

## INDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>5</b>			
1.1	PREMESSA.....	5	2.5.3	Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia.....	25
1.2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....	6	2.6	PAVIMENTAZIONI .....	26
1.3	ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	7	2.6.1	Nuove pavimentazioni.....	26
1.4	ANALISI DI TRAFFICO.....	7	2.6.2	Risanamento pavimentazioni esistenti.....	27
1.4.1	Modello di simulazione del traffico .....	8	2.6.3	Sistema di drenaggio della piattaforma.....	28
1.4.2	Previsioni di traffico sull'autostrada A1 .....	8	2.7	PIAZZOLE DI SOSTA .....	29
1.4.3	Efficienza ed efficacia del collegamento stradale nella configurazione di progetto .....	8	2.8	SEGNALETICA STRADALE .....	30
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE .....</b>	<b>10</b>	2.9	ANALISI DEGLI ASPETTI CONNESSI CON LE ESIGENZE DI SICUREZZA .....	30
2.1	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	10	2.9.1	Analisi di incidentalità.....	30
2.1.1	Sezione tipo esistente .....	10	2.9.2	Risultati dell'analisi di incidentalità .....	31
2.2	L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO.....	11	2.9.3	Conclusioni.....	34
2.2.1	Inquadramento normativo .....	11	<b>3</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>36</b>
2.2.2	Aspetti geometrici .....	12	3.1	PREMESSA.....	36
2.2.3	Corsie specializzate di diversione ed immissione.....	12	3.2	FASI COSTRUTTIVE .....	37
2.2.4	Svincoli ed Aree di Servizio .....	13	3.2.1	Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione.....	37
2.2.5	Piste di servizio ASPI .....	14	3.2.2	Sezioni tipo di intervento e fasi di traffico .....	39
2.3	OPERE D'ARTE .....	14	3.3	I CANTIERI .....	45
2.3.1	Opere d'arte maggiori .....	15	3.3.1	Premessa .....	45
2.3.2	Opere d'arte minori.....	20	3.3.2	Viabilità di servizio .....	45
2.3.3	Interventi di sistemazione idraulica .....	22	3.3.3	Organizzazione generale dei cantieri.....	45
2.4	ASPETTI GEOTECNICI .....	22	3.3.4	Aree di cantiere .....	46
2.4.1	Caratteristiche fondazionali delle principali opere esistenti (L >10m).....	22	3.3.5	Ripristino aree di cantiere .....	54
2.4.2	Tematiche progettuali .....	22	3.3.6	Trattamento delle acque .....	54
2.4.3	Tipologia delle fondazioni.....	23	3.4	BILANCIO E GESTIONE DELLE TERRE E DEI MATERIALI DI SCAVO .....	55
2.4.4	Cavalcavia .....	23	3.4.1	Quadro normativo di riferimento .....	56
2.4.5	Considerazioni geotecniche relative agli Interventi .....	23	3.4.2	Bilancio materiali.....	58
2.5	BARRIERE DI SICUREZZA .....	24	3.5	INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI SITI DI CAVA.....	62
2.5.1	Barriere da spartitraffico.....	24	3.5.1	Provincia di Milano – Siti di cava .....	64
2.5.2	Barriere da bordo laterale .....	25	3.5.2	Provincia di Pavia – Siti di cava .....	68
			3.5.3	Provincia di Lodi – Siti di cava.....	69
			3.5.4	Impianti di produzione di calcestruzzo.....	76

3.5.5	Impianti di produzione di conglomerato bituminoso .....	76
3.6	DEPOSITI E DISCARICHE .....	76
3.6.1	Impianti di stoccaggio e riciclaggio autorizzati .....	76
3.7	TRANSITI DI CANTIERE .....	77
4	INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE.....	80
4.1	BARRIERE ACUSTICHE.....	80
4.2	OPERE A VERDE .....	80
4.2.1	Premessa.....	80
4.2.2	Tipologie opere a verde .....	81
5	ANALISI COSTI BENEFICI.....	83
5.1	METODOLOGIA: L'ANALISI COSTI-BENEFICI.....	83
5.2	DEFINIZIONE DELLA PROSPETTIVA DI ANALISI .....	85
5.3	SCELTA E VALUTAZIONE DELLE VARIABILI.....	85
5.3.1	I prezzi ombra.....	85
5.3.2	Valutazione delle esternalità.....	86
5.3.3	Costo generalizzato di trasporto .....	87
5.4	IL CALCOLO DEL VAN E DEL SIR ECONOMICI.....	87
5.4.1	Costi di investimento .....	87
5.4.2	Valore residuo dell'opera.....	89
5.4.3	Costi di gestione.....	89
5.5	ESTERNALITÀ AMBIENTALI.....	90
5.5.1	Costo generalizzato di trasporto .....	91
5.6	RISULTATI DELL'ANALISI COSTI-BENEFICI.....	93

## ELENCO ELABORATI GRAFICI (MAM-QPGT-D)

- MAM-QPGT-001÷QPGT-007 - Corografia del tracciato
- MAM-QPGT-008÷QPGT-018 - Planimetria su ortofotocarta
- MAM-QPGT-019÷QPGT-029 - Planimetria di progetto commentata con indicazione dei dati progettuali significativi
- MAM-QPGT-030 - Elaborati tipologici: Piattaforma
- MAM-QPGT-031 - Elaborati tipologici: Piazzola di sosta
- MAM-QPGT-032 - Elaborati tipologici: Corsie di immissione e diversione
- MAM-QPGT-033 - Elaborati tipologici: Opere d'arte – Viadotto sul fiume Lambro
- MAM-QPGT-034-035 - Particolari tipo: Sistema di drenaggio della piattaforma – Fossi
- MAM-QPGT-036 - Particolari tipo: Pannello a Messaggio Variabile (PMV) a bandiera
- MAM-QPGT-037÷MAM-QPGT-038 - Cantierizzazione: Planimetria delle aree di cantiere
- MAM-QPGT-039÷MAM-QPGT-041 - Cantierizzazione: Planimetria delle viabilità di servizio
- MAM-QPGT-042÷MAM-QPGT-043 - Cantierizzazione: Fasizzazione dei lavori – Sezioni tipo di intervento: simmetrico rettilo
- MAM-QPGT-044÷MAM-QPGT-046 - Cantierizzazione: Fasizzazione dei lavori – Sezioni tipo di intervento: simmetrico rettilo – ponte sul fiume Lambro
- MAM-QPGT-047 - Cantierizzazione: Corografia ubicazione cave e discariche
- MAM-QPGT-MIT-001÷MAM-QPGT-MIT-011 – Opere a verde: Planimetria di localizzazione degli interventi
- MAM-QPGT-MIT-012÷ MAM-QPGT-MIT-014 – Opere a verde: Soluzioni tipologiche e sestri d'impianto
- MAM-QPGT-MIT-015 - Interventi di mitigazione ambientale: Tipologici barriere acustiche
- MAM-QPGT-MIT-016÷MAM-QPGT-MIT-019 - Interventi di mitigazione ambientale: Sistema chiuso di drenaggio della piattaforma

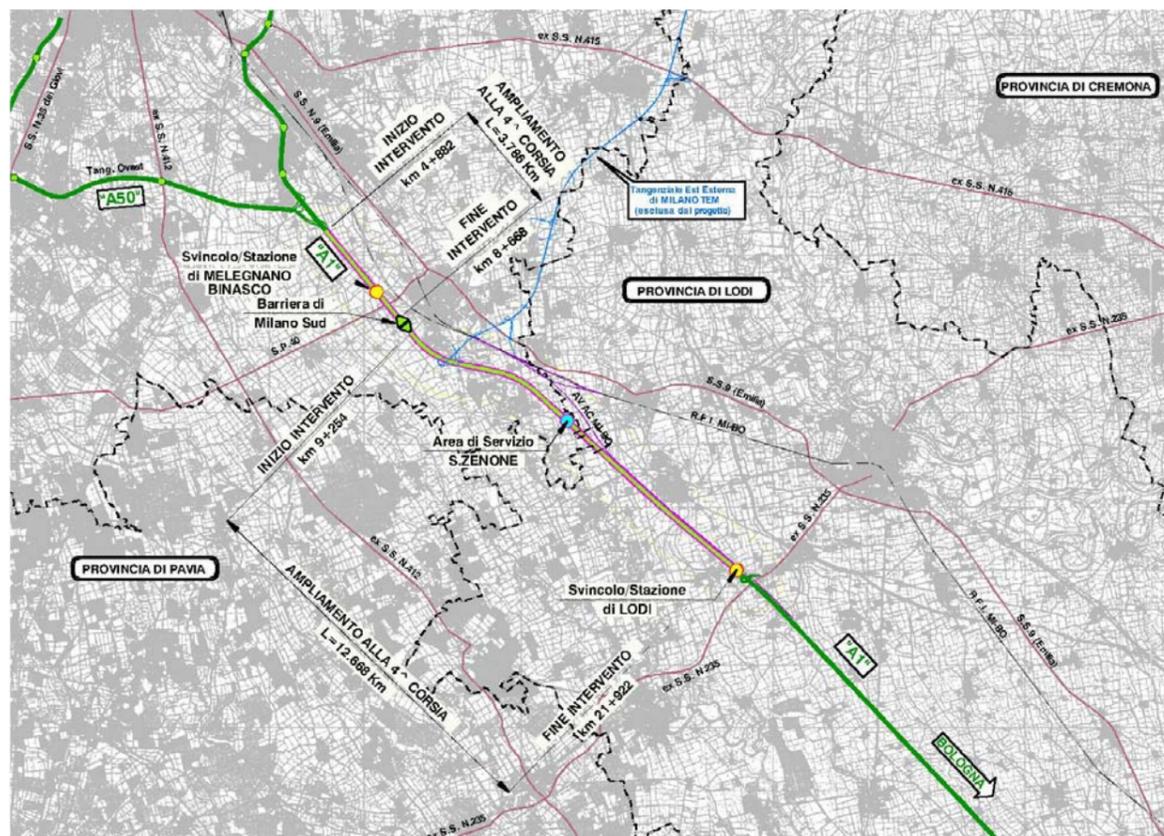
## ALLEGATI

- MAM-QPGT-MIT-ALL1 – Fotoinserimenti
- MAM-QPGT-SDT – Studio di traffico

## 1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 1.1 PREMESSA

L'intervento di ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano – Napoli, nel tratto Milano sud (tangenziale ovest) – Lodi, in progetto 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.



**Figura 1-1 - Inquadramento territoriale**

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 di Milano (A50), 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).

All'interno della tratta d'intervento, ricadono l'Area Punto Blu (km 8+500 direz. Milano) che verrà dismessa, l'Area di Servizio S.Zenone (km 15+100), le rampe d'interconnessione con la A50, lo svincolo di Binasco (Stazione di Melegnano km 7+684) e lo svincolo di Lodi.

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 introducendo tre curve rispettivamente di raggio R=10000, R=9000 e R=10000. 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 rotatoria di svincolo con l'A1.

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, dimensionando inoltre gli elementi marginali per un corretto funzionamento dei dispositivi di sicurezza conformemente alle disposizioni del DM 223/92 e ss.mm.

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

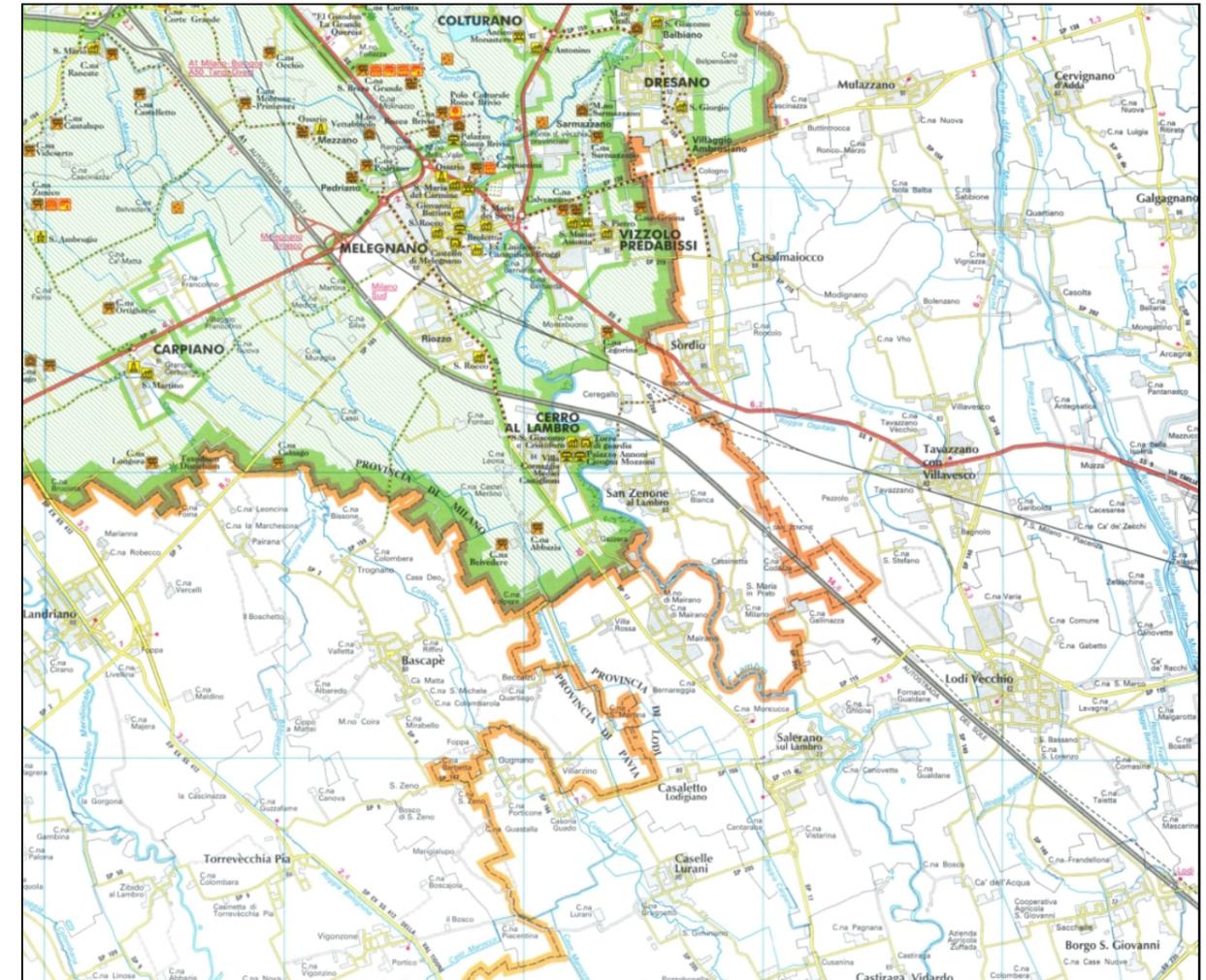
Complessivamente il tracciato di progetto si mantiene aderente al tracciato attuale: l'intervento prevede infatti ovunque un ampliamento della piattaforma in sede e simmetrico.

## 1.2 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 suddivisa 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).



**Figura 1-2 – Tracciato autostradale A1 da Milano a Lodi**

La tratta Milano Sud (Tang. Ovest) - Lodi, lungo il suo sviluppo Nord-Sud, attraversa il territorio 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)

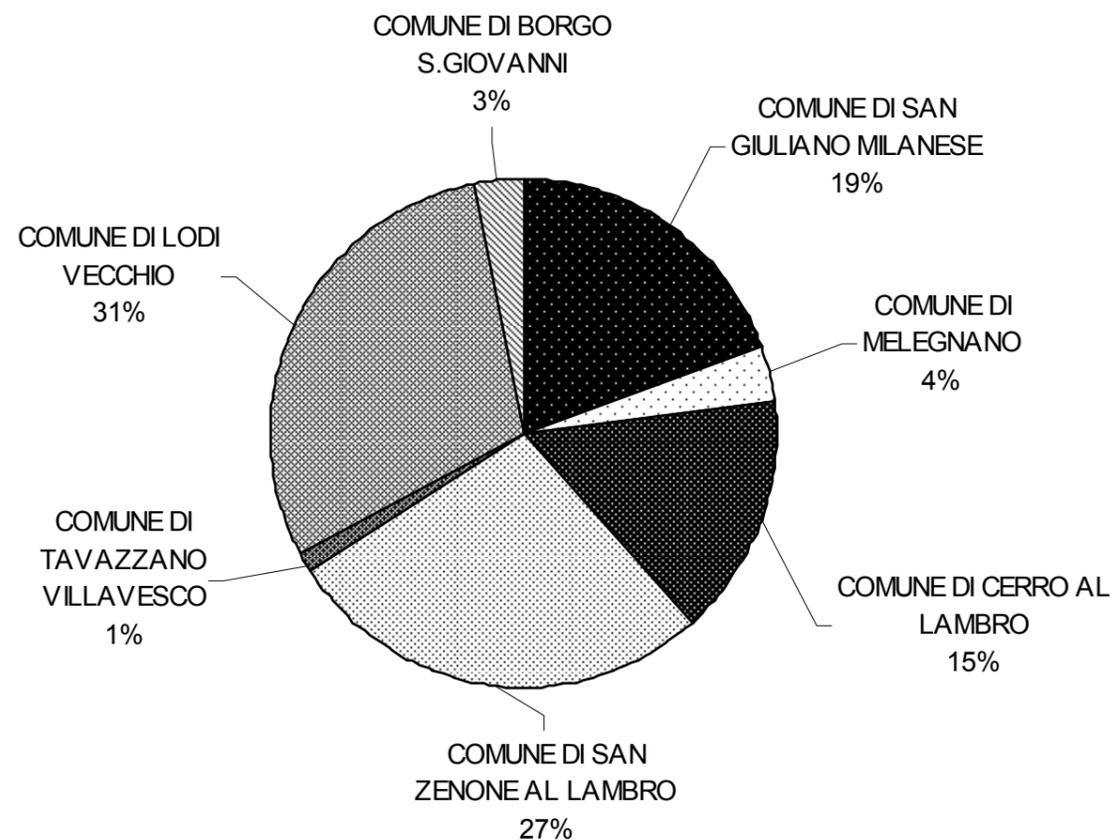


Figura 1-3 – Comuni interessati dall'intervento

### 1.3 ALTERNATIVE PROGETTUALI

Per quanto riguarda l'analisi delle possibili alternative progettuali si evidenzia che l'intervento consiste in un ampliamento completamente in sede dell'attuale infrastruttura, per tale motivo l'analisi è stata limitata alla scelta della modalità di ampliamento (simmetrico/asimmetrico) e a modeste e puntuali ottimizzazioni progettuali.

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:

- minimizzare l'impatto dell'ampliamento alla 4° corsia con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti preesistenti;
- minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
- utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi, dal momento che si tratta di un progetto di ampliamento di una infrastruttura esistente;
- 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.

### 1.4 ANALISI DI TRAFFICO

Nel presente capitolo si riporta una sintesi dell'analisi trasportistica del progetto definitivo dell'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Bologna nella tratta tra

l'allacciamento con la Tangenziale Ovest di Milano e Lodi, compiutamente riportata nello Studio di traffico (MAM-QPGT-SDT).

#### 1.4.1 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.

#### 1.4.2 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.

**Tabella 1-1 - 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

#### 1.4.3 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.

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.

**Tabella 1-2 - Confronto dei LOS negli scenari programmatico e progettuale – Ora di punta POMERIDIANA (17:00 – 18:00) del giorno ferialo 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

**Tabella 1-3 - Confronto dei LOS negli scenari programmatico e progettuale – Ora di punta MATTUTINA (07:00 – 08:00) del giorno ferialo 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

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.

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.

## 2 CARATTERISTICHE TECNICHE

### 2.1 L'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 rettifilo 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 rettifilo lungo circa 1.2 km; dopo un rettifilo di quasi quattro chilometri il tracciato diventa quello della variante di Lodi vecchio dove sono presenti tre curve di ampio raggio pari rispettivamente a  $R=9000$ ,  $R=10000$ ,  $R=9000$  metri per poi tornare sul sedime originario con un tratto in rettifilo fino allo svincolo di Lodi (fine intervento progr. Km 21+922). L'attuale asse di tracciato non presenta curve di transizione.

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.

#### 2.1.1 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 organizzata: 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 alloggiate le barriere di sicurezza metalliche.

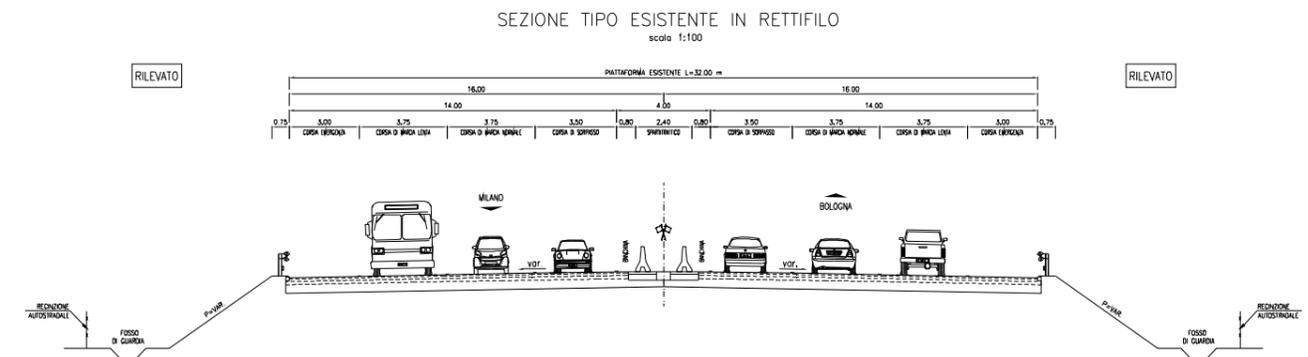


Figura 2-1 - Sezione tipo esistente in rettifilo

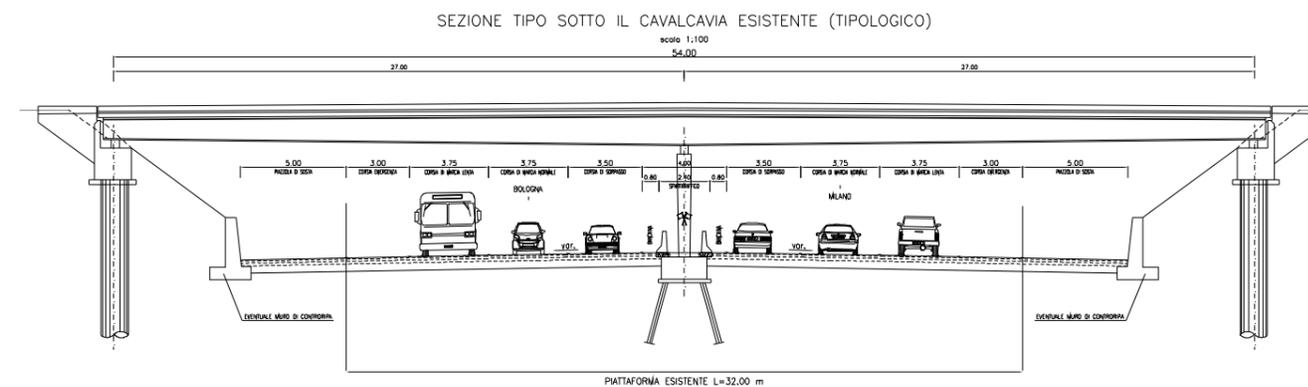


Figura 2-2 - Sezione tipo cavalcavia esistente

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

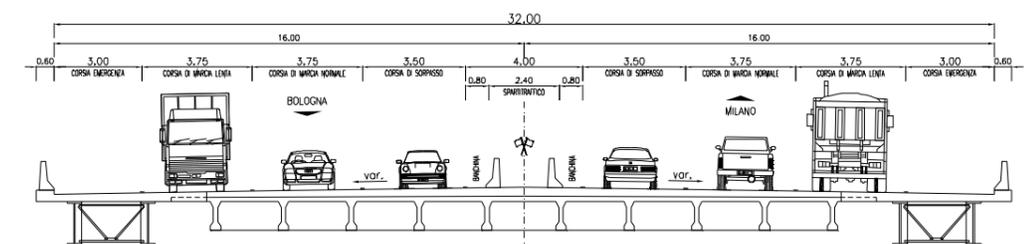


Figura 2-3 - sezione tipo su opera d'arte

## 2.2 L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO

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 ed economico 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 pressochè invariata la posizione planimetrica dello spartitraffico.

In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla progr. km 17+716 alla progr. km 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.

### 2.2.1 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 quarta 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 ed economico 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.

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.

## 2.2.2 Aspetti geometrici

### 2.2.2.1 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 (elaborato MAM-QPGT-030).

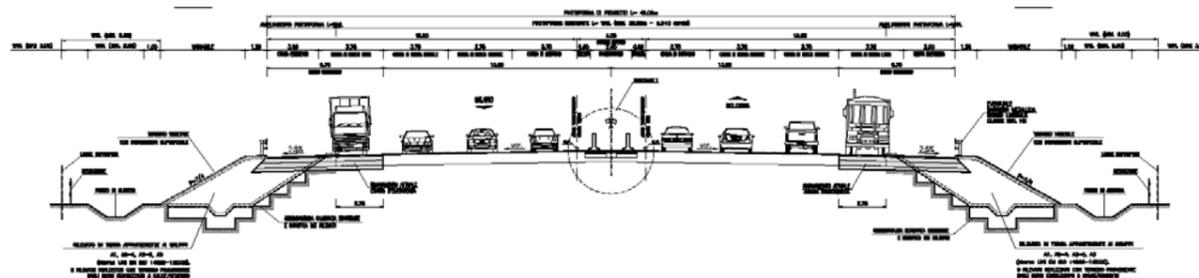


Figura 2-4 – Sezione tipo di progetto

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 sempre mediante ricariche in modo da non ridurre mai 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 (progr. km 17+716 – progr. km 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.

### 2.2.3 Corsie specializzate di diversione ed immissione

Il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione e diversione (elaborato MAM-QPGT-032) è stato effettuato con riferimento ai criteri contenuti nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006).

#### Corsie di diversione

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 2-5), la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  (avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita, coincidente con il punto di inizio della clotoide) è correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

La lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  viene calcolata pertanto mediante criterio cinematico utilizzando la seguente espressione:

$$L_{d,u} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$  (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- $v_1$  (m/s) è la velocità di ingresso nel tronco di decelerazione pari alla velocità di progetto del ramo da cui provengono i veicoli in uscita (velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità);
- $v_2$  (m/s) è la velocità di uscita dal tronco di decelerazione (per  $v_2$  si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di uscita);
- $a$  ( $m/s^2$ ) è la decelerazione assunta per la manovra pari a  $3 m/s^2$  per le strade tipo A, B e  $2,0 m/s^2$  per le altre strade.

Il tratto di manovra  $L_{m,u}$  deve avere una lunghezza pari a 90 m per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiori ai 120 km/h.



Figura 2-5 - Schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

#### Corsie di Immissione

Con riferimento allo schema di Figura 2-6 la lunghezza minima del tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  è stata calcolata mediante la seguente espressione:

$$L_{a,e} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

dove:

- $L_{a,e}$  (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

- $v_1$  (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per  $v_1$  si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- $v_2$  (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a  $0,80 \cdot V_p$  (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)
- $a$  ( $m/s^2$ ) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a  $1 m/s^2$ .

Il tratto di raccordo  $L_{v,e}$  deve avere una lunghezza pari a 75 metri per velocità di progetto, della strada su cui la corsia si immette, superiori a 80km/h ( $L_{v,e} = 50$  metri per velocità di progetto minori o uguali a 80km/h);



Figura 2-6 – Schema planimetrico corsia di immissione

#### 2.2.4 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 condizio-

ni di deflusso e sicurezza. Le rampe di ingresso e uscita dall'area Punto Blu non verranno adeguate vista la 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.

#### 2.2.4.1 Interconnessione Tangenziale Ovest – A1 direzione Sud

Il layout progettuale dell'interconnessione tra la Tangenziale Ovest A50 e la A1 in direzione Sud è rappresentato dalla rampa proveniente dalla A50, caratterizzata da 2 corsie, confluyente sulla A1, caratterizzata da 3 corsie; la seconda corsia della rampa va a generare la quarta corsia della Milano-Bologna.

Tale layout rappresenta funzionalmente un ibrido tra una interconnessione filante e una rampa di immissione.

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

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

#### 2.2.4.2 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 1,75 m. Infine la rampa H, ramo di immissione per Bologna da Binasco, presenta una corsia specializzata da 3,75 m con banchina in destra da 2.50 m 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.

#### 2.2.4.3 Adeguamento Area di Servizio San Zenone

Le immissioni e diversioni avvengono con corsie specializzata 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.

#### 2.2.4.4 Adeguamento Svincolo di Lodi

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

#### 2.2.5 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 raggi dei cigli interni sono tutti maggiori di 15 m, 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

### 2.3 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.

### 2.3.1 Opere d'arte maggiori

Nel seguito si riportano i sottovia stradali e i ponti:

Numero	PONTI	Progressiva	Dimensioni
5	<b>L &gt; 7,00 m AMPLIAMENTO di ~4.00m simmetrico</b>		
	<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. km 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	<b>AMPLIAMENTO di ~4.00m simmetrico</b>		
	<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.

#### 2.3.1.1 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);
- rigeometrizzazione 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.

#### 2.3.1.2 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.

### *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.

### *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 esistenti.

### *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 comple-

tamento 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.

### *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.

### *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.

### *Fasi realizzative*

Le fasi realizzative strettamente connesse con il funzionamento statico dell'opera (realizzazione sottostrutture e montaggio impalcato/soletta) vengono determinate 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.

#### *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  $\phi$  500 e  $\phi$  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 placaggio frontale in c.a. Le nuove spalle, di carpenteria simile alle esistenti, verranno fondate su pali  $\phi$  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  $\phi$  1000.0.

La figura seguente riporta sezione trasversale e longitudinale del ponte nella configurazione finale (elaborato MAM-QPGT-033).

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.

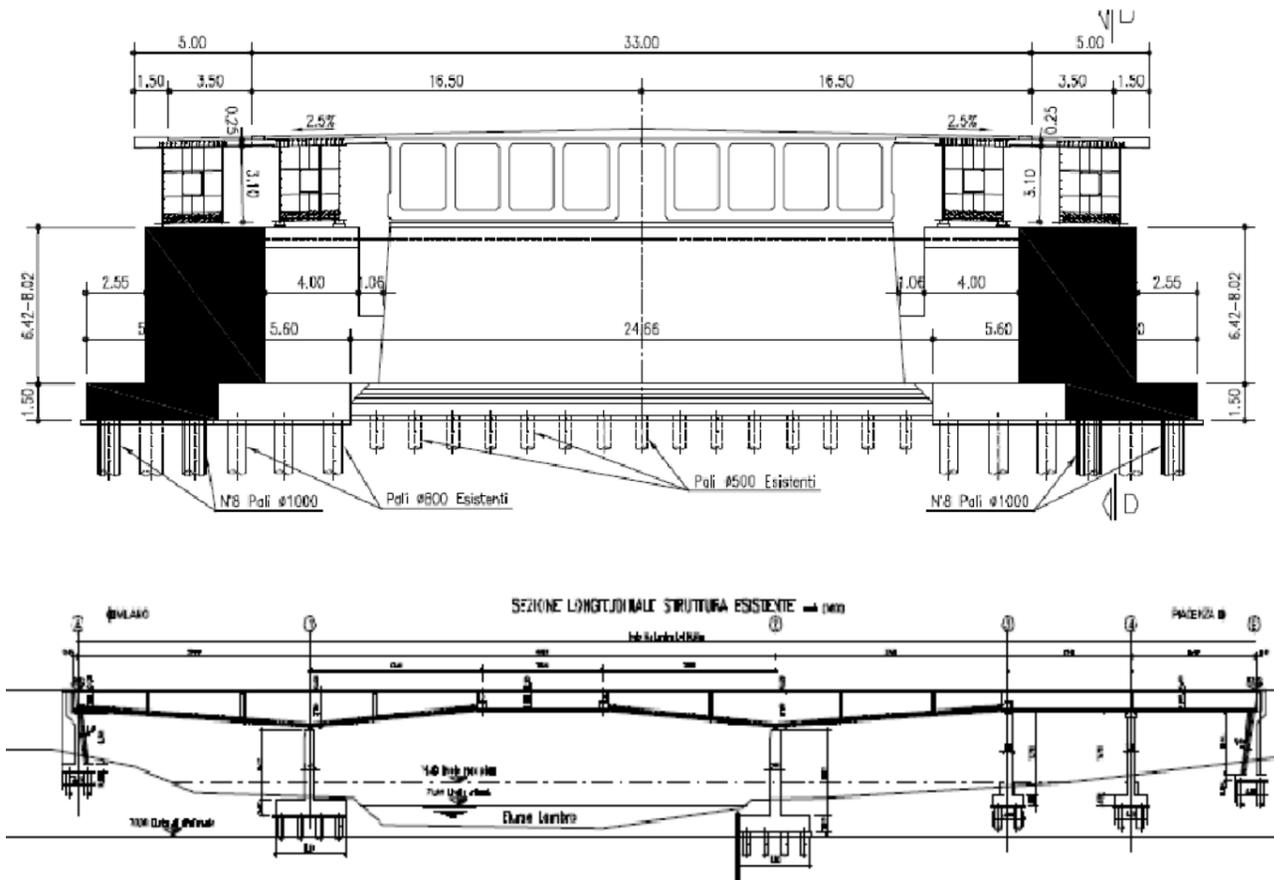


Figura 2-7 - Ponte sul Lambro – Sezione trasversale e longitudinale

## 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

siva compresa tra 2.50 e 3.0 m circa, e sono fondate direttamente su pali  $\phi$  500 (struttura anni '60) o interventi colonnari in jet grouting  $\phi$  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.

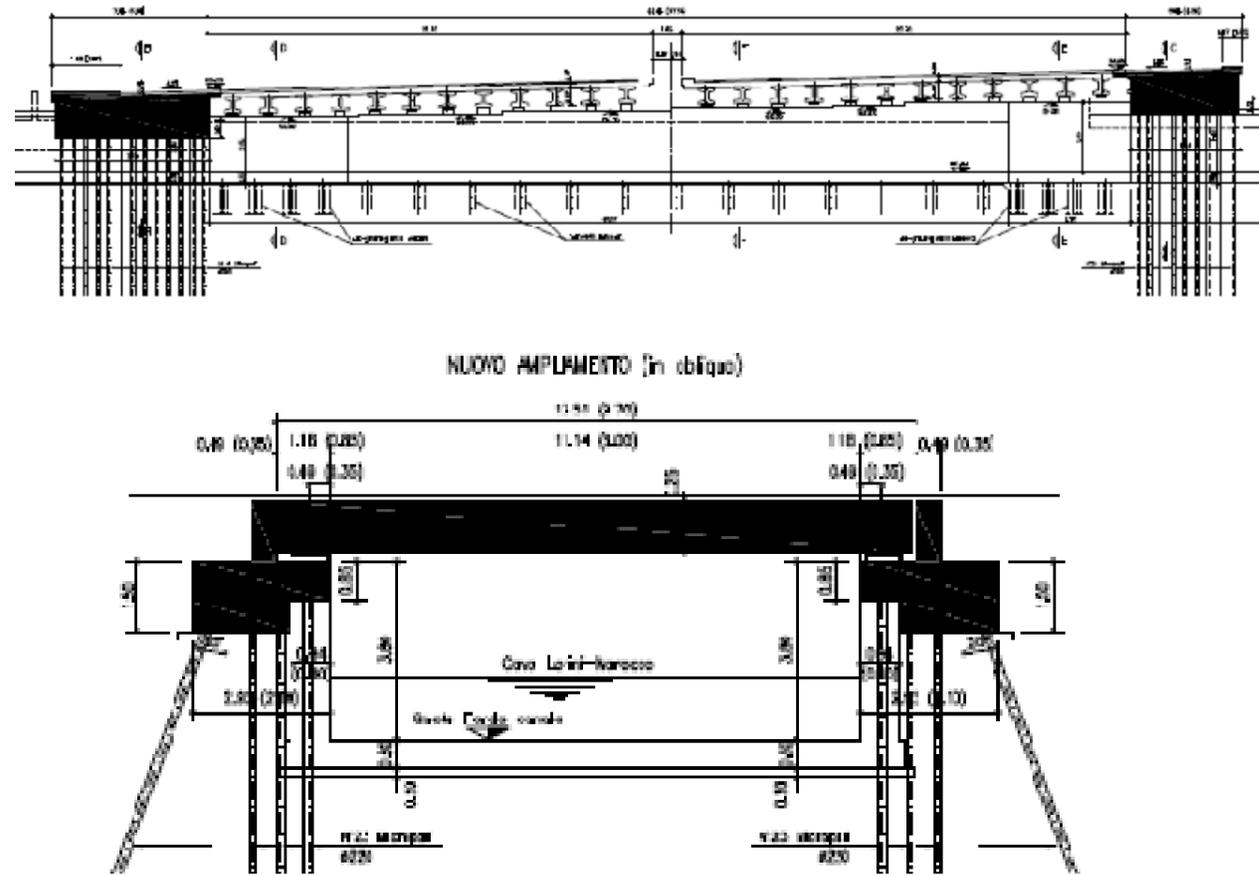


Figura 2-8 - Cavo Lorini Marocco - Sezione trasversale e longitudinale

**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  $\phi$  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  $\phi$  800.

