



Tronco

AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA

Oggetto

**COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE - COMO - VARESE - VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE
TRATTA D
STUDIO DI FATTIBILITA'**

Descrizione Elaborato

**PARTE GENERALE
INQUADRAMENTO GENERALE
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

LA CONCEDENTE



LA CONCESSIONARIA



PROGETTAZIONE



**Milano Serravalle
Engineering S.r.l.**

IL PROGETTISTA

Infrastrutture
Ing. Simone Valagussa
Strutture
Ing. Matteo Gardella
Sicurezza/Cronoprogramma
Ing. Mario Piampiani

Ing. Lucia Samorani, Ing. Francesco Uggetti, Ing. Valeria Fabrizio, Ing. Gerardo Amenta, Geom. Michele Riglietti, Geom. Vincenzo Pilasi, Ing. Cecilia Corio, Ing. Matteo Albertini

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Luca Melis

IL PROJECT MANAGER

Arch. Fabio Massimo Saldini

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	15/01/2021	EMISSIONE	C. Corio / M. Albertini	S. Valagussa	L. Melis
B					
C					
D					
E					

Scala

Codifica Elaborato

S	G	E	D	D	0	0	0	G	E	0	0	0	0	0	R	I	0	0	1	A
Fase	Ambito	Tratta/cat.						Opera				Parte			Tipo elaborato		Progressivo			Rev.

Data

Gennaio 2021

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
ED OPERE AD ESSO CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA'

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA D

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

INDICE

1	PREMESSA	9
2	SOLUZIONI ALTERNATIVE	11
3	QUADRO DI RIFERIMENTO TERRITORIALE DI AREA VASTA	16
	3.1 Sistema insediativo e ambientale	16
	3.2 La struttura insediativa urbana nel processo di trasformazione dell'area metropolitana.....	19
	3.3 La struttura del sistema ambientale	22
	3.3.1 Un territorio di Parchi.....	25
	3.3.1.1 Il Parco Adda Nord	27
	3.3.1.2 Il Parco della Valle del Lambro	32
	3.3.1.3 Parco Agricolo Nord Est	34
	3.3.1.4 Parco del basso corso del Fiume Brembo	37
	3.3.1.5 Parco dei Colli Briantei	40
	3.4 Un territorio di paesaggi	42
	3.4.1 Le mappe di sensibilità paesaggistico ambientali.....	47
4	LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E AMBIENTALE.....	56
	4.1 Piano territoriale regionale: integrazione ai sensi della l.r. 31/2014	56
	4.1.1 Brianza e Brianza Orientale	61
	4.1.2 Collina e Alta Pianura Bergamasca.....	62
	4.1.3 Est Milanese.....	63
	4.2 Pianificazione di scala provinciale.....	66
	4.2.1 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Monza e della Brianza	66
	4.2.1.1 Unità tipologiche di paesaggio	73
	4.2.1.2 Rete di verde di ricomposizione paesaggistica.....	74
	4.2.1.3 Corridoi della rete verde nel settore est della provincia	74
	4.2.1.4 Corridoio trasversale pedemontano.....	76
	4.2.1.5 Proposta linee di indirizzo per la redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile	77
	4.2.2 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo.....	79

4.2.2.1	Analisi CL 10 Dorsale orientale dell'Isola.....	85
4.2.2.2	Analisi CL 11 Isola meridionale – basso corso del Brembo	89
4.2.2.3	Analisi CL 12 Isola occidentale.....	95
4.2.2.4	Analisi CL 16 Conurbazione Dalmine – Zingonia	100
5	PROPOSTE PROGETTUALI	106
5.1	“Opzione 0”	106
5.2	Tratta D “Lunga”	107
5.2.1	Gli svincoli	112
5.2.2	Opere connesse.....	117
5.2.3	Interferenze con la viabilità esistente	121
5.3	Tratta D “Breve”	124
5.3.1	Gli svincoli	125
5.3.2	Interferenze con la viabilità esistente	126
5.3.3	Tratta D “Breve” – Ipotesi alternativa	128
6	PROGETTO STRADALE	129
6.1	Tratta D “Lunga”	129
6.1.1	Asse principale – Criteri progettuali	129
6.1.1.1	Aspetti normativi	129
6.1.1.2	Sezione stradale tipo	129
6.1.1.3	Geometria dell'asse stradale: andamento planimetrico	134
6.1.1.3.1	<i>Rettifici.....</i>	<i>134</i>
6.1.1.3.2	<i>Curve circolari</i>	<i>135</i>
6.1.1.3.3	<i>Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari</i>	<i>136</i>
6.1.1.3.4	<i>Curve a raggio variabile</i>	<i>138</i>
6.1.1.3.5	<i>Distanze di visibilità</i>	<i>141</i>
6.1.1.4	Geometria dell'asse stradale: andamento altimetrico	146
6.1.1.5	Diagramma di velocità	148
6.1.1.6	Allargamenti per la visibilità	148
6.1.2	Interconnessioni e svincoli – Criteri progettuali.....	149
6.1.2.1	Aspetti normativi	149
6.1.2.2	Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo	150

6.1.2.3	Corsie di accelerazione	151
6.1.2.3.1	Metodo Regione Lombardia	151
6.1.2.3.2	Metodo modificato	153
6.1.2.3.3	DM 19 Aprile 2006	155
6.1.2.4	Corsie di decelerazione	156
6.1.2.4.1	Metodo Regione Lombardia	156
6.1.2.4.2	Metodo modificato	158
6.1.2.4.3	DM 19 Aprile 2006	159
6.1.2.5	Confronto tra i vari metodi	160
6.1.3	Opere connesse e viabilità interferente con le esistenti	161
6.1.3.1	Andamento planimetrico	162
6.1.3.2	Andamento altimetrico	165
6.2	Tratta D “Breve”	166
6.2.1	Asse principale – Criteri progettuali	166
6.2.1.1	Aspetti normativi	166
6.2.1.2	Sezione stradale tipo	166
6.2.1.3	Geometria dell’asse stradale: andamento planimetrico	169
6.2.1.3.1	Rettifici	169
6.2.1.3.2	Curve circolari	170
6.2.1.3.3	Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari	171
6.2.1.3.4	Curve a raggio variabile	173
6.2.1.3.5	Distanze di visibilità	176
6.2.1.4	Geometria dell’asse stradale: andamento altimetrico	180
6.2.1.5	Diagramma di velocità	182
6.2.1.6	Allargamenti per la visibilità	182
6.2.2	Interconnessioni e svincoli – Criteri progettuali	182
6.2.2.1	Aspetti normativi	182
6.2.2.2	Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo	183
6.2.2.3	Corsie specializzate	187
6.2.2.3.1	Corsia di entrata o di immissione	187
6.2.2.3.2	Corsia di uscita o di diversione	188

6.2.2.4	Intersezioni a rotatoria	189
6.3	Considerazioni finali	193
7	OPERE D'ARTE.....	194
7.1	Tratta D "Lunga".....	194
7.1.1	Opere d'arte maggiori	194
7.1.1.1	Gallerie naturali	194
7.1.1.2	Gallerie artificiali	196
7.1.1.3	Ponti e viadotti	199
7.1.2	Opere d'arte minori.....	202
7.1.2.1	I cavalcavia a via superiore	202
7.1.2.2	I cavalcavia a via inferiore	203
7.1.2.3	I sottovia	204
7.2	Tratta D "Breve"	208
7.2.1	Opere d'arte appartenenti all'asse principale	208
7.2.1.1	Ponte sul fiume Molgora	208
7.2.1.2	Galleria artificiale interconnessione SP2	209
7.2.2	Opere d'arte appartenenti alle viabilità locali e alle rampe	210
7.2.2.1	Impalcati in cap.....	211
7.2.2.2	Impalcati metallici a via di corsa inferiore	213
7.2.2.3	Impalcati metallici a via di corsa superiore	214
7.3	Considerazione finali	216
8	STUDI DI BASE	217
8.1	Idrologia e idraulica di piattaforma	217
8.1.1	Tratta D "Lunga"	217
8.1.1.1	Torrente Molgora	218
8.1.1.2	Fiume Adda	221
8.1.1.3	Fiume Brembo	225
8.1.1.4	Corsi d'acqua secondari	228
8.1.1.5	Opere idrauliche in progetto	245
8.1.2	Tratta D "Breve"	248
8.1.2.1	I01: Torrente Molgora	248

8.1.2.2	I02: Rio Valle	250
8.1.2.3	I03: Vallone Cava	253
8.1.2.4	V08	255
8.1.2.5	Sistema di raccolta delle acque di piattaforma	259
8.1.2.5.1	Riferimenti normativi.....	260
8.1.2.5.2	Drenaggio della piattaforma stradale	261
8.1.3	Considerazioni finali.....	263
8.2	Geologia, geomorfologia, idrogeologia, geotecnica e sismica	265
8.2.1	Tratta D “Lunga”	265
8.2.1.1	Geologia, geomorfologia e idrogeologia	265
8.2.1.1.1	Inquadramento geologico.....	266
8.2.1.1.2	Inquadramento geo-tettonico e sismico	268
8.2.1.1.3	Inquadramento geomorfologico	268
8.2.1.1.4	Inquadramento idrogeologico.....	269
8.2.1.1.5	Problematiche geologiche del tracciato per la tratta D “Lunga”	270
8.2.1.2	Geotecnica	272
8.2.1.2.1	Opere in sotterraneo	276
8.2.1.3	Sismica	278
8.2.2	Tratta D “Breve”	281
8.2.2.1	Premessa	281
8.2.2.2	Fasi di lavoro	281
8.2.2.3	Inquadramento territoriale.....	284
8.2.2.4	Inquadramento geomorfologico- geologico.....	285
8.2.2.5	Sezioni geotecniche.....	288
8.2.3	Considerazioni finali.....	290
9	COSTI DELL’OPERA E TEMPI DI REALIZZAZIONE	296
9.1	Tratta D “Lunga”	296
9.1.1	Costi dell’opera.....	297
9.1.2	Tempi di realizzazione - Cronoprogramma.....	298
9.2	Tratta D “Breve”	299
9.2.1	Costi dell’opera.....	301

9.2.2	Tempi di realizzazione - Cronoprogramma.....	303
9.3	Considerazioni finali	304
10	STUDIO DEL TRAFFICO E ANALISI DEGLI SCENARI	305
10.1	Inquadramento territoriale	305
10.2	Il progetto	309
10.3	Sistema di pedaggiamento	312
10.4	Il traffico nell'area di studio	314
10.4.1	Traffico autostradale sulle tratte APL in esercizio	315
10.4.2	Traffico autostradale nell'area di studio	319
10.4.3	Traffico locale – Raccolta dati 2018.....	323
10.5	Crescita della domanda di mobilità'	327
10.5.1	Il modello econometrico	327
10.5.2	Ipotesi di crescita macro economica.....	328
10.5.3	Output del modello econometrico di crescita.....	329
10.6	Il modello di rete	330
10.6.1	Struttura del modello di traffico	331
10.6.2	Valore del tempo (VOT).....	337
10.7	Previsioni di traffico	340
10.7.1	Scenario base P50 – Tracciato da Convenzione (D lunga).....	340
10.7.2	Scenario Base P50 – Traccao Alternativo (D Corta).....	344
10.7.3	Mancata realizzazione della tratta D	348
10.8	Benefici per la collettività – Indicatori trasportistici.....	349
10.8.1	Area di analisi	350
10.8.2	Indicatori trasportistici	351
10.8.2.1	Ipotesi D Lunga – Orizzonte temporale 2030.....	351
10.8.2.2	Ipotesi D Breve – Orizzonte temporale 2030	353
10.8.2.3	Ipotesi D Lunga – Orizzonte temporale 2035.....	355
10.8.2.4	Ipotesi D Breve – Orizzonte temporale 2035	357
10.9	Considerazioni finali	359
11	ANALISI COSTI BENEFICI.....	361
11.1	Definizione delle opzioni di progetto	361

11.2	Costi e Benefici inclusi nell'analisi	362
11.3	Principali linee guida utilizzate.....	364
11.4	costi di progetto	364
11.4.1	Costi d'investimento	364
11.4.2	Costi di esercizio.....	366
11.5	I benefici trattati nell'analisi.....	367
11.5.1	Benefici per gli utenti: risparmio del tempo di viaggio e riduzioni del costo operativo del veicolo	367
11.5.2	Esternalità e Valore Residuo	369
11.6	Risultati dell'analisi costi benefici	371
11.7	Valutazione del rischio: analisi di sensitività.....	372
11.8	Considerazioni finali	375
12	CONCLUSIONI	377
13	ALLEGATI GRAFICI	384

1 PREMESSA

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è un'opera strategica di interesse nazionale, che costituisce un elemento fondamentale del nuovo assetto della grande viabilità e dello sviluppo economico e territoriale della Lombardia.

Dato il notevole sviluppo del tracciato (circa 87km di autostrada e 70km di nuova viabilità locale), per l'importanza delle infrastrutture interessate e in considerazione della tipologia e morfologia delle zone attraversate, l'intervento risulta essere molto complesso dal punto di vista della fattibilità tecnica ed ambientale. Difatti il territorio attraversato dall'opera infrastrutturale è densamente popolato e caratterizzato dalla presenza di numerosi insediamenti ed importanti distretti produttivi.

Gli obiettivi che si intende perseguire attraverso la realizzazione dell'intervento sono i seguenti:

- L'adeguamento dell'offerta di infrastrutture rispetto alle esigenze di mobilità interna ed esterna al territorio, il quale costituisce un'area tra le più urbanizzate ed industrializzate della Lombardia;
- L'alleggerimento dell'attuale sistema tangenziale di Milano, attraverso il completamento del sistema tangenziale di Como e Varese;
- Il miglioramento dell'accessibilità all'aeroporto di Milano Malpensa;
- L'integrazione della rete della grande viabilità grazie all'interconnessione delle grandi radiali su Milano, in un nuovo disegno a maglia ortogonale;
- La riorganizzazione dell'intero sistema stradale del territorio al fine di migliorarne i livelli complessivi di qualità, sulla base delle esigenze della mobilità e dello sviluppo a livello locale. Attraverso la riorganizzazione del sistema stradale e lo spostamento di importanti quote di traffico sui nuovi e più adeguati assi infrastrutturali, è possibile ridurre le attuali situazioni di crisi della viabilità ordinaria;
- La risoluzione del delicato rapporto tra infrastruttura e territorio, attraverso il ripristino ambientale dell'intero sito, in modo da comportare ricadute complessivamente positive sotto l'aspetto paesaggistico e dell'inquinamento acustico ed atmosferico, soprattutto negli attraversamenti dei centri abitati.

L'intervento complessivo progettato, al fine di raggiungere gli obiettivi sopra esposti, comprende le seguenti infrastrutture viarie:

- Il tracciato principale con caratteristiche autostradali che collega le esistenti Autostrade A8, A9 e A4. Tale tracciato è stato suddiviso in 5 tratte così denominate: Tratta A, tra le Autostrade A8 e A9; Tratta B1, dall'interconnessione con la A9 alla SS35; Tratta B2, da Lentate a Cesano Maderno; Tratta C, da Cesano Maderno all'interconnessione con la Tangenziale Est – A51; Tratta D, dalla Tangenziale Est – A51 all'Autostrada A4;
- Le opere di completamento delle Tangenziali di Como e Varese.

Sulla base delle esigenze recentemente manifestate dal territorio, al fine di ottimizzare i costi di realizzazione e favorire pertanto la bancabilità dell'intero progetto, si sono valutate soluzioni progettuali alternative della Tratta D, considerando anche modifiche sostanziali e/o localizzative rispetto al progetto definitivo approvato nel 2010.

A tal fine, in accordo con la concedente CAL, è stato redatto il seguente progetto di fattibilità tecnica economica ai sensi dell'art.23 del D.Lgs 50/2016 e di cui la presente relazione tecnica illustrativa costituisce documento integrante. Si specifica che lo studio di fattibilità sopra citato sarà relativo soltanto alla prima fase individuata dall'art. 23 del D.Lgs 50/2016, vale a dire quella in cui *“..il progettista, individua ed analizza le possibili soluzioni progettuali alternative, ove esistenti, [...], e redige il documento di fattibilità delle alternative progettuali..”*.

Il presente studio di fattibilità pone specifica attenzione agli elementi di sostenibilità tecnica ed ambientale, così come a quelli economici, al fine di permettere di individuare tra le soluzioni alternative proposte quella che ottimizza il rapporto benefici – costi.

Ogni aspetto progettuale sarà gestito implementando le tecniche ed i processi di Project Management ai sensi delle normative UNI 21500 e UNI 11648; ne consegue un approccio strutturato che coinvolgerà in maniera integrata le risorse e le competenze necessarie nel gruppo di lavoro e permetterà di definire il progetto come insieme delle attività che lo compongono, stabilendo i risultati attesi.

Lo Studio nel suo complesso è strutturato secondo l'indice riportato in calce al seguente documento.

2 SOLUZIONI ALTERNATIVE

L'obiettivo dello studio di fattibilità in oggetto è l'individuazione di soluzioni alternative per la Tratta D di Pedemontana al fine di definire, tra le proposte progettuali individuate, quella che meglio risponde alle esigenze della Committenza e della Comunità in termini di:

- Miglioramento della qualità della vita della collettività, accrescendo il benessere dei cittadini, potenziando la mobilità per gli stessi ed incrementando lo sviluppo della comunità;
- Qualità architettonica, tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- Conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza;
- Minimizzazione degli impatti sulle risorse ambientali, in termini di utilizzo dei materiali e consumo di energia ed acqua;
- Rispetto dei siti di importanza ecologica ed il contenimento del consumo di territorio in aree non precedentemente edificate;
- Rispetto dei vincoli idro-geologici, sismici e forestali nonché degli altri vincoli esistenti;
- Efficientamento e recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera nonché valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;
- Compatibilità con le preesistenze archeologiche e culturali;
- Compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;
- Garanzia di un'adeguata risposta alla domanda di mobilità generata;
- Risparmio in termini di investimento;
- Contenimento del consumo di territorio e contestuale riduzione dei costi di realizzazione.

Sulla base di quanto sopra riportato si sono individuate differenti soluzioni progettuali:

- **Alternativa progettuale 1 - Opzione "0"**: nessun intervento. Tale scenario di intervento prevede che nel 2025 (orizzonte temporale definito) siano realizzate tutte le tratte della Pedemontana comprensive della Tratta B2 e C non ancora realizzate

allo stato attuale. L'alternativa non prevede la realizzazione della Tratta D chiudendo l'intervento con lo svincolo con la Tangenziale Est previsto nel Comune di Usmate Velate;

- **Alternativa progettuale 2 - Tratta D "Lunga"**. Tale scenario di intervento prevede la realizzazione dell'intero collegamento autostradale secondo il progetto definitivo approvato dal CIPE, con prescrizioni e raccomandazioni, mediante la delibera n. 97 del 6 novembre 2009 e, a seguito dei recepimenti alle osservazioni, approvato da CAL in data 3 agosto 2010. Il progetto prevede uno sviluppo complessivo dell'Autostrada A36 da Cassano Magnago fino a Osio Sotto / Dalmine, con la completa realizzazione della Tratta D, fino allo svincolo di Interconnessione con l'autostrada A4. La Tratta D del progetto definitivo 2010 si sviluppa dall'interconnessione con la A51 - Tangenziale Est di Milano, nel comune di Vimercate prima dell'attraversamento del fiume Molgora, fino allo svincolo di interconnessione con l'Autostrada A4 Milano - Bergamo, all'altezza del comune di Osio Sotto, per una lunghezza complessiva (escluso lo svincolo terminale) di circa 16 km. Il tracciato è caratterizzato prevalentemente da tratti in trincea, intervallati da tratti in rilevato e dalle seguenti opere principali:

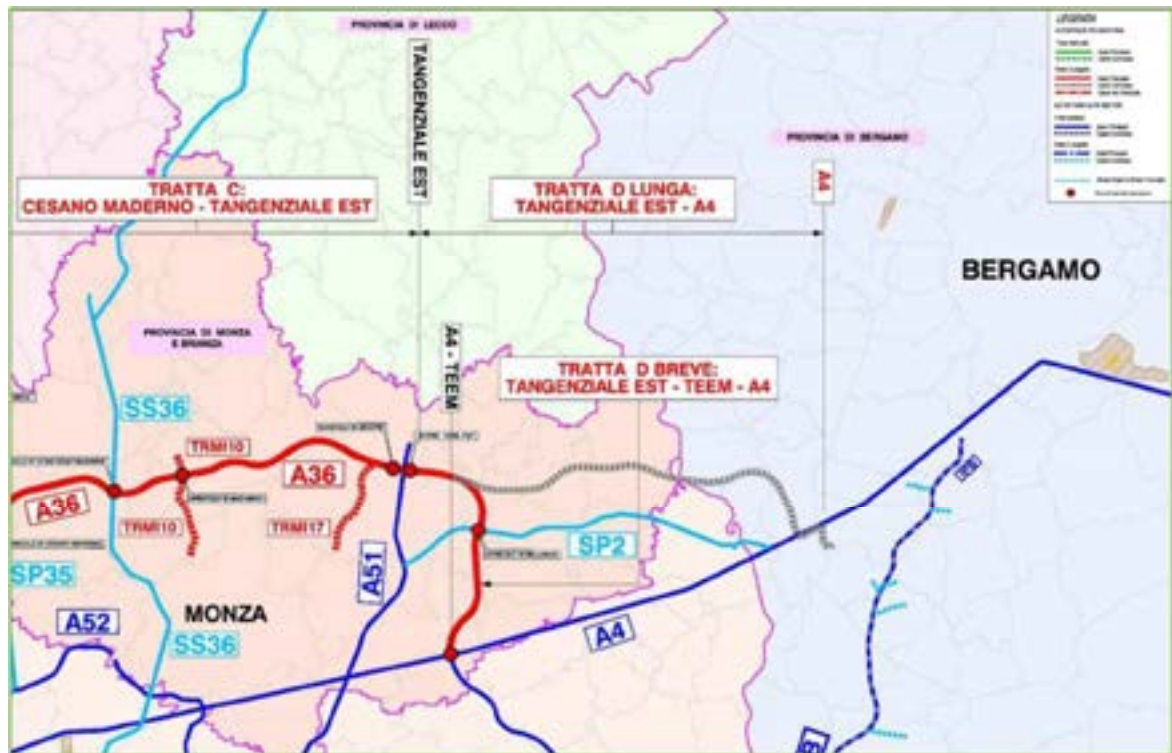
- 4 svincoli (svincolo di Bellusco, svincolo di Cornate d'Adda, svincolo di Filago e svincolo di Osio Sotto);
- 2 barriere di esazione;
- 1 area di servizio (Bellusco);
- 1 interconnessione (interconnessione A4);
- Il viadotto di scavalco del fiume Adda (lunghezza 500 m);
- 2 gallerie naturali di approccio al fiume Adda (lunghezza complessiva 3000 m).

Completano il tracciato alcune opere connesse, delle quali le più significative sono la viabilità TRBG03, dallo svincolo di Filago in direzione nord, e le viabilità TRMI12 e TRMI14, dallo svincolo di Bellusco sia in direzione nord sia in direzione sud.



Inquadramento generale – In evidenza la tratta D del Progetto Definitivo 2010 approvato

- **Alternativa progettuale 3 - Tratta D “Breve”.** Tale scenario di intervento prevede un tracciato che, nella prima parte, ricalca l'andamento del progetto definitivo del 2010 sopra citato, per circa 2 km, per poi piegare verso sud, traguardando l'interconnessione esistente tra l'Autostrada A4 Milano - Bergamo e la A58 – Tangenziale Est Esterna di Milano (TEEM), localizzata tra i comuni di Caponago e Agrate. In particolare, la soluzione che verrà analizzata prende avvio immediatamente a est dell'interconnessione con la A51 (Tangenziale Est) in località Usmate Velate (MB), aggirando ad ovest l'abitato di Ruginello e puntando a sud. Il tracciato prosegue costeggiando i comuni di Vimercate, Burago Molgora e Agrate Brianza per terminare con l'interconnessione con l'A4 Milano – Bergamo in corrispondenza dell'attuale interconnessione con la TEEM.



Tratta D breve – Variante interconnessione A4 – TEEM (A58)

Le soluzioni alternative individuate sono poi state messe a confronto tra di loro per consentire l'identificazione della soluzione ottimale, ovvero quella che meglio sintetizza ed interpreta le molteplici esigenze.

Il confronto è stato effettuato sulla base di una serie di aspetti multidisciplinari ed in particolare è stata condotta:

- **Un'analisi delle condizioni al contorno**, ovvero al contesto fortemente urbanizzato nel quel l'opera si inserisce, ai vincoli e alle preesistenze che presenta il territorio;
- **Un'analisi degli strumenti di programmazione territoriali** che i vari enti quali Regione, Province e Comuni hanno predisposto;
- **Un'analisi dell'inserimento ambientale** dell'opera;
- **Un'analisi tecnica** delle varie specialità costituenti un progetto al fine di definire soluzioni tecnicamente valide;
- **Un'analisi trasportistica**, che, partendo dallo stato attuale, simula gli scenari modellistici, per gli orizzonti temporali definiti, relativamente alle soluzioni alternative individuate;

- **Un'analisi costi benefici** volta, partendo dalla definizione dei costi e dei tempi di realizzazione dell'opera, all'individuazione della soluzione progettuale che, tra le alternative studiate, massimizza il rapporto tra benefici e costi.

A tal fine si è proceduto a:

- Analisi della documentazione disponibile, tra cui gli strumenti di pianificazione territoriale a livello regionale, provinciale e locale, nonché delle progettualità esistenti;
- Analisi dei progetti relativi alle altre tratte dell'Autostrada Pedemontana Lombarda con particolare riferimento al Progetto Definitivo della Tratta D, successivamente denominata Tratta D "Lunga", costituendo di fatto, una delle alternative progettuali individuate;
- Definizione degli aspetti tecnici e degli studi di base relativamente alle diverse soluzioni alternative individuate;
- Stima di massima dei costi e dei tempi di realizzazione dell'infrastruttura per ciascuna soluzione alternativa;
- Verifiche modellistiche di traffico per i diversi scenari di progetto;
- Analisi costi benefici.

