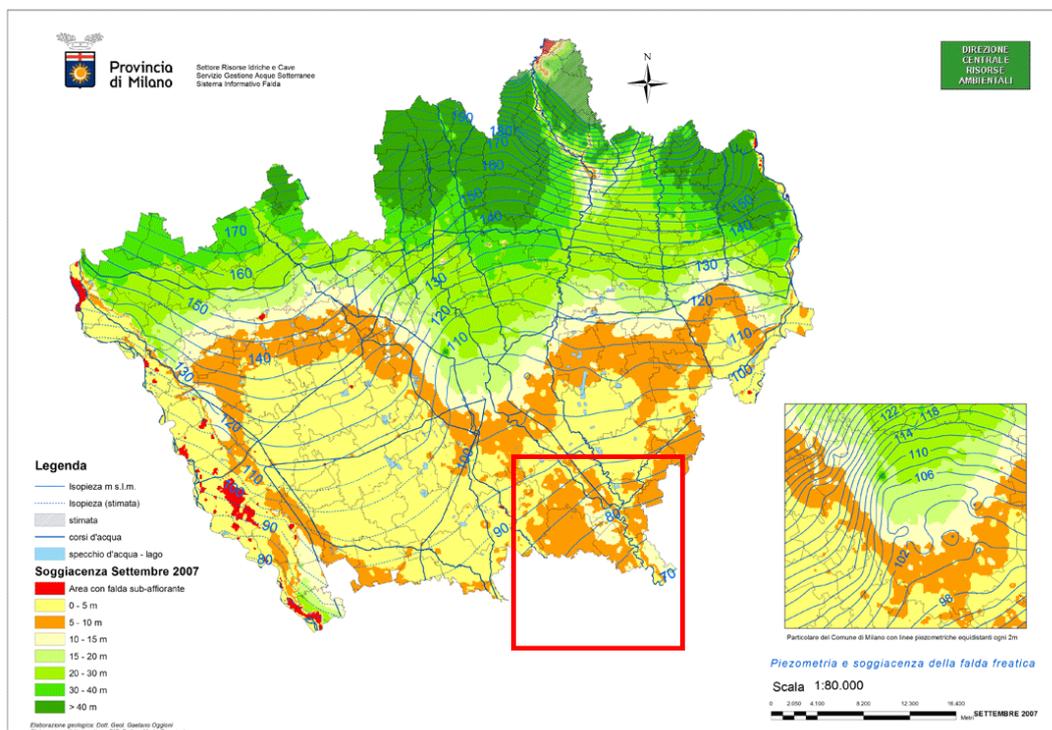


Figura 1 - Carta della piezometria riferita al mese di settembre 2000.



Carta della soggiacenza e della piezometria riferita al mese di marzo 2008, con dettaglio della città di Milano.

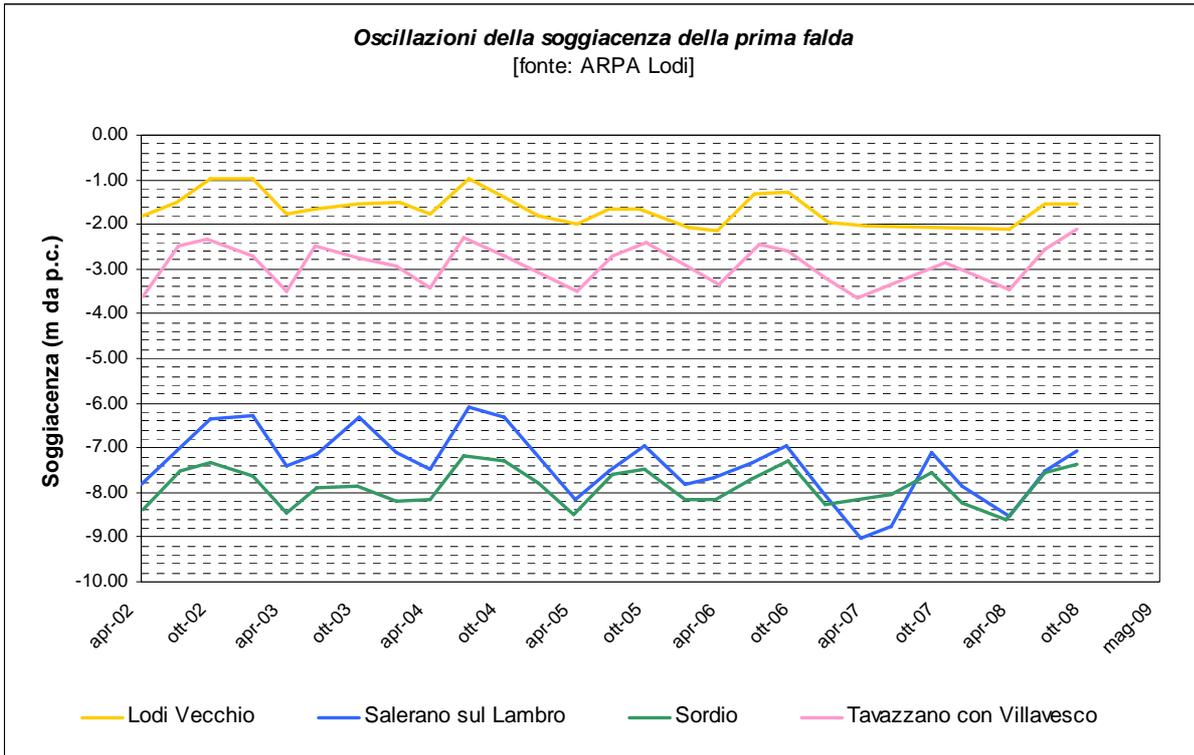


Carta della soggiacenza e della piezometria riferita al mese di settembre 2007, con dettaglio della città di Milano.

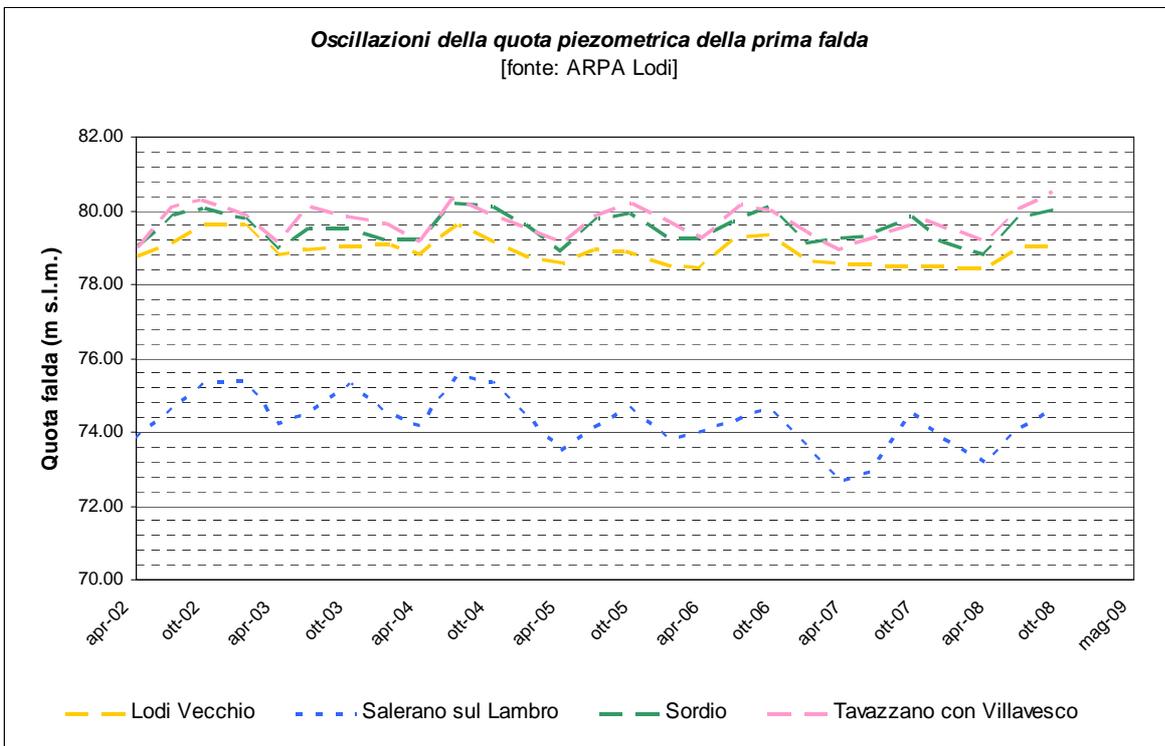
L'analisi delle cartografie tematiche consente di osservare come nell'area interessata dal progetto la soggiacenza varia da 0 a -15 m da p.c. sia per il mese di marzo 2008, sia per il mese di settembre 2007. Per quanto concerne le oscillazioni della falda nel corso dell'anno, i dati disponibili riguardano unicamente 4 pozzi della provincia di Lodi che hanno fornito i seguenti dati:

COD	Comune	Periodo di osservazione	Soggiacenza minima (m da p.c.)	Soggiacenza massima (m da p.c.)
0980320079	LODI VECCHIO	2002-2008	-0.96	-2.15
0980460022	SALERANO SUL LAMBRO	2002-2008	-6.10	-9.01
0980550038	SORDIO	2002-2008	-7.18	-8.60
0980560122	TAVAZZANO CON VILLAVESCO	2002-2008	-2.09	-3.66

Le soggiacenze massime sono generalmente registrate nei mesi primaverili (marzo – aprile), mentre le soggiacenze minime sono generalmente registrate nei mesi estivi (giugno - luglio), a conferma della forte influenza dei canali irrigui sui livelli piezometrici. Le soggiacenze misurate nei sondaggi sono compatibili con i livelli statici dei pozzi ricadenti nella zona e riportati sul profilo geologico in asse all'opera di progetto.



Oscillazione della soggiacenza nei pozzi della Provincia di Lodi



Oscillazione della quota piezometrica nei pozzi della Provincia di Lodi

5.5.2 Censimento dei pozzi

Al fine di ottenere un quadro conoscitivo relativo alla distribuzione dei pozzi situati nell'area investigata, è stata operata un'analisi dei dati bibliografici.

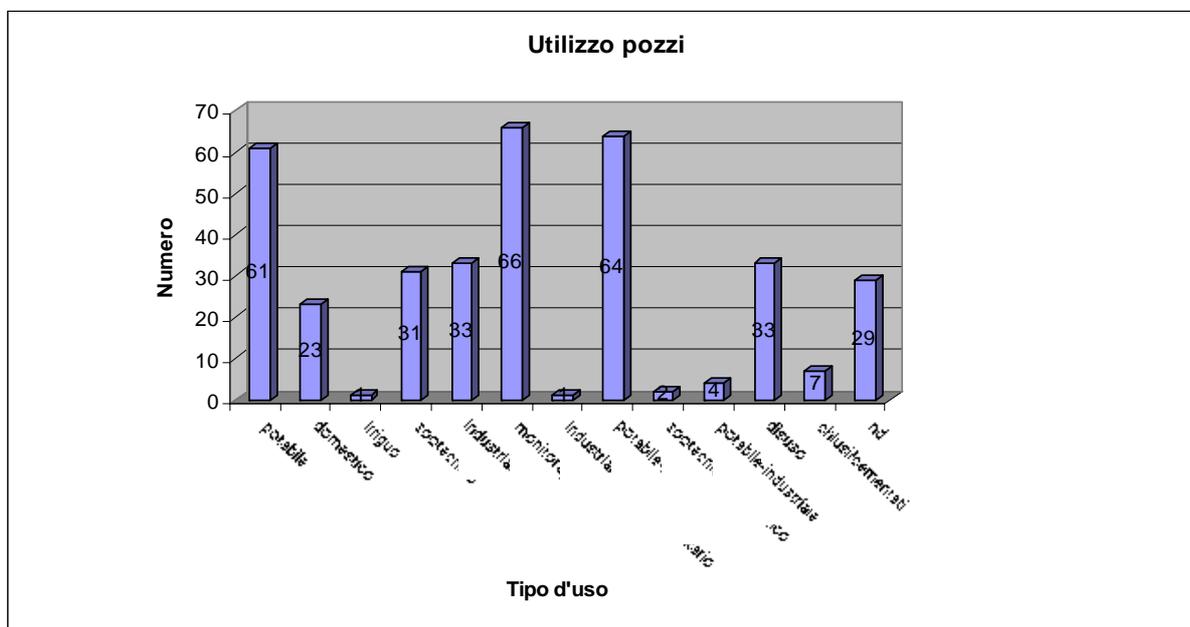
In particolare si è fatto riferimento a:

- dati forniti dalla Provincia di Milano – Sistema Informativo Falda;
- dati forniti dall'ARPA – Dipartimento di Lodi

In totale sono stati censiti 355 pozzi, localizzati in una fascia estesa 4 km a cavallo dell'asse autostradale, di cui 113 risultano corredati dalla rispettiva stratigrafia.

Nella planimetria sono riportate, per quanto riguarda i pozzi potabili, le aree di rispetto (indicate con un cerchio di raggio 200 metri – criterio geometrico - a partire dal centro del pozzo) derivate dal GEOportale della Regione Lombardia.

Il seguente grafico rappresenta una sintesi della distribuzione dei pozzi in funzione del tipo di utilizzo.



Classificazione dei pozzi in funzione del tipo d'uso

5.6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei materiali presenti nel sottosuolo in una zona pianeggiante e priva di affioramenti come quella del progetto, è indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici o da pozzi.

A tal fine si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini pregresse realizzate da Autostrade all'interno dell'area in esame) per una fascia molto più ampia di quella riportata nelle planimetrie allegate.

Committente/Ente	Progetto	Anno	N. e tipo di indagine
Autostrade S.p.A.	Ampliamento III corsia – tratto Milano-Piacenza Sud	1987	9 pozzetti (eseguiti in sede stradale)
Autostrade S.p.A.	Barriera Milano Sud	1979	7 sondaggi + 3 CPT
Società italiana per le strade ferrate del Mediterraneo	Autostrada Milano – Roma – Napoli 2° Lotto	-	9 sondaggi
Autostrade S.p.A.	Area di Servizio S. Zenone Est	2006	7 sondaggi
Autostrade S.p.A.	Area di Servizio S. Zenone Ovest	2004	38 sondaggi
Spea S.p.A.	Tangenziale Est Esterna di Milano	2003	1 sondaggio
CEPAV UNO	Sistema A.V. – Tratta Milano-Bologna	1992	38 sondaggi + 60 CPT
ARPA Lodi	-	-	113 pozzi con stratigrafia

La documentazione bibliografica consiste – specialmente per quella più datata - in stratigrafie di difficile interpretazione, in quanto derivate da pozzi molto vecchi, scavati talora a distruzione di nucleo (ricostruzione granulometrica deriva da analisi di cutting e fanghi), e le descrizioni del materiale sono risultate sommarie (soprattutto per quanto attiene agli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione) e prive di quegli elementi indispensabili per una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli); spesso inoltre, non sono corredate da prove geotecniche (SPT, prove di permeabilità, etc.). Tali stratigrafie si sono comunque rivelate utili per ricostruire verosimilmente il sottosuolo, suddividendolo in depositi prevalentemente ghiaioso - sabbiosi e limoso – argillosi.

Per quanto riguarda le indagini fornite da CEPAV UNO, invece, la documentazione appare più completa ma, per la tratta iniziale, i sondaggi risultano molto distanti dal tracciato dell'A1 (oltre 700 m per la zona del Fiume Lambro).

Si è scelto comunque di riportare in profilo tutte le stratigrafie dei sondaggi di interesse utilizzando le prove penetrometriche per la distinzione di zone fini nel profilo nelle tratte in cui non esistono altre informazioni.

5.7 REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA

La distinzione utilizzata dagli autori per distinguere le differenti unità non tiene conto di criteri puramente litologici: i depositi, infatti, sono riconducibili ad eventi deposizionali geneticamente assimilabili, ma differiti nel tempo e quindi tutte le unità presentano caratteristiche granulometriche simili e si differenziano fra loro in base a criteri prevalentemente geometrici (sovrapposizione reciproca). La distinzione dei corpi geologici è stata affidata a fattori rilevabili in sito quali la morfologia (terrazzi, salti e ribassi morfologici, ecc.) , il grado d'alterazione (colore) e lo spessore della coltre superficiale.

Nell'area sono presenti tre differenti unità

- Alluvioni recenti ed attuali: ghiaie e ghiaie sabbiose non alterate con locali lenti di sabbie, limi argille e torbe. Affiorano in corrispondenza dell'alveo attuale del Fiume Lambro.

- Alluvioni antiche terrazzate: ghiaie con lenti di sabbie e strato di alterazione superficiale di natura limoso-argillosa di spessore 30-40 cm. Si ritrovano all'interno della Valle del Lambro.
- Depositi fluvioglaciali e fluviali del ciclo wurmiano: nell'area in oggetto sono costituiti prevalentemente da sabbie, sabbie limose con lenti di sabbie ghiaiose e banchi di argilla. La coltre superficiale limosa può raggiungere spessori di alcuni metri. Rappresentano i depositi più diffusi dell'area.

Oltre alla suddivisione di cui sopra, nella planimetria è stata riportata anche la litologia di superficie (primi 2 m) derivata dal Geoportale della Regione Lombardia.

La legenda comprende anche alcuni elementi geomorfologici ed è stata concepita in maniera tale da riportare i corsi d'acqua naturali, i corsi d'acqua secondari (per lo più artificiali) ed i paleoalvei. E' stata inoltre perimetrata la zona della discarica di Vizzolo Predabissi.

Nella planimetria geologica allegata sono riportati anche alcuni elementi a tema idrogeologico quali:

- le curve piezometriche della falda freatica con equidistanza di 5 m e relativo valore in metri da p.c.; tale andamento, riferibile a marzo 2007 e settembre 2007, è stato fornito dalla Provincia di Milano. In particolare la piezometria tende a diminuire da nord-ovest a sud-est con valori compresi tra 70 e 80 m e modeste differenze tra i due mesi presi in considerazione
- la classificazione dei pozzi per tipo d'uso
- la fascia di rispetto dei pozzi derivata dal GEOportale della Regione Lombardia

5.8 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI

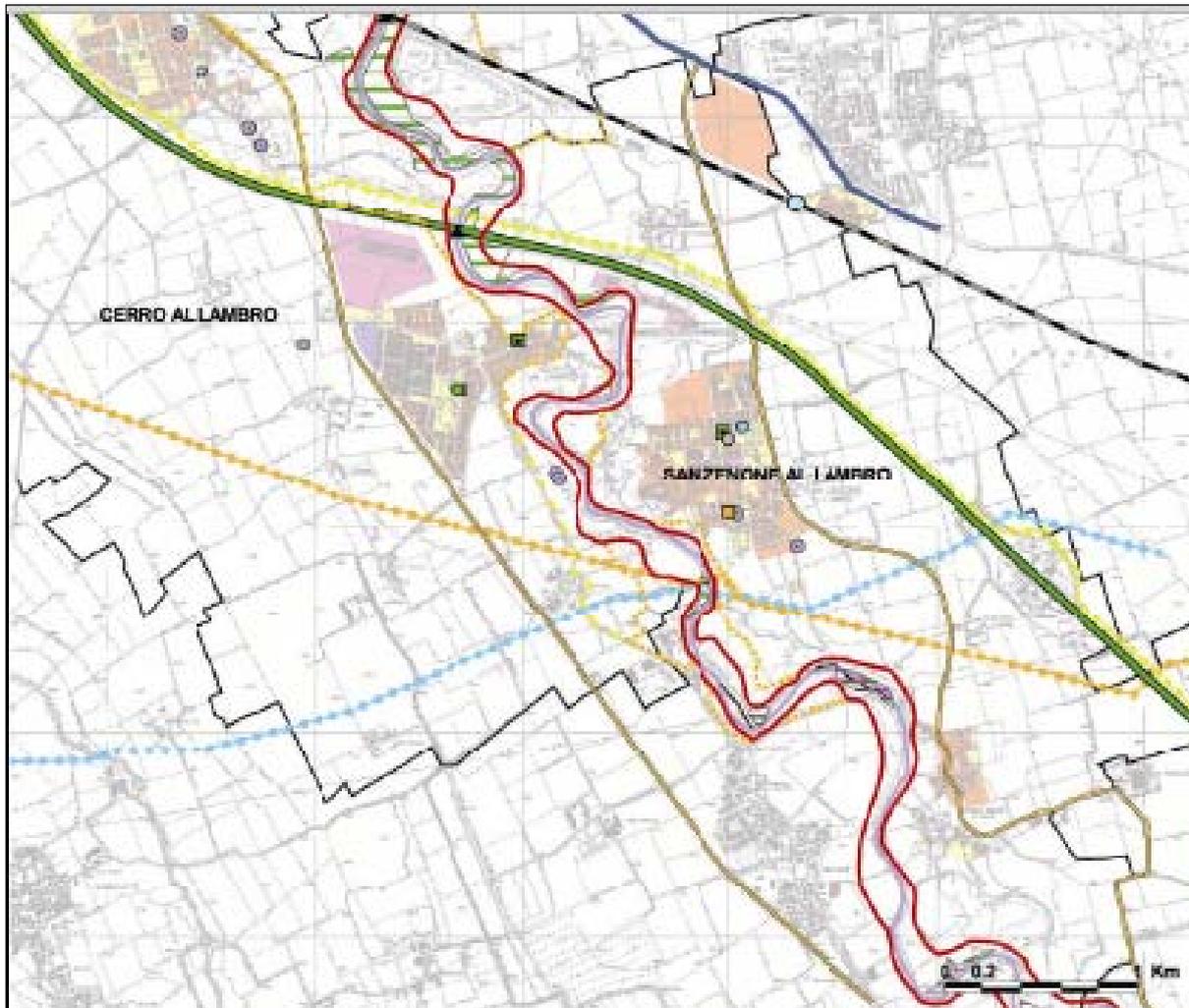
Sulla base dei sondaggi e delle stratigrafie dei pozzi è possibile fare una ricostruzione di massima del sottosuolo in corrispondenza delle aree interessate dal progetto.

- Da km 4+882 a km 8+665: le indagini disponibili sono rappresentate da un unico sondaggio, realizzato in prossimità della Barriera di Milano Sud, ed alcuni pozzetti - eseguiti per il progetto della III corsia in sede stradale e pertanto non utilizzabili per la ricostruzione stratigrafica del terreno naturale. Dalla planimetria risulta la presenza di un'unica unità litologico - stratigrafica, di origine fluvioglaciale e fluviale wurmiana; superficialmente le indicazioni reperite sul GEO portale evidenziano la presenza di sabbie e ghiaie frammiste a depositi fini. Sulla stratigrafia del sondaggio S1, inoltre, sono segnalati alcuni livelli torbosi.
- Da km 9+248 a ~ km 11+050: fino alle profondità investigate, è presente un'unica unità litologico - stratigrafica, di origine fluvioglaciale e fluviale, costituita essenzialmente da sabbia e ghiaia, in percentuali variabili, talora limose. Localmente è possibile trovare lenti di materiali fini di spessore di qualche metro. Superficialmente si ritrovano sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie. La permeabilità risulta essere da media ad elevata; la soggiacenza della falda misurata nei sondaggi risulta variabile tra 4 e 5.8 m. In prossimità della sponda destra del F. Lambro inizia ad aumentare lo spessore delle lenti di materiali più fini (S5 ed S2), sempre intervallati da materiale granulare.
- Da ~ km 11+050 a ~ km 13+200 si attraversa la Valle del Lambro: i materiali incontrati sono depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali prevalentemente ghiaiosi in superficie. Per quanto riguarda il sottosuolo, non sono state trovate stratigrafie di sondaggi e le uniche indagini ricadenti nel medesimo materiale sono quelle di CEPAV UNO che,

purtroppo, si trovano ad una distanza superiore ai 700 m. La ricostruzione stratigrafica eseguita su tale base è quindi solo indicativa. Si segnala la presenza di lenti di limo e argilla e materiale organico torboso nel sondaggio AS001. La permeabilità è medio alta e la soggiacenza della falda nei sondaggi varia da 5.5 a 7.0 m da p.c..

- Da ~ km 13+200 a km 21+922: si torna nel fluvioglaciale e fluviale wurmiano. In superficie il materiale varia da sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie, a sabbie con depositi fini e ghiaie, a limi prevalenti, a limi frammisti a sabbie e ghiaie. Nel tratto tra ~ 16+250 e ~ km 16+700 è segnalata la presenza di ghiaia frammista a depositi fini, in contrasto con i dati derivati dalle stratigrafie CEPAV UNO. Nel sottosuolo, dai sondaggi risulta la presenza, per tutta la tratta, di prevalenti sabbie con livelli di vario spessore di argille e limi e lenti locali di ghiaia. La permeabilità dell'unità è medio-alta e la soggiacenza della falda nei sondaggi varia da 10.5 a 5.0 m da p.c.. Alcuni dei sondaggi hanno evidenziato anche in questa zona la presenza di torba.