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

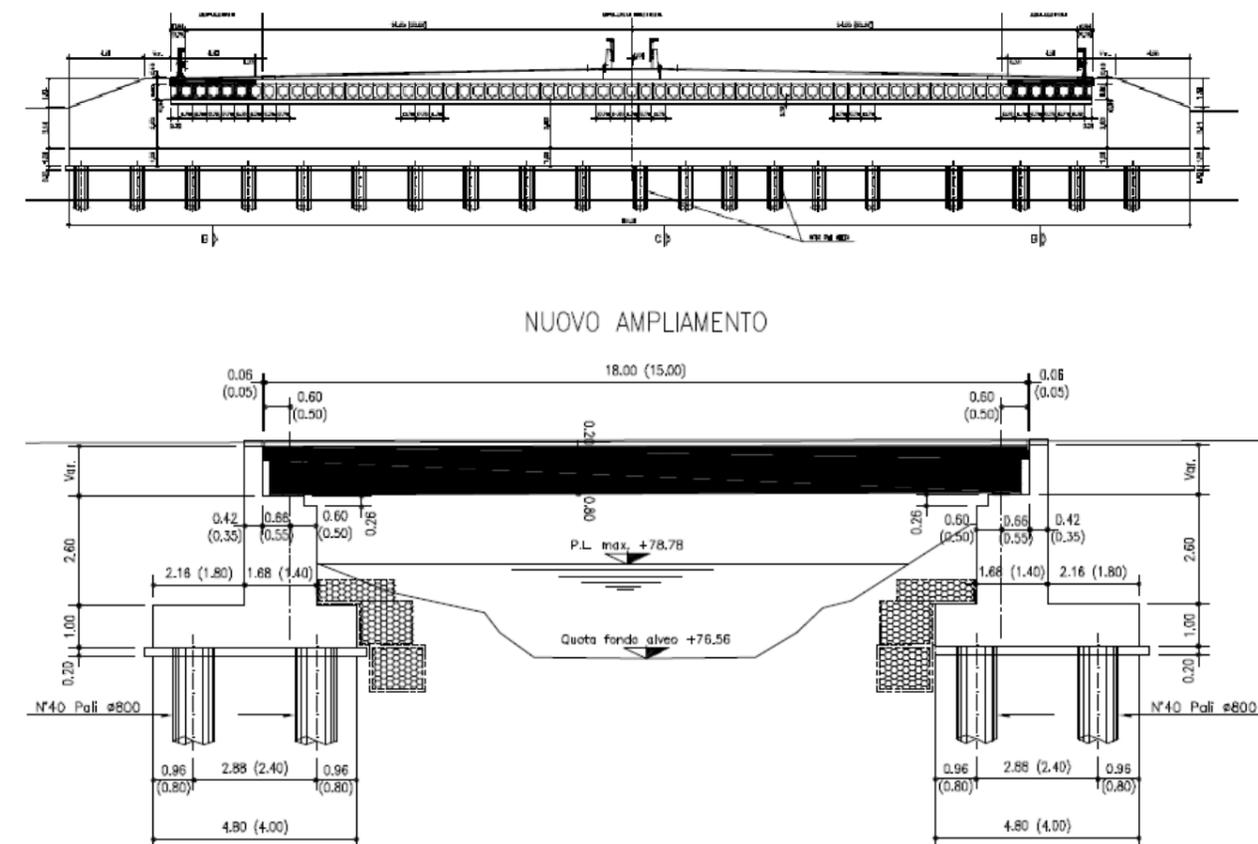


Figura 2-9 - Cavo Sillaro - Sezione trasversale e longitudinale

## 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  $\phi$  500 e  $\phi$  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 in 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 palancola 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.

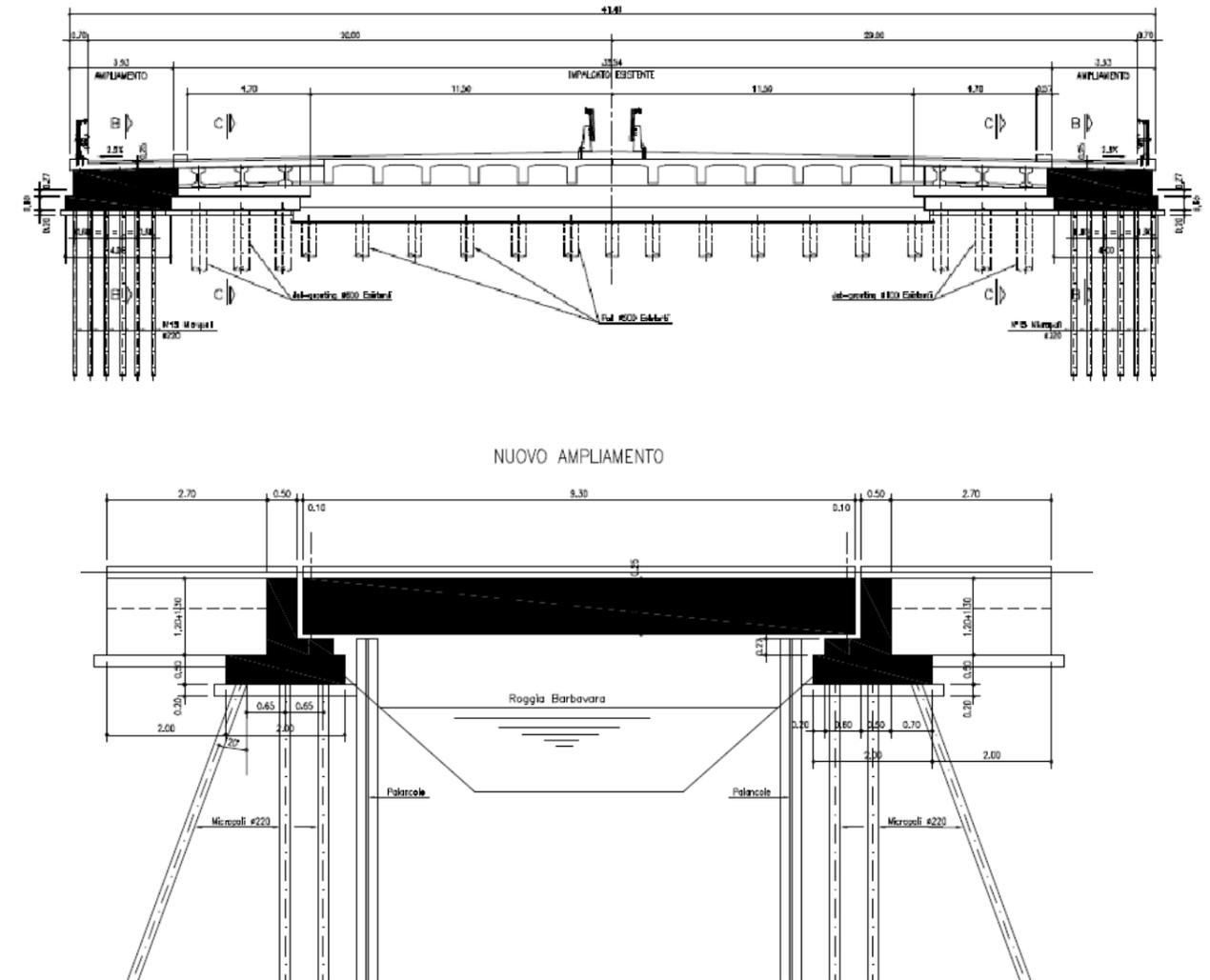


Figura 2-10 - Roggia Barbavara - Sezione trasversale e longitudinale

## 2.3.2 Opere d'arte minori

### 2.3.2.1 Ponticelli scatolari

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

Occorre prevedere, lungo l'intradosso della soletta esistente, rinforzi con fibra di carbonio.

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

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

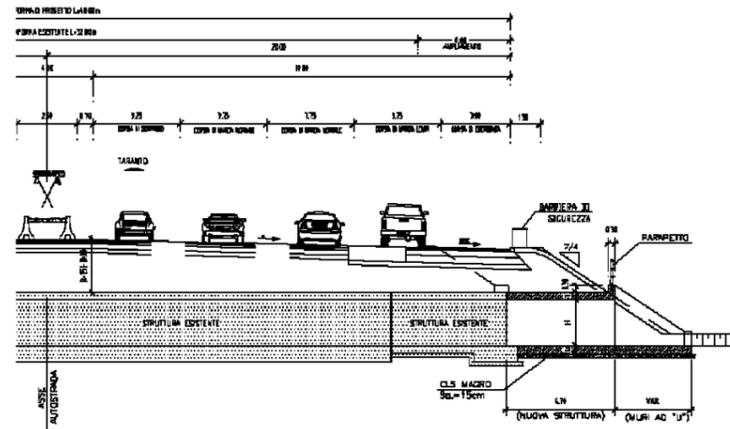


Figura 2-11 - Ponticello scatolare (Sezione trasversale)

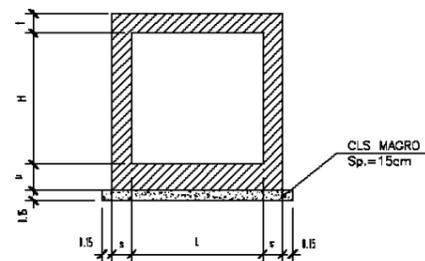


Figura 2-12 - Ponticello scatolare (Sezione longitudinale)

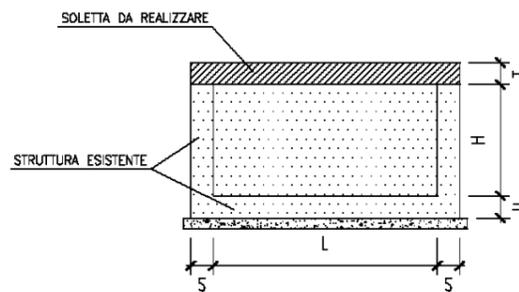


Figura 2-13 - Pont.lo scat.re TAV (Sezione longitudinale)

### 2.3.2.2 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 fioretta lungo tutta la superficie di contatto.

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

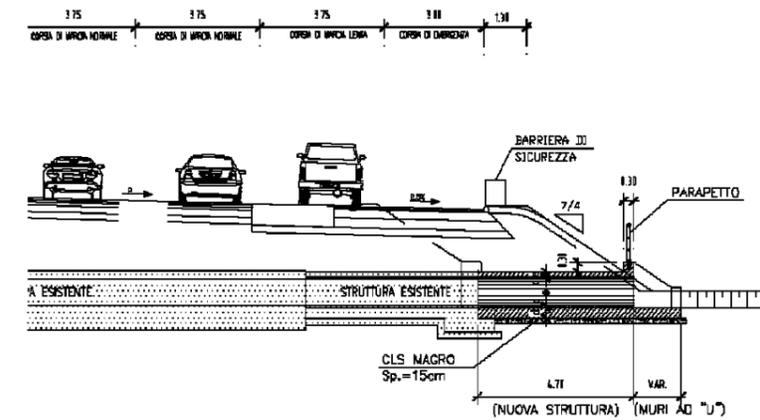


Figura 2-14 - Tombino tubolare (Sezione trasversale)

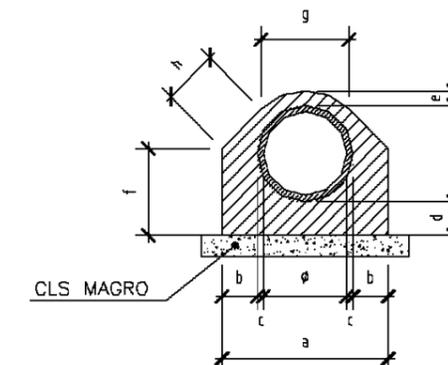


Figura 2-15 - Tombino tubolare (Sezione longitudinale)

### 2.3.3 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.

## 2.4 ASPETTI GEOTECNICI

### 2.4.1 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.

### 2.4.2 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 berli-

nese prevista per l'ampliamento della carreggiata in seconda fase, le opere provvisorie nella carreggiata opposta hanno già ultimato la propria funzione.

### 2.4.3 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 ( $\phi$ 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				<b>2168.61</b>	tot	<b>8076.593</b>

### 2.4.4 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 elettrosaldato.

### 2.4.5 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 provvisoriale 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.

## 2.5 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.

**Tabella 2-1 - Classi minime di barriere per 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

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.

### 2.5.1 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. Potranno essere adottate barriere con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe di contenimento e del materiale previsti nonché con caratteristiche di deformazione compatibili con i requisiti progettuali, rientranti nella 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.

### 2.5.2 Barriere da bordo laterale

La tipologia delle barriere da prevedere per il bordo laterale sarà quella di barriere metalliche a nastri, dovranno essere impiegati dispositivi caratterizzati da un livello di severità di classe A, con nastro longitudinale principale a tripla onda in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

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.

**Tabella 2-2 - Criteri di scelta per barriere bordo laterale – Autostrade - Classe di traffico III.**

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

(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.

### 2.5.3 Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia

La tipologia delle barriere da prevedere su opera d'arte sarà quella di barriere metalliche a nastri di tipo bordo ponte, preferibilmente caratterizzate da classe di severità A. Potrà essere adottata una barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe e del materiale previsti e con le caratteristiche di deformazione compatibili con le larghezze dei cordoli previsti in progetto (ovvero con la distanza da eventuali ostacoli) rientrante nella CLASSE A.

Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

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.

**Tabella 2-3 - Criteri di scelta per barriere da bordo opera d'arte – Autostrade - Classe di traffico III**

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 <sup>(1)</sup>	NO	min H3 <sup>(2)</sup>
> 10 <sup>(1)</sup>	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.

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.

## 2.6 PAVIMENTAZIONI

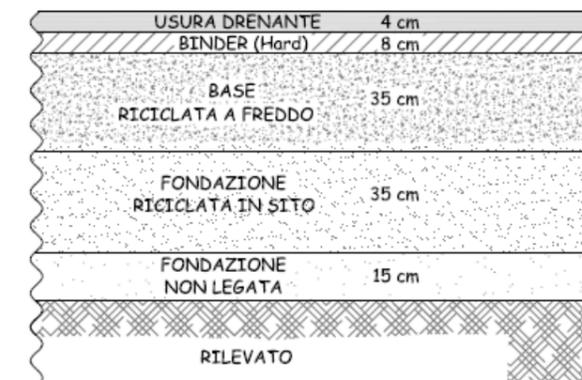
### 2.6.1 Nuove pavimentazioni

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.

### 2.6.2 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

### 2.6.3 Sistema di drenaggio della piattaforma

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dalle aste di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

#### 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'adeguata

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.

#### 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.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. Le sezioni 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.

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, secondo lo schema riportato nella seguente tabella; tale schematizzazione resta, comunque, passibile di modifiche laddove esigenze locali del sistema di drenaggio, dell'infrastruttura o dei recapiti le dovessero richiedere.

**Tabella 2-4 - Elementi costitutivi il sistema di drenaggio**

Tipo di drenaggio	Sezione autostradale	Elemento di drenaggio
centrale	trincea / rilevato	canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante, laminazione nei fossi e scarico finale nel reticolo
marginale	trincea	canaletta grigliata con scarico ad intervalli regolari nella tubazione sottostante, laminazione nei fossi e scarico finale nel reticolo
	rilevato	embrici con scarico ad intervalli regolari nel fosso al piede, laminazione e recapito finale nel reticolo
	rilevato con barriera fono-assorbente	canaletta in cls di scarico ad intervalli regolari nel fosso al piede mediante pozzetto, laminazione e recapito nel reticolo
	rilevato con muro di sostegno	canaletta grigliata con scarico nel fosso di guardia a tergo del muro e laminazione e scarico nel reticolo
centrale / marginale	viadotto	caditoie grigliate a passo calcolato con scarico nella tubazione sottostante

L'acqua di piattaforma, sia per la piattaforma autostradale che per le rampe di svincolo, verrà scaricata direttamente nel reticolo naturale, prevedendo trattamenti di tipo qualitativo in corrispondenza di punti ritenuti sensibili. Prima dello scarico nel ricettore finale sono

previsti dei manufatti dotati di limitatori di portata che permetteranno il rispetto della normativa regionale.

Il tracciato di progetto risulta diviso dall'interferenza principale con il fiume Lambro, tributario in sinistra del fiume Po'; data quindi la sua importanza all'interno del comprensorio irriguo della pianura Padana si è deciso di tutelarla maggiormente rispetto ad altri eventuali ricettori. Il sistema di fossi che scaricheranno quindi in prossimità di esso verranno rivestiti in calcestruzzo e agli scarichi sarà prevista una lama disoleatrice; verrà quindi studiato un sistema di tipo chiuso, ovvero un sistema che prevede il trattamento qualitativo delle acque a monte dello scarico.

Da una attenta analisi degli strumenti urbanistici comunali vigenti è emersa la presenza di più pozzi idropotabili in prossimità del tracciato; per essi viene definita una fascia di rispetto di 200 m all'interno della quale non è possibile effettuare lo scarico diretto delle acque di dilavamento nel terreno, dato che potrebbero contaminare le acque di emungimento dei pozzi stessi. Anche in questi casi quindi si sono previsti dei fossi rivestiti di calcestruzzo e si è dotato il manufatto di restituzione di una lama disoleatrice (elaborati MAM-QPGT-MIT-016\_019).

## 2.7 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 MAM-QPGT-031.

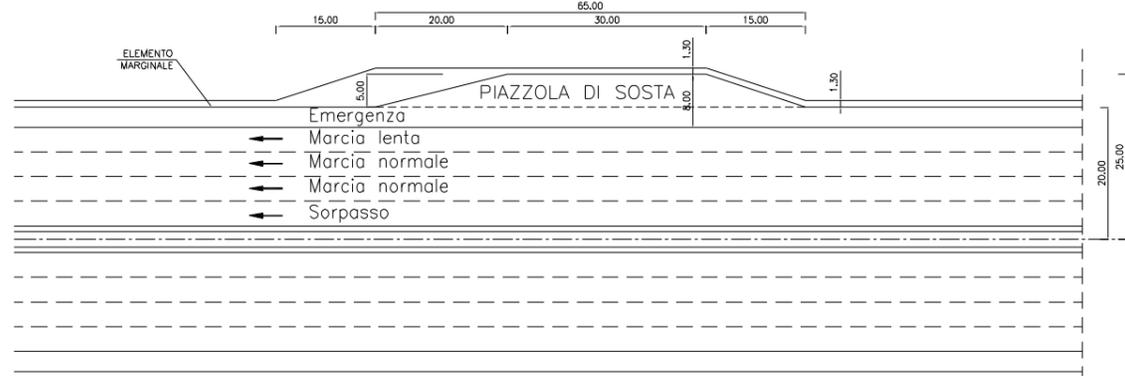


Figura 2-16 - Piazzola di sosta

## 2.8 SEGNALETICA STRADALE

Il progetto prevede l'installazione di una nuova segnaletica, sia orizzontale che verticale, in base a quanto previsto nel Codice della Strada (D. Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 e successive modifiche), nel relativo Regolamento di esecuzione ed attuazione (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 e succ. mod.).

La sostituzione della segnaletica attuale consentirà di ripristinare a pieno le caratteristiche prestazionali, in particolare quelle di retro riflessione, e conseguentemente di garantire avvisabilità e leggibilità anche in condizione di scarsa visibilità ed illuminazione, con evidenti benefici sulla sicurezza della circolazione

Tra gli elementi di nuova installazione si segnala anche il sistema di informatizzazione all'utenza che sarà costituito da serie di portali elettronici (PMV pannelli a messaggio variabile – si veda l'elaborato MAM-QPGT-036). Il posizionamento dei punti di informatizzazione elettronica verrà realizzato attrezzando una appropriata piazzola di sosta ad uso esclusivo del personale tecnico di esercizio del tratto per interventi tecnici manutentivi alle strutture.

## 2.9 ANALISI DEGLI ASPETTI CONNESSI CON LE ESIGENZE DI SICUREZZA

Un'ulteriore spunto di riflessione per la valutazione del livello di sicurezza dell'infrastruttura in oggetto, è rappresentato dall'analisi di incidentalità condotta sull'intero tratto di Autostrada A1 tra l'allacciamento alla Tangenziale Ovest e lo svincolo di Lodi, che ha permesso di individuare, per ogni sezione di sviluppo pari a 1000m (fascia chilometrica), i livelli di incidentalità con riferimento al tasso medio (TIG) della rete autostradale direttamente gestita da Autostrade per l'Italia.

### 2.9.1 Analisi di incidentalità

La presente analisi ha analizzato il fenomeno dell'incidentalità stradale con riferimento a due diversi indicatori:

- tasso di incidentalità, raffrontato con i livelli incidentali definiti secondo la procedura indicata dalla bozza delle "Norme per la classificazione funzionale delle strade esistenti";
- frequenza incidentale, confrontata con le diverse soglie individuate da Autostrade per l'Italia per l'individuazione di punti ad incidentalità superiore alla media (PISM).

In assenza di riferimenti cogenti con i quali effettuare valutazioni relative all'incidentalità che caratterizza l'infrastruttura in oggetto, è stata adottata (ed adattata) la procedura riportata nell'Allegato 2 della bozza delle "Norme per la classificazione funzionale delle strade esistenti" (già D.P.CNR N. 13465 del 11/09/1995 - Criteri per la classificazione della rete delle strade esistenti ai sensi dell'Art.13, comma 4 e 5 del Nuovo Codice della Strada").

Con riferimento a quanto previsto nell'allegato 2 (che raccomanda di basare le analisi incidentali su dati relativi ad almeno cinque anni), l'analisi è stata eseguita con riferimento al periodo temporale 1999 – 2007.

Come valore medio di riferimento ( $T_m$ ) per il tasso di incidentalità si è assunto il tasso medio sulla rete di competenza di Autostrade per l'Italia (TIG), pari a 0,450 incidenti/10<sup>6</sup> veicoli x km.

L'analisi condotta sul tratto autostradale in oggetto ha portato ai risultati sintetizzati in Tabella 2-8 - Tabella 2-9 ed in Tabella 2-10 - Tabella 2-11 dove sono riportati, rispettivamente per la carreggiata sud e per la carreggiata nord:

- l'identificativo della sezioni (col (1))
- le progressive di inizio e fine della sezione (col (2) e col (3))
- il numero totale di incidenti occorsi (col (4))
- La somma del TGM relativo al periodo di analisi (col (5))
- il tasso di incidentalità relativo alla sezione (in numero di incidenti per 106 veicoli x km – col (6));
- i parametri di controllo (col (8) e col (8));
- il livello di incidentalità (A=alto, M=medio, B=basso) dove per comodità sono colorate in rosso le sezioni caratterizzate da livello alto, in giallo quelle con livello medio ed in verde quelle a cui è associato un livello basso (col (9)).

Di seguito sono riepilogati i dati di traffico (TGM veicoli totali) utilizzati per il calcolo del tasso di incidentalità e dei livelli incidentali:

**Tabella 2-5 - Dati di traffico tratto: Allacciamento Tangenziale Ovest - Milano Sud**

Anno	Ovest	Est
1999	31'798	43'339
2000	32'538	44'370
2001	34'029	46'601
2002	34'824	47'636
2003	36'057	49'236
2004	36'222	48'998
2005	36'338	49'832
2006	37'732	51'540
2007	38'924	53'443

**Tabella 2-6 - Dati di traffico tratto: Milano Sud - Lodi**

Anno	Ovest	Est
1999	34'097	33'516
2000	34'889	34'307
2001	36'492	36'035
2002	37'346	36'832
2003	38'659	38'061
2004	38'831	37'876
2005	38'955	38'508
2006	40'452	39'836
2007	41'732	41'307

Per l'individuazione dei punti ad incidentalità superiore alla media (PISM) è stata determinata la frequenza incidentale, per ciascun anno considerato, come numero di incidenti per singola carreggiata per fascia chilometrica e confrontata con le diverse soglie (controllo, attenzione, critica) individuate da Autostrade per l'Italia (vedi Tabella 2-7).

**Tabella 2-7 - Soglie per l'individuazione dei punti ad incidentalità superiore alla media**

soglia di controllo	numero incidenti = 8 ÷ 9
soglia tendenziale	numero incidenti = 10 ÷ 16
soglia di attenzione	numero incidenti = 17 ÷ 23
soglia critica	numero incidenti > 24

### 2.9.2 Risultati dell'analisi di incidentalità

L'analisi dei livelli incidentali condotta sul tratto autostradale in oggetto ha portato, per ogni sezione di sviluppo pari a 1000 metri (fascia chilometrica), ai risultati sintetizzati nella Tabella 2-8 e nella Tabella 2-9 per la carreggiata Sud e nella Tabella 2-10 e nella Tabella 2-11 per la carreggiata Nord con riferimento alle sottotratte Allacciamento Tangenziale Ovest - Milano Sud e Milano Sud - Lodi.

Nelle tabelle sono riportati:

- l'identificativo della sezione (col (1))
- le progressive di inizio e fine della sezione (col (2) e col (3))
- il numero totale di incidenti occorsi (col (4))
- il numero totale dei chilometri percorsi nel periodo di analisi (col (5))
- il tasso di incidentalità relativo alla sezione (in numero di incidenti per 10<sup>6</sup> veicoli x km – col (6));
- i parametri di controllo (col (7) e col (8));
- il livello di incidentalità (A=alto, M=medio, B=basso) dove per comodità sono colorate in rosso le sezioni caratterizzate da livello alto, in giallo quelle con livello medio ed in verde quelle a cui è associato un livello basso (col (9)).

**Tabella 2-8 – Risultati analisi incidentale\_carreggiata SUD\_tratto Allacciamento Tangenziale Ovest - Milano Sud**

Fascia km	Pr_in	Pr_fin	Incidenti	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
5	5.00	5.99	51	116'238'718	0.439	0.343	0.557	M
6	6.00	6.99	40	116'238'718	0.344	0.343	0.557	M
7	7.00	7.99	56	116'238'718	0.482	0.343	0.557	M
8	8.00	8.99	58	116'238'718	0.499	0.343	0.557	M
TOT.	5.00	8.99	205	464'954'870	0.441	0.398	0.502	M

**Tabella 2-9 – Risultati analisi incidentale\_carreggiata SUD\_tratto Milano Sud - Lodi**

Fascia km	Pr_in	Pr_fin	Incidenti	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
9	9.00	9.99	57	124'630'912	0.457	0.347	0.553	M
10	10.00	10.99	26	124'630'912	0.209	0.347	0.553	B
11	11.00	11.99	36	124'630'912	0.289	0.347	0.553	B
12	12.00	12.99	27	124'630'912	0.217	0.347	0.553	B
13	13.00	13.99	27	124'630'912	0.217	0.347	0.553	B
14	14.00	14.99	31	124'630'912	0.249	0.347	0.553	B
15	15.00	15.99	49	124'630'912	0.393	0.347	0.553	M

16	16.00	16.99	32	124'630'912	0.257	0.347	0.553	B
17	17.00	17.99	30	124'630'912	0.241	0.347	0.553	B
18	18.00	18.99	42	124'630'912	0.337	0.347	0.553	B
19	19.00	19.99	39	124'630'912	0.313	0.347	0.553	B
20	20.00	20.99	46	124'630'912	0.369	0.347	0.553	M
21	21.00	21.99	39	124'630'912	0.313	0.347	0.553	B
22	22.00	22.99	52	124'630'912	0.417	0.347	0.553	M
23	23.00	23.99	5	124'630'912	0.040	0.347	0.553	B
TOT	9.00	23.99	538	1'869'463'681	0.288	0.424	0.476	B
TOT	5.00	23.99	743	2'334'418'551	0.318	0.427	0.473	B

**Tabella 2-10 – Risultati analisi incidentale,\_carreggiata NORD\_tratto Allacciamento Tangenziale Ovest - Milano Sud**

Fascia km	Pr_in	Pr_fin	Incidenti	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
5	5.00	5.99	51	158'773'679	0.321	0.359	0.541	B
6	6.00	6.99	43	158'773'679	0.271	0.359	0.541	B
7	7.00	7.99	37	158'773'679	0.233	0.359	0.541	B
8	8.00	8.99	54	158'773'679	0.340	0.359	0.541	B
TOT.	5.00	8.99	185	635'094'716	0.291	0.405	0.495	B

**Tabella 2-11 – Risultati analisi incidentale,\_carreggiata NORD\_tratto Milano Sud - Lodi**

Fascia km	Pr_in	Pr_fin	Incidenti	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
9	9.00	9.99	48	122'741'503	0.391	0.346	0.554	M
10	10.00	10.99	29	122'741'503	0.236	0.346	0.554	B
11	11.00	11.99	47	122'741'503	0.383	0.346	0.554	M
12	12.00	12.99	34	122'741'503	0.277	0.346	0.554	B
13	13.00	13.99	31	122'741'503	0.253	0.346	0.554	B
14	14.00	14.99	38	122'741'503	0.310	0.346	0.554	B
15	15.00	15.99	51	122'741'503	0.416	0.346	0.554	M
16	16.00	16.99	31	122'741'503	0.253	0.346	0.554	B
17	17.00	17.99	27	122'741'503	0.220	0.346	0.554	B

18	18.00	18.99	57	122'741'503	0.464	0.346	0.554	M
19	19.00	19.99	42	122'741'503	0.342	0.346	0.554	B
20	20.00	20.99	40	122'741'503	0.326	0.346	0.554	B
21	21.00	21.99	29	122'741'503	0.236	0.346	0.554	B
22	22.00	22.99	57	122'741'503	0.464	0.346	0.554	M
23	23.00	23.99	11	122'741'503	0.090	0.346	0.554	B
TOT	9.00	23.99	572	1'841'122'549	0.311	0.424	0.476	B
<b>TOT.</b>	<b>5.00</b>	<b>23.99</b>	<b>757</b>	<b>2'476'217'265</b>	<b>0.306</b>	<b>0.428</b>	<b>0.472</b>	<b>B</b>

18	18.00	18.99	57	122'741'503	0.464	0.346	0.554	M
19	19.00	19.99	42	122'741'503	0.342	0.346	0.554	B
20	20.00	20.99	40	122'741'503	0.326	0.346	0.554	B
21	21.00	21.99	29	122'741'503	0.236	0.346	0.554	B
22	22.00	22.99	57	122'741'503	0.464	0.346	0.554	M
23	23.00	23.99	11	122'741'503	0.090	0.346	0.554	B
TOT	9.00	23.99	572	1'841'122'549	0.311	0.424	0.476	B
<b>TOT.</b>	<b>5.00</b>	<b>23.99</b>	<b>757</b>	<b>2'476'217'265</b>	<b>0.306</b>	<b>0.428</b>	<b>0.472</b>	<b>B</b>

Come evidenziato nelle tabelle, nel periodo di osservazione, di durata 9 anni, si sono verificati complessivamente 1500 incidenti con una lieve prevalenza per la carreggiata nord (757 incidenti contro 743 in carreggiata sud), prevalenza che deve essere però considerata non significativa da un punto di vista statistico.

In termini di livelli incidentali entrambe le carreggiate risultano caratterizzate da un livello medio-basso.

Con riferimento all'analisi in termini di frequenza incidentale, in Tabella 2-12 si riportano i risultati espressi come numero di incidenti per fascia chilometrica. La suddivisione è stata effettuata con riferimento alle soglie di Tabella 2-7.

L'analisi quantitativa espressa in termini di livelli incidentali e di frequenza, mostra che il tratto in oggetto risulta caratterizzato da medio-bassa incidentalità, con una lieve presenza di punti in cui si verifica il superamento della soglia di controllo ma senza che si verifichi mai il raggiungimento della soglia di attenzione.

Per quanto riguarda l'evoluzione temporale dei fenomeni incidentali nel tratto in oggetto, come evidenziato in Figura 2-17, pur mantenendosi il numero di incidenti costantemente al di sopra dei valori medi della rete gestita da Autostrade per l'Italia, si è riscontrata una diminuzione di questi rispetto ai primi anni del periodo di analisi mostrando quindi una tendenza, soprattutto a partire dal 2004, ad adeguarsi al trend di rete.

**Tabella 2-12 – Numero Incidenti per fascia chilometrica**

Fascia km	Pr_in	Pr_fin	Incidenti	km percorsi	Ti	Tinf	Tsup	Livello Inc.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
9	9.00	9.99	48	122'741'503	0.391	0.346	0.554	M
10	10.00	10.99	29	122'741'503	0.236	0.346	0.554	B
11	11.00	11.99	47	122'741'503	0.383	0.346	0.554	M
12	12.00	12.99	34	122'741'503	0.277	0.346	0.554	B
13	13.00	13.99	31	122'741'503	0.253	0.346	0.554	B
14	14.00	14.99	38	122'741'503	0.310	0.346	0.554	B
15	15.00	15.99	51	122'741'503	0.416	0.346	0.554	M
16	16.00	16.99	31	122'741'503	0.253	0.346	0.554	B
17	17.00	17.99	27	122'741'503	0.220	0.346	0.554	B

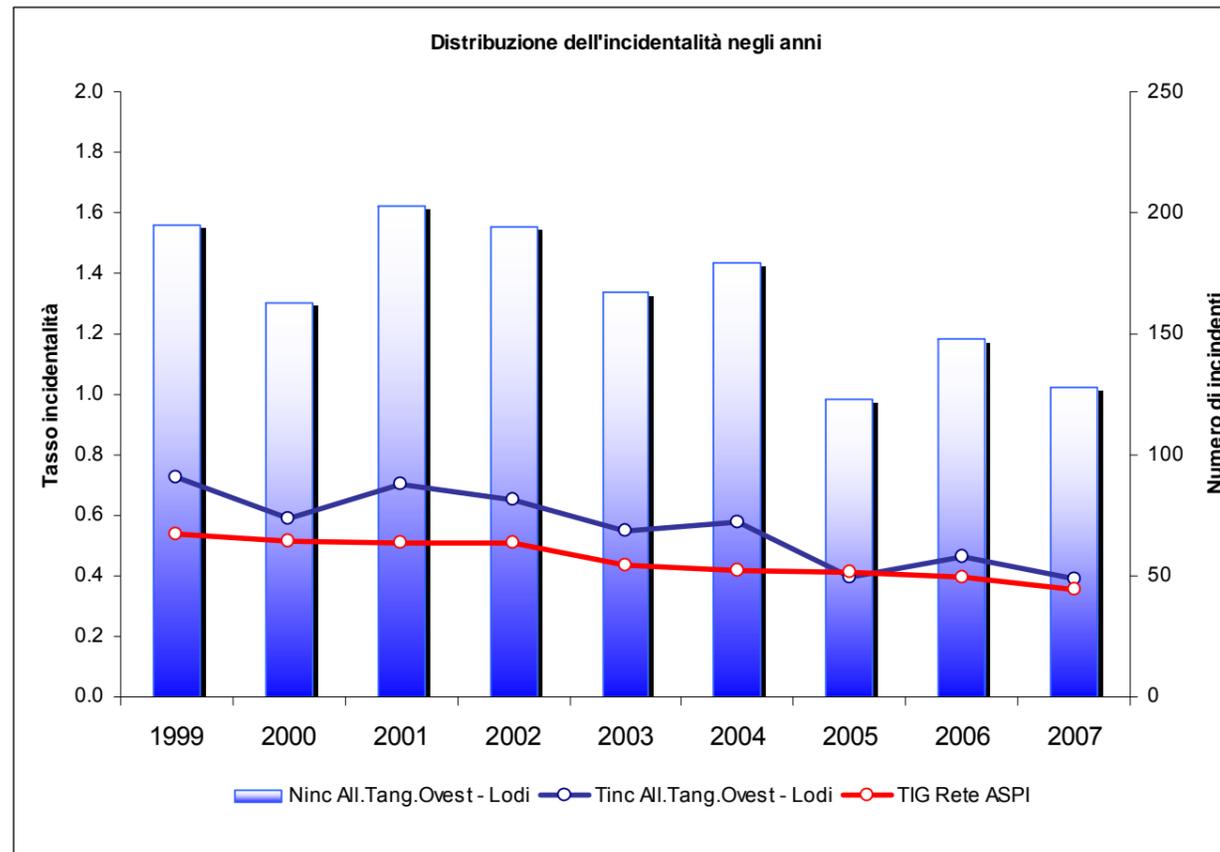


Figura 2-17 – Evoluzione dell'incidentalità

Un ulteriore spunto di analisi è rappresentato dal diagramma mostrato in Figura 2-18 da cui si evince che le principali cause di incidentalità sono rappresentate dall'urto per sbandamento, dal tamponamento e dallo scontro laterale; in particolare è possibile ipotizzare che le tre tipologie si verifichino con diversa frequenza in funzione del livello di traffico ovvero mentre il tamponamento e lo scontro laterale è probabile che si verifichino in condizioni di traffico veicolare intenso, l'urto per sbandamento (in cui sono raccolte le seguenti voci tra quelle contenute nel database degli incidenti: fuoriuscita per sbandamento, urto con sicurvia, urto con ostacolo accidentale) è invece caratteristico di condizioni di traffico ridotto in cui gli utenti possono essere indotti a percorrere il tratto a velocità più elevate rispetto a quelle permesse dal tracciato o di traffico notturno in cui la presenza di lunghi tratti in rettilineo può produrre fenomeni di scarsa attenzione o colpi di sonno.