3 QUADRO DI RIFERIMENTO TERRITORIALE DI AREA VASTA

Sono presi in esame per gli aspetti insediativi, ambientali e paesaggistici, i valori territoriali dell'area vasta della Tratta D del sistema viabilistico dell'Autostrada Pedemontana Lombarda.

L'obiettivo è quello di sviluppare una descrizione delle diverse componenti urbane e ambientali con degli specifici approfondimenti sul sistema idrico, suolo e sottosuolo, del paesaggio. Il livello di approfondimento dell'analisi territoriale è caratterizzato dalla scala progettuale di riferimento (studio di fattibilità) ed è condizionato dall'estensione territoriale trattandosi di un territorio molto vasto e complesso, articolato in diversi sistemi locali e in diversi ambienti urbani ed extraurbani.

Nella trattazione che seguirà si fa riferimento al territorio attraversato da tutte le ipotesi progettuali individuate nel capitolo 2 al fine di valutare le soluzioni alternative della Tratta D del sistema autostradale. Per una trattazione completa degli argomenti del seguente capitolo si rimanda alle relazioni ed agli elaborati grafici di dettaglio specifici.

3.1 SISTEMA INSEDIATIVO E AMBIENTALE

La valenza strategica del sistema autostradale pedemontano è oggi richiamata in tutti gli strumenti di programmazione e pianificazione regionali alle diverse scale d'intervento. Richiamando infatti gli obiettivi generali della grande viabilità in parte già realizzata, questa infrastruttura risponde a:

- Garantire un'adeguata risposta alla domanda di mobilità generata dal territorio più urbanizzato e industrializzato della Lombardia;
- Integrare la rete della grande viabilità;
- Sostenere lo sviluppo policentrico della Lombardia.

L'opera della Pedemontana, che non si configura solo come un'opera autostradale, riorganizza l'intero sistema stradale del territorio di riferimento per migliorarne i livelli complessivi di qualità in funzione delle esigenze della mobilità e dello sviluppo a livello locale, perseguendo l'obiettivo tematico definito dalla pianificazione regionale finalizzato a realizzare il sistema autostradale regionale e sviluppare una rete viaria per servire il territorio e connetterlo con i grandi assi viari. Allo stesso tempo la costruzione di questa opera ha un rilevante impatto in un territorio a forte criticità-sensibilità ambientale e che, proprio per

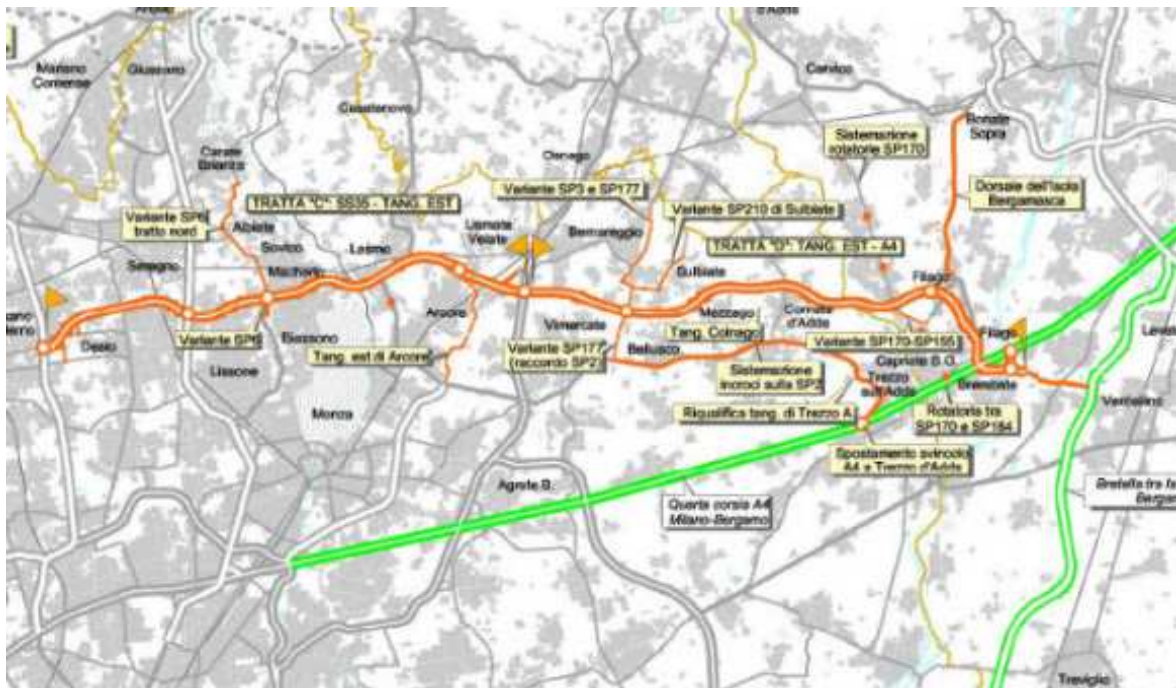
questo, richiede una particolare attenzione nell'affrontare e risolvere il delicato rapporto tra infrastruttura, territorio e ambiente.

L'impatto sul territorio locale, soprattutto a seguito della realizzazione di altre importanti opere infrastrutturali, come il tracciato di TEEM-A58, che unisce l'Autostrada A1 da Melegnano, alla A4 ad Agrate Brianza, in relazione agli interessi del territorio attraversato, rende ancora attuali alcuni richiami che erano stati alla base della fase progettuale iniziale dell'intera opera.

Richiamando di seguito alcuni passaggi dello Studio di impatto ambientale (2003), si riconoscono in questi punti, **un riferimento importante sulle valutazioni che si svilupperanno sulla Tratta D.**

1. **Migliorare la funzionalità complessiva della rete stradale locale e ridurre le situazioni di congestione del traffico.** Attraverso la riorganizzazione del sistema stradale e lo spostamento di importanti quote di traffico sugli assi infrastrutturali nuovi e più adeguati funzionalmente, è possibile ridurre le attuali situazioni di crisi della viabilità ordinaria (congestione, incidentalità, inquinamento acustico ed atmosferico soprattutto negli attraversamenti dei centri abitati).
2. **Valorizzare, attraverso il miglioramento delle condizioni infrastrutturali, le potenzialità di sviluppo locale.** Il territorio interessato dal Sistema Pedemontano si caratterizza come "città diffusa". Una città fatta di poli regionali, di medi e piccoli centri, di sistemi locali e importanti distretti produttivi, che ha sempre più necessità di sviluppare, anche con una relativa autonomia dal capoluogo metropolitano, rapporti di integrazione e condizioni elevate di accessibilità.
3. **Garantire le migliori condizioni di integrazione ed inserimento dell'infrastruttura nel territorio e nell'ambiente.** La Pedemontana si inserisce in un territorio fortemente urbanizzato e densamente popolato e in una situazione ambientale molto critica, per effetto della pressione esercitata dal carico e delle dinamiche insediative sulle risorse naturali e sui valori ambientali e paesistici presenti sul territorio. La qualità ambientale è, dunque, un obiettivo primario dell'opera, riguardo al quale è necessario adottare scelte in grado di minimizzare gli impatti ambientali e di prevedere misure e interventi ottimali per mitigare e compensare inevitabili effetti negativi.

Il territorio sul quale si sviluppa la connessione tra il sistema pedemontano e la A4 Milano-Bergamo, attraversa il sistema policentrico del Vimercatese, per trovare nell'attraversamento della Valle dell'Adda la parte di maggior impatto sotto il profilo ambientale. Il passaggio si sviluppa poi nel territorio agricolo dell'“Isola bergamasca” e nella vicinanza dell'abitato di Brembate attraversa la A4 con un tracciato in galleria artificiale. Poco a sud dell'autostrada il tracciato esce allo scoperto per sovrappassare in viadotto il fiume Brembo, per poi collegarsi con lo svincolo di interconnessione con la A4.



3.2 LA STRUTTURA INSEDIATIVA URBANA NEL PROCESSO DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA METROPOLITANA

Tenendo conto della situazione attuale e delle dinamiche evolutive, la struttura insediativa urbana del territorio interessato dall'itinerario pedemontano, nella Tratta D, presenta le seguenti specificità, così come emerge dallo Studio di impatto ambientale del 2003¹ e successivi aggiornamenti:

- **Agglomerazione metropolitana milanese.** Riguardo al territorio della Brianza milanese, si rileva un'agglomerazione urbana densa e compatta, caratterizzata da una forte frammistione di funzioni residenziali, industriali e commerciali e da un fitto reticolo infrastrutturale. In ragione della carenza di suolo libero, questo territorio ha pressoché esaurito il processo di espansione edilizia e le dinamiche insediative sono per lo più limitate al completamento delle frange urbane e alla trasformazione delle aree costruite, in particolare le aree industriali dismesse.
- **Rete urbana diffusa del Vimercalese e dell'Isola Bergamasca.** Nell'area che si estende da Vimercate all'hinterland di Bergamo, con al centro il fiume Adda, la struttura insediativa coincide per buona parte con la tradizionale rete diffusa dei piccoli centri, separati tra di loro da rilevanti estensioni di territorio agricolo. Negli ultimi decenni lo sviluppo insediativo ha portato alla creazione di importanti zone industriali in ambiti extraurbani: nel Vimercalese (lungo la strada provinciale per Trezzo), nell'Isola Bergamasca, o di centri direzionali di rilevanza metropolitana (Vimercate, Agrate Brianza). Le dinamiche in atto, che vanno nella direzione di uno sviluppo insediativo diffuso sul territorio, e le previsioni di espansione contenute negli strumenti urbanistici comunali, inducono a ritenere che questi territori saranno maggiormente influenzati dalla realizzazione del sistema autostradale pedemontano, dal punto di vista delle dinamiche insediative. Ciò rende particolarmente necessarie adeguate politiche urbanistiche e territoriali di governo degli effetti indotti dall'evento infrastrutturale, al fine di evitare che si determinino fenomeni di compromissione territoriale ed ambientale.

¹ Studio di impatto ambientale - Autostrada Pedemontana Lombarda: Collegamento autostradale Dalmine - Como - Varese - Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse, anno 2003 e successivi aggiornamenti anni 2004 e 2005

Il territorio del Vimercatese, così come emerge dai quadri conoscitivi degli strumenti di pianificazione sovraordinati (PTR e PTCP), antepone al “modello città/periferia” quello di un sistema reticolare-policentrico, capace di valorizzare le differenze urbane e ambientali che lo compongono.

L’ambiente del Vimercatese, si caratterizza per la sua trama insediativa prevalentemente regolare, fatta di un reticolo di centri di piccole dimensioni collegati tra loro da strade urbanizzate.

Così come emerge dalla lettura dei diversi piani strategici che si sono susseguiti negli ultimi anni, la sua configurazione reticolare presenta tre telai insediativi: il telaio di Vimercate e dei centri urbani circostanti, dove malgrado gli intensi processi di rilocalizzazione di attività e funzioni emerge la riconoscibilità di ciascun nucleo urbano in termini di unità ed individualità; il telaio dello sviluppo lineare lungo la Strada Padana superiore, che con un forte sviluppo insediativo fa registrare una crescita demografica e produttiva tra le più rilevanti dell’intera regione urbana milanese; e, infine, il telaio del ventaglio di centri urbani intorno a Trezzo sull’Adda, connotato da una doppia fila di piccoli centri disposti a semicerchio attorno a Trezzo.

Un sistema insediativo che presenta, in sintesi, i seguenti punti di forza:

- Valenza paesistica ed ambientale diffusa grazie al Parco Regionale dell’Adda Nord, ai numerosi PLIS di cui a titolo di esempio si citano il Parco Agricolo Nord Est, il Parco del basso corso del Fiume Brembo e il Parco dei Colli Briantei.
- La continuità con il Naviglio Martesana e il Canale Villoresi, emergenze non solo d’importanza storico-documentale, ma anche a forte valenza paesistico-ricreativa e catalizzatori promozionali del sistema urbano;
- La ricchezza di risorse ambientali e storico-documentali quali il fiume Adda, i fontanili, il sistema delle acque irrigue (rogge e cavi), il sistema delle cascine;
- La possibilità di raccordo con importanti infrastrutture di mobilità;
- La diversificazione produttiva (agricoltura, meccanica, elettronica, editoria, alimentare, abbigliamento, comunicazione);
- La disponibilità di strutture di servizio alle imprese e alle persone di diverso grado e livello.

Riferendosi ancora al sistema territoriale del Vimercatese si vede come la struttura del sistema produttivo della Brianza è strettamente integrata al sistema locale, sia per gli aspetti socio-culturali, che per quelli riferiti al “capitale umano” diffuso. Sui settori della meccanica

e dell'elettronica, del mobile e dell'arredamento, del tessile e dell'abbigliamento e infine su quello del comparto alimentare, si struttura il "telaio produttivo" del territorio della Brianza, sviluppando una capacità di competere, sotto il profilo della produzione industriale, significativa nel contesto lombardo.

Dall'analisi del "Rapporto Brianza Economia – 2017"² emerge infatti, come metà delle imprese lombarde è concentrato nel territorio compreso tra i confini di Milano, Lodi e Monza e Brianza: si tratta di circa 375.000 imprese attive che pesano il 46% di tutto il tessuto imprenditoriale regionale.

Il sistema imprenditoriale di Monza e Brianza, storicamente uno dei distretti nazionali dalla spiccata vocazione manifatturiera, competitivo a livello europeo, registra dei dati positivi nella bilancia degli indicatori economici. La solidità e la vitalità del "Sistema Brianza" si riscontra nella crescita del numero delle sue imprese nel corso degli anni, che sono passate, secondo quanto riportato nell'ultimo rapporto della Camera di Commercio di Monza e Brianza, dalle 61.242 imprese attive del 2007 alle 63.744 del 2017.

Si evidenzia dunque un contesto territoriale ricco e dinamico.

L'esigenza di una valorizzazione di questo "sistema reticolare", sia all'interno degli ambiti urbani descritti, ma anche di quest'ultimo nei confronti della regione metropolitana più estesa, ed in particolar modo con riferimento alla necessità del potenziamento delle connessioni est-ovest, trova nel sistema viabilistico pedemontano una risposta capace di venire incontro a questa domanda di mobilità.

Il miglioramento dei collegamenti reciproci tra i vari poli e i sistemi urbani regionali, che segua un disegno di rete meno vincolato alla concentrazione esclusiva sul nodo di Milano, costituisce un fattore particolarmente importante per ipotizzare uno scenario di sviluppo economico e territoriale policentrico della Lombardia.

² "Rapporto Brianza Economia – 2017" a cura dell'ufficio studi della camera di commercio di Monza e Brianza

3.3 LA STRUTTURA DEL SISTEMA AMBIENTALE

Il territorio extraurbano coinvolto nella Tratta D della Pedemontana è interessato da numerosi strumenti di tutela e valorizzazione ambientale e paesistica, che si sono concretizzati nell'istituzione di diversi Parchi di interesse regionale e locale.

Tali iniziative testimoniano da un lato la presenza di luoghi di particolare rilevanza ambientale, e dall'altro la consapevolezza da parte delle comunità interessate della necessità di adoperarsi per una loro conservazione.

Si tratta, di aree particolarmente critiche e sensibili, che hanno imposto la massima cura e attenzione nelle scelte di progettazione dell'infrastruttura stradale. I parchi direttamente interessati dai tracciati in esame sono i seguenti:

- **Parchi regionali**
 - Parco della Valle del Lambro
 - Parco dell'Adda Nord
- **Parchi locali di interesse sovra comunale**
 - Parco Agricolo Nord Est;
 - Parco del basso corso del Fiume Brembo;
 - Parco dei Colli Briantei.

Oltre al sistema dei parchi sinteticamente richiamati nell'immagine successiva, il sistema ambientale è composto da un importante territorio agricolo, la cui rilevanza è riconducibile prevalentemente al contesto urbano nel quale è inserito. L'elevato grado di urbanizzazione e le dinamiche insediative in atto rendono il territorio interessato da questo tratto del sistema autostradale pedemontano particolarmente sensibile e delicato dal punto di vista ambientale.

Questa condizione si presenta particolarmente accentuata nella parte di territorio in esame, in relazione all'intensità dei fenomeni di urbanizzazione e alle caratteristiche quantitative e qualitative delle diverse componenti ambientali presenti.



Nell'ambito territoriale della Brianza orientale (del Vimercatese, definito ad est dal sistema ambientale del Lambro e delle prime colline briantee, a ovest dalla valle dell'Adda, a nord dal confine provinciale e a sud dal canale Villoresi) è ancora chiaramente leggibile la distinzione tra un sistema insediativo per nuclei e un sistema degli spazi aperti agricoli e naturali, nonostante l'intensa crescita degli anni recenti.

Così come espresso nei documenti di pianificazione e programmazione della Provincia di Monza e Brianza, il sistema degli spazi aperti risulta esteso e non eccessivamente frammentato e l'agricoltura mantiene un ruolo preminente nella definizione dell'identità territoriale e del paesaggio.

La tessitura dei grandi spazi unitari è ben riconoscibile nel sistema delle tutele, in particolare i corridoi fluviali, elementi portanti che hanno supportato la creazione di aree a parco, da quelli regionali della Valle del Lambro e dell'Adda a quelli locali del Molgora e del Rio Vallone (oggi PLIS PANE), ma anche l'ambito terrazzato delle Groane e il comparto agricolo del Vimercatese.

Al di fuori del sistema delle aree protette, nel quadrante occidentale la disponibilità di spazi aperti risulta decisamente inferiore alla media, con alcune situazioni che possono essere definite residuali di un processo di quasi totale saturazione, mentre nel settore orientale la dotazione di aree libere risulta a oggi soddisfacente da un punto di vista quantitativo, ma anche qualitativo.

Lo spazio aperto presenta un'estensione comunque ancora significativa della superficie territoriale complessiva, un dato che include però situazioni molto diversificate per articolazione e composizione (aree agricole, parchi, aree verdi attrezzate).

Emerge pertanto come la parte orientale della Brianza sia caratterizzata da terreni agricoli di alto valore.

Un ulteriore aspetto, in ottemperanza ai criteri dettati dalla Regione, riguarda gli ambiti agricoli strategici, ovvero quelle parti del territorio connotate da uno specifico e peculiare rilievo, sotto il profilo congiunto dell'esercizio dell'attività agricola, dell'estensione e continuità territoriale di scala sovracomunale, nonché delle caratteristiche agronomiche del territorio, con particolare riferimento alle condizioni di specifica produttività dei suoli. La definizione di questi ambiti agricoli è particolarmente importante anche alla luce del decremento delle aree agricole che è in atto.

Se si prende in esame il sistema ambientale della Bergamasca, sulla base dei materiali approvati della recente adozione del PTCP della Provincia di Bergamo (maggio 2020), si trova un territorio imperniato sulla nodalità urbana di Bergamo e limitato da precisi confini: le vette orobiche che individuano un crinale fondamentale a nord, i laghi di Como e d'Iseo rispettivamente ad ovest ed est, con i fiumi Adda e Oglio che proseguendo con i loro solchi verso meridione, prolungano la linea di demarcazione nella pianura padana.

Questo vasto ambito territoriale, così come descritto nel "quadro conoscitivo" del PTCP, è in parte pianeggiante e in parte montuoso, presenta una successione di spazi e ambienti tra loro eterogenei: dalla zona alpina a quella prealpina, alla fascia delle colline, all'alta pianura "asciutta", alla bassa pianura maggiormente ricca di acque.

Siamo qui in presenza di un paesaggio composto da sistemi aperti, parchi e infrastrutture verdi, ma anche caratterizzato da diversi tipi di agricoltura che connotano un patrimonio ambientale fragile e in rapida trasformazione.

L'agricoltura collinare e montana, divenuta ormai antieconomica è stata progressivamente abbandonata e i segni del paesaggio agricolo, cascine, mulattiere, terrazzamenti, colture, spazi aperti sono in molti casi decaduti. In pianura, la diffusione della monocoltura e la meccanizzazione delle pratiche agricole hanno prodotto una drastica semplificazione del paesaggio che, in ampi tratti, si è trasformato in una steppa cerealicola costituita da superfici sgombre da quinte arboree.

Dal punto di vista paesaggistico, in questo contesto permangono di valore paesaggistico il sistema delle siepi e delle fasce boscate nella valle planiziale del fiume Brembo e la fascia agricola presente a est della conurbazione Dalmine-Osio Sotto.

3.3.1 Un territorio di Parchi

Analizzando l'ambito territoriale interessato della Tratta D del sistema autostradale, che si estende dal comune di Osio Sotto ad est a Vimercate ad Ovest si incontrano parchi di valenza regionale o provinciale.

I parchi, presi in considerazione nello studio sono:

- Parco dell'Adda Nord (LR 80/83), ad est fisicamente attraversato dalla Tratta D;
- Parco della Valle del Lambro (LR 82/83) a ovest, non interessato direttamente dalla Tratta D ma ad essa adiacente.

I PLIS sono stati ufficialmente inseriti nel quadro di riferimento della gestione delle aree protette lombarde con l'approvazione della Legge Regionale 30 novembre 1983, n.86, *"Piano generale delle aree regionali protette. Norme per l'istituzione e la gestione delle Riserve, dei Parchi e dei Monumenti Naturali nonché delle aree di particolare rilevanza naturale e ambientale"*.

Si tratta di Parchi istituiti da una o più amministrazioni comunali che condividono la volontà di prendersi cura di una parte del proprio territorio con l'obiettivo di tutelare, valorizzare, rivalutare zone a diversa vocazione (rurale, naturalistica), aree periurbane ed in generale ambiti da salvaguardare per la loro valenza storico-culturale e paesaggistica, che in questo modo vengono sottratti all'urbanizzazione, al degrado e all'abbandono. Nei PLIS la disciplina del territorio è affidata ai comuni in un modello di gestione di tipo partecipativo.

Il Programma Pluriennale degli Interventi (PPI), di durata minima triennale, rappresenta lo specifico strumento attuativo del Parco con funzione strategica e programmatica, in cui individuare le azioni concrete da realizzare nel PLIS e le risorse finanziarie richieste; condiviso con gli attori locali costituisce un documento di governance del territorio (art. 9.5, D.G.R.12/2007).

Infine l'atto ufficiale di riconoscimento del Parco e del suo valore "sovra comunale" è di competenza delle Province originariamente attribuita ai sensi della Legge Regionale 5 gennaio 2000, n.1 *"Riordino del sistema delle autonomie in Lombardia"*, e oggi sancita dall'articolo 34 della l.r. 86/1983 come modificata dalla Legge Regionale 4 agosto 2011, n. 12 ... *Il riconoscimento dell'interesse sovracomunale è effettuato dalla provincia in conformità agli indirizzi del PRAP valutata la compatibilità con il proprio piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP) e in coerenza con la rete ecologica regionale e provinciale, su richiesta dei comuni territorialmente interessati. ...*

I Parchi Locali di Interesse Sovracomunale, sono tre anch'essi distinguibili per quelli fisicamente interessati dalla Tratta D:

- Parco Agricolo Nord Est Parco;
- Parco del basso corso del Fiume Brembo;

e nel contesto territoriale di riferimento:

- Parco dei Colli Briantei.

L'obiettivo di questa specifica narrazione per schede sintetiche è quello di avere dei riferimenti diretti per le analisi che saranno sviluppate al fine di valutare le soluzioni alternative della Tratta D del sistema autostradale.



Le elaborazioni cartografiche sono redatte utilizzando i dati disponibili sul Geoportale della Lombardia³ (Ortofoto tematica AGEA 2015 E 2018, ed aree protette) e quelli forniti dalla Committenza. Le tavole riportano con:

- Colore giallo i Parchi Regionali;
- Colore arancione i PLIS;
- Colore rosso la Tratta D del sistema autostradale Pedemontano;
- Colore blu il sistema autostradale Pedemontano diverso dalla Tratta D;

³ <http://www.geoportale.regione.lombardia.it>

- Colore verde il sistema autostradale.

3.3.1.1 Il Parco Adda Nord

Il percorso formativo e di istituzione del Parco dell'Adda risale agli anni '70. Il progetto di legge n. 249/74 "Misure di salvaguardia urgenti per l'istituzione delle riserve naturali" si individuano i confini del Parco attraverso una planimetria generale. Successivamente la delimitazione veniva perfezionata ed allegata al piano dei parchi approvato dalla Giunta regionale il 10 maggio 1977. Il p.d.l. 103/81 ha mantenuto l'Adda tra i parchi di interesse regionale. L'istituzione del parco regionale dell'Adda nord avviene con legge n. 80 del 1983, mentre quella del Parco naturale dell'Adda nord con legge n. 35 del 2004. Entrambe tuttavia sono state abrogate e sostituite dalla Legge regionale 16 luglio 2007 - n. 16 "Testo unico delle leggi regionali in materia di istituzione di parchi" che individua il Parco Adda nord con il "CAPO IX – Parco dell'Adda Nord". La sezione seconda del medesimo Capo istituisce il Parco Naturale, che in base alle previsioni dell'art. 62 comma 1 persegue le seguenti finalità:

1. Tutelare la biodiversità, conservare ed incrementare le potenzialità faunistiche, floristiche, vegetazionali, geologiche, idriche, ecosistemiche e paesaggistiche dell'area;
2. Realizzare l'integrazione tra uomo e ambiente naturale mediante la salvaguardia dei valori antropologici, archeologici, storici, architettonici e delle attività agro-silvo-pastorali e tradizionali;
3. Promuovere e disciplinare la fruizione dell'area ai fini scientifici, culturali, educativi e ricreativi.