In termini di rischio di dissesto idrogeologico, il territorio ove si sviluppa il nuovo tracciato è stato interessato, anche in tempi molto recenti, da esondazioni del Lambro. Tra gli abitati di Vizzolo Predabissi e Cerro al Lambro - dal PTCP della Provincia di Milano - si può descrivere una fascia di estensione pari a circa 1000 m classificata "a rischio moderato"; nella zona mediana di questa fascia, ai margini del corso d'acqua attuale, si osserva un ulteriore ambito, di estensione pari a circa 300 m, definito "a rischio molto elevato".



Protezione Civile - Macroscenario relativi al rischio di esondazione – Comuni di Cerro e S. Zenone al Lambro

6 GEOTECNICA

6.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo vengono esaminati gli aspetti geotecnici legati allo studio per la realizzazione dell'ampliamento alla 4° corsia dell'autostrada A1 Milano Sud - Lodi.

6.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione geotecnica delle opere avverrà conformemente alle prescrizioni contenute nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 (NTC).

6.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO

6.3.1 *Pregresse*

1. *Progetto esecutivo III corsia ed ampliamento Barriera Milano Sud.*

Indagini geognostiche in sito eseguite nel periodo febbraio-giugno 1979 dalla società Radaelli Castellotti s.n.c..

2. *Progettazione Autostrada Milano – Roma – Napoli, Lotto 2.*

Indagini geognostiche in sito eseguite dalla Società italiana per le Strade Ferrate del Mediterraneo.

3. *Progettazione Area di servizio S. Zenone Nord e Sud.*

Indagini ambientali in sito eseguite:

- da ENI S.p.A. nel luglio 2004;
- dalla impresa Petroltecnica nell'ottobre 2006.

4. *Progettazione della linea AV/AC Milano – Bologna, 1° Lotto, da CEPAV UNO.*

Indagini geognostiche in sito eseguite nell'anno 1992 dall'impresa Geotrivell di Teramo. Indagini geognostiche di laboratorio eseguite nell'anno 1992 dal Laboratorio Geotecnico Altair di Milano.

5. *Progettazione preliminare della Tangenziale Esterna Est di Milano – Lotto 5.*

Indagini geognostiche in sito eseguite nell'anno 2003 dalla società Teknos S.r.l. di Curno (BG).

6. *Progettazione definitiva della Tangenziale Esterna Est di Milano – Lotto 5.*

Indagini geognostiche in sito eseguite nell'ottobre 2009 dalla società Sonedile s.r.l. unipersonale di Teramo.

Prove geotecniche di laboratorio effettuate nell'ottobre-novembre 2009 dalla società Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l. di Roma.

6.3.2 Progetto definitivo dell'ampliamento alla 4° corsia del tratto Milano Sud (Tang. Ovest) – Lodi

- Indagini geognostiche in sito (geotecniche e geofisiche) eseguite nell'anno 2010-2011 dalla società Teknos S.r.l. di Curno (BG).
- Prove geotecniche di laboratorio effettuate nell'anno 2010-2011 dalla società Servizi Geotecnici S.r.l. di Pomezia (Roma).

6.3.2.1 Sondaggi

Nella tabella seguente sono riportati i sondaggi della campagna di progetto definitivo utilizzati per la caratterizzazione geotecnica.

Tabella 6-1: Indagini progetto definitivo – Sondaggi.

Sigla	Campagna	Pk [km]	Quota [m s.l.m.]	Tipo	L [m]	C.I.	C.R.	Prove in foro			Strument.
								S.P.T.	F	P	
ML1	Progetto definitivo IV corsia	6+046	94.502	C.C.	25.0	2	7	12	-	-	C.C. (12.0) C.C. (24.0)
ML2	Progetto definitivo IV corsia	6+889	93.463	C.C.	25.0	3	7	12	-	-	C.C. (13.5) C.C. (24.0)
ML3	Progetto definitivo IV corsia	7+718	91.980	C.C.	20.0	2	6	11	-	-	T.A. (0.5÷6) C.C. (20.0)
ML4	Progetto definitivo IV corsia	11+731	77.102	C.C.	40.0	-	8	17	1	-	T.A. (0.5÷9) C.C. (36.0)
ML5	Progetto definitivo IV corsia	11+816	74.778	C.C.	40.0	1	12	17	1	-	-
ML6	Progetto definitivo IV corsia	11+819	78.426	C.C.	45.0	2	10	19	1	-	T.A. (0.5÷11.5) C.C. (30.0)
ML7	Progetto definitivo IV corsia	11+864	78.656	C.C.	40.0	1	8	17	1	-	CH
ML7bis	Progetto definitivo IV corsia	11+864	78.300	C.C.	40.0	-	-	-	-	-	CH
ML8	Progetto definitivo IV corsia	12+660	79.556	C.C.	20.0	1	6	11	-	-	T.A. (0.5÷10.0) C.C. (20.0)
ML9	Progetto definitivo IV corsia	13+282	84.932	C.C.	30.0	1	8	14	-	-	-
ML10	Progetto definitivo IV corsia	14+628	83.626	C.C.	25.0	2	7	11	-	-	C.C. (7.5) C.C. (24.0)
ML11	Progetto definitivo IV corsia	15+631	83.309	C.C.	20.0	1	7	11	-	-	T.A. (0.5÷20.0)

Sigla	Campagna	Pk [km]	Quota [m s.l.m.]	Tipo	L [m]	C.I.	C.R.	Prove in foro			Strument.
								S.P.T.	F	P	
ML12	Progetto definitivo IV corsia	16+246	82.050	C.C.	20.0	1	6	11	-	-	T.A. (0.5÷20.0)
ML13	Progetto definitivo IV corsia	18+431	80.320	C.C.	30.0	-	8	14	-	-	T.A. (0.5÷30.0)
ML13bis	Progetto definitivo IV corsia	18+431	80.232	C.C.	30.0	-	-	-	-	-	CH
ML13ter	Progetto definitivo IV corsia	18+431	80.100	C.C.	30.0	-	-	-	-	-	CH
ML14	Progetto definitivo IV corsia	21+786	75.711	C.C.	30.0	-	9	14	-	-	-

Caratteristiche sondaggio:

- C.C. = perforazione a carotaggio continuo
- D.N. = perforazione a distruzione di nucleo
- L = profondità in metri da piano campagna

Campioni:

- C.I. = n. di campioni indisturbati per i quali sono disponibili indagini di laboratorio
- C.R. = n. di campioni rimaneggiati per i quali sono disponibili indagini di laboratorio

Prove in foro:

- S.P.T. = n. prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio
- F = Prova Lefranc
- P = Prova pressiometrica

Strumentazione:

- T.A. = Tubo aperto (con indicazione dell'intervallo filtrante da sommità sondaggio in metri)
- C.C. = cella piezometrica Casagrande (con indicazione delle profondità da sommità sondaggio in metri)
- CH = prova Cross Hole

6.3.2.2 Prove penetrometriche dinamiche – DPSH

Nella tabella seguente sono riportate le prove penetrometriche dinamiche della campagna di progetto definitivo utilizzate per la caratterizzazione geotecnica.

Tabella 6-2: Indagini progetto definitivo – Prove penetrometriche dinamiche.

Sigla	Campagna	Pk [km]	Quota [m s.l.m.]	L [m]
DPSH-ML1	Progetto definitivo IV corsia	11+754	75.410	16.5
DPSH-ML2	Progetto definitivo IV corsia	11+856	74.875	18.3
DPSH-ML4	Progetto definitivo IV corsia	12+358	83.937	25.2

DPSH-ML3	Progetto definitivo IV corsia	13+281	84.774	25.2
DPSH-ML5	Progetto definitivo IV corsia	20+165	79.868	25.2
L = profondità in metri da piano campagna				

6.3.2.3 Pozzetti esplorativi

Nella tabella seguente sono riportate i pozzetti esplorativi della campagna di progetto definitivo utilizzate per la caratterizzazione geotecnica.

Tabella 6-3: Indagini progetto definitivo – Pozzetti esplorativi.

Sigla	Campagna	Pk [km]	Quota [m s.l.m.]	L [m]	Prova PLT [m]
PZ-ML1	Progetto definitivo IV corsia	5+162	95.499	3.30	0.50
PZ-ML2	Progetto definitivo IV corsia	6+083	94.918	2.40	-
PZ-ML3	Progetto definitivo IV corsia	6+864	93.986	3.50	0.50
PZ-ML4	Progetto definitivo IV corsia	7+711	91.678	0.50	-
PZ-ML5	Progetto definitivo IV corsia	8+115	91.177	1.80	0.50
PZ-ML6	Progetto definitivo IV corsia	9+271	90.080	2.70	-
PZ-ML7	Progetto definitivo IV corsia	12+646	79.642	3.40	0.45 – 0.95
PZ-ML8	Progetto definitivo IV corsia	13+800	85.373	3.40	0.45
PZ-ML9	Progetto definitivo IV corsia	14+705	83.726	3.50	0.45
PZ-ML12	Progetto definitivo IV corsia	17+722	81.400	3.00	0.55 ÷ 1.00
PZ-ML13	Progetto definitivo IV corsia	19+213	79.641	4.10	0.80
PZ-ML14	Progetto definitivo IV corsia	19+940	78.288	4.20	0.50
PZ-ML15	Progetto definitivo IV corsia	20+545	78.856	4.10	0.45 ÷ 0.95
PZ-ML16	Progetto definitivo IV corsia	21+256	77.570	3.00	0.50 ÷ 1.00

Sigla	Campagna	Pk [km]	Quota [m s.l.m.]	L [m]	Prova PLT [m]
L = profondità in metri da piano campagna Prova PLT = profondità prova di carico su piastra in metri da piano campagna					

6.3.2.4 Indagini geofisiche

Nella tabella seguente sono riportate le indagini geofisiche della campagna di progetto definitivo utilizzate per la caratterizzazione geotecnica.

Tabella 6-4: Indagini progetto definitivo – Indagini geofisiche.

Sigla	Campagna	Pk [km]
MASW 01	Progetto definitivo IV corsia	Stendimento in corrispondenza del Fiume Lambro – lato Lodi
ML7 – Cross Hole	Progetto definitivo IV corsia	11+864
ML13 – Cross Hole	Progetto definitivo IV corsia	18+431

6.4 QUADRO PROGETTUALE

6.4.1 Aspetti geologici

Dal punto di vista geologico l'area interessata dal progetto è costituita da depositi quaternari di età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Attuale, quando la fascia Alpina e la Pianura Padana vengono interessate da episodi glaciali - convenzionalmente raggruppati in cinque fasi Donau, Gunz, Mindel, Riss, Würm (di cui solo le ultime tre sono presenti nell'area lombarda).

In particolare i depositi che si rinvergono nell'area in esame sono depositi connessi al fluvio-glaciale dell'ultima glaciazione quaternaria (Fluvioglaciale e fluviale Wurm). Si tratta di depositi formati da ghiaie e sabbie prevalenti, con scarsi livelli argillosi, che costituiscono il cosiddetto "livello principale della Pianura Padana" o "Diluvium recente". In linea generale, la granulometria di questa unità diminuisce da nord a sud, passando da termini più grossolani (ghiaie prevalenti) a termini più fini (sabbie prevalenti) con passaggio per lo più graduale. Superficialmente sono presenti orizzonti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, di spessore limitato a pochi metri. Tali depositi si rinvergono sulla totalità dell'area oggetto di studio.

Durante le fasi interglaciali si assiste all'erosione dei depositi accumulatisi da parte di corsi d'acqua e alla conseguente creazione di una serie di terrazzi; all'interno delle scarpate fluviali del Fiume Lambro affiorano depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene), con una distribuzione altimetrica in diversi livelli che dall'alveo attuale si raccordano alla piana principale. Si tratta di depositi prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con

presenza di sabbie, limi e argille in lenti più o meno allungate, legate alle divagazioni dei corsi d'acqua.

Per una descrizione di maggiore dettaglio in merito agli aspetti geologici del territorio interessato dall'opera in progetto, si rimanda alla Relazione Geologica.

6.4.2 Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista morfologico, l'area interessata dal progetto è caratterizzata da un'estesa piana alluvionale la cui superficie topografica degrada debolmente verso il Fiume Lambro, che, scorrendo in direzione NW-SE, interseca il tracciato a sud di Melegnano.

Le variazioni altimetriche sono molto limitate; si passa infatti da circa 100 m s.l.m. nella zona Nord a circa 75 m s.l.m. in prossimità dello svincolo di Lodi, mentre in corrispondenza del F. Lambro si raggiungono quote di circa 70 m s.l.m. Si individua inoltre una traccia di paleoalveo morfologicamente poco accentuato, ad andamento meandriforme, formato probabilmente dal Fiume Lambro o dall'Adda ed attualmente percorso dal Cavo Sillaro (canale irriguo).

Oltre al Fiume Lambro, l'area in studio è solcata da una fitta trama di corsi d'acqua minori la maggior parte dei quali costituisce la rete irrigua sia di competenza consortile (Consorzio di Bonifica Est Ticino Villosesi) che comunale o privata ed è di origine artificiale. I corsi d'acqua naturali scorrono, seguendo la topografia blandamente degradante verso Sud; i corsi d'acqua artificiali, invece, hanno direzioni di deflusso imposte dalle necessità irrigue.

Alla scala delle opere in progetto, risultano estremamente importanti i processi legati all'azione delle acque, legati principalmente alla dinamica fluviale del Lambro e dei suoi principali affluenti, ed accentuati dal regime idraulico irregolare caratterizzato dall'alternanza di periodi di magra e periodi di piena, nonché a processi legati alla azione antropica, sia come agente stabilizzante (sistemazioni, regimazioni, ecc.) sia come fattore destabilizzante (accumuli, scavi, cattiva gestione delle risorse, scorretta pianificazione territoriale, ecc.).

Per una descrizione di maggiore dettaglio in merito agli aspetti geomorfologici del territorio interessato dall'opera in progetto, si rimanda alla Relazione Geomorfologica.

6.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.5.1 Premessa

Il presente capitolo riporta la caratterizzazione geotecnica delle principali unità litostratigrafiche individuate lungo il tratto autostradale in esame per le singole zone omogenee, basata sui risultati:

- delle indagini geognostiche eseguite;
- dell'interpretazione delle indagini.

L'interpretazione delle indagini ha consentito di raggruppare i materiali incontrati nelle unità litostratigrafiche seguenti:

- unità A: *Argilla limosa e limo argilloso*;
- unità B: *Limo sabbioso e sabbia limosa*; tale unità si presenta maggiormente limosa nelle zone omogenee da 1 a 6 (unità B2) mentre la componente sabbiosa risulta prevalente in zona omogenea 7 (unità B1);

- unità C1: *Sabbia da fine a media mediamente addensata;*
- unità C2: *Sabbia da fine a grossolana da addensata a molto addensata;*
- unità D: *Ghiaia sabbiosa e sabbia con ghiaia.*

L'analisi dei profili stratigrafici sulla base delle unità litostratigrafiche suddette ha permesso la suddivisione dell'intero tratto oggetto ampliamento alla quarta corsia in 7 zone omogenee, che presentano al loro interno caratteristiche geologico-geotecniche sostanzialmente uniformi.

6.5.2 Zona omogenea 1

La zona omogenea 1 si sviluppa dall'estremo settentrionale del tracciato in progetto (pk 4+882) fino alla pk 8+800 circa, in prossimità della Barriera di Milano Sud, ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente coesivi.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, si osserva la presenza di un'unità argilloso-limosa (unità A) fino alla profondità di circa 20 metri, che ingloba al suo interno lenti di spessore metrico e buona continuità laterale di sabbie mediamente addensate (unità C1); avvicinandosi alla fine della zona omogenea, cioè verso la Barriera di Milano sud, l'unità superficiale coesiva diviene prevalentemente limosa (unità B).

Oltre i 20 metri, e fino alle massime profondità indagate (30 m), si rinvencono sabbie e sabbie ghiaiose da mediamente a molto addensate (unità C1 e C2).

6.5.3 Zona omogenea 2

La zona omogenea 2 si sviluppa dalla pk 8+800 circa, in prossimità della Barriera di Milano Sud, fino alla sponda in destra idrografica del Fiume Lambro (pk 11+700 circa), ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, si osserva la presenza di un'unità di sabbie mediamente addensate (unità C1) fino alla profondità di circa 30 metri, che ingloba al suo interno lenti di spessore metrico e limitata continuità laterale di materiali coesivi (unità A e B) e sporadiche lenti ghiaioso-sabbiose (unità D).

Oltre i 30 metri, e fino alle massime profondità indagate (35 m), si rinvencono sabbie e sabbie ghiaiose da addensate a molto addensate (unità C2).

La soggiacenza della falda si attesta su valori compresi tra 2 e 4 metri dal piano campagna fino alla pk 9+500 circa; da qui, e fino alla fine della zona omogenea, il livello di falda si approfondisce nel terreno, equilibrandosi con il livello dell'alveo del Fiume Lambro che svolge un'azione drenante.

6.5.4 Zona omogenea 3

La zona omogenea 3 si sviluppa dalla sponda in destra idrografica del Fiume Lambro (pk 11+700 circa) fino in prossimità del ponte sul Cavo Lorini-Marocco (pk 13+150 circa), ed è caratterizzata dalla netta predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, si osserva la presenza di un'unità di sabbie mediamente addensate (unità C1) fino alla profondità media di circa 20 metri, che ingloba al suo interno sporadiche lenti di spessore metrico e limitata continuità laterale di materiali coesivi (unità A e B) e ghiaie sabbiose (unità D).

La soggiacenza della falda si attesta su valori compresi tra 3 e 4 metri dal piano campagna, con tendenza ad approfondirsi verso il tratto iniziale della zona omogenea in conseguenza dell'azione drenante del Fiume Lambro.

6.5.5 Zona omogenea 4

La zona omogenea 4 si sviluppa a partire dal ponte sul Cavo Lorini-Marocco (pk 13+150 circa) fino in prossimità dell'area di servizio San Zenone est-ovest (pk 15+300 circa), ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti. Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, si osserva la presenza di terreni coesivi (unità A e B) fino alla profondità di circa 5÷10 metri, variamente intercalati con lenti di spessore metrico e limitata continuità laterale di sabbie mediamente addensate (unità C1).

Oltre i 10 metri, e fino a 30 metri di profondità, si rinviene un'unità di sabbie mediamente addensate (unità C1) che ingloba al suo interno sporadiche lenti di spessore metrico e limitata continuità laterale di materiali coesivi (unità A e B). Nel primo tratto della zona omogenea è presente, tra 30 e 35 metri di profondità, un banco di ghiaia sabbiosa (unità D) che tende a chiudersi in prossimità della pk 14+400, lasciando il posto alle sabbie e sabbie ghiaiose da addensate a molto addensate dell'unità C2, riconosciute fino alle massime profondità indagate (50 m). Nel primo tratto della zona omogenea, quest'ultima unità risulta intercalata da spessori di 5m circa di limi argillosi (unità B) e sabbie mediamente addensate (unità C1).

Il livello di falda non presenta variazioni importanti, e la soggiacenza si mantiene su valori compresi tra 2,5 e 4 metri dal piano campagna.

6.5.6 Zona omogenea 5

La zona omogenea 5 si sviluppa a partire dall'area di servizio San Zenone est-ovest (pk 15+300 circa) fino alla pk 16+900 circa, ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, si osserva la presenza di un'unità di sabbie generalmente mediamente addensate (unità C1) fino alla profondità media di circa 20 metri, intercalata a due livelli di spessore metrico e buona continuità laterale di argille limose (unità A), ben riconoscibili alle profondità di circa 5 e 15 metri dal piano campagna; sono inoltre presenti sporadiche e discontinue lenti di spessore metrico di limi argillosi (unità B) e ghiaie sabbiose (unità D).

Oltre i 20 metri, e fino alle massime profondità indagate (26 m), si rinvengono intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose da addensate a molto addensate (unità C2) con sabbie generalmente mediamente addensate (unità C1).

Il livello di falda non presenta variazioni importanti, e la soggiacenza si mantiene su valori compresi tra 4 e 5 metri dal piano campagna.

6.5.7 Zona omogenea 6

La zona omogenea 6 si sviluppa a partire dalla pk 16+900 circa fino in prossimità del ponte sul cavo Sillaro (pk 18+350 circa), ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, nei primi 10 metri si osserva la presenza delle unità argillose e limose (rispettivamente unità A e B), intercalate a livelli metrici di sabbie mediamente addensate (unità C1); i livelli coesivi sono preponderanti fino alla pk 17+700, mentre oltre prevalgono gli strati incoerenti.

Oltre i 10 metri e fino alle massime profondità indagate (30 m) sono presenti le sabbie mediamente addensate (unità C1), variamente intercalate a livelli metrici e discontinui di argille (unità A) e ghiaie sabbiose (unità D).

Dalla pk 17+700 fino al termine della zona omogenea è presente un importante banco di sabbie e sabbie ghiaiose da addensate a molto addensate (unità C2) tra 11 e 18 metri circa di profondità.

Il livello di falda non presenta variazioni importanti, e la soggiacenza si mantiene su valori compresi tra 4 e 5 metri dal piano campagna.

6.5.8 Zona omogenea 7

La zona omogenea 7 si sviluppa a partire dal ponte sul cavo Sillaro (pk 18+350 circa) fino all'estremo meridionale del tracciato in progetto (pk 21+922), ed è caratterizzata dalla predominanza, nei primi metri di profondità, di litotipi prevalentemente incoerenti.

Al di sotto di un primo strato di spessore metrico di terreni di riporto e coltre vegetale, nei primi 5 metri si osserva la presenza dell'unità limosa e limoso-sabbiosa (unità B), che presenta una buona continuità laterale; oltre i 5 metri, e fino a 12÷18 metri circa di profondità, si rinviene un'unità di sabbie mediamente addensate (unità C1) che ingloba al suo interno sporadiche lenti di spessore metrico e limitata continuità laterale di limo e limi sabbiosi (unità B) e ghiaie sabbiose (unità D).

Oltre i 12÷18 metri circa di profondità, e fino alle massime profondità indagate (40 m) si rinvengono sabbie e sabbie ghiaiose da addensate a molto addensate (unità C2) inglobanti sporadiche e discontinue lenti di spessore metrico di sabbie generalmente mediamente addensate (unità C1).

La continuità dell'unità C2 è interrotta, alle profondità di 30 e 40 metri circa di profondità, da due livelli di ghiaie sabbiose di 3÷5 metri di spessore e aventi, presumibilmente, buona continuità laterale.

Il livello di falda non presenta variazioni importanti, e la soggiacenza si mantiene su valori compresi tra 2 e 5 metri dal piano campagna.

7 IDROLOGIA E IDRAULICA

7.1 GENERALITA'

Nell'ambito del progetto dell'intervento di ampliamento alla quarta corsia dell'autostrada A1 Milano Napoli, tratta Milano Sud (Tang.Ovest) - Lodi, è stata effettuata un'analisi sintetica volta all'individuazione degli elementi idrologici ed idraulici di partenza, sulla base dei quali definire gli aspetti critici da risolvere nelle successive fasi progettuali. Nel presente capitolo si individuano il reticolo idrografico interferente, le metodologie idrologiche e le tipologie d'intervento da applicare nella progettazione delle sistemazioni idrauliche e del sistema drenante di piattaforma.

7.2 AUTORITA' DI BACINO

L'autorità di bacino competente per territorio è l'Autorità di Bacino del Fiume Po, istituita, come per altri bacini idrografici di rilievo nazionale, con la legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", (art.12). La pubblicazione, sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto 2001, del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001, ha sancito l'entrata in vigore del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - brevemente denominato PAI - adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001.

I contenuti del PAI si articolano in interventi strutturali (opere), relativi all'assetto di progetto delle aste fluviali, dei nodi idraulici critici e dei versanti, ed interventi e misure non strutturali (norme di uso del suolo e regole di comportamento). In particolare, le misure non strutturali comprendono la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali (Fascia A di deflusso della piena, Fascia B di esondazione, Fascia C di inondazione per piena catastrofica) ai cui vincoli si fa riferimento per la progettazione delle opere autostradali in argomento.

7.3 ALTRI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

A scala regionale, uno strumento di pianificazione territoriale è il *Programma di Tutela ed Uso delle Acque* (L.R. 12 dicembre 2003, n. 26, art. 45, comma 3 - D.Lgs 11 maggio 1999, n.152, art. 44 Titolo IV, Capo I). Si tratta di uno strumento per la pianificazione della tutela e dell'uso delle acque, che individua le misure e gli interventi necessari ad assicurare la tutela quantitativa e qualitativa dei corsi d'acqua naturali. In particolare fornisce le direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di fognatura e alla limitazione delle portate da recapitare nei corsi d'acqua naturali.