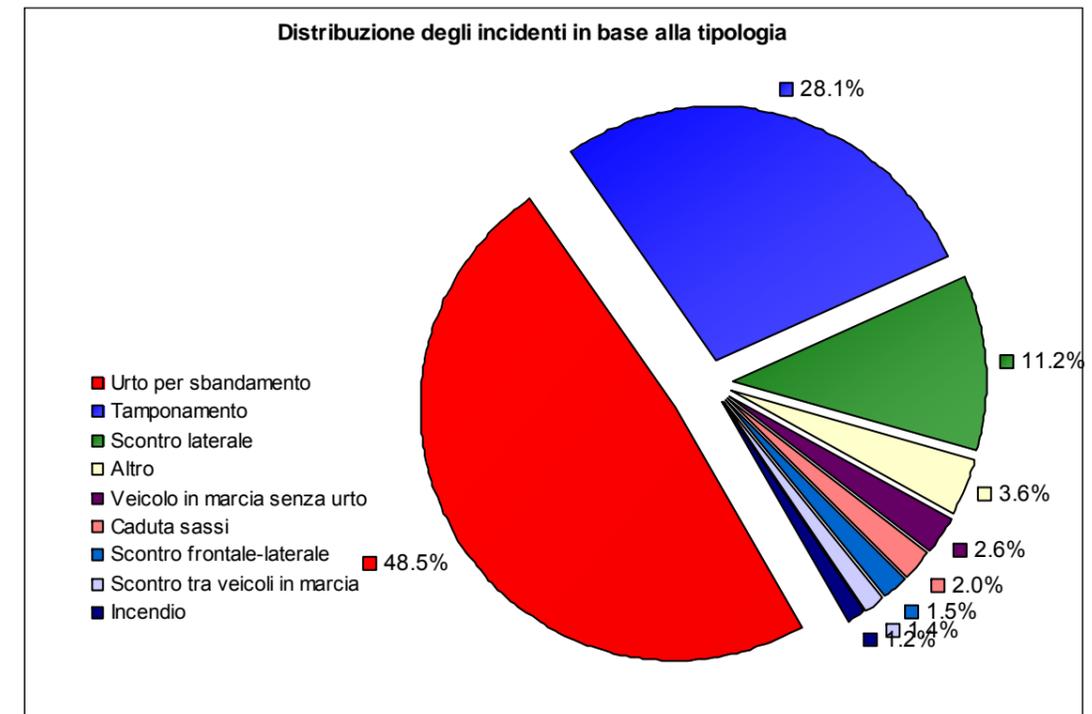


Figura 2-18 – Incidenti per tipologia d'urto

### 2.9.3 Conclusioni

In sintesi, si riassumono gli aspetti di carattere generale in grado di elevare il livello di sicurezza offerto all'utenza dall'arteria potenziata e riqualificata:

- miglioramento delle condizioni di deflusso associate a livelli di servizio più elevati, caratterizzati anche nelle ore di punta da traffico ancora scorrevole con condizionamenti reciproci tra veicoli limitati, confort di guida elevati e carichi di lavoro (workload) non critici;
- adeguamento delle corsie specializzate di immissione e diversione;
- interposizione tra due elementi a raggio costante (curve circolari, ovvero rettilineo e curva circolare) di curve a raggio variabile (raccordi clotoidici);
- pendenze trasversali più elevate, a parità di raggio, rispetto a quelle esistenti;
- dimensionamento degli spazi di funzionamento e messa in opera 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";

- rinnovo della pavimentazione drenante e della segnaletica orizzontale e verticale.

La valenza degli elementi positivi di cui sopra e la loro lettura combinata concorrono a concludere che, nello spirito di quanto richiesto dal DM n. 67/S del 22.04.2004, l'intervento configurato in progetto contiene elementi volti a un complessivo miglioramento della sicurezza del sistema rispetto all'infrastruttura attuale, che comunque alla luce delle risultanze emerse dall'analisi di incidentalità svolta per la tratta in oggetto, grazie anche al fatto che la Concessionaria Autostrade per l'Italia è già intervenuta in modo importante a mettere in opera interventi volti alla riduzione dell'incidentalità, è da considerarsi già oggi debolmente critica da un punto della sicurezza stradale.

### 3 CANTIERIZZAZIONE

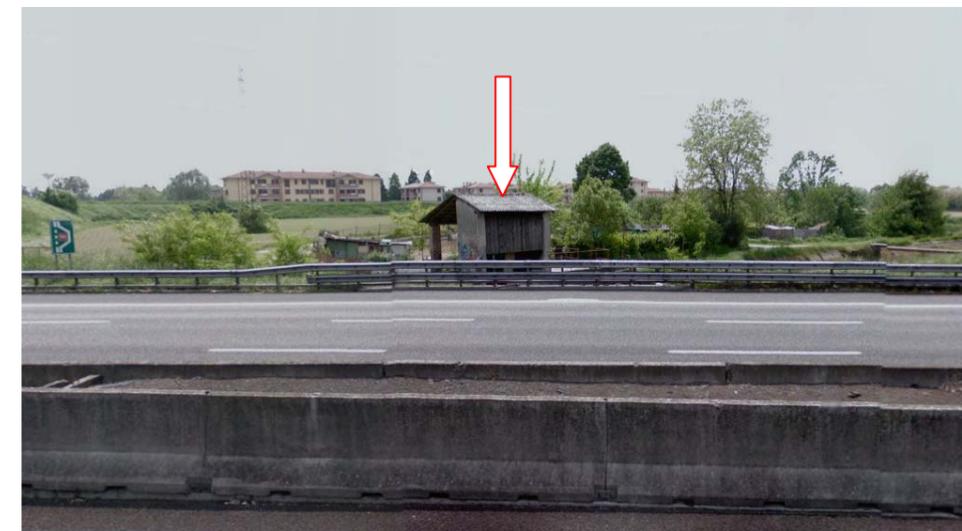
#### 3.1 PREMESSA

Scopo del presente capitolo è quello di individuare:

- la sequenza delle fasi costruttive e le deviazioni di traffico necessarie a garantire, per tutta la durata dei lavori, la minore interferenza sul flusso dei mezzi e sulle condizioni di sicurezza all'utenza;
- il bilancio dei movimenti materia, stimando gli eventuali fabbisogni ed esuberi;
- le modalità di gestione dei materiali;
- l'ubicazione delle cave o degli eventuali depositi, nonché la localizzazione ed il dimensionamento delle aree di stoccaggio provvisorie per la caratterizzazione del materiale scavato;
- il cronoprogramma dei lavori sulla base delle effettive lavorazioni ed in funzione delle produzioni medie;
- i flussi di traffico di cantiere correlati alle necessità di approvvigionamento e smaltimento materiale con l'individuazione della viabilità interessata da tali transiti.

Gli interventi di ampliamento alla quarta corsia richiedono conseguenti acquisizioni di aree mediante procedura di esproprio.

È prevista inoltre la demolizione di una modesta parte di un fabbricato che si trova in prossimità dell'attuale margine laterale dell'autostrada (progressiva km 13+250 in direzione Bologna) nel comune di San Zenone al Lambro; all'interno dell'edificio interessato sono ubicati gli organi di manovra delle saracinesche che regolano il flusso del cavo Lorini/Marocco. Questi elementi non verranno eliminati, e le demolizioni interesseranno solamente i muri perimetrali della struttura.



**Figura 3-1– Edificio da demolire**

## 3.2 FASI COSTRUTTIVE

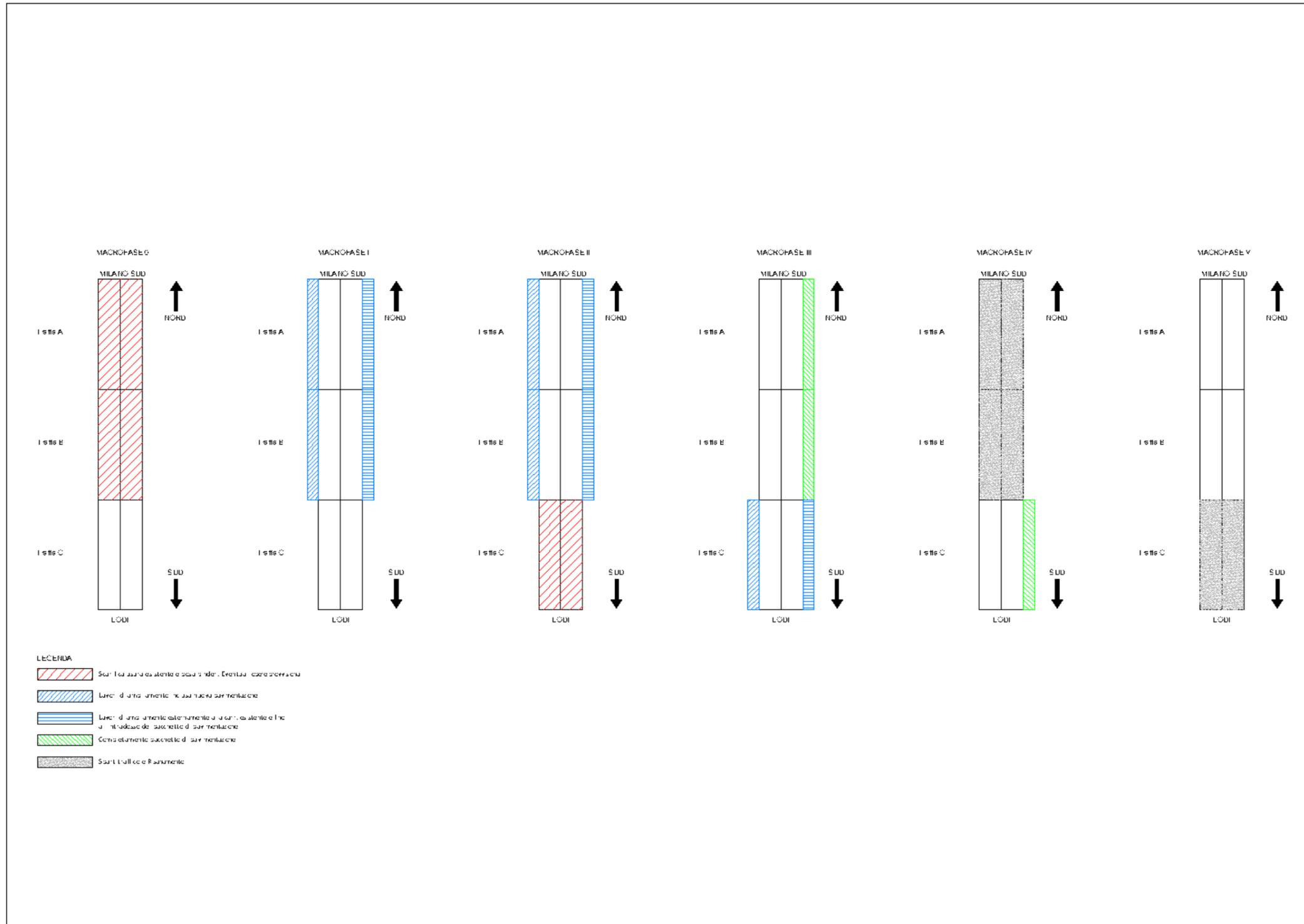
### 3.2.1 Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione

Per quanto riguarda la cantierizzazione si è scelto di dividere il tratto in progetto 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 ed evitare l'assenza della corsia d'emergenza per tratte estese sulla stessa carreggiata. Tale scelta consente la realizzazione delle tratte in contemporanea.

In particolare, le tratte di cantierizzazione all'interno delle quali si procederà all'esecuzione dell'ampliamento 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).

La figura seguente mostra una visione sinottica delle macrofasi di cantiere.



### 3.2.2 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 (elaborati MAM-QPGT-042\_046), 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 3,75 m 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

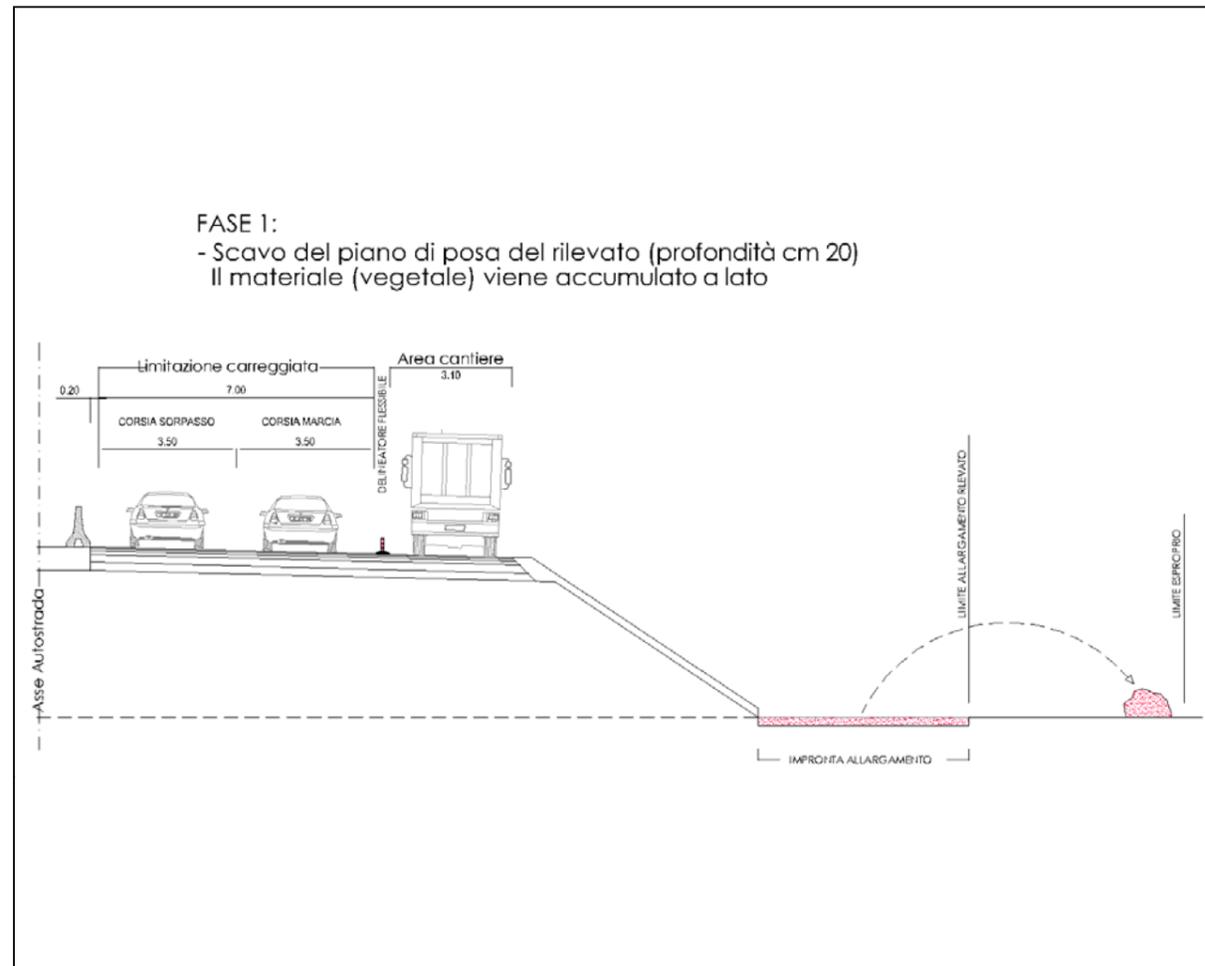
Risanamento carreggiata nord;

5. Traffico su tre corsie per senso di marcia e corsia di emergenza in nord così distribuite:

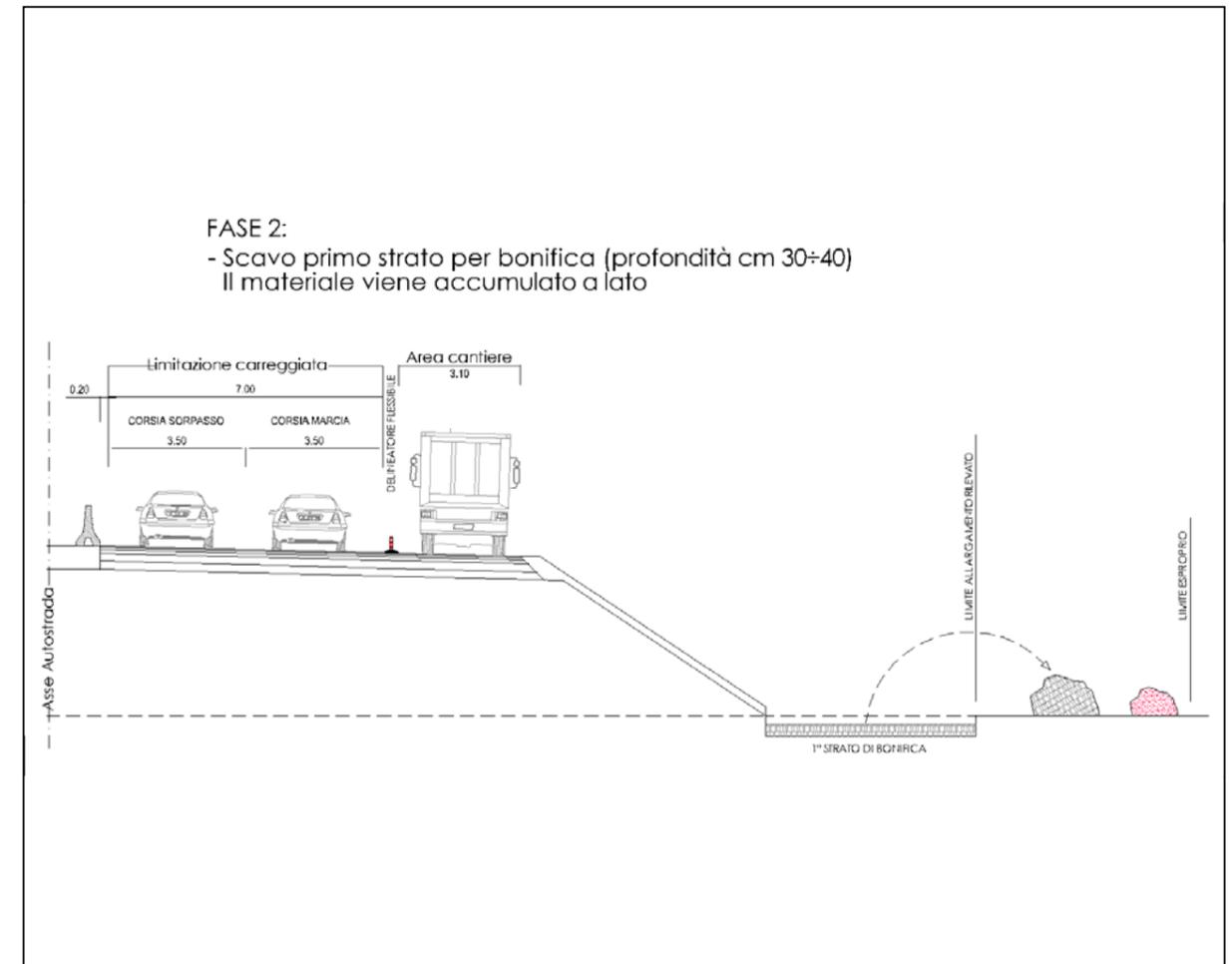
- tre corsie di marcia dir. nord, corsia di emergenza dir. nord e una corsia di marcia dir. sud in carr. Nord
- due corsie di marcia dir. sud in carr. sud

Risanamento carreggiata sud.

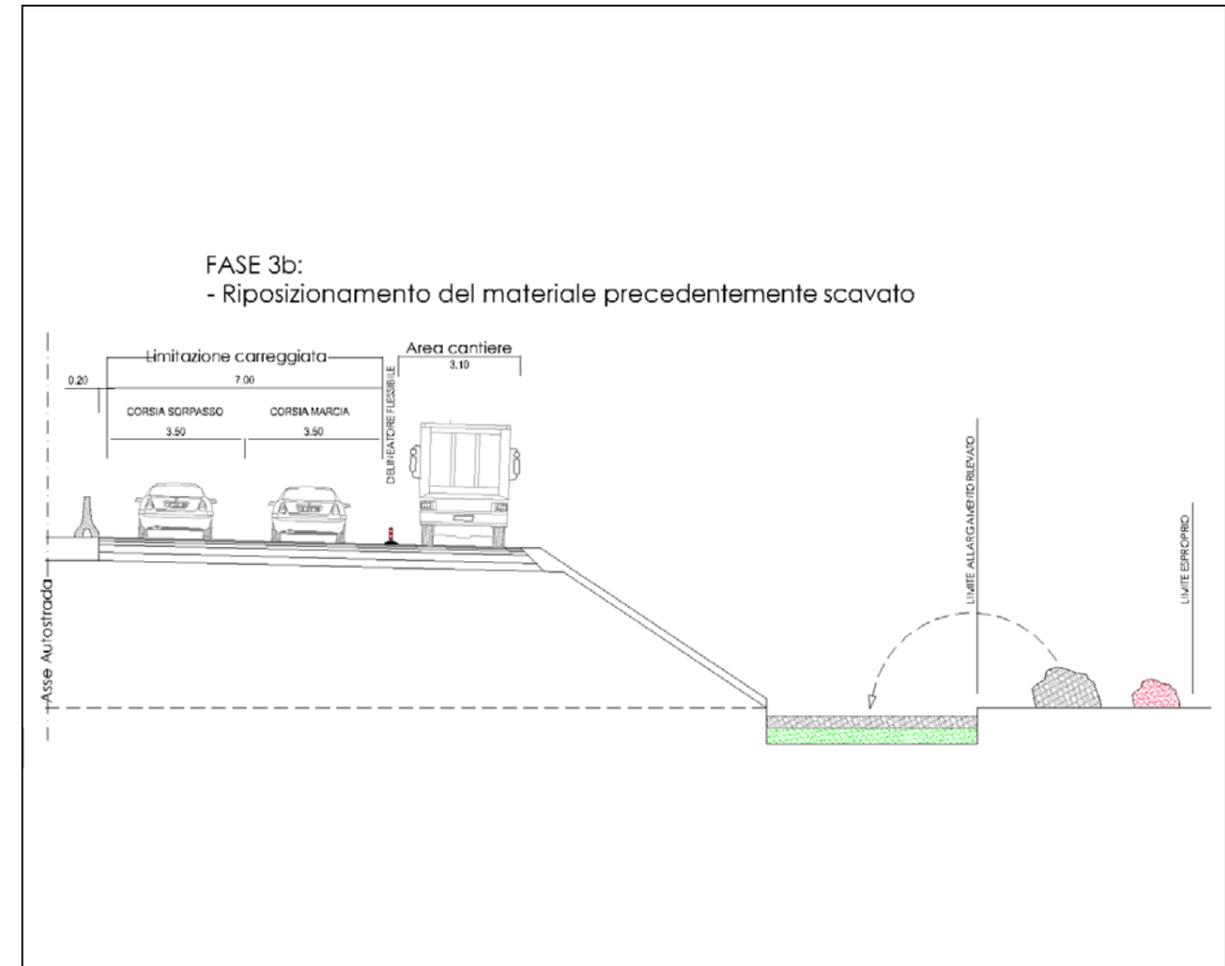
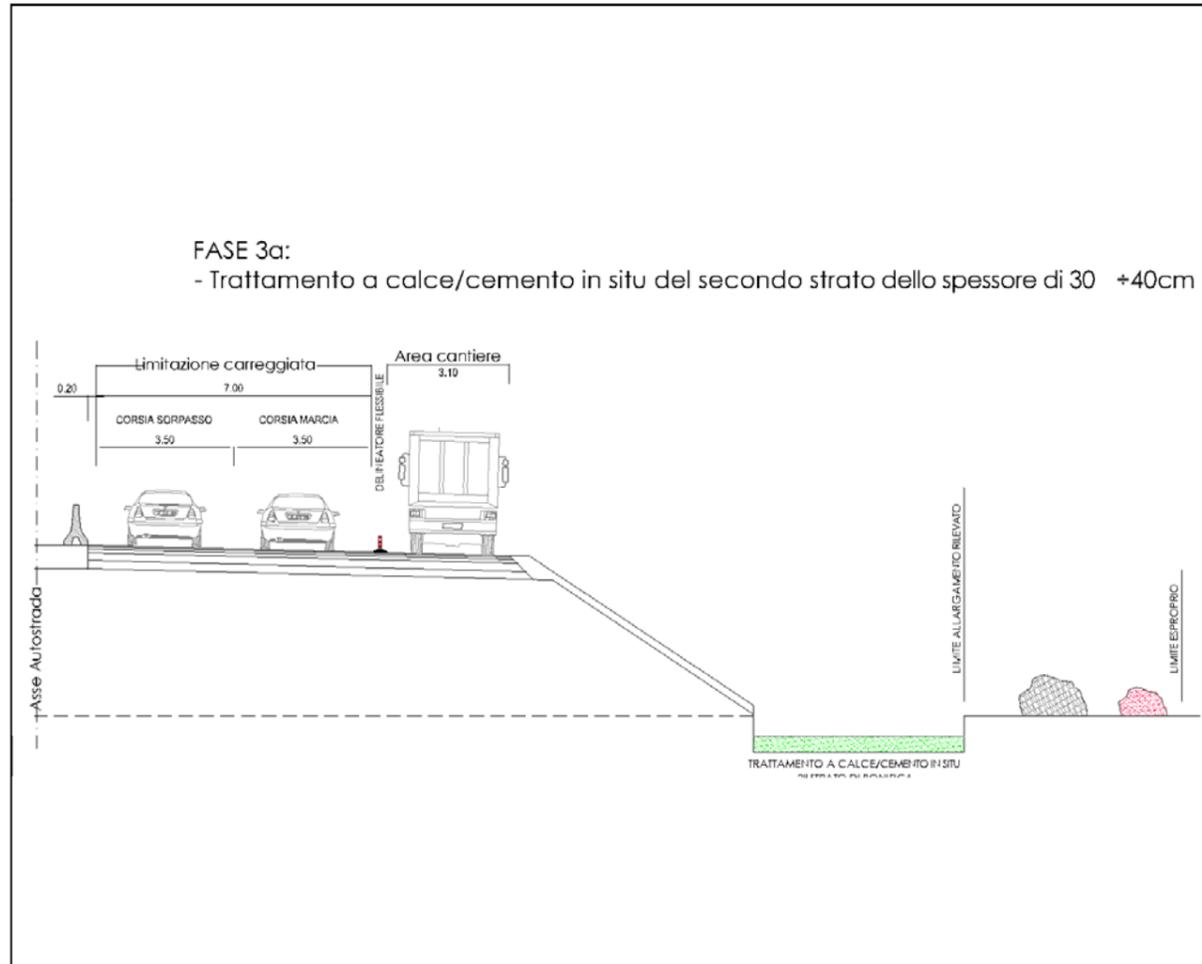
- Asportazione e deposito sull'area compresa fra il piede del rilevato in allargamento e la recinzione del terreno vegetale per 20 cm (piano di posa rilevato)



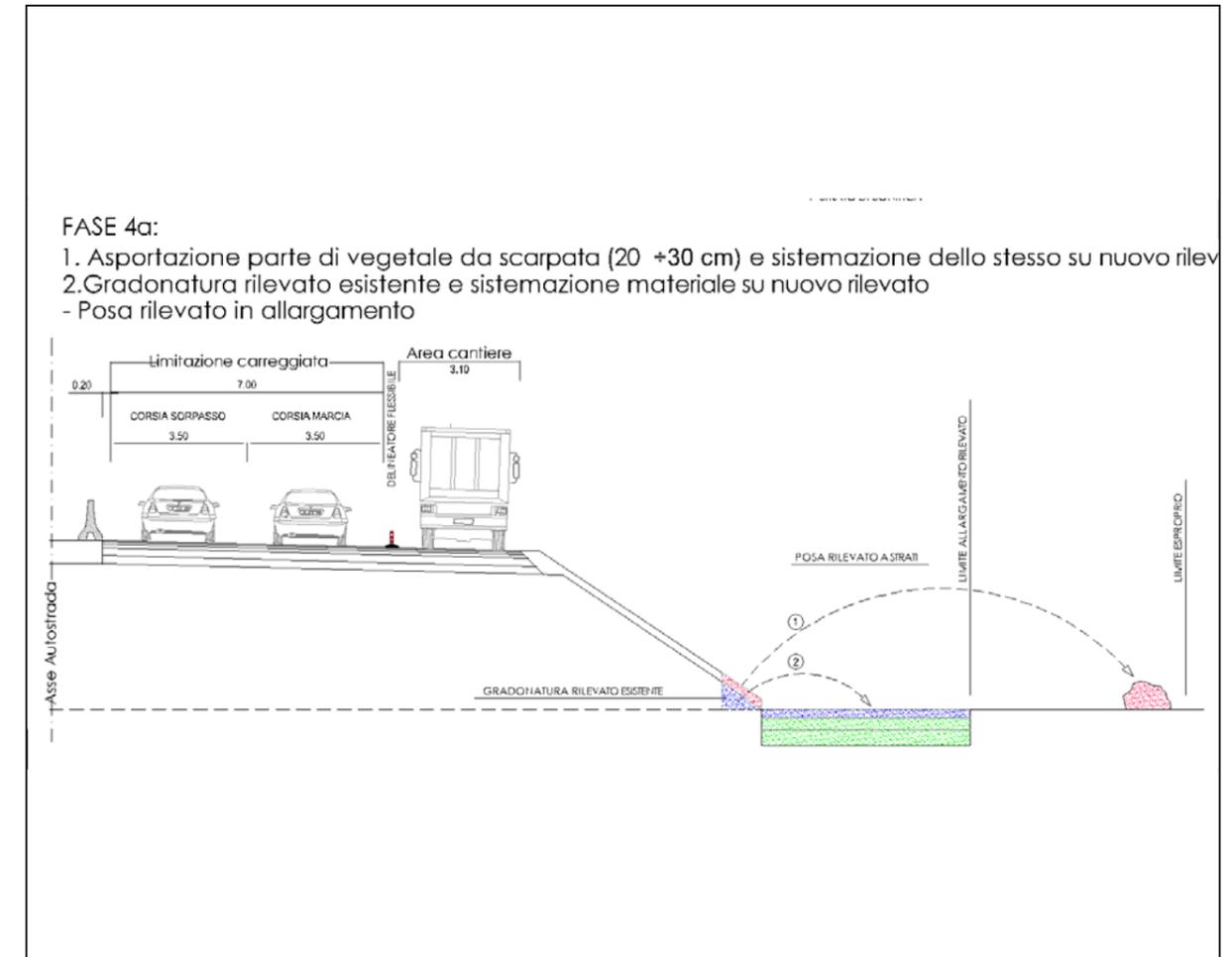
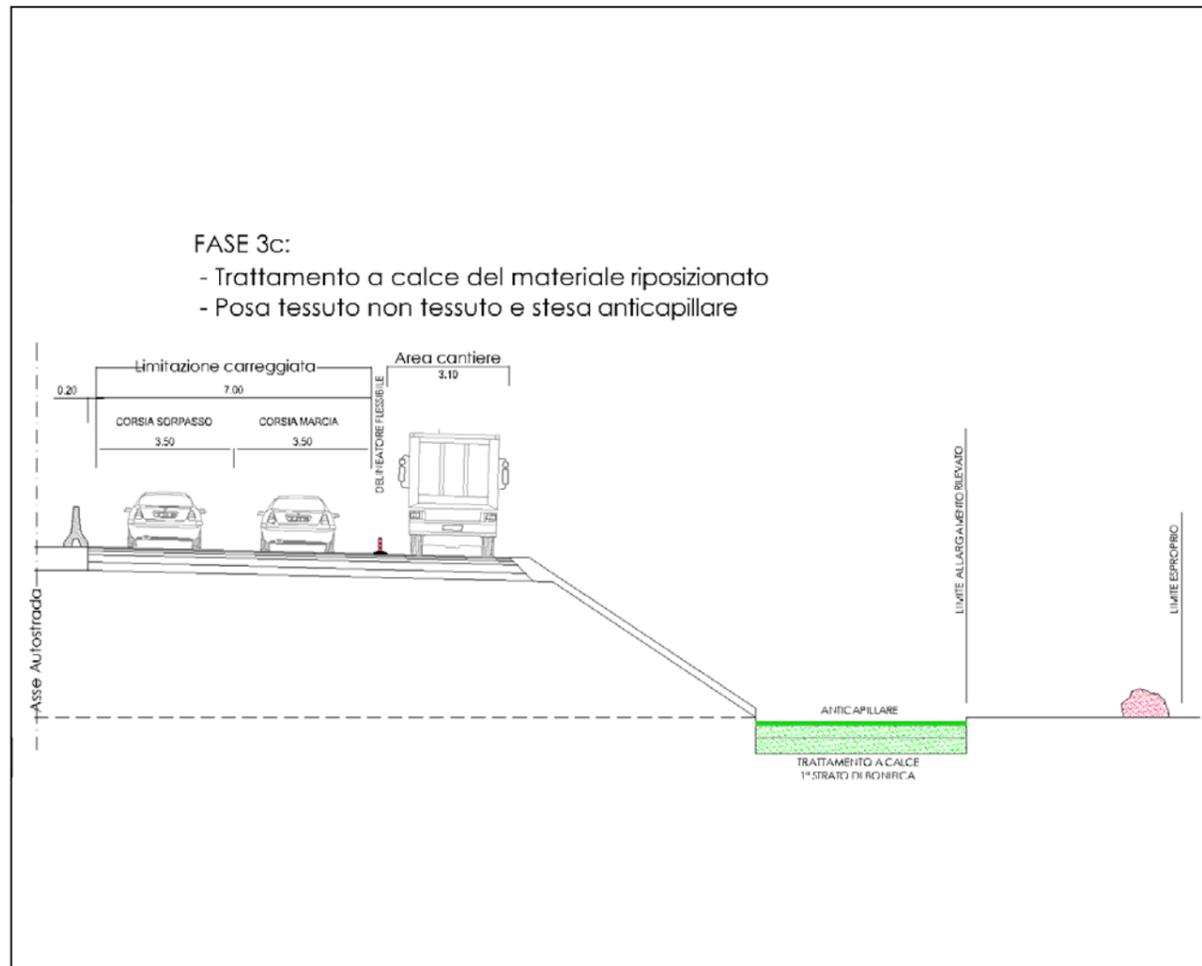
- Asportazione (ove necessario) di un ulteriore strato dello spessore di 40 cm circa e accumulo del materiale a lato dello scavo