Il Parco dell'Adda Nord interessa i territori rivieraschi dell'Adda lungo il tratto che attraversa l'alta pianura, a valle del lago di Como. Il Parco è composto dai seguenti enti:

- **Province:** Bergamo, Lecco, Monza Brianza, Città Metropolitana di Milano;
- **Comuni:** Airuno, Bottanuco, Brivio, Busnago, Calco, Calolziocorte, Calusco d'Adda, Canonica d'Adda, Capriate San Gervasio, Casirate d'Adda, Cassano d'Adda, Cisano Bergamasco, Cornate d'Adda, Fara Gera d'Adda, Galbiate, Garlate, Imbersago, Lecco, Malgrate, Medolago, Merate, Monte Marenzo, Olginate, Paderno

d'Adda, Pescate, Pontida, Robbiate, Solza, Suisio, Trezzo sull'Adda, Truccazzano, Vaprio d'Adda, Vercurago, Verderio, Villa d'Adda.

In questo ambito il fiume, dopo aver formato i laghi di Garlate e Olginate, si snoda spesso tra rive profonde, evidenziando la tipica conformazione del “ceppo”, e dà forma a un caratteristico paesaggio, immortalato nelle pitture leonardesche. L'ambiente è fortemente antropizzato e conserva solo pochi frammenti della originaria copertura vegetale, oggi perlopiù limitata alle pareti boscate, prevalentemente a robinia, lungo le scarpate settentrionali la zona naturalisticamente più pregiata corrisponde alle vaste zone umide a canneto dell'isola della Torre e dell'Isolone del Serragio, a Brivio. Le attività produttive predominanti sono l'agricoltura, l'attività estrattiva e le industrie, sia di antica tradizione, sia di nuovo insediamento. Il Parco è particolarmente ricco dal punto di vista architettonico e monumentale: assumono infatti grande interesse le opere di ingegneria idraulica e le centrali idroelettriche, progettate al inizio del secolo, che si inseriscono nel ambiente con singolare eleganza notevoli anche altre opere di ingegneria, tra cui il ponte in ferro di Paderno, nonché gli esempi di archeologia industriale, come il villaggio Crespi d'Adda.

Il tratto di fiume che fa parte del Parco regionale Adda Nord interessa diversi Comuni delle Province di Lecco, Milano, Bergamo. La superficie complessiva del Parco (al momento dell'istituzione) è di 5.650 ettari. Il territorio ha la sua quota massima a 260 metri e la minima a 100 metri s.l.m.

All'uscita del ponte di Lecco il livello medio delle acque del fiume è a 199 metri s.l.m.

Il Piano Territoriale di Coordinamento del Parco Adda Nord è stato approvato con D.g.r. 22 dicembre 2000 – n. 7/2869 “Approvazione del piano territoriale di coordinamento del Parco regionale Adda Nord (art. 19, comma 2, l.r. 86/83 e successive modificazioni)” e successive modifiche e integrazioni parziali. Il PTC è costituito da 19 tavole che definiscono l'azonamento del Parco e dalle relative Norme Tecniche di attuazione che definiscono la regolamentazione.

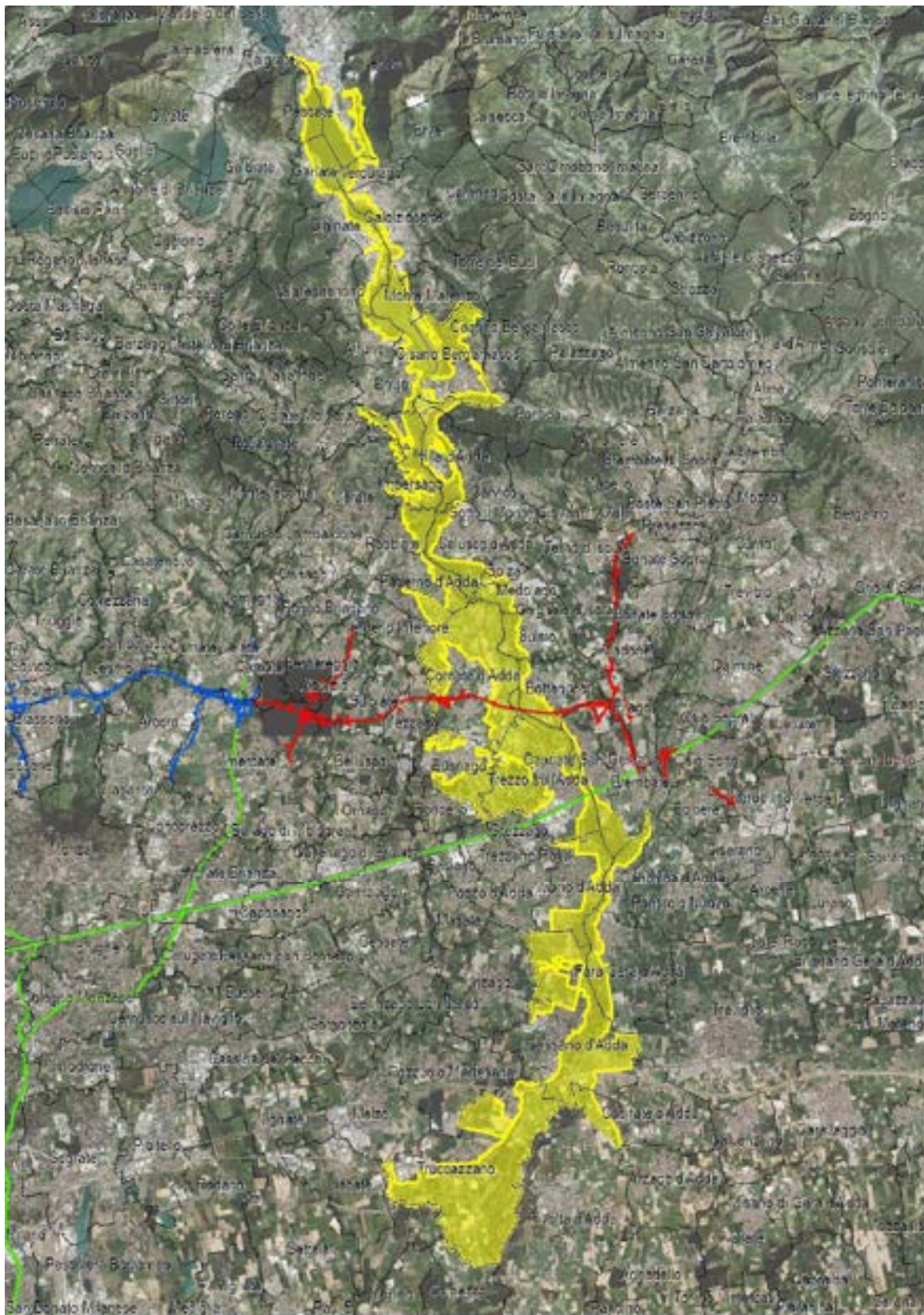
Con Legge Regionale 30 aprile 2015 n. 10 “Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 16 luglio 2007, n. 16 (Testo unico delle leggi regionali in materia di istituzione di parchi) - Modifica dei confini del Parco regionale dell'Adda Nord”, pubblicata sul B.U.R.L. Supplemento n. 19 del 5 maggio 2015, sono stati modificati i confini del Parco Adda Nord, nelle aree dei comuni di Busnago, Cassano d'Adda, Cisano Bergamasco, Cornate d'Adda, Trezzo sull'Adda, Truccazzano, Vaprio d'Adda e Verderio.

I numerosi cambiamenti normativi e legislativi che sono intervenuti dal 2000, l'anno in cui è stato adottato il PTC, tra cui anche la modifica del perimetro risalente al 2015 hanno reso

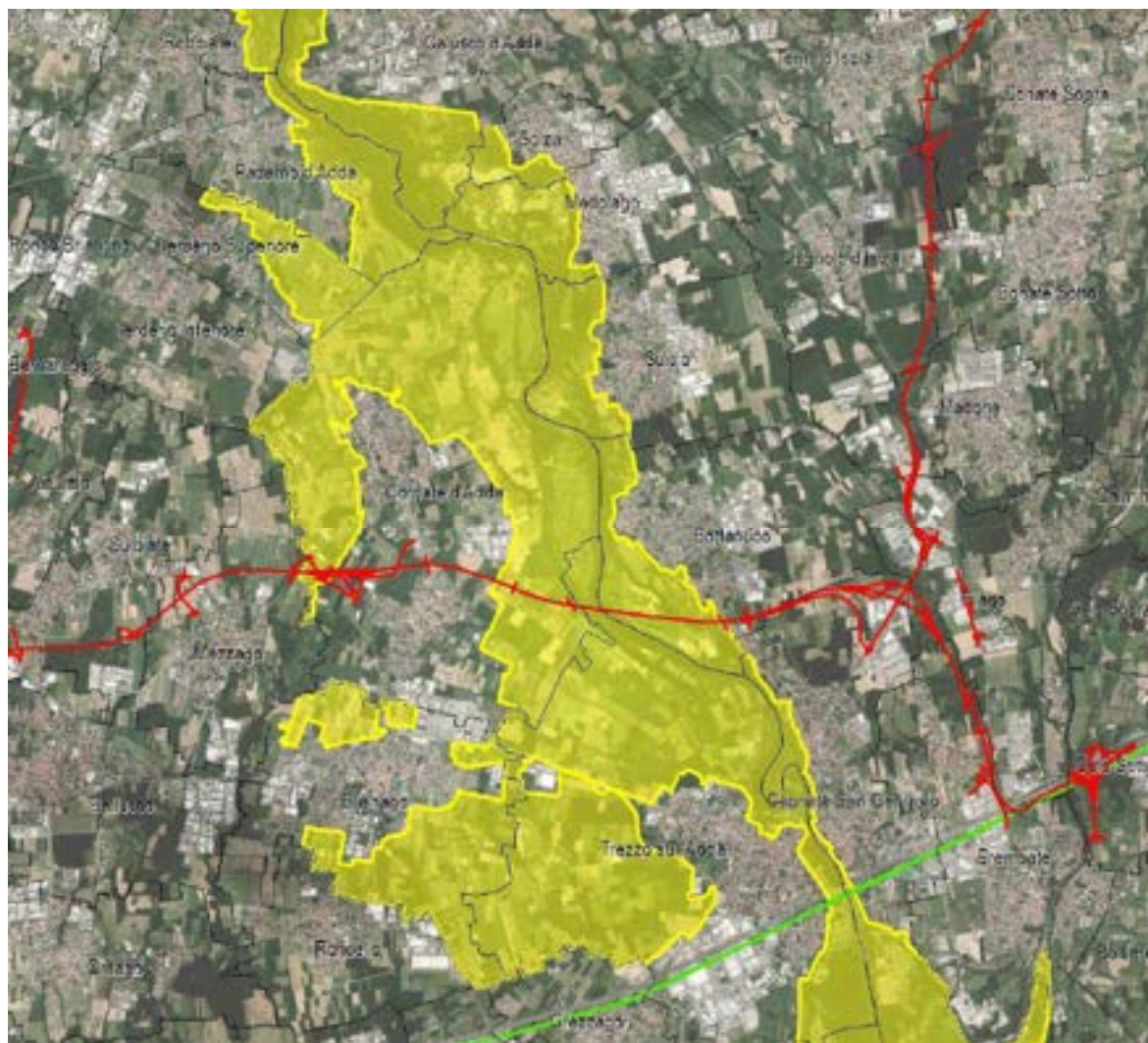
necessaria una Variante Generale al PTC che perseguisse l'esigenza di mettere a disposizione delle Amministrazioni uno strumento adeguato ed aggiornato

Ad oggi l'iter ha visto lo svolgimento in data 23/06/2020 della prima conferenza di Valutazione della Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.) per la formazione della Variante al Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.).

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



3.3.1.2 Il Parco della Valle del Lambro

Il Parco Regionale della Valle del Lambro è stato istituito con la legge regionale 82 del 16 settembre 1983. Inizialmente comprendeva 33 Comuni e le Province di Milano e Como, in seguito con la legge regionale 1/96 il numero di comuni è passato a 35. La sua attuale superficie è quindi di 8.200.

Il territori del parco si articola attorno al corso del fiume Lambro tra i laghi di Pusiano e di Alserio a nord e il Parco della Villa Reale di Monza a sud.

Il territorio del Parco comprende il tratto collinare del fiume Lambro e presenta caratteri differenti lungo il suo percorso. La zona dei laghi corrisponde a quella di più spiccato interesse naturalistico, comprendente ambienti lacustri, già in parte tutelati dalla Riserva naturale orientata della Riva Orientale del Lago di Alserio.

Entrambi i laghi sono infatti Siti di Interesse Comunitario (SIC).

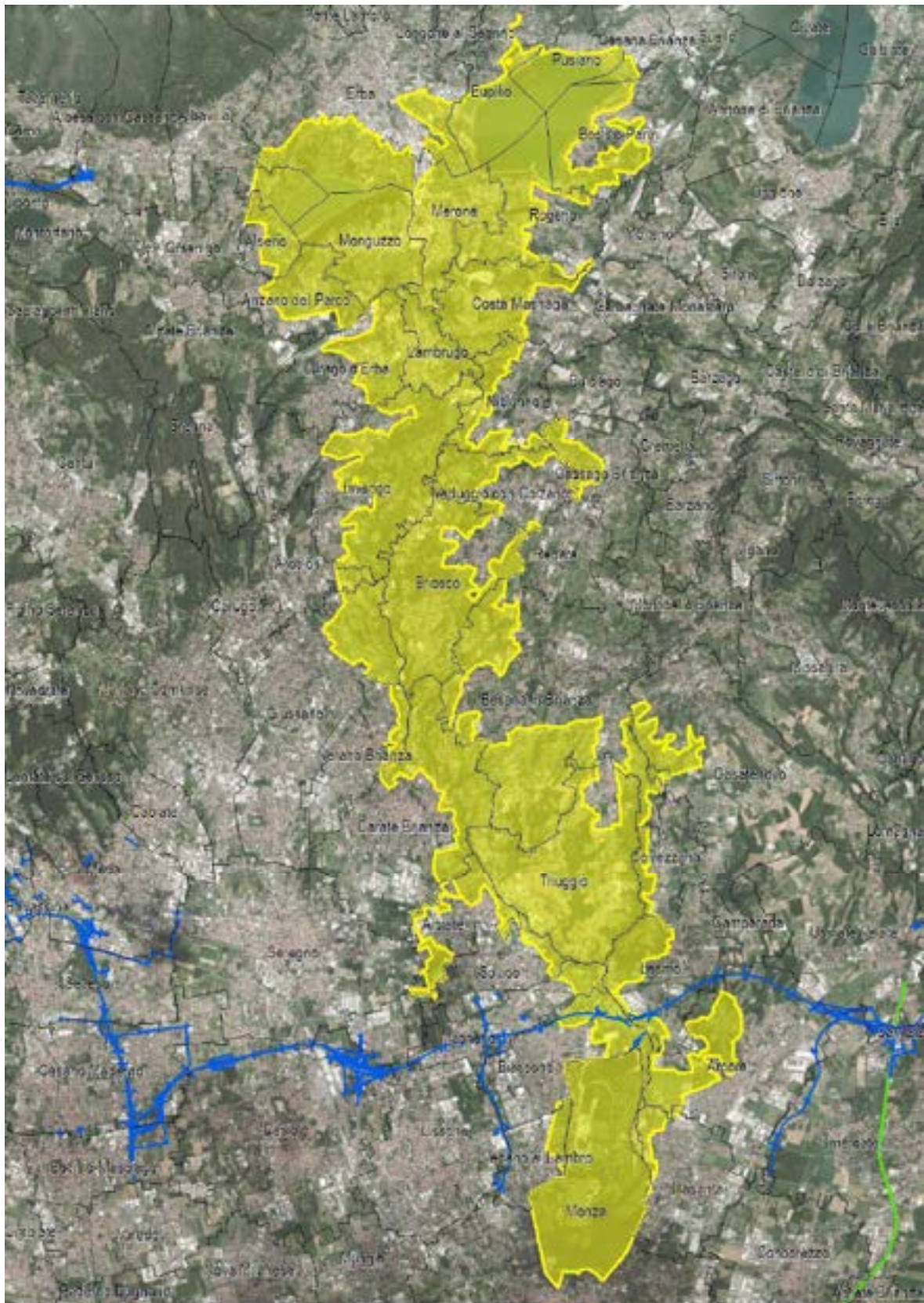
Di particolare valore naturale e paesaggistico è anche la zona di Inverigo, per la presenza dell'omonimo Orrido, racchiuso all'interno di una vasta tenuta boscata e per il mirabile complesso monumentale costituito dalla Rotonda, da Villa Crivelli, e da Santa Maria della Noce. Più a sud le aree urbanizzate prendono il sopravvento ma rimangono ancora aree libere di notevole interesse come i due Siti di Interesse Comunitario Valle del Rio Cantalupo e Valle del Rio Pegorino.

All'ampiezza e alla varietà delle vedute panoramiche si aggiunge un'orografia caratterizzata da altopiani, piccole valli scavate dai fiumi, rogge e torrenti e da grandi estensioni di prati intercalate da più modeste zone boschive.

Un aspetto di particolare interesse è dato dalla presenza di numerose ville patrizie, con i relativi giardini storici: un valore del tutto eccezionale, in proposito, riveste il complesso del Parco di Monza e dei giardini della Villa Reale di Monza.

Con deliberazione della Comunità del Parco n. 12 del 26 settembre 2017 è stata adottata la Variante parziale al Vigente Piano Territoriale di Coordinamento del Parco Regionale della Valle del Lambro, a seguito delle modifiche di perimetro conseguenti all'ingresso nel parco del Comune di Cassago Brianza ai sensi della l.r. 20/01/2014 n. 1, e dell'ampliamento dei confini del parco nei Comuni di Albate, Bosisio Parini, Eupilio e Nibionno ai sensi della l.r. 5/08/2016 n. 21, nonché la Variante parziale alle Norme Tecniche Attuative del Vigente Piano Territoriale di Coordinamento.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



3.3.1.3 Parco Agricolo Nord Est

Il Parco Agricolo Nord Est (PANE) è un Parco Locale di Interesse Sovracomunale (PLIS) nato da un progetto di ampio respiro, con l'obiettivo di proteggere e far conoscere il proprio territorio: valorizzazione delle qualità naturalistiche, delle connessioni ecologiche e delle valenze agricole esistenti in un territorio periurbano tra i più urbanizzati d'Italia e d'Europa, incentivando un'educazione all'ambiente diffusa tra tutta la cittadinanza.

Il Parco PANE è l'esito di un progetto di "unione" di due parchi già istituiti il Parco del Rio Vallone ed il Parco del Molgora, successivamente ampliato ad altri comuni.

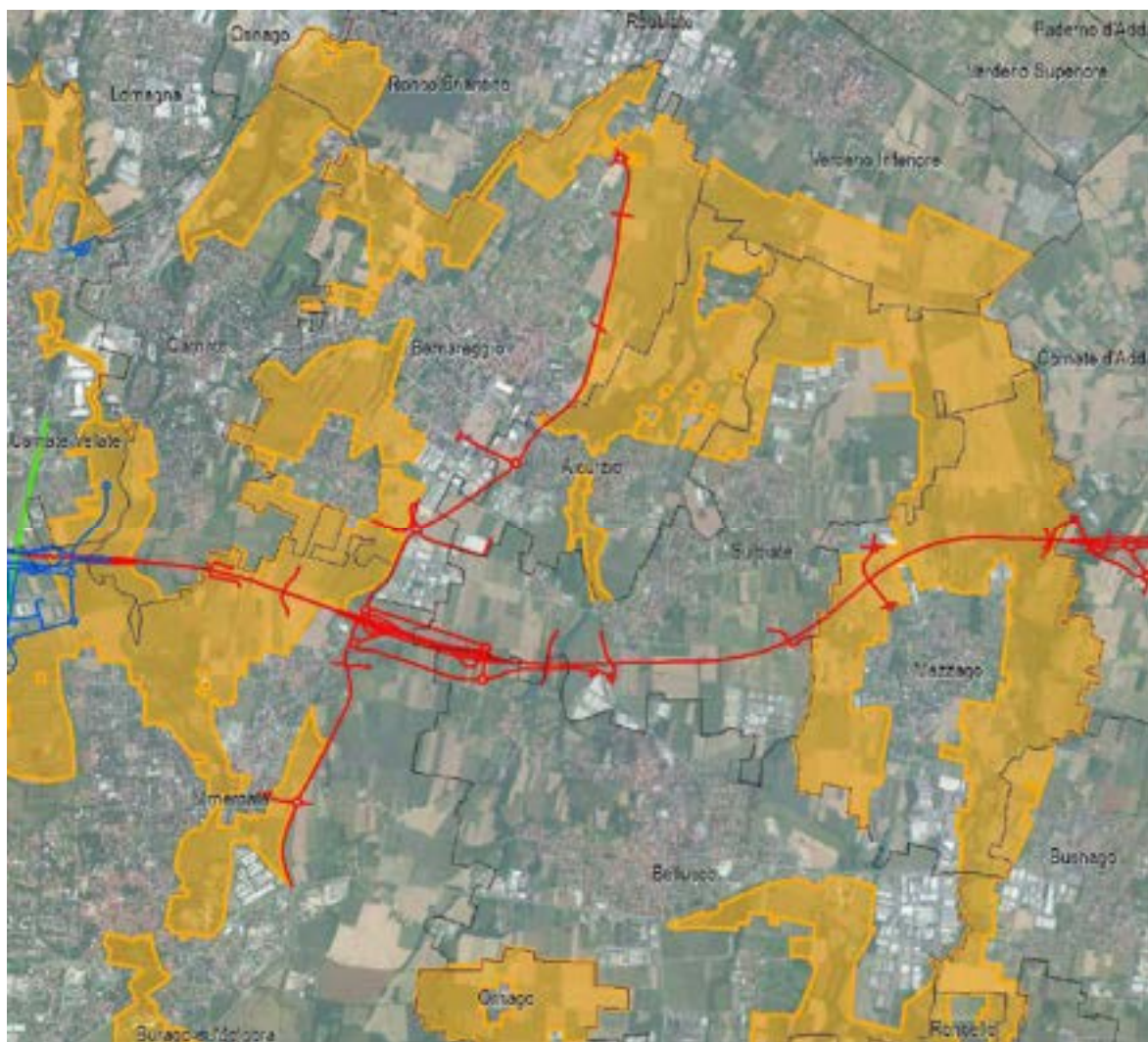
I due PLIS Parco del Molgora e del Rio Vallone, fra i primi parchi locali nati in Lombardia, hanno deciso di fondersi in un unico Consorzio per meglio attuare il ruolo di presidio territoriale locale. L'acronimo P.A.N.E. richiama proprio uno dei progetti che ha coinvolto i due Enti, mirato alla diffusione di un'agricoltura meno impattante sull'ambiente e alla nascita di una filiera del pane a km 0.

Morfologicamente il territorio di P.A.N.E. è caratterizzato da terrazzi fluvioglaciali incisi dalla presenza di importanti corsi d'acqua naturali (La Molgora, La Molgoretta e il Rio Vallone) e artificiali (Canale Villoresi) del reticolo idrico principale, che attraversano il Parco da nord a sud e da est a ovest, costituendo l'ossatura dei corridoi ecologici su cui si fonda il Parco. Innumerevoli stagni (chiamati localmente Foppe) e zone umide sorte in vecchie cave d'argilla costellano il restante territorio e favoriscono un positivo interscambio fra ecosistemi differenti.

Attualmente il Parco comprende 21 comuni situati nelle Province di Monza e Brianza e di Lecco e nella Città Metropolitana di Milano. Il Parco si sviluppa sulla piana agricola fra le prime colline brianzole, la valle del Lambro e dell'Adda, i canali Villoresi e Martesana e conta al settembre 2017 un'estensione pari a circa 2.940 ettari.

La superficie del parco all'interno della Provincia di Monza e Brianza è pari a poco meno di 2.250 ettari che si estende per i Comuni di Agrate Brianza, Aicurzio, Bellusco, Burago di Molgora, Busnago, Caponago, Carnate, Cavenago di Brianza, Mezzago, Ornago, Roncello, Ronco Briantino, Sulbiate, Usmate Velate, Vimercate.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



3.3.1.4 Parco del basso corso del Fiume Brembo

Il PLIS del Basso corso del fiume Brembo è un Parco Locale di Interesse Sovraccomunale, nella provincia di Bergamo, riconosciuto con Delibera della Giunta Provinciale numero 85 del 24 febbraio 2005, che coinvolge i territori di 7 Comuni adiacenti alle sponde del Fiume Brembo, Boltiere, Bonate Sotto, Dalmine, Filago, Madone, Osio Sopra, Osio Sotto.

Il Parco è dotato di un Piano pluriennale degli interventi 2010-2013 (Determinazione Dirigenziale numero 3714 del 15 gennaio 2010).

Nel 2011 il parco ha ampliato la sua estensione con l'annessione del Comune di Madone, portandolo ad una superficie totale di 994 ettari, così suddivisi per Comune: Boltiere 93 ettari, Bonate Sotto 239 ettari, Dalmine 134 ettari, Filago 214 ettari, Madone 86 ettari, Osio Sopra 98 ettari, Osio Sotto 130 ettari.

Il riconoscimento dell'ampliamento è avvenuto con Delibera Giunta Provinciale numero 155 del 28 marzo 2011.

Il territorio del Parco è localizzato prevalentemente lungo il corso del fiume Brembo, nel tratto compreso tra Bonate Sotto e Boltiere, con una ramificazione verso ovest che segue il corso del torrente Dordo nel territorio di Madone. La sede operativa del Parco si trova a Marne e lavora in stretta collaborazione con il locale Centro di educazione e ricerca ambientale. Il Parco è un lembo di territorio con aspetti naturalistici particolari, di riconosciuto interesse da molti punti di vista: si pensi alla presenza del Castello di Marne oppure alla Filanda di Osio Sopra della seconda metà dell'Ottocento. La volontà di ampliamento del Parco passa ora a sud, per un naturale collegamento con il Parco Adda Nord, sulla direttrice di Brembate e, a nord, in direzione di Almenno San Salvatore.