Un altro strumento di cui tenere conto è il *Piano Territoriale Regionale (PTR)* di cui, per ora, la Giunta Regionale della Lombardia ha approvato la proposta di Piano con DGR n. 6447 del 16 gennaio 2008.

7.4 CONSORZI DI BONIFICA

I Consorzi di Bonifica interessati dall'ampliamento alla 4 corsia della tratta Milano Sud - Lodi (dal Km 4+882 al Km 21+922) sono i seguenti:

- Consorzio di Bonifica Est Ticino Villosesi;
- Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana;
- Consorzio di Bonifica Naviglio Olona.

Per completezza, si rammenta che il confine fra il territorio di competenza del Consorzio Est Ticino Villoresi e quello del Consorzio Muzza Bassa Lodigiana è costituito dal fiume Lambro, è di competenza del Consorzio Naviglio Olona il solo Cavo Lorini Marocco

7.5 IDROGRAFIA

L'idrografia della zona interessata dall'intervento è quella tipica della media pianura padana lombarda, ovvero di un'area pianeggiante di origine alluvionale altamente sfruttata a scopo agricolo e solcata da numerosi cavi irrigui.

Il reticolo idrografico naturale è costituito essenzialmente dal fiume Lambro, unica interferenza principale, scavalcata in viadotto; tutte le altre aste interferenti sono rogge o canali di irrigazione artificiali, a volte anche di notevole larghezza, scavalcate con ponti, ponticelli o tombini.

Mentre il regime idraulico del Lambro è quello di un'asta naturale, soggetta alla zonizzazione dell'Autorità di Bacino del fiume Po (fasce PAI), tutte le rogge intersecate presentano portate regolate dipendenti dalla gestione del consorzio competente, al quale si rimanda per ogni informazione di natura idrologica ed idraulica.

7.6 IDROLOGIA

La metodologia che si adotterà per la determinazione delle caratteristiche idrologico-idrauliche dei corsi d'acqua di interesse è la seguente:

- Se l'Autorità di Bacino competente, nell'ambito del PAI o di altro strumento normativo, o altro Ente istituzionale competente in materia, indica i valori ufficiali delle grandezze idrologico-idrauliche ricercate, o fornisce una metodologia approvata per la loro determinazione, si utilizzeranno tali valori e metodologie ufficiali.
- Se l'Autorità di Bacino competente, o altro Ente istituzionale, non fornisce alcuna indicazione circa la caratterizzazione idrologico-idraulica dei corsi d'acqua di interesse, le grandezze di riferimento saranno calcolate utilizzando i metodi dell'idrologia classica desunti dalla letteratura specifica.

7.7 INTERFERENZE IDROGRAFICHE ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Il tracciato autostradale in oggetto è interessato dall'attraversamento dell'alveo del Fiume Lambro, che ne determina l'interferenza principale, e da una complessa rete di canali, rogge e fossati irrigui, da considerarsi come interferenze secondarie o minori.

Facendo riferimento alla Corografia in scala 1:10.000 allegata, il sistema idrografico presente nell'area risulta come segue.

7.7.1 Fiume Lambro

Il Fiume Lambro ha un bacino idrografico di 1.950 km² e una lunghezza dell'asta principale di circa 137 km.

Nasce presso Pian del Rancio, nel Comune di Magreglio (CO). alla quota di 950 m s.l.m..

Sotto il profilo idraulico generale, può essere distinto in quattro tratte di differenti caratteristiche:

- a) tratta prelacuale, prima dell'immissione nel Lago Pusiano, a carattere torrentizio, con alveo incassato, forti pendenze e scarso livello di urbanizzazione;
- b) tratta settentrionale compresa tra il Lago Pusiano e Villasanta, con alveo abbastanza incassato e con livelli di urbanizzazione bassi;

- c) tratta centrale compresa tra Villasanta e la confluenza con il Deviatore Redefossi a S. Donato Milanese, in cui il fiume attraversa territori pianeggianti, fortemente antropizzati e urbanizzati con lunghi tratti canalizzati, vincolati da numerosi ponti ed attraversamenti; in questa tratta vengono raccolti i contributi idrici degli scaricatori delle reti fognarie comunali di Monza, Sesto San Giovanni e Milano;
- d) tratta meridionale a valle del Redefossi e fino alla confluenza nel Fiume Po, su territori pianeggianti, caratterizzati da un complesso reticolo irriguo; in questa tratta il Lambro sottopassa l'Autostrada fra le Progr. Km 11+728,57 e 11+874,79.

7.7.2 Idrografia Secondaria

La rete idrografica secondaria della zona è costituita da corsi d'acqua, alcuni naturali ma per lo più artificiali, indicati come cavi, canali, rogge, colatori, la cui portata è regolata a scopo irriguo e/o di scolo dai seguenti Consorzi di Bonifica:

- 1) Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi, il cui comprensorio si estende in riva destra del Fiume Lambro;
- 2) Consorzio di Bonifica Muzza-Bassa Lodigiana, con comprensorio in sinistra Lambro;
- 3) Consorzio Irriguo Naviglio Olona, per quanto riguarda il solo Cavo Lorini-Marocco.

La rete idrografica dal comprensorio Est Ticino-Villoresi, interferisce con il tracciato autostradale in oggetto solamente con il reticolo irriguo minore di competenza e gestione privata, di cui fa parte la Roggia Viscontea.

La Roggia Vettabbia, infatti, che costituisce la più rilevante struttura di scolo presente nell'area, unitamente al Cavo Redefossi, si mantiene parallela all'Autostrada, per scaricarsi nel Fiume Lambro a nord di Melegnano.

Il Cavo Lorini-Marocco, di competenza del Naviglio Olona, attraversa l'autostrada alla Progr. Km 13+262,44.

La totalità delle restanti interferenze idrografiche secondarie è indotta dal sistema irriguo e di scolo del Consorzio di Bonifica Muzza-Bassa Lodigiana, con i seguenti cavi e rogge:

Corso d'acqua	Progressiva di attraversamento [Km]
Roggia Ospitalia	14+704,33
Roggia Badia	17+176,35
Roggia Artesana	17+319,37
Cavo Sillaro Bargano	18+432,94
Roggia Balzarina	19+892,08
Roggia Dentina	19+993,62
Roggia Urbana	20+075,08
Roggia Vitalona	20+645,98

Roggia Barbavara	21+327,10
Cavo Sillaro Salerano	21+795,37

7.7.3 Reti Irrigue Minori

Le interferenze idrografiche minori sono relative ad un'estesa rete di fossati di competenza privata, utilizzati per l'irrigazione agricola nel semestre estivo e per lo scolo delle colaticce nel semestre iemale.

7.7.4 Interventi di sistemazione idraulica

L'ampliamento dei manufatti di attraversamento (ponti, ponticelli, tombini), posti sui corsi d'acqua principali, secondari e minori, implica interventi di sistemazione e raccordo all'alveo originario a monte o a valle o da entrambi i lati dell'infrastruttura. Tali interventi di sistemazione si possono riassumere in cinque tipologie principali:

- A. ricalibratura dell'alveo e sistemazione del fondo e delle sponde mediante scogliera in massi di cava di opportuna pezzatura eventualmente rinverdita (se necessario cementata);
- B. ricalibratura dell'alveo e rivestimento di fondo e sponde mediante gabbioni e/o materassi eventualmente rinverditi;
- C. ricalibratura dell'alveo e sistemazione del fondo con pietrame sciolto e delle sponde con paramenti in terra rinforzata rinverdita;
- D. risezionamento dell'alveo in terra ed inerbimento delle sponde mediante idrosemina;
- E. ricalibratura della sezione e rivestimento del canale (fondo e sponde) in calcestruzzo.

Le sistemazioni descritte si rendono necessarie per mettere in sicurezza le aste interferite ed evitare fenomeni di instabilità, locale o diffusa, delle sponde o del fondo soprattutto in quelle aree in cui, a seguito degli interventi di ampliamento degli attraversamenti, l'equilibrio dell'asta è stato alterato e le strutture aggiunte hanno modificato il regime dei deflussi in caso di piena.

7.8 SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA

7.8.1 Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito da rami di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente.

7.8.2 Requisiti prestazionali

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante, e dovranno soddisfare i seguenti requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque evitando la formazione di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'ideale pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- laminare le acque di piattaforma nei tratti in cui il ricettore finale è in condizioni critiche;
- evitare che le acque di ruscellamento esterne alle trincee possano determinare l'allagamento della sede viabile.

7.8.3 Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio è suddiviso in tre parti fondamentali:

- Elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta gli embrici, le canalette grigliate e le caditoie grigliate.
- Elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da canalizzazioni a cielo aperto e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.
- Elementi di recapito: sono individuati nei corsi d'acqua naturali e nei canali irrigui.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione; in particolare si ha:

Tabella 6 Quadro riassuntivo sistema di drenaggio

Funzione	Componente	Tipologia	T _R progetto
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate cunette triangolari	25 anni
Convogliamento	canalizzazioni	fossi di guardia collettori presidi idraulici	25 anni
Recapito	ricettori diretti o presidiati	presidi idraulici	25 anni

L'elemento di drenaggio da inserire sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione su cui è posto. Questi si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.).

La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in trincea;
- sezione in viadotto;

- sezione in galleria artificiale o naturale.

Inoltre, il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma autostradale, si può schematizzare in:

- drenaggio marginale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corsia di emergenza (esterno della carreggiata);
- drenaggio centrale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene in corrispondenza della corsia di sorpasso (interno della carreggiata).

Gi elementi costitutivi del sistema di drenaggio sono stati quindi individuati in funzione del tipo di drenaggio (marginale o centrale) e della sezione corrente dell'infrastruttura.

In corrispondenza di alcune zone particolarmente sensibili, il fiume Lambro data la sua importanza all'interno del comprensorio irriguo della pianura Padana e i pozzi idropotabili all'interno delle loro fasce di rispetto, si è ritenuto di dover garantire una maggiore tutela qualitativa agli scarichi. Per questo motivo i fossi sono stati rivestiti in calcestruzzo per evitare il percolamento delle acque nel terreno naturale e a monte dello scarico è stata prevista una lama disoleatrice.

8 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

8.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

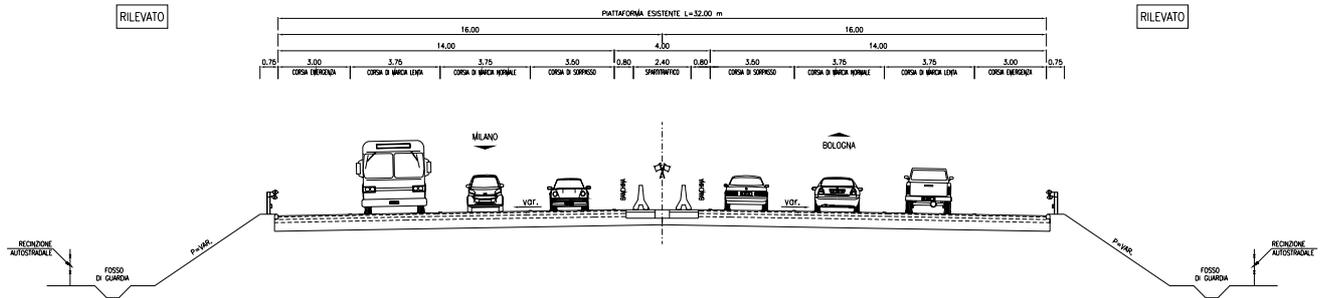
L'attuale tracciato autostradale conserva fino all'altezza dell'abitato di Lodi Vecchio (progr. Km 17+716) le caratteristiche geometriche degli interventi di ampliamento alla terza corsia realizzati nei primi anni '90, mentre la tratta realizzata in variante, realizzata per il passaggio della linea ferroviaria ad alta velocità e che termina poco prima dello svincolo di Lodi (progr. Km 21-176), risulta di recente costruzione. Il tracciato presenta all'inizio un unico rettilineo lungo circa 3.8 km che termina in corrispondenza della barriera per poi piegare in sinistra con una curva di raggio $R=2400$ m ed una destrorsa di raggio $R=2500$ m separate da un rettilineo lungo circa 1.2 km; dopo un rettilineo di quasi quattro chilometri il tracciato diventa quello della variante di Lodi vecchio dove sono presenti tre curve di ampio raggio pari rispettivamente $R=8400$, $R=9900$ e $R=7000$ metri per poi tornare sul sedime originario con un tratto in rettilineo fino allo svincolo di Lodi (fine intervento progr. Km 21+922).

Nella tratta in studio tutte le opere d'arte di scavalco si presentano già predisposte all'ampliamento della piattaforma pertanto, le modifiche progettuali apportate, sono tali da utilizzare quanto più possibile la sede stradale attuale e le opere d'arte esistenti al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi. Fino alla progr. Km 17+716 tutti i cavalcavia sono a due campate con pila centrale e questo vincola fortemente eventuali spostamenti d'asse dovuti all'inserimento delle curve di transizione. Dalla progr. Km 17+716 fino alla progr. Km 21+176 (tratto in affiancamento alla linea AC/AV) i cavalcavia sono invece a più campate ed anche in questo caso una pila ricade all'interno dello spartitraffico dell'attuale sede stradale.

8.1.1 Sezione tipo esistente

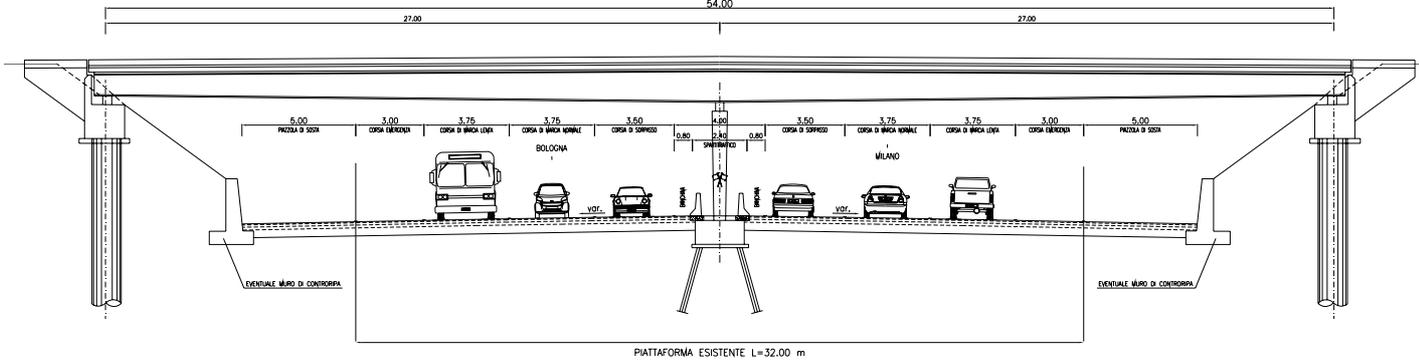
L'autostrada esistente è organizzata in due carreggiate separate da uno spartitraffico di larghezza circa 2.40 m con dispositivi di ritenuta in cls perlopiù del tipo bifilare NJ. Ciascuna carreggiata è composta da tre corsie di marcia più corsia di emergenza così organizzate: corsia di emergenza da 3.00 m, corsie di marcia lenta e normale da 3.75 m, corsia di sorpasso da 3.50 m e banchina in sinistra da 0.80 m circa (margine interno 4.00 m). La larghezza complessiva dell'attuale piattaforma è di circa 32.00 m. In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli da 0.75 m, su cui sono alloggiati le barriere di sicurezza metalliche.

SEZIONE TIPO ESISTENTE IN RETTIFILLO
 scala 1:100



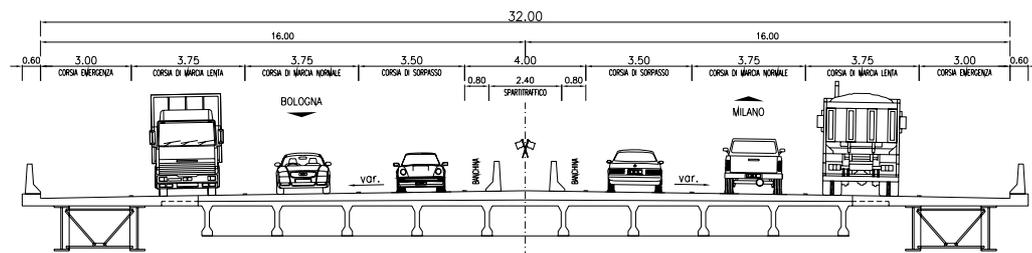
Sezione tipo esistente in rettilifilo

SEZIONE TIPO SOTTO IL CAVALCAVIA ESISTENTE (TIPOLOGICO)
 scala 1:100
 54,00



Sezione tipo cavalcavia esistente

SEZIONE TIPO ESISTENTE IN RETTIFILLO SU OPERA D'ARTE ESISTENTE (PONTE FIUME LAMBRO)



Sezione tipo su opera d'arte

9 L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO

9.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di

una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

Nel progetto di ampliamento ed ammodernamento alla quarta corsia del tratto in progetto, per definire le modalità di allargamento della sede esistente, sono stati adottati i seguenti ulteriori criteri:

1. minimizzare l'impatto dell'ampliamento alla 4° corsia con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale degli interventi, dal momento che si tratta di un progetto di ampliamento di una infrastruttura esistente;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio dell'infrastruttura durante i lavori, con una sezione stradale caratterizzata da tre corsie per senso di marcia in fase diurna.

In particolare in tutto il tratto interessato dal potenziamento è stato previsto un ampliamento di tipo simmetrico al fine di mantenere tutte le opere di scavalco autostradale (16 cavalcavia) già predisposta alla 4° corsia, in sole tre opere sono necessari interventi sulle spalle, che comunque assicurano il mantenimento delle stesse e dell'impalcato.

Non sono previste demolizioni di fabbricati di civile abitazione, l'unica opera interferente è rappresentata dal fabbricato contenente i dispositivi di regolazione del cavo Lorini-Marocco.

La normativa di riferimento utilizzata per il dimensionamento delle intersezioni è rappresentata dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006), che assume valore di cogenza per le nuove intersezioni.

Per le intersezioni esistenti la suddetta norma è stata presa a riferimento laddove si è intervenuti a modificare le attuali geometrie in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale. In particolare, sono state adeguate ai criteri di norma le lunghezze delle corsie specializzate di diversione e di immissione.

9.2 IL PROGETTO STRADALE

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50, fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della Barriera di Milano Sud (dalla

progressiva Km 8+668 alla progressiva Km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16,524 Km.

Le modifiche progettuali apportate sono state tali da utilizzare quanto più possibile l'attuale sede stradale e conservare le opere d'arte già predisposte all'ampliamento, al fine di ridurre l'impatto ambientale dell'intervento.

Sono stati inseriti i raccordi clotoidici in corrispondenza delle prime due curve (R=2400 e R=2500), mantenendo comunque l'asse di progetto molto prossimo all'asse esistente e pressoché invariata la posizione planimetrica dello spartitraffico.

In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla pk 17+716 alla pk 21+176), viene mantenuto il tracciato esistente: andamento planimetrico, pendenze trasversali, spartitraffico esistente. Il progetto per questo tratto prevede unicamente l'ampliamento della sezione trasversale da tre a quattro corsie.

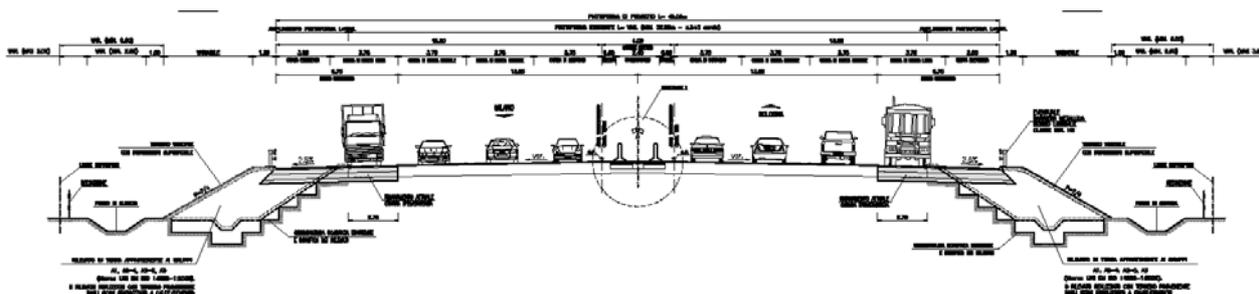
Per le clotoidi sia del tratto della variante sia del tratto precedente non risulta rispettato il criterio ottico; l'adozione di curve di transizione che rispettino anche tale criterio implicherebbe uno spostamento dell'asse tale da modificare completamente il sedime esistente con l'inevitabile demolizione e rifacimento dei cavalcavia.

9.2.1 Aspetti geometrici

9.2.1.1 Sezione tipo

La sezione tipo stradale prevede una piattaforma di 40.00 metri di larghezza, organizzata in due carreggiate separate il cui margine interno risulta pari a 4.00 m.

Ciascuna carreggiata sarà organizzata in 4 corsie di marcia larghe 3.75 m fiancheggiate in destra dalla corsia di emergenza larga 3.00 m ed in sinistra da una banchina da 0,70 m.



Sezione tipo di progetto

L'intervento in progetto prevede il rifacimento della pavimentazione sulla attuale corsia d'emergenza con un pacchetto uguale a quello previsto nel tratto in ampliamento. Nelle restanti corsie è prevista la stesa di un ulteriore strato di usura drenante con conseguente innalzamento delle quota esistente di 4 cm.

Su questo tratto si considera una velocità di progetto 90-140km/h, conforme a quanto previsto dalla normativa di riferimento.

Anche su opera d'arte la sezione stradale è mantenuta completa della corsia di emergenza.

Nei tratti in rettilineo si mantiene la pendenza trasversale esistente, adeguando alla pendenza del 2.50% (prevista dalla normativa di riferimento) solo le due fasce laterali di nuova

pavimentazione. Nei tratti in curva, a meno del tratto della variante di Lodi Vecchio, la pendenza trasversale esistente viene adeguata a quanto prescritto dalla normativa di riferimento, su tutta la larghezza della piattaforma stradale. Nelle fasce centrali la nuova pendenza trasversale viene ottenuta tramite ricarica della pavimentazione esistente, nelle fasce laterali viene realizzata la nuova pavimentazione, con pendenza corretta. L'adeguamento delle pendenze trasversali della pavimentazione esistente viene realizzato mediante ricariche in modo da non ridurre lo spessore della pavimentazione esistente.

Nel tratto della variante di Lodi Vecchio la sezione stradale esistente prevede l'andamento a schiena d'asino con pendenze trasversali pari al 2,5%.

Analizzati i vincoli legati alla presenza delle opere d'arte e dello spartitraffico centrale esistente e vista anche la recente realizzazione del tratto della variante di Lodi Vecchio (pk 17+716 – pk 21+176) è stato deciso di mantenere la configurazione esistente della sezione trasversale, che vede l'ampliamento da tre a quattro corsie con pendenza trasversale pari all'esistente.

9.2.2 Svincoli ed Aree di Servizio

Nell'ambito dell'intervento, è inoltre previsto l'adeguamento delle seguenti rampe:

- interconnessione Tangenziale Ovest A50 ad inizio intervento (km 4+882)
- svincolo di Melegnano – Binasco (km 8+200)
- area di Servizio S.Zenone (km 15+100)
- svincolo di Lodi (km 21+922)

Il progetto di ampliamento a quattro corsie della A1 prevede l'adeguamento geometrico delle rampe e delle corsie specializzate di immissione e diversione per gli svincoli e per l'area di servizio esistenti, resosi necessario in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale, a standard progettuali più moderni, in grado di offrire migliori condizioni di deflusso e sicurezza. Le rampe di ingresso e uscita dall'area Punto Blu non verranno adeguate vista la prevista chiusura del Punto Blu esistente a margine della carreggiata nord.

Alla progressiva chilometrica 10+700 è prevista la futura interconnessione con la Tangenziale Est Esterna di Milano (TEEM), tuttavia la progettazione delle rampe di immissione e diversione saranno realizzate nell'ambito del progetto delle TEEM.

9.2.2.1 Interconnessione Tangenziale Ovest – A1 direzione Sud

L'intervento di ampliamento alla quarta corsia ha origine in carreggiata Sud con la corsia di immissione, ed in carreggiata Nord con la corsia di diversione dell'interconnessione con la Tangenziale Ovest. Per le due corsie di specializzazione è stato previsto l'adeguamento ed entrambe prevedono due corsie per senso di marcia.

La rampa di diversione da Bologna si immette direttamente nella Tangenziale Ovest, andando a costituire la corsia di marcia e la seconda corsia della A50. Non ha dunque le caratteristiche di una rampa di interconnessione classica, ma dal punto di vista della composizione geometrica planimetrica può essere classificata come una rampa semidiretta.