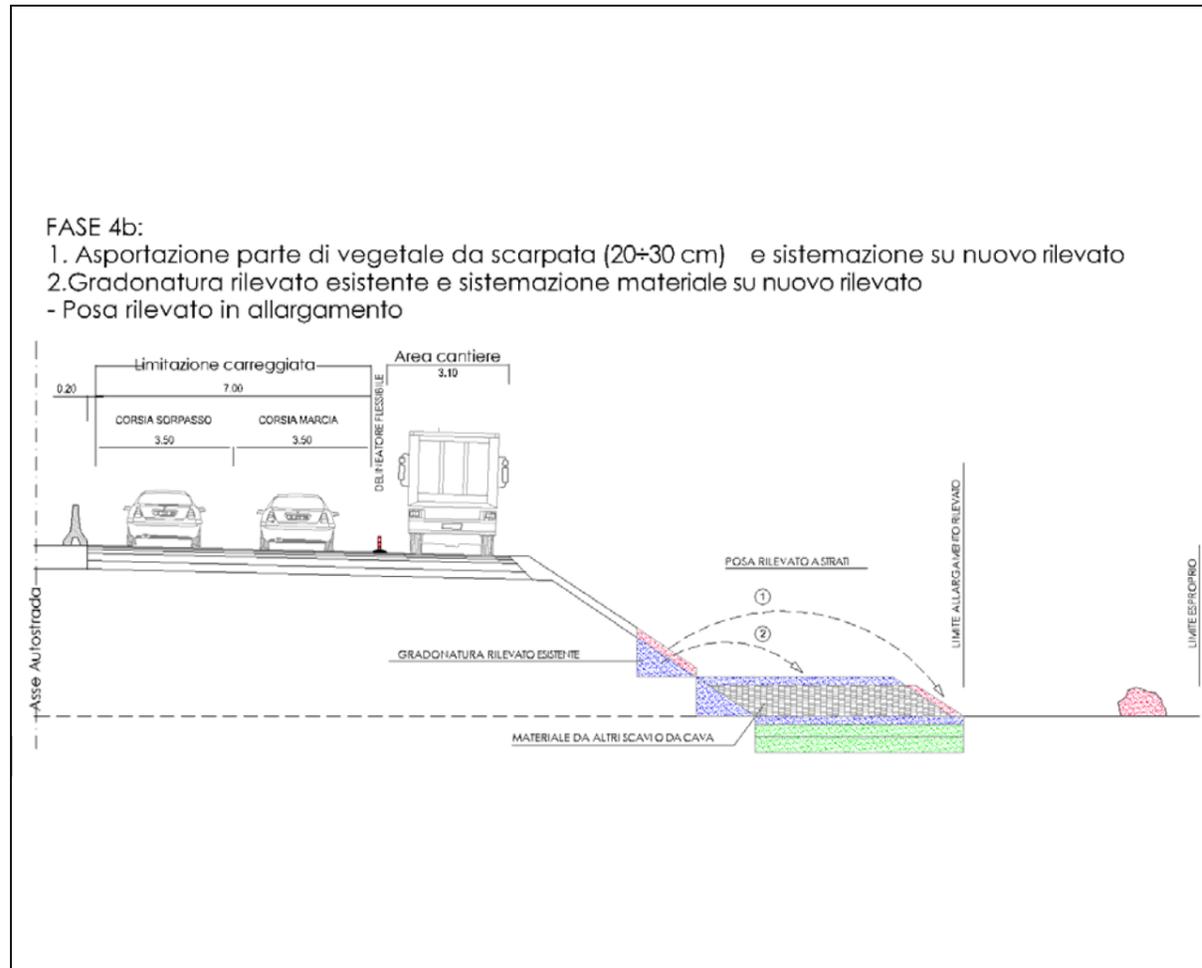


- Trattamento a calce in situ di un secondo strato dello spessore massimo di 40 cm per mezzo di spandicalce e Pulvimixer, senza asportazione di materiale

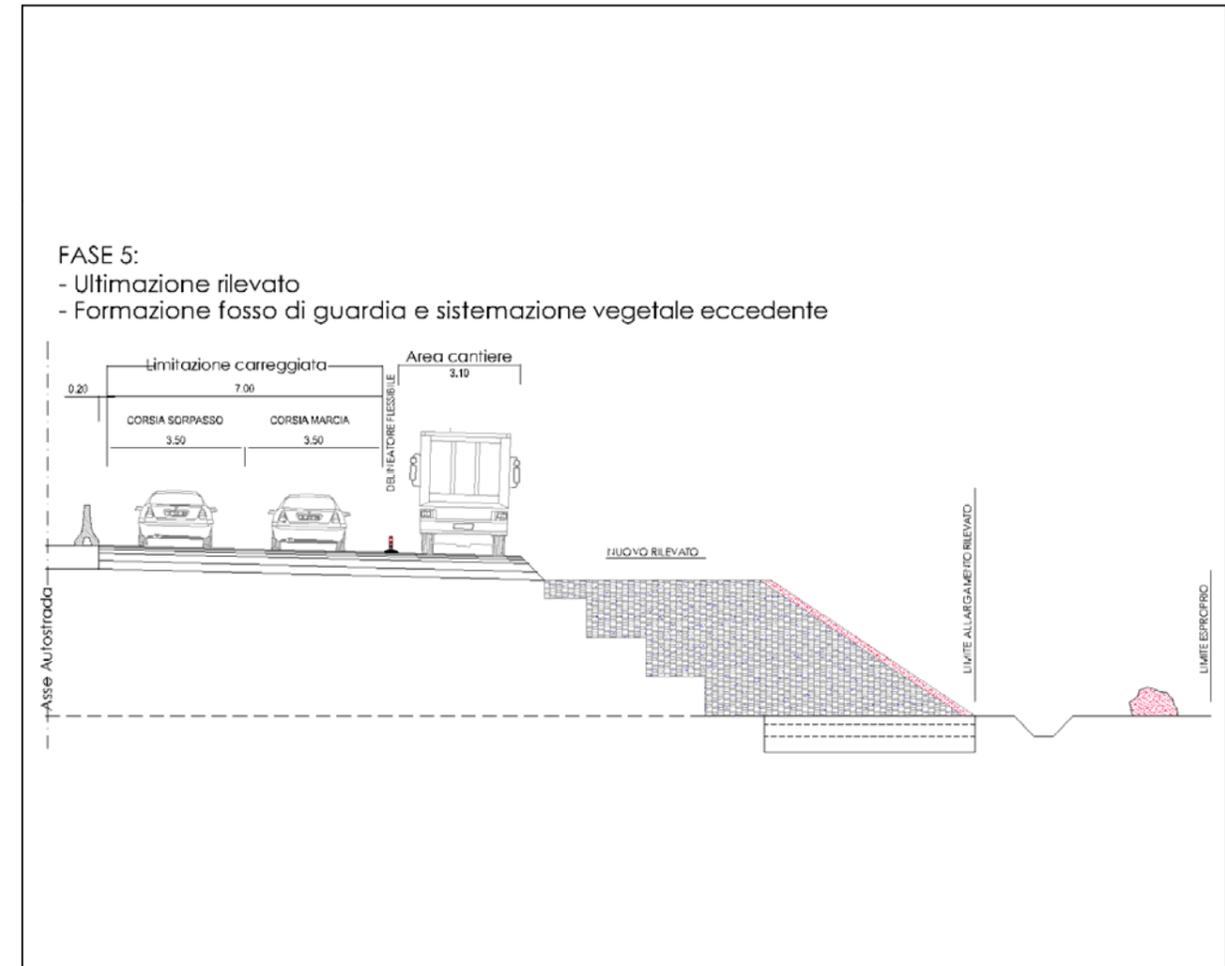


- Sistemazione del materiale accumulato a lato scavo (spessore 40 cm) e trattamento a calce dello stesso





- Transito sulla pista così predisposta per gradonatura dei rilevati esistenti



Le tempistiche di realizzazione delle tratte di lavorazione e le relazioni temporali tra di esse sono riportate nella seguente Figura 3-2 che riporta il "Diagramma dei lavori".

I tempi totali per la realizzazione dell'opera sono di 24 mesi.

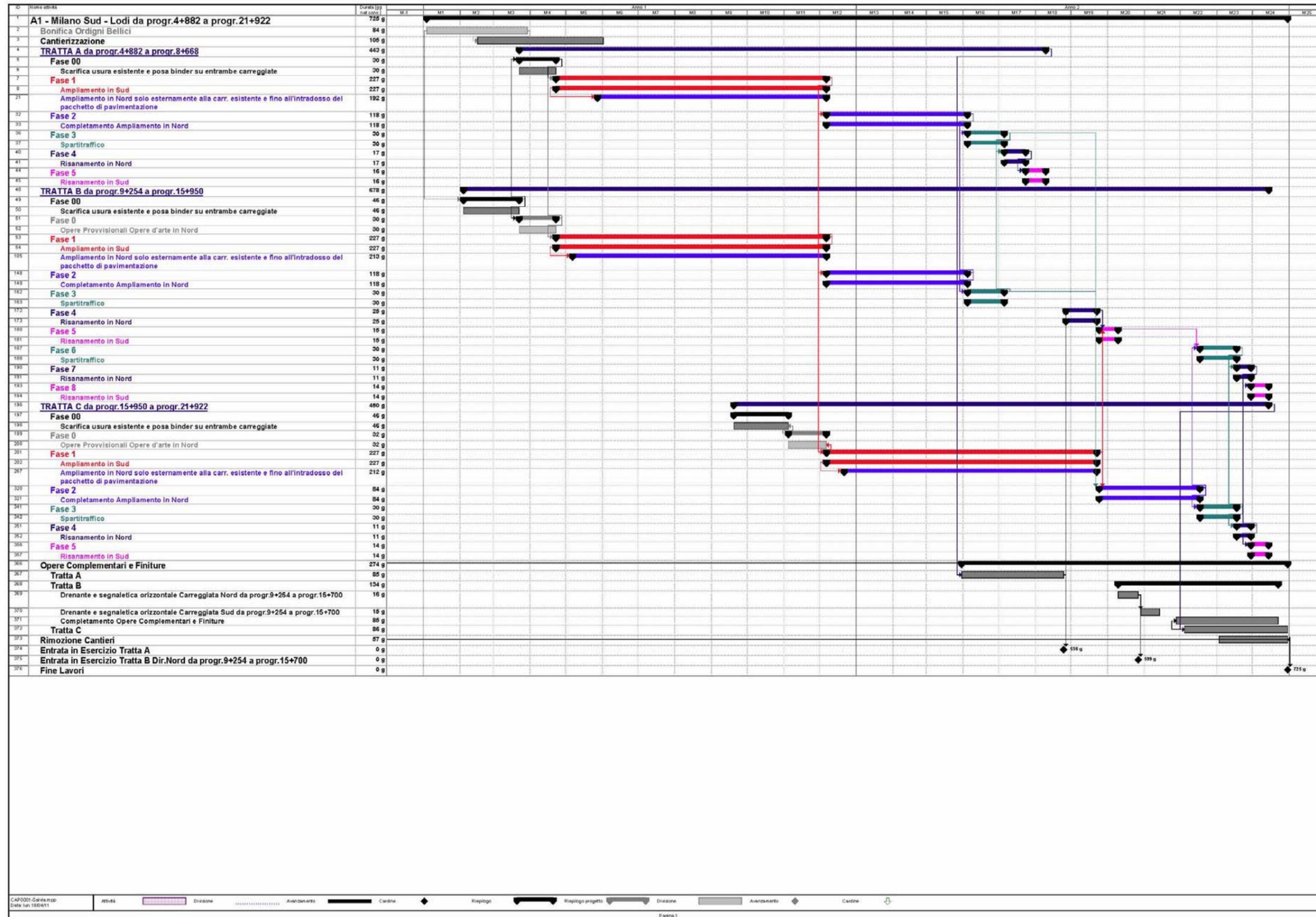


Figura 3-2 – Diagramma lavori

### 3.3 I CANTIERI

#### 3.3.1 Premessa

Con il termine “aree di cantiere” o “cantieri di lavoro” si intendono 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.

**Tabella 3-1 – Aree di cantiere**

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

#### 3.3.2 Viabilità di servizio

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

Le piste di cantiere sono suddivise 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.

#### 3.3.3 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.

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

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 di uno strato di terreno vegetale e l’inerbimento. Il terreno vegetale proveniente dallo scotico è situato in un terreno agricolo e perciò oggetto di arature frequenti e classificabile come “biologicamente povero”; potrà essere stoccato in dune di altezza superiori ai 2 metri consigliati dalla letteratura.

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.

### 3.3.4 Aree di cantiere

#### Campo base - CB01

Il campo base CB01 (elaborato MAM-QPGT-037) 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.

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.

I piazzali prevedono una pendenza minima del 1%.



Figura 3-3 – Planimetria cantiere CB01

#### Aspetti logistici

Il cantiere base è dimensionato per ospitare un alloggio di circa 65 persone e prevede dunque delle baracche mono e bi piano con una superficie utile di circa 1.000 mq. Sono previsti parcheggi di lunga sosta per gli alloggiati 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 e 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 al fosso di recapito finale attraverso una tubazione dedicata che permetterà il campionamento separato.

#### Impianto elettrico

Per i fabbisogni in termini di forza motrice elettrica ci si rifà alla tabella seguente riferita a utilizzatori medi per cantieri di questo tipo.

N°	UTENZE		P. Teor. [kW]	K1	K2	P. INST. [kW]	P. ASS. [kW]	
1	UFFICI IMPRESA	Si	66.0	1	0.8	66	52.8	
2	PARCHEGGI	Si	4.0	1	0.6	4	2.4	illuminazione
3	PARCHEGGI CON TETTOIA PARASOLE	Si	4.0	1	0.6	4	2.4	illuminazione
4	AMBULATORIO/INFERMERIA	Si	2.5	1	0.9	2.5	2.3	
5	SPOGLIATOIO E SERVIZI	Si	10.0	0.9	0.7	10	6.3	
6	AREA DI STOCCAGGIO E CARATTERIZZAZIONE	Si	6.0	1	0.6	6	3.6	illuminazione
7	AREA DI STOCCAGGIO MATERIALI E ATTREZZATURE	Si	6.0	1	0.6	6	3.6	illuminazione
8	MAGAZZINO	Si	10.0	1	0.8	10	8.0	
9	POSTEGGI MEZZI OPERATIVI	Si	4.0	1	0.6	4	2.4	illuminazione
10	ZONA RACCOLTA RIFIUTI	Si	2.1	1	0.6	2.1	1.3	illuminazione
11	MENSA	Si	50.0	0.9	0.8	50	36.0	
12	PIAZZALE SCARICO MERCI MENSA	Si	4.0	1	0.6	4	2.4	illuminazione
13	DEGRASSATORE MENSA	Si	2.0	1	0.8	2	1.6	
14	WC MENSA	Si	2.1	1	0.6	2.1	1.3	
15	IMPIANTO DISTRIBUZIONE GASOLIO	Si	3.0	1	0.8	3	2.4	
16	OFFICINA CON TETTOIA MANUTENZIONE/OFFICINA	Si	24.0	0.8	0.7	24	13.4	
17	PORTINERIA/GUARDIOLA DI INGRESSO	Si	2.5	1	0.9	2.5	2.3	
19	CABINA ELETTRICA	Si				0	0.0	
20	LOCALI DORMITORIO	Si	40.0	1	0.8	40	32.0	
21	LOCALE RITROVO	Si	10.0	1	0.9	10	9.0	
22	UFFICI SUBAPPALTATORI	Si	46.0	1	0.8	46	36.8	
23	IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE REFLUE E PRIMA PIOGGIA	Si	5.0	1	0.7	5	3.5	
24	UFFICI D.L./A.S./G.F.	Si	22.0	1	0.9	22	19.8	
25	PIAZZALE DI LAVAGGIO AUTOMEZZI CON RAMPA	Si	3.0	1	0.5	3	1.5	
26	VASCA DI DECANTAZIONE ACQUE DI LAVAGGIO	No	5.0	0.9	0.7	0	0.0	
27	BARRIERA H=2m ANTIPOLVERE ED ANTIRUMORE	Si				0	0.0	
28	AREA MONTAGGIO TRAVI ACCIAIO	Si	98.0	0.7	0.5	98	34.3	
29	DEPOSITO BOMBOLE GPL	Si	1.0	1	0.6	1	0.6	illuminazione
32	PESA CON CABINA STRUMENTAZIONE	Si	3.0	1	0.9	3	2.7	
	PRESE/VARIE	Si	20.0	1	1	20	20.0	
	ILLUMINAZIONE GENERALE	Si	12.0	1	0.6	12	7.2	
			<b>462.2</b>			<b>311.8</b>		

K1 - Coefficiente di utilizzazione

K2 - Coefficiente di contemporaneità

Per la potenza richiesta si è al limite tra una fornitura in bassa tensione o una in media tensione con cabina di trasformazione. Si è prevista in ogni caso una cabina in corrispon-

denza dell'ingresso in grado di ospitare eventualmente, oltre ai gruppi di misura, anche il locale trasformatori.

#### Impianto idrico di adduzione

In questo cantiere si prevede per usi industriali le sole acque di lavaggio dei mezzi e dell'eventuale vaglio del frantoio mobile nell'area di caratterizzazione.

Per i lavaggi per cui prevediamo 10 l/min, per l'eventuale vaglio circa 40 l/min di picco mediamente sulle 24h, circa 12 mc.

Per i fabbisogni di acqua potabile per quanto riguarda i volumi in gioco ci rifacciamo a valori normalmente presenti nei manuali di smaltimento acque reflue e riassumibili nella tabella seguente:

**Tabella 3-2**

Comunità	Carico idraulico specifico [l/unità per giorno]	Carico organico specifico [g BOD5/unità per giorno]
Scarichi domestici	200-400	75-90
Centri turistici	35-200	40-70
Ospedali	500-1100	100-160
<b>Uffici</b>	<b>50-75</b>	<b>15-25</b>
Scuole	35-65	11-20
<b>Ristoranti</b>	<b>12-60</b>	<b>10-25</b>

Gli utilizzatori sono:

- Uffici            fabbisogno 60 l/p.g ossia 1.98 mc/g  
(organico ~ 25 pp (Impresa+subappaltatori) + ~8 pp(DL))
- Mensa            fabbisogno 40 l/coperto ossia 8.5 mc/g  
(prevediamo un organico presente di 180pp di operai più il personale impiegato)
- Spogliatoi    fabbisogno 40 l/p.g ossia 3.8 mcl/g  
(prevediamo un organico presente di 65+30pp di operai)

Per l'acqua potabile complessivamente si hanno dunque 14.3 mc/g con cantiere a pieno organico e complessivamente supponendo una unica fornitura dall'acquedotto, 26.2 mc/g.

#### *Impianto fognature*

Lo scarico delle acque nere è previsto nel fosso che corre parallelo al confine est del cantiere previo trattamento in apposito impianto di depurazione.

L'impianto di scarico è previsto funzionante a pelo libero, mentre lo scarico finale dovrà essere eseguito con una pompa di sollevamento.

L'unico scarico che necessita comunque di un trattamento preventivo è quello della mensa, che deve prima transitare in un degrassatore.

#### **Cantiere operativo - CO01**

Sulla provinciale SP204 più a nord della zone di ingresso del campo base, in un'area pianeggiante, si realizzerà il cantiere operativo CO01 (elaborato MAM-QPGT-038), 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 (avente un'entrata dedicata), un'area di stoccaggio degli inerti, un'area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzata, 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 ed è previsto un impianto con una produzione oraria massima di 175 t/h; lo stoccaggio degli inerti previsto consente una autonomia di circa 10 gg di produzione. L'alimentazione dei riscaldatori, poiché non è certa la possibilità di un allaccio esterno, viene prevista con un serbatoio esterno da 50 mc. Si prevede anche un impianto di riciclaggio a freddo del fresato.

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.

I piazzali prevedono una pendenza minima del 1%.



Figura 3-4 – Planimetria cantiere CO01

#### *Aspetti logistici*

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

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

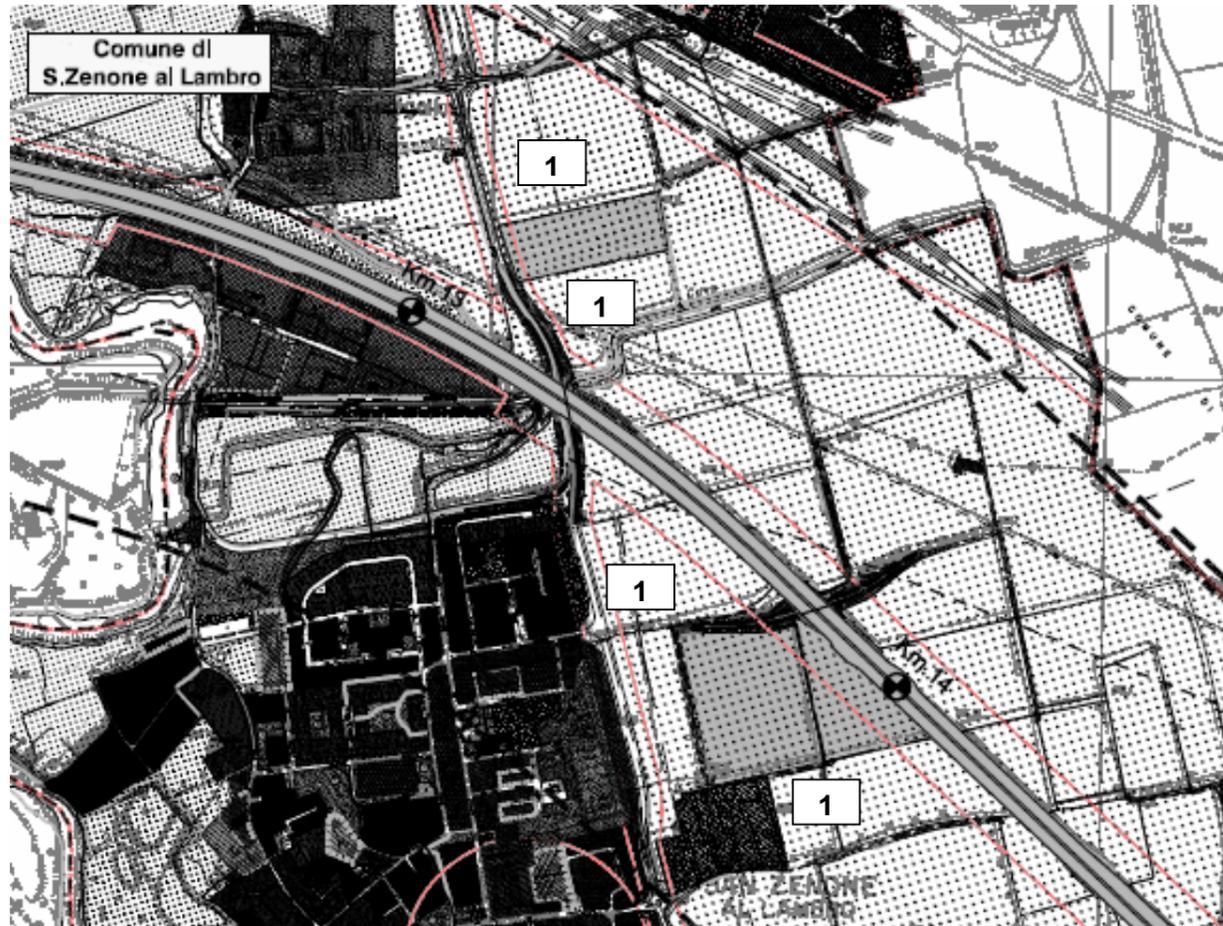
#### *Impianto elettrico*

Per i fabbisogni in termini di forza motrice elettrica ci si rifà alla tabella seguente riferita a utilizzatori medi per cantieri di questo tipo.



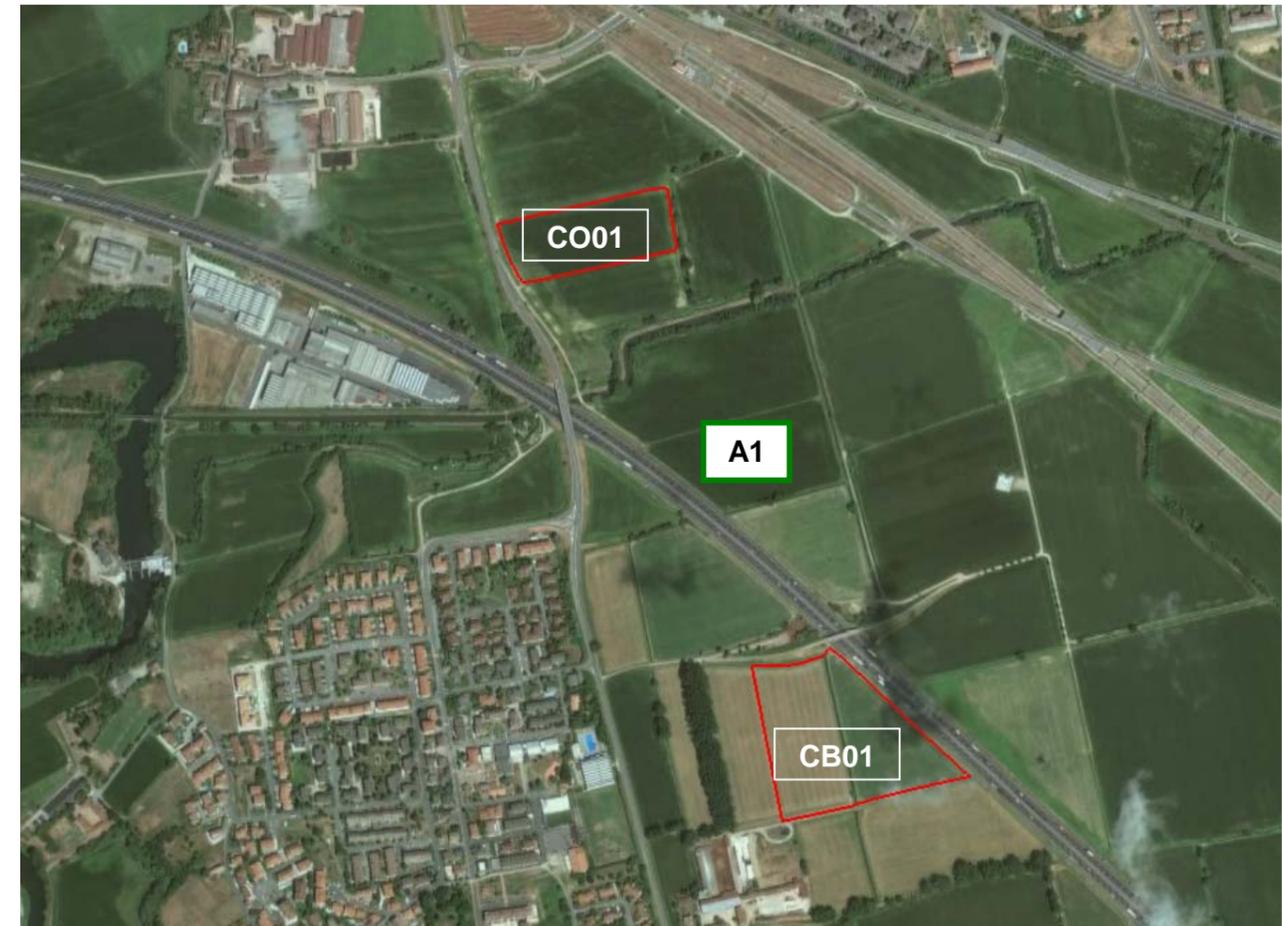
L'impianto di scarico è previsto funzionante a pelo libero, mentre lo scarico finale dovrà essere eseguito con una pompa di sollevamento.

**SCHEDA AREE DI CANTIERE (comune di San Zenone al Lambro)**



**Zone di PRG occupate dai cantieri**

1 - Zone E - Agricole destinate alla coltivazione, al pascolo e alla stabulazione del bestiame



**Foto aerea delle aree dei cantieri**

Destinazioni funzionali e superfici:

- campo base (CB01): 10.000 mq
- cantiere operativo (CB01): 18.000 mq
- area di caratterizzazione delle terre (CB01): 10.000 mq
- cantiere operativo per impianti di produzione conglomerati bituminosi e calcestruzzi (CO01): 24.000 mq

### 3.3.5 Ripristino aree di cantiere

Le aree di cantiere verranno inizialmente predisposte rimuovendo il suolo fino ad una profondità pari a circa 60 cm dall'attuale piano campagna per procedere successivamente alla posa dei diversi sottofondi in funzione delle destinazioni delle varie aree (cantiere operativo, campo base, area caratterizzazione terre, impianti conglomerati bituminosi e calcestruzzi).

Il terreno rimosso sarà stoccato temporaneamente in cumuli accanto alle aree di provenienza e, al termine dei lavori, si procederà al ripristino dei siti ricollocando il materiale escavato.

Le aree di cantiere saranno quindi restituite ai proprietari e all'uso precedente, ovvero per attività agricola.

### 3.3.6 Trattamento delle acque

Nei cantieri sarà previsto un trattamento omologo per le acque derivanti dalle aree ritenute sporche (area di caratterizzazione delle terre) e per quelle pulite, concepito con un trattamento in continuo dotato di filtri meccanici a coalescenza per trattenerne oli ed idrocarburi e una parte delle frazioni fini in sospensione.

Sedimenti, Oli minerali ed idrocarburi possono essere presenti in tutti gli scarichi civili, e sono tipicamente presenti in molte acque di rifiuto industriali (officine, stazioni di servizio, garage e simili). Il loro abbattimento, prima di procedere al loro scarico, risulta necessario se si considera che queste sostanze possono indurre gravi inconvenienti in tutti i corpi ricettori.

La disoleatura e la chiarificazione, indispensabili nel caso di liquami in cui è rilevante la presenza di sabbie, oli, nafta, benzine, etc., sono un pretrattamento di tipo statico: la separazione delle sostanze inquinanti avviene sfruttando le differenze di peso specifico degli inerti e degli idrocarburi rispetto a quello dell'acqua, per cui esse vengono fatte sedimentare sul fondo oppure risalire in superficie e raccolte per essere stoccate in maniera adeguata.

#### *Caratteristiche quali-quantitative dello scarico prima della depurazione*

Le acque da trattare saranno caratterizzate soprattutto da solidi sospesi contenuti nelle acque meteoriche.

Nelle acque reflue potranno essere presenti oli ed idrocarburi in tracce, non quantificabili. Inoltre viene tenuto conto di possibili alterazioni del pH delle acque.

L'impianto di trattamento delle acque reflue industriali consente di rimuovere dai liquami le sostanze di natura sospesa e colloidale tramite il procedimento di chiariflocculazione che provoca l'agglomerazione di tali sostanze in fiocchi che vengono separati dall'acqua per sedimentazione e rimossi sotto forma di fango. Oltre al processo di chiariflocculazione viene prevista la correzione del pH, la separazione oli e la filtrazione di idrocarburi sospesi a coalescenza.

#### *Caratteristiche dell'impianto*

Il sistema previsto in progetto si basa su apparecchiature di tipo statico che non richiedono e non hanno organi elettromeccanici.

Lo scopo è quello di rimuovere le sostanze decantabili che tendono a depositarsi sul fondo e le particelle di idrocarburi che, se non emulsionate, risalgono naturalmente in superficie.

Gli idrocarburi separatisi si accumulano alla superficie della zona di separazione e devono periodicamente essere asportati.

#### *Descrizione Impianto*

Nei disoleatori a pacchi coalescenti, la disoleazione, cioè la separazione di oli, nafta e benzine, avviene sfruttando il diverso peso specifico, inferiore a quello dell'acqua, delle sostanze come idrocarburi e oli non emulsionati. Questo trattamento di separazione statica consente di ottenere, per gravità, la sedimentazione e la disoleazione delle particelle sospese di peso specifico differente da quello dell'acqua.

#### *Caratteristiche quali-quantitative dello scarico dopo la depurazione*

L'acqua in uscita dall'impianto viene direttamente scaricata nei ricettori e, trattandosi dello scarico dell'acqua trattata in un corpo idrico superficiale, è stato scelto un impianto in gra-

do di ridurre i parametri di inquinamento entro i limiti di emissione previsti dalla Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte terza del D.Lgs. n.152/2006.

La posizione dell'impianto è rappresentata nel layout del cantiere industriale nella tavola MAM-QPGT-038.

#### *Quantità e tipologia di reflui non scaricati*

Durante i processi di decantazione e di trattamento acque vengono prodotti i reflui ed i rifiuti che saranno smaltiti e dovranno essere gestiti in modo conforme alla specifica normativa di settore.

Le vasche di accumulo e di decantazione dell'impianto di lavaggio ruote e delle acque meteoriche saranno ripulite, quando necessario, dal fango e dal materiale sedimentato che sarà trasportato con le autocisterne alla discarica autorizzata.

I fanghi prodotti dall'impianto di depurazione acque industriali e stoccati temporaneamente nell'area dell'impianto, saranno trasportati a discarica autorizzata, così come gli oli residui del separatore oli e del filtro a coalescenza.

Oltre ai reflui prodotti dagli impianti di cantiere saranno anche smaltiti:

- eventuale carburante sversato nella vasca di contenimento del manufatto rifornimento del carburante dovrà essere prelevato, quando necessario, e smaltito dalle ditte autorizzate;
- eventuali accidentali sversamenti di oli nell'area del cantiere dovranno essere assorbiti per mezzo di panni speciali, che saranno raccolti e stoccati nei contenitori o sacchi chiusi e consegnati alla ditta specializzata per lo smaltimento adeguato.

Sarà essere inoltre predisposto un piano di gestione e smaltimento degli eventuali bagni chimici in area del cantiere.

### **3.4 BILANCIO E GESTIONE DELLE TERRE E DEI MATERIALI DI SCAVO**

Per la realizzazione delle opere previste per l'ampliamento alla quarta corsia dell'autostrada A1, tratta Milano Sud - Lodi, è stata effettuata una prima stima dei materiali provenienti dalle attività di scavo, ed una stima dei fabbisogni di materiali per le aree inte-

ressate da opere di sistemazione, quali sistemazione dei rilevati, delle scarpate o dei cigli stradali.

Le lavorazioni connesse alla realizzazione dell'infrastruttura in oggetto prevedono l'esecuzione di scavi all'aperto sia nei tratti in rilevato per eseguire le gradonature propedeutiche alla formazione dei nuovi rilevati, sia per la realizzazione delle fondazioni e sottofondazioni delle nuove opere.

Il tracciato di progetto è stato interessato da una campagna di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito, svolta durante il mese di Febbraio 2011, che ha previsto l'esecuzione di 11 pozzetti superficiali. L'ubicazione dei punti di campionamento, la profondità di scavo e le relative profondità di campionamento sono state dettate in base al volume di terreno da movimentare in funzione del progetto stradale.

I parametri rilevati sono i seguenti:

- cianuri liberi;
- fluoruri;
- metalli pesanti (antimonio arsenico berillio cadmio cobalto cromo totale mercurio nichel piombo rame selenio stagno tallio vanadio zinco cromo (VI));
- idrocarburi pesanti >C12 (C12-C40) e leggeri < C12;
- composti organici aromatici (benzene etilbenzene stirene toluene - xileni (o,m,p) m,p-xilene o-xilene).

I risultati analitici (allegati alla specifica relazione di progetto STP003) hanno evidenziato, per i campioni di terreno prelevati, un totale rispetto dei limiti vigenti previsti in colonna B, Tabella 1, D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 5, accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione d'uso industriale e commerciale, quali sono considerate le aree interessate dal tracciato autostradale.