Il Fiume Brembo attraversa il Parco da nord a sud scorrendo all'interno di un'ampia valle, definita da ben visibili scarpate laterali che scendono ripide verso il fondovalle. Esse risultano per lunghi tratti interrotte da terrazzi morfologici, a testimonianza delle antiche fasi alluvionali, successive al termine delle glaciazioni quaternarie. L'energia erosiva del fiume ha fatto emergere dal fondo e dai lati della valle parte degli antichi depositi fluvio-glaciali che, dopo un processo di cementazione hanno dato origine a depositi conglomeratici di ceppo. Tali affioramenti sono ben visibili nelle forre scavate dai corsi d'acqua affluenti del Brembo. La forra che da Marne si sviluppa fino a Brembate costituisce un elemento di rilievo assoluto per quanto riguarda gli aspetti geologici e morfologici. La profonda valle è completamente scavata nel duro conglomerato di ceppo che l'azione combinata della dinamica gravitativa e dell'erosione fluviale ha modellato in ripide pareti. Dove il ceppo non compare, il fiume ha potuto esprimere la sua dinamica su aree più ampie e l'attività erosiva si è svolta rimodellando progressivamente le sponde costituite dai depositi alluvionali; qui il fiume si

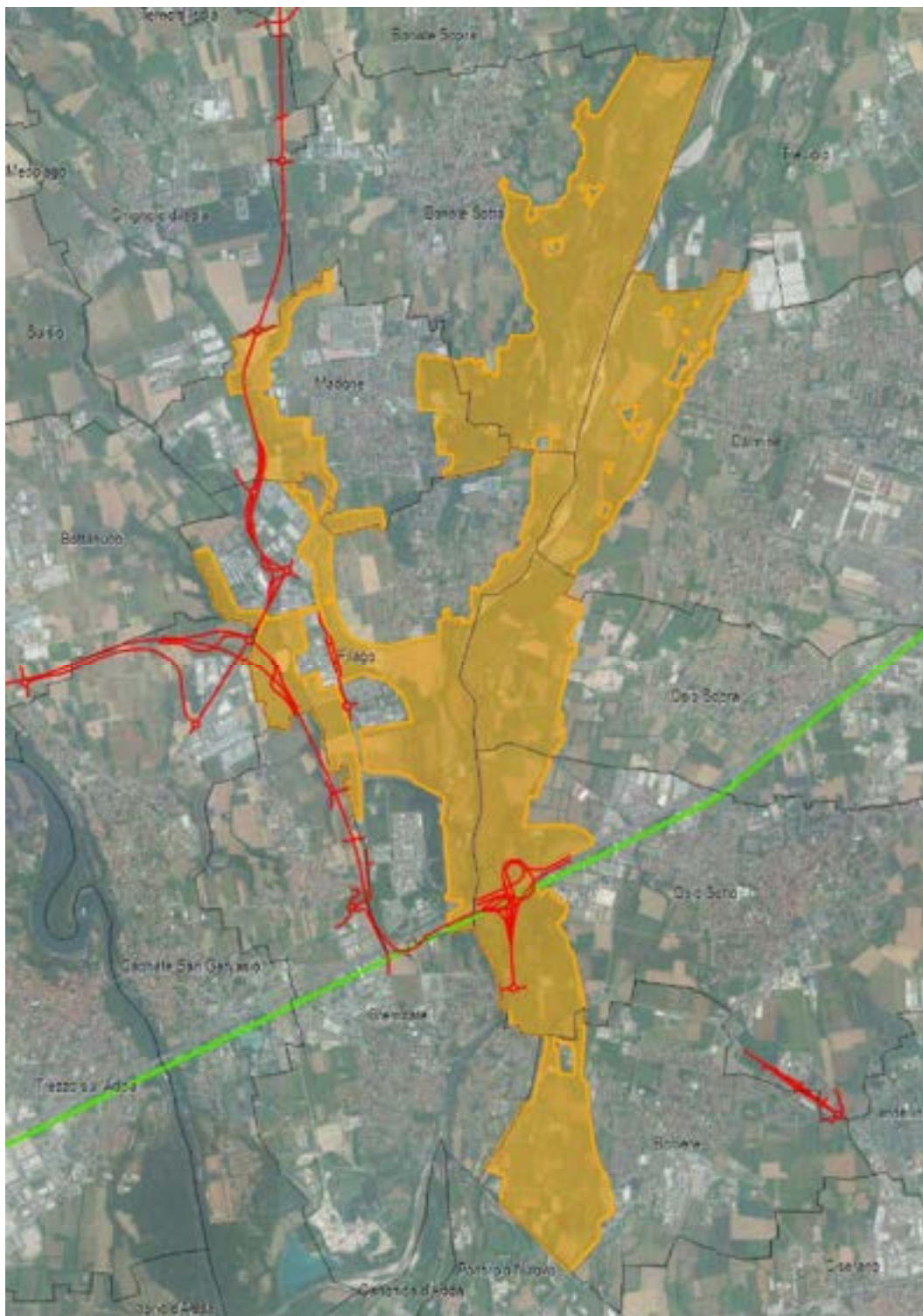
con un ampio alveo ciottoloso e numerosi canali che si intrecciano a formare isole e barre fluviali.

Il Parco presenta una notevole varietà di paesaggi vegetali: le colture arative, costituite quasi esclusivamente da colture cerealicole; i prati stabili o polifitici, costituiti da erbe dallo sviluppo contenuto, soggette allo sfalcio; le cortine arboree dei corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, sia naturale che artificiale, accompagnati per ampi tratti da cortine e filari arborei; le fasce boscate a dominanza di Robinia, presenti un po' ovunque, dove sono presenti anche gli aceri campestri, le farnie e i carpini bianchi, accompagnati nello strato arbustivo da sambuco e nocciolo; i magredi, presenti lungo l'asta del Brembo nel tratto caratterizzato da rami intrecciati e costituiti da formazioni erbacee insediate su substrati ghiaiosi e sabbiosi, molto permeabili e siccitosi.

Le finalità del PLIS, come specificate nella Convenzione in essere tra i Comuni aderenti, sono le seguenti:

- La salvaguardia, la valorizzazione e il potenziamento del patrimonio storico, botanico e faunistico;
 - L'estensione della conoscenza di tale patrimonio a tutti i cittadini, con particolare attenzione alle scuole;
 - Lo studio e la tutela degli ambiti a maggiore naturalità;
 - La valorizzazione del paesaggio agricolo: il ripristino della rete dei filari ed il riequipaggiamento del parcellario agricolo, la tutela del sistema irriguo e la valorizzazione delle rogge, con specifiche politiche di sostegno agli operatori agricoli per concorrere alla buona riuscita di questo obiettivo;
 - Il mantenimento della rete di sentieri e di strade interpoderali, per fini di conduzione agricola e ricreativi;
 - Il ripristino e l'equipaggiamento di una rete di sentieri ciclo-pedonali per il collegamento tra i paesi;
 - La creazione di itinerari a tema e di punti informativi attrezzati per una fruizione del parco compatibile con le esigenze di salvaguardia e per stimolare la conoscenza delle caratteristiche del territorio;
 - La creazione di connessioni ambientali tra il verde urbano e l'ambiente naturale del fiume Brembo;
 - La creazione di "aree cuscinetto" tra gli insediamenti produttivi e residenziali e l'ambiente naturale;
-

- Il recupero di aree degradate;
- La ricostruzione ecologica ed ecosistemica del territorio in attuazione della Rete ecologica della Regione Lombardia.



3.3.1.5 Parco dei Colli Briantei

Come accennato in precedenza, nell' introduzione questo parco non è interessato direttamente dalla Tratta D del sistema autostradale pedemontano, ma è comunque attraversato dal sistema autostradale pedemontano (Tratta C).

Il Parco Locale di Interesse Sovracomunale dei Colli Briantei è un'area protetta riconosciuta con Delibera Giunta Provinciale dell'allora competente provincia di Milano, numero 331 del 21 maggio 2007, nata grazie all'intesa tra i comuni di Arcore, Camparada ed Usmate Velate. Il parco ha una superficie di quasi 550 ettari e tutela un ambiente collinare con spiccate caratteristiche di naturalità dove sono presenti boschi, campi, corsi d'acqua e piccole zone umide.

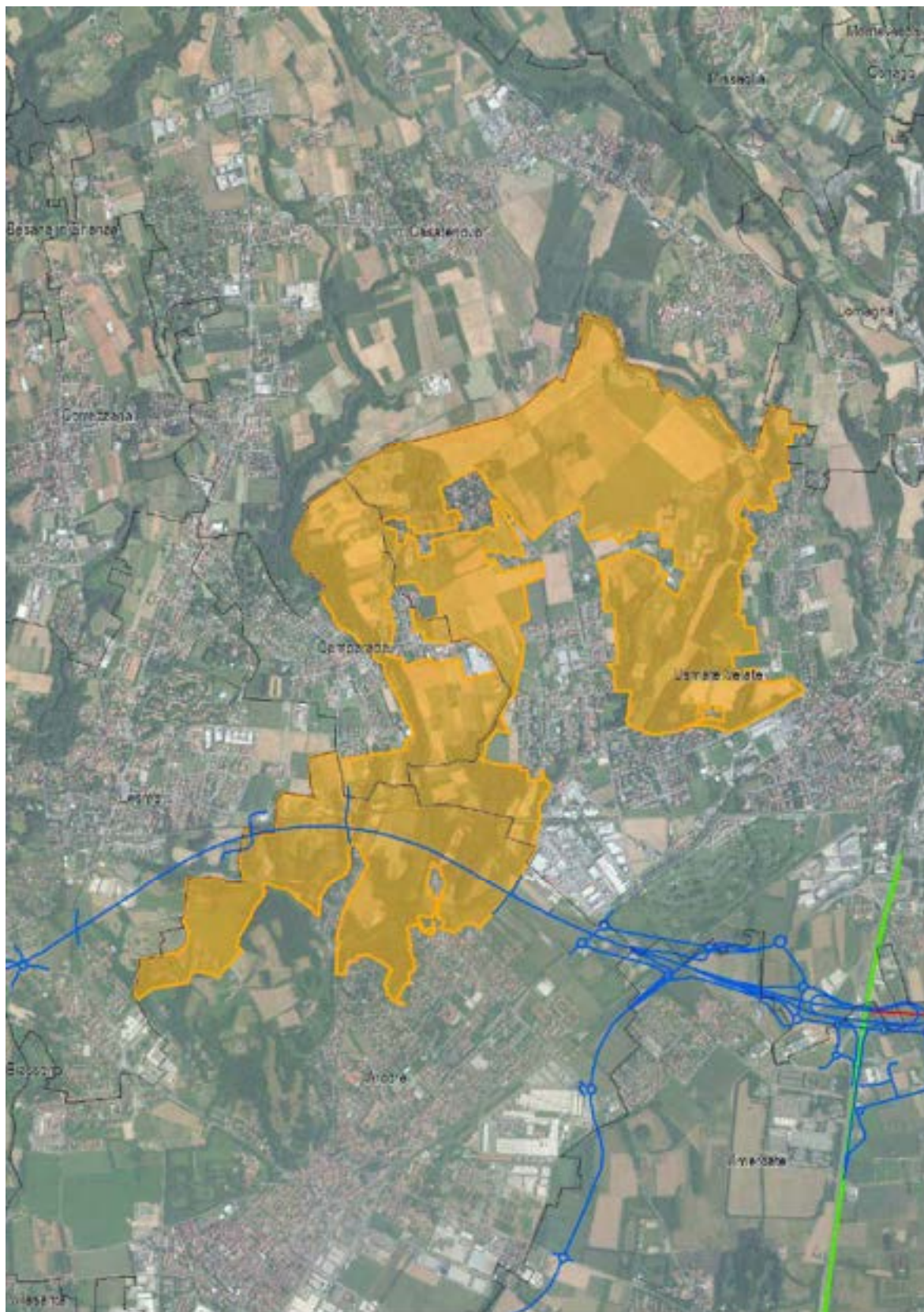
Il parco si colloca all'interno di un reticolo di aree protette che vede la presenza del Parco regionale della Valle del Lambro ad ovest, il Parco Regionale di Montevecchia Valle del Curone a nord il Parco locale del Molgora ad est e i territori precedentemente ricompresi nel Parco agricolo della Cavallera a sud, oggi non più attivo. Per questa sua posizione strategica il parco costituisce un corridoio ecologico di grande importanza all'interno del reticolo di aree protette della provincia di Monza Brianza.

Il territorio del Parco è caratterizzato dai rilievi collinari che si estendono a Nord degli abitati di Arcore, i cosiddetti "pianalti".

Tra il '600 e l'800 molte località del Vimercatese, per la loro collocazione nell'Alta Pianura Asciutta e la salubrità dell'aria, divennero luoghi di villeggiatura delle famiglie aristocratiche milanesi che vi costruirono sontuose residenze o "ville di delizia".

Luoghi di svago per la nobiltà milanese inizialmente prettamente votati a base per l'attività venatoria ma che nel seguito divennero vere e proprie residenze circondate da ampie distese di terreno coltivato. Nel parco dei colli Briantei ricordiamo la villa Belgioioso Scaccabarozzi di Usmate Velate ed il palazzo Durini di Bernate.

Di grande rilievo anche la presenza delle architetture rurali, sui colli Briantei. Tra le cascate del parco ricordiamo la cascina Masciocco e Valmora di Camparada e le cascate Belgioioso e Vega ad Usmate Velate.



3.4 UN TERRITORIO DI PAESAGGI

L'analisi dei paesaggi che compongono l'area vasta in esame, si sviluppa sulle linee guida utilizzate per guidare la metodologia di indagine dello Studio di impatto ambientale elaborato nel 2003⁴ sul progetto di collegamento autostradale pedemontano.

L'analisi dello stato di fatto si costruisce su una serie di azioni di lettura paesaggistico-territoriale, quali:

- Caratterizzazione dei paesaggi interessati dall'opera autostradale: delineazione delle unità di paesaggio;
- Lettura delle valenze e delle caratteristiche territoriali quali: eterogeneità, frammentazione, connettività, diversità, capacità portante e sensibilità paesaggistica complessiva;
- Stima della "qualità" dei paesaggi interessati dall'opera in relazione alla lettura sovrapposta dei livelli di qualità-sensibilità delineati nei paralleli settori di analisi ecosistemica naturalistica ed idro-geo-morfologica.

Siamo in presenza di un territorio caratterizzato da un grado di urbanizzazione che raggiunge valori medi complessivi pari a circa il 50%, ma negli ambiti più strutturati quali quelli della Brianza centrale, il rapporto tra il territorio occupato e la superficie territoriale presenta indici superiori al 70%. In tale contesto il territorio occupato da insediamenti terziari-produttivi raggiunge valori attorno al 20%.

Dallo studio di impatto ambientale del 2003 dell'opera autostradale pedemontana, emerge una valutazione che denuncia una tendenza espansiva dei fenomeni insediativi nelle previsioni contenute all'interno degli strumenti di pianificazione comunali e territoriali, portando gli indici del grado di urbanizzazione e di consumo degli spazi aperti pari a valori superiori al 65% medio, con valori massimi nei territori a maggior pressione antropica che superano anche il 90%.

Tale tendenza ha trovato una riconversione a seguito delle più recenti modifiche normative introdotte dalla Regione Lombardia con le leggi n. 31 del 2014 e n. 18 del 2019 volte a contrastare il consumo di suolo e a favorire la rigenerazione urbana e territoriale.

⁴ Autostrada Pedemontana Lombarda: Collegamento autostradale Dalmine - Como - Varese - Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse. STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE Volume 3 Quadro di riferimento ambientale". Anno 2003

Occorre inoltre evidenziare come l'analisi storica delle strutture insediative territoriali metta in evidenza come il modello dell'assetto urbanistico-territoriale complessivo si sia appoggiato sulle grandi direttrici di mobilità storiche. Tale configurazione radiale attorno al capoluogo ha creato una struttura di conurbazioni urbane radiocentriche che interferisce con la selezione dei possibili andamenti trasversali dei corridoi di transito ipotizzati e con la conseguente progettazione tecnica preliminare ed ambientale.

La dimensione dei nuclei urbani, la densità degli insediamenti, il continuo urbanizzato portano ad identificare una serie di realtà urbane cittadine costituenti una struttura policentrica basata sugli assi radiali di mobilità territoriale, connessi alla morfologia territoriale stessa:

- Ambito del Vimercatese caratterizzato da struttura insediativa più rada con centri di polarità più delineati radicati sulle direttrici Milano-Lecco SS36, SS della Santa;
- Ambito della Bergamasca caratterizzato da struttura insediativa più rada con centri di polarità più delineati radicati sulle direttrici di grandi poli di attrazione commerciali.

In un contesto così caratterizzato, nel quale la pressione espansiva rimane comunque significativa nei processi di trasformazione con dinamiche non sempre riconducibili a criteri di qualità urbana, l'unico elemento di continuità storica e territoriale risulta riconoscibile negli assi storici di comunicazione, che costituiscono le linee storico-evolutive primarie dello sviluppo insediativo di carattere prevalentemente radiale.

La situazione urbanistico-territoriale ha perso i principali caratteri di unitarietà morfotipologici del passato, sviluppando una sequenza frammentaria di naturalità del paesaggio dei grandi sistemi aperti, di parti del territorio agricolo che si alternano ad ampie distese edificate senza soluzione di continuità con numerosi spazi residuali. In una tale eterogeneità la prevalenza delle emergenze di pregio di carattere paesaggistico appare senza continuità e le stesse prive di rapporti con il paesaggio circostante.

La struttura paesistica di riferimento, pur con le peculiari situazioni di dettaglio, negli ambiti ad elevata urbanizzazione, non permette di leggere il paesaggio circostante come un insieme omogeneo e/o coerente di elementi che delineano la fisionomia paesaggistica complessiva.

I vari ambiti analizzati risultano serie di frammenti di paesaggio, che comunque conferiscono un valore, relativamente alla situazione di degrado paesaggistico ambientale diffusa nelle situazioni di conurbazione di riferimento.

Per quanto attiene le analisi paesistico-strutturali, nelle analisi condotte dallo studio di impatto ambientale al fine di determinare e leggere i segni rintracciabili sul territorio delle dinamiche storiche ed evolutive connesse alle azioni insediative antropiche, appare evidente come il paesaggio degli spazi aperti, per quanto in continua evoluzione legata all'espandersi delle aree di frangia urbana e produttiva delle aree insediative limitrofe, presenti tuttora peculiarità e caratteri omogenei, in particolar modo nell'ambito del vimercatense.

Come analizzavamo nei precedenti paragrafi, il sistema urbano si intreccia al paesaggio rurale a forte matrice antropica, anche nei suoi elementi più naturalistici; come le stesse matrici tipologiche di bosco riscontrabili risultano fortemente influenzate dalla dinamica della pressione e dello sfruttamento antropico delle risorse.

L'analisi della mappa di sintesi delle potenzialità d'uso del suolo, incrociando e sovrapponendo le informazioni sull'uso agricolo-rurale dei suoli, ha evidenziato come gli areali interessati dalla infrastruttura manifestino, sia per il loro carattere di unicità e sia per la loro effettiva potenzialità produttiva, livelli di sensibilità pedologica moderata ed elevata.

Il tracciato dell'Autostrada si sviluppa in generale, secondo quanto affermato dallo Studio di impatto ambientale, prevalentemente in aree connotate con un livello di sensibilità pedologica moderata. In realtà lo stesso studio afferma che nelle vaste aree della fascia meridionale e tra queste quelle del vimercatense, la sensibilità paesaggistica diventa significativa ed elevata.

Gli spazi liberi interstiziali, o residuali alle storiche azioni di espansione antropica, assumono elevato valore in relazione alla loro unicità ed alla loro funzione ecologica di rete di connessione e potenziale incremento dei caratteri di biodiversità territoriali. In termini strategici, seppur non competitivo sotto il profilo della redditività agraria, appare comunque decisivo lo sviluppo di politiche che garantiscano il mantenimento di strutture vegetazionali complesse di "resistenza" alla densità ed alla invadenza delle azioni di espansione insediativa in atto. Un ruolo fondamentale da attribuire agli spazi liberi, non integrati in sistemi funzionali di spazi aperti di grandi dimensioni, viene identificato per le funzioni ecologiche di reinstaurazione di corridoi di transito e di connessione ecologica, o le alternative funzioni di stepping zone. Così facendo si produce un aumento di biodiversità che instaura sinergiche funzioni di qualità complessiva a scala del paesaggio, e nuove possibilità d'uso ricettivo del territorio.

La collocazione del tracciato autostradale della Tratta D, in un sistema territoriale che seppur fragile è comunque caratterizzato da una qualità paesistica significativa, evidenzia una potenziale criticità dell'intero sistema autostradale.

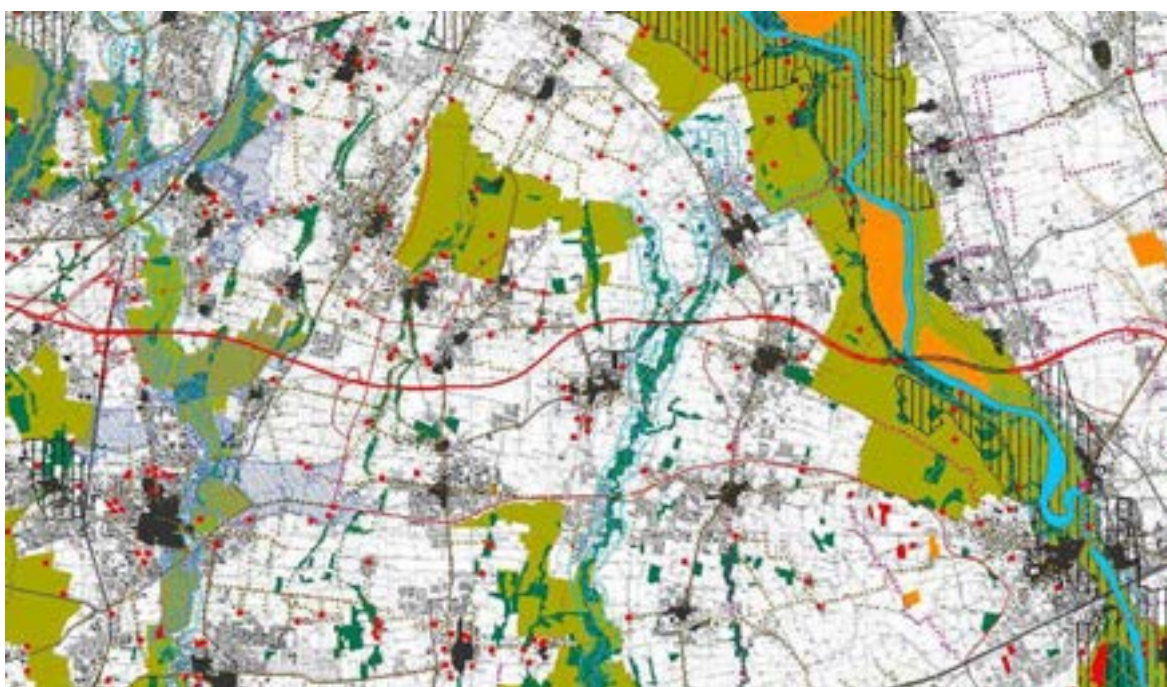
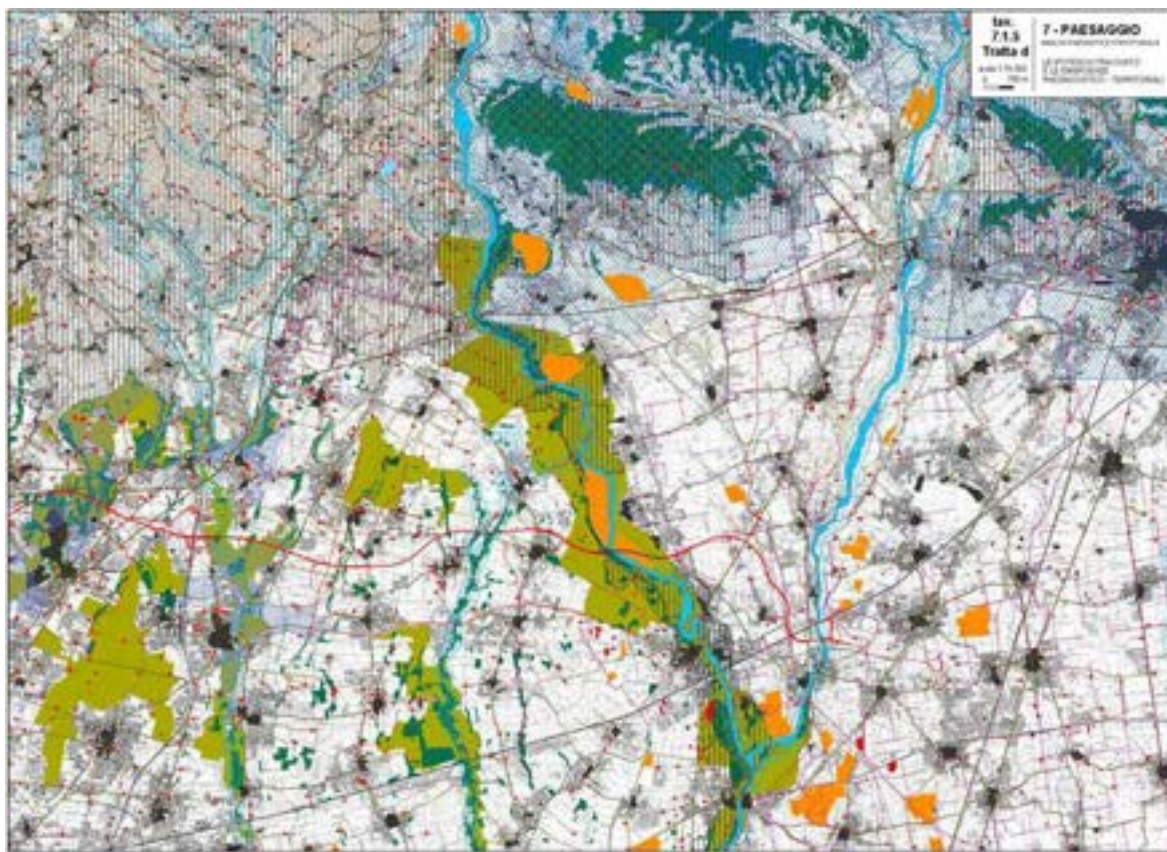
Il corridoio di attraversamento territoriale di progetto, assume infatti un andamento sostanzialmente trasversale rispetto alla struttura a ventaglio delle sensibilità ambientali connesse al sistema della naturalità e/o ruralità degli spazi aperti, e questa caratteristica è estendibile anche all'intelaiatura più generale dei corsi d'acqua.