La rampa di immissione in direzione Bologna accoglie direttamente le corsie di marcia e la seconda corsia della Tangenziale e ha le caratteristiche di una rampa

Le immissioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

Le diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

9.2.2.2 *Adeguamento svincolo di Melegnano - Binasco*

Le immissioni/diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchine in destra da 2.50 metri ad eccezione delle rampe E ed F che per preservare il cavalcavia esistente prevedono banchine da 1,75m. Infine la rampa H, ramo di immissione per Bologna da Binasco, presenta una corsia specializzata da 3,75 m con banchina in destra da 2.50m per tutta la sua lunghezza tranne per il tratto in corrispondenza del deposito sale, in cui la larghezza della banchina è pari a 3.00 m in conformità alla configurazione esistente.

9.2.2.3 *Adeguamento Area di Servizio San Zenone*

Le immissioni e diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

Il progetto delle rampe di immissione e diversione dall'Area di Servizio S.Zenone è stato compatibilizzato con il progetto di ampliamento delle Area di Servizio est e ovest in corso di realizzazione.

9.2.2.4 *Adeguamento Svincolo di Lodi*

Le immissioni e le diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

9.2.3 *Piste di servizio ASPI*

Sono state inserite in conformità al progetto preliminare cinque piste di servizio per rendere più efficiente ed immediata la possibilità di intervento ed agevolare le manovre di inversione.

I raggio dei cigli interni sono tutti maggiori di 15m, in modo da garantire le svolte dei mezzi pesanti.

PISTA N°	PROGR. KM	SVILUPPO (m)	LARGH. (m)	DIREZ.
1	7+950	340	6.50	Nord
2	8+715	195	6.50	Nord
3	9+275	350	6.50	Nord
4	8+765	185	6.50	Sud
5	9+275	145	6.50	Sud

9.3 OPERE D'ARTE

L'allargamento dell'autostrada esistente comporta l'adeguamento delle opere che sottopassano, la sede stradale stessa.

Per i tombini o sottovia che sottopassano la sede, è previsto un allungamento medio di 4.00 m circa per entrambe le estremità dell'opera (ampliamento simmetrico). L'ampliamento viene effettuato con tipologia d'ampliamento simile a quella esistente.

Per le opere d'arte maggiori (ponti e sottovia ad impalcato), che sostengono la sede stradale stessa, sarà realizzato un allargamento degli impalcati e delle relative opere di sostegno. L'entità degli ampliamenti è tale da escludere l'ampliamento a sbalzo: si interviene quindi realizzando l'impalcato d'ampliamento sorretto da elevazioni proprie. L'opera di ampliamento viene solidarizzata a livello fondazioni e a livello pulvino con l'opera esistente. A livello impalcato tra esistente e ampliamento si effettua unicamente la solidarizzazione a livello soletta senza effettuare la connessione dei traversi. Per quanto riguarda lo schema statico dell'ampliamento si ripropone quello dell'esistente.

9.3.1 Opere d'arte maggiori

Nel seguito si riportano i sottovia stradali e i ponti:

Numero	PONTI	Progressiva	Dimensioni
5	L > 7,00 m AMPLIAMENTO di ~4.00m simmetrico		
	<i>Ponte sul Fiume Lambro L=147,20 m</i>	11+719	L=147.70
	<i>Ponte sul Cavo Lorini-Marocco L=8.00m in retto L=11,30 m</i>	13+256	L=11.30
	<i>Ponte sul Cavo Sillaro 1 L=14.00m in retto L=18,00m</i>	18+423	L=18,30
	<i>Roggia Barbavara L=9,00 m</i>	21+315	L=9.00
	<i>Cavo Sillaro 2 L=9,00 m</i>	21+783	L=9.00

Tali opere risalgono agli anni '60 (epoca di costruzione della A1) in corrispondenza delle attuali corsie di marcia veloce e marcia normale e agli anni '90 (intervento di ampliamento alla terza corsia) le attuali corsie di marcia lenta, ad eccezione del Ponte sul cavo Sillaro I (prog. 18+423) che è stato realizzato nell'ambito della variante di Lodi Vecchio con i lavori della Linea Alta Velocità Milano-Bologna.

Numero	SOTTOVIA	Progressiva	Dimensioni
3	AMPLIAMENTO di ~4.00m simmetrico		
	<i>Strada poderale SANGALLO L=5.00 m</i>	12+035	L=5,00
	<i>Strada vicinale CEREGALLO L=5,00 m</i>	12+657	L=5,00
	<i>Strada provinciale n° 115 via PIAVE L=7,00 m</i>	18+559	L=7,00

Tali opere risalgono agli anni '60 (epoca di costruzione della A1) in corrispondenza delle attuali corsie di marcia veloce e marcia normale e agli anni '90 (intervento di ampliamento alla terza corsia) le attuali corsie di marcia lenta, ad eccezione del sottovia della strada provinciale n. 115 via Piave che è stato realizzato nell'ambito della variante di Lodi Vecchio con i lavori della Linea Alta Velocità Milano-Bologna.

9.3.1.1 Descrizione generale dell'intervento

In linea generale l'intervento di ampliamento alla quarta corsia prevede:

- ampliamento della piattaforma pari a 4.0 per carreggiata (ampliamento simmetrico per tutte le opere interessate);
- rigeomettrizzazione dei cordoli laterali, ora previsti di ampiezza pari a:

b = 0.70 m	cordolo per barriera di sicurezza
b = 1.50 m	cordolo per barriera di sicurezza + predisposizione barriera fonoassorbente per opere a più campate
b = 2.50 m	cordolo per barriera di sicurezza + predisposizione barriera fonoassorbente per opere ad una sola campata.
- riqualificazione dell'opera alla luce dei nuovi criteri introdotti dalle norme tecniche sulle costruzioni di recente emanazione, con particolare riferimento ai carichi mobili ed al comportamento sismico.

9.3.1.1 Criteri progettuali per l'ampliamento delle opere d'arte

Per tutte le opere d'arte è previsto il mantenimento dell'opera esistente, e la realizzazione in affiancamento della struttura d'ampliamento, opportunamente solidarizzata con le preesistenze. Per tutti gli altri casi si opera nel mantenimento della struttura originaria, provvedendo all'aggiornamento della pendenza mediante rotazione della sovrastruttura di impalcato e realizzazione in affiancamento della struttura d'ampliamento, opportunamente solidarizzata con le preesistenze.

Si opera sulla base delle seguenti linee generali sintetizzate di seguito.

9.3.1.2 Impalcati

In linea generale, la porzione in ampliamento avrà caratteristiche simili all'impalcato originale, in modo da ridurre al minimo le problematiche connesse alla differente deformabilità della porzione preesistente e della porzione di nuova realizzazione.

Per la progettazione dell'ampliamento degli impalcati del presente tratto, ad eccezione del ponte sul Lambro, si sono adottate in tutti i casi travi in c.a.p. di caratteristiche inerziali simili a quelle presenti originariamente. Le strutture di ampliamento realizzate a travi e soletta verranno solidarizzate collegando le solette; per gli impalcati a solettone si agirà in maniera analoga, salvo i casi in cui la tipologia delle travi esistenti e/o nuove consenta anche la solidarizzazione della zona di intradosso.

Il soddisfacimento delle verifiche statiche connesse all'applicazione dei nuovi carichi stradali da normativa si dimostra in generale particolarmente gravoso per impalcati di luce inferiori a 20.0 m.

Per tale motivo si prevede, in questa fase, l'adozione sistematica, sulle travi esistenti, di rinforzi a flessione formati da lamine in CFRP.

9.3.1.3 Pile

La carpenteria delle pile intermedie viene determinata con l'obiettivo di soddisfare, per quanto possibile il criterio di uniformità delle resistenze, replicando la carpenteria delle pile esistenti. L'unione con la struttura esistente si esplica mediante la predisposizione di un adeguato numero di barre trasversali inghisate entro fori realizzati nell'elevazione esistente.

9.3.1.4 *Spalle*

Le spalle relative alle strutture in ampliamento vengono realizzate a prolungamento delle spalle esistenti, mantenendo, per quanto possibile la medesima sagoma esterna.

In generale, per le spalle di altezza maggiore di 4.0 m, si prevede l'adozione sistematica di almeno un ordine di tiranti passivi posti a circa 1/3 dell'altezza del paramento. A completamento dell'intervento di rinforzo, si prevede la realizzazione di un placcaggio frontale in c.a., chiodato alla struttura esistente, avente la duplice funzione di rinforzo strutturale del paramento, e di creare un adeguato ancoraggio per il tirante passivo. Per le spalle non armate, le chiodature vengono prolungate ed inclinate allo scopo di garantire un minimo grado di duttilità alla struttura.

Tale tipo di intervento si rende possibile unicamente nel caso in cui non vi siano problemi di franco orizzontale dell'opera scavalcata (strada o canale). Per i casi particolari, si rimanda alla descrizione di dettaglio degli interventi.

Si provvederà inoltre alla realizzazione del muro paraghiaia, e del relativo giunto trasversale di dilatazione per tutte le spalle esistenti che ne risultano sprovviste all'origine.

9.3.1.5 *Fondazioni*

In linea generale si mantiene la medesima tipologia fondazionale contemplata dalla struttura esistente; le zattere di fondazione verranno solidarizzate a quelle esistenti utilizzando barre trasversali inghisate. Per le spalle, le fondazioni verranno sovradimensionate in modo da sopperire ad eventuali deficienze statiche della struttura esistente.

9.3.1.6 *Sistema di vincolo*

La quasi totalità delle opere prevede un sistema di vincolo elementare, costituito da cuscinetti di appoggio in neoprene armato. Dal momento che tale sistema di vincolo non soddisfa i requisiti di base richiesti dai nuovi criteri di sicurezza sismica (assenza di dispositivi meccanici di ritenuta), il sistema di vincolo originario verrà integrato da ritegni di fine corsa longitudinale e trasversale realizzati in c.a., o, in alternativa, da mensole metalliche fissate all'intradosso delle travi.

9.3.1.7 *Fasi realizzative*

Le fasi realizzative strettamente connesse con il funzionamento statico dell'opera (realizzazione sottostrutture e montaggio impalcato/soletta) vengono determinate al con l'obiettivo di minimizzare sia gli effetti coattivi dovuti al cedimento differenziale delle fondazioni dell'opera in ampliamento, sia, per quanto possibile, gli effetti dovuti agli effetti differiti dell'impalcato di nuova realizzazione.

Per tale motivo la realizzazione della solidarizzazione tra struttura nuova ed esistente verrà il più possibile posticipato.

9.3.1.8 *Descrizione di dettaglio delle singole soluzioni progettuali*

Nei paragrafi seguenti si sintetizzano le principali caratteristiche delle opere in esame e delle relative soluzioni di intervento.

Ponte sul Lambro

Struttura esistente

La struttura è formata da cinque campate con scansione 29+58+29+2x15.40, in attraversamento dell'alveo del fiume Lambro; la struttura è unica per ambedue le carreggiate. L'opera ha subito un primo intervento di ampliamento, realizzato in struttura composta acciaio/calcestruzzo, e ricalcando lo schema statico originario, che prevede due "stampelle" sulla zona di attraversamento, collegate da una travata da 15 m collegata con selle Gerber alle stampelle, e due campate in semplice appoggio sulle luci minori. Le spalle, fondate su pali ϕ 500 e ϕ 800, presentano altezza complessiva tra piano viabile e intradosso fondazione pari a circa 7.0 m.

Ampliamento

Il primo intervento di ampliamento effettuato negli anni '90, ha portato la larghezza complessiva dell'opera a 33.14 m. L'intervento attuale prevede un ampliamento simmetrico pari a 5.0 m per parte, consentendo l'ampliamento del piano viabile, l'inserimento dei cordoli delle barriere centrali da 70 cm, e cordoli laterali dotati di predisposizione per barriera F.O.A. da 1.50 m. La larghezza della struttura nella situazione post-ampliamento è pari a 43.0 m.

L'impalcato in ampliamento presenta caratteristiche identiche all'ampliamento messo in opera negli anni '90, ed è formato da una struttura composta acciaio-calcestruzzo, con travi di altezza variabile, collegata all'esistente tramite la soletta in c.a.

Medesimo criterio di uniformità con l'ampliamento preesistente viene seguito anche per la definizione delle carpenterie delle sottostrutture.

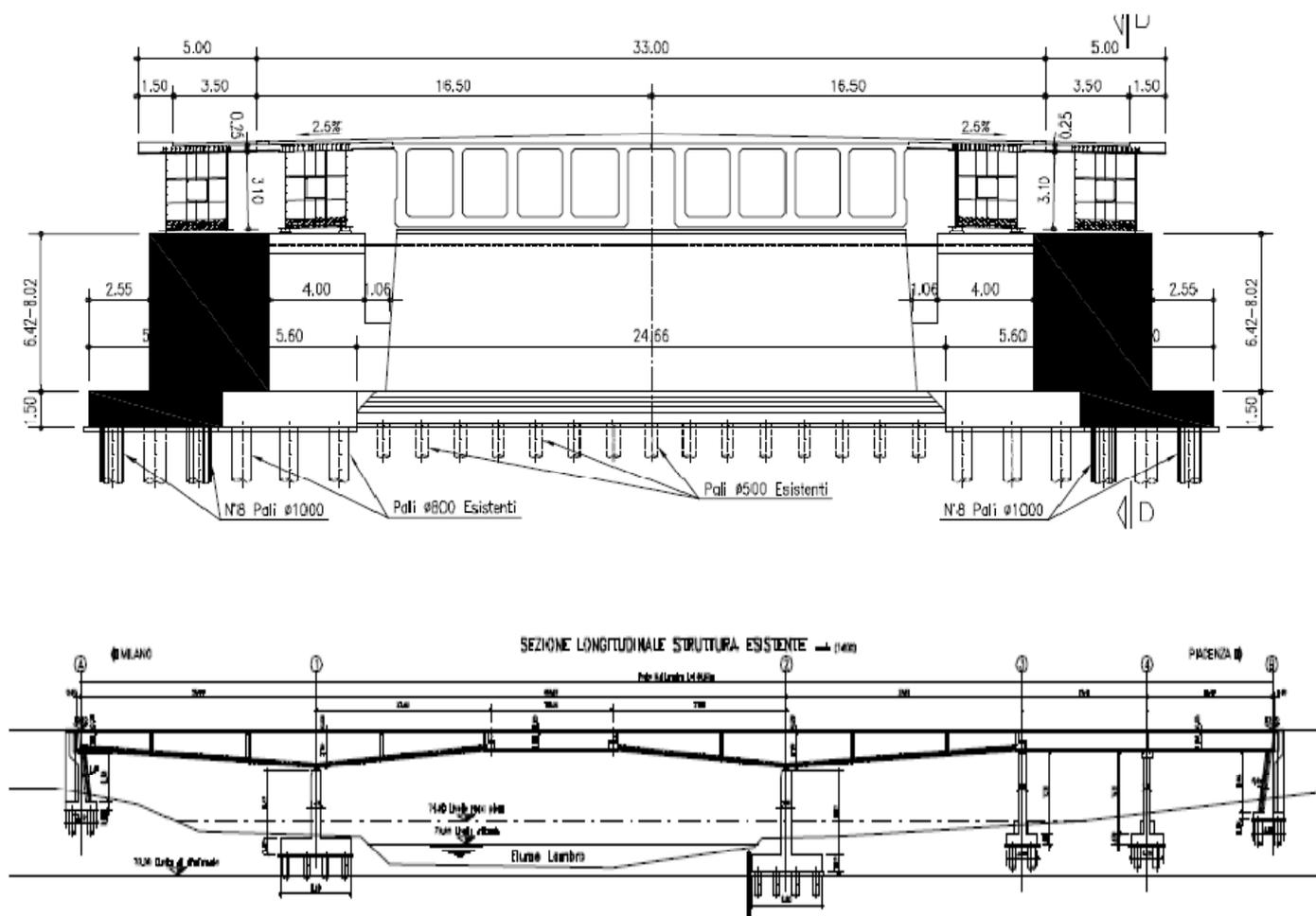
Le spalle vengono dotate di tiranti passivi e, limitatamente alla porzione esistente, di placcaggio frontale in c.a. Le nuove spalle, di carpenteria simile alle esistenti, verranno fondate su pali ϕ 1000.0.

Le apparecchiature di appoggio esistenti sono di tipo metallico. In funzione del grado di ammaloramento, se ne prevedrà eventualmente la sostituzione con altre di simili caratteristiche; si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati con mensole in c.a. sulle pile.

Tutte le opere relative alla porzione di nuova realizzazione si prevedono fondate su pali ϕ 1000.0.

La figura seguente riporta sezione trasversale e longitudinale del ponte nella configurazione finale.

Per le campate in c.a.p. di luce 15.40 m della struttura anni '60 si prevede il rinforzo a flessione/taglio mediante lamelle/tessuti in CFRP.



Ponte sul Lambro – Sezione trasversale e longitudinale

Ponte sul Cavo Lorini Marocco

Struttura esistente

La struttura esistente è a luce unica e sovrappassa in obliquo l'omonimo canale; sono presenti due impalcati indipendenti per ciascuna carreggiata, poggianti su sottostrutture comuni ai due. Ciascun impalcato è formata da un grigliato di 12 travi in c.a.p. e soletta in c.a., di luce pari a 12 m circa e spessore complessivo pari a 1.1 m circa. Anche in questo caso l'opera ha subito un primo intervento di ampliamento, realizzato con travi simile a quelle originali. Le spalle sono già dotate di muro paraghiaia, presentano altezza complessiva compresa tra 2.50 e 3.0 m circa, e sono fondate direttamente su pali ϕ 500 (struttura anni '60) o interventi colonnari in jet grouting ϕ 600 (ampliamento anni '90).

Ampliamento

L'intervento attuale prevede, oltre all'allargamento della carreggiata (simmetrico) la predisposizione di barriere F.O.A. solo sul lato carreggiata SUD; pertanto l'ampliamento è pari a 4.20 m lato carr. Nord (cordolo da 0.70 m) e pari a 5.64 m lato carr. Sud.

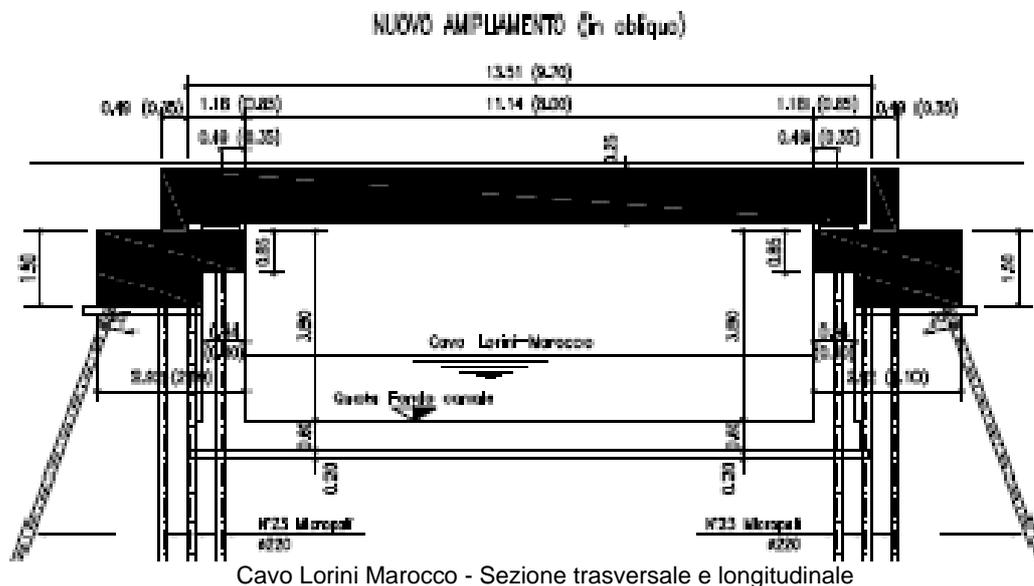
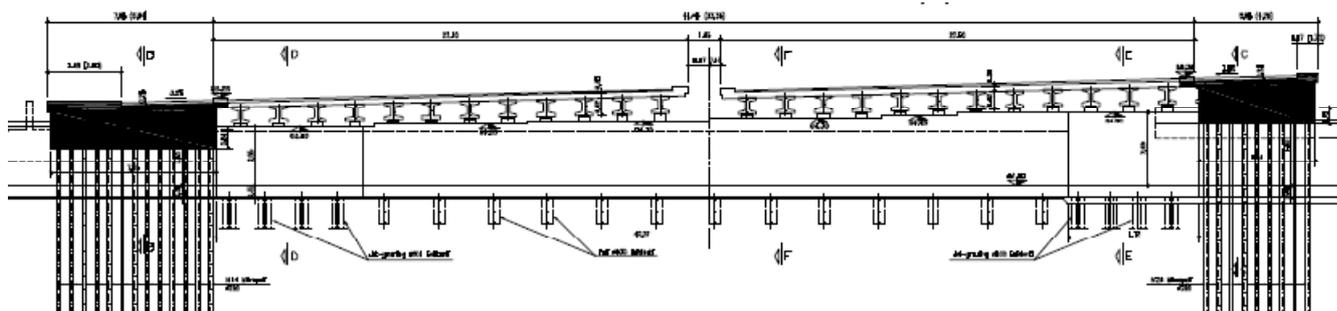
L'impalcato in ampliamento verrà realizzato con travi in c.a.p. e soletta in c.a., ricalcando le medesime caratteristiche ed interassi travi della struttura esistente.

L'ampliamento delle spalle viene concepito nell'ottica di evitare qualsiasi interferenza con l'attuale canale sovrappassato. Le spalle verranno pertanto realizzate, in prolungamento con le esistenti, a tergo delle sponde del canale, e fondate su un reticolo di micropali.

Le apparecchiature esistenti, formate da cuscinetti in neoprene armato, verranno rimpiazzate da altre di medesima tipologia. Si prevedranno inoltre ritegni sismici longitudinali e trasversali.

La figura seguente riporta sezione trasversale e longitudinale del ponte nella configurazione finale.

Per le campate in c.a.p. esistenti si prevede il rinforzo a flessione/taglio mediante lamelle/tessuti in CFRP.



Ponte sul cavo Sillaro a progr. 18+446

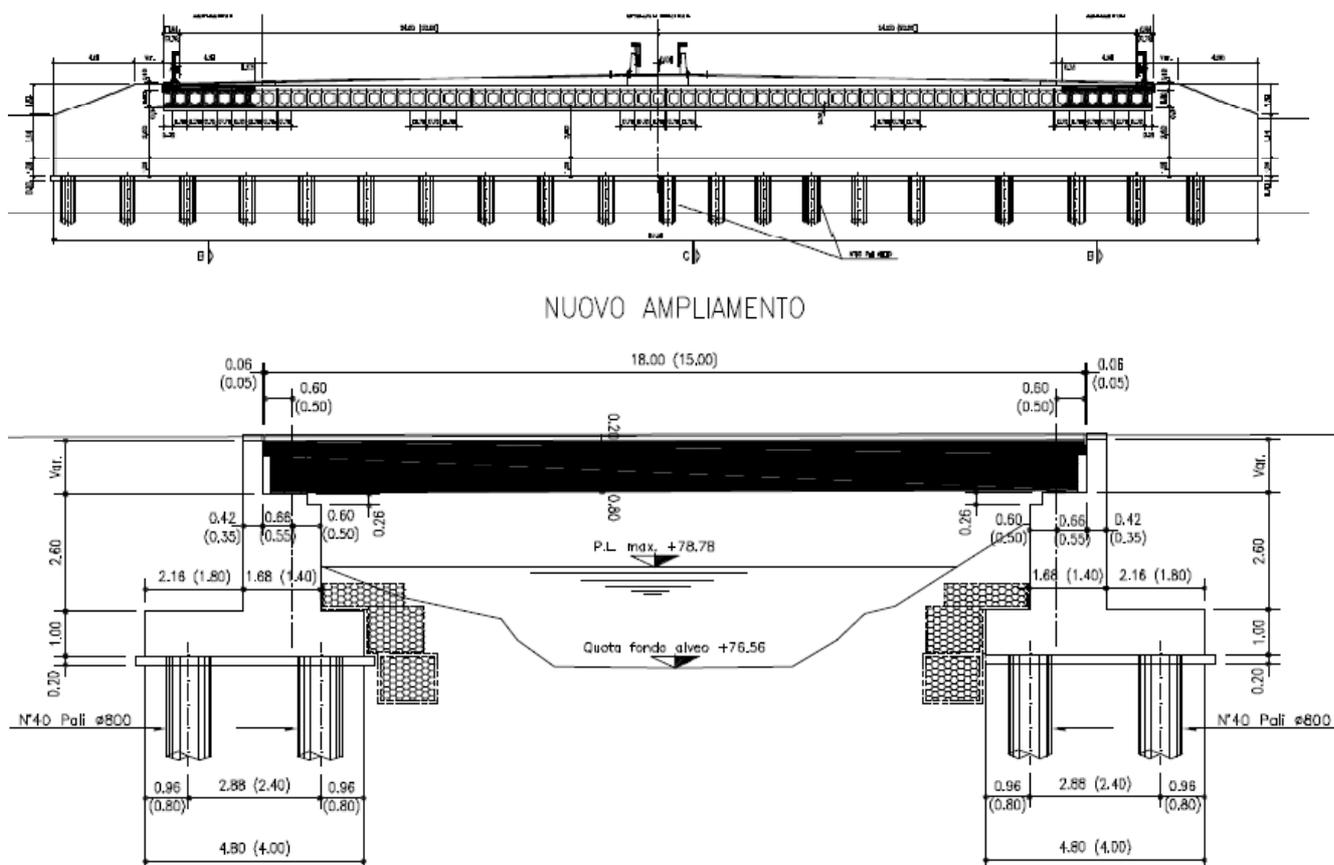
Struttura esistente

L'opera scavalca in obliquo l'omonimo canale a progressiva 18+446 (in obliquo); l'impalcato è formato da travi accostate in c.a.p. e soletta in c.a., per uno spessore complessivo di 1.0 m e luce in obliquo pari a 17.0 m. E' attualmente prevista una struttura unica per ambedue le carreggiate. Le spalle sono fondate su pali ϕ 800, e presentano un'altezza totale (estradosso impalcato => intradosso fondazione) pari a 4.50 m circa.