In relazione ai valori di concentrazione limite indicati in Colonna A, accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale, sono stati riscontrati alcuni superamenti relativamente alla classe analitica dei metalli pesanti. Circa l'80% dei campioni di terreno presenta una concentrazione in Stagno leggermente superiore a 1mg/kg, Concentrazione Soglia di Contamina-

zione (CSC) prevista per le aree residenziali o a verde pubblico/privato: il valor medio nei campioni esaminati è, infatti, pari a circa 2,41 mg/kg. Considerando l'entità e la tipologia del suddetto metallo pesante, la presenza di Stagno risulta essere imputabile alle caratteristiche chimiche tipiche del background naturale. Il limite previsto dalla normativa per lo Stagno risulta restrittivo, poiché non è stata tenuta nella dovuta considerazione la concentrazione di fondo naturale nelle matrici geoambientali: il limite di legge si riferisce, infatti, allo Stagno elementale e non alla componente tossica dei composti organo-stannici (AR-PA Piemonte "Rapporto sullo stato dell'ambiente – Regione Piemonte" 2006). Concentrazioni in piombo superiori ai succitati limiti previsti per aree residenziali e verde pubblico/privato sono stati riscontrati in un solo campione di suolo: l'origine di tale presenza è più probabilmente connessa al traffico veicolare.

Si riporta di seguito un quadro sinottico delle evidenze emerse dalle analisi di laboratorio, raggruppate per classi analitiche.

**Tabella 3-3 - Numero di superamenti dei valori di riferimento indicati dal D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 5, Tabella 1.**

Classi analitiche terreni	D.Lgs. 152/06 All 5 Tab 1 Col A	D.Lgs. 152/06 All 5 Tab 1 Col B
Cianuri liberi	-	-
Fluoruri	-	-
Metalli pesanti	9 (stagno) 1 (piombo)	-
Composti organici aromatici	-	-
Idrocarburi	-	-

Dalle evidenze analitiche fin qui emerse non sono state rilevate criticità tali da impedire l'impiego delle terre scavate per la costruzione di rilevati, riempimenti e sottfondi stradali.

Le caratteristiche geotecniche consentono il riutilizzo del materiale per la costruzione dei rilevati secondo le seguenti modalità:

- 30% del rilevato può essere costituito da materiale scavato (tal quale);

- 70% del rilevato può essere costituito da materiale scavato stabilizzato a cemento, trattamento rientrante nella normale pratica industriale, coerentemente con quanto stabilito dalla normativa vigente (art 184bis e 186 del D.Lgs. 152/2006)

### 3.4.1 Quadro normativo di riferimento

La normativa vigente in materia di gestione delle terre e rocce da scavo fa capo agli art. 183,184,185 e 186 del D.Lgs 152/2006 (TUA, Testo Unico Ambientale), così come modificato dal D.Lgs 205/2010 recante "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive".

Alcune regioni hanno provveduto all'emanazione di specifiche norme regionali, con lo scopo di rimediare alla carenza di informazioni nel testo di legge sugli aspetti più strettamente operativi. Per quanto riguarda la Regione Lombardia, non è invece stata ancora emessa nessuna norma specifica per disciplinare l'applicazione del summenzionato decreto.

*D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (TUA, Testo Unico dell'Ambiente)*

Con il Decreto Legislativo del 3 dicembre 2010, n. 205, è stata recepita la direttiva 2008/98/CE, che modifica il D.Lgs. 152/2006. Con tale decreto sono state apportate importanti modifiche alla Parte Quarta del Codice dell'ambiente; in particolare le terre provenienti dagli scavi possono essere riutilizzate e non destinate a rifiuto se riconducibili alla categoria dei sottoprodotti di cui all'art. 183 lettera qq) del D.Lgs. 152/2006, che recita il seguente testo:

*"sottoprodotto: qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa le condizioni di cui all'articolo 184-bis, comma 1, o che rispetta i criteri stabiliti in base all'articolo 184-bis, comma 2."*

Nell'art. 184 bis sono individuate le specifiche condizioni da rispettare al fine di poter utilizzare le terre e rocce da scavo, sottraendole così alla gestione in regime di rifiuti:

*"1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:*

*a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*

b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

2. Sulla base delle condizioni previste al comma 1, possono essere adottate misure per stabilire criteri qualitativi o quantitativi da soddisfare affinché specifiche tipologie di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti. All'adozione di tali criteri si provvede con uno o più decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, in conformità a quanto previsto dalla disciplina comunitaria.”

L'articolo 186 del D.Lgs. 152/2006 individua, fino alla emanazione di un apposito decreto ministeriale di cui all'art. 184-bis comma 2 che indicherà i requisiti quali quantitativi della categoria merceologica dei sottoprodotti, le specifiche condizioni da rispettare per poter utilizzare le terre e rocce da scavo, sottraendole così alla gestione in regime di rifiuti:

“1. Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185, Le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché:

a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;

b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;

c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;

d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;

e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del titolo V della parte quarta del presente decreto;

f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;

g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, è consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183, comma 1, lettera p).

2. Ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione ambientale integrata, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare di norma un anno, devono risultare da un apposito progetto che è approvato dall'autorità titolare del relativo procedimento. Nel caso in cui progetti prevedano il riutilizzo delle terre e rocce da scavo nel medesimo progetto, i tempi dell'eventuale deposito possono essere quelli della realizzazione del progetto purché in ogni caso non superino i tre anni.”

L'articolo 186 comma 5 chiarisce che qualora le terre e rocce non siano utilizzate, in quanto non rispondenti ai requisiti fissati dalla legislazione, ad esse debba applicarsi il regime giuridico dei rifiuti e, quindi, debbano essere gestite nel rispetto della normativa in materia di rifiuti sia per quanto attiene alle modalità e prescrizioni del deposito temporaneo (articolo 183, comma 1, lettera m), che per il successivo avvio ad operazioni di recupero/smaltimento in impianti debitamente autorizzati.

L'articolo 185 del D.Lgs. 152/2006, così come modificato dal succitato D.Lgs 205/2010, esclude dal campo di applicazione dell'art.186 sopra descritto “il suolo non contaminato e

*altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”.*

Dunque, alla luce delle modifiche introdotte dal D.Lgs 205/2010, la gestione delle terre e rocce da scavo prevede, ai sensi del D.Lgs. 152/2006, le seguenti possibilità operative:

- continua ad essere ammesso l'utilizzo del materiale, se non inquinato, direttamente nel sito di produzione a condizione che vi sia certezza dell'utilizzo nell'ambito della costruzione ed allo stato naturale (art. 185 comma 1 lett. c). In questo caso non si applica la normativa sui rifiuti e quindi la Parte IV del D.Lgs. 152/06;
- al di fuori dell'ambito di produzione (cantiere) le terre e rocce debbono essere considerate come rifiuto ai sensi dell'art. 184, comma 3 lett. b);
- in alternativa l'utilizzo è ammesso:
- come sottoprodotto in base all'attuale art. 186 e dopo l'emanazione del Decreto ministeriale ai sensi dell'art. 184 bis;
- come Materia Prima Seconda – MPS ai sensi dell' art. 184 ter (MPS).

Le condizioni in base alle quali le terre e rocce sono qualificabili come sottoprodotto dovranno essere definite con un apposito decreto ministeriale. Anche per l'individuazione delle terre e rocce come Materia Prima Seconda, successivamente alla cessazione della qualifica di rifiuto, il decreto legislativo 205/2010 rinvia ad uno o più specifici provvedimenti ministeriali di futura emanazione.

L'allegato 2 al titolo V del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. riguarda i criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati; esso non fornisce informazioni dirette per quanto riguarda aree non classificate come contaminate, quali quelle cui si riferiscono le indagini di cui al presente documento, ma contiene tuttavia alcune utili indicazioni cui attenersi per le attività di campionamento ed analisi.

In particolare il testo normativo specifica che:

- i criteri da adottare nella formazione di campioni di terreno comprendono sia la necessità di ottenere la determinazione delle sostanze inquinanti per strati omogenei

dal punto di vista litologico, sia l'esigenza di prelevare separatamente, in aggiunta ai campioni previsti per ciascun sondaggio, eventuali materiali che si distinguono per caratteristiche di inquinamento ovvero per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche;

- i campioni di terreno da portare in laboratorio dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro;
- le analisi di laboratorio saranno effettuate secondo metodiche ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

### 3.4.2 Bilancio materiali

L'impostazione generale si basa sull'ipotesi di deposito e successivo riutilizzo dei materiali di risulta derivanti dai lavori di costruzione del progetto.

Per la realizzazione dell'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 "Milano-Napoli", nel tratto compreso tra Milano sud (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) e lo svincolo di Lodi, è stata effettuata una stima dei materiali provenienti dalle attività di scavo, ed una stima dei fabbisogni di materiali per la realizzazione dei rilevati.

Le lavorazioni connesse alla realizzazione dell'infrastruttura in oggetto, prevedono le esecuzioni di scavi all'aperto con tratti in rilevato per eseguire le gradonature propedeutiche alla formazione dei nuovi rilevati, nonché per la realizzazione delle fondazioni e sottofondazioni delle nuove opere.

Sono stati considerati inoltre i volumi di materiali, anche se previsti in modeste quantità, provenienti da eventuali demolizioni in c.a. delle opere e delle strutture attualmente presenti lungo il tratto di interesse (pari a 16,5 km circa) e che dovranno necessariamente essere considerate rifiuto ed essere gestiti come tali.

I dati di seguito sono riferiti al computo definitivo. I volumi complessivi delle terre da movimentare nella fase costruttiva del progetto in oggetto sono i seguenti:

- produzione terre 418.487 mc;
- fabbisogno terre 346.040 mc;

Il quadro risultante è il seguente:

**Tabella 3-4 – Bilancio movimenti terra, corpo autostradale**

		CORPO AUTOSTRADALE			
		NOTE		m <sup>3</sup>	
PRODUZIONI	scotico	0,20 m		73.625	
	scavi	bonifica piano di posa		49.869	
		terre derivanti da: realizzazione opere; scavi oltre la bonifica del piano di posa; scavi interferenze idrografiche; scavi per collettori idraulici	totale		208.193
			tal quale <sup>1</sup>		30%
	stabilizzato a cemento <sup>2</sup>		70%		
Totale produzione			331.687		
FABBISOGNI	vegetale	0,20 m		27.235	
	terre	bonifica piano di posa		49.869	
		categoria A1-A3, approvvigionamento da cava	ultimi 0,30 m del rilevato		50.839
		altre categorie (terre generiche necessarie principalmente per la costruzione dei nuovi rilevati stadali)	totale		87.223
			terre in colonna A <sup>3</sup>		0,00
	terre in colonna B <sup>4</sup>		87.223		
anticapillare, approvvigionamento da cava			44.074		
Totale fabbisogni			259.240		
RIUTILIZZI	scotico	38% dello scotico prodotto		27.235	
	scavi	bonifica piano di posa	100% dello scavo prodotto per la bonifica	49.869	
		terre derivanti da: realizzazione opere; scavi oltre la bonifica del piano di posa; scavi interferenze idrografiche; scavi per collettori idraulici		87.223	
	Totale riutilizzi			164.327	

<sup>1</sup> frazione di terreno scavato con caratteristiche geotecniche tali da poter essere riutilizzato tal quale.

<sup>2</sup> frazione di terreno scavato con caratteristiche geotecniche tali da poter essere riutilizzato previo trattamento di stabilizzazione a cemento.

<sup>3</sup> terre in colonna A: per interventi su aree non di proprietà con destinazione d'uso a verde pubblico o privato o agricolo.

<sup>4</sup> terre in colonna B: rilevati, sistemazioni morfologiche compresi interventi a verde in aree di proprietà.

		CORPO AUTOSTRADALE			
		NOTE		m <sup>3</sup>	
FONTI ESTERNE ALL'INTERVENTO (cava, mercato, altri progetti)	vegetale			0	
	terre	categoria A1-A3, approvvigionamento da cava	ultimi 0,30 m del rilevato	50.839	
		altre categorie (terre generiche necessarie principalmente per la costruzione dei nuovi rilevati stadali)	totale		0
			terre in colonna A	<b>Errore. Il</b>	0
			terre in colonna B	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>	0
anticapillare, approvvigionamento da cava			44.074		
Totale fonti			94.913		
DESTINAZIONI (discarica, impianti di recupero, altri progetti)	scotico		discarica	46.390	
	scavi	bonifica piano di posa	discarica	0	
		Terre derivanti da: realizzazione opere; scavi oltre la bonifica del piano di posa; scavi interferenze idrografiche; scavi per collettori idraulici		120.970	
	Totale destinazioni			167.360	

Tabella 3-5 – Bilancio movimenti terra, cantieri

		CANTIERE <sup>5</sup>	
		NOTE	mc
PRODUZIONI	scotico	0,60 m	37.200
	scavi	0,80 m	49.600
	Totale produzioni		86.800
FABBISOGNI	vegetale	0,60 m	37.200
	terre	materiale da rilevato, approvvigionamento da cava (0,5 m)	31.000
		materiale misto granulare, approvvigionamento da cava (0,3 m)	18.600
	Totale fabbisogni		86.800
RIUTILIZZI	scotico	0,60 m	37.200
	scavi	0,80 m	0
	Totale riutilizzi		37.200
FONTI ESTERNE ALL'INTERVENTO (cava, mercato, altri progetti)	vegetale		0
	terre	totali	49.600
		materiale da rilevato (0,50 m)	31.000
		materiale misto granulare (0,30 m)	18.600
Totale fonti		49.600	
DESTINAZIONI (discarica, impianti di recupero, altri pro-)	scotico		0
	scavi	0,80 m	49.600
	Totale destinazioni		49.600

Tabella 3-6 - Riepilogo bilancio terre, corpo autostradale e cantieri

	RIEPILOGO MOVIMENTI TERRE (m <sup>3</sup> )		
	CORPO AUTOSTRADALE	CANTIERI	TOTALE
PRODUZIONI TOTALI	331.687	86.800	418.487
FABBISOGNI TOTALI	259.240	86.800	346.040
RIUTILIZZI TOTALI	164.327	37.200	201.527
FONTI ESTERNE TOTALI	94.913	49.600	144.513
DESTINAZIONI TOTALI	167.360	49.600	216.960

Dall'esame delle tabelle sopra riportata, si evince che il fabbisogno complessivo di materiali necessari per la realizzazione dell'infrastruttura è stimato in **346.040** mc circa (Tabella 3-6): al fine di garantire caratteristiche qualitative specifiche da progetto una quota parte del succitato fabbisogno totale dovrà essere necessariamente approvvigionata da cava o deposito di inerti pregiati (circa **144.513** mc). Per il restante quantitativo di materiale necessario alla realizzazione dell'opera (pari a circa **201.527** mc) si prevede il riutilizzo del materiale proveniente dalle lavorazioni di scavo (circa **418.487** mc) con quantitativi destinati per la bonifica del piano di posa (49.869 mc circa), la realizzazione dei rilevati stradali e/o ritombamenti (87.223 mc circa), la realizzazione dello strato di terreno vegetale (64.435 mc circa). Il materiale in esubero sarà destinato ad un idoneo smaltimento o recupero.

Si precisa, inoltre, che i dati riportati nelle precedenti tabelle si riferiscono ai volumi in banco, al netto del rigonfiamento che, considerate le caratteristiche dei materiali da scavare, potrà essere compreso tra il 10 e il 20%.

Le eventuali variazioni di volumetrie negli scavi e nei riporti, in relazione ad una fase progettuale esecutiva ed operativa, dovranno essere considerate nel bilancio delle terre e delle rocce da scavo e nel cronoprogramma relativo alle tempistiche dell'utilizzo dei materiali sterili scavati. Dovranno essere altresì considerate, nel bilancio dei materiali utilizzati per l'esecuzione dell'opera, le variazioni indotte dagli adeguamenti progettuali apportati, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 186 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

<sup>5</sup> La realizzazione del cantiere avviene attraverso le seguenti fasi di lavorazione:

- scotico del terreno vegetale (0,60 m)
- successivo reintegro con materiali da cava (0,30m + 0,60m)

per il ripristino dell'area si provvede allo scavo del materiale da cava di cui al punto precedente ed al successivo rinterro del terreno vegetale originariamente presente nel sito.

È stata inoltre effettuata una stima dei fabbisogni e delle produzioni di materiali per la realizzazione delle pavimentazioni stradali.

I dati riportati nella tabella seguente identificano le volumetrie di materiale coinvolte nella costruzione della pavimentazione stradale.

**Tabella 3-7: bilancio movimenti materia, pavimentazioni.**

		PAVIMENTAZIONI		
		NOTE		mc
<b>PRODUZIONI</b>	demolizione	totali	bianchi + neri	139.511
		corsia d'emergenza + rampe	bianchi + neri	92.286
		marcia lenta	bianchi+neri	47.225
	Totale produzioni			139.511
<b>FABBISOGNI</b>	miscele inerti + leganti idraulici	totali		326.616
		misto cementato (bianchi)		64.001
		misto bitumato (neri)		262.615
	fondazione non legata	misto granulare		44.001
Totale fabbisogni				370.617
<b>RIUTILIZZI</b>	da demolizioni	provenienti dall'intervento di ampliamento in oggetto	(bianchi + neri)	127.932
	Totale riutilizzi			127.932
<b>FONTI ESTERNE ALL'INTERVENTO (cava, mercato, altri progetti)</b>	miscele inerti + leganti idraulici	da cava	bianchi + neri	152.172
		da depositi ASPI	(bianchi + neri)	89.502
	Totale fonti			
<b>DESTINAZIONI (discarica, impianti di recupero, altri progetti)</b>	miscele inerti + leganti idraulici	totali	bianchi + neri	255
		Totale destinazioni		255

Dall'esame della Tabella 3-7 si evince che il fabbisogno complessivo di materiali necessari per la realizzazione delle pavimentazioni stradali è stimato in 370.617 mc circa: di questi una quota parte, pari a circa 152.172 mc, sarà approvvigionata da cava o deposito di inerti pregiati; una parte sarà costituita dai conglomerati bituminosi fresati dalle pavimentazioni del tratto in oggetto (127.932); una parte sarà approvvigionata da depositi di proprietà di Autostrade per l'Italia, pari a 89.502 circa (Tabella 3-7). A tal proposito si precisa che, stante le proiezioni ad oggi disponibili, si potrà predisporre del quantitativo di fresato inseri-

to a bilancio, pari a 89.502, dai tre depositi ASPI riportati in Tabella 3-8, naturalmente a meno di eventuali variazioni dovute alla produzione (nel qual caso si provvederà all'approvvigionamento da cava). Il materiale approvvigionato da tali siti possiede le caratteristiche per essere impiegato nelle attività di cantiere per la realizzazione dell'ampliamento la cui certificazione di idoneità avviene nell'ambito dell'attività svolta nei siti stessi.

Dal bilancio relativo alle pavimentazioni si evince una leggera differenza di volumi tra il fabbisogno di materiale e la somma di materiali derivanti da fonti esterne più i materiali riutilizzati provenienti dalla fresatura delle pavimentazioni esistenti. Tale differenza è dovuta al fatto che fresati e materiali vergini vengono estratti da uno studio eseguito sul bilancio dinamico, che tiene conto della fasizzazione degli interventi e fa una valutazione teorica della piattaforma autostradale in sezione corrente, non computando quindi corsie specializzate (mancano le demolizioni dell'esistente) e piazzole di sosta (mancano demolizioni e realizzazioni); i fabbisogni invece sono estratti dai movimenti materia che seguono fedelmente il progetto stradale e la piattaforma reale sezione per sezione.

Si prevede dunque il parziale riutilizzo dei materiali inerti derivanti dalla fresatura delle pavimentazioni in asfalto. Sulla base della normale pratica industriale il fresato soddisfa, per l'uso specifico, tutti i requisiti merceologici che ne permettono l'integrale e tempestivo riutilizzo. Tale impiego deve rispondere a quanto prescritto dal D.Lgs. 152/06, come recentemente modificato dal D.Lgs 205/2010. In particolare, il fresato può essere ricondotto alla nozione di sottoprodotto di cui all'art. 184-bis: risultano, infatti, soddisfatti tutti i criteri di cui al comma 1, in particolare tale materiale verrà riutilizzato senza subire trattamenti diversi dalla normale pratica industriale e solo ove ne sia certo l'effettivo reimpiego, senza danni all'ambiente, nell'ambito dello stesso sito o nello stesso ciclo che lo ha generato.

**Tabella 3-8: Localizzazione, distanza dei depositi di proprietà di Autostrade per l'Italia.**

Depositi ASPI	Distanza dal cantiere (km)
Trezzo (MI)	41
Uboldo (VA)	55
Pontenure (PC)	57

Nella tabella seguente infine sono riepilogati i quantitativi dei principali materiali necessari per la realizzazione dell'opera in oggetto.

**Tabella 3-9: stima delle demolizioni e dei fabbisogni dei principali materiali da costruzione.**

MATERIALI		
FABBISOGNI		U.d.M.
Fabbisogno di calcestruzzo	19.854,24	mc
Fabbisogno di cemento per calcestruzzo	6.948.984	kg
Acque	3.474.492	litri
Fabbisogno di cemento per la bonifica/stabilizzazione dei terreni	4.827.373	kg
DEMOLIZIONI		U.d.M.
Demolizioni calcestruzzo	8.174,46	mc

### 3.5 INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI SITI DI CAVA

In relazione ai fabbisogni di materiale definiti dal progetto, nel presente paragrafo sono affrontate le tematiche correlate all'individuazione dei siti di cava idonei per il prelievo degli inerti necessari alla realizzazione dell'intervento (elaborato MAM-QPGT-047).

Tale problematica è particolarmente connessa agli impatti ambientali, in quanto, analogamente a quanto verrà descritto per le aree di cantiere, la scelta della localizzazione dei siti di cava è rilevante in termini di traffico indotto dei mezzi e, quindi, ha un risvolto immediato sugli impatti atmosferici e acustici derivanti dal traffico aggiuntivo rispetto all'attuale.

Gli art. 2 e 4 della L.R. 08/08/1998 n.14 delegano alla Provincia la programmazione dell'attività estrattiva mediante la predisposizione di un Piano Provinciale che tenga conto dei fabbisogni complessivi di materiale da estrarre.

Il Piano Cave è lo strumento con il quale si attua la programmazione in materia di ricerca e coltivazione delle sostanze minerarie di cava.

Tale strumento individua l'Ambito Territoriale Estrattivo (ATE) ovvero l'unità di riferimento in cui è consentita l'attività estrattiva nel periodo di validità del Piano Cave stesso. Le aree sono quindi contraddistinte nel Piano Cave secondo la seguente codifica:

*ATE + settore (minuscolo) + numero progressivo di identificazione ambito*

Fra le aree estrattive sono state selezionate le cave, differenziate per Provincia, considerate utili all'intervento di progetto, sia per la tipologia di materiale coltivato, sia per la disponibilità dei materiali al momento dell'inizio dei lavori in oggetto (2012), sia infine per la distanza dalle aree di cantiere (si vedano le tabelle seguenti).

#### Provincia di Milano

Si fa riferimento alla documentazione contenuta nel Piano Cave della Provincia di Milano (Piano Cave – Settori merceologici della sabbia, ghiaia e dell'argilla), approvato con D.C.R. n. VIII/166 del 16/05/2006.

**Tabella 3-10 – ATE individuate da Piano Cave della Provincia di Milano**

Sigla	Bacino di utenza	Comuni interessati	Volume di Piano (mc)	Produzione media annua (mc/anno)	Note	Distanza <sup>1</sup> (km)
ATEg28	5	Colturano	890.000	89.000	Cava Montefiore	3,0
ATEg29	5	San Donato, San Giuliano	1.250.000	125.000	Cava C.na Tecchione	4,0
ATEg31	6	Zibido S. Giacomo	2.670.000	267.000	Cava C.na Giuseppina	10,6

<sup>1</sup> – Distanza in linea d'aria tra il sito ed il tratto più vicino dell'asse autostradale

ATE – Ambito Territoriale di riferimento in cui è consentita l'attività estrattiva nel periodo di validità del Piano Cave; può comprendere uno o più insediamenti produttivi ciascuno costituito da cava, impianti ed attività connesse

*Provincia di Pavia*

Si fa riferimento alla documentazione contenuta nel Piano Cave della Provincia di Pavia (Piano Cave – Settori merceologici della sabbia, ghiaia, argilla, calcari e dolomie, pietre ornamentali e torba), approvato con D.C.R. n. VIII/344 del 20/02/2007.

Le figure successive mostrano le schede tecniche e le relative planimetrie degli ambiti territoriali riportati nelle precedenti tabelle.

**Tabella 3-11 – ATE individuate da Piano Cave della Provincia di Pavia**

Sigla	Bacino di utenza	Comuni interessati	Volume di Piano (mc)	Produzione media annua (mc/anno)	Note	Distanza <sup>1</sup> (km)
ATEg60	P4	Landriano, Bascapè	1.500.000	150.000	Località Paurana	3,3

*1 – Distanza in linea d'aria tra il sito ed il tratto più vicino dell'asse autostradale*

*ATE – Ambito Territoriale di riferimento in cui è consentita l'attività estrattiva nel periodo di validità del Piano Cave; può comprendere uno o più insediamenti produttivi ciascuno costituito da cava, impianti ed attività connesse*

*Provincia di Lodi*

Si fa riferimento alla documentazione contenuta nel Piano Cave della Provincia di Lodi (Piano Cave – Settori sabbie, ghiaie e argille), approvato con D.C.R. n. VII/1131 del 15/12/2004.

**Tabella 3-12 – ATE individuate da Piano Cave della Provincia di Lodi**

Sigla	Ambito estrattivo	Comuni interessati	Volume di Piano (mc)	Produzione media annua (mc/anno)	Note	Distanza <sup>1</sup> (km)
ATEg1	ATE G1 "Belgiardino"	Montanaso Lombardo, Lodi	1.685.000	168.500	-	6,3
ATEg9	ATE G9 "Cà dell'Acqua"	Borgo San Giovanni	3.550.000	355.000	-	1,5
ATEg10	ATE G10 "Bernareggia"	Casaletto Lodigiano	150.000	15.000	-	2,2
ATEg12	ATE G12 "Sol-tarico Ovest"	Corte Palasio	500.000	50.000	-	8,7

*1 – Distanza in linea d'aria tra il sito ed il tratto più vicino dell'asse autostradale*

*ATE – Ambito Territoriale di riferimento in cui è consentita l'attività estrattiva nel periodo di validità del Piano Cave; può comprendere uno o più insediamenti produttivi ciascuno costituito da cava, impianti ed attività connesse*

3.5.1 Provincia di Milano – Siti di cava



Figura 3-5 – Legenda Planimetria ATE

AMBITO TERRITORIALE ESTRATTIVO	<b>ATEg28</b>			Bacino 5	
CAVE INTERESSATE	Cava Montefiore – COL1				
COMUNI INTERESSATI	Colturano				
LOCALIZZAZIONE	Montefiore				
CTR 1:10.000 - SEZIONI	B6d4				
CAPISALDI DI RIFERIMENTO	N° 01	N 5025556,75 m	E 1525437,99 m	m s.l.m. 87,29	
	N° 02	N 5025519,43 m	E 1525206,20 m	m s.l.m. 88,41	
SUPERFICIE DELL'AMBITO	19,50 ha	GIÀ COLTIVATA	a secco	-	
			in falda	6,65 ha	
VINCOLI PRESENTI	Parco regionale, fasce ed aree soggette alla disciplina del PAI – Fascia B				
CARATTERISTICHE DELLA FALDA	Quota media della falda (m s.l.m.) riferita al 16.10.2001	0150820078: 91.81 - (2.45) 0150820079: 94.12 - (5.50)	media: 92.96		
		cod. pozzo	8ogg.	quota	
	Soggiacenza massima registrata	0150820078	3.86	85.51	1998-2001
		0150820079	5.67	82.96	1998-2001
	Soggiacenza minima registrata	0150820078	1.10	88.27	1998-2001
		0150820079	4.80	83.83	1998-2001
Direzione di flusso prevalente	NNE-SSO				
Gradiente Idraulico locale (‰)	2‰				
<b>PREVISIONE DI PIANO</b>					
SUPERFICIE AREA ESTRATTIVA	62.000 m <sup>2</sup>				
VOLUME DI PIANO	890.000 m <sup>3</sup>				
PROFONDITÀ MASSIMA DI SCAVO	35 m	a secco	-		
		in falda	35 m		
PRODUZIONE MEDIA ANNUA	89.000 m <sup>3</sup> /anno				
MODALITÀ DI COLTIVAZIONE	b = coltivazione in falda, profondità 35 m d = approfondimento di 15 m in falda				
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA	Secondo progetto art.11, L.R. 14/98				
VOLUME DI RISERVA	Attribuzione di un volume pari al 10% del volume di Piano da utilizzare alla scadenza del Piano Cave, in caso di esaurimento dei volumi assegnati				

NOTA Il progetto di ambito dovrà contenere uno studio di compatibilità idraulico-ambientale secondo gli artt. 22 e 41 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Figura 3-6 – Scheda ATEg28



Figura 3-7 – Planimetria ATEg28

AMBITO TERRITORIALE ESTRATTIVO	<b>ATEg29</b>		Bacino 5		
CAVE INTERESSATE	Cava C.na Tecchione – SD1				
COMUNI INTERESSATI	San Donato, San Giuliano				
LOCALIZZAZIONE	C.na Tecchione				
CTR 1:10.000 - SEZIONI	B6c4				
CAPISALDI DI RIFERIMENTO	N° 01	N 5028045,70 m	E 1518958,68 m	m s.l.m. 101,64	
	N° 02	N 5027603,88 m	E 1519085,35 m	m s.l.m. 100,34	
SUPERFICIE DELL'AMBITO	39,35 ha	GIÀ COLTIVATA	a secco	-	
			in falda	13,95 ha	
VINCOLI PRESENTI	Parco regionale				
CARATTERISTICHE DELLA FALDA	Quota media della falda (m s.l.m.) riferita al 30.10.2001		0151950176: 96.80 - (4.34) 0151920137: 98.30 - (5.09)	media: 97.55	
		cod. pozzo	sgg.	quota	
	Soggiacenza massima registrata	0151950176	7.42	93.72	1997-2001
		0151920137	7.88	98.50	1997-2001
		0151461379	7.60	95.80	1990-2001
		0151950007	11.38	88.96	1980-2001
	Soggiacenza minima registrata	0151950176	3.60	97.54	1997-2001
		0151920137	4.34	99.04	1997-2001
0151461379		4.00	99.40	1990-2001	
0151950007		3.68	96.63	1980-2001	
Direzione di flusso prevalente	NO-SE				
Gradiente idraulico locale (‰)	1.6-2.2 ‰				
<b>PREVISIONE DI PIANO</b>					
SUPERFICIE AREA ESTRATTIVA	81.000 m <sup>2</sup>				
VOLUME DI PIANO	1.250.000 m <sup>3</sup>				
PROFONDITÀ MASSIMA DI SCAVO	30 m	a secco	-		
		in falda	30 m		
PRODUZIONE MEDIA ANNUA	125.000 m <sup>3</sup> /anno				
MODALITÀ DI COLTIVAZIONE	b = coltivazione in falda, profondità 30 m				
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA	Rinaturazione di Interesse privato - secondo progetto art.11, L.R. 14/98				
VOLUME DI RISERVA	Attribuzione di un volume pari al 10% del volume di Piano da utilizzare alla scadenza del Piano Cave, in caso di esaurimento dei volumi assegnati				

Figura 3-8 – Scheda ATEg29



Figura 3-9 – Planimetria ATEg29

AMBITO TERRITORIALE ESTRATTIVO	<b>ATEg31</b>		Bacino 6		
CAVE INTERESSATE	Cava C.na Giuseppina – ZI2				
COMUNI INTERESSATI	Zibido S. Giacomo				
LOCALIZZAZIONE	C.na Giuseppina				
CTR 1:10.000 - SEZIONI	B6b5				
CAPISALDI DI RIFERIMENTO	N° 01	N 5022657,86 m	E 1510766,88 m	m s.l.m. 97,56	
	N° 02	N 5022559,24 m	E 1511070,78 m	m s.l.m. 98,92	
SUPERFICIE DELL'AMBITO	65,20 ha	GIÀ COLTIVATA	a secco	-	
			In falda	22,05 ha	
VINCOLI PRESENTI	Parco regionale				
CARATTERISTICHE DELLA FALDA	Quota media della falda (m s.l.m.) riferita al 02.11.2001	0152470192: 97.52 - (1.79) 0152470191: 97.09 - (1.99)	media: 97.30		
		cod. pozzo	sogg.	quota	
	Soggiacenza massima registrata	0152470192	2.13	97.18	1998-2001
		0152470191	2.61	96.47	1998-2001
	Soggiacenza minima registrata	0152470192	1.35	97.96	1998-2001
		0152470191	1.38	97.70	1998-2001
Direzione di flusso prevalente	ONO-ESE				
Gradiente idraulico locale (‰)	1,4‰ zona NO 0,6‰ zona SE				
<b>PREVISIONE DI PIANO</b>					
SUPERFICIE AREA ESTRATTIVA	250.000 m <sup>2</sup>				
VOLUME DI PIANO	2.670.000 m <sup>3</sup>				
PROFONDITÀ MASSIMA DI SCAVO	20 m	a secco	-		
		In falda	20 m		
PRODUZIONE MEDIA ANNUA	267.000 m <sup>3</sup> /anno				
MODALITÀ DI COLTIVAZIONE	b = coltivazione in falda, profondità 20 m d = approfondimento di 11 m in falda				
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA	Secondo progetto art.11, L.R. 14/98 In relazione alla collocazione dell'ATE in ambito di rilevanza paesistica e/o naturalistica (art. 31 e 32 PTCP), il progetto di recupero ambientale, ispirato agli indirizzi contenuti nel PTCP all'art. 50 delle Norme di Attuazione, dovrà attenersi alle indicazioni fornite dal Repertorio B degli allegati al PTCP stesso (Repertorio degli interventi di riqualificazione ambientale)				
VOLUME DI RISERVA	Attribuzione di un volume pari al 10% del volume di Piano da utilizzare alla scadenza del Piano Cave, in caso di esaurimento dei volumi assegnati				

**Modifiche e prescrizioni aggiuntive :**

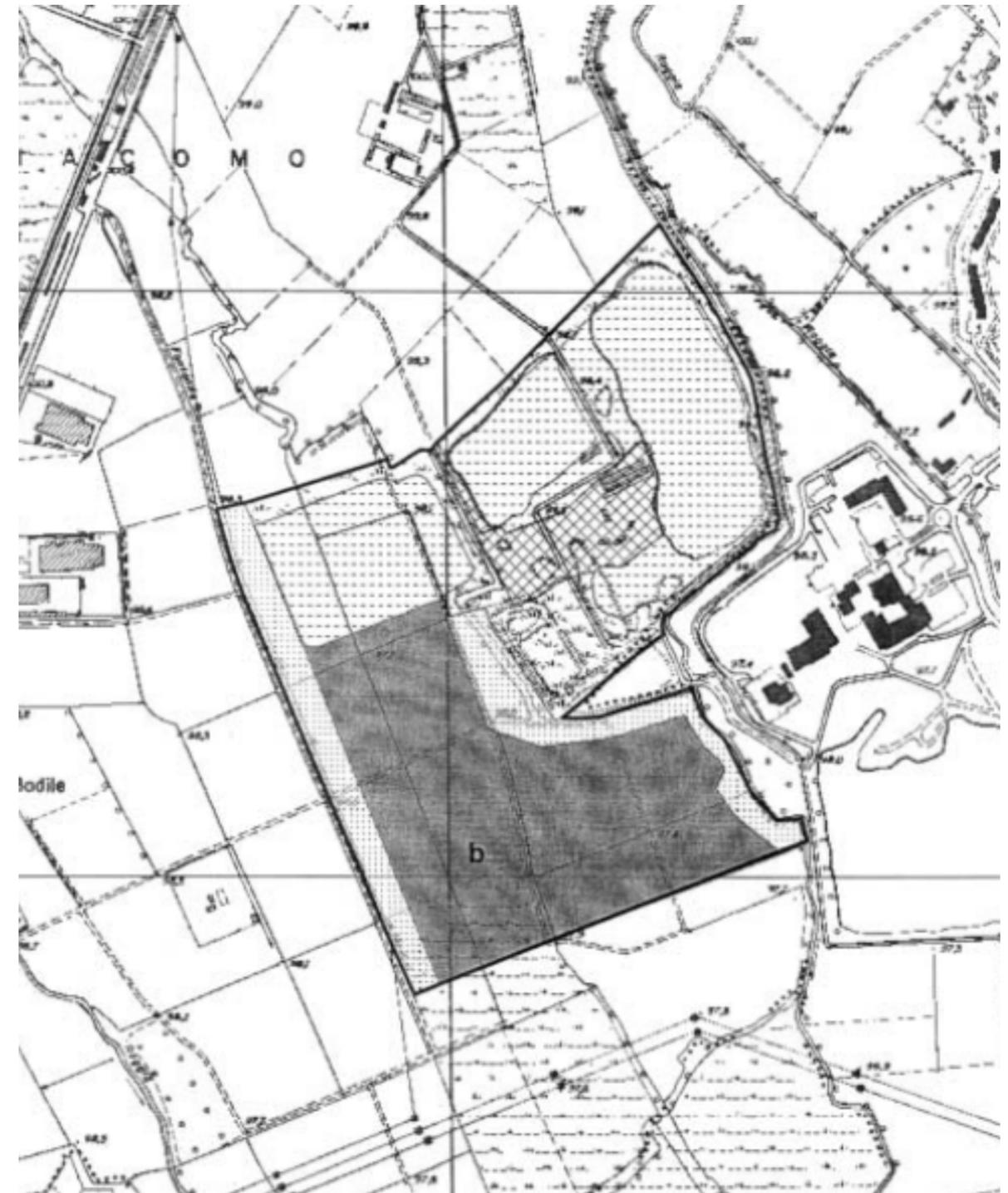
Modifica della planimetria dell'ATE, relativamente alla zona "impianti e stoccaggio" come riportato nella planimetria alla pagina seguente.