Questo fenomeno appare con maggior evidenza proprio dove si attraversano le aste fluviali ed i sistemi di maggior importanza ambientale.

Un altro ulteriore aspetto di valutazione qualitativa del paesaggio risulta costituito dalla azione di sottrazione fisica di aree a destinazione agricola che la ipotizzata costruzione di una infrastruttura come questa comporta, sia per la costruzione dell'opera, sia per le opere connesse, sia, comunque, per la realizzazione di opere di mitigazione sulle fasce laterali, di compensazione ed inserimento ambientale.

Di seguito, con relativa legenda, inseriamo l'analisi paesaggistico-strutturale riportata dallo Studio di impatto ambientale, relativo alla Tratta D.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



SISTEMA STRADALE E FERROVIARIO

- strade principali
- strade secondarie
- ferrovie

VINCOLI

Lineari

- Centuriazioni e canali irrigui
- Percorsi panoramici, morenici, dossi fluviali)
- Rete storica, canali navigabili

Areali

- ▨ Riserve
- XX Beni naturalistici e paesaggistici
- ▢ Bellezze d'insieme (vincolo L.1497/39)
- Boschi vincolati L. 431/85

Puntuali

- bellezze individue (vincolo L.1497/39)
- Beni storico architettonici (insediativo, produttivo)
- Beni storico paesaggistici (agrario, memorie storiche territoriali)
- Infrastrutture storiche (ponti, ecc)

URBANIZZATO

- ▨ urbanizzato
- centri storici

AREE DI SFRUTTAMENTO

- siti contaminati
- discariche
- cave

IDROLOGIA

- fiumi e torrenti
- laghi
- ▨ fascia rispetto 150 m
- ▨ Vincolo idrogeologico

PARCHI

3.4.1 Le mappe di sensibilità paesaggistico ambientale

Sulla base delle caratteristiche analizzate dallo Studio di impatto ambientale è possibile riprendere i contenuti relativi alle classi di sensibilità ambientale per iniziare a ricostruire delle valutazioni relative ai territori ripercorsi dalla soluzione progettuale della Tratta D del sistema autostradale pedemontano. Non entrando qui nel dettaglio delle procedure valutative sviluppate dallo Studio, si richiamano di seguito i passaggi fondamentali. Si precisa soltanto che lo studio per la valutazione dei sistemi paesistici è stato parallelamente integrato con successivi approfondimenti analitici sul territorio in funzione di una serie di fattori di singolarità tra i quali:

- La presenza di “emergenze paesaggistico-ambientali”;
- L'individuazione di sub-aree, all'interno dei sistemi paesaggistici di riferimento, che si connotano come particolarmente pregevoli o comunque sensibili;

- La presenza di centri urbani compatti e di centri storici i cui caratteri urbanistici di unicità per sé motivano una attribuzione delle rispettive aree alla classe di impatto più elevato;
- Le sovrapposizioni di valenze paesaggistico-ambientali derivanti dalla lettura delle mappe dei vincoli delle aree oggetto di tutela sia per emergenze fisiche sia antropiche;
- La delineazione delle strutture territoriali prevalenti caratterizzanti i sistemi antropico-insediativi, i sistemi infrastrutturali, le strutture rurali di uso del suolo, la morfologia degli spazi aperti, le valenze degli areali di significato naturalistico;
- L'interpretazione delle possibili azioni di indirizzo, di modifica e controllo delle dinamiche evolutive attuate dai sistemi vincolistico-normativi territoriali.

Il processo di tipizzazione sintetica degli insiemi primari, di cui sopra, costituenti il paesaggio, si è poi basato su una serie di azioni interpretative:

- Codifica del complesso di caratteri fisico-ambientale relativi al suolo, alla vegetazione, agli andamenti geomorfologici primari;
- Delineazione di classi ed areali omogenei di uso del territorio a prevalente valenza antropica (insediativo- residenziale, terziario-industriale, ...), oppure a prevalente significato naturalistico o agrario-rurale;
- Determinazione dei livelli e delle modalità di sviluppo dei processi insediativi di antropizzazione;
- Valutazione degli effetti di frammentazione urbanistico-territoriale indotti.

A seguito di questi sintetici richiami dello Studio di impatto ambientale per gli aspetti relativi ai criteri di valutazione, si può dire che il territorio di interesse, tra gli "ambiti paesaggistici", rientra nell'Ambito di alta pianura. Se si prende ora in esame i sistemi paesaggistico-ambientali, si trovano due riferimenti:

- Sistema antropizzato dei ripiani e rilievi morenici. La caratterizzazione paesaggistica prevalente è data dall'alternanza di ondulazioni e ripiani, che connotano particolarmente l'ambiente della Brianza, costituendo il supporto funzionale per l'insediamento storico di centri urbani e di altri elementi qualificati dell'ambiente costruito. In epoca più recente l'uso antropico vede la progressiva occupazione delle

aree qualitativamente migliori per l'espansione del residenziale, che dalle aree più rilevate si espande verso le zone di interarco. Il paesaggio si presenta pertanto fortemente antropizzato, con la frequente saldatura dei centri e l'inclusione nell'urbanizzato di una naturalità ormai relitta.

- Sistema antropizzato dei terrazzi fluvio-glaciali. Un paesaggio caratterizzato dalla conformazione pianeggiante dei terrazzi. Tale conformazione ha facilitato un processo di intensa urbanizzazione, che ha trovato anche ragione nell'interconnessione funzionale con la limitrofa pianura.

Ritornando ora al metodo operativo di lettura paesaggistica utilizzato dallo Studio di impatto ambientale, che può essere definito di tipo fisiografico, si descrive in dettaglio le sette classi di giudizio a cui sono abbinati i livelli di sensibilità delle singole unità paesaggistico-ambientali (si segnala come tali classi di giudizio siano state recepite in modo omogeneo dagli studi ambientali precedentemente condotti).

- **CLASSE 1 (massimo grado di sensibilità/resistenza all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sistema della naturalità diffusa
 - Sub-sistema del contrafforte collinare
 - Sub-sistema dei laghi glaciali
 - Emergenze paesaggistico-ambientali
 - Sub-sistema delle conoidi intravallive
 - Centri urbani maggiori
- **CLASSE 2 (fortissime limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sistema antropizzato della naturalità conservata o costruita del pede-collina
 - Sub-sistema delle zone umide, delle depressioni e conche, palustri e lacustri
 - Sub-sistema fluviale della vegetazione di riva e di terrazzo di particolare pregio ambientale
 - Sub-sistema degli archi e delle ondulazioni moreniche in aree parzialmente urbanizzate, di particolare pregio ambientale

- **CLASSE 3 (molto forti limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sub-sistema intramontano ad alta intensità di urbanizzazione

- **CLASSE 4 (forti limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sub-sistema urbanizzato degli archi e delle ondulazioni moreniche
 - Sub-sistema dei ripiani morenici di particolare pregio ambientale urbanizzati
 - Sub-sistema fluviale della vegetazione di ripa e di terrazzo

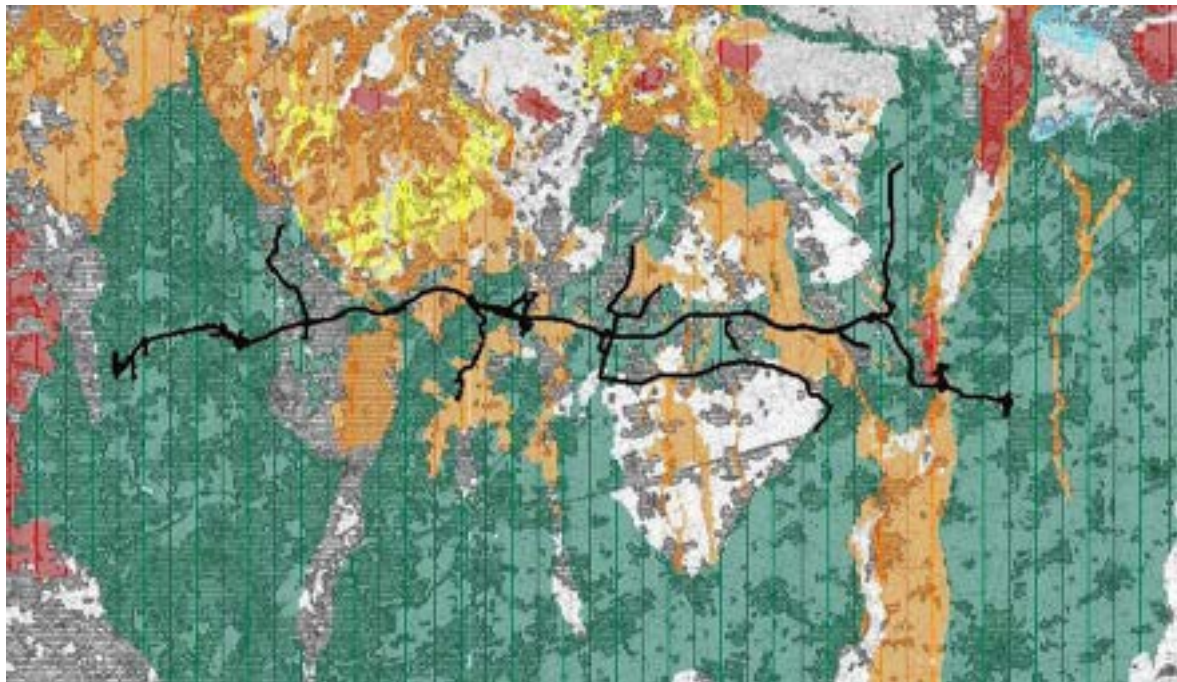
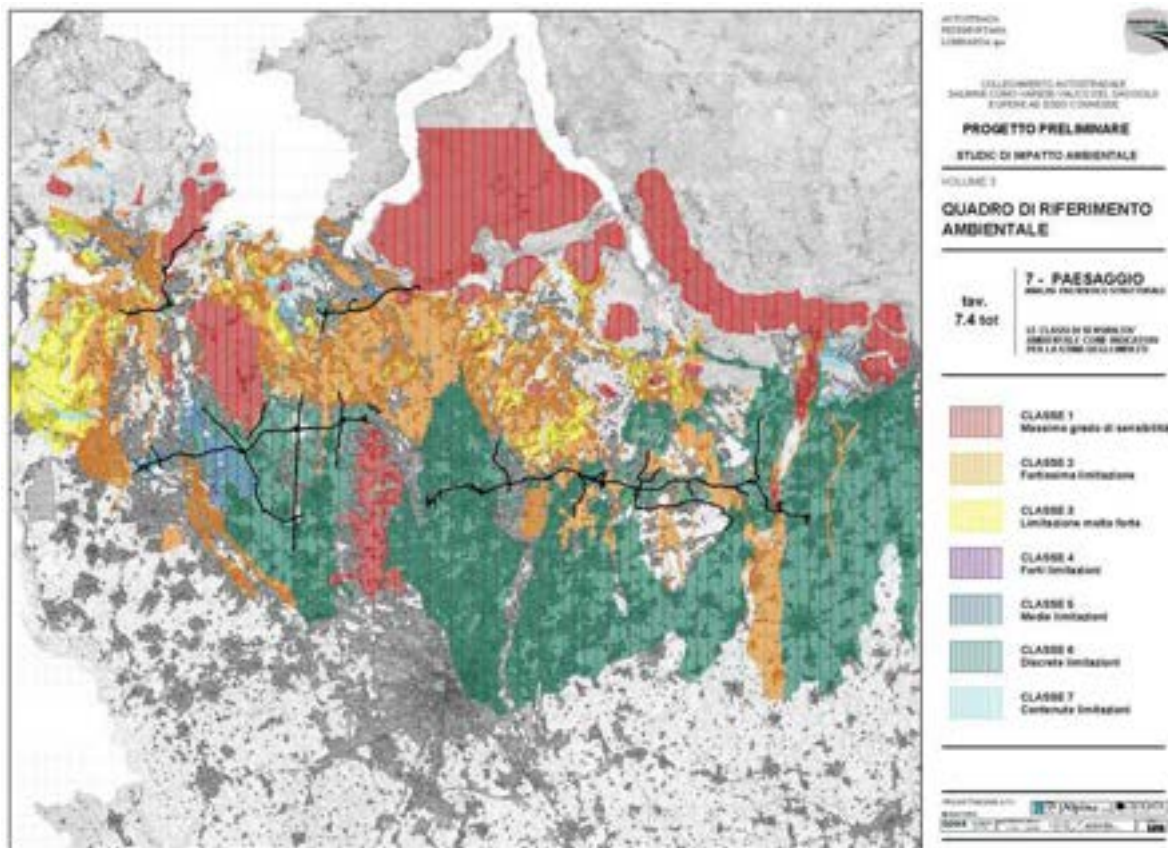
- **CLASSE 5 (medie limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sistema dei terrazzi fluvioglaciali fortemente urbanizzati

- **CLASSE 6 (discrete limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sub-sistema delle ondulazioni moreniche
 - Sub-sistema dell'alta pianura ad urbanizzazione diffusa, con residui significativi di territorio agricolo
 - Sub-sistema dell'alta intensa e compatta pianura ad urbanizzazione
 - Sistema antropizzato dei terrazzi fluvioglaciali

- **CLASSE 7 (contenute limitazioni all'attraversamento);** tipologie ambientali presenti:
 - Sub-sistema dei ripiani morenici a urbanizzazione discreta
 - Sub-sistema dei fondovalle principali urbanizzati
 - Sub-sistema dell'alta pianura a prevalente connotazione agricola

Di seguito è riportato un estratto della mappa delle classi di sensibilità ambientale con i relativi indicatori per la stima degli impatti.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



Una parte del territorio di interesse rientra in **Classe 2 (fortissime limitazioni all'attraversamento)**, e nello specifico “Sub-sistema fluviale della vegetazione di ripa e di terrazzo di particolare pregio ambientale”. Di collocazione valliva, in ambiti prealpino e collinare, comprende alcuni torrenti affluenti dell'Olona ed il tratto Nord del fiume Adda, con i laghi di Garlate e Olginate ed il tratto di alveo fluviale sempre dell'Adda da Villa D'Adda a Trezzo. Sono incluse in questa classe tratti di alvei e pertinenze, ripe e scarpate di terrazzi alluvionali che presentano caratteri di maggior pregio ambientale, “sistema dei fondovalle principali”.

I sistemi fluviali evidenziati hanno andamento prevalentemente NORD - SUD pertanto il percorso con andamento OVEST - EST della pedemontana rende necessario l'attraversamento delle aree di pregio e tutelate di tali subsistemi. In dettaglio per realizzare l'attraversamento del parco dell'Adda e del sistema fluviale relativo si è scelto l'ambito del limite settentrionale del territorio del Comune di Trezzo sull'Adda. L'attraversamento del fiume Adda sarà realizzato prevalentemente tramite viadotti a causa della morfologia del territorio profondamente infossato a causa dell'azione di erosione condotta dal fiume. Dato il forte impatto sul territorio che è costituito dalla presenza dei viadotti, la progettazione degli stessi dovrà possedere una forte connotazione architettonica tale da non costituire un ulteriore elemento negativo di impatto territoriale, oltre ad una attenta progettazione degli attacchi al piede di innesto sui sistemi ambientali spondali. Il potenziale attraversamento in superficie può, infatti, provocare, come in più punti analizzato, il degrado delle scarpate e delle ripe, l'inquinamento delle acque superficiali necessarie anche alla fauna, la compromissione degli ultimi residui di vegetazione, in particolar modo di maggior pregio e caratteristica degli ambienti fluviali, ed un impatto visivo molto forte.

Un'altra parte del territorio in esame di studio rientra in **Classe 4 (Forti limitazioni all'attraversamento in superficie)**. Si tratta del **sub-sistema fluviale della vegetazione di ripa e di terrazzo**.

Questo sistema è caratterizzato da una collocazione sia valliva (ambiti montano e collinare) che depressa (ambiti pedecollinari e di alta pianura). Presenta le stesse caratteristiche della sottoclasse delle ripe dei sistemi fluviali con la differenza che in questo sub-sistema non sono riconosciuti elementi ambientali di particolare pregio.

Sono inclusi in questa sottoclasse alcuni tratti del torrente Olona a sud di Varese e del torrente Lura, del fiume Seveso e del Lambro, oltre all'intero corso del fiume Brembo.

Incrociando ancora il nostro territorio di studio con le classi di sensibilità, troviamo un'altra parte in **Classe 5 (Medie limitazioni all'attraversamento in superficie)**. Si tratta del **sistema dei terrazzi fluvioglaciali fortemente urbanizzati**.

In tale conformazione si sono collocati una serie di intensi processi di urbanizzazione, a cavallo della fascia di interconnessione funzionale con la limitrofa pianura. Presenta una collocazione in genere parallela agli assi idrografici principali. Il paesaggio è caratterizzato dalla conformazione pianeggiante dei terrazzi, incisi dagli affluenti laterali. Rientrano in questa categoria una fascia di territori direttamente interessati dal percorso in dettaglio lungo la fascia territoriale alla sinistra orografica dell'Olona; lungo la zona urbanizzata alla sinistra dell'Adda. Le limitazioni maggiori derivano dalla difficoltà di individuare lembi di territorio tali da consentire l'eventuale inserimento del tracciato, senza pregiudicare le future esigenze urbanistiche dei centri (verde urbano, espansioni), e senza peraltro adottare soluzioni in sopraelevata che influirebbero negativamente creando un forte impatto visivo, altrimenti relativamente modesto.

In **Classe 6 (Discrete limitazioni all'attraversamento in superficie)**, troviamo il **sub-sistema dell'alta pianura ad urbanizzazione diffusa, con residui significativi di territorio agricolo**.

Facendo parte del "sistema antropizzato dell'alta pianura" è caratterizzato da bassissima acclività e dalla situazione morfologica dell'alternanza di dossi e conche. Dal punto di vista dell'uso antropico, il sub-sistema conserva una organizzazione discreta degli insediamenti, secondo direttrici principali Nord-Sud e secondarie Est-Ovest, spesso di origine storica, mantenendo residui significativi di territorio agricolo. Sono stati riconosciuti due sub-ambiti:

- Il primo costituito dal territorio attraversato dal torrente Molgora e comprendente i centri di Usmate-Velate, Lomagna, Carnate, Bernareggio, Bellusco, Ornago;
- Il secondo, compreso tra l'Adda ed il Brembo, include i centri di Brebbiate, Presezzo, Terno d'Isola, Bonate, Madone, Finago e Brambate.

Nonostante il livello di urbanizzazione non sia generalmente tale, come si è detto, da presentare saldature totali, le limitazioni paesaggistiche e territoriali sono dovute al ruolo che le aree libere residue possono svolgere per mantenere la riconoscibilità dei centri, ciò che può suggerire nella individuazione del tracciato, ipotesi progettuali particolarmente attente ad evitare l'innescare di fenomeni di completa saturazione insediativa.

Un altro sub-sistema che rientra sempre nella **Classe 6** è quello **dell'alta pianura ad urbanizzazione intensa e compatta**.

Mentre le condizioni geomorfologiche sono pressoché analoghe a quelle del sub-sistema sopra citato, in questo caso i processi di urbanizzazione hanno prodotto la sostanziale

saldatura dei centri, particolarmente lungo le principali direttrici infrastrutturali. Il sub-sistema si colloca in corrispondenza del margine Nord del sistema metropolitano milanese, comprendendo, da Ovest verso Est:

- L'ambito urbanizzato lungo la linea ferroviaria Milano- Varese (da Mozzate a Locate e Tradate);
- I centri di Turate Lazzate, Cabiato, Meda, Giussano, Biassono, Lesmo, Arcore, Villasanta, Vimercate, Sovico, fino al torrente Molgora;
- La stretta fascia di territorio sulla sinistra dell'Adda, da Calusco a Trezzo;
- Le diramazioni dell'agglomerato bergamasco ad Est del Brembo, con i centri di Pedrengo e Seriate;
- I centri di Stezzano, Lallio, Dalmine, Osio ancora nell'ambito bergamasco, in direzione Sud-Ovest, lungo l'autostrada Bergamo-Milano;
- La Valbrembo e Curno ad Ovest di Bergamo.

La compattezza dell'urbanizzato, pur ponendo notevoli problemi di attraversamento, non è tale da escludere possibilità in tal senso, tenuto conto della natura spesso periferica di vari ambiti territoriali, rispetto ai quali l'intervento di inserimento dell'infrastruttura può essere concepito come progetto di riqualificazione di zone urbanisticamente degradate del territorio.

Infine, in **Classe 7 (Contenute limitazioni all'attraversamento in superficie)**, troviamo due sub-ambiti:

- **Sub-sistema dei fondovalle principali urbanizzati.** Nel sistema dei fondovalle le maggiori urbanizzazioni si collocano in corrispondenza del passaggio di infrastrutture di una certa rilevanza, o per fenomeni di diffusione dei centri urbanizzati. I fondovalle interessati sono il torrente Molgora con i suoi affluenti, il Seveso ed il Lambro nei tratti più meridionali. L'eventuale attraversamento dell'asta fluviale in questi tratti non provocherebbe impatti visivi rilevanti, se il progetto infrastrutturale si relazionasse correttamente con le altre infrastrutture esistenti e con i tessuti urbanizzati.
 - **Sub-sistema dell'alta pianura a prevalente connotazione agricola.** Nell'ambito paesaggistico dell'alta pianura, il sub-sistema si connota, a parità di altre condizioni ambientali, per la consistente presenza di suoli dotati di scarse limitazioni d'uso, che anche in virtù di questa condizione di pregio rispetto alla funzione agraria hanno
-

mantenuto fino ad oggi una prevalente connotazione agricola. Le aree comprese in questo sub-sistema sono, da Ovest ad Est: una striscia di territorio parallela alla ferrovia Milano-Varese sulla sinistra dell'Olon, a Sud di Locate Varesino; l'area tra Turate e Fanegrò alla destra del torrente Lura, attraversata dall'autostrada Milano-Como; la vasta area alla destra idrografica dell'Adda comprendente i centri di Mezzago e Grezzago; la zona situata tra fiumi Adda e Brembo, con il comune di Chignolo d'Isola; una zona molto estesa, parte della "Gera d'Adda", situata a Sud di Bergamo tra i fiumi Brembo e Serio, comprendente il centro di Comun Nuovo. Il potenziale attraversamento in superficie deve porre attenzione a limitare i tagli della struttura poderale e delle connessioni funzionali, i rischi di inquinamento degli acquiferi profondi; l'impatto paesaggistico dovrebbe risultare modesto, a condizione che siano tenute in debito conto la lettura degli elementi strutturali del paesaggio (la maglia dei percorsi e dei tracciati storici, i filari, la rete idrografica minore, i sistemi delle cascate).

4 LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E AMBIENTALE

Si procede con la lettura dei principali strumenti di pianificazione di interesse regionale e provinciale, valutando gli aspetti insediativi, ambientali e paesaggistici, i valori territoriali dell'area vasta della Tratta D, trattata nel capitolo precedente, del sistema viabilistico dell'autostrada Pedemontana.

Il livello di approfondimento di tale lettura è caratterizzato dalla scala progettuale di riferimento (studio di fattibilità) ed è condizionato dall'estensione territoriale, trattandosi di un territorio molto vasto e complesso, articolato in diversi sistemi locali e in diversi ambienti urbani ed extraurbani.

Per una trattazione completa degli argomenti del seguente capitolo si rimanda alle relazioni ed agli elaborati grafici di dettaglio specifici.

4.1 PIANO TERRITORIALE REGIONALE: INTEGRAZIONE AI SENSI DELLA LR 31/2014

Il Piano Territoriale Regionale (PTR) e la relativa integrazione ai sensi della LR 31/2014, sono i principali strumenti di pianificazione regionali di riferimento per l'integrazione delle politiche territoriali locali e costituisce insostituibile fonte per la redazione del quadro conoscitivo, anche in ragione della attualità delle informazioni.

L'Integrazione del Piano Territoriale Regionale (PTR) ai sensi della l.r. n. 31 del 2014 per la riduzione del consumo di suolo, infatti, è stata approvata dal Consiglio regionale con delibera n. 411 del 19 dicembre 2018 ed ha acquistato efficacia il 13 marzo 2019, con la pubblicazione sul BURL n. 11, Serie Avvisi e concorsi, dell'avviso di approvazione.

Come già rappresentato nel PTR, la Regione Lombardia si è sviluppata nel tempo lungo la vasta porzione della fascia centrale del territorio regionale. Il sistema insediativo che si è determinato è l'esito dello sviluppo di singoli sistemi insediativi e di successive conurbazioni che si sono espanse e spesso fuse creando un effetto di continuo edificato, di processi di urbanizzazione lungo fascia pedemontana collinare sovente saldati con i sistemi vallivi, di insediamenti sparsi frutto di dispersione urbana. All'interno dell'area metropolitana si possono riconoscere alcune strutture con caratteristiche proprie anche se fortemente interconnesse: l'asse del Sempione, l'area metropolitana milanese, la Brianza, i poli della fascia prealpina (Varese, Como e Lecco), le conurbazioni di Bergamo e di Brescia.