Ampliamento

L'ampliamento della struttura è simmetrico, e prevede la realizzazione dell'allargamento di progetto della carreggiata e la realizzazione dei cordoli laterali da 70 cm, per un totale di 4.10 m per parte; la larghezza complessiva dell'opera nella configurazione post-ampliamento è pari a 41.40 m (misurato ortogonale alla carreggiata). Per le travi di impalcato, ricalcando la medesima tipologia della struttura l'ampliamento verrà realizzato mediante ulteriori 6 travi in c.a.p., h 80 cm per parte, dotate di soletta collaborante in c.a. da 20 cm di spessore, e disposte accostate ad interasse pari a 75 cm. La spalla in ampliamento viene realizzata a prolungamento dell'esistente, con caratteristiche analoghe, fondata su palificata ϕ 800.

La figura seguente riporta sezione trasversale e longitudinale del ponte nella configurazione finale.



Cavo Sillaro - Sezione trasversale e longitudinale

Ponte sulla Roggia Barbavara

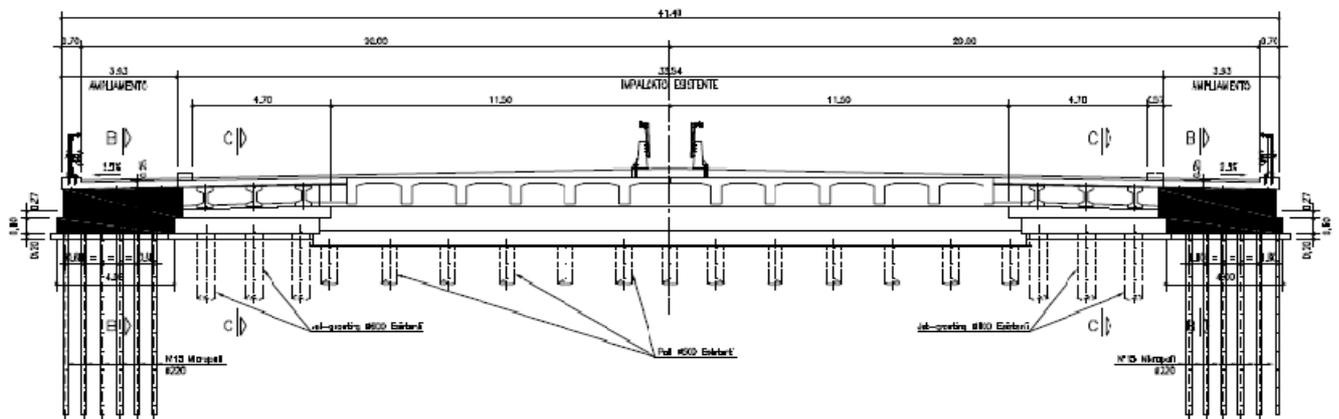
Struttura esistente

L'opera scavalca in retto l'omonimo canale situato a progressiva 21+319; l'impalcato è formato da travi in c.a.p. e soletta in c.a., per uno spessore complessivo di 1.05 m, e luce pari a 9.30 m circa; attualmente la struttura è unica per ambedue le carreggiate. Le spalle sono fondate su pali ϕ 500 e ϕ 600, rispettivamente per la struttura di anni '60 e ampliamento anni '90; esse presentano un'altezza totale (estradosso impalcato => intradosso fondazione) pari a 2.0 m circa.

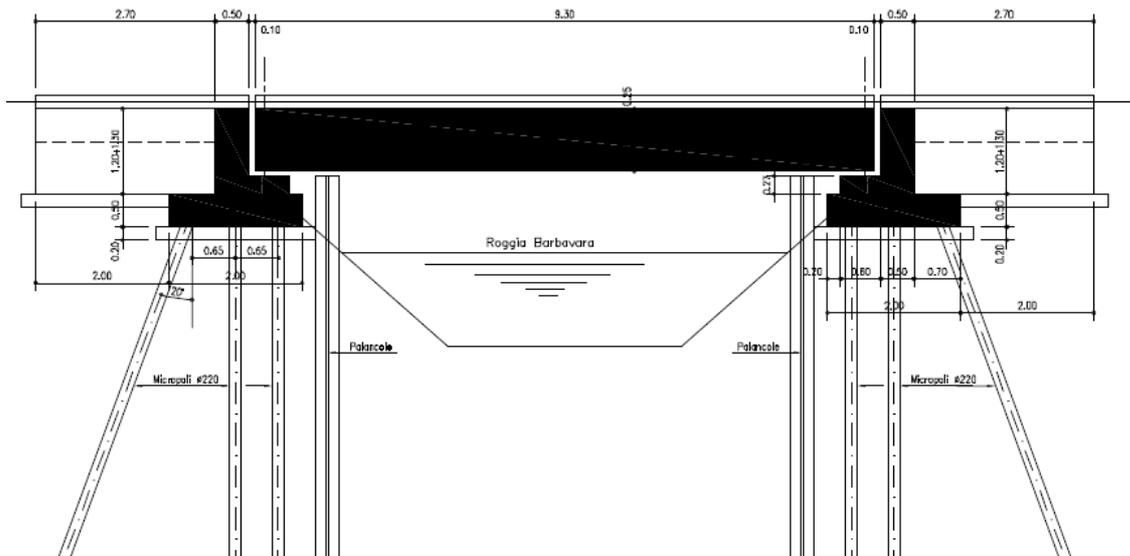
La struttura ha subito un intervento d'ampliamento negli anni '90.

Ampliamento

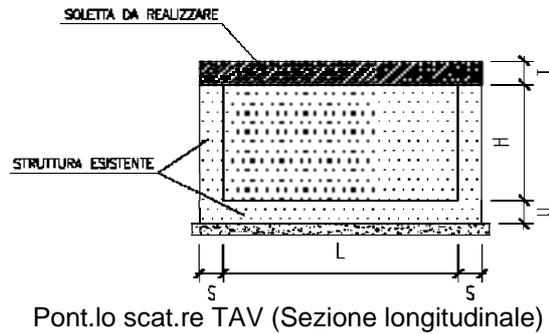
L'ampliamento della struttura è simmetrico, e prevede la realizzazione dell'allargamento di progetto della carreggiata e la realizzazione dei cordoli laterali da 70 cm, per un totale di 3.93 m per parte; la larghezza finale dell'opera nella configurazione post-ampliamento è pari a 41.40 m. Per le travi di impalcato si ricalca la medesima tipologia della struttura d'ampliamento anni '90, prevedendo in prima battuta n. 3 travi i n.c.a.p. e soletta in c.a., per uno spessore complessivo pari a 1.05 m; le travi sono al momento previste accostate a distanza trasversale pari a 1.50 m. La spalla in ampliamento viene realizzata a prolungamento dell'esistente, con caratteristiche analoghe, fondata su palificata di micropali. Si prevede la predisposizione di palancole poste a protezione delle operazioni di realizzazione delle spalle, e del canale stesso. La figura seguente riporta sezione trasversale e longitudinale del ponte nella configurazione finale.



NUOVO AMPLIAMENTO



Roggia Barbavara - Sezione trasversale e longitudinale



9.3.2.2 Tombini tubolari in calcestruzzo

La struttura esistente è costituita da una struttura a sezione longitudinale tubolare e tale sezione viene mantenuta anche nell'ampliamento dell'opera.

La solidarizzazione tra la struttura esistente e l'ampliamento avviene tramite barre fiorettate lungo tutta la superficie di contatto.

La geometria degli interventi suddetti è riportata nelle fig. sottostanti:

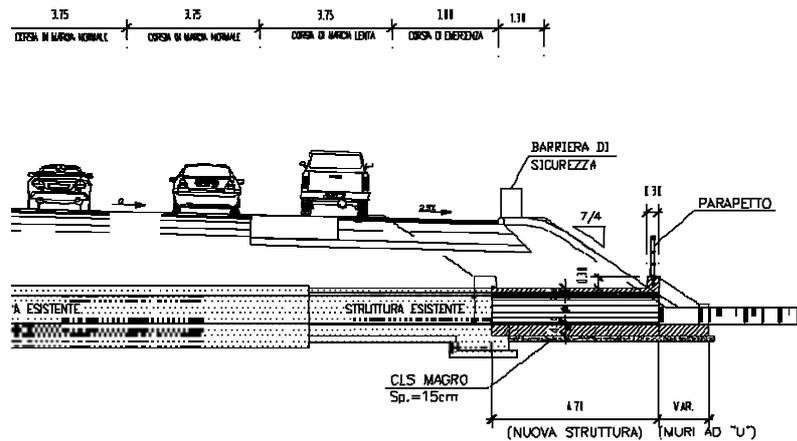
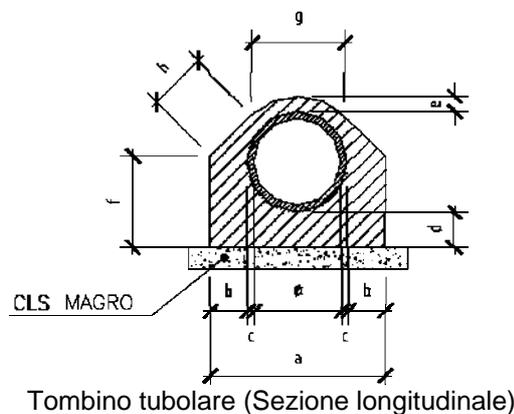


Figura 2 - Tombino tubolare (Sezione trasversale)



9.4 ASPETTI GEOTECNICI

9.4.1 Caratteristiche fondazionali delle principali opere esistenti ($L > 10m$)

Le fondazioni delle opere principali presenti lungo il tracciato sono costituite prevalentemente, da medio-pali ($\phi=500$) trivellati e/o battuti, e, in occasione dell'ampliamento realizzato negli anni '90, da pali trivellati di grande diametro ($\phi=800$) per il ponte sul fiume Lambro e Sillaro. Le lunghezze sono comprese tra 20÷22m.

9.4.2 Tematiche progettuali

- **Ampliamento Opere fondate su pali**

Il comportamento della palificata esistente e di quella relativa all'ampliamento sarà condotto prevedendo una realistica ripartizione dei carichi mediante un'analisi che contempli la *storia* della struttura. L'applicazione dei carichi dovuti alla struttura di ampliamento verranno applicati, successivamente alla situazione attuale (nella quale i pali della struttura esistente risultano già sollecitati). In sostanza all'atto dell'applicazione dei carichi aggiuntivi (realizzazione struttura in ampliamento) il complesso fenomeno di interazione dei pali esistenti e di quelli di nuova realizzazione con il terreno (curve p-y, mobilitazione degli attriti/adesioni lungo il fusto del palo e mobilitazione della resistenza alla punta del palo) vengono "*modellati*" in modo differente, ovvero considerando, per i pali esistenti, l'effettivo livello grado di mobilitazione delle resistenze. Nella progettazione delle sottofondazioni della strutture in ampliamento si è deciso di prevedere palificate caratterizzate da diametro e da lunghezze dei pali maggiori rispetto ai pali esistenti. Così facendo la sottofondazione degli ampliamenti risulta decisamente più rigida nei confronti dei carichi verticali ed orizzontali rispetto a quella esistente e di conseguenza la quasi totalità delle sollecitazioni aggiuntive (dovute agli ampliamenti) vanno a gravare sui pali di nuova realizzazione, scongiurando aggravii nei pali esistenti (spesso caratterizzati da limitati margini di sicurezza nei confronti dei carichi assiali).

- **Opere Provvisorie per realizzazione ampliamenti**

In relazione agli ampliamenti "*simmetrici*" dei sottopassi autostradali è prevista una particolare sequenza esecutiva. Si prevede, infatti, di realizzare le opere di ampliamento in tempi successivi. Solo a seguito della completa realizzazione dell'ampliamento ed apertura al traffico di una carreggiata, si potrà dare inizio alle lavorazioni di realizzazione delle opere provvisorie sulla carreggiata opposta. In tal modo si potranno scongiurare possibili problematiche di mutua interferenza tra i tiranti attivi a trefoli delle berlinesi geometricamente opposte. Infatti, all'atto dell'esecuzione della tirantatura necessaria al sostegno della berlinese prevista per l'ampliamento della carreggiata in seconda fase, le opere provvisorie nella carreggiata opposta hanno già ultimato la propria funzione.

9.4.3 Tipologia delle fondazioni

- **Opere principali - Fondazioni profonde**

In generale, dal punto di vista fondazionale, gli interventi di ampliamento, su tali opere, prevedono la realizzazione e la solidarizzazione in allargamento dei plinti esistenti, fondando gli stessi su pali trivellati aventi diametro simile a quelli già in opera (generalmente si prevedono diametri da 1000mm). Nel caso in cui sia necessario ridurre le sollecitazioni sismiche sui

paramenti delle spalle è prevista l'esecuzione di un placcaggio tirantato mediante ancoraggi passivi. Il dimensionamento e la verifica delle lunghezze dei pali saranno condotte in modo da minimizzare l'effetto del cedimento residuo atteso (attrito negativo).

- **Opere minori – Fondazioni profonde**

Lungo il tracciato sono presenti numerosi attraversamenti idraulici (ponticelli L<10m) le cui fondazioni sono essenzialmente pali di medio diametro (ϕ 500) e l'ampliamento alla terza corsia è stato previsto con fondazioni su jet-grouting armato con micropali. Le fondazioni previste per gli interventi di ampliamento, generalmente, adotteranno fondazioni su micropali.

- **Opere minori – Fondazioni dirette**

Lungo il tracciato sono presenti numerosi attraversamenti idraulici (tombini) le cui fondazioni sono essenzialmente di tipo diretto. Le fondazioni previste per gli interventi di ampliamento, generalmente, adotteranno la medesima tipologia di quelle esistenti. Laddove, per caratteristiche locali dei terreni di fondazione, si evidenziassero problematiche di cedimenti differenziali e/o stabilità locale, la tipologia fondazionale potrà essere rivista adeguando opportunamente le tipologie delle fondazione (micropali).

- **Opere di Sostegno**

Le opere di sostegno definitive previste, sono generalmente costituite da muri prefabbricati.

wbs	carr	prog inizio	prog fine	L	h	Area
M01	s	4847.51	5357.38	509.87	2.40	1223.688
M02	s	12488.74	13046.71	557.97	8.00	4463.76
M03	s	13046.71	13136.26	89.55	4.30	385.065
M04	s	13136.26	13176.59	40.33	3.50	141.155
M10	n	17863.01	18046.9	183.89	2.50	459.725
M11	n	18106.5	18379.5	273	1.60	436.8
M12	n	19808.25	20168.25	360	2.00	720
M13	n	20580.61	20734.61	154	1.60	246.4
tot				2168.61	tot	8076.593

9.4.4 Cavalcavia

Lungo il tracciato sono presenti 15 cavalcavia e tutti hanno geometrie compatibili con l'ampliamento dell'autostrada. Le fondazioni delle spalle sono costituite da pali di trivellati di grande diametro (1200mm) mentre per le pile le fondazioni sono su micropali a cavalletto. Tali opere sono state realizzate in maniera tale da consentire l'allargamento alla 4° corsia.

Unica eccezione sono le opere di scavalco al km 14+653, 15+629 e 17+553 per le quali è necessario l'arretramento del muro di sostegno della spalle per consentire l'ampliamento della sede autostradale. La staticità del terreno presente tra i pali della spalla passante, sarà garantita da un intervento di chiodatura e all'applicazione di betoncino proiettato armato con doppia rete elettrosaldata.

9.4.5 Considerazioni Geotecniche relative agli Interventi

Allo stato attuale delle conoscenze dei terreni interessati dai lavori di ampliamento, delle condizioni stratigrafiche e dei livelli di falda, non sembrano esserci particolari criticità geotecniche. Dato il contesto plano-altimetrico in cui viene a realizzarsi l'ampliamento, sono da escludersi problematiche di tipo geomorfologico.

Le scelte progettuali prevedono soluzioni di tipo "classico", quali:

- per le fondazioni delle opere in ampliamento si è pensato di adottare presumibilmente fondazioni di "tipo profondo", prevalentemente pali trivellati di grande diametro;
- per le opere minori (muri di sostegno, allargamenti di strutture scatolari) si è deciso di adottare fondazioni di "tipo diretto";
- le opere di sostegno provvisoria sono realizzate tramite berlinesi in micropali multitirantate;
- gli adeguamenti strutturali delle spalle esistenti prevede l'eventuale ricorso a tiranti passivi costituiti da armatura tubolare in acciaio;
- la pendenza delle scarpate dei rilevati in ampliamento e di nuova realizzazione è prevista essere H:7 V:4 con l'inserimento di berme intermedie ogni 5.0 m di altezza;
- per la realizzazione del piano di imposta dei rilevati sono previste bonifiche con spessore minimo di 30 cm e trattamento a calce dei terreni in situ

9.5 BARRIERE DI SICUREZZA

Lungo il tracciato autostradale sarà prevista la posa di dispositivi di contenimento rispondenti alle prescrizioni contenute nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" (D.M. n° 223 del 18/2/1992 e successive modificazioni ed integrazioni).

La definizione delle classi minime di barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, con riferimento alla classe funzionale a cui appartiene la strada, alla classe di traffico e alla destinazione delle protezioni. In particolare, l'infrastruttura in oggetto è un'autostrada classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada", con classe di traffico di tipo III, in quanto negli scenari di traffico di progetto sono attese percentuali di veicoli pesanti superiori al 15%, con TGM bidirezionali evidentemente di molto superiore a 1000 veicoli/giorno.

Il D.M. 21/06/2004 fornisce le classi minime da adottare per le barriere di sicurezza nelle diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del livello di traffico, come riportato nella tabella seguente relativamente alle sole autostrade e strade extraurbane principali.

Tipo di strada	Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico a	Barriere bordo laterale b	Barriere bordo ponte c
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4

Classi minime di barriere per autostrade e strade extraurbane principali

Per quanto riguarda l'installazione in spartitraffico, i dispositivi di sicurezza dovranno avere caratteristiche di deformazioni tali da garantire il contenimento del dispositivo durante l'urto all'interno del margine interno. Con riferimento ai dispositivi da bordo laterale, questi dovranno avere caratteristiche di deformazione compatibili con il posizionamento degli elementi di arredo funzionale, quali barriere acustiche, pali di illuminazione, montanti di segnaletica verticale.

Nel seguito si riportano in sintesi le caratteristiche dei dispositivi di ritenuta da prevedersi per le diverse destinazioni: spartitraffico, bordo laterale ed in corrispondenza delle opere d'arte. Per maggiori dettagli circa i criteri progettuali, le modalità di installazione e gli altri aspetti riguardanti la progettazione dei dispositivi di ritenuta si rimanda alla relazione tecnica del progetto delle barriere di sicurezza e ai relativi elaborati grafici.

9.5.1 Barriere da spartitraffico

La tipologia delle barriere da prevedere per lo spartitraffico sarà quella di barriere in cls da spartitraffico di classe minima H3, in linea con quanto indicato dal citato D.M. 21/06/2004. Fanno eccezione il tratto in corrispondenza della barriera di Milano Sud (da progr. km 8+668 a progr. km 9+254) e, in quanto di recente realizzazione, il tratto in affiancamento alla TAV tra le progressive km 17+716 e km 21+176, dove sarà previsto il mantenimento dello spartitraffico esistente.

I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A. Infine, in corrispondenza delle pile in spartitraffico dei cavalcavia esistenti sarà prevista la protezione mediante un manufatto speciale in c.a. di transizione tra i dispositivi di ritenuta in cls nei tratti a monte e a valle della pila ed il profilo redirettivo alto 1.50m previsto in corrispondenza della pila stessa. L'elemento di protezione sarà costituito da un manufatto speciale in c.a. gettato in opera, dotato di opportune transizioni in grado di evitare che le barriere ad esso adiacenti si spostino in modo da esporre al traffico il bordo trasversale rigido del manufatto stesso.

9.5.2 Barriere da bordo laterale

La tipologia delle barriere da prevedere per il bordo laterale sarà quella di barriere metalliche a nastri.

Le barriere per bordo laterale dovranno rispettare quanto prescritto dalla normativa per strade di classe A (autostrada) secondo il D.L.vo 285/92 e condizioni di traffico III. Di conseguenza, ai sensi del citato DM 21/06/2004, le classi di contenimento per le barriere da installare saranno H2 o H3.

I criteri per la scelta delle barriere, tra le due classi indicate dalla norma (H2 o H3), sono riassunti nella tabella seguente, in relazione all'adozione in progetto di scarpate con pendenza 4/7.

Pendenza delle scarpate	Altezza del rilevato (m)	Classe barriera
4/7	≤ 3	nessuna protezione ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
4/7	> 3	min H2 ⁽²⁾

(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) deve essere 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 deve essere sempre prevista una barriera di classe H3.

(3) Al fine di evitare continue discontinuità nella protezione del margine laterale, anche i tratti in rilevato non richiedenti la protezione secondo i criteri indicati in tabella, dovranno comunque essere protetti se di sviluppo inferiore a 100 m.

Criteri di scelta per barriere bordo laterale – Autostrade - Classe di traffico III.

9.5.3 Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia

Le barriere per i bordi delle opera d'arte devono essere quelle prescritte dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III, di conseguenza, le classi di contenimento, ai sensi del DM 21/06/2004, H2, H3 o H4.

I criteri per la scelta della classe delle barriere, tra quelle consentite dalla norma, sono riassunte nella tabella seguente.

Luce libera complessiva (m)	Insedimenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie	Classe
≤ 10	NO	classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2 o H3)
≤ 10	SI	H3
> 10 ⁽¹⁾	NO	min H3 ⁽²⁾
> 10 ⁽¹⁾	SI	H4

(1) Per quanto attiene al dimensionamento ed alle verifiche dello sbalzo sulle opere d'arte, si farà riferimento, in ogni caso, alla più gravosa tra le due protezioni previste;

(2) La scelta tra la classe H3 o H4 verrà effettuata sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di mezzi pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti a forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

Criteri di scelta per barriere da bordo opera d'arte – Autostrade - Classe di traffico III

Per la protezione in corrispondenza dei muri di sostegno si sono previsti gli stessi criteri utilizzati per la protezione del bordo laterale, analogamente a quanto fatto per le opere di luce inferiore a 10 metri.

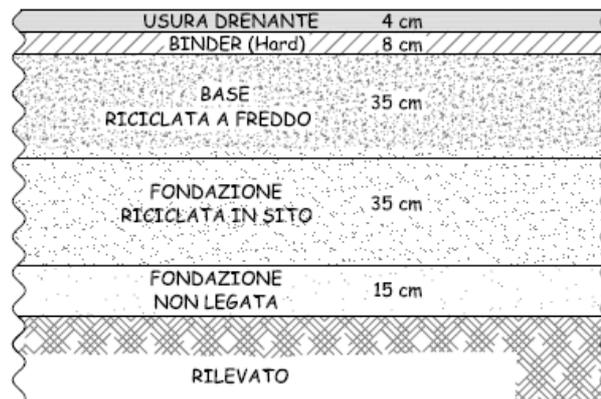
9.6 PAVIMENTAZIONI

9.6.1 Nuove pavimentazioni

L'ampliamento della piattaforma stradale alla quarta corsia previsto in progetto è di tipo simmetrico.

Per le nuove corsie di marcia lenta (in seguito alla demolizione della sovrastruttura dell'attuale corsia di emergenza) e di emergenza è previsto l'impiego di una sovrastruttura di spessore complessivo pari a 97cm così composta:

- usura drenante in conglomerato bituminoso (CB) con bitumi modificati tipo Hard di 4 cm;
- binder in conglomerato bituminoso con bitumi modificati tipo Hard di 8 cm;
- base in conglomerato bituminoso riciclato a freddo di 35 cm;
- fondazione riciclata in sito con bitume schiumato e cemento di 35 cm;
- fondazione non legata in misto granulare (MGNL) di 15 cm.