Inserimento della superficie a sud-est dell'ATE, come da planimetria alla pagina seguente.

Modifica in "area estrattiva in corso sotto falda" dell'area indicata con la lettera "d" nella planimetria alla pagina seguente.

Volume di piano: 3.000.000 mc

**Figura 3-10 – Scheda ATEg31**



**Figura 3-11 – Planimetria ATEg31**

3.5.2 Provincia di Pavia – Siti di cava

PIANO CAVE DELLA PROVINCIA DI PAVIA	
<b>ATE g60</b>	
Settore merceologico:	sabbia e ghiaia
Bacino di produzione:	P4
Comune:	LANDRIANO – BASCAPÈ
Località:	Palrana
Sezione CTR 1:10.000:	B7c1-B7d1
<b>SITUAZIONE IN ATTO</b>	
ATE attivo (ex 292)	Riserve reali al 2003: m <sup>3</sup> 500.000
Superficie: m <sup>2</sup> 190.000	Produzione programmata: m <sup>3</sup> /a 150.000
Profondità/altezza di scavo: m 25	Volume medio coltivato nel triennio 2000-2002: m <sup>3</sup> /a 70.000
Volume di Piano (revisione): m <sup>3</sup> 1.900.000	
Destinazione d'uso finale: laghetto	
<b>Analisi e lettura del contesto</b>	
Materiale: sabbia con livelli ghiaiosi per 4-6 m su banco limoso-argilloso di 3,5-6 m	
Metodologie di coltivazione: coltivazione in falda	
Tipologia di appartenenza: connesso all'abitato	
Vulnerabilità ambientale: zona di indirizzi PTCP (consolidamento delle attività agricole e dei caratteri connotativi) vicinanza con abitato, interferenza con falda acquifera	
Presenza di cave dismesse: sì	
Condizioni del recupero: -	
Alterazione ambientale progressa: X	
<b>PREVISIONI DI PIANO</b>	
<b>Coltivazione</b>	
Tipologia di coltivazione: coltivazione in falda	
Superficie: m <sup>2</sup> 295.000 (area estrattiva 270.000)	
Profondità/altezza: vedi prescrizione	
Volume estraibile nel decennio: m <sup>3</sup> 1.500.000 (massimo - vedi prescrizione)	
Produzione annua programmata: m <sup>3</sup> 150.000	
Anni di autonomia: 10	
Volume residuo (riserve eccedenti il volume decennale): m <sup>3</sup> 0	
Prescrizioni per la coltivazione: preliminare studio idrogeologico delle falde acquifere artesiane potenzialmente interessate, confinate sotto il banco impermeabile ed a carattere artesiano; nel caso lo studio non garantisca con certezza la piena tutela degli acquiferi la coltivazione deve essere limitata al banco superiore (profondità massima 6 m), con proporzionale limitazione dei volumi	
<b>Recupero ambientale</b>	
Destinazione d'uso finale: ricreativa e naturalistica	
Prescrizioni per il recupero ambientale: il progetto d'ambito deve prevedere, d'intesa con l'Amministrazione Comunale, un assetto del lago accessibile e con elementi naturalistici integrati col paesaggio agricolo circostante	
Più puntuali orientamenti per il progetto dell'ATE sono riportati nelle «Note sul territorio di pertinenza» (art. 44 NTA)	
<b>NOTE:</b> ripermimetrazione funzionale al razionale sfruttamento del giacimento, anche in rapporto al gasdotto, ed alla salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio circostante	

Figura 3-12 – Scheda ATEg60

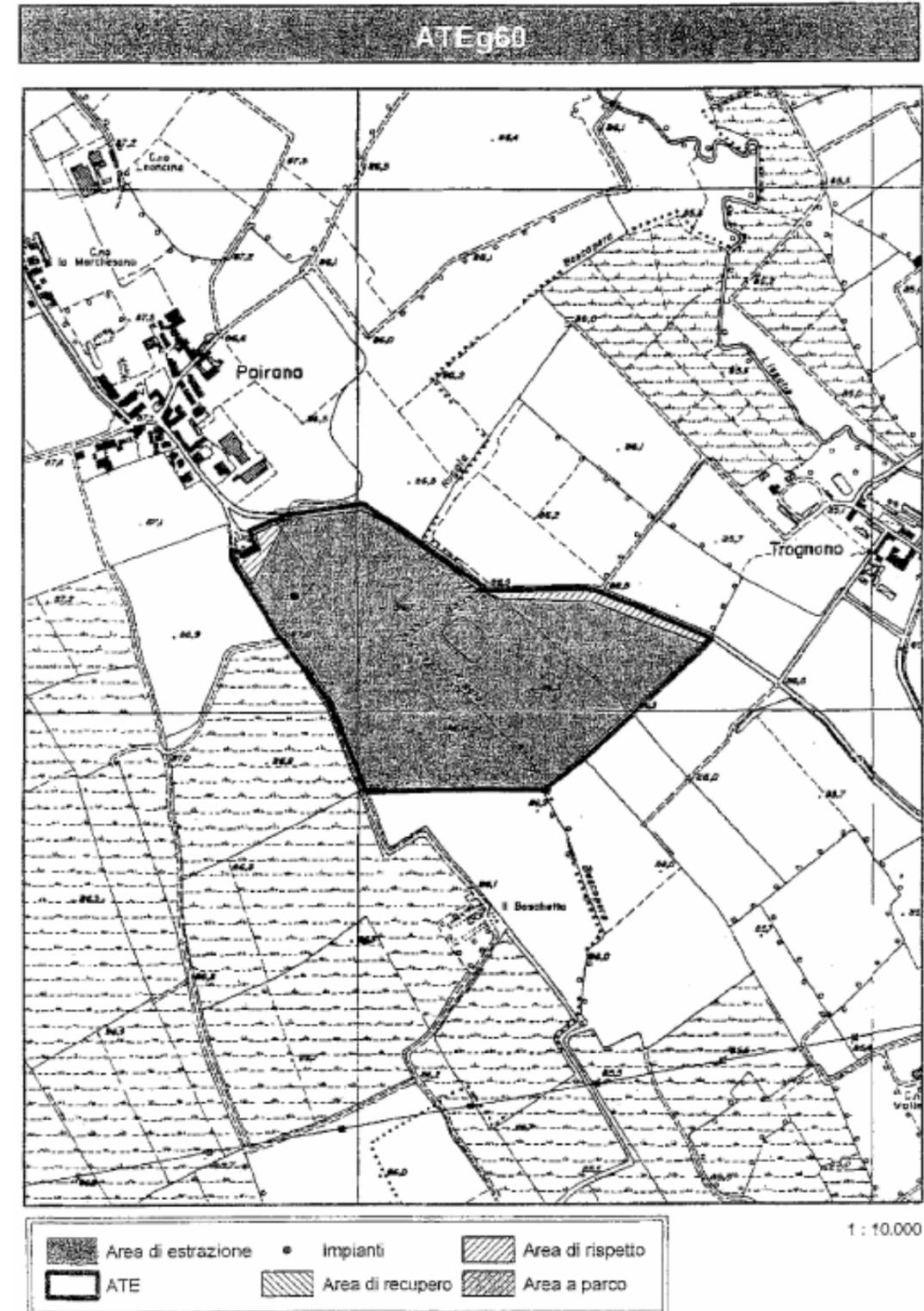


Figura 3-13 – Planimetria ATEg60

3.5.3 Provincia di Lodi – Siti di cava

**SETTORE MERCEOLOGICO:** GHIAIA E SABBIA  
**AMBITO ESTRATTIVO:** ATE G1 "Belgiardino"  
**CAVE:** ATEg1c1  
**COMUNE:** MONTANASO LOMBARDO - LODI  
**FOGLI C.T.R.:** b6e5 - b7e1

**CARATTERISTICHE DELL'AREA ESTRATTIVA**

SUPERFICIE AMBITO	779.465m <sup>2</sup>
PIANO DI CAMPAGNA	71m s.l.m. (quota media)
FALDA FREATICA	69m s.l.m. (quota massima prevista)
TIPOLOGIA DI CAVA	A fossa in falda freatica
SPESSORE UTILE GIACIMENTO	25m
VINCOLI PRESENTI	nessuno

**PREVISIONI DI PIANO CAVE**

RISERVE STIMATE (al dicembre 2003)	2.000.000 m <sup>3</sup>								
PRODUZIONE PROGRAMMATA (m <sup>3</sup> /anno)									
1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
168.500	168.500	168.500	168.500	168.500	168.500	168.500	168.500	168.500	168.500
RISERVE RESIDUE (al dicembre 2013)	315.000m <sup>3</sup>								
QUOTA MINIMA DI SCAVO	46m s.l.m.								
PROFONDITÀ MEDIA DI ESCAVAZIONE	25m								
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA	Naturalistica (moduli z1-b1a-b1b-b1d) - Ricreativa, ricettiva, verde pubblico attrezzato								

Figura 3-14 – Scheda ATEg1

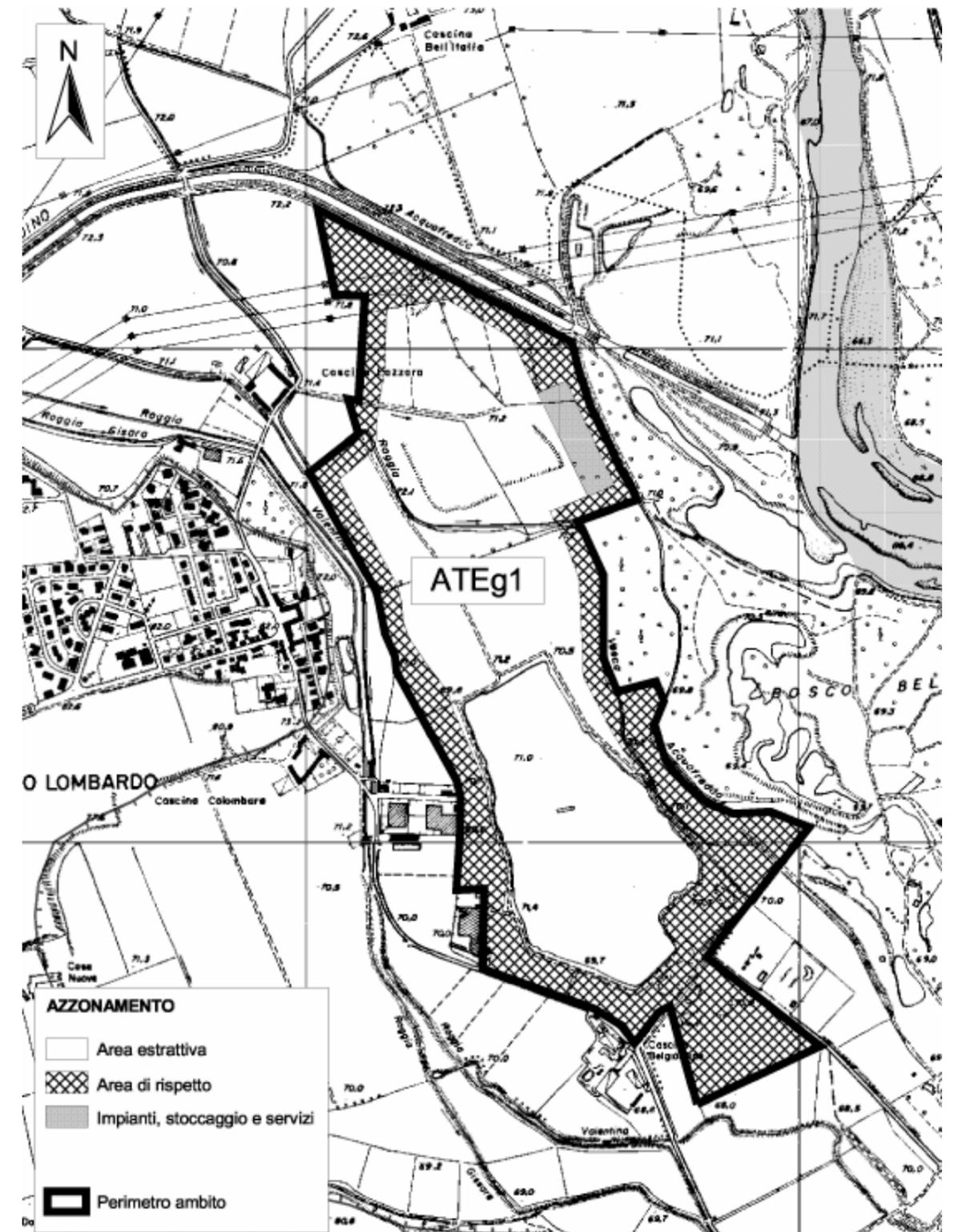


Figura 3-15 – Planimetria ATEg1

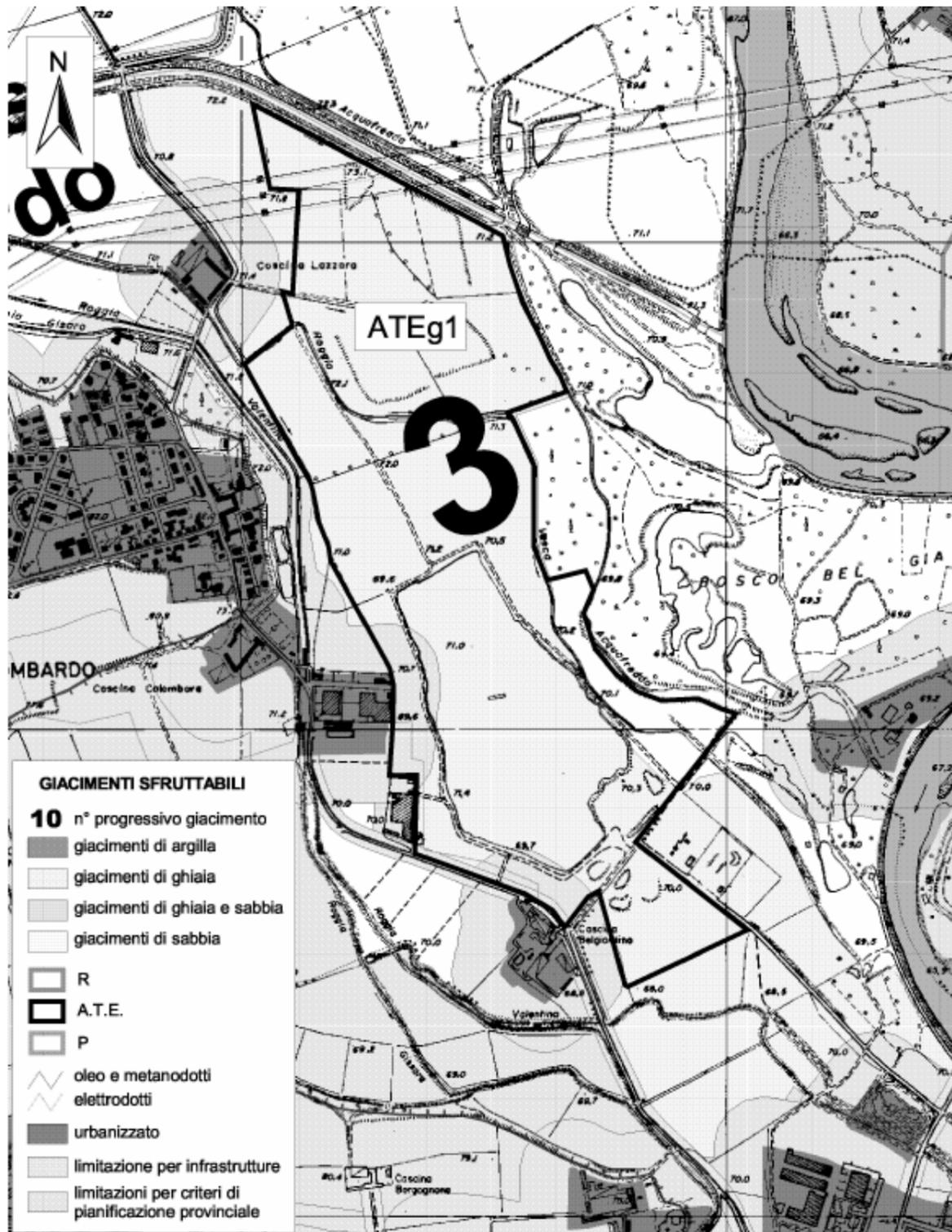


Figura 3-16 – Giacimento sfruttabile - ATEg1

**SETTORE MERCEOLOGICO:** GHIAIA E SABBIA  
**AMBITO ESTRATTIVO:** ATE G9 "Cà dell'acqua"  
**CAVE:** ATEg9c1 - ATEg9c2 - ATEg9c3  
**COMUNE:** SALERANO SUL LAMBRO - LODI VECCHIO - BORGO SAN GIOVANNI - CASTIRAGA VIDARDO  
**FOGLI C.T.R.:** b7d1- b7d2 - b7e2 - b7e1

**CARATTERISTICHE DELL'AREA ESTRATTIVA**

SUPERFICIE AMBITO 2.606.019m<sup>2</sup>  
SUPERFICIE ATEg9c1 128.494m<sup>2</sup>  
SUPERFICIE ATEg9c2 564.618m<sup>2</sup>  
SUPERFICIE ATEg9c3 488.379m<sup>2</sup>  
SUPERFICIE ATEg9c4 598.611m<sup>2</sup>  
PIANO DI CAMPAGNA 75m s.l.m. (quota media sopra terrazzo);  
66m s.l.m. (quota media sotto terrazzo);  
64m s.l.m. (quota massima prevista)  
FALDA FREATICA Arretramento di terrazzo  
TIPOLOGIA DI CAVA Arretramento di terrazzo  
SPESSORE UTILE GIACIMENTO 8m  
VINCOLI PRESENTI D.Lgs.490/99, art.146 comma 1 lett.c)

**PREVISIONI DI PIANO CAVE**

RISERVE STIMATE (al dicembre 2003) 3.350.000 m<sup>3</sup>

**PRODUZIONE PROGRAMMATA (m<sup>3</sup>/anno)**

*ATEg9c1*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000

*ATEg9c2*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
113.000	113.000	113.000	113.000	113.000	113.000	113.000	113.000	113.000	113.000

*ATEg9c3*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000	97.000

*ATEg9c4*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000

RISERVE RESIDUE (al dicembre 2013) giacimento esaurito  
QUOTA MINIMA DI SCAVO 65m s.l.m.  
PROFONDITÀ MEDIA DI ESCAVAZIONE 8m  
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA Agricola - naturalistica  
RECUPERO SCARPATE Naturalistico (modulo r1)  
RECUPERO FONDO CAVA Agricolo - naturalistico (moduli b2a - s1)

Figura 3-17 – Scheda ATEg9

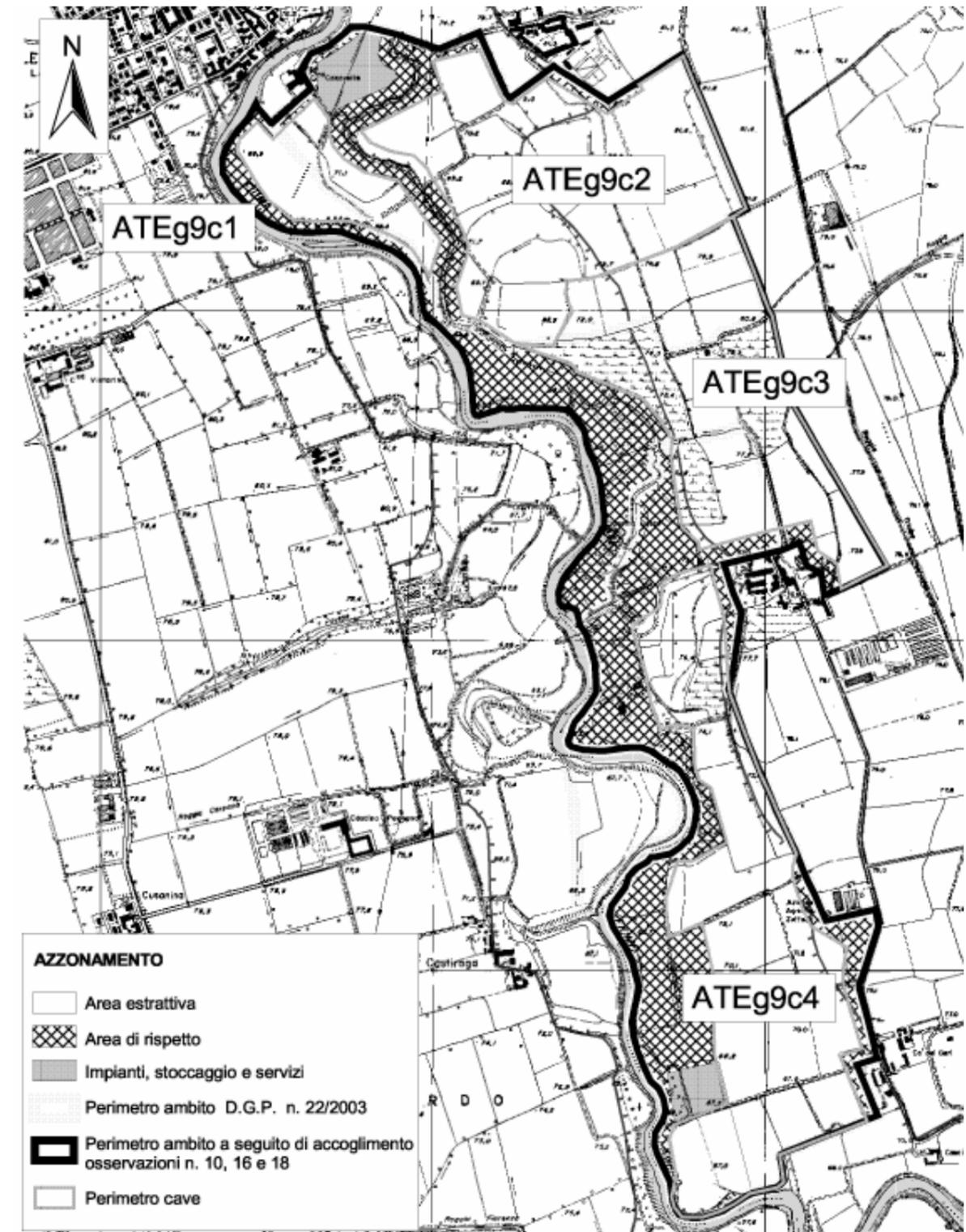


Figura 3-18 – Planimetria ATEg9

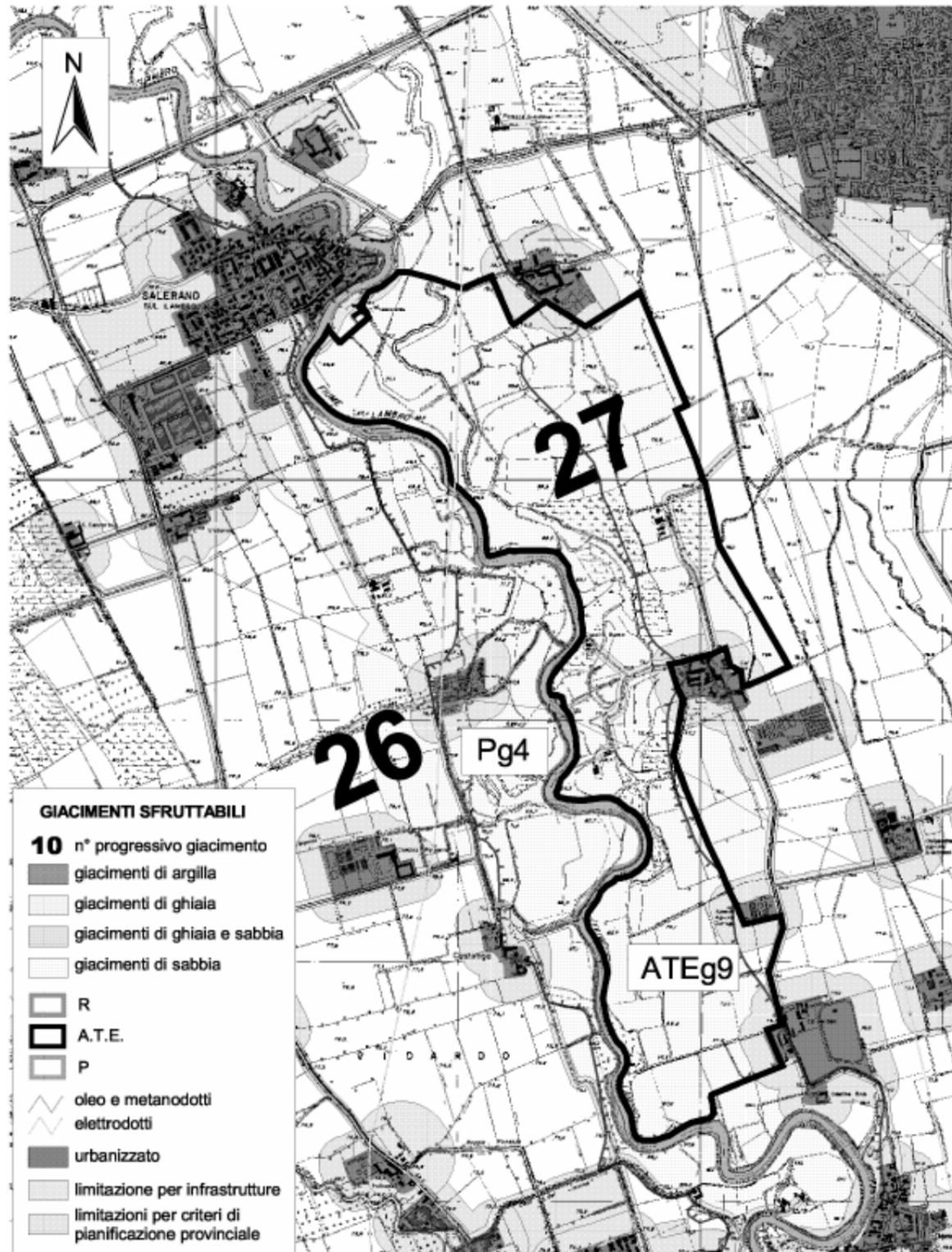


Figura 3-19 – Giacimento sfruttabile – ATEg9

SETTORE MERCEOLOGICO: *GHIAIA E SABBIA*  
 AMBITO ESTRATTIVO: *ATE G10 "Bernareggia"*  
 CAVE: *ATEg10c1*  
 COMUNE: *CASALETTO LODIGIANO*  
 FOGLI C.T.R.: *b7d1*

**CARATTERISTICHE DELL'AREA ESTRATTIVA**

SUPERFICIE AMBITO 339.649m<sup>2</sup>  
 PIANO DI CAMPAGNA 80m s.l.m. (quota media sopra terrazzo);  
 76m s.l.m. (quota media sotto terrazzo);  
 FALDA FREATICA 73m s.l.m. (quota massima prevista)  
 TIPOLOGIA DI CAVA Arretramento di terrazzo  
 SPESSORE UTILE GIACIMENTO 4m  
 VINCOLI PRESENTI Nessuno

**PREVISIONI DI PIANO CAVE**

RISERVE STIMATE (al dicembre 2003) 150.000 m<sup>3</sup>

PRODUZIONE PROGRAMMATA (m<sup>3</sup>/anno)

*ATEg10c1*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000

RISERVE RESIDUE (al dicembre 2013) giacimento esaurito  
 QUOTA MINIMA DI SCAVO 76m s.l.m.  
 PROFONDITÀ MEDIA DI ESCAVAZIONE 4m  
 DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA Agricola  
 RECUPERO SCARPATE Naturalistico (modulo r1)  
 RECUPERO FONDO CAVA Agricolo (modulo r1)

Figura 3-20 – Scheda ATEg10

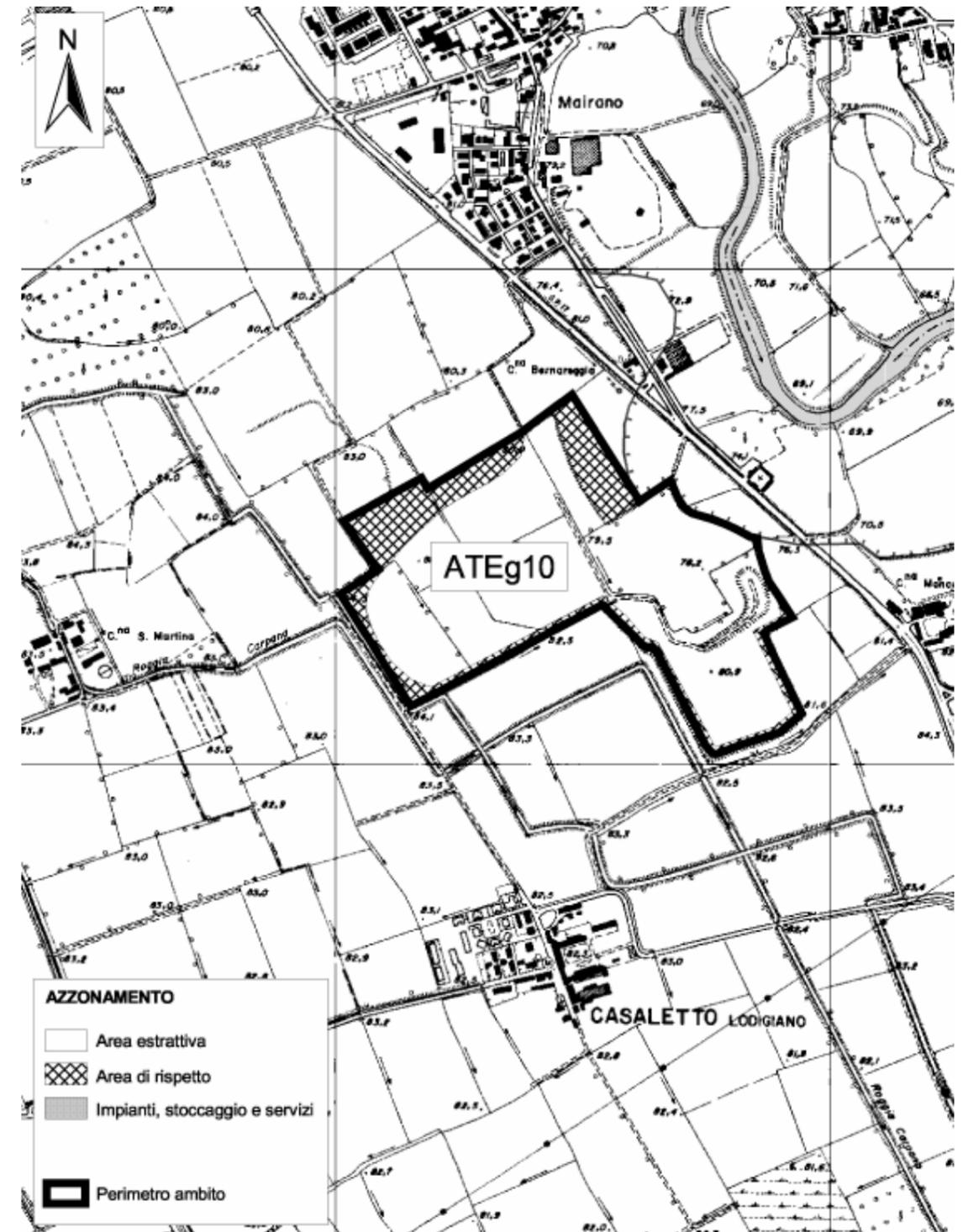


Figura 3-21 – Planimetria ATEg10

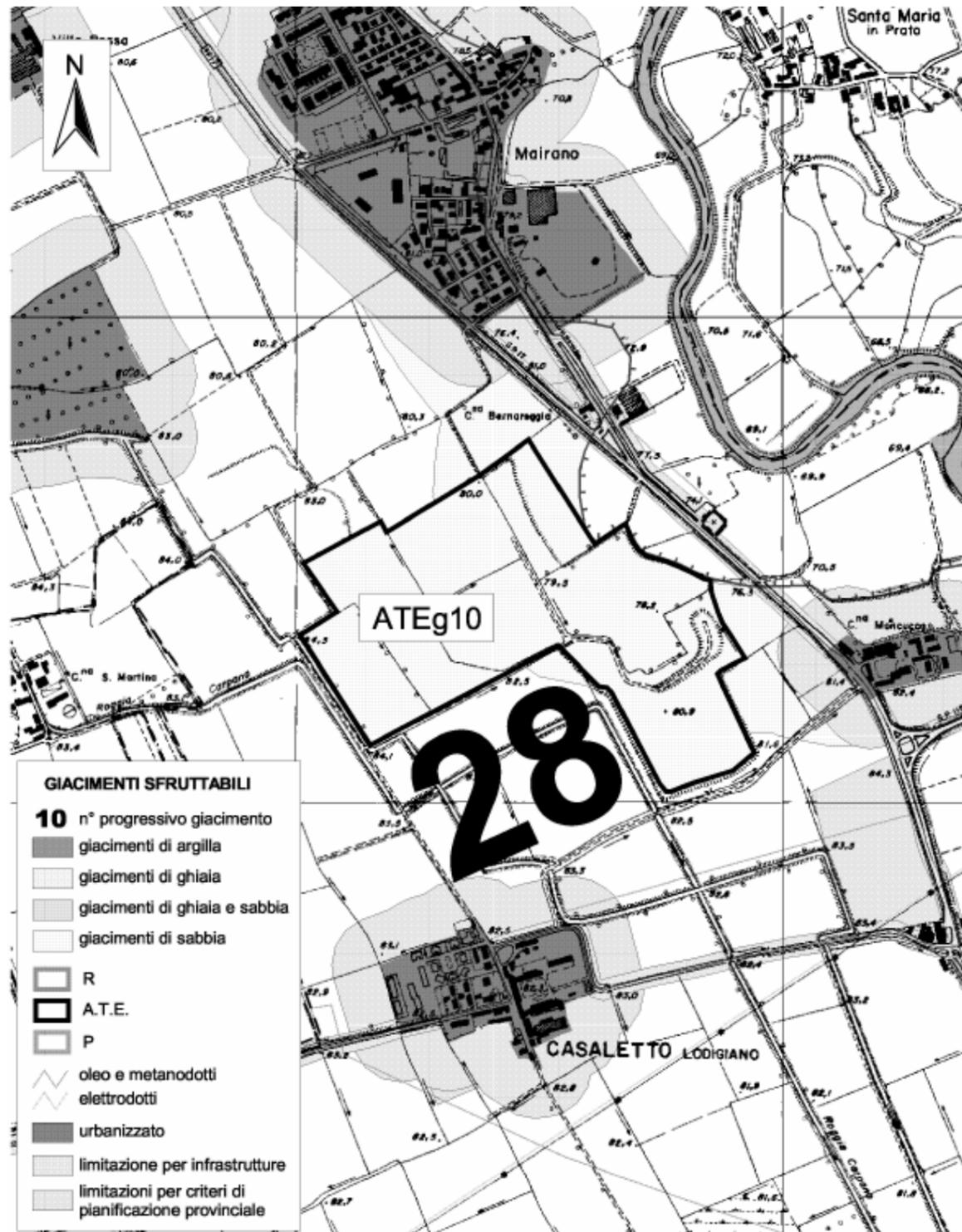


Figura 3-22 – Giacimento sfruttabile – ATEg10

SETTORE MERCEOLOGICO: GHIAIA E SABBIA  
AMBITO ESTRATTIVO: ATE G12 "Soltarico ovest"  
CAVE: ATEg12c1  
COMUNE: CORTE PALASIO  
FOGLI C.T.R.: C7a1 - C7a2

**CARATTERISTICHE DELL'AREA ESTRATTIVA**

SUPERFICIE AMBITO 487.241m<sup>2</sup>  
PIANO DI CAMPAGNA 62.5m s.l.m. (quota media);  
FALDA FREATICA 57.5m s.l.m. (quota massima prevista)  
TIPOLOGIA DI CAVA Scavo a secco  
SPESSORE UTILE GIACIMENTO 4m  
VINCOLI PRESENTI Idrogeologico; Fascia A e B del P.A.I.; D.Lgs.490/99, art.146 comma 1 lett.c)

**PREVISIONI DI PIANO CAVE**

RISERVE STIMATE (al dicembre 2003) 1.500.000 m<sup>3</sup>

**PRODUZIONE PROGRAMMATA (m<sup>3</sup>/anno)**

*ATEg12c1*

1°anno	2°anno	3°anno	4°anno	5°anno	6°anno	7°anno	8°anno	9°anno	10°anno
50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

RISERVE RESIDUE (al dicembre 2013) 1.000.000 m<sup>3</sup>  
QUOTA MINIMA DI SCAVO 58m s.l.m.  
PROFONDITÀ MEDIA DI ESCAVAZIONE 4m  
DESTINAZIONE FINALE PROGRAMMATA Agricola  
RECUPERO FONDO CAVA Agricolo - Naturalistico

NOTE: In sede d'autorizzazione lo studio di incidenza dell'intervento sul S.I.C. di cui all'art. 6 dell'alleg. C alla d.g.r. 8 agosto 2003 n.7/1406 dovrà essere predisposto secondo quanto previsto nel decreto della Direzione Generale Qualità dell'Ambiente n. 8629 del 29 maggio 2004.