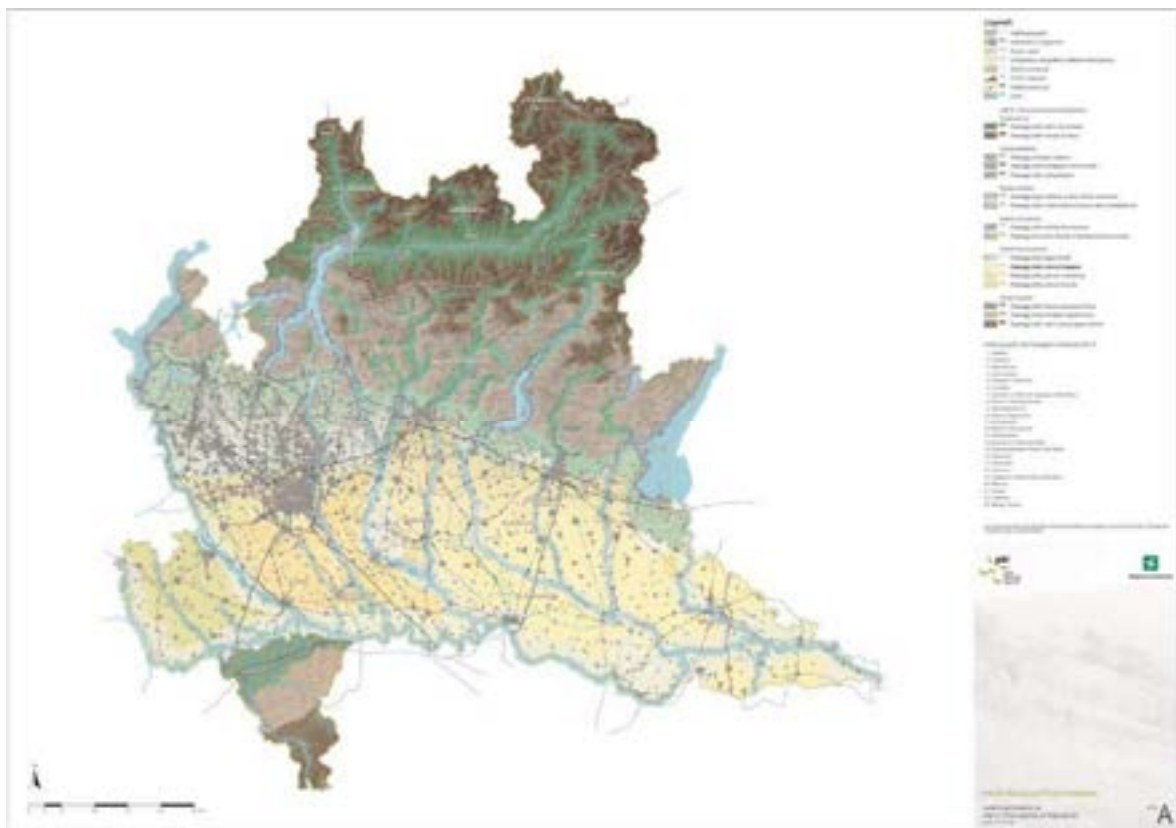
Le infrastrutture di collegamento internazionale, in particolare, incidono enormemente sul territorio di una regione, come la Lombardia, in cui sono presenti aree fortemente urbanizzate e dense all'interno del Sistema Metropolitano, e aree più o meno marginali rispetto a questo, ma che presentano caratteri distintivi e potenzialità di emergere come

nuovi poli di un sistema a rete. La realizzazione della rete infrastrutturale programmata pone poi questioni di sostenibilità ambientale oltre che di equità nell'accesso alle risorse.

Nell'immediato hinterland milanese lo sviluppo infrastrutturale determina la sostanziale ridefinizione del perimetro della conurbazione milanese, di cui la Tangenziale Est Esterna, la Tangenziale Nord e, più a lungo termine, la Pedemontana e l'Interconnessione Pedemontana-Brebemi costituiranno i nuovi confini concentrici di prospettiva.

Già il vigente Piano Territoriale Regionale (PTR) interpreta la struttura di fondo del territorio regionale attraverso l'individuazione di 6 sistemi territoriali (Metropolitano, della Montagna, Pedemontano, dei Laghi, del Po e dei Grandi Fiumi, della Pianura Irrigua).

Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR), sezione specifica del PTR, disciplina paesaggistica dello stesso e partendo dai sistemi territoriali individua nella Tavola A le "Unità tipologiche di paesaggio" di seguito riportata.



Per quanto schematica e omnicomprensiva, l'interpretazione resa dai sei Sistemi Territoriali restituisce il sistema di relazioni intercorrente tra sistema ambientale e geomorfologico e sistema antropico. Essi non sono rigidamente perimetrati, bensì ... *"costituiscono sistemi di*

relazioni che si riconosco e si attivano sul territorio regionale, all'interno delle sue parti e con l'intorno [...]. Essi costituiscono, poi, la geografia condivisa con cui la Regione si propone nel contesto sovregionale europeo [...] “.

La Tratta D risulta compresa nel Sistema Territoriale Metropolitano lombardo, ancor più rispetto agli altri Sistemi del PTR, non corrisponde ad un ambito geografico-morfologico; interessa l'asse est-ovest compreso tra la fascia pedemontana e la parte più settentrionale della Pianura Irrigua, coinvolgendo, per la quasi totalità, la pianura asciutta.

Ad ovest dell'Adda si situa l'area metropolitana storica incentrata sul tradizionale triangolo industriale Varese-Lecco-Milano, convergente sul capoluogo regionale, caratterizzata da elevatissime densità insediative, ma anche da grandi spazi verdi tra le conurbazioni dei vari poli. Il progressivo ampliamento dei poli urbani del Sistema Metropolitano, caratterizzato da aree residenziali, grandi industrie, oggi sovente dismesse, servizi, infrastrutture, aree libere residuali, si sovrappone alla struttura originaria inglobando vecchi tessuti agrari.

Ad est dell'Adda, il Sistema Metropolitano è impostato sui poli di Bergamo e Brescia con sviluppo prevalente lungo la linea pedemontana, con una densità mediamente inferiore a fronte di un'elevata dispersione degli insediamenti, sia residenziali che industriali, che lo assimilano, per molti aspetti, alla “città diffusa”.

Il progetto di integrazione del PTR ai sensi della LR 31/2014 propone una soglia di riduzione del consumo di suolo regionale: per quanto qui di interesse si rimarca che nella definizione di Consumo di suolo, di cui all'art.2, comma 1, lett. c), della LR. 31/14, sono incluse anche le infrastrutture sovracomunali, oltre a tutti gli interventi che trasformano, per la prima volta, una superficie agricola da parte di uno strumento di governo del territorio, non connessa con l'attività agro-silvo-pastorale.

Utile appare la definizione di Suolo utile netto, quale categoria di progetto, con cui il PTR rappresenta il suolo che potrebbe essere potenzialmente oggetto di consumo non solo per insediamenti, ma anche per servizi, attrezzature e infrastrutture (esclusi dunque le aree d'alta montagna, i pendii significativamente acclivi, i corpi idrici, le aree naturali protette, le aree con vincolo assoluto di inedificabilità, ecc.) e ne valuta il peso percentuale rispetto alla superficie urbanizzata in ciascun Comune.

Oltre agli elementi più sopra richiamati, è opportuno prendere in esame per lo studio della Tratta D⁵ i contenuti della tavola 05.D1, di cui sotto si riporta stralcio, quale riferimento per

⁵ Così come indicato nel documento dei criteri del PTR, il sedime delle infrastrutture di mobilità di livello sovracomunale esistenti tra i quali aeroporti, eliporti, ferrovie, autostrade, tangenziali, compresi gli svincoli, le aree di sosta e gli spazi accessori ad esse connesse (quali stazioni carburante, aree di stazionamento). Per le ferrovie, le autostrade, le tangenziali e i relativi svincoli deve essere considerato il sedime delle infrastrutture

il riconoscimento delle caratteristiche di criticità indicate dai criteri del PTR, fatta salva la possibilità di maggior definizione propria degli strumenti di governo del territorio (PTCP/PTM e PGT).

La tavola *“Suolo utile netto”*, rappresenta i gradi di criticità del suolo non urbanizzato che non è interessato da significativi vincoli (esclusi dunque le aree d’alta montagna, i pendii significativamente acclivi, i corpi idrici, le aree naturali protette, le aree con vincolo assoluto di inedificabilità, ecc.) ed è più esposto a possibili pressioni insediative a causa di insediamenti, servizi, attrezzature e infrastrutture. L’interpretazione dei livelli di criticità è restituita dalla tavola attraverso:

- L’indice di urbanizzazione comunale letto rispetto all’estensione del suolo utile netto. I livelli di criticità sono maggiori laddove ad elevati indici di urbanizzazione corrisponde una minore estensione del suolo utile netto;
- L’indice del suolo utile netto. I livelli di criticità sono maggiori laddove è presente una bassa incidenza % del suolo utile netto.

Per gli ATO, il PTR indica una diminuzione del consumo di suolo finalizzata alla salvaguardia dei sistemi rurali periurbani e dei residui elementi di connettività ambientale, anche se posti su aree di scarso valore agronomico. Determinante, per stabilire i criteri per la riduzione del consumo di suolo a livello locale, è il valore agronomico dei suoli in relazione al suolo utile netto. Tale valore consente di leggere e correlare i possibili conflitti, esistenti e/o insorgenti, tra la pressione insediativa, sistema rurale e qualità agronomica dei terreni

Un altro aspetto altrettanto importante, nella definizione dello studio di fattibilità in oggetto, è il concetto stesso di rigenerazione, distinguendo il livello degli obiettivi da raggiungere



dalla scala di intervento. Le recenti modifiche introdotte dalla LR 18/2019 alla LR 31/2014 e alla LR 12/2005, rendono infatti maggiormente attuabili le strategie d'intervento sviluppate sull'integrazione tra gli obiettivi di principio della rigenerazione e le scale d'intervento territoriale.

Le “attrezzature” e le “infrastrutture” necessarie ad attuare processi di rigenerazione urbana e territoriale, sono alcuni degli elementi fondativi del concetto stesso di rigenerazione urbana. Allo stesso modo si trovano degli ulteriori riferimenti utili allo studio di fattibilità della Tratta D, nella definizione di rigenerazione territoriale, nella parte in cui sono incluse, quale insieme coordinato di azioni finalizzate alla risoluzione di situazioni di degrado urbanistico, ambientale, paesaggistico o sociale, anche le infrastrutture.

Il PTR, adeguato per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato (LR 31/2014), rappresenta il quadro infrastrutturale (esistente e previsionale) di livello sovracomunale, nella tavola “Sistema infrastrutturale esistente e di progetto” (Tav. 02.A7) sottesa a valutare gli effetti indotti dalle nuove infrastrutture sull'assetto territoriale degli “Ambiti territoriali omogenei” in termini di nuova accessibilità, di più elevato rango territoriale e conseguentemente di ulteriore consumo di suolo.



È bene precisare che gli “Ambiti territoriali omogenei” individuano specifici contesti areali d'area vasta, quali articolazioni territoriali, espressione di ambiti relazionali, caratteri socio-economici, geografici, storici e culturali omogenei, adeguati a consentire l'attuazione dei contenuti della L.R. 31/14 e, più in generale, lo sviluppo di politiche e l'attuazione di progetti

capaci di integrare i temi attinenti al paesaggio, all'ambiente, alle infrastrutture e agli insediamenti. L'immagine seguente sovrappone agli "Ambiti territoriali omogenei" il tracciato autostradale pedemontano, evidenziano in colore rosso la Tratta D ed in arancione il resto della Tratta.

Il tracciato della Tratta D intercetta tre ambiti, quello della "Brianza e Brianza orientale", quello delle "Collina e alta pianura bergamasca" e solo marginalmente quello del "Est milanese" nella parte nord del comune di Trezzo d'Adda.



4.1.1 Brianza e Brianza Orientale

Territorio ricompreso tra il Lambro, l'Adda, i monti della Vallassina, e le ultime ondulazioni delle Prealpi che muoiono a Usmate. L'estensione dell'area ha fatto accostare al termine proprio (Brianza) la specificazione delle zone di relativa influenza: Brianza monzese (Monza, Vimercate), Brianza lecchese (Oggiono).

L'ambito della Brianza e della Brianza Orientale è di carattere interprovinciale e una parte insiste sul territorio della Provincia di Lecco.

L'indice di urbanizzazione provinciale, del 52,7%, è secondo, in tutta la Regione, solo a quello dell'Ambito di Milano della Cintura Metropolitana, di cui costituisce la naturale prosecuzione verso nord.

Il livello elevato del consumo di suolo restituisce il quadro di un sistema insediativo altamente conurbato, con concentrazioni particolarmente intense lungo le direttrici storiche della SS36 (Milano-Monza-Lecco), della SP6 (Monza-Carate) e verso Arcore-Vimercate. All'esterno di queste direttrici permane comunque un alto livello di urbanizzazione, connotato anche da alta diffusione insediativa.

A ciò si associa un'alta commistione tra diverse funzioni, terziarie, commerciali, manifatturiere, residenziali e di servizio.

Nonostante siano presenti numerose infrastrutture, il grado di congestione dell'ambito è elevato.

Le modalità di sviluppo, per addizioni successive lungo tutte le direttrici viarie, hanno, infatti, progressivamente degradato l'efficienza complessiva del sistema.

Il tessuto rurale è, pertanto, relegato a funzioni periurbane e il valore dei suoli è più connaturato alla loro rarità che non agli specifici caratteri agricoli. Solo nell'est Brianza e al confine con la Brianza lecchese la strutturazione delle aree libere assume caratteri più consistenti.

Il sistema infrastrutturale è composto da alcune porzioni delle principali tratte viarie regionali (SS 35 del Lago di Como e dello Spluga – Valassina, SP dei Giovi - Comasina, tratta finale della A51 – tangenziale est di Milano e tratta finale della tangenziale nord di Milano) e dalla rete delle radiali ferroviarie di Milano. Il sistema dei trasporti pubblici è comunque connesso a quello di Milano. Alcuni degli elementi infrastrutturali programmati, di livello regionale, dovrebbero permettere un miglioramento dell'accessibilità dall'esterno e dell'attraversabilità, in senso est-ovest dell'area (completamento della Pedemontana Lombarda, da Lomazzo a Dalmine, terza corsia della Milano Meda, adeguamento della linea ferroviaria Chiasso-Seregno-Monza-Milano, metro-tramvia Seregno Milano e prolungamento della metro-tramvia Limbiate Milano). L'area gravita, storicamente, su Milano.

Alla scala locale il sistema di gravitazione è policentrico. Oltre a Monza, polo di livello regionale, è presente una fitta serie di poli di rango inferiore (Meda, Carate Brianza, Lissone, Desio, Seveso, ecc...), erogatori di servizi di scala sovracomunale e sede di centri produttivi (commerciali e manifatturieri) di elevata importanza.

4.1.2 Collina e Alta Pianura Bergamasca

Fascia collinare pedemontana e dell'alta pianura diluviale della provincia di Bergamo, definita a occidente e a oriente dalle valli dell'Adda e dell'Oglio.

L'indice di urbanizzazione dell'ambito (38,5%) è largamente superiore all'indice provinciale (15,4%) e descrive i caratteri di forte urbanizzazione dell'ambito, ancora più intensi nella porzione a nord della A4.

Il sistema metropolitano di Bergamo si attesta a cavallo della A4 e si estende lungo le propaggini delle radiali storiche delle valli (Val Brembana, Val Seriana, Valle Imagna) e pedemontane (verso Dalmine, Brembate e Palazzolo-BS). Nel sistema metropolitano il suolo libero assume un carattere di elevata residualità e frammentazione. Il sistema rurale è relegato a funzioni periurbane, con residue presenze di colture di pregio nel sistema collinare (viti, prati, boschi). Il valore dei suoli assume un precipuo significato in relazione alla sua rarità.

A sud dell'autostrada A4 gli episodi insediativi, pur significativi per intensità, sono più rarefatti con una relativa persistenza di aree agricole compatte. Il sistema rurale residuo, a vocazione cerealicola, è fortemente scandito da strutture agrarie lineari (sistema irriguo, filari e siepi).

Bergamo è l'epicentro del sistema di polarizzazione ed è caratterizzato da un elevato grado di accessibilità di rango regionale e nazionale, pur se limitata nei suoi gradi di efficienza dai caratteri di congestione dell'area centrale. L'aeroporto di Orio al Serio costituisce un ulteriore elemento di forza del sistema locale.

Le infrastrutture strategiche programmate disegnano uno scenario di ulteriore potenziamento dei caratteri di accessibilità regionale (Pedemontana Dalmine – Busto Arsizio, peduncolo Dalmine-Treviglio verso Brebemi) e di parziale soluzione dei nodi critici della conurbazione (completamento del sistema tangenziale sud di Bergamo, potenziamento delle connessioni con le valli e del sistema di trasporto pubblico locale su ferro-metrotramvie).

4.1.3 Est Milanese

Territorio della bassa pianura irrigua milanese, ricompreso tra Milano e il corso dell'Adda. Ambito caratterizzato dal sistema delle acque (dei corpi idrici naturali – Molgora e Adda - e artificiali – fascia orientale dei fontanili milanesi, Naviglio della Martesana, Canale della Muzza e Canale Villoresi e relativo sistema irriguo) che ne scandiscono il territorio strutturandolo con elementi specifici il sistema rurale e quello naturale.

L'indice di urbanizzazione territoriale dell'ambito (32,3%) è leggermente superiore dell'indice della Città Metropolitana (39,5%).

Nei comuni posti in prossimità con la cintura Milanese i livelli di urbanizzazione sono marcatamente più elevati. A un livello inferiore, ma comunque elevato, si pongono i comuni

attestati sulle radiali milanesi della SS Padana Superiore e sulla SS Cassanese. A un livello più si pongono i comuni periferici, verso il Lodigiano e il Cremasco.

Nelle porzioni più intensamente urbanizzate di prossimità alla cintura milanese, le aree agricole assumono i caratteri periurbani propri di contesti metropolitani. Anche lungo le radiali la continuità delle aree libere è interrotta dagli intensi episodi urbanizzativi, ove il sistema rurale può assumere caratteri periurbani.

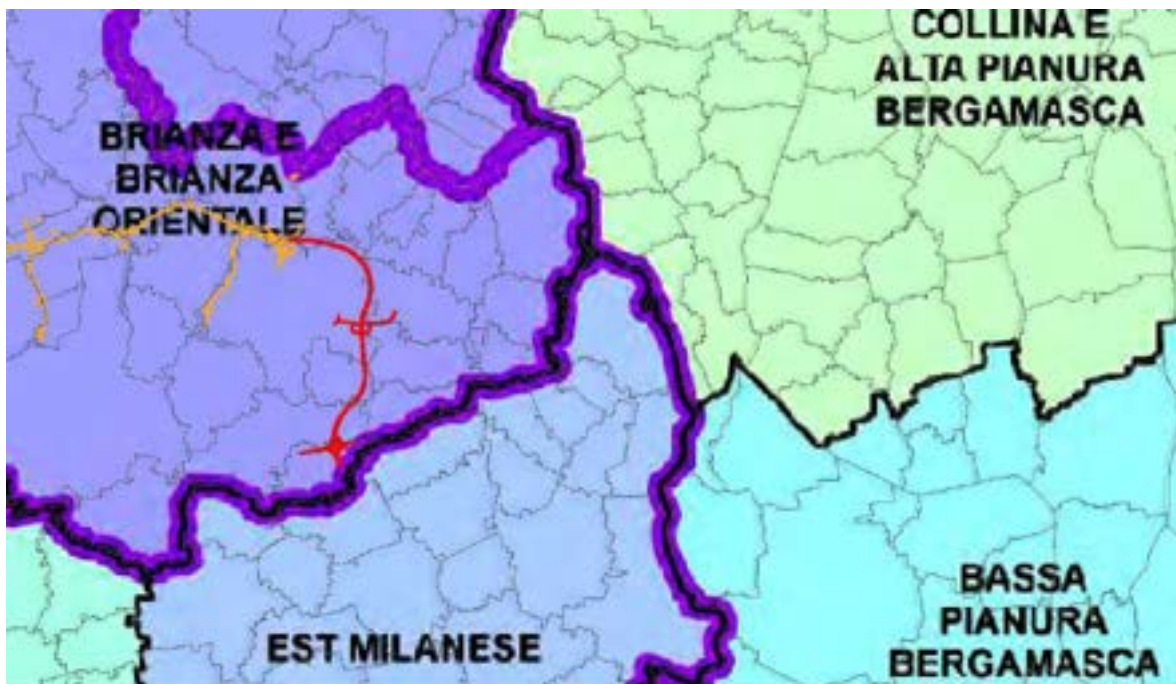
Persistono comunque areali di diffusa rilevanza rurale, con presenza consistente di residui elementi del sistema territoriale dell'agricoltura professionale. Il progetto della RER individua i varchi da consolidare in prossimità delle principali infrastrutture lineari. La qualità dei suoli è sempre elevata e distribuita in modo più omogeneo in tutto l'ambito. Il sistema rurale, della pianura cerealicola e foraggera, è scandito da strutture agrarie lineari (sistema irriguo, filari e siepi) e, nella porzione centrale, della fascia dei fontanili e delle risorgive.

Il sistema di polarizzazione dell'ambito (comunque gravitante prevalentemente su Milano) è bipartito.

Nella porzione ovest, Melzo e Gorgonzola sono direttamente connessi al sistema delle radiali storiche milanesi. Nel settore est il sistema dei poli dell'Adda (Trezzo d'Adda, Vaprio d'Adda e Cassano d'Adda) assume una propria connotazione territoriale, estesa da nord a sud. Tutti i poli esprimono, comunque, un certo grado di rilevanza su L'ambito è fortemente coinvolto dai tracciati delle nuove infrastrutture della Brebemi e della Tangenziale est esterna di Milano, che elevano sensibilmente i gradi di accessibilità e il rango territoriale dell'ambito.

Tutti i poli detengono, quindi, un alto grado di accessibilità recentemente acquisito.

La proposta alternativa della tratta D breve, invece, è contenuta all'interno dell'ATO Brianza e Brianza Orientale.



4.2 PIANIFICAZIONE DI SCALA PROVINCIALE

Nel processo di esplorazione dei piani e dei programmi di scala sovralocale, dopo una prima valutazione sulla lettura del Programma Regionale della Mobilità e Trasporti, sviluppiamo ora un'ulteriore analisi a livello intermedio, studiando il PTCP della Provincia di Monza e della Brianza e dedicando una particolare attenzione all'attuale aggiornamento dello stesso ai criteri della LR 31/14. In un ulteriore paragrafo, svilupperemo uno specifico approfondimento al tema del PUMS, quale ulteriore spunto di riflessione per questo livello intermedio di pianificazione/programmazione.

Oltre al ambito della Provincia di Monza e della Brianza sarà analizzato anche il PTCP della provincia di Bergamo.

4.2.1 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Monza e della Brianza

La Provincia di Monza e della Brianza, istituita con Legge 11 giugno 2004, n. 146 e pienamente attiva a partire dal giugno 2009, ha adottato il proprio Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) con Delibera di Consiglio Provinciale n. 31 del 22 dicembre 2011.

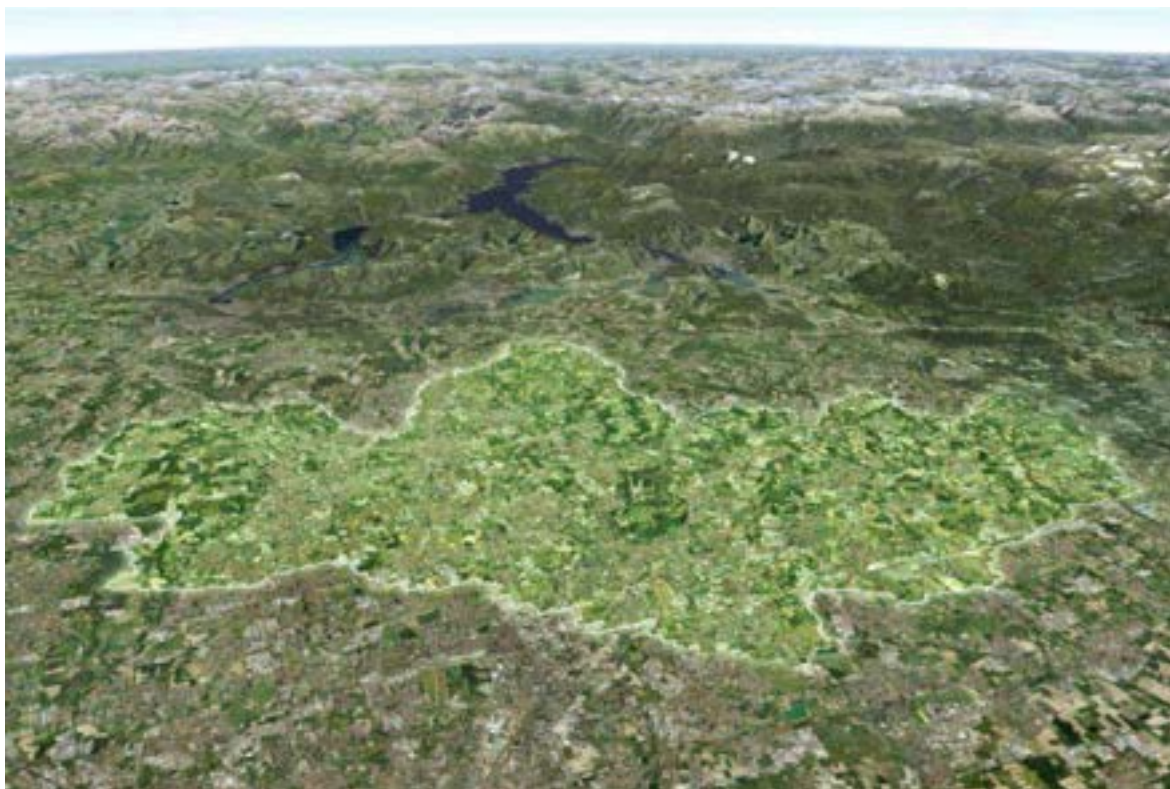
Nella seduta del 10 luglio 2013, il Consiglio Provinciale ha approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale n.16, il PTCP. con la pubblicazione sul BURL del 23 ottobre 2013 dell'avviso di approvazione, il PTCP ha assunto efficacia.