La verifica strutturale della pavimentazione è stata eseguita con una procedura di tipo razionale utilizzando i criteri di progetto proposti dall'Asphalt Institute e ipotizzando per l'infrastruttura un periodo di progetto pari a 20 anni. La verifica è stata condotta facendo riferimento al tratto elementare maggiormente critico dal punto di vista dei carichi di traffico pesante a cui sarà soggetta la pavimentazione ovvero quello compreso tra lo svincolo di Melegnano Binasco e l'allacciamento TEEM dove è stata considerata una percentuale di veicoli pesanti transitanti sulla nuova corsia di marcia lenta pari al 60%. I volumi di traffico pesante bidirezionale transitanti nei tre scenari progettuali (breve termine al 2015, medio termine al 2025 e lungo termine al 2035) sono stati determinati dallo studio di traffico. Il traffico pesante di progetto transitante è stato successivamente determinato attraverso la conversione in passaggi di assi equivalenti singoli da 80 kN; ai fini del calcolo strutturale, il numero di ripetizioni di carico di progetto è stato infine espresso in termini di assi equivalenti/mese.

Sulla base della verifica effettuata la sovrastruttura è risultata idonea in quanto la vita utile di calcolo è risultata superiore alla vita di progetto di 20 anni.

Nei tratti in curva sono inoltre previsti interventi di imbottitura che interesseranno lo strato di base in conglomerato bituminoso, allo scopo di adeguare la pendenza trasversale della piattaforma alle indicazioni da norma.

Per i tratti su impalcato è prevista la stesa dei soli strati di binder (per uno spessore di 5 cm) e usura drenante con l'interposizione tra la soletta e la pavimentazione di uno strato di impermeabilizzazione di spessore pari a 1 cm.

9.6.2 Risanamento pavimentazioni esistenti

A seguito dei rilievi di stratigrafia eseguiti mediante una campagna di carotaggi, risulta che allo stato attuale è presente in opera una pavimentazione costituita da più strati in conglomerato bituminoso, per uno spessore complessivo pari a circa 25 cm, uno strato di fondazione in misto cementato di spessore pari a circa 20 cm e uno strato di fondazione non legata in misto granulare di spessore pari a 20cm.

La verifica prestazionale della pavimentazione stradale attualmente in opera è stata definita a seguito di una campagna di indagini mediante prove ad alto rendimento (GPR e FWD) eseguita direttamente da Autostrade per l'Italia. Le prove sono state eseguite per determinare la composizione della sovrastruttura esistente (tipologia e spessore degli strati) e per caratterizzare, da un punto di vista meccanico, il sottofondo e gli strati di cui si compone la sovrastruttura. Tali prove, eseguite sull'attuale corsia di marcia lenta, e futura corsia di marcia normale, hanno consentito di valutare la vita utile residua delle pavimentazioni in opera in relazione all'impiego di progetto e di definire di conseguenza i tratti in cui è opportuno valutare la realizzazione di un risanamento di tipo profondo.

Ai fini del calcolo della vita utile (intesa come il periodo di tempo in cui la sovrastruttura conserva le condizioni di funzionalità tali da garantire livelli di sicurezza, comfort ed economia del trasporto) è stato ipotizzato un periodo di progetto totale pari a 14 anni, con un utilizzo compreso nel periodo 2011-2015 (scenario tendenziale) nella configurazione attuale per un totale di 4 anni a cui si sommano 10 anni di scenari progettuali di esercizio nella configurazione di progetto.

Per quanto riguarda i carichi di traffico pesante si è ipotizzata una suddivisione omogenea (50/50) tra le due direzioni di traffico sulla corsia di marcia ed è stata considerata una percentuale del 70% (nello scenario tendenziale) trattandosi di una sezione a tre corsie e del 40% (scenario progettuale) considerando la futura sezione con 4 corsie.

A seguito dei risultati ottenuti dalla suddetta verifica sono state individuate le seguenti tipologie di intervento di risanamento profondo e relativa locazione lungo lo sviluppo d'intervento:

- **Risanamento profondo RP1:** l'intervento prevede la fresatura degli strati in conglomerato bituminoso (25cm) e la demolizione con reimpiego della fondazione esistente; la sovrastruttura prevista in progetto per l'intervento in oggetto è la seguente: 4cm usura drenante - 5cm binder - 35cm base riciclata a freddo - 25cm fondazione riciclata in situ con bitume schiumato e cemento.
- **Risanamento profondo RP2 (5b+20B):** l'intervento prevede la fresatura degli strati in conglomerato bituminoso (25cm) e la posa in opera dei seguenti strati in conglomerato bituminoso vergine: 4cm usura drenante - 5cm binder - 20cm base.
- **Risanamento profondo RP3 (5b+15B):** l'intervento prevede la fresatura degli strati in conglomerato bituminoso per uno spessore di 20cm (con 5cm di neri esistenti mantenuti in opera) e la posa in opera dei seguenti strati in conglomerato bituminoso vergine: 4cm usura drenante - 5cm binder - 15cm base.

Carreggiata SUD			
Pk i	Pk f	Sviluppo [m]	Tipologia intervento
4888	5115	227	RP2
5115	6165	1050	RP1
6165	8670	2505	RP2
9255	9520	265	RP2
11020	11265	245	RP2
11510	11910	400	RP1
13460	16515	3055	RP1
16515	17070	555	RP2
17070	17710	640	RP1
17710	17910	200	RP2
17910	21100	3190	RP3
21100	21916	816	RP1
Carreggiata NORD			
Pk i	Pk f	Sviluppo [m]	Tipologia intervento
4910	8345	3435	RP2
8345	8670	325	RP1
9255	11885	2630	RP1
11885	12245	360	RP3
13665	18040	4375	RP1
18040	18365	325	RP3
18565	20635	2070	RP3
20635	21909	1274	RP1

Per un maggiore dettaglio in merito ai criteri con cui sono state definite le suddette tipologie di intervento di risanamento profondo si rimanda all'elaborato specifico allegato al presente progetto.

9.6.3 Risanamento pavimentazioni esistenti

Gli interventi sulle pavimentazioni, previsti lungo il tratto, di nuova realizzazione o di risanamento dell'esistente sono stati studiati in modo da ottimizzare il processo produttivo, nella fattispecie gli input progettuali che sono stati presi in considerazione sono sostanzialmente i seguenti:

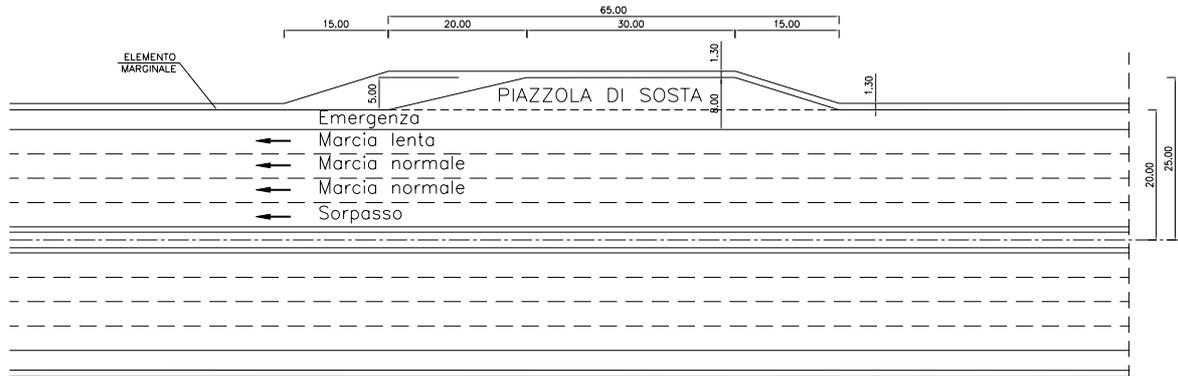
- utilizzare all'interno degli strati della sovrastruttura di nuova realizzazione i materiali fresati prodotti dalle demolizioni delle pavimentazioni esistenti (garantendo il rispetto delle norme tecniche e le stesse durabilità e prestazioni di pacchetti di pavimentazione realizzati con materiali provenienti da cava);
- minimizzare i trasporti di materiale, introducendo processi di rigenerazione delle pavimentazioni in sito;
- utilizzare il materiale fresato messo a disposizione da Aspi per la formazione dei nuovi strati in alternativa all'acquisto del materiale da cava.

Introducendo nelle nuove pavimentazioni dei materiali prodotti dalle precedenti fasi di demolizione, è stato sviluppato un bilancio dinamico che tiene conto dell'andamento temporale delle lavorazioni.

9.7 PIAZZOLE DI SOSTA

Nell'intervento in oggetto, sui tratti in rilevato, sono state previste piazzole per la sosta di emergenza con un interasse medio di circa 1000 m su entrambe le carreggiate.

Per la geometria del piazzale si rimanda all'elaborato STD070.



Piazzola di sosta

9.8 BARRIERE ACUSTICHE

La valutazione dell'impatto acustico correlato all'esercizio dell'infrastruttura autostradale è volta alla verifica dei livelli di emissione sonora prodotti dal traffico veicolare in transito sulla nuova infrastruttura nonché al dimensionamento dei necessari interventi di mitigazione, qualora vengano individuate situazioni di criticità all'interno dell'ambito di studio ivi considerato.

A tale proposito, quindi, dopo avere individuato i recettori presenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica specifiche del tracciato autostradale, si è proceduto alla stima puntuale dei livelli sonori ed alla valutazione della propagazione sonora mediante specifico modello di simulazione.

Il progetto prevede quindi la realizzazione di una serie di interventi mediante l'utilizzo di barriere verticali in corrispondenza dei ricettori esposti, al fine di riportare i livelli acustici entro i limiti di soglia prescritti.

Nelle planimetrie di progetto sono quindi indicate le localizzazioni e le dimensioni delle mitigazioni acustiche previste.

Nel seguito sono riportate le barriere acustiche previste:

carr	wbs	prog inizio	prog fine	L	h	Area
s	F01	8693	8744	53	4	212
n	F03	9370	9866	493	5	2465
n	F04	9892	10100	208	5	1040
n	F05	10100	10219	119	5	595
n	F06	10250	10416	165	5	825
n	F07	12493	12919	430	4	1720
s	F08	13088	13236	145	5	725

s	F09	13236	13251	15	5	75
s	F10	13251	13291	40	5	200
s	F11	13334	13510	176	5	880
s	F12	15352	15565	216	4	864
n	F13	18530	18566	36	5	180
n	F14	18566	18573	7	5	35
n	F15	18573	19390	817	5	4085
s	F17	21641	21790	149	5	745
s	F18	21790	21800	10	5	50
s	F19	21800	22045	245	5	1225
				tot	3324	tot 15921

Caratteristiche geometriche delle barriere acustiche in progetto

L'obiettivo primario del contenimento delle emissioni acustiche deve essere accompagnato da valutazioni sul piano architettonico e dell'impatto ambientale (effetti visivi e percettivi dell'utente dell'infrastruttura e di chi ne sta al di fuori), in funzione dei contesti attraversati (urbani, extraurbani, punti di particolare pregio storico o paesaggistico), in modo tale da conseguire risultati apprezzabili sulla qualità complessiva del sistema infrastrutturale e dell'ambiente.

In particolare la tipologia di barriera e lo schema cromatico che si prevede di utilizzare sono stati scelti in coerenza con gli interventi attualmente in corso da parte di Autostrade per l'Italia nell'ambito di altri interventi di potenziamento della rete e del Piano per il Contenimento e l'Abbattimento del rumore stradale lungo tutta la rete in concessione: le pannellature metalliche fonoassorbenti saranno di colorazione marrone chiaro e presentano la parte sommitale in materiale trasparente (PMMA).

Per ogni altezza possibile prevista, verrà individuata la quota parte di PMMA, quindi di lastra trasparente collocata nella parte alta superiormente ai pannelli fonoassorbenti, con caratteristiche dimensionali compatibili con le dimensioni standard esistenti sul mercato e ottimali rispetto alle esigenze di inserimento ambientale (quando il fattore estetico / paesaggistico si rivela predominante, quando si è in prossimità di abitazioni) ed in funzione del livello di assorbimento acustico richiesto (in generale pari al 25%).

9.9 OPERE A VERDE

Le opere a verde previste in progetto sono finalizzate all'inserimento dell'infrastruttura nel contesto paesaggistico attraversato e alla riqualificazione degli ambiti naturali interessati.

La normativa di riferimento considerata nel progetto è la seguente:

- LR Lombardia 27/2004 "Tutela e valorizzazione delle superfici, del paesaggio e dell'economia forestale";
- Delibera CP di Milano n. 55/2003 "PTCP di Milano, Repertorio B";
- Decreto Legislativo 30/04/1992 e s.m.i. "Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- Codice Civile, art. 892 "Distanze per gli alberi" e art. 893 "Alberi presso strade, canali e sul confine dei boschi".

Inoltre, il PTCP di Milano – Repertorio B "Interventi di riqualificazione ambientale" è stato strumento principale di riferimento per la definizione delle tipologie vegetazionali utilizzate,

unitamente alla scelta delle essenze, che consentissero un intervento mitigativo attraverso l'implementazione di specie autoctone.

Le soluzioni presentate prevedono dei sestri di impianto predisposti per la mitigazione degli impatti tipicamente connessi con le infrastrutture viarie. In linea di massima, dunque, tali mitigazioni consistono principalmente:

- Nella creazione di fasce per la connettività lungo l'asse dell'infrastruttura o ricucitura della rete ecologica laddove intersecata dal tracciato;
- Abbassamento dei livelli di inquinanti atmosferici e del rumore;
- Riqualficazione e ricostruzione paesistica e miglioramento dello stato della componente.

Parametri fondamentali, da considerare in fase progettuale, compatibilmente con gli spazi di esproprio a disposizione, sono quindi la profondità di intervento, la compattezza, la lunghezza e l'altezza delle fasce vegetali. A questi elementi si aggiungono la complessità della loro formazione, per quanto riguarda natura delle essenze e disposizione degli strati arbustivi.

Nello specifico, le tipologie previste in progetto sono le seguenti:

A – Siepe plurifilare arbustiva

B – Siepe monofilare arbustiva

Prato

Il progetto prevede l'attraversamento di alcuni corsi d'acqua naturali od artificiali mediante viadotti, molti dei quali di ridotte dimensioni. Unico caso notevole è l'attraversamento del fiume Lambro.

Il progetto delle opere a verde prevede per tutti questi casi il mascheramento dei rilevati di approccio ai viadotti mediante la creazione di fasce arbustive polispecifiche, posizionate al piede del rilevato. La scelta delle essenze è invece volta a creare continuità con le specie autoctone tipiche delle ripe dei fiumi e degli ambiti golenali, per divenire un tutt'uno con le fasce arboree arbustive attualmente presenti e preservare la rete ecologica supportata dai corsi d'acqua. La tipologia scelta permette infine di ricreare fasce da posizionare nei pressi dei rilevati con uno scopo sia di mitigazione paesistica, sia di creazione di punti di appoggio per la fauna in attraversamento del viadotto.

Per quanto riguarda gli ambiti delle scarpate del rilevato, le opere a verde risponde allo scopo di mitigazione dell'impatto paesistico del rilevato. La componente vegetazionale è utile, inoltre, come filtro tra l'ambito stradale e l'ambito agricolo per inquinanti emessi dal traffico veicolare.

Dal punto di vista della rete ecologica principale, si evidenzia che i corsi d'acqua sono gli elementi caratterizzanti nell'area in esame. A riguardo, la conservazione della permeabilità della rete è garantita dalle opere di attraversamento in viadotto previste in progetto. Gli interventi a verde previsti nei pressi di queste opere sono quindi utili per assecondare la permeabilità del tracciato.

La rete ecologica secondaria è costituita dalla rete di irrigazione artificiale, particolarmente fitta nei territori attraversati, ma in genere piuttosto spoglia dal punto di vista vegetazionale. Per questi ambiti sono, in generale, previste opere a verde atte a ricucire la fascia di vegetazione già esistente in ripa al corso d'acqua, o a creare nuove aree con vegetazione arbustiva, per potenziare la loro funzione nella rete.

Gli ambiti delle cascine e dei nuclei di interesse storico, infine, corrispondono a residenze o aziende agricole all'interno della fascia di 500 metri dal ciglio stradale. In questi casi, si è cercato di mascherare l'allargamento dell'infrastruttura garantendo laddove possibile tre filari arbustivi polispecifici.

10 IMPIANTI

Le opere impiantistiche, necessarie per assicurare garanzia di funzionalità all'esercizio della tratta e alla tutela della sicurezza dell'utenza autostradale, previste nel presente progetto sono le seguenti:

- Impianti di illuminazione esterna relativi a rampe di immissione / diversione da piattaforma autostradale ed aree di servizio;
- Impianti ottici sequenziali antinebbia relativi alle rampe di immissione / diversione da piattaforma autostradale ed aree di servizio;
- Impianti di pubblica illuminazione per strutture sottovia per l'attraversamento trasversale della piattaforma nei tratti di viabilità ordinaria interferita dalle opere di ampliamento;
- Impianto di chiamata di soccorso per l'utenza (SOS) con tecnologia di comunicazione su piattaforma GSM;
- Impianti in itinere per il servizio di informatizzazione elettronica all'utenza (PMV); questi saranno realizzati con strutture portanti a sbalzo per il supporto di matrici alfa numeriche, pannelli pittogramma grafici a led full color, sistemi di monitoraggio traffico a sensori "above ground" per classificazione ed analisi tempi percorrenza, telecamere di video sorveglianza a circuito chiuso e, nel caso della postazione in avvicinamento allo svincolo di Lodi in carreggiata Sud, di apparati costituenti il sistema di rilevamento infrazioni alla velocità (Tutor);
- Impianti di rilevamento infrazioni alla velocità (Tutor) realizzati con opportuno supporto a sbalzo con movimentazione motorizzata in asse per il recupero a bordo carreggiata per interventi di manutenzione agli apparati above ground di rilevamento;
- Impianto di rilevamento dati meteo ambientali;
- Infrastrutture, rete in cavo a 24 fibre ottiche SMR ed apparati di comunicazione, realizzanti la nuova rete TLC proprietaria Autostrade per l'Italia.

A corredo delle predisposizioni tecnologiche sopra elencate, dovranno essere realizzate le opere infrastrutturali (scavi, tubazioni longitudinali e di attraversamento, pozzetti, plinti, ecc.) necessarie alla posa ed interconnessione funzionale degli stessi

Dovranno altresì essere previsti tutti gli interventi preliminari ed accessori necessari al perfezionamento delle opere impiantistiche ed in particolare:

- Interventi di rimozione di elementi impiantistici che risultino interferenti alle opere civili di ampliamento della piattaforma;
- Opere accessorie di bonifica delle infrastrutture impiantistiche interferenti alle opere civili di ampliamento della piattaforma;
- Predisposizione impiantistiche provvisorie, in fase di cantierizzazione edile, necessarie alla sicurezza della viabilità transitante durante le opere civili di ampliamento della piattaforma;

11 ARCHEOLOGIA

11.1 PREMESSA

Autostrade per l'Italia ha attivato con il progetto preliminare la procedura di verifica preventiva di interesse archeologico, come prevista dalla legge n. 109 del 25 Giugno 2005, di conversione, con modificazioni, nel decreto-legge 26 Aprile 2005, poi inserita negli artt. 95-96 del Dlgs 163/06, per raccogliere le informazioni significative ai fini della caratterizzazione archeologica dell'area oggetto di intervento prima dell'apertura dei cantieri.

Così come previsto dall'articolo 2-ter della legge n.109 /2005, il documento "Verifica di impatto archeologico" predisposto da Autostrade per l'Italia è stato inviato alla Soprintendenza per i beni archeologici della Lombardia con uno stralcio del progetto preliminare.

Si riportano qui la metodologia operativa utilizzata per la fase preliminare e i risultati della lettura dell'area interessata dall'intervento sia dal punto di vista geomorfologico che storico-archeologico, nonché la valutazione preliminare della sua potenzialità archeologica.

Di seguito si espongono le attività che si sono svolte in fase di progetto definitivo e quelle programmate per la conclusione della procedura sopramenzionata.

11.2 METODOLOGIA OPERATIVA

Il lavoro è stato condotto per approfondire la conoscenza delle evidenze archeologiche che potrebbero essere interessate, direttamente e indirettamente, dalle attività connesse con l'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 nel tratto da Milano Sud (Tangenziale Ovest) a Lodi, con la finalità di effettuare le valutazioni sulla potenzialità archeologiche del territorio interessato dall'infrastruttura.

Lo studio preliminare ha previsto la raccolta dei dati su base bibliografica/archivistica e l'analisi della toponomastica, al fine di definire lo stato di fatto delle conoscenze archeologiche del territorio.

Per la selezione dei siti da classificare, si è tenuto conto di una fascia di rispetto minima, corrispondente a circa m 2.000 di larghezza centrata sul percorso viario.

Il lavoro è stato organizzato su due piani differenziati:

- il primo, basato su un'approfondita ricerca di informazioni su un'area più vasta rispetto al tracciato, in modo da avere un quadro più ampio delle modalità insediative storico-topografiche nel quale poter contestualizzare le evidenze archeologiche individuate, realizzato attraverso la raccolta dei dati editi ed inediti e sulla consultazione dei Vincoli Archeologici e dei Piani Paesistici Territoriali che interessano l'area in oggetto;
- il secondo è consistito in un'analisi dettagliata degli elementi raccolti al fine di elaborare una preliminare "Carta delle presenze archeologiche", che costituisce la base di partenza per la redazione, al termine delle attività di ricerca, delle carte del Rischio Assoluto e Relativo dell'area in esame.

In particolare, per quanto attiene al primo punto, si è proceduto in primo luogo ad un'attenta ed articolata indagine bibliografica nell'ambito della letteratura specializzata storico-archeologica, allo spoglio dei principali repertori bibliografici di scavo e dei periodici di interesse storico-archeologico dedicati all'intera area interessata dal tracciato, alla raccolta di studi specialistici relativi a ritrovamenti puntuali nel territorio, all'analisi dei dati toponomastici o desunti dalla cartografia storica.

A questa prima fase di spoglio bibliografico è seguita la consultazione dei dati archivistici conservati nella Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia di concerto con i funzionari di zona direttamente interessati, e dei piani urbanistici.

In seguito all'indagine bibliografica e d'archivio i siti individuati che corrispondono a notizie e attestazioni posizionabili sono stati cartografati utilizzando una simbologia semplificata che privilegia – in questa fase della ricerca – la tipologia insediativa e la localizzazione puntuale del bene archeologico.

Le informazioni raccolte sono confluite in *Schede di sito archeologico* nominate con numeri progressivi, posizionati sulla cartografia CTR in scala 1:10.000 insieme al tracciato di progetto.

In ultima analisi, l'articolazione dello studio, che rispecchia la sequenza delle attività operative svolte, può essere così sintetizzata:

1. Ricerca bibliografica e archivistica, che consiste nel reperimento dei rinvenimenti archeologici editi nella letteratura specializzata.
2. Inquadramento geomorfologico e storico del territorio, per valutare le modalità del popolamento nelle varie epoche, dalla preistoria al medioevo, in relazione al paesaggio.
3. Schedatura delle presenze archeologiche note.
4. Criteri di valutazione per la definizione della potenzialità archeologica ricadente nella fascia di progetto.
5. Valutazione preliminare della potenzialità archeologica.

11.3 SCHEDATURA DELLE EVIDENZE ARCHEOLOGICHE

Per la redazione del lavoro si è cercato di razionalizzare il dato archeologico, codificando l'articolazione della scheda in tre parti ben distinte:

- descrizione del contesto geografico (localizzazione, tipo e uso del suolo);
- descrizione delle evidenze archeologiche rilevate;
- interpretazione del complesso e dei singoli elementi.

I primi due punti sono oggettivi e non modificabili, ma solo aggiornabili per le mutate condizioni del terreno o con nuovi elementi archeologici acquisiti successivamente. Il terzo risulta condizionato dal tipo di dato rilevato, dalle condizioni dell'osservazione, nonché dalle propensioni, dalle capacità e dall'esperienza dello studioso.

Per non incorrere in letture soggettive, alcuni campi sono impostati con vocabolari che uniformano la terminologia: uso del suolo (a coltura o meno ed in quale modo), tipologia (indicazione bibliografica, affioramento di materiali, materiale sporadico, affioramento di materiali, abitato, strutture murarie, tomba, necropoli, strada, ecc.), grado di posizionamento topografico (certo, approssimativo, incerto). In particolare, quest'ultimo campo indica il grado di precisione cartografica del sito effettuato sulla base delle indicazioni recuperate.

Si riporta di seguito, come esempio, la scheda relativa ad un sito in comune di Lodi Vecchio che sarà oggetto di sondaggi nella fase successiva di studio .