Figura 3-23 – Scheda ATEg12

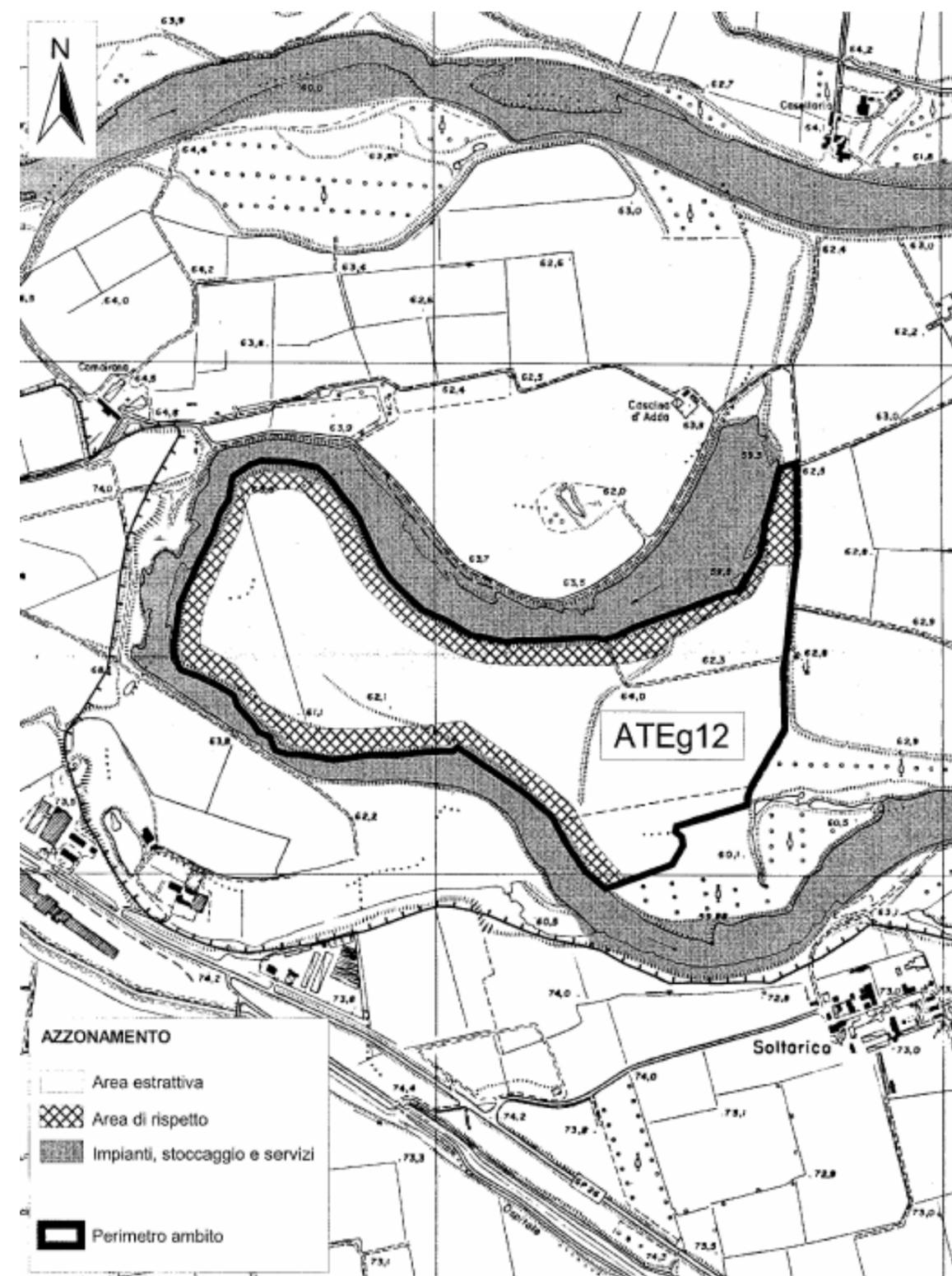


Figura 3-24 – Planimetria ATEg12

### 3.5.4 Impianti di produzione di calcestruzzo

L'individuazione degli impianti di produzione di calcestruzzo per l'approvvigionamento del materiale necessario, è stata condotta a partire da indagini e contatti diretti con le aziende presenti in loco. Fra gli impianti di produzione di calcestruzzo, sono stati selezionati quelli preferibili ed utili alla realizzazione dell'infrastruttura di progetto, sulla base di produzione oraria e distanza dalle aree di cantiere:

- Ubicazione dell'impianto: loc. Pairana, Landriano (PV)  
Esercente: COSMOCAL S.p.a.  
Potenzialità: 120 mc/ora
- Ubicazione dell'impianto: Cascina Tecchione, San Donato Milanese (MI)  
Esercente: COSMOCAL S.p.a.  
Potenzialità: 150 mc/ora
- Ubicazione dell'impianto: Sant'Angelo Lodigiano (LO)  
Esercente: COSMOCAL S.p.a.  
Potenzialità: 90 mc/ora
- Ubicazione dell'impianto: loc. Belgiardino, Montanaso Lombardo (LO)  
Esercente: COSMOCAL S.p.a.  
Potenzialità: 90 mc/ora
- Ubicazione dell'impianto: Colturano (MI)  
Esercente: MONTEVERDE CALCESTRUZZI S.r.l.
- Ubicazione dell'impianto: Mediglia (MI)  
Esercente: COLABETON S.r.l.
- Ubicazione dell'impianto: Pioltello (MI)  
Esercente: CEMENCAL S.p.a.
- Ubicazione dell'impianto: Boffalora d'Adda (LO)

Esercente: MIZZI ENRICO & FIGLI S.r.l.

### 3.5.5 Impianti di produzione di conglomerato bituminoso

- Ubicazione dell'impianto: Opera (MI)  
Esercente: GABANELLI S.r.l.
- Ubicazione dell'impianto: Boffalora d'Adda (LO)  
Esercente: MIZZI ENRICO & FIGLI S.r.l.
- Ubicazione dell'impianto: Corteolona (PV)  
Esercente: PAVIA BITUMI S.r.l.

## 3.6 DEPOSITI E DISCARICHE

### 3.6.1 Impianti di stoccaggio e riciclaggio autorizzati

Gli impianti di trattamento per il recupero di materiali e gli impianti/siti di smaltimento materiali sono stati ricercati fra le imprese autorizzate alla Gestione dei Rifiuti ai sensi della normativa vigente (Piano Provinciale per la Gestione dei Rifiuti – D.G.R. Lombardia n. VIII/008907 del 27/01/09).

Sono stati selezionati gli impianti con autorizzazione alla lavorazione e smaltimento di rifiuti provenienti da attività di demolizione, frantumazione e costruzione, secondo i codici CER (Codice Europeo dei Rifiuti, in vigore dal 1 gennaio 2002) specifici riportati nelle schede allegate.

#### Provincia di Milano

- Ubicazione dell'impianto: Comune di Milano (MI),  
Esercente: ECOINERTI S.r.l.  
Tipo di attività: R5 Recupero, R13 Messa a riserva  
Quantitativo annuo lavorabile (t): -

Quantitativo massimo stoccabile istantaneo al momento dell'inizio dei lavori (2012) (t):

-

Note: -

#### Provincia di Pavia

- Ubicazione dell'impianto: Comune di Maghero (PV),

Esercente: EDIL SACE S.r.l.

Tipo di attività: R5 Recupero, R13 Messa a riserva

Quantitativo annuo lavorabile (t): 15.000

Quantitativo massimo stoccabile istantaneo al momento dell'inizio dei lavori (2012) (t):

-

Note: -

- Ubicazione dell'impianto: Comune di Corteolona (PV),

Esercente: MORETTI F.LLI S.n.c. di Moretti Diego & C.

Tipo di attività: R5 Recupero, R13 Messa a riserva

Quantitativo annuo lavorabile (t): 80.000

Quantitativo massimo stoccabile istantaneo al momento dell'inizio dei lavori (2012) (t):

-

Note: -

#### Provincia di Lodi

- Ubicazione dell'impianto: loc. Belgiardino (LO),

Esercente: COLOMBO SEVERO & C. S.r.l.

Tipo di attività: R5 Recupero, R10 Spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura o dell'ecologia, R13 Messa a riserva

Quantitativo annuo lavorabile (t): 109.900

Quantitativo massimo stoccabile istantaneo al momento dell'inizio dei lavori (2012) (t):

-

Note: -

### 3.7 TRANSITI DI CANTIERE

In base alla localizzazione dei poli di origine e destinazione delle varie tipologie di materiali coinvolti nei lavori di ampliamento e all'organizzazione e durata delle fasi di lavorazione si è proceduto a individuare i percorsi e stimare il numero di transiti di mezzi pesanti per la movimentazione dei materiali.

Tali percorsi non potranno utilizzare l'asse autostradale in quanto le aree di cantiere, pur essendo in adiacenza all'autostrada, non hanno un accesso diretto alla sede autostradale, ma solo varchi per i mezzi operativi.

Pertanto gli approvvigionamento esterni di terre e inerti avverranno utilizzando la SS 9 Emilia dal sito di origine (si vedano le tavole MAM-QPGT-037-038 con la localizzazione delle cave e discariche/impianti di recupero) all'incrocio con la SP 204 in località Sordio, e quest'ultima viabilità fino a San Zenone al Lambro dove sono localizzate le aree di cantiere descritte in precedenza.



Figura 3-25: localizzazione aree di cantiere. Campo base, cantere operativo e area di caratterizzazione terre nel sito 1; cantiere operativo per impianti di produzione conglomerati bituminosi nel sito 2.

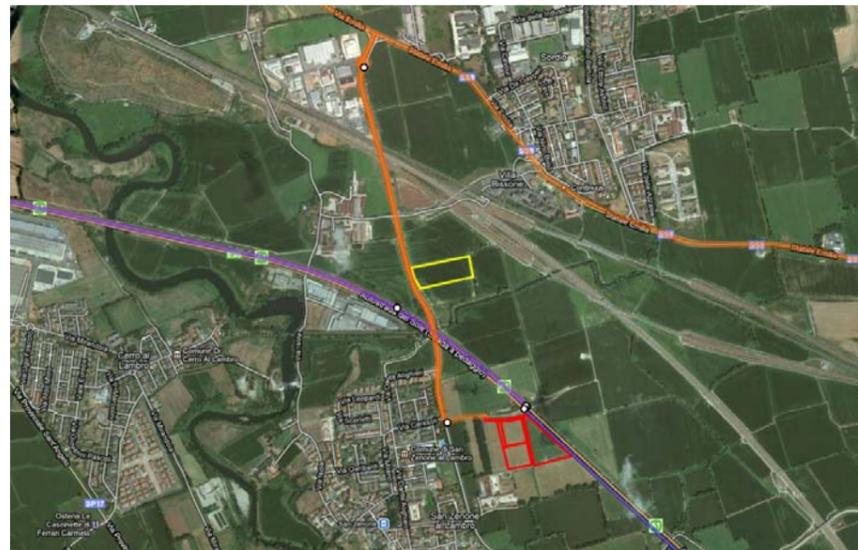


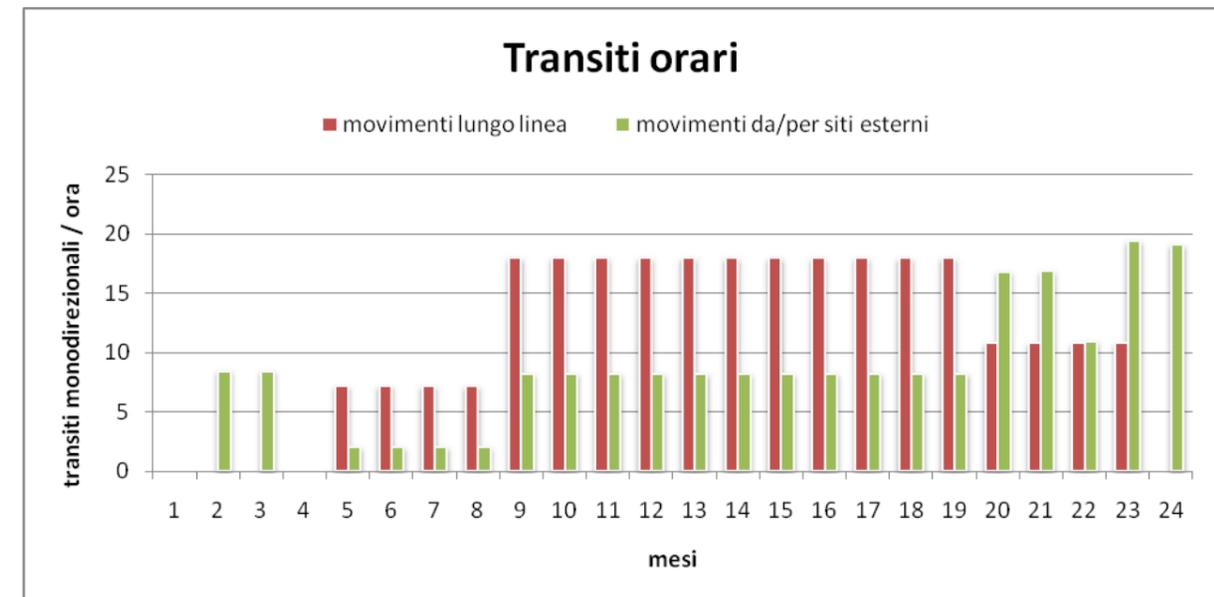
Figura 3-26: individuazione percorsi di accesso alle aree di cantiere.

Per il calcolo dei transiti medi giornalieri sono stati utilizzati alcuni parametri caratteristici delle lavorazioni stradali: la capacità dei singoli mezzi per il trasporto dei materiali (15 mc), il numero di giorni di lavoro mensili (21), le ore di attività dei cantieri (10, indicativamente dalle

8.00 alle 18.00). I movimenti di materiale sono stati distribuiti in maniera uniforme su tutto il periodo di durata delle varie fasi di lavoro indicate nel crono programma di cantiere (30 mesi).

Il grafico successivo illustra l'andamento indicativo del numero di transiti medi orari (per direzione) stimati per:

- approvvigionamento del materiale dall'esterno (terreni e inerti da cave, materiale frastato da depositi di Autostrade per l'Italia) e smaltimento di materiale in esubero (terreni e inerti verso discariche/impianti di recupero) – INTERESSA LA VIABILITÀ ORDINARIA;
- movimentazione dei mezzi lungo i percorsi lungo linea (terre e pavimentazioni dalle aree/impianti di cantiere ai siti di lavorazione) – NON INTERESSA LA VIABILITÀ ORDINARIA.



A parte nelle fasi di approntamento e dismissione del cantiere il numero di transiti orari andata/ritorno sulla viabilità ordinaria risulta contenuto (16 viaggi a/r all'ora nella parte centrale del programma di lavoro).

I transiti per la movimentazione del materiale necessario alla realizzazione del rilevato ampliato, alla fresatura e demolizione della pavimentazione esistente e per la realizzazione di quella nuova, saranno invece più consistenti (36 viaggi a/r all'ora nella parte centrale del programma di lavoro), ma avverranno quasi esclusivamente lungo l'autostrada o la pista di cantiere realizzata sull'impronta dell'ampliamento. La viabilità locale sarà interessata solo per raggiungere specifici siti di lavorazione, per periodi temporali limitati e concentrati.

## 4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

### 4.1 BARRIERE ACUSTICHE

In relazione alla mitigazione dell'inquinamento acustico il presente studio recepisce i contenuti del Piano di contenimento e abbattimento del rumore (Piano di risanamento acustico) predisposto da Autostrade per l'Italia ai sensi del DM 29/11/00 e del DPR 142/04 e presentato nel mese di giugno 2007.

Nell'elaborato "MAM-QPGT-019\_029 – Planimetria di progetto commentata con indicazione dei dati progettuali significativi" è quindi indicata la localizzazione delle mitigazioni acustiche previste.

Nel seguito sono riportate le barriere acustiche previste:

**Tabella 4-1 - Caratteristiche geometriche delle barriere acustiche in progetto**

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	<b>3270</b>	tot	<b>15651</b>

L'obiettivo primario del contenimento acustico 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.

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%) (si veda elaborato MAM-QPGT-MIT-015).

In prossimità di abitazioni o di siti frequentati, ed in presenza di ponti e viadotti, devono essere utilizzate lastre rinforzate con fili di poliammide integrati e cordini di ancoraggio, con funzione di collegamento dei frammenti in caso di rottura.

### 4.2 OPERE A VERDE

#### 4.2.1 Premessa

Le opere a verde hanno l'obiettivo di inserire l'infrastruttura autostradale nell'ambiente attraversato, di fornire un elemento utile contro l'inquinamento atmosferico da essa prodotto, di riqualificare gli ambiti marginali interessati dai lavori, di valorizzare i corridoi ecologici rappresentati dai corsi d'acqua e di recuperare, dal punto di vista ambientale, le aree utilizzate nella fase di cantierizzazione.

Tali opere consistono in interventi vegetazionali, quali inerbimenti e impianti di specie vegetali autoctone, quest'ultime scelte in base alle fitocenosi potenziali e alle caratteristiche microclimatiche del sito, adottati con tipologie diversificate a seconda della funzione che l'intervento puntualmente deve svolgere, anche combinando più tipologie.

Nella presente, si sono quindi definite delle tipologie di opere a verde idonee a perseguire gli obiettivi di cui sopra, fornendo le indicazioni sulla struttura (arboreo e/o arbustiva e relative

dimensioni) e sui sestri di impianto, rappresentati nella relativa tavola delle tipologie di opere a verde.

In seguito, si sono fornite, inoltre, le indicazioni normative che occorre rispettare nei successivi livelli di progettazione, sia per la scelta delle specie, che per l'applicazione delle tipologie di intervento. Si evidenzia che tali vincoli normativi sono molto importanti per definire, nelle successive fasi progettuali, la dimensione delle aree su cui prevedere le opere a verde.

#### 4.2.2 Tipologie opere a verde

Le opere a verde previste in progetto (elaborati MAM-QPGT-MIT-001\_014) 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;

- riqualificazione 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 rive 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 inter-

venti 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.

## 5 ANALISI COSTI BENEFICI

### 5.1 METODOLOGIA: L'ANALISI COSTI-BENEFICI

L'analisi costi-benefici è una procedura di supporto decisionale al policy-maker per la scelta dell'allocazione di risorse scarse tra alternative differenti. Questa metodologia origina direttamente dall'economia del benessere, ovvero da quella parte della scienza economica che si occupa dell'allocazione delle risorse con l'obiettivo di massimizzare il benessere complessivo della società.

**In un contesto di economia perfetta** il test costi-benefici di un progetto di investimento pubblico richiede che tutte le risorse connesse all'intervento siano valutate ai prezzi di mercato. In condizioni di concorrenza perfetta, pertanto, **l'analisi economica e l'analisi finanziaria coincidono e si verifica una totale separazione tra obiettivi di efficienza**, colti dall'analisi, **e obiettivi di equità**.

In un **contesto di economia imperfetta**, più aderente alla realtà, i prezzi di mercato non rispecchiano necessariamente l'effettiva scarsità delle risorse. A tal fine sono introdotti nell'analisi costi-benefici dei correttivi dei prezzi di mercato, o fattori di conversione, che consentono di individuare il cosiddetto **prezzo ombra** o **prezzo contabile** di un bene, vale a dire il prezzo di mercato che prevarrebbe in assenza di distorsioni e che meglio si approssima all'esito di un meccanismo di mercato perfettamente concorrenziale<sup>6</sup>, restituendo così l'esatta misura del *costo opportunità sociale* della risorsa stessa.

Un secondo tipo di distorsioni di mercato riguarda le **esternalità**, per le quali si rendono necessarie metodologie di analisi specifiche. Come noto, la presenza di esternalità costituisce uno degli elementi principali di allontanamento da un equilibrio di mercato concorrenziale. Infatti, si verifica un'esternalità ogni qualvolta l'attività di produzione o di consumo di un agente economico influisce sull'attività di produzione o consumo altrui senza il corrispettivo di un giusto prezzo.

La presenza delle distorsioni di mercato appena descritte comporta una netta divergenza tra **analisi finanziaria ed analisi economica di progetto**. In sostanza,:

- con l'analisi **finanziaria** si assume la prospettiva del soggetto investitore e/o gestore del progetto in esame;
- con l'analisi **economica** si assume la prospettiva dell'intera collettività di riferimento.

La diversità dei due punti di vista appare evidente se si considera che non tutti i costi ed i benefici finanziari dell'investitore sono costi e benefici economici per la collettività e che, viceversa, ci sono costi economici che la collettività sostiene che non si concretizzano in un costo finanziario per l'investitore. Alcuni esempi serviranno per chiarire quanto appena espresso.

- a) Le **imposte** che il gestore della infrastruttura paga all'erario sono un costo finanziario, ma non sono un costo economico per la collettività, in quanto si tratta di un trasferimento di ricchezza tra soggetti appartenenti alla stessa società;
- b) I benefici finanziari derivanti dalle **tariffe** non incamerano totalmente il surplus del consumatore, obiettivo raggiungibile esclusivamente attraverso una perfetta discriminazione della domanda.
- c) In relazione alle esternalità ambientali, raramente i (minori) costi economici effettivamente generati dal progetto, come le **emissioni inquinanti** o la diminuzione della fruizione visiva del paesaggio, si traducono in costi (benefici) finanziari aggiuntivi per l'investitore.
- d) In molti casi i costi finanziari dell'investitore sono anche costi economici per la collettività: il consumo di **materiali da costruzione**, ad esempio, è un costo sia economico che finanziario, poiché tali risorse non risulteranno disponibili per utilizzi alternativi. Così la **manodopera**, che sarà valutata pari al salario di mercato sia in analisi finanziaria che in analisi economica qualora ci si trovi in piena occupazione, mentre tale valore sarà progressivamente ridotto al crescere del tasso di disoccupazione, poiché in tali circostanze la forza lavoro impiegata non solo non avrebbe utilizzi alternativi da offrire, ma addirittura assorbirebbe risorse aggiuntive nella forma di erogazione di sussidi.

Scopo dell'analisi economica di progetto è verificare che la realizzazione dell'investimento pubblico determini un miglioramento del livello di benessere sociale complessivo. Tuttavia, il livello di benessere è funzione diretta delle utilità individuali e dipende pertanto dalle preferenze personali, difficilmente quantificabili in termini assoluti e non confrontabili interperso-

<sup>6</sup> T. Boeri, Beyond the Rule of Thumb – Methods for Evaluating Public Investment Projects, p. 13, Westview Press, Boulder, 1990.

nalmente. Per queste ragioni, l'analisi economica si giova di alcuni *shortcut* che, pur preservandone la consistenza teorica, la allontanano dai dettami troppo stringenti della teoria economica, rendendola di fatto maggiormente applicabile alla pratica della realtà quotidiana.

In particolare, in assenza di una funzione di domanda stimata econometricamente che consenta di misurare monetariamente la variazione del surplus del consumatore, il calcolo dei benefici economici individuali può essere effettuato a partire dall'ammontare complessivo dei costi economici sostenuti per la fruizione di un determinato bene, ammontare che al margine dovrà eguagliare i benefici economici. Semplificando, si assume la variazione dell'utilità individuale connessa ad un effetto economico generato dal progetto come la disponibilità a pagare (**"willingness to pay"** o **WTP**) in termini monetari da parte dei singoli individui. Tale concetto è particolarmente utile per la valutazione delle esternalità tecnologiche.

Tutte le risorse coinvolte nella relazione di progetto sono valutate ai relativi **prezzi-ombra**, come sopra definiti.

In sintesi, nelle analisi costi benefici sono necessarie le fasi riassunte dal seguente elenco:

- a) elencare tutte le **voci economiche di costo e di beneficio** rilevanti, includendo le esternalità *intangibles* ed eliminando eventuali doppi conteggi;
- b) **valutare i benefici e i costi economici**, misurandoli e assegnando loro un prezzo sulla base degli strumenti descritti precedentemente (prezzi ombra, *WTP*);
- c) **scontare il flusso futuro di benefici e costi economici** al fine di determinare gli indici di convenienza economica e sociale del progetto. Tale operazione richiede la determinazione di **un tasso e di una funzione di sconto** in grado di approssimare il saggio di preferenza intertemporale della collettività;
- d) **valutare il progetto**, confrontando i benefici aggregati con i costi aggregati attraverso gli indici sintetici selezionati ed implementando un'analisi di **sensibilità** dei parametri fondamentali per il rischio connesso alle scelte metodologiche di stima.

Benefici e costi si configurano come flussi distinti che si evolvono nel tempo secondo ritmi diversi: nel caso di un investimento infrastrutturale i costi tipicamente eccedono i benefici

nella fase di cantiere, mentre nella fase di esercizio i benefici eccedono i costi e la differenza fra i due dà luogo ad un beneficio netto positivo.

Il confronto fra costi di investimento e flussi economici avviene utilizzando la tipologia di indicatori tipici dell'analisi costi-benefici:

- Il **valore attuale netto economico (VANE)** consiste nell'applicazione di un tasso di sconto al flusso di benefici e costi del progetto tale da consentire la loro attualizzazione. La valutazione di un progetto è normalmente positiva se il VANE è positivo e viceversa.

Analiticamente:

$$VANE = \sum_t B_t (1+i_t)^{-t} - \sum_t C_t (1+i_t)^{-t} - K$$

dove  $B_t$  sono i benefici finanziari e  $C_t$  i costi finanziari che si manifestano nel periodo  $t$ ,  $K$  sono i costi di investimento iniziali che si manifestano nel periodo zero e, infine,  $i_t$  è il tasso di sconto applicato lungo tutta la durata del progetto.

- Il **tasso di rendimento interno economico (TRIE)** individua il tasso di sconto tale per cui il valore attualizzato dei benefici eguaglia il valore attualizzato dei costi. Se il TRIE fosse inferiore al tasso di sconto intertemporale scelto per l'analisi, risulterebbe più conveniente investire le risorse disponibili su un progetto alternativo che genera un rendimento più elevato per la collettività.
- Il **rapporto benefici costi (RBC)**, qui riportato nella sua versione a valori lordi, è una rivisitazione del valore attuale netto economico (VANE) in forma di rapporto, anziché di somma.

Analiticamente:

$$RBC = \frac{\sum_t B_t (1+i_t)^{-t}}{K + \sum_t C_t (1+i_t)^{-t}}$$

dove le lettere mantengono il significato già esposto per il VANE. Secondo la sua espressione, la valutazione di un progetto è normalmente positiva se tale rapporto è maggiore o al più eguale a 1.

## 5.2 DEFINIZIONE DELLA PROSPETTIVA DI ANALISI

La valutazione di progetto attraverso la metodologia dell'analisi costi benefici richiede innanzitutto una definizione precisa della prospettiva dalla quale tale analisi è condotta.

In particolare occorre pervenire all'individuazione delle seguenti entità notevoli:

- **Orizzonte temporale di riferimento.** Tale fattore nella presente analisi è fissato pari a 30 anni.
- **Tasso di sconto intertemporali** per l'attualizzazione dei flussi economici. Nella presente analisi si utilizzerà un tasso di sconto pari al 3,5% coerentemente con quanto indicato dalla guida all'analisi costi benefici della Commissione Europea<sup>7</sup>.
- **Valore finale o residuo dell'opera,** inteso come valore dell'infrastruttura al termine dell'orizzonte temporale di riferimento, alla luce dei differenti tassi di ammortamento applicati alle diverse tipologie di manufatto (opere civili, impianti, ecc.).

Va evidenziato che, nel presente caso, l'orizzonte temporale dell'analisi costi-benefici non è vincolato dalla scadenza della concessione per l'autostrada A4. Il valore residuo dell'opera, ancorché non previsto nel caso di progetti realizzati da una concessionaria autostradale per la regola civilistica che prevede l'ammortamento completo dell'intervento negli anni di concessione, sarà calcolato sulla base dei tassi di ammortamento tecnici indicati dall'équipe di ricerca ingegneristica e riportati nei bilanci delle principali società di gestione autostradale.

Qualora fosse possibile estendere l'orizzonte dell'analisi all'infinito, restituendo periodicamente il valore all'opera mediante radicali interventi di manutenzione straordinaria, si potrebbe includere l'intero valore economico dell'opera.

Non essendo però questa strada percorribile, si deve far ricorso al valore residuo quale stima aggregata degli impatti residui ancora potenzialmente esplicabili dall'opera negli anni successivi al periodo preso in considerazione.

- Infine, se l'analisi economica assume come punto di vista quello dell'intera collettività, o del sistema economico nel suo complesso, per l'analisi costi benefici diventa necessa-

rio individuare il **soggetto rilevante**, inteso come soggetto rappresentativo dell'intera collettività di riferimento. Salvo diversa indicazione del Committente, il "soggetto rilevante" preso in considerazione è lo Stato italiano.

**Tabella 5-1: Tavola riassuntiva di definizione della prospettiva di analisi**

<i>Elemento</i>	<i>Scelta effettuata</i>
Soggetto rilevante	Collettività nazionale
Orizzonte temporale	30 anni
Indicatori	VANE, TRIE e RBC
Saggio di sconto	3,5%
Valore residuale	Calcolato per tassi di ammortamento differenziati per categoria di investimento

## 5.3 SCELTA E VALUTAZIONE DELLE VARIABILI

Al fine di determinare l'entità dei flussi economici, in termini di prezzo, di quantità e della loro collocazione temporale secondo quanto desunto dalle caratteristiche del progetto, di seguito sono illustrate alcune metodologie che costituiscono il fondamento economico dei parametri assunti, spesso esogeneamente, nell'analisi economica.

Occorre in primo luogo precisare che, nonostante il riferimento a consolidate metodologie, le operazioni di stima presentano margini di discrezionalità che non possono essere del tutto eliminati, connessi sia alla quantificazione sia alla valorizzazione delle variabili. Per questa ragione si è ritenuto ragionevole limitare la scelta delle variabili da includere nella valutazione a quelle principali, che presentano un buon grado di misurabilità e di apprezzabilità, e di escludere le variabili meno significative o la cui misurazione richiede procedure di stima estremamente onerose, che rischierebbero di inficiare l'attendibilità stessa della valutazione.

### 5.3.1 I prezzi ombra.

Con la derivazione dei prezzi ombra si indica un processo di correzione del prezzo di mercato dei beni *tangibili*, vale a dire di risorse identificabili nella loro dimensione quantitativa

<sup>7</sup> European Commission DG REGIO, Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, 2008.

all'interno del progetto in contrapposizione alla valutazione monetaria degli *intangibles*, i quali richiedono invece anche una quantificazione dell'impatto stesso.

Per il calcolo dei "prezzi ombra", ai fini del presente studio, si fa riferimento ai fattori di conversione proposti nella "Guida per la Certificazione da parte dei Nuclei Regionali di Valutazione e Verifica degli Investimenti Pubblici (NUVV)", come di seguito specificato:

**Tabella 5-2: Fattori di conversione utilizzati**

<b>Categorie di costo</b>	<b>Fattore di conversione</b>
Costi di <b>investimento</b> : materiali per opere civili	0,9334
Costi di investimento: strade, aree verdi, impianti sportivi, mercati scoperti	1,0254
Costi di investimento: impianti di illuminazione, linee elettriche	0,4600
Costi di investimento: materiali per opere impiantistiche	0,8850
Costi di investimento: manodopera	0,7400
Costi di investimento: altri costi (direzione, collaudo)	0,8820
Costi di investimento: reti tecnologiche, aree scoperte e aree verdi	1,0118
Costi di investimento: manutenzione straordinaria	1,0182
Costi di <b>gestione</b> : acquisti	0,6480
Costi di gestione: manodopera	0,5994
Costi di gestione: manutenzione ordinaria	1,0182
Costi di gestione: altri costi	0,7144

Fonte: Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome la "Guida per la Certificazione da parte dei Nuclei Regionali di Valutazione e Verifica degli Investimenti Pubblici (NUVV)", 2001.

### 5.3.2 Valutazione delle esternalità

Le esternalità ricoprono un ruolo fondamentale nella valutazione dei progetti di trasporto, generalmente caratterizzati da un esteso insieme di impatti intangibili che spesso risultano determinanti nell'analisi economica di una nuova infrastruttura. Qualora si richieda la necessità di valutare un impatto economico per il quale non esista un mercato, si farà ricorso a processi di monetizzazione della disponibilità a pagare (per un beneficio) o a ricevere (per un costo).

Fra i metodi di valutazione degli effetti esterni dei trasporti si può citare:

- 1) il **metodo dei costi di tutela**, che si compone di procedure volte a monetizzare soprattutto gli impatti ambientali. E' un metodo indiretto che valuta i costi da sostenere per poter ovviare agli effetti, normalmente negativi, della nuova infrastruttura;
- 2) il **metodo dei prezzi edonici**, che utilizza mercati fortemente correlati all'impatto da valutare per monetizzare la disponibilità a pagare. Un caso largamente utilizzato è quello del mercato immobiliare.
- 3) il metodo della **valutazione contingente**, che si configura come una valutazione diretta basata sulle preferenze dichiarate, anziché sulle preferenze rivelate come nei metodi precedenti. Il metodo della valutazione contingente utilizza l'apparato procedurale delle ricerche di mercato.

In relazione al calcolo delle esternalità di carattere ambientale, si sono considerati i costi esterni e i parametri desunti dalla letteratura internazionale e adattati al territorio oggetto di studio.