Il PTCP inquadra il tema delle reti infrastrutturali primarie in relazione al sistema insediativo policentrico. Un aspetto particolarmente complesso che emerge tra gli obiettivi del Piano, riguarda la riorganizzazione delle reti di urbanizzazione primaria, a partire da una rete stradale che si presenta de-gerarchizzata, al tempo stesso insufficiente rispetto ai carichi di traffico e sovrabbondante nelle sue ramificazioni imposte dalla dispersione degli insediamenti, quindi complessivamente poco efficiente e costosa. Si dice infatti, nel documento degli obiettivi allegato al PTCP, che la nuova autostrada Pedemontana e il sistema delle opere connesse, oltre a supplire ad una carenza cronica in Brianza dei collegamenti in direzione est-ovest, potranno costituire la premessa della necessaria riorganizzazione dell'intero sistema viabilistico in forma gerarchica, secondo uno schema del quale il PTCP offre già una prima anticipazione. La decongestione progressiva dal traffico e la gerarchizzazione delle reti infrastrutturali, rappresentano una delle questioni cruciali dei piani e delle politiche per questo territorio.

Ritornando alle valutazioni più generali in merito alle strategie territoriali per l'area di interesse, si può affermare che il PTCP "lavora" per la definizione di un "modello Brianza". Così come affermato nella relazione generale di piano, dal punto di vista urbanistico, il

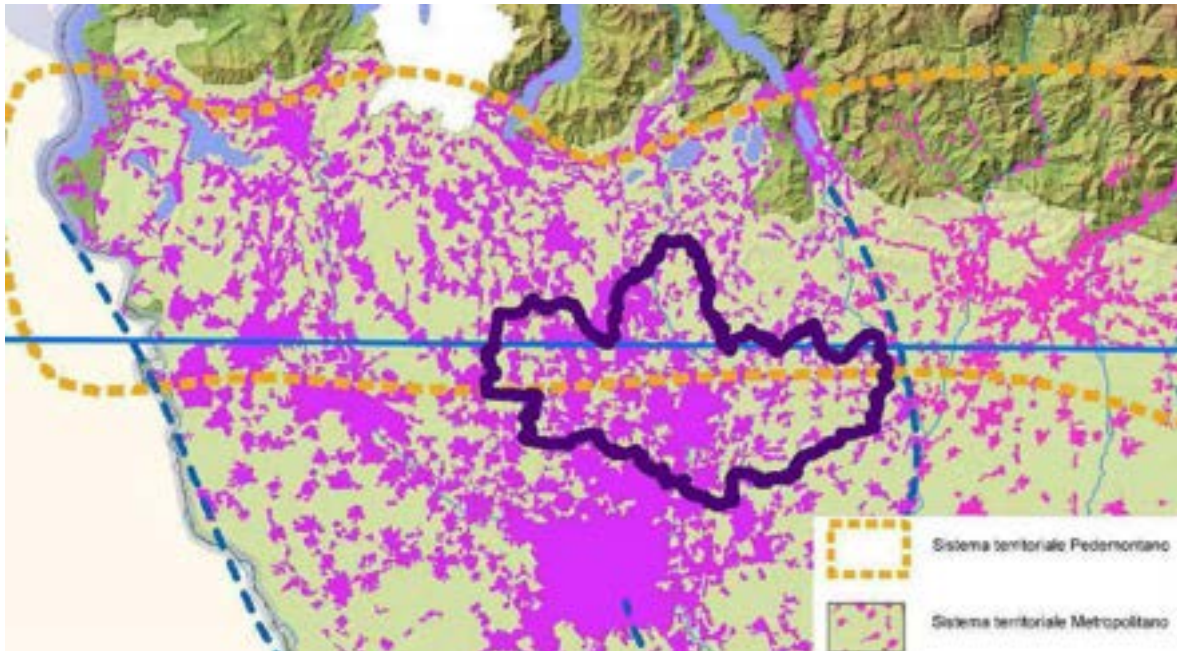
“modello Brianza” nella sua fase più dinamica è stato caratterizzato da un basso livello di regolazione, che ha consentito prima lo sviluppo di quei tessuti misti produttivi/residenziali che sono l’esatta antitesi dei principi predicati dall’urbanistica ufficiale, il cui dogma principale era la separazione delle destinazioni d’uso, poi la formazione delle zone produttive lineari ai margini delle grandi strade. Lo zoning urbanistico ha poi lasciato il passo ad una previsione delle destinazioni urbanistiche per “mix funzionale”. Anche in questo caso, secondo quanto affermato dal PTCP, di nuovo la Brianza si trova in controtendenza, dovendo correggere gli eccessi di promiscuità funzionale accumulati nel tempo, là dove questi creano problemi sia sul versante della vivibilità dei centri, sia su quello della efficienza delle imprese. O dove, semplicemente, il valore dei terreni sollecita irresistibilmente nuove destinazioni, per la mai regolata questione del regime giuridico dei suoli e della connessa rendita fondiaria. Ma il modello è flessibile e gli adattamenti potranno operarsi, nel tempo, senza grandi traumi, come già in questi anni si è visto.

Le dinamiche dei modelli di pianificazione non riescono però ad inquadrare fino in fondo i fattori che condizionano gli esiti di questa fase più recente, che sono indubbiamente complessi e di varia natura, ma qui interessa soprattutto mettere a fuoco quelli che sono più direttamente attinenti alle condizioni territoriali e ambientali, quali i costi e i tempi anormalmente alti di insediamento di nuove imprese; la crescente subordinazione delle politiche urbanistiche a logiche immobiliari di corto respiro (complice anche la crisi finanziaria degli enti locali); la cronica congestione della rete stradale; il deterioramento delle condizioni ambientali e paesaggistiche; l’aggravamento del rischio idraulico in alcune zone intensamente urbanizzate.



Il PTCP, ponendosi in un'ottica regionale (città policentrica regionale), cerca di rafforzare i sistemi di relazione tra le diverse parti del territorio della Brianza e di questa con le altre realtà confinanti, con particolare riguardo ai sistemi ambientali, infrastrutturali e dei servizi. La necessità di rimodulare le gerarchie urbane, ed in particolare con la centralità di Milano, apre il campo ad una competizione tra le città "medie" e tra i diversi territori per affermare il proprio ruolo e per recuperare funzioni sostitutive di quelle che si delocalizzano: si pensi al proliferare di iniziative in campo culturale/museale, o al moltiplicarsi delle sedi espositive, alle iniziative di valorizzazione delle tradizioni enogastronomiche e dei circuiti di interesse storico culturale o naturalistico e paesaggistico.

Nella ri-articolazione di nuove "gerarchie urbane" di scala metropolitana, il sistema autostradale di pedemontana ricopre un ruolo strategico. La realizzazione di questo "corridoio infrastrutturale" pedemontano riconfigura, in questo settore dell'area metropolitana, la storica rete viaria radiocentrica che ha sempre trovato in Milano il vertice strategico, per favorire gli spostamenti in direzione est/ovest.



Questa innovazione ha due ordini di ricadute:

- La sostanziale modificazione del quadro attuale delle accessibilità, per cui Monza si avvicina a Varese, Como e Bergamo o, a una scala più locale, Seregno si avvicina a Vimercate;
- Le ripercussioni della nuova accessibilità sull'assetto insediativo, ovvero la possibile ridefinizione delle gerarchie urbane o, più semplicemente, la formazione di nuove polarità urbane collegate ai nodi della rete.

Riguardo al sistema del verde lo sguardo esteso ai due ambiti territoriali di riferimento (Pedemontano e Metropolitano) nei quali si colloca la provincia, permette di cogliere la presenza di una significativa struttura costituita da aree regionali protette, che interessano questo vasto territorio coinvolgendo, al di là dei limiti, le province di Varese, Como, Lecco, Bergamo e Milano.



Come osservato nei precedenti paragrafi siamo in presenza di numerosi Parchi Locali di Interesse Sovracomunale, che si estendono anch'essi spesso senza ancoraggio rispetto ai limiti provinciali, e concorrono poi a sostanziare ulteriormente il sistema verde paesaggistico.

L'identità della Provincia di Monza e Brianza così come affermato nella relazione del PTCP è quella di un territorio in posizione intermedia tra la condizione della città e quella extraurbana. Questa considerazione si applica più specificamente all'area centrale, ma può essere estesa in parte anche al Vimercatese e alla fascia occidentale.

Siamo in presenza di una campagna troppo urbanizzata, con alti costi di insediamento e bassa qualità paesaggistica e ambientale, e allo stesso tempo di una periferia metropolitana povera di qualità urbana, con rilevanti problemi di accessibilità e di promiscuità funzionale. L'obiettivo che si propone la pianificazione provinciale è quello di ribaltare questa tendenza, riconoscendo innanzitutto la sua identità, la sua complessità territoriale, i fenomeni che la interessano, le forme non omogenee di insediamento e di utilizzazione del suolo, i suoi caratteri naturali, sociali ed economici, avviando quindi un'azione di riqualificazione impegnata sui due fronti, dell'urbano e del rurale, volta a convertire i rischi in opportunità.

In questo disegno complessivo di ri-funzionalizzazione e ri-gerarchizzazione il tema della mobilità ha un ruolo centrale, di connessione “esterna” con i sistemi di rango metropolitano, e di razionalizzazione e alleggerimento “interno” dell’intera rete della viabilità.



Con la lettura del PTCP, si richiamano di seguito altri aspetti per meglio definire il quadro conoscitivo di questo capitolo, e più in particolare il tema dell’integrazione degli spazi aperti per l’equilibrio del sistema metropolitano, sul quale sono fissati i seguenti obiettivi:

- Connettere da un punto di vista paesaggistico, naturalistico e fruitivo i territori compresi tra le Groane e la valle dell’Adda, attraverso i territori agricoli non compresi nei parchi esistenti;
- Istituire una contiguità spaziale che favorisca lo scambio e l’interconnessione fra le diverse ecologie;
- Rafforzare i corridoi orizzontali al fine di controbilanciare l’andamento nord-sud dei parchi, in un ambito dove le conurbazioni lineari sono ormai segnate da evidenti fenomeni di saldatura;
- Garantire un’adeguata compensazione ambientale lungo i nuovi tracciati ferroviari e autostradali, fra i quali quello della Pedemontana, evitando al tempo stesso nuovi insediamenti che sfruttano la straordinaria accessibilità generata.

Per quanto riguarda le componenti propriamente ambientali gli obiettivi prioritari rimangono:

- Riquilibrare le acque superficiali e sotterranee non solo per le ricadute sulla salute dell'uomo, ma anche per le evidenti connessioni con gli aspetti paesaggistici legati alla promozione e alla fruizione turistico-culturale dei luoghi;
- Difendere il suolo come risorsa esauribile mediante il controllo delle trasformazioni e l'incentivazione del recupero di aree dismesse;
- Contenere l'inquinamento atmosferico anche mediante l'incentivazione di forme energetiche da fonti rinnovabili;
- Tutelare gli ecosistemi naturali attraverso il controllo dell'attuazione della rete ecologica provinciale e il suo ampliamento mediante opportuni riequipaggiamenti vegetazionali.

Delle "Tre Brianze", così come richiamate della relazione del PTCP, quella che interessa l'area di studio è quella orientale, che si caratterizza per un'articolazione policentrica del territorio, legata alla permanenza della trama dei nuclei storici, oggi peraltro sottoposti a decise dinamiche insediative, che hanno quasi tutti mantenuto la propria individualità e riconoscibilità nel territorio, nonostante siano percepibili alcuni fenomeni conurbativi nella porzione sud-occidentale, in particolare lungo la rete viabilistica verticale, caratterizzati da modelli insediativi ed edilizi a carattere più aperto ed estensivo, rispetto agli ambiti a maggior densità.

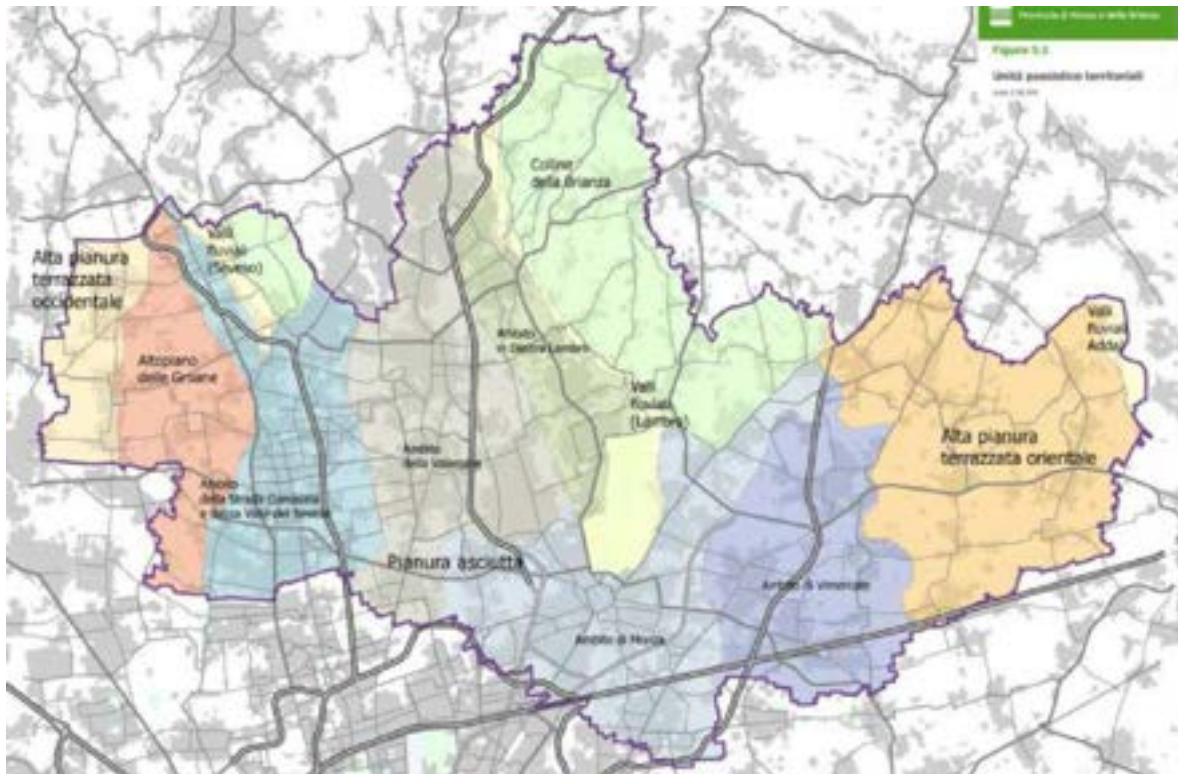
Lo sviluppo urbano di quest'area ha saputo mantenere alti i livelli di qualità nelle forme dell'abitare, nel paesaggio, nell'ambiente e nella struttura socio-economica.

In tale ambito, che assiste al progressivo formarsi della nuova conurbazione Agrate-Vimercate, gli spazi aperti, utilizzati per la gran parte a fini agricoli, hanno conservato integrità e continuità e rappresentano quasi il 60% della superficie dell'intero territorio del Vimercatese, mentre le fasce di naturalità lungo il Molgora e il Rio Vallone, originariamente tutelate dai PLIS omonimi (oggi riuniti nel PLIS PANE), rappresentano degli elementi di eccezione.

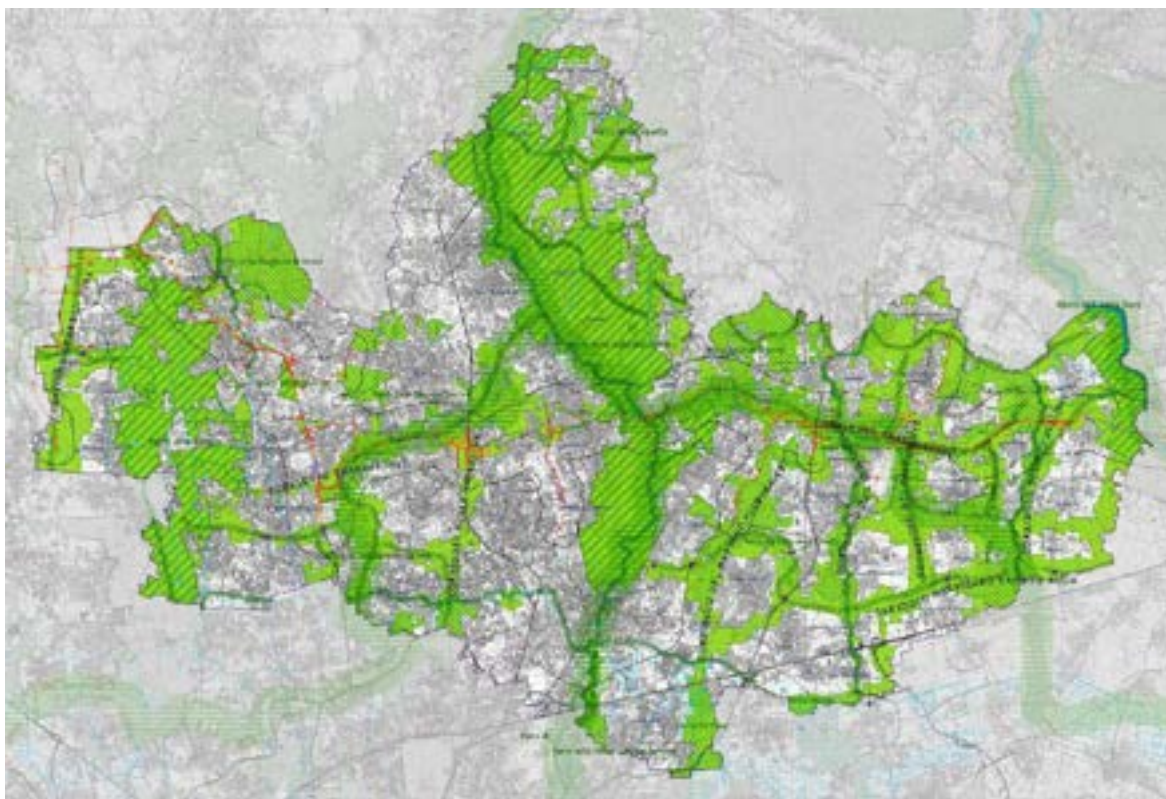
Sotto il profilo paesaggistico-ambientale, le aree agricole sono di estrema potenzialità (e per contro di estrema fragilità) proprio in ordine al loro ruolo di assorbimento degli impatti da parte del sistema insediativo e in relazione alla loro funzione di riequilibrio ecologico, di riqualificazione del paesaggio e di promozione di un "presidio ecologico" del territorio.

4.2.1.1 Unità tipologiche di paesaggio

Le unità tipologiche di paesaggio, trovano nella rete del verde una delle principali azioni della pianificazione provinciale, capace di creare quella specificità del “modello Brianza”, più volte richiamato.



4.2.1.2 Rete di verde di ricomposizione paesaggistica



La rete verde sviluppata dal PTCP individua nel particolare contesto insediativo della Provincia di Monza e della Brianza un perimetro alquanto frastagliato, che coinvolge ambiti residuali, ancora liberi dall'edificazione, finalizzato a connettere da un punto di vista paesaggistico, naturalistico e fruitivo i territori compresi tra l'altopiano delle Groane e la valle dell'Adda.

Di seguito si descrivono quelli che sono maggiormente attinenti al tema dell'attraversamento del sistema autostradale pedemontano, nella Tratta D.

4.2.1.3 Corridoi della rete verde nel settore est della provincia

Il territorio posto ad est della valle del Lambro è solcato da tre corridoi verdi che si snodano in direzione nord-sud seguendo l'orientamento dei corsi d'acqua e che conservano significative caratteristiche di naturalità.

La rete è innestata, a partire da ovest, sul corridoio primario (riconosciuto anche all'interno della RER) della Valle del Lambro, che si prolunga attraverso la città di Monza, collegandosi al PLIS della Media Valle del Lambro, esteso fino a Milano.

Al centro del territorio scorre il torrente Molgora, che costituisce una fascia di naturalità tutelata dal PLIS omonimo, e unisce il Parco regionale di Montevicchia e della Valle del Curone (in provincia di Lecco) con il Parco Agricolo Sud Milano. Si configura così il corridoio del Molgora, dorsale principale dell'est Brianza, che presenta le maggiori criticità nell'attraversamento dei centri abitati di Vimercate, Agrate e Caponago.

Fra il corridoio del Lambro e quello del Molgora è stato individuato un asse intermedio che unisce i parchi dell'est milanese (Parco Est delle Cave e Parco delle Cascine) con il PLIS della Cavallera e, attraverso opportuni varchi verso nord, con il PLIS dei Colli Briantei.

A est del Molgora si trova poi il rio Vallone, anch'esso collocato all'interno di un PLIS, che prosegue a nord in provincia di Lecco, e che riprende, verso sud, il tracciato del corridoio primario della RER.

Tra il Molgora e il Rio Vallone, una maglia secondaria della rete verde è rappresentata dal tracciato dei paleoalvei fluviali risalenti all'ultima glaciazione, che sono ancora oggi riconoscibili nella loro morfologia a terrazzi; questo corridoio non prosegue verso sud in direzione della provincia di Milano.

Il sistema a rete è necessariamente integrato da un corridoio trasversale, che corre nella parte centro-meridionale del territorio unendo tra loro i corridoi verticali, completando il raccordo già individuato nella parte nord. Questo corridoio, inteso a raccordare il Lambro con l'Adda, deve farsi largo tra le conurbazioni di Monza e di Villasanta, aggirando poi Concorezzo (alternativamente a nord oppure a sud), incrociando quindi i successivi corridoi nord-sud fino a raggiungere il Parco dell'Adda in territorio provinciale di Milano, in corrispondenza del SIC delle Foppe (Comune di Trezzo sull'Adda).

4.2.1.4 Corridoio trasversale pedemontano



L'assenza di grandi componenti naturali e la progressiva urbanizzazione ha quasi completamente saturato la Brianza centrale e sta fortemente minacciando la porzione orientale dell'alta pianura fino alla soglia dell'Adda. L'obiettivo di ricucire un varco "verde" di protezione paesaggistica ed ecologica assume, dunque, qui una particolare importanza, non solo come elemento di conservazione, ma anche di possibile stimolo ad un recupero di aree urbane di frangia, degradate o malamente utilizzate. Si è pertanto identificato un 'corridoio trasversale' che risponde ai requisiti della Rete Ecologica Provinciale e, di conseguenza, Regionale avente come estremi il Parco delle Groane e il Parco dell'Adda Nord.

Il corridoio assume come riferimento la zona di Mombello, al margine orientale del Parco delle Groane, e si sviluppa, dapprima come esile varco di contorno della Tangenziale Sud di Cesano Maderno, poi all'interno di un adeguato corredo di aree libere, alcune delle quali facenti parte del PLIS Brianza Centrale e del PLIS Grugnotorto-Villoresi, in direzione di Desio e di Seregno.

Il PLIS Brianza Centrale e Grugnotorto Villoresi si sono recentemente uniti in un unico grande parco locale di interesse sovra comunale, il Parco GruBria, nato ufficialmente il 19 dicembre 2019. I comuni che fanno parte del nuovo consorzio sono 10: Bovisio Masciago, Cusano Milanino, Cinisello Balsamo, Desio, Lissone, Muggiò, Nova Milanese, Paderno Dugnano, Seregno e Varedo.

La superficie del nuovo parco è 2063 ettari, con un bacino di utenza di oltre 350.000 abitanti dei comuni consorziati. È tra i PLIS più grandi della Regione Lombardia e in particolare della Provincia di Monza e della Città Metropolitana di Milano.

Le aree ancora libere del Nord Milano e della Brianza centrale, nel territorio più urbanizzato e consumato d'Italia, saranno maggiormente tutelate e riqualificate in modo sinergico e coordinato con il PLIS.

Cogliendo un varco fra queste due città prosegue in direzione est sfiorando a nord il comune di Lissone e attraversando quello di Biasson, fino a collimare, per un certo tratto, con l'area del Parco della Valle del Lambro. Al di là del fiume corre lungo le propaggini del risalto collinare brianteo per poi raggiungere l'alta pianura orientale fra Bernareggio e Vimercate e chiudersi in connessione con il Parco dell'Adda Nord, poco a nord di Colnago.

4.2.1.5 Proposta linee di indirizzo per la redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile

Il PUMS sviluppa le sue linee di intervento sulle previsioni di piani e di programmi vigenti, specialmente se sovraordinati, quali il PTR e il Programma Regionale della Mobilità e dei Trasporti (PRMT), o di scala provinciale, quale il PSMC.

In particolar modo, così come evidenziato nel paragrafo precedente, si richiama la relazione che lo stesso PUMS avrà con il percorso di adeguamento del PTCP ai sensi della LR 31/2014. Infatti, così come riportato nei documenti pubblicati dalla Provincia di Monza e Brianza, è possibile che la redazione della Variante del PTCP e del PUMS, avvenga con tempistiche ravvicinate o, addirittura, potrebbe essere pressoché contestuale. Ciò (sempre citando i contenuti delle linee guida al PUMS) costituirebbe l'occasione per costruire fertili sinergie fra i due strumenti, anche perché nel determinare gli obiettivi di riduzione del consumo di suolo, il PTCP può confrontarsi con l'assetto viabilistico e le condizioni della mobilità, nonché con le possibilità di utilizzo dei servizi pubblici, soprattutto di livello sovracomunale, proprio a partire da un quadro comune con il PUMS, per ricostruire le dinamiche del territorio e dell'offerta/domanda di mobilità di scala locale e sovracomunale.

Questi strumenti di programmazione e pianificazione di scala sovralocale (PTCP e PUMS) sono particolarmente importanti per lo sviluppo dello studio di fattibilità della Tratta D di interconnessione TEEM e A4, in entrambe le ipotesi, non solo perché assicurano una visione d'insieme del tema della mobilità (qui intesa nella sua accezione di sostenibilità del modello insediativo e territoriale), ma anche perché si innestano in una fase di avvio più generale delle procedure di pianificazione e di progettazione dell'area in esame.