N.	10
Provincia	Lodi
Comune	Lodi Vecchio
Località/Toponimo	Strada del Fontanone
Geomorfologia	Pianura
Uso del suolo	Seminativo + edificato AV + sedime A1
Tipologia	Abitato
Descrizione	Borgo con strutture abitative lignee, a ridosso di un asse stradale oggi riconoscibile nella Strada del Fontanone.

Interpretazione	Esteso villaggio medievale già intaccato dal passaggio dell'A1, che prosegue anche a sud dell'Autostrada.
Cronologia	Età medievale
Modalità di rinvenimento	Scavi AV
Grado di posizionamento topografico	Certo
Bibliografia	Archivio SBAL-Milano

Nella stesura definitiva della carta sincronica delle presenze archeologiche, in scala 1:10.000, è stata adottata una simbologia differenziata per tipologia insediativa (area abitativa, necropoli, tomba, strada, ecc.). Nello specifico si rimanda alla sezione archeologia dello Studio di Impatto Ambientale.

11.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le connotazioni fisiografiche e geologiche sono quelle della pianura lombarda meridionale, caratterizzata da pendenze topografiche inferiori a 1,5‰, dall'approfondimento degli alvei fluviali attuali che corrono entro scarpate di terrazzo di altezza decametrica e dalla presenza di un rilievo collinare di origine tettonica con sollevamento attivo durante il Pleistocene (Colle di San Colombano). Le tracce meandriche dell'idrografia attuale e dei paleoalvei sono scolpite nella superficie del cd. "livello fondamentale della pianura".

Il settore della pianura lodigiana è caratterizzato dalla presenza di sei unità stratigrafiche di origine fluvioglaciale e fluviale di provenienza sudalpina, di età compresa tra il Pleistocene medio (?) e l'Olocene. Nel settore del Po, i corpi fluviali olocenici (fino a storici) del Po, ricoprono due unità fluvioglaciali e fluviali, di età compresa tra il Pleistocene medio (?) ed il Pleistocene superiore, alimentate verosimilmente in buona parte dal lato appenninico. L'inferiore di questi corpi ricopre i sedimenti marini del Colle di San Colombano, riempiendo profonde incisioni vallive sepolte.

I sistemi deposizionali sabbiosi si sviluppano tra il piano campagna ed una profondità di 10-15 m. A questi si associano sedimenti fini limosi-argillosi bruni, con paleosuoli organici intercalati, di colore bruno e mal drenati. Questi corpi, talora delimitati da orli relitti di terrazzo di altezza metrica, comprendono i depositi dei corsi d'acqua meandriche delle paleovalli del Sillaro.

I sistemi deposizionali post-glaciali della valle del Lambro sono costituiti da sedimenti di ambiente fluviale meandriche organizzati in unità minori, contenute all'interno delle scarpate che delimitano questo sistema vallivo. Si tratta di depositi sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi (barre di meandro e ventagli di rotta) associati a subordinate successioni di sedimenti fini, limosi e argillosi, di argine, piana di esondazioni e di abbandono di canale. Questi sedimenti si distribuiscono su tre ordini di terrazzo, sovrelevati più di 10 m rispetto alla quota dell'alveo di massima piena attuale del Lambro. Il terrazzo più recente, ancora sovrelevato di oltre 6 m sulla pianura attuale, rappresenta le fasi di deposizione avvenute in tempi storici, databili per il sistematico ritrovamento di frammenti laterizi e manufatti di epoca compresa tra l'età romana e quella rinascimentale. L'insieme di questi sistemi era alimentato da valli in grado di drenare la catena alpina fino alla spartiacque.

Le unità post-glaciali si sono sviluppate durante l'Olocene, quando la presenza dei laghi pedalpini e il mutato quadro morfologico e climatico determinarono l'ampliamento verso nord dei sistemi deposizionali meandriche, l'avulsione (Sillaro, paleoalveo Carpiano Bescapé) e il rapido approfondimento delle valli fluviali (Lambro).

La Via Emilia e i centri abitati di età romana (S. Giuliano M.se, Melegnano, Lodi Vecchio) si pongono su un pianalto compreso fra le docce vallive del paleoSillaro a est e del corso settentrionale del Lambro a ovest. In tal modo questa direttrice risulta protetta dal rischio di esondazioni. Lodi Vecchio, in particolare, appare confinata e difesa naturalmente, ponendosi sul lobo interno di un meandro con convessità rivolta a est e contrassegnato dalla presenza di una scarpata di terrazzamento alta alcuni metri.

11.5 INQUADRAMENTO STORICO-ARCHEOLOGICO DEL TERRITORIO

In generale, la struttura del territorio nell'antichità doveva presentare un andamento più ondulato e irregolare rispetto a quella odierna, livellata dalle bonifiche agricole. La copertura boschiva doveva essere assai più fitta dell'attuale, limitata ai margini dei corsi d'acqua. La frequenza di fitotoponimi (es.: Rogoredo = piantata di roveri) lascia intravedere la presenza del bosco, alternato a zone acquitrinose (es.: Peschiera, Bagnolo, delle Rane, Laghetto).

Le prime attestazioni del territorio preso in esame risalgono all'occupazione celtica, quando nella bassa pianura delimitata dai grandi fiumi sorge il villaggio celtico-romano di *Laus* (poi *Laus Pompeia*) coincidente con l'attuale Lodi Vecchio. L'abitato si colloca in territorio insubre (ma secondo Plin., *NH*, III 17, 124, sarebbe stato fondato dai Boi), in posizione strategica sulla confluenza delle direttrici che da *Placentia* e da *Acerrae* (Pizzighettone) portano a *Mediolanum*, e all'incrocio con la strada *Ticinum-Brixia* (Pavia-Brescia). Contesti funebri celtici provengono da diverse località (due sepolture celtiche con corredi da Lodi Vecchio e Salerano; alcune armille ad ovoli dal territorio lodigiano; sepolture dalla località Presidio e da Sant'Angelo Lodigiano).

La fase della romanizzazione, in cui permangono elementi tardo-lateniani di tradizione celtica mescolati a nuovi apporti italici e romani, è attestata soprattutto attraverso i corredi tombali. Ne sono un esempio le due tombe rinvenute a Mezzano di San Giuliano Milanese nel 1881, i cui corredi hanno restituito ceramiche a vernice nera, un vaso a trottola di fase La Tène D (I secolo a.C.), ollette e coppe ad impasto di tradizione celtica, un falchetto, balsamari in vetro e fibule [Castelfranco P., "BPI" 1886: 243-245].

In età romana, il territorio è attraversato dalla strada che unisce *Placentia* a *Mediolanum*, costruita nel I secolo a.C. come prolungamento della *Via Aemilia* in concomitanza con lo sviluppo di *Mediolanum* e *Laus*.

La via segue il percorso *Placentia, Ad Padum* (S. Rocco al Porto), *Rotae* (presso Ospedaletto Lodigiano), *Tres Tabernae* (presso Borghetto), *Laus Pompeia* (Lodi vecchio), *Ad nonum* (Melegnano), *Ad quintum* (S. Donato). La strada prosegue per *Vercellae, Augusta Praetoria* (Aosta) e, attraverso il Piccolo San Bernardo, raggiunge la Gallia Transalpina fino *Lugdunum* (Lione). La sponda destra del Lambro presenta, dal *Mons Luparius* (Monluè) a Melegnano, un'elevazione di pochi metri sul territorio circostante, sufficiente a porre questa striscia di terra al riparo dalle piene e a connotarla dunque come ben adatta all'installazione di un percorso viario con andamento SE-NO.

Base della colonizzazione è la centuriazione, attraverso la quale si attuano le distribuzioni di terre ai veterani dell'esercito. La centuriazione che interessa la zona SE di Milano ha andamento OSO verso ENE, con un'inclinazione di circa 15° dettata dalla pendenza del terreno, in modo che i cardini seguano la massima pendenza e i decumani le curve di livello.

Le campagne sono precocemente sfruttate mediante un'agricoltura di tipo commerciale, i cui prodotti giungono sul mercato di *Mediolanum* sia attraverso la strada romana sia sulla *Vettabia* (da *vectabilis*, adatto ai trasporti), il canale che congiunge il Lambro all'*Aqua Vetera*, vicino alla basilica di San Lorenzo. Un'area di manufatti in affioramento potrebbe indicare la presenza di una fattoria rustica inserita nella maglia centuriale (sito n. 4). I frequenti toponimi prediali latini in *-anum/-ano* (es.: Tavazzano, Melegnano) dimostrano la profonda romanizzazione del territorio,

incuneato tra un'area insubre (toponimi in -ate) ed una ligure (toponimi in -asco). Alcuni toponimi di origine latina sono connessi anche alle strade (Sesto Gallo, Sesto Ulteriano, Cascina Pilastro).

Tra i centri abitati di età romana il più importante del territorio è *Laus/Lodi Vecchio*, disposto sulla strada tra *Ad Nonum* (a circa 11 km nel territorio di Melegnano) e *Tres Tabernæ* (a 14,5 km). Il centro diviene colonia latina nell'89 a.C. con Pompeo Strabone, padre di Pompeo - da cui il nome di *Laus Pompeia* - a cui segue la concessione della cittadinanza romana nel 49 a.C. da parte di Cesare. Questo provoca una radicale trasformazione sotto il profilo culturale e urbanistico: l'abitato viene riedificato in forma rettangolare, probabilmente cinto da mura. Fuori città, sulla destra dell'Adda, sorge il tempio di Ercole (chiesa della Maddalena a Lodi Nuova), dal quale provengono epigrafi. L'insediamento romano occupa le terrazze asciutte sulle rive del Lambro, mentre le terre più umide sono lasciate all'acquitrino o al bosco, utile all'allevamento del maiale.

Contesti sepolcrali di questa fase sono noti solo sporadicamente. Oltre alle due sepolture di Mezzano, una tomba a cremazione con urna in pietra è stata rinvenuta nel 1956 a Zivido di San Giuliano Milanese, a 0,30 m di profondità; dall'Abbazia di Viboldone provengono una stele in serizzo figurata ed un'ara dedicata a Licinia. Nei pressi del progetto, è nota una necropoli ad incinerazione individuata durante i lavori della linea ferroviaria AV (sito n. 15).

Le strade di grande importanza rappresentano anche assi privilegiati delle invasioni, che hanno inizio alla fine del III secolo. Nel 271 d.C., Iutungi e Alemanni scendono in traspadana e devastano le campagne tra Milano e Piacenza (Hist. Aug., *Aurelian.*, 18, 2-3; 21, 1-4). Le invasioni riprendono con Alarico nel 401-402 d.C., quando la strada da Milano a Piacenza è impercorribile, tanto che quando Simmaco deve incontrarsi a Milano con Onorio, passa da Pavia (*Epist.*, 7, 13-14). Nel 452, gli Unni di Attila colpiscono direttamente *Laus Pompeia*.

Verso la fine del IV secolo (374 d.C.), il territorio è organizzato in diocesi. Sant'Ambrogio afferma in un'epistola che nel novembre 387 d.C., Bassiano vescovo di Lodi invita lo stesso Ambrogio alla cerimonia di consacrazione della Basilica dei Dodici Apostoli, situata nel suburbio di *Laus Pompeia*.

Oltre alle probabili scorrerie di Odoacre, re degli Eruli, e dei Goti, nel 575 i Longobardi occupano *Laus* dopo la resa di Pavia. Tra VII e VIII secolo, i Longobardi fondano le chiese dedicate a San Michele, San Donato, San Siro, San Martino, ancora in corrispondenza del reticolo della centuriazione. A meno di 3 km di distanza tra loro saranno istituite le due pievi di San Donato (V miliario) e di San Giuliano (presso l'VIII miliario). In particolare, la pieve di S. Donato diviene la chiesa principale di un vasto territorio, da cui dipendono una quindicina di località sparse nella campagna. Per quanto concerne le attività commerciali, sappiamo da una concessione del re Liutprando del 715, che il commercio fluviale da/per l'Adriatico è garantito a *Laus* da due porti fluviali posti alle confluenze di Adda e Lambro nel Po.

Un esteso villaggio con edifici lignei è stato parzialmente indagato nella periferia di Lodi Vecchio lungo il tracciato AV (sito n. 10).

Dopo il Mille, le bonifiche dei monaci cistercensi determinano un nuovo assetto di irrigazione delle acque (i "prati adacquatori"). Nella pianura irrigua vengono costruiti conventi di derivazione benedettina, insediati fuori dai centri urbani per poter coltivare quei terreni irrigui. Intorno alla via romana, sono presenti i cluniacensi a S. Maria di Calvenzano, i cistercensi a Chiaravalle e più tardi gli umiliati a Viboldone. Nel 1158, *Laus* viene distrutta da Milano e quindi ricostruita da Federico Barbarossa (odierna Lodi).

L'età rinascimentale e moderna, in particolare tra XV e XVII secolo, è assai ben testimoniata dalla fitta presenza di impianti produttivi composti da fornaci per la produzione di laterizi, che testimoniano la vocazione produttiva di questa porzione di territorio, a sfruttamento delle argille presenti. Tale vocazione è ben attestata anche su base toponomastica ("Fornaci" in comune di

Cerro al Lambro; “Fornace Gualdo” in comune di Lodi Vecchio, in corrispondenza dei siti **nn. 1-2-3-7-8-9-11-12**).

11.6 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA

Il popolamento, ben attestato a partire dall'età romana, si concentra lungo la direttrice della *Via Aemilia* ed in particolare intorno a Lodi Vecchio, l'antica *Laus Pompeia* posta in stretta prossimità con il tracciato in progetto.

Nei pressi di Borgo San Giovanni, una seconda area ad alto rischio è quella del sito **n. 10**, un esteso abitato medievale, i cui depositi sono tagliati dall'Autostrada e la oltrepassano a sud.

Infine, la fitta presenza di fornaci rinascimentali testimonia l'esistenza lungo il cavo Sillaro di diversi impianti artigianali per la produzione di laterizi. Il rinvenimento di questo tipo di strutture è assai probabile, ma in questo stadio di progettazione non è ancora possibile identificarne l'effettiva presenza e l'esatta posizione.

Per il resto, durante i controlli archeologici effettuati lungo il tracciato AV tra Melegnano e Lodi Vecchio, comprendenti anche le assistenze archeologiche durante il risezionamento della A1, le piste di servizio e le opere accessorie, non sono emerse altre strutture o depositi di interesse archeologico.

Per quanto riguarda le profondità dei rinvenimenti archeologici, il suolo di età romana - quando presente - risulta posto a debole profondità subito al di sotto dell'arativo, oppure è compromesso dalle arature stesse. Lo stesso dicasi per le strutture e i depositi di età medievale e rinascimentale.

Nella tabella seguente si presenta la valutazione dell'impatto archeologico, basata sui dati attualmente disponibili desunti dalla ricerca bibliografica e archivistica:

Prog. km	Impatto archeologico preliminare	
4+882 a 8+665	Basso	Assenza di siti archeologici
9+248 a 12+500	Basso	Assenza di siti archeologici
12+500 a 17+000	Medio	Prossimità a fornaci rinascimentali a debole profondità
17+000 a 18+500	Medio	Prossimità alla <i>Via Aemilia</i> , tracce di centuriazione. Possibili insediamenti di età romana a debole profondità.
18+500 a 20+000	Alto	Prossimità alla città romana di <i>Laus</i> (Lodi Vecchio), alla <i>Via Aemilia</i> e a tracce di centuriazione. Prossimità a fornaci rinascimentali subaffioranti o a debole profondità. Interferenza con sito n. 8 (fornace rinascimentale) e sito n. 10 (abitato medievale).
20+000 a 21+700	Medio	Prossimità a fornace rinascimentale a debole profondità.
21+700 a 21+922	Medio	Prossimità a necropoli romana (n. 15).

Nella fase preliminare non sono state condotte le altre due operazioni elencate nell'art. 2 ter della Legge 109 del 25 giugno 2005, la ricognizione di superficie sulle aree interessate dai lavori e la fotointerpretazione, in base alla considerazione che si tratta di un intervento di ampliamento simmetrico (4.00 m. per lato) alla quarta corsia della sede stradale esistente che non consente varianti, che si sviluppa tutto in rilevato, che si svolge in un territorio fortemente antropizzato non solo per l'intensa urbanizzazione ma anche per le attività agricole che vi si svolgono; la ricognizione di superficie, cioè il ritrovamento di reperti portati in luce dall'aratro, non garantisce, infatti, la conservazione dell'intera stratigrafia che potrebbe essere stata cancellata da precedenti lavori agricoli; la fotointerpretazione è utile per individuare essenzialmente l'estensione di macroevidenze archeologiche.

D'altra parte la ricerca bibliografica ha consentito di aggiornare le attestazioni archeologiche con i più recenti contributi, derivati soprattutto dalle indagini condotte lungo il tracciato AV Milano-Bologna. La nuova linea ferroviaria ad alta velocità è stata realizzata in affiancamento alla A1 per circa 130 chilometri a partire circa dal km 17+700: le ricerche archeologiche sulla AV Milano-Bologna rappresentano dunque un formidabile archivio di dati non solo di aggiornatissimo standard scientifico, ma anche di stretta prossimità topografica con il progetto di ampliamento autostradale.

11.7 PROCEDURA INTEGRATIVA DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Nel corso della redazione del progetto definitivo e dello Studio di Impatto Ambientale, Autostrade per l'Italia ha richiesto alla Soprintendenza un confronto sul lavoro svolto in fase di progetto preliminare e sulle integrazioni da predisporre nella fase della progettazione definitiva ed esecutiva che, come previsto dall'articolo 2-quater della legge 109/2005, si svolge sotto la direzione della Soprintendenza per Beni Archeologici.

Da tale confronto sono risultate corrette le considerazioni sopra descritte che hanno fatto escludere la necessità di eseguire di ulteriori indagini conoscitive preliminari e si è identificato come critico il solo tratto situato all'interno del comune di Lodi Vecchio, compreso tra i km 19+400 e 19+650.

A tal fine la Soprintendenza ha richiesto che la documentazione trasmessa con il Progetto Preliminare venisse integrata con maggior dettaglio degli elementi emersi nel corso dei lavori di esecuzione della linea ferroviaria ad Alta Velocità Milano - Bologna.

Autostrade per l'Italia ha integrato lo studio con un'estratto dello studio "Indagine archeologica in località Lodi Vecchio" eseguiti da Italferr/TAV/CEPAV" di cui di seguito si riporta una sintesi, i cui risultati sono illustrati nello Studio di Impatto Ambientale.

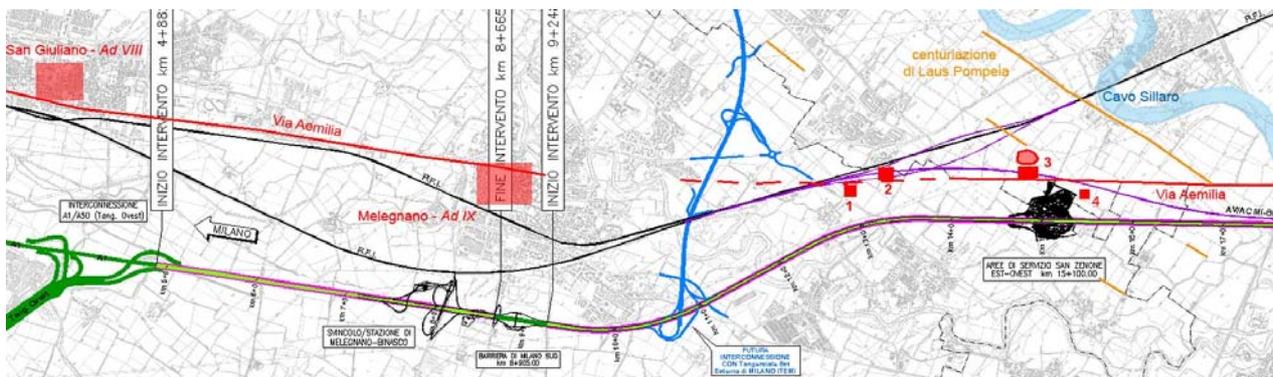
11.8 SINTESI DELL'INDAGINE ARCHEOLOGICA IN LOCALITÀ LODI VECCHIO

Le indagini eseguite in occasione dei lavori AV Milano-Bologna hanno individuato diversi siti archeologici in adiacenza all'autostrada A1.

Questi dati forniscono una mappatura aggiornata ed attendibile delle possibili interferenze archeologiche lungo il progetto di ampliamento alla quarta corsia nel tratto Milano Sud-Lodi.

Dall'interconnessione A1/A50 (tangenziale Ovest) al pkm 13+000 non sono presenti siti archeologici (vedere precedente tabella Tabella 1).

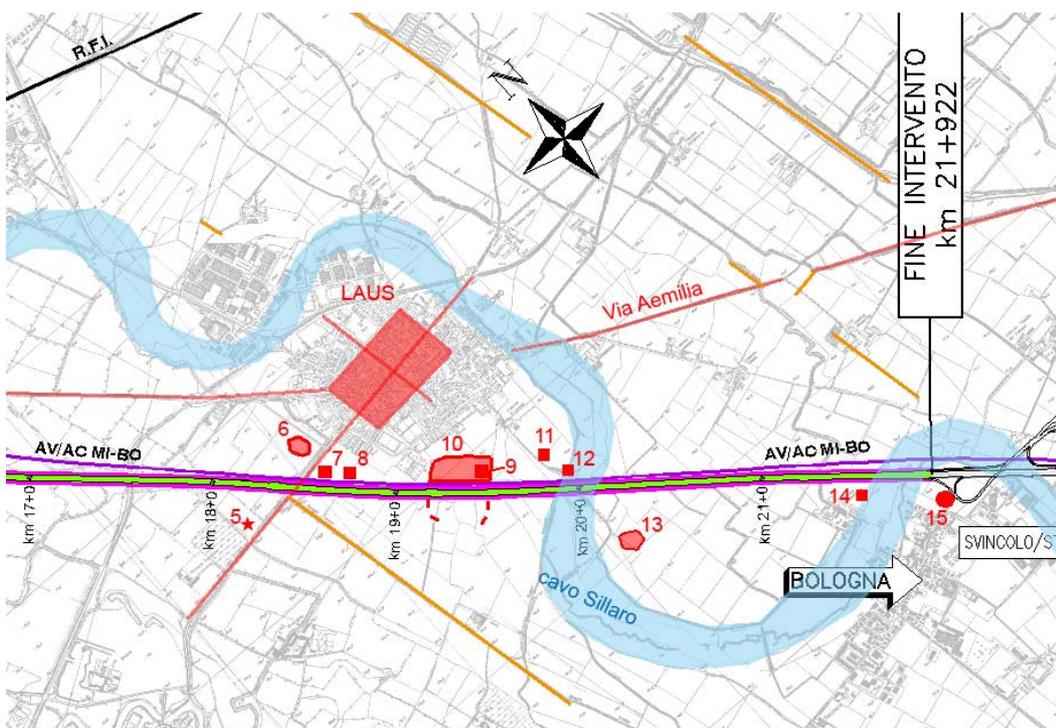
Dalla pkm 13+000 alla pkm 18+000 le distanze tra i siti archeologici noti e il tracciato di progetto sono tali da non rappresentare un rischio di possibile interferenza (vedere figura seguente).



In rosso, i siti archeologici noti distribuiti lungo il tracciato dell'antica Via Emilia.

Il tratto a rischio archeologico è quello intorno a Lodi Vecchio, corrispondente alla città romana di Laus Pompeia, attraversata dal tracciato dell'antica Via Emilia e in un territorio che conserva tracce di centuriazione. In particolare, tra pkm 18+500 e 19+600, il tracciato risulta in interferenza con:

- sito n. 8: fornace di XVI secolo per produzione laterizia individuata alla pk 8+000 del tracciato AV in Via Piave. La fornace proseguiva per buona parte sotto il sedime della A1. una seconda fornace è stata individuata poco a NW (sito n. 7): il che fa supporre la presenza di un'estesa area produttiva.
- sito n. 10: esteso villaggio medievale con strutture abitative lignee, individuato lungo il tracciato AV alla pkm 9+000, a ridosso di un asse stradale oggi riconoscibile nella Strada del Fontanone. Il villaggio, già intaccato dal passaggio dell'A1, prosegue anche a sud dell'Autostrada. In corrispondenza dell'area del villaggio, è stata individuata durante i medesimi lavori AV una fornace per laterizi di età rinascimentale (sito n. 9).



In rosso: siti archeologici noti; in arancio: assi conservati della centuriazione.

Dalla pkm 20+000 a fine intervento (pkm 21+922) le distanze tra i siti archeologici noti e il tracciato di progetto sono tali da rappresentare un basso/medio rischio di possibile interferenza (vedere figura "In rosso: siti archeologici noti; in arancio: assi conservati della centuriazione"):

- sito n. 12: fornace rinascimentale individuata lungo il tracciato AV in corrispondenza del viadotto IV4.
- sito n. 15: due tombe di età romana individuate durante i lavori AV alla pkm 11+200 lungo lo svincolo di Lodi.