La manualistica di riferimento per l'oggetto, a livello europeo e italiano, è costituita principalmente dagli studi di: Amici della Terra (2005), ACI/ANFIA (2001), INFRAS/IWW (2004), HEATCO (2006) e l'Handbook (2008) comunitario sulla stima dei costi esterni nel settore dei trasporti (noto anche come 'IMPACT'). Questi lavori prendono in considerazione le categorie dei costi esterni generalmente analizzate nelle analisi costi benefici riferite a problemi infrastrutturali e di trasporto, quali l'incidentalità, l'inquinamento dell'aria, l'inquinamento acustico, l'emissione di gas serra.

In questa sede si propone in primo luogo l'utilizzo dei parametri compendati nell'Handbook (2008) sulla stima dei costi esterni.

**Tabella 5-3: Valori delle esternalità ambientali**

<i>Eurocent/V*km</i>	<i>Gas serra (interurbano – urbano)</i>	<i>Inquinamento atmosferico (interurbano – urbano)</i>	<i>Inquinamento acustico (interurbano – urbano)</i>
<b>PASSEGGERI</b>			
<i>Benzina</i>	<i>0,44 – 0,67</i>	<i>0,09 – 0,17</i>	<i>Giorno 0,12 – 0,76</i>
<i>Diesel</i>	<i>0,38 – 0,52</i>	<i>0,89 – 1,53</i>	<i>Notte 0,22 – 1,39</i>
<b>MERCI</b>			
			<i>Giorno 1,10 – 7,01</i>
<i>Diesel</i>	<i>2,20 – 2,60</i>	<i>8,5 – 10,6</i>	<i>Notte 2,00 – 12,8</i>

Fonte: Handbook (2008)

### 5.3.3 Costo generalizzato di trasporto

La valutazione economica delle componenti del costo generalizzato del trasporto viene svolta attraverso l'analisi comparata dei contributi esistenti nella letteratura internazionale.

In questa sede sono stati considerati i benefici derivanti dal risparmio di tempo, calcolati distinguendo tra il tempo risparmiato dal traffico trasferito sulla arteria così come ampliata dall'intervento in esame e il tempo risparmiato dagli utenti della tratta decongestionata dall'attivazione dell'opera. Si è ricorso ai "valori del tempo", distinti per ciascuna delle componenti della domanda di mobilità fornite dallo Studio di Traffico (nello specifico, veicoli leggeri e veicoli pesanti) sulla base della loro motivazione del viaggio (trasporto merci, spostamenti per affari, per turismo, ecc.), desunti dalla letteratura più recente e da studi similari effettuati dall'èquipe di ricerca.

Nella presente analisi, al fine di calcolare la monetizzazione dei risparmi di tempo sia per il trasporto passeggeri (veicoli leggeri) sia per il trasporto merci (veicoli pesanti), in assenza di una clusterizzazione più dettagliata dell'utenza per motivo del viaggio si è fatto riferimento ai valori suggeriti per l'Italia dall'"Handbook" (2008) e da HEATCO (2006), riportati nella seguente tabella.

**Tabella 5-4: Valori unitari del tempo di viaggio e di trasporto (€/veicolo\*ora)**

<i>Valore del tempo nel trasporto passeggeri su macchina</i>	
	<b>Handbook (2008)</b>
<i>"Other - short distance" (Euro/pax*h)</i>	9,93
<i>Valore del tempo nel trasporto merci</i>	
	<b>HEATCO (2006)</b>
<i>Merci (Euro/ton*h)</i>	3,13

I valori del tempo unitari, espressi in euro/ora per passeggero e in euro/ora per tonnellata, sono stati applicati, insieme ai coefficienti di occupazione, pari a 1,20 pax/veicolo per i veicoli leggeri (fonte SPEA 2010) e 6,19 tonnellate/veicolo per i veicoli pesanti (fonte Amici della Terra 2002), ai tempi di viaggio complessivi calcolati in veicoli\*ora così come forniti dallo Studio di Traffico per ognuna delle suddette categorie di traffico.

## 5.4 IL CALCOLO DEL VAN E DEL SIR ECONOMICI

### 5.4.1 Costi di investimento

I costi di realizzazione dell'infrastruttura sono stati ripartiti secondo le durate previste da un cronoprogramma così ipotizzato: 2 anni per le opere civili, 1 anno per gli espropri (il primo) e 1 anno per gli impianti (l'ultimo).

Successivamente, i costi dei lavori sono stati ricondotti alle seguenti tipologie di investimento, ai quali sono stati assegnati i rispettivi tassi di ammortamento tecnico, dedotti da valutazioni ingegneristiche e sulla base di casi analoghi, e riportati in Tabella 5-5.

**Tabella 5-5: Categorie di costo di investimento e tassi di ammortamento tecnico**

<i>Categorie di costo</i>		<i>Ammortamento</i>
Terreni	B.1.1	-
Immobili	A.1-A.4; A.6; S	2%
Attrezzature	A.5	10%
Immateriali	B.1.2 – B.11	3,3%

I costi di investimento finanziari, ripartiti temporalmente secondo le indicazioni fornite dal suddetto cronoprogramma, risultavano dunque suddivisi secondo la scansione temporale riportata in tabella 5-6.

**Tabella 5-6: Ripartizione dei costi di investimento finanziari per anno**

Anno	Incidenza
2012	54 %
2013	46 %

La Tabella 5-7 riporta il dettaglio dei costi di investimento finanziari derivanti dal Quadro Economico e riclassificati secondo le principali categorie d'analisi a cui andavano applicati i fattori di conversione.

**Tabella 5-7: Costi di investimento finanziari per tipologia (euro, prezzi costanti)**

Categoria di costo	Costo totale
TERRENI – Espropri e indennizzi	16.101.260
IMMOBILI - Corpo stradale (movimenti materie e pavimentazioni)	31.718.659
IMMOBILI - Opere d'arte maggiori	9.353.123
IMMOBILI - Opere d'arte minori	6.621.231
IMMOBILI - Opere complementari	10.709.495
IMMOBILI - Oneri per cantierizzazione e ripristino	1.967.498
ATTREZZATURE – Idraulica	7.182.608
ATTREZZATURE – Impianti	1.776.290
<b>TOTALE GENERALE COSTI INVESTIMENTO LORDI</b>	<b>140.345.971</b>
<b>TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA NETTI</b>	<b>90.048.584</b>
<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>50.297.387</b>

**Tabella 5-8: Costi di investimento finanziari al netto di ribasso d'asta per tipologia e anno di spesa (euro, valori costanti)**

	Costo totale	2011	2012
Terreni	16.101.260	100%	0%
Immobili	64.988.425	50%	50%
Attrezzature	8.958.899	0%	100%
Altri costi – Somme a disposizione	50.297.387	50%	50%
<b>Totale</b>	<b>140.345.971</b>		

Applicando ai suddetti costi di investimento finanziari i relativi fattori di conversione, come di seguito esposti in Tabella 5-9, si è potuto calcolare i costi di investimento economici.

**Tabella 5-9: Fattori di conversione per tipologia di investimento**

Categorie di costo	Fattore di conversione
Terreni	1
Immobili	0,933
Attrezzature	0,885
Immateriali	0,882

**Tabella 5-10: Costi di investimento economici per tipologia e anno di spesa (euro, valori costanti)**

	Costo totale	2011	2012
Terreni	16.101.260	100,0%	0,0%
Immobili	55.507.004	50%	50%
Attrezzature	7.396.019	0%	100%
Immateriali	44.362.296	50%	50%
<b>Totale</b>	<b>123.366.578</b>		

#### 5.4.2 Valore residuo dell'opera

Come detto in precedenza, il valore residuo dell'opera è pari al costo economico dell'investimento decurtato del valore delle quote annuali di deprezzamento (ammortamento) considerate per le diverse tipologie di opera.

Applicando i tassi di ammortamento di Tabella 5-5, la scomposizione in fattori di produzione (materiali e manodopera) e i fattori di conversione più volte citati, si è proceduto a calcolare il valore residuo dell'opera. La Tabella 5-10 riporta le quote di ammortamento tecnico totali calcolate dall'anno di entrata in funzione della quarta corsia ampliata, il 2014, fino al 2043, ultimo anno dell'orizzonte temporale della presente analisi.

Il valore residuo di ciascuna macrocategoria dell'opera (terreni, immobili, attrezzature e immateriali) risulta dalla sottrazione della somma delle quote di ammortamento dai costi *economici* totali di investimento riportati in Tabella 5-10.

Si può notare come:

- per l'assunzione di deprezzamento nullo dei terreni, il loro valore residuo è identico al costo economico;
- le attrezzature presentano valore residuo nullo poiché il loro tasso di ammortamento tecnico porta al loro completo deprezzamento nell'arco temporale trentennale considerato.

Al 2043, l'infrastruttura risulta avere un valore residuo di **46.626.525 €** che rappresenta l'insieme dei benefici potenziali che essa può esprimere nel resto della sua vita utile, ovvero dopo l'orizzonte temporale di gestione.

Il VAN economico di questa categoria di beneficio risulta pari a **15.507.502 €**, circa il 13% del valore economico dell'investimento.

#### 5.4.3 Costi di gestione

Gli oneri annui per la gestione sono stati imputati dal 2014 in riferimento alla manutenzione ordinaria della pavimentazione stradale. Come anno conclusivo dell'orizzonte temporale di riferimento è stato considerato il 2043.

La cifra annuale prevista per la manutenzione ordinaria della pavimentazione è pari a 398.084 euro.

Come nel caso dei costi di investimento, per calcolare i costi di gestione economici è stato applicato un fattore di conversione, pari a 1,0182..

I costi economici di gestione riportati generano un Valore Attuale Netto pari a 4.671.953 Euro.

## 5.5 ESTERNALITÀ AMBIENTALI

La messa in esercizio della quarta corsia sul tratto in esame ha una immediata ricaduta in termini di maggiori percorrenze sull'intero tratto stradale preso a riferimento nello scenario di progetto, rispetto allo scenario programmatico.

Le esternalità ambientali più rilevanti, in termini differenziali, sono costituite dalla fluidificazione del traffico veicolare sull'asse autostradale per effetto dell'ampliamento del tratto interessato da elevata congestione nelle ore di punta.

Rimandando alla lettura dello Studio di Traffico per ulteriori approfondimenti, il confronto fra livelli di traffico nello scenario programmatico e di progetto evidenzia sostanzialmente come la presenza della quarta corsia, andando ad ampliare il numero di corsie destinate allo scorrimento dei veicoli nelle ore soggette a maggior congestione e garantendo dunque un miglioramento dei livelli di servizio e dei tempi di scorrimento, attragga un maggior numero di veicoli, siano essi adibiti al trasporto passeggeri o merci. Il risultato è un aumento complessivo delle percorrenze nello scenario di progetto rispetto allo scenario programmatico, per tutti gli anni presi in considerazione.

La realizzazione del suddetto intervento, nella misura in cui esso sia in grado di attrarre maggiori spostamenti veicolari, può generare esternalità negative su una serie di variabili ambientali quali: l'incidentalità, l'inquinamento acustico, l'inquinamento atmosferico e le emissioni di anidride carbonica.

Tali esternalità ambientali si esplicano non solo nell'ambito territoriale più prossimo all'opera, ma anche su tutto il territorio interessato dai viaggi attratti, compensando spesso l'effetto negativo prodotto lungo il nuovo tracciato e producendo in alcuni casi anche una diminuzione netta di alcune categorie di esternalità, e quindi un miglioramento complessivo del benessere sociale.

Per valutare tale differenziale, pertanto, sono stati presi in considerazione i dati relativi alla distribuzione dei flussi di traffico attratti e generati sull'intera rete viabilistica di riferimento.

La presente analisi costi benefici ha calcolato il differenziale di esternalità ambientali prendendo come base di riferimento il differenziale annuo fra le percorrenze negli scenari considerati e applicando ad esso il relativo valore unitario del costo esterno.

Le categorie di esternalità di seguito prese in considerazione sono le seguenti:

- incidentalità
- inquinamento acustico
- inquinamento dell'aria
- produzione di gas serra
- congestione (qui intesa nell'accezione di cui all'"Handbook" (2008), limitatamente alla disutilità pura da traffico e altri costi)

Per il valore parametrico assegnato al veicolo\*km leggero e pesante si è fatto riferimento in tutti i casi ai valori riportati nella Tabella 1-3.

Alla base di ogni valutazione, come detto, si trova il differenziale annuo di percorrenze chilometriche lungo tutta la tratta di riferimento generato dall'ampliamento autostradale, valore che è stato dedotto dai risultati delle simulazioni operate per tramite del modello di traffico nello Studio di Traffico.

Occorre sottolineare come il traffico per ora di punta della rete di riferimento sia espresso in quella sede in veicoli\*km (leggeri e pesanti) nella fascia mono-oraria di punta. Per derivare, dunque, il valore dei veicoli\*km (leggeri e pesanti) per ogni anno di esercizio si sono operate le seguenti assunzioni:

- il **fattore di espansione** del traffico leggero per ora di punta è stato ipotizzato pari a 13,08 per derivare il **traffico medio giornaliero (TGM)**;
- il **fattore di espansione** del traffico pesante per ora di punta è stato ipotizzato pari a 17,84 per derivare il **traffico medio giornaliero (TGM)**;
- il **fattore di espansione** del **traffico medio giornaliero** è stato ipotizzato pari a 305 per derivare il **traffico medio annuale**

Lo Studio di Traffico fornisce i dati sui veicoli\*km della tratta oggetto dell'intervento negli anni-scenario 2025 e 2035. Assumendo come omogenea l'evoluzione del traffico negli an-

ni compresi nei relativi intervalli, si sono derivati i tassi di evoluzione del traffico di seguito esposti:

**Tabella 5-11: Tassi annui di crescita del traffico (veicoli\*km) per scenario**

Scenario	2025		2035	
	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti
Programmatico	0,28%	1,72%	0,27%	1,32%
Progettuale	0,48%	1,96%	0,41%	1,37%

Per il periodo successivo al 2035 si è assunto un tasso di crescita analogo a quello del decennio precedente.

Applicando i valori unitari delle esternalità per veicolo leggero e pesante, si ottiene un differenziale di esternalità in termini di VAN economico pari a **-148.372.453 euro** nell'orizzonte temporale di riferimento, così distinto per categoria di esternalità (valori in euro):

- Inquinamento atmosferico: **34.273.856**
- Gas serra: **179.075.544**
- Inquinamento acustico: **126.387.630**
- Incidentalità: - **555.574.414**
- Congestione: **67.464.932**

Il valore delle esternalità ambientali negative differenziali nello scenario di progetto risulta significativo nell'orizzonte temporale di riferimento, superando il totale dei costi economici connessi alla realizzazione dell'investimento.

Il dettaglio dei valori annui di traffico connessi al calcolo del valore delle esternalità ambientali è esposto in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e seguenti.

### 5.5.1 Costo generalizzato di trasporto

Il completamento della quarta corsia avrà effetti sul costo complessivo dell'utilizzo dei veicoli (leggeri e pesanti) da parte degli utenti della rete stradale presa a riferimento e soprattutto, consentirà di migliorare i tempi di percorrenza sulle relazioni di lunga distanza e locali interessate dall'opera.

In particolare, lo studio prende in considerazione:

- il **valore monetario differenziale del tempo** risparmiato dal traffico passeggeri e del traffico merci;
- il **valore monetario della riduzione del tempo trascorso in situazione di congestione**

In relazione al valore monetario del tempo e della riduzione della congestione, la letteratura stima il valore del tempo del viaggio per categoria di veicolo e tipologia di spostamento.

Per quanto riguarda il presente progetto, tale valutazione muove direttamente dai risultati prodotti dall'analisi di traffico in termini di vetture ora sul tratto di riferimento e dal differenziale tra queste grandezze tra scenario di progetto e scenario programmatico, negli anni 2025 e 2035.

Assumendo come omogenea l'evoluzione del tempo complessivo di viaggio negli anni compresi negli intervalli, si sono derivati i tassi annui di crescita del tempo di viaggio di seguito esposti.

**Tabella 5-12: Tassi annui di crescita del tempo di viaggio per scenario**

Scenario	2025		2035	
	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti
Programmatico	1,66%	2,48%	1,42%	2,35%
Progettuale	1,46%	2,76%	1,01%	1,76%

Si può immediatamente notare come, nello scenario di progetto, la realizzazione dell'intervento di ampliamento alla quarta corsia determini un rallentamento dell'evoluzione del tempo complessivo di viaggio, dovuto all'offerta di migliori livelli di servizio nelle ore più congestionate della giornata.

Lo studio di traffico forniva i dati relativi al tempo di viaggio distinti nelle due categorie, “veicoli leggeri” e “veicoli pesanti”.

Per il calcolo del monte ore risparmiato su base annua è stato applicato al traffico leggero un coefficiente di riempimento pari a 1,20 passeggero/veicolo e al traffico pesante un coefficiente di riempimento pari a 6,19 ton/veicolo. I valori così ottenuti sono stati rapportati al giorno, ipotizzando un coefficiente di espansione giornaliero pari a 20 per i veicoli leggeri e 14,29 per i veicoli pesanti. Infine, tali valori sono stati poi rapportati all'anno ipotizzando un coefficiente di espansione pari a 305.

Con riferimento ai valori unitari del tempo, quello relativo ai veicoli leggeri è stato assunto essere pari a quello previsto per la categoria “other short distance”, "Handbook" (2008),

vale a dire 9,93 euro2003\*ora, mentre per quanto riguarda i veicoli pesanti, si è applicato il valore unitari di 3,13 euro\*ton\*ora, derivante da HEATCO (2006).

Applicando tali valori del tempo di viaggio al differenziale dei veicoli\*ore annui, è stato possibile pervenire alla quantificazione del beneficio annuo da tempo di viaggio risparmiato, il cui dettaglio è esposto in Tabella 5-19 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e seguenti.

Il VAN economico complessivo è stimato in **565.916.744 €**, che rappresenta la voce più rilevante dei benefici connessi alla realizzazione della quarta corsia nel tratto in esame.

## 5.6 RISULTATI DELL'ANALISI COSTI-BENEFICI

Alla luce di quanto detto in premessa relativamente al significato degli indici economici, si possono ora calcolare sia il Valore Attuale Netto Economico (VANE), il tasso di rendimento interno economico (TRIE) e il rapporto benefici costi (RBC).

Considerati i calcoli effettuati finora, si può affermare la fattibilità economica della quarta corsia in termini di rispondenza al test degli indici VANE TRIE e RBC.

Il VANE totale generato dal progetto risulta pari a circa **605.515.927 euro** nell'orizzonte temporale di riferimento (2012 - 2043).

Il TRIE è pari al **24,7%**, ben al di sopra del tasso di sconto intertemporale base considerato. L'**RBC**, nella sua versione a valori lordi, è pari al **587%**.

La convenienza economica è in primo luogo garantita dai risparmi di tempo dovuti all'efficientamento del sistema di trasporto stradale apportati dalla realizzazione della quarta corsia e dalla riduzione dell'incidentalità nello stesso tratto determinati dall'ampliamento della sede stradale. In secondo luogo, la tipologia infrastrutturale "a lunga vita utile" garantisce alla collettività di poter disporre, anche oltre l'orizzonte temporale di riferimento, di un'opera in grado di espletare efficacemente un servizio di trasporto e, quindi, di un'opera dotata di un significativo "valore finale".

I benefici in termini di tempo risparmiato e di valore residuo consentono di controbilanciare in misura più che proporzionale i costi economici derivanti dall'investimento e dalla gestione dell'opera, nonché le maggiori esternalità negative derivanti dall'aumento complessivo di traffico sulla rete.

Si sottolinea in questa sede come i risultati positivi per la fattibilità economico-sociale dell'opera siano stati ottenuti alla luce dell'approccio cautelativo adottato nel corso dell'analisi, consistito in:

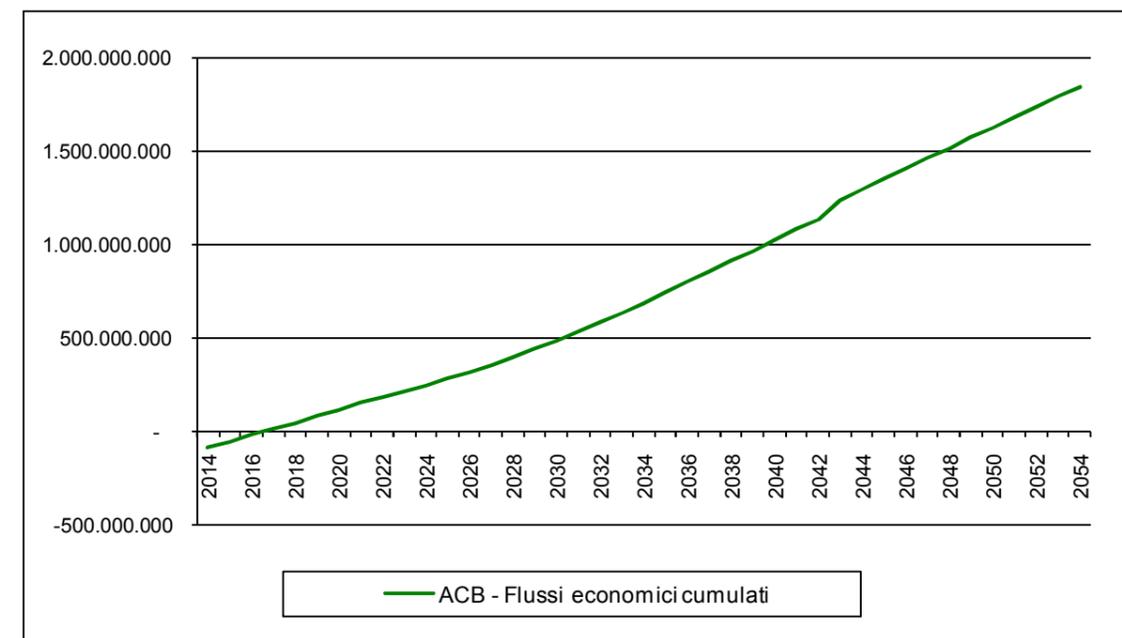
- una scelta dei valori unitari delle esternalità ambientali particolarmente severa per il traffico stradale;

- una scelta del valore unitario del tempo di viaggio passeggeri particolarmente "parsimoniosa", assegnando un valore del tempo pari a 9,93 euro/veicolo\*ora.

Il prospetto finale dei calcoli dei costi e dei benefici è riportato in Tabella 5-13 e seguenti.

I grafici riportati di seguito espongono rispettivamente l'andamento del VANE in relazione al tasso di sconto impiegato e l'andamento dei flussi economici cumulati. Quest'ultima curva, tipica delle analisi finanziarie ma facilmente impiegabile anche nelle analisi di fattibilità economico-sociale, evidenzia il periodo di tempo entro il quale il progetto di investimento "si ripaga" dal punto di vista socio-economico, ovvero l'anno nel quale il flusso cumulato dei costi e dei benefici diventa positivo, indicando che l'esborso per l'investimento, tipico dei primi anni dell'orizzonte temporale, e per i costi di gestione, viene controbilanciato dai benefici apportati dall'implementazione del progetto.

**Figura 5-1: Grafico dei flussi economici cumulati nell'orizzonte temporale di riferimento**



Nel caso della quarta corsia come evidenziato nella **Figura 5-1**, il “pay-back periodo economico” è fissato nel 2017, 6° anno dell’orizzonte temporale, ovvero a un quinto della "vita economica" del progetto considerata.

**Figura 5-2: Profilo del VAN per tasso di sconto intertemporale considerato**

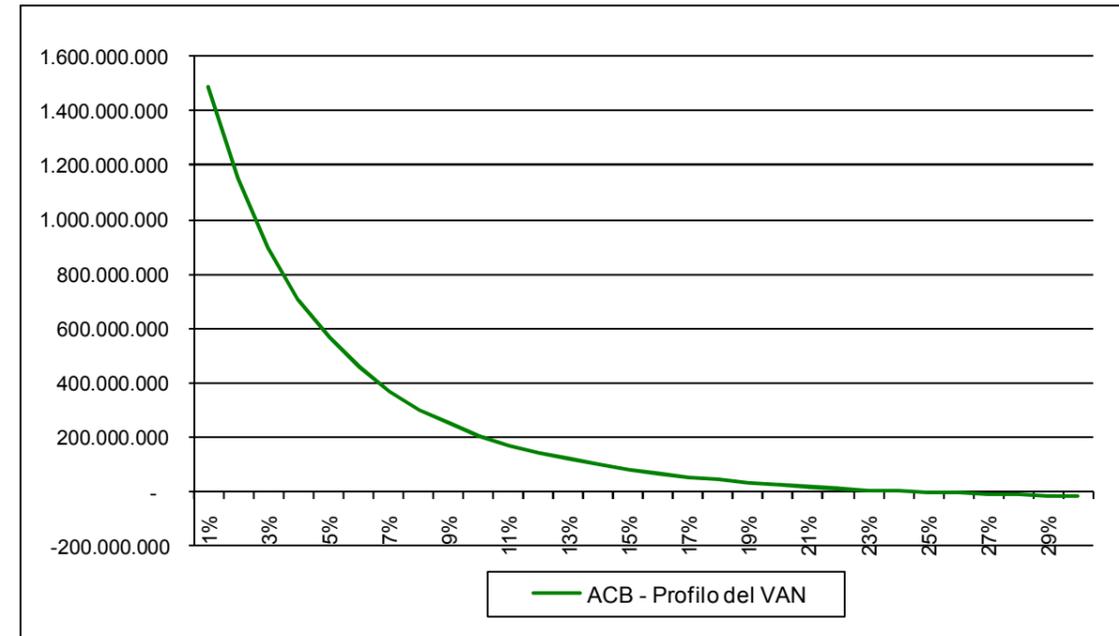


Tabella 5-13: Calcolo del VAN e del SIR – periodo 2012-2022 (euro a prezzi costanti)

ANALISI COSTI BENEFICI	VAN	Totale	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>COSTI</b>													
Immobilizzazioni immateriali	- 42.137.400	- 44.362.296	-22.181.148	- 22.181.148	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terreni	- 15.556.773	- 16.101.260	-16.101.260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opere civili	- 52.723.169	- 55.507.004	-27.753.502	- 27.753.502	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impianti e attrezzature	- 6.904.263	- 7.396.019	-	- 7.396.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di investimento	- 117.321.604	- 123.366.578	-66.035.910	- 57.330.669	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di gestione	- 6.959.169	- 12.159.880	-	-	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329
Costi complessivi	- 124.280.773	- 135.526.459	-66.035.910	- 57.330.669	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329	405.329
<b>BENEFICI</b>													
Valore del tempo risparmiato passeggeri	279.651.189	543.433.314	-	-	9.180.843	9.180.843	9.669.574	10.171.316	10.686.356	11.214.986	11.757.506	12.314.221	12.885.442
Valore del tempo risparmiato merci	286.265.555	545.808.057	-	-	12.762.112	12.762.112	12.797.902	12.826.836	12.848.532	12.862.589	12.868.594	12.866.114	12.854.701
Valore complessivo del tempo risparmiato	565.916.744	1.089.241.371	-	-	21.942.955	21.942.955	22.467.476	22.998.152	23.534.887	24.077.575	24.626.100	25.180.335	25.740.143
Costi energetici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minori emissioni gas serra	- 179.075.544	- 298.430.907	-	-	- 12.731.096	- 12.731.096	- 12.488.526	- 12.250.578	- 12.017.164	- 11.788.197	- 11.563.592	- 11.343.267	- 11.127.140
Minori emissioni atmosferiche	- 34.273.856	- 53.778.334	-	-	- 2.953.919	- 2.953.919	- 2.897.637	- 2.842.428	- 2.788.270	- 2.735.144	- 2.683.031	- 2.631.910	- 2.581.763
Minori emissioni acustiche	- 126.387.630	- 231.875.140	-	-	- 5.574.953	- 5.574.953	- 5.769.980	- 5.969.590	- 6.173.891	- 6.382.994	- 6.597.015	- 6.816.068	- 7.040.274
Minori costi per incidentalità	555.574.414	945.112.288	-	-	36.885.147	36.885.147	36.358.754	35.839.873	35.328.397	34.824.221	34.327.239	33.837.350	33.354.453
Minori costi per congestione	- 67.464.932	- 122.936.537	-	-	- 3.140.073	- 3.140.073	- 3.228.011	- 3.317.423	- 3.408.340	- 3.500.793	- 3.594.813	- 3.690.434	- 3.787.688
Minori esternalità complessive	148.372.453	238.091.370	-	-	12.485.105	12.485.105	11.974.599	11.459.854	10.940.732	10.417.093	9.888.789	9.355.672	8.817.588
Valore residuo dell'opera	15.507.502	46.626.525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benefici complessivi	729.796.700	1.373.959.266	-	-	34.428.060	34.428.060	34.442.075	34.458.006	34.475.620	34.494.668	34.514.889	34.536.007	34.557.731
<b>RISULTATI</b>													
Valore Attuale Netto Economico (VANE)	605.515.927	1.238.432.807	-66.035.910	- 57.330.669	34.022.730	34.022.730	34.036.745	34.052.677	34.070.290	34.089.338	34.109.559	34.130.677	34.152.402
Saggio Interno di Rendimento Economico (SIRE)	<b>24,74%</b>												
Flussi economici cumulati			-66.035.910	-123.366.578	- 89.343.848	- 55.321.117	- 21.284.372	12.768.305	46.838.595	80.927.933	115.037.492	149.168.170	183.320.572

Tabella 5-14: Calcolo del VAN e del SIR – periodo 2023-2031 (euro a prezzi costanti)

ANALISI COSTI BENEFICI	VAN	Totale	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>COSTI</b>												
Immobilizzazioni immateriali	- 42.137.400	- 44.362.296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terreni	- 15.556.773	- 16.101.260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opere civili	- 52.723.169	- 55.507.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impianti e attrezzature	- 6.904.263	- 7.396.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di investimento	- 117.321.604	- 123.366.578	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di gestione	- 6.959.169	- 12.159.880	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329
Costi complessivi	- 124.280.773	- 135.526.459	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329
<b>BENEFICI</b>												
Valore del tempo risparmiato passeggeri	279.651.189	543.433.314	13.471.487	7.036.339	14.689.348	15.686.469	16.705.745	17.747.569	18.812.346	19.900.484	21.012.397	22.148.509
Valore del tempo risparmiato merci	286.265.555	545.808.057	12.833.890	6.401.597	12.762.112	13.847.008	14.971.163	16.135.742	17.341.938	18.590.981	19.884.130	21.222.682
Valore complessivo del tempo risparmiato	565.916.744	1.089.241.371	26.305.376	13.437.936	27.451.460	29.533.477	31.676.908	33.883.311	36.154.285	38.491.465	40.896.528	43.371.191
Costi energetici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minori emissioni gas serra	- 179.075.544	- 298.430.907	- 10.915.131	- 10.707.161	- 10.503.154	- 10.303.034	- 10.106.727	- 9.914.160	- 9.725.262	- 9.539.964	- 9.358.195	- 9.179.891
Minori emissioni atmosferiche	- 34.273.856	- 53.778.334	- 2.532.572	- 2.484.318	- 1.474.543	- 1.446.448	- 1.418.889	- 1.391.854	- 1.365.335	- 1.339.320	- 1.313.802	- 1.288.770
Minori emissioni acustiche	- 126.387.630	- 231.875.140	- 7.269.754	- 3.752.317	- 7.745.039	- 7.870.119	- 7.996.875	- 8.125.330	- 8.255.510	- 8.387.439	- 8.521.143	- 8.656.648
Minori costi per incidentalità	555.574.414	945.112.288	32.878.447	32.409.234	31.946.717	31.671.746	31.399.142	31.128.885	30.860.953	30.595.328	30.331.989	30.070.916
Minori costi per congestione	- 67.464.932	- 122.936.537	- 3.886.610	- 1.993.617	- 4.089.597	- 4.150.453	- 4.211.921	- 4.274.007	- 4.336.720	- 4.400.067	- 4.464.055	- 4.528.693
Minori esternalità complessive	148.372.453	238.091.370	8.274.380	13.471.821	8.134.384	7.901.692	7.664.731	7.423.533	7.178.127	6.928.538	6.674.793	6.416.915
Valore residuo dell'opera	15.507.502	46.626.525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benefici complessivi	729.796.700	1.373.959.266	34.579.757	26.909.757	35.585.844	37.435.169	39.341.639	41.306.845	43.332.411	45.420.003	47.571.321	49.788.106
<b>RISULTATI</b>												
Valore Attuale Netto Economico (VANE)	605.515.927	1.238.432.807	34.174.427	26.504.428	35.180.514	37.029.840	38.936.310	40.901.515	42.927.082	45.014.674	47.165.992	49.382.777
Saggio Interno di Rendimento Economico (SIRE)	<b>24,74%</b>											
Flussi economici cumulati			217.494.999	243.999.427	279.179.942	316.209.781	355.146.091	396.047.607	438.974.689	483.989.363	531.155.355	580.538.131
Rapporto benefici/costi lordi	<b>587%</b>											

Tabella 5-15: Calcolo del VAN e del SIR – periodo 2033-2043 (euro a prezzi costanti)

ANALISI COSTI BENEFICI	VAN	Totale	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
			22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
<b>COSTI</b>			Fine gestione										
Immobilizzazioni immateriali	- 42.137.400	- 44.362.296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terreni	- 15.556.773	- 16.101.260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opere civili	- 52.723.169	- 55.507.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impianti e attrezzature	- 6.904.263	- 7.396.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di investimento	- 117.321.604	- 123.366.578	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costi di gestione	- 6.959.169	- 12.159.880	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329
Costi complessivi	- 124.280.773	- 135.526.459	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329	- 405.329
<b>BENEFICI</b>													
Valore del tempo risparmiato passeggeri	279.651.189	543.433.314	23.309.248	24.495.051	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359	25.706.359
Valore del tempo risparmiato merci	286.265.555	545.808.057	22.607.964	24.041.344	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224	25.524.224
Valore complessivo del tempo risparmiato	565.916.744	1.089.241.371	45.917.213	48.536.395	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583	51.230.583
Costi energetici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minori emissioni gas serra	- 179.075.544	- 298.430.907	- 9.004.983	- 8.833.408	- 8.665.102	- 8.500.003	- 8.338.050	- 8.179.182	- 8.023.341	- 7.870.470	- 7.720.511	- 7.573.410	- 7.429.111
Minori emissioni atmosferiche	- 34.273.856	- 53.778.334	- 1.264.214	- 1.240.127	- 1.216.498	- 1.193.320	- 1.170.583	- 1.148.280	- 1.126.401	- 1.104.939	- 1.083.887	- 1.063.235	- 1.042.977
Minori emissioni acustiche	- 126.387.630	- 231.875.140	- 8.793.980	- 8.933.166	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234	- 9.074.234
Minori costi per incidentalità	555.574.414	945.112.288	29.812.091	29.555.493	29.301.104	29.048.905	28.798.876	28.550.999	28.305.256	28.061.628	27.820.097	27.580.645	27.343.254
Minori costi per congestione	- 67.464.932	- 122.936.537	- 4.593.987	- 4.659.947	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580	- 4.726.580
Minori esternalità complessive	148.372.453	238.091.370	6.154.926	5.888.845	5.618.691	5.554.769	5.489.430	5.422.725	5.354.701	5.285.406	5.214.886	5.143.187	5.070.353
Valore residuo dell'opera	15.507.502	46.626.525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.626.525
Benefici complessivi	729.796.700	1.373.959.266	52.072.139	54.425.240	56.849.274	56.785.352	56.720.013	56.653.308	56.585.284	56.515.989	56.445.469	56.373.770	102.927.461
<b>RISULTATI</b>													
Valore Attuale Netto Economico (VANE)	605.515.927	1.238.432.807	51.666.809	54.019.911	56.443.945	56.380.023	56.314.684	56.247.978	56.179.954	56.110.659	56.040.140	55.968.441	102.522.132
Saggio Interno di Rendimento Economico (SIRE)	<b>24,74%</b>												
Flussi economici cumulati			632.204.941	686.224.851	742.668.796	799.048.819	855.363.502	911.611.481	967.791.435	1.023.902.095	1.079.942.234	1.135.910.675	1.238.432.807