La proposta del PUMS della Provincia di Monza e Brianza prende come riferimento il Decreto MIT del 4 agosto 2017 e individua come macro-obiettivi, le azioni che contribuiscono all'attuazione concreta delle strategie per il raggiungimento degli obiettivi assunti. In particolare sono individuate le seguenti quattro aree di interesse a cui fanno riferimento i macro-obiettivi minimi obbligatori dei PUMS:

A. Efficacia ed efficienza del sistema di mobilità:

- Miglioramento del TPL;
- Riequilibrio modale della mobilità;
- Riduzione della congestione;
- Miglioramento dell'accessibilità di persone e merci;
- Miglioramento dell'integrazione tra lo sviluppo del sistema della mobilità e l'assetto e lo sviluppo del territorio (insediamenti residenziali e previsioni urbanistiche di poli attrattori commerciali, culturali, turistici);
- Miglioramento della qualità dello spazio stradale ed urbano.

B. Sostenibilità energetica ed ambientale:

- Riduzione del consumo di carburanti tradizionali diversi dai combustibili alternativi;
- Miglioramento della qualità dell'aria;
- Riduzione dell'inquinamento acustico;

C. Sicurezza della mobilità stradale:

- Riduzione dell'incidentalità stradale;
- Diminuzione sensibile del numero generale degli incidenti con morti e feriti;
- Diminuzione sensibile dei costi sociali derivanti dagli incidenti;
- Diminuzione sensibile del numero degli incidenti con morti e feriti tra gli utenti deboli (pedoni, ciclisti, bambini e over 65);

D. Sostenibilità socio-economica:

- Miglioramento della inclusione sociale;
- Aumento della soddisfazione della cittadinanza;
- Aumento del tasso di occupazione;
- Riduzione dei costi della mobilità (connessi alla necessità di usare il veicolo privato).

4.2.2 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo

La variante dell'PTCP della Provincia di Bergamo adottata con Delibera di Consiglio Provinciale n. 9 nella seduta dell'11 maggio 2020, è il primo strumento provinciale che apre la nuova stagione della pianificazione recependo le indicazioni della pianificazione di scala regionale in materia di riduzione del consumo di suolo in attuazione della LR. 31/2014.

La scelta portante della revisione del PTCP (2020), nel riconoscere la complessità e la mutevolezza dei processi di trasformazione del territorio, si costruisce su un "palinsesto progettuale" di "supporto" all'arena decisionale. Il piano, che definisce il ruolo della Provincia entro tale arena, concorre insieme agli altri attori sociali (istituzionali e non), alla *governance* dei fatti territoriali rilevanti, per dimensione, per effetti d'entità sovracomunale indotti, per capacità di innescare processi generativi.

In questo senso il piano definisce "campi territoriali" partizioni spaziali del territorio provinciale in continuità con l'articolazione declinata nel PTR, al fine di riconoscerne le plurali identità e i rapporti di sinergia e complementarietà.

Un ulteriore livello di sviluppo sotto il profilo metodologico, è contenuto nella definizione dei "contesti locali", intesi come aggregazioni territoriali intercomunali connotate da caratteri paesistico-ambientali, infrastrutturali e insediativi al loro interno significativamente ricorrenti, omologhi e/o complementari.

Il disegno di territorio che propone il PTCP è accompagnato da indirizzi e criteri per i "luoghi sensibili" di cui si compone il territorio provinciale, e il cui trattamento progettuale da parte della pianificazione comunale, anche in forma aggregata e con il concorso della Provincia, concorre ad una progressiva qualificazione urbanistico-territoriale e infrastrutturale del territorio provinciale. Criteri e indirizzi per i luoghi sensibili (mappati nella tavola "luoghi sensibili") sono definiti entro il documento "regole di piano" e costituiscono riferimento per la valutazione di compatibilità della progettualità urbanistica e territoriale rispetto i contenuti di PTCP.

Più in generale il piano provinciale si sviluppa sui seguenti obiettivi:

- **Obiettivi per il sistema paesistico-ambientale**

- Tutela e potenziamento della rete ecologica (deframmentazione, implementazione delle connessioni, ricucitura ecologica lungo i filamenti urbanizzativi, tutela dei varchi, ecc.) e dell'ecomosaico rurale (siepi, filari, reticolo irriguo minore, ecc.);
- Riqualificazione/valorizzazione delle fasce fluviali e delle fasce spondali del reticolo idrico, anche in relazione al loro ruolo multifunzionale;

- Tutela, valorizzazione e recupero dei fontanili;
- Tutela della geomorfologia del territorio;
- Tutela dei paesaggi minimi (da definirsi attraverso approfondimenti alla scala opportuna);
- Incremento del livello di tutela degli ambiti di maggior pregio ambientale nei territori di pianura (es. mediante l'istituzione di nuovi PLIS o l'ampliamento di parchi preesistenti);
- Tutela e recupero in ambito montano, degli spazi aperti sia dei versanti (prati, pascoli) compromessi dall'abbandono delle pratiche gestionali e dalla conseguente avanzata del bosco, che di fondovalle assediati dall'espansione dell'urbanizzato;
- Tutela, valorizzazione, potenziamento e creazione di servizi ecosistemici anche mediante gli strumenti della compensazione ambientale, della perequazione territoriale, di sistemi di premialità e di incentivazione;
- Definizione di criteri di progettazione ecosostenibile da adottare per la realizzazione di eventuali infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie) così che non venga ulteriormente compromessa la funzionalità ecologica del territorio (es. idonee scelte localizzative, realizzazione di passaggi faunistici ecc.);
- Progettualità degli itinerari paesaggistici e della loro integrazione con la rete ecologica;
- Verifica della congruenza a quanto stabiliscono le nuove disposizioni previste dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dal Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) circa le aree inondabili e verifica delle scelte insediative considerando la pericolosità idrogeologica;
- Mappatura delle imprese a rischio di incidente rilevante e scelte insediative e infrastrutturali conseguenti.

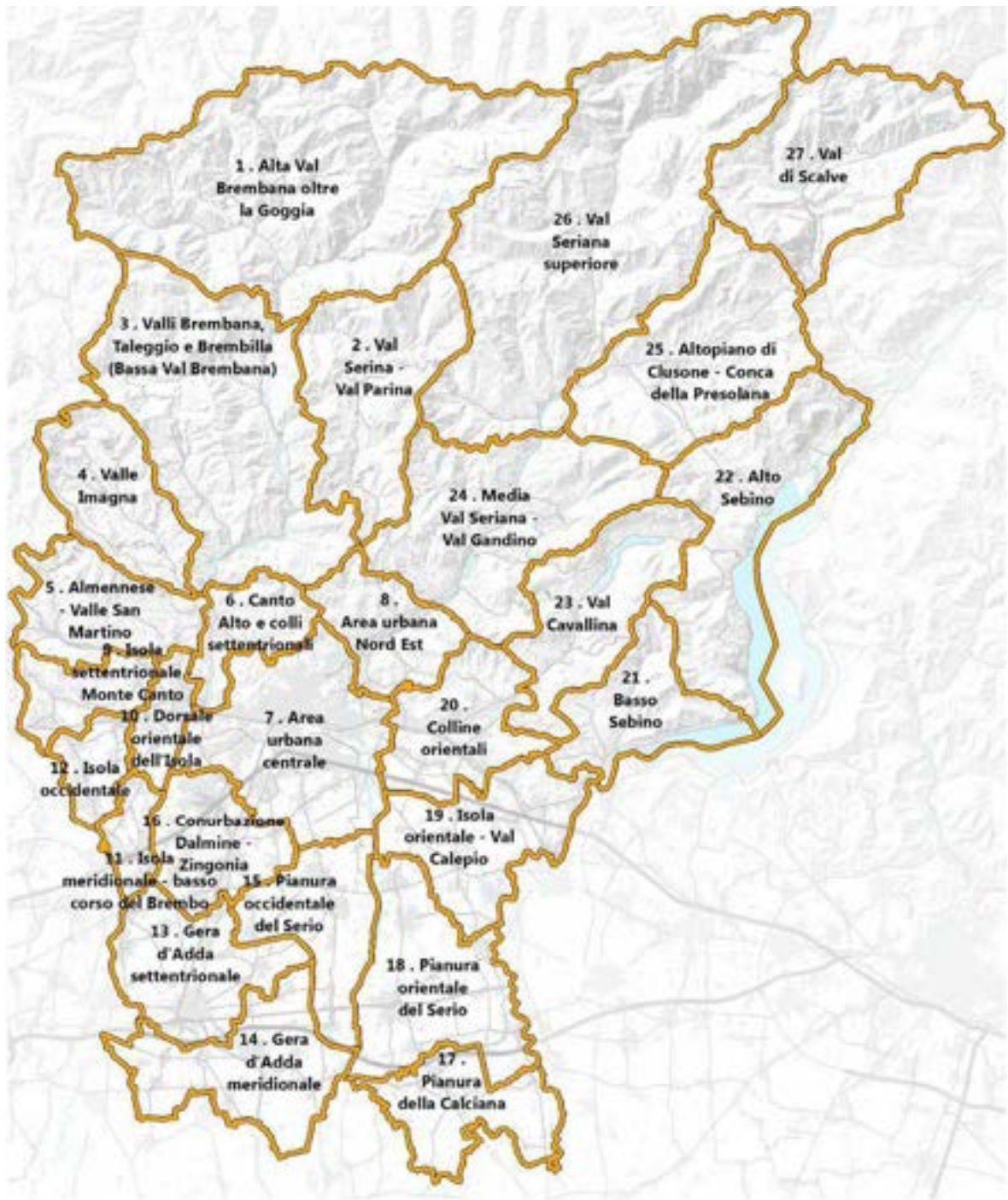
Di questi obiettivi generali quelli maggiormente sensibili per il presente studio sono i primi due in quanto la proposta progettuale impatta sul tema delle acque superficiali, ma anche su quello delle reti ecologiche.

• **Obiettivi per il sistema urbano e infrastrutturale**

- Salvaguardia delle tracce storiche presenti sul territorio (centuriazioni, viabilità di matrice storica, centri storici, nuclei isolati, sistema degli insediamenti rurali storici, luoghi della fede, ville, castelli, manufatti idraulici, ecc.);
- Salvaguardia delle visuali sensibili lungo la viabilità principale e secondaria;
- Riconoscimento della tradizione costruttiva locale (materiali, tecniche, rapporti con il contesto, spazi di pertinenza, ecc.);

- Mitigazione degli elementi detrattori (aree produttive, margini stradali, viabilità di raccordo tra nuclei urbani e grandi infrastrutture, assi ferroviari, ecc.);
- Orientamento delle previsioni di trasformazione alla rigenerazione territoriale e urbana;
- Rafforzamento delle localizzazioni limitrofe al sistema locale dei servizi, alle reti di mobilità (preferibilmente di trasporto pubblico) e ai nodi di interscambio;
- Adozione di performanti misure di invarianza idraulica nelle trasformazioni insediative e infrastrutturali;
- Incremento della dotazione di elementi di valore ecosistemico-ecologico anche in ambito urbano, attraverso un'attenta progettazione degli spazi verdi (sia pubblici che privati), la creazione di tetti verdi, di verde pensile, di paesaggi minimi ecc. in grado di generare/potenziare l'offerta di servizi ecosistemici dell'ecosistema urbano, tra cui i servizi di regolazione (es. regolazione del clima locale, purificazione dell'aria, habitat per la biodiversità);
- Realizzazione progressiva della rete portante della mobilità ciclabile.

Analizzando gli obiettivi per il sistema urbano e infrastrutturale, è possibile affermare che il tema delle grandi infrastrutture della viabilità è compreso nel obiettivo di mitigazione degli elementi detrattori (aree produttive, margini stradali, viabilità di raccordo tra nuclei urbani e grandi infrastrutture, assi ferroviari, ecc.).



Per meglio comprendere quali siano i contesti locali interessati direttamente dal progettuale della Tratta D del sistema autostradale della pedemontana si è proceduto ad elaborare una tavola che sovrapponesse ai contesti locali il tracciato.



Da questa prima elaborazione cartografica si possono meglio comprendere che i contesti locali intercettati dalla Tratta autostradale sono quattro, nello specifico:

- CL 10 Dorsale orientale dell'Isola.
Comuni: Bonate Sopra, Bonate Sotto, Brembate di Sopra, Ponte San Pietro, Presezzo.
- CL 11 Isola meridionale – basso corso del Brembo.
Comuni: Brembate, Capriate San Gervasio, Filago, Madone.
- CL 12 Isola occidentale.
Comuni: Bottanuco, Chignolo d'Isola, Suisio, Terno d'Isola, Medolago, Solza
- CL 16 Conurbazione Dalmine – Zingonia.

Comuni: Boltiere, Ciserano, Comun Nuovo, Dalmine, Levate, Osio Sopra, Osio Sotto, Verdellino, Verdello.

4.2.2.1 Analisi CL 10 Dorsale orientale dell'Isola



Il contesto locale interessa il settore in destra idrografica del fiume Brembo, compreso tra Brembate di Sopra e Bonate Sotto. Si tratta di un ambito territoriale fortemente urbanizzato; tuttavia entro i sistemi urbanizzativi sono presenti “stanze” rurali, invero piuttosto frammentate, dove predomina la cerealicoltura e qualche appezzamento boschivo, presente soprattutto in vicinanza del fiume Brembo e/o entro la sua valle planiziale.

Rilevante nel contesto locale è proprio la presenza del fiume Brembo che definisce un'unità paesaggistica a sé stante, ben riconoscibile a livello locale per via dei terrazzi morfologici che delimitano in modo evidente la valle fluviale e rilevante anche sotto il profilo ecologico (presenza di: fasce boscate di differente tipologia e composizione; ghiareti, magredi, praterie, ecc.). Rilevante anche la presenza dei torrenti Lesina e Dordo che “segnano” il paesaggio con cortine arboree ripariali e minime depressioni ad individuare i rispettivi alvei. L'intera area urbana presente nel contesto locale gravita su Ponte San Pietro, epicentro che rappresenta, dopo la città di Bergamo, il centro principale per importanza delle funzioni amministrative e sociali ivi insediate in questa geografia provinciale.

Dal punto di vista delle risorse fisico-ambientali, il contesto presenta condizioni piuttosto critiche con un valore naturalistico ed ecologico residuale legato al solo fiume Brembo. Sul contesto insiste infatti solo l'esile area prioritaria 8 - Fiume Brembo (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376) e sempre il fiume rappresenta anche un corridoio primario della RER, corridoio ad alta antropizzazione. Non sono presenti ZSC, ZPS, parchi o riserve regionali e i parchi locali di interesse sovracomunale sono limitati al solo Parco del basso corso del Fiume Brembo che interessa solo Bonate Sotto.

Il territorio in esame fa parte dell'alta pianura asciutta pedecollinare e risulta essere fortemente urbanizzato, al punto che i vari nuclei abitati risultano in gran parte già saldati tra loro e con i comuni vicini presenti nei contesti confinanti. Un piccolo freno alla conurbazione è rappresentato dalla SP EX SS671 che ha mantenuto separati Bonate Sopra e Presezzo. La presenza di infrastrutture è molto consistente, oltre alla già citata SP EX SS671 va ricordata la SP EX SS342 e le linee ferroviarie; l'insieme di urbanizzato e viabilità fanno sì che la connettività ecologica sia veramente ridotta, limitata ai soli corsi d'acqua. In questo contesto il Brembo risulta ovviamente ben strutturato, ma con un evidente punto di discontinuità rappresentato dall'abitato storico di Ponte San Pietro, costruito a picco sul fiume con gli edifici che poggiano direttamente in acqua anche a causa della vicina diga che mantiene elevato il livello del fiume; si tratta di una strozzatura che mina la funzionalità naturalistica di questo corridoio. A monte e a valle di questo nodo il Brembo presenta invece una valle fluviale di notevole interesse, le scarpate dei terrazzi fluviali sono per lunghi tratti ricoperte da fitti boschi termofili, le forre sono ricche di boschi e vegetazione mesofila, mentre a ridosso del corso d'acqua predominano le formazioni meso-igrofile. Lungo le pareti rocciose in ceppo del Brembo è presente anche una ricca flora rupicola di origine montana, tipica quindi di quote ben superiori, inoltre in questi ambienti è insediato un cospicuo contingente di pteridofite, presenze floristiche sempre più rare nei contesti di pianura.

Il valore ecologico del fiume è però rappresentato anche da ambienti asciutti, i prati aridi e le aree a ghiaione con vegetazione xerica e relativa fauna specializzata. Una nota particolare la merita l'Isolotto di Ponte San Pietro, lingua di terra posta tra il Brembo e la Quisa, delicato contesto floristico dove sono presenti numerose specie rare e di interesse. La trama ecologica viene completata dai tre torrenti che attraversano da nord a sud il contesto, il Dordo, la Lesina e la Quisa, che ovviamente svolgono un ruolo connettivo secondario rispetto al fiume, viste le dimensioni contenute e la scarsa qualità floristica delle cortine verdi fortemente condizionate dalla presenza di specie esotiche e infestanti. Non va neppure dimenticato che all'interno delle aree urbane il letto di questi torrenti è spesso

completamente privo di vegetazione e ridotto a un mero manufatto artificiale, si veda ad esempio la Lesina in via 4 novembre a Brembate di Sopra.

Eppure proprio l'esistenza della Lesina determina uno dei tre varchi esistenti sulla trafficatissima SP EX SS671, che nel contesto in esame scorre a tratti in trincea e per tre tratti in tunnel (San Roberto 1.080 m, Lesina 136 m, Giovanni XXIII 371 m); uno di questi tunnel è stato realizzato proprio per sottopassare il torrente. Il varco più importante è rappresentato dal lungo tunnel San Roberto posizionato in una delle poche aree agricole che possono essere considerate di supporto al corridoio fluviale; si tratta dell'area posta sul livello fondamentale della pianura tra Bonate Sopra e le Ghiaie, contesto dove si riscontra un fitto reticolo di siepi e filari che tendono ad allargarsi in macchie boschive in continuità con la fascia boscata della scarpata fluviale e quindi con la vicina zona di Molini di Sotto e di Santa Giulia, unico lembo di questo contesto dove i boschi diventano preponderanti, anche grazie alla vallecola della Lesina ormai prossima a confluire nel Brembo.

Una seconda area agricola di valore ecologico, per lo meno potenziale, è rappresentata dal contesto rurale posto a nord ovest di Brembate di Sopra, area nettamente più povera di siepi e filari, ma comunque di notevole ampiezza e un tempo capace di connettere le fasce boschive della vicina Barzana con le aree agricole di Ponte San Pietro.

Sempre lungo la Lesina è stata di recente realizzata dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca una vasca di laminazione sita a Ponte San Pietro. Fatte salve le ovvie esigenze idrauliche questa vasca, se gestita in modo ecologicamente sostenibile e avveduto, potrebbe costituire un elemento di riqualificazione ambientale e diventare un nodo della rete ecologica locale o per lo meno una stepping stone.

In merito alle Aree prioritarie per la biodiversità e alla Rete Ecologica Regionale (RER), gli elementi individuati nel contesto (e la loro entità in termini di superficie percentuale rispetto alla superficie territoriale del contesto) sono in sintesi:

- Area prioritaria per la biodiversità 8 - Fiume Brembo (14,75%);
- Corridoio primario ad alta antropizzazione del fiume Brembo (24,13%)
- Elementi di I livello (14,75%);
- Elementi di II livello (9,33%);
- Varchi:
 - Varco da tenere a Brembate di Sopra a cavallo della SP174, tra il torrente Borgogna
 - e la Lesina;

- Varco da deframmentare a Ponte San Pietro in corrispondenza della SP EX SS342 e
- della SP EX SS671AI;
- Varco da tenere tra Ponte San Pietro, Presezzo e Mapello.

Le principali criticità del sistema insediativo e infrastrutturale sono:

- Conurbazioni residenziali-produttive presenti lungo le principali arterie
- Elevata frammentazione del residuo tessuto rurale
- Elevata frammentazione ecologica a causa dello sprawl insediativo
- Rilevanti fenomeni di congestione sul sistema viario locale

Le principali criticità dal punto di vista paesistico-ambientale:

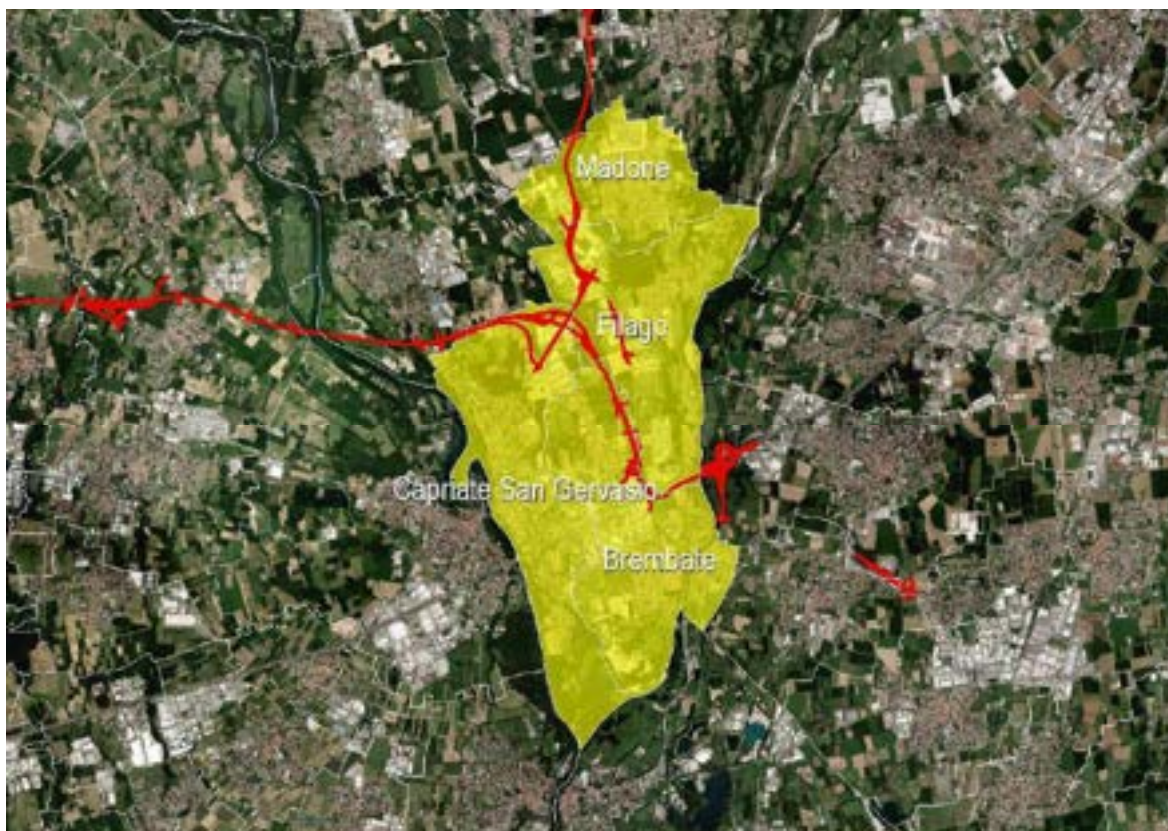
- Manomissione dei terrazzi morfologici e delle morfologie dei contesti fluviali
- Degrado e parziale soppressione del reticolo idrografico superficiale
- Indebolimento dell'ecomosaico (in tutto il contesto locale)
- Frammentazione della continuità delle connessioni ecologiche tra le aree prospicienti il fiume Brembo e il pianalto, in corrispondenza della viabilità provinciale e delle aree urbanizzate
- Degrado del valore naturalistico ed ecologico delle aree boscate, sia in corrispondenza del fiume Brembo che dei corsi d'acqua minori

Sulla base di queste criticità, gli obiettivi prioritari del piano per questo contesto locale sono:

- Integrazione del sistema di trasporto collettivo con i recapiti delle linee di forza su ferro esistenti e in progetto (Ponte S. Pietro e linea T2) individuando, attraverso un percorso concertativo tra gli Enti co-interessati, la fattibilità (anche in termini di alternative) di un corridoio dedicato a percorsi di qualità del trasporto collettivo in sede protetta, propedeutico agli approfondimenti progettuali del caso
- Potenziamento delle connessioni ecologiche tra il fiume Brembo e il pianalto
- Mantenimento e/o deframmentazione dei residui varchi ecologici esistenti tra le diverse frange dell'urbanizzazione

- Rafforzamento della continuità ecologica lungo i corridoi dei torrenti Lesina e Dordo, ove indebolito dalla carenza di una cortina vegetale e/o dal degrado della stessa
- Rafforzamento della trama della centuriazione romana ancora visibile, soprattutto a ovest di Bonate Sopra
- Potenziamento dell'ecomosaico del sistema agroambientale di connessione tra Bonate Sopra e Terno d'Isola
- Riqualificazione delle fasce spondali del torrente Quisa presente lungo il confine orientale del contesto, corso d'acqua prezioso per la connessione tra l'area dei Colli di Bergamo e il Brembo
- Ricostituzione dell'originario equipaggiamento vegetazionale lungo le sponde del Brembo
- Ampliamento del PLIS del basso corso del Fiume Brembo verso monte
- Valorizzazione e potenziamento dei servizi ecosistemici legati all'ambito fluviale e potenziamento e creazione di servizi ecosistemici nei territori agricoli

4.2.2.2 Analisi CL 11 Isola meridionale – basso corso del Brembo



È un contesto, così come riportato dalla relazione di piano, distinto in tre ambiti paesaggistici:

- La valle planiziale del fiume Brembo, bene identificabile dalle scarpate morfologiche che ne definiscono l'ambito di pertinenza. Il Brembo scorre all'interno di un alveo ciottoloso, variabile in ampiezza a seconda delle caratteristiche del substrato attraversato. Nel settore qui in esame, se si esclude la porzione territoriale immediatamente a nord di Filago, il fiume scorre incassato fra alte pareti di ceppo, all'interno di una forra in cui le estese superfici boscate riscontrate più a nord tendono