11.9 INDAGINI DA ESEGUIRE

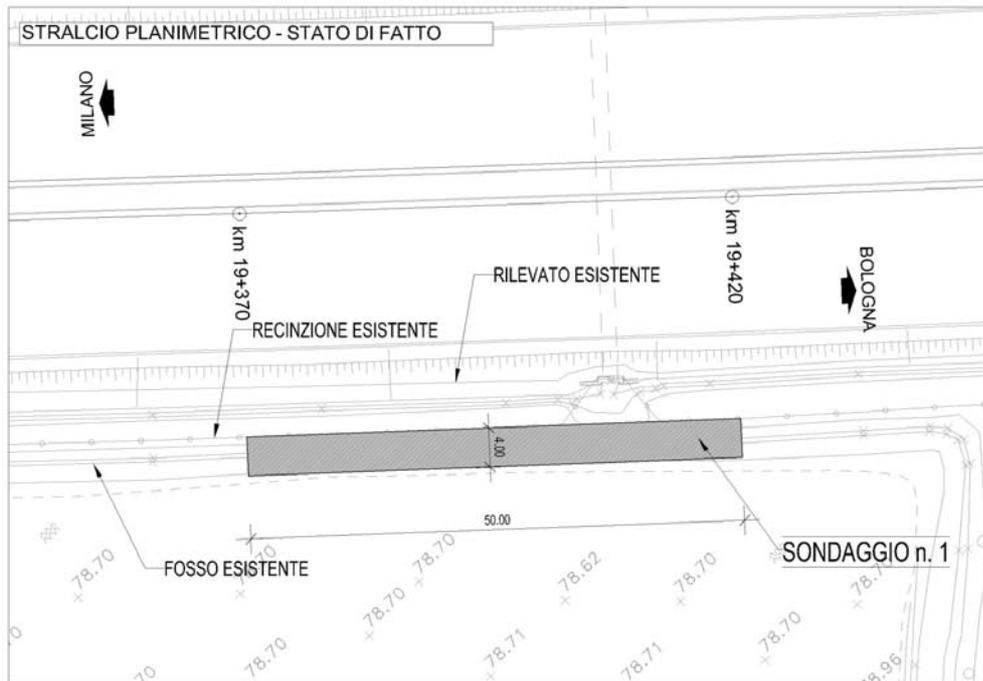
Confermate l'ipotesi di lavoro di procedere direttamente con i sondaggi per verificare l'estensione dei ritrovamenti archeologici eseguiti per la TAV ad est della carreggiata nord dell'A1 anche ad ovest della carreggiata sud si sono individuati due siti dove procedere con le modalità di seguito descritte nel corso della redazione del progetto esecutivo.

La scelta di posticipare tali indagini alla fase di redazione del progetto esecutivo è data dalla necessità di procedere ad una occupazione dei terreni solo dopo la conclusione della Conferenza dei Servizi e procedura per gli espropri già iniziata.

Sondaggio n. 1 - Lodi Vecchio.

All'altezza della PK 19+400 (da 19.370 a 19.420) in carreggiata sud.

Sondaggio lungo m 50 ca. x 4 ca. Scotico con adeguato mezzo meccanico a benna liscia assistito da archeologo per la profondità ca. di m 0,30 (ovvero rimozione dello strato di coltivo che in genere ha questo spessore). Se dopo questa operazione compaiono livelli o strutture archeologici prosecuzione con scavo manuale di più operatori con rilievi e consueta documentazione di scavo. Altrimenti prosecuzione scavo con mezzo meccanico fino allo sterile (che può essere anche molto "alto" ma in genere non più profondo di m 1,00 - 1,50), come da stralcio planimetrico sotto riportato.



Sondaggio n.- 2 Lodi Vecchio.

All'altezza della PK 19+500 (da 19+500 a 19+540) in carreggiata sud.

Ovvero in corrispondenza del sito medievale Lodi vecchio sud/settore I già oggetto di scavo durante lo spostamento dell'A1.

Sondaggio lungo m 40 ca. x 4 ca. Scotico con adeguato mezzo meccanico a benna liscia assistito da archeologo per la profondità ca. di m 0,30 (ovvero rimozione dello strato di coltivo che in genere ha questo spessore). Se dopo questa operazione compaiono livelli o strutture archeologiche prosecuzione con scavo manuale di più operatori con rilievi e consueta documentazione di scavo. Altrimenti prosecuzione scavo con mezzo meccanico fino allo sterile

(che può essere anche molto "alto" ma in genere non più profondo di m 1,00 - 1,50)), come da stralcio planimetrico sotto riportato.



12 CANTIERIZZAZIONE E FASIZZAZIONE DEI LAVORI

12.1 AREE DI CANTIERE

Nel presente paragrafo si descrive il sistema di cantierizzazione relativo ai lavori di ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano-Napoli, nel tratto Milano- Lodi.

L'ampliamento consiste, prevalentemente, nel realizzare simmetricamente rispetto all'asse una nuova corsia di larghezza 3.75m e traslare di conseguenza la corsia di emergenza verso l'esterno. Il tronco è lungo circa 21'300m e si trova in un'area di pianura quasi per la sua intera lunghezza in rilevato.

Le opere d'arte significative sono solo quelle di linea poiché i cavalcavia sono già adeguati per ospitare l'allargamento, si tratta di circa 50 tombini idraulici di varie dimensioni, di muri di sostegno e 5 ponti di cui solo quello sul Lambro di importante lunghezza di circa 147m.

Si intendono con il termine "aree di cantiere" o "cantieri di lavoro" tutte le aree che saranno occupate dall'Impresa durante l'esecuzione dei lavori, al fine di realizzare le varie opere o parti di opera di cui il progetto si compone (opere d'arte, sedime su cui sorgerà il solido stradale, ecc.) mentre con il termine "cantieri principali" si intendono tutte le aree occupate dall'Impresa sin dall'inizio dei lavori per concentrare le attività collaterali.

I cantieri principali a loro volta saranno distinti in:

- campi base per fornire domicilio e servizi alle maestranze;
- cantieri operativi o principali, destinati agli impianti di betonaggio / frantumazione, ai magazzini, alle officine, ecc.;
- cantieri di deposito destinati prevalentemente allo stoccaggio e/o sistemazione definitiva dei materiali provenienti dallo scavo delle gallerie.

Nella tabella seguente sono elencati i cantieri oggetto del presente appalto.

WBS	Sito	Tipologia cantiere
	Cantieri principali/operativi	
CO01	Cerro al Lambro Sud	Cantiere principale
	Campi base	
CB01		Campo base

12.1.1 VIABILITA' DI SERVIZIO

Le viabilità sono concepite al solo uso della realizzazione delle opere d'arte, potendo utilizzare la viabilità locale per i collegamenti.

Lo schema delle piste è rappresentato nelle tavole CAP202, CAP203, CAP204 e CAP205.

In esse sono rappresentati i diversi percorsi suddivisi in viabilità esistenti (da mantenere in essere e da adeguare) e piste da realizzare.

In linea generale l'adeguamento riguarda tratti limitati di carraie esistenti che devono essere adeguate ai mezzi di cantiere; esse verranno ripristinate allo stato quo ante a fine lavori.

12.1.2 ORGANIZZAZIONE GENERALE DEI CANTIERI

La definizione del cantiere parte da presupposti molto diversi e numerosi che coinvolgono la definizione di aspetti progettuali e logistici dell'intero progetto.

La definizione poi della disposizione dei singoli elementi nel cantiere deve derivare da considerazioni ergonomiche e di funzionalità di ogni singola parte.

Come scelta generale il cantiere è strutturato per accogliere il personale proprio ed i subappaltatori.

Si è altresì deciso che il cantiere sarà dotato di una mensa per il personale sia impiegatizio che operaio.

La totalità del cantiere è recintata con rete metallica. Si prevedono due accessi, uno dalla provinciale SP17, carraio e pedonale unico ma con la corsia per i pedoni, ed uno in corrispondenza dell'arrivo delle piste di cantiere esclusivamente carraio; entrambi sono dotati di cancelli.

I cantieri principali sono previsti due poli operativi/logistici: entrambi sono nel comune di San Zenone al Lambro in prossimità dell'abitato capoluogo.

Il primo è costituito da un campo base (CB01) che comprende un cantiere operativo ed un area di caratterizzazione.

Il cantiere potrà essere dotato di un'area di frantumazione che per il momento non è stata rappresentata.

Tutti i cantieri, a fine lavori, dovranno essere smantellati, demolendo le pavimentazioni e le parti in calcestruzzo e ripristinando in linea di massima lo stato ante operam, con la posa dello scotico stoccato nelle dune.

Il cantiere operativo CO01 è dotato di impianto di produzione di conglomerati bituminosi e cementizi.

Entrambi i cantieri sono dotati di impianti di trattamento delle acque reflue bianche e nere. Poiché il recapito finale degli scarichi del cantiere sono dei fossi irrigui grande importanza riveste quindi il controllo dell'acqua, sia in termini di qualità della stessa sia e soprattutto in termini di apporto solido.

Per entrambi i cantieri è stata prevista una vasca di accumulo e stoccaggio a cielo aperto che potrà contenere il volume di acque meteoriche di prima pioggia (AMPP) e di un'ulteriore aliquota di Acque Meteoriche Dilavanti (AMD). Dalla vasca di accumulo le acque saranno sollevate ed inviate nell'impianto di trattamento. Le acque meteoriche eccedenti a questi volumi, saranno convogliate direttamente al punto di scarico. L'impianto di trattamento di chiarificazione, flocculazione, sedimentazione, disoleatura e correzione del PH, verrà situato nelle immediate vicinanze del punto di pescaggio.

Il sistema rimarrà attivo per tutta la durata dei lavori e garantirà il rispetto in ogni momento delle prescrizioni normative sugli scarichi.

12.1.2.1 Campo base - CB01

Il campo base CA01 è situato in un'area pianeggiante a sud dell'autostrada A1 esistente in prossimità del cavalcavia sulla provinciale SP204. Ha una superficie complessiva di circa 38'000 mq

E' diviso in due parti da un fosso irriguo esistente che viene mantenuto protetto da una fascia di rispetto per la sua manutenzione.

L'intera superficie viene pavimentata con l'eccezione delle zone al di sotto delle dune che svolgono la funzione di stoccare il materiale vegetale derivante dallo scotico dell'area che al termine dei lavori dovrà essere ripristinata.

Nella parte superiore viene ubicata la parte di campo operativo mentre nella parte più a sud invece verranno posizionati gli uffici di cantiere e i servizi comuni quali la mensa insieme ad alloggiamenti per lo staff di cantiere, nonché l'area di caratterizzazione.

Le due parti sono collegate da un ponticello veicolare, nonché da una passerella pedonale in legno.

Il campo base trova alloggio per un numero circa di 65 persone.

Le attrezzature presenti nel cantiere sono nel dettaglio descritte negli elaborati grafici CAP0301 e CAP0302.

Il cantiere è suddiviso in tre grandi zone, il cantiere base con uffici, dormitori e servizi mensa l'area di caratterizzazione ed il cantiere operativo.

Ciascuna delle zone assolve ad una precisa funzione ed in ragione di essa è stata organizzata, ogni zona è collegata alle altre con dei percorsi carrabili delimitati da cordoli e da opportuna segnaletica orizzontale e verticale.

Poiché tutta la superficie del cantiere viene pavimentata le acque dilavanti vengono opportunamente raccolte e trattate in un opportuno impianto di trattamento delle prime piogge e, solo quelle relative alle zone "sporche", ossia la zona di caratterizzazione, di un ulteriore trattamento di sedimentazione.

Il progetto dei piazzali, che prevedono una pendenza minima del 1% è rappresentato negli elaborati grafici CAP300 e CAP310.

Aspetti logistici

Il cantiere base è dimensionato per ospitare un alloggio di circa 65 persone prevede dunque delle baracche mono e bi piano con una superficie utile di circa 1000mq. Sono previsti parcheggi di lunga sosta per gli alloggianti mentre per la parte uffici e mezzi operativi sono disposti parcheggi separati.

La zona operativa in fregio all'autostrada A1 prevede una zona di stoccaggio e utilizzabile per l'eventuale assemblaggio di manufatti prefabbricati in carpenteria metallica, una zona magazzino e separata una zona manutenzione e lavaggio mezzi.

L'area di caratterizzazione prevede in questa fase il solo stoccaggio e separazione in mucchi dei materiali selezionati per poter effettuare la caratterizzazione chimica dei materiali, necessaria per attestare l'idoneità degli stessi ad essere riutilizzati per la realizzazione di rilevati o ritombamenti e quindi non allontanati dal cantiere e portati a discarica speciale. Lo spazio consente il posizionamento di una eventuale frantoio mobile che possa lavorare il materiale caratterizzato

La superficie del cantiere dovrà essere completamente asfaltata mediante pacchetto stradale realizzato con 30 cm di materiale arido stabilizzato, 7 cm di binder, in modo da creare un piano di posa impermeabile. Le acque di piazzale saranno raccolte e trattate (sedimentazione-disoleatura) prima di essere recapitate a al fosso di recapito finale attraverso una tubazione dedicata che permetterà il campionamento separato.

12.1.2.2 Cantiere operativo - CO01

Sulla provinciale SP17 più a nord della zona di ingresso del campo base , in un'area pianeggiante, si realizzerà il cantiere operativo, nel quale troveranno sede l'impianto di betonaggio e quello di produzione dei conglomerati bituminosi.

L'area di cantiere ha una superficie di circa 25'000 mq ed ha una forma molto regolare quasi rettangolare delimitata da fossi irrigui esistenti

L'impianto di betonaggio è costituito da un piazzale di scarico degli inerti di stoccaggio degli inerti (avente un entrata dedicata), un'area di stoccaggio degli inerti, un'area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi, un'area per il carico delle betoniere

(per le quali potranno essere previsti dei tunnel afonici se necessari) e una vasca per il lavaggio delle betoniere.

Non è previsto che l'impianto produca calcestruzzo 24 ore su 24 poiché le lavorazioni non richiedono continuità di getti massivi.

Il cantiere ha due accessi: uno riservato agli automezzi in ingresso che trasportano gli inerti ed uno per quelli che lo trasportano ai luoghi di lavoro.

Appena prima del recapito al fosso a valle è prevista la realizzazione di un impianto di trattamento composto da un bacino di laminazione-sedimentazione seguito da un disoleatore. L'effluente di tale impianto sarà raccolto in apposita vasca, con sfioro nel reticolo superficiale, per un eventuale reimpiego per scopi di lavaggio mezzi ed ottimizzazione degli approvvigionamenti idrici.

Dal punto di vista della produzione del calcestruzzo si è supposto che l'impianto copra l'intero fabbisogno del tracciato e pertanto è stato previsto a pedana singola non dovendosi prevedere getti massivi.

Per quanto riguarda l'impianto di calcestruzzo, è previsto il funzionamento distribuito nel corso di circa 3 anni, con una potenzialità di produzione di picco circa 500 mc/giorno. Le aree di stoccaggio di inerti previste forniscono un'autonomia di circa 5 gg lavorativi alla massima produzione.

Per quanto riguarda l'impianto di produzione di conglomerati bituminosi servirà all'intero fabbisogno del tracciato è previsto un impianto con una produzione oraria massima di 175 t/h; lo stoccaggio degli inerti previsto consente una autonomia di circa 10gg di produzione. l'alimentazione dei riscaldatori, poiché non è certa la possibilità di un allaccio esterno, viene prevista con un serbatoio esterno da 50mc. Si prevede anche un impianto di riclaggio a freddo del fresato con una capacità massima di 100t/h.

Si nota che i percorsi di cantiere sui due accessi sono stati previsti separati per il calcestruzzo e gli asfalti consentendo di ottimizzare le operazioni di carico e scarico.

Nella parte più vicina alla SP204 sono posizionati gli uffici dedicati all'impianto di betonaggio, mentre nella parte centrale sono state ubicate le zone per il lavaggio dei mezzi e gli spogliatoi.

Poiché tutta la superficie del cantiere viene pavimentata le acque dilavanti vengono opportunamente raccolte e trattate in un opportuno impianto di trattamento delle prime piogge e, solo quelle relative alle zone "sporche", ossia la zona di caratterizzazione, di un ulteriore trattamento di sedimentazione.

Il progetto dei piazzali, che prevedono una pendenza minima del 1% è rappresentato negli elaborati grafici CAP300 e CAP310.

Aspetti logistici

Il cantiere operativo prevede solo delle baracche mono piano con una superficie utile complessiva di circa 200mq. Sono previsti parcheggi di sosta per la parte uffici e mezzi operativi sono disposti parcheggi separati.

Le due zone di produzione inerti e calcestruzzi sono operativamente separate ed i percorsi di lavoro ed accesso divisi

12.2 FASIZZAZIONE DEI LAVORI

12.2.1 Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione

Per quanto riguarda la cantierizzazione si è scelto di dividere il tratto in tre tratte d'intervento. In tal modo i lavori possono procedere con cantieri sfalsati (alternativamente in carreggiata nord o sud) in modo da ottimizzare i tempi e evitare l'assenza d'emergenza per tratte estese sulla stessa carreggiata. Quanto sopra consente la realizzazione delle tratte in contemporanea.

In particolare, le tratte di cantierizzazione all'interno delle quali si procederà all'esecuzione dell'ampliamento del tratto dell'Autostrada A1 compreso tra l'interconnessione con la tangenziale Ovest e Lodi, sono:

- tratta A che si estende dalla progr. 4+882 (inizio intervento) fino alla progr. 8+668
- tratta B che si estende dalla progr. 9+254 fino alla progr. 15+950
- tratta C che si estende dalla progr. 15+950 fino alla progr. 21+922 (fine intervento)

12.2.2 Sezioni tipo di intervento e fasi di traffico

L'infrastruttura esistente ha una sezione tipo con piattaforma da 32,00 m, con tre corsie per senso di marcia (due da 3,75 m e una da 3,50 m), corsie d'emergenza da 3,00 m e spartitraffico bifilare da 2,60 m.

La sezione tipo di progetto corrisponde alla categoria A del D.M. 5/11/2001, caratterizzata da 4 corsie da 3,75 m, margine interno di 4 m (2,60 m di spartitraffico e due banchine in sx da 0,70 m) e corsie d'emergenza di 3 m, per un'ampiezza complessiva di 40,00 m.

Durante le lavorazioni la larghezza minima delle carreggiate aperte al traffico è di 10,50 m, atta a mantenere tre corsie di larghezza ridotta.

L'articolazione trasversale della piattaforma inoltre è tale da garantire in tutte le fasi almeno una corsia d'emergenza lungo uno dei due sensi di marcia, che non venga ad interrompersi nella sua estensione longitudinale lungo il tratto, salvo nei punti singolari ove le lavorazioni non lo consentano.

La separazione e la protezione del cantiere dal traffico autostradale è assicurata dall'installazione di barriera new-jersey in cls, posta a filo della carreggiata autostradale provvisoria. Sono da predisporre delle piazzole provvisorie ogni 500 m circa.

Inoltre sono previsti dei by-pass nel new-jersey centrale ogni 2.000 m circa, al fine di consentire l'intervento dei mezzi di soccorso anche nella carreggiata ove sia assente la corsia d'emergenza, passando sull'altra carreggiata, appunto, nel varco più vicino a valle dell'incidente, e percorrendo contromano la carreggiata opposta.

In linea generale sono previste cinque fasi principali per ogni tratta, ossia:

1. Riduzione della larghezza delle corsie di entrambe le carreggiate, occupazione col cantiere della corsia d'emergenza della carreggiata sud e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata nord.
 Ampliamento del corpo stradale della carreggiata sud e ampliamento del corpo stradale della carreggiata nord fino all'intradosso del pacchetto di pavimentazione;
2. Riduzione della larghezza delle corsie della carreggiata nord, occupazione col cantiere della corsia d'emergenza della carreggiata nord e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata sud con tre corsie di marcia della larghezza di 3,75m ciascuna.
 Completamento del corpo stradale della carreggiata nord;
3. Riduzione della larghezza delle corsie della carreggiata nord, soppressione della corsia di emergenza in nord e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata sud con

tre corsie di marcia della larghezza di 3,75m ciascuna. Spostamento del traffico sulle corsie esterne.

Rifacimento zona spartitraffico;

4. Traffico su tre corsie per senso di marcia e corsia di emergenza in sud così distribuite:
- tre corsie di marcia dir.sud, corsia di emergenza dir.sud e una corsia di marcia dir.nord in carr. sud
 - due corsie di marcia dir.nord in carr. nord

Risanamento carreggiata nord

5. Traffico su tre corsie per senso di marcia e corsia di emergenza in nord così distribuite:
- tre corsie di marcia dir.nord, corsia di emergenza dir.nord e una corsia di marcia dir.sud in carr. nord
 - due corsie di marcia dir.sud in carr. sud

Risanamento carreggiata sud

Le tempistiche di realizzazione delle tratte di lavorazione e le relazioni temporali tra di esse sono riportate nel paragrafo "Diagramma dei lavori", i tempi totali della realizzazione dell'opera sono di 24 mesi.

13 ESPROPRI ED INTERFERENZE

13.1 ESPROPRI

Per poter procedere all'acquisizione in via ablativa dei beni immobili di proprietà privata o pubblica interessati dalla realizzazione delle opere oggetto del presente progetto definitivo, sono stati catalogati i beni mediante la determinazione delle superfici necessarie alla realizzazione dell'opera per tipo di occupazione. In particolare è stato adottato il seguente criterio in base alla sezione corrente:

- limite di occupazione definitiva posto in coincidenza della ubicazione di progetto della recinzione stradale e comunque a distanza minima non inferiore a mt. 2,00 dal piede o dal ciglio della scarpata, integrando l'occupazione definitiva con occupazione temporanea, per consentire cantierizzazioni e movimenti di mezzi, fatti salvi i necessari raccordi, adeguamenti e collegamenti;
- esproprio temporaneo per le aree di cantiere e per la cantierizzazione dei singoli manufatti in progetto. Nelle fattispecie l'occupazione è stata determinata secondo le esigenze specifiche per consentire l'esecuzione dei lavori secondo le tecniche progettate ed in considerazione della movimentazione di uomini e mezzi in piena sicurezza operativa.

Sono state conteggiate le somme necessarie per gli espropri e danni nelle seguenti modalità: dopo aver determinato le superfici necessarie alla realizzazione dell'opera, sono stati eseguiti dei sopralluoghi sui siti interessati, ad identificare l'attuale destinazione dei beni immobili (terreni e fabbricati), nonché le relative colture prevalenti in atto, provvedendo a distinguere, con successive indagini relative alle destinazioni urbanistiche, l'effettivo valore riferito alla specifica attribuzione di aree agricole e di aree a potenzialità edificatoria legale.

Per le aree agricole si sono applicate le norme dell'art. 40 del DPR 327/01, considerando le stesse riferite ai valori agricoli medi per territorialità omogenee determinati dalla Commissione Provinciale Espropri di Milano anno 2009; invece per le aree edificate legali o assimilate, si sono applicate le norme indicate dall'art. 38 del sopraccitato T.U come modificati dal D.Lgs 244/2007, contemperando il valore venale, riferito a valori di mercato delle zone in esame.

Sono stati inoltre calcolati gli importi per la corresponsione delle indennità d'occupazione temporanea, dedotti secondo la vigente normativa di riferimento, applicando il criterio della

presumibile incidenza del danno determinato dal mancato godimento del bene per la durata della sua detenzione e per le spese amministrative.

13.2 INTERFERENZE

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

Una volta individuate le reti esistenti, abbiamo provveduto a verificarne le caratteristiche principali delle linee presso i gestori. Delle interferenze censite sono state redatte delle opportune schede, con indicati i referenti dai quali sono state reperite le notizie generali ed avute le indicazioni per effettuare gli adeguamenti necessari e le modalità di risoluzione.

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

Gli oneri per la risoluzione delle interferenze tengono conto di tutto quanto necessario: rotture di sedi stradali, trasporto alla discarica dei materiali di risulta, riprese, pozzetti di derivazione, controtubi, sfiati ecc., deviazioni e collegamenti temporanei per la continuità del servizio.

Si precisa che lo studio è stato mirato a tutte le interferenze, di qualsiasi natura e consistenza, senza una verifica della possibile regolamentazione con specifiche convenzioni, che, nelle fattispecie, potrebbero far carico agli Enti l'onere di eventuali spostamenti o adeguamenti richiesti.

Si è ritenuto opportuno, quindi, considerare gli spostamenti e le modifiche da attuare, tutte da includere nel quadro economico del Progetto definitivo.

Tanto in modo da considerare l'ipotesi più gravosa per l'ente appaltante, al fine di evitare carenze nelle previsioni progettuali rispetto alle esigenze esecutive reali, presenti e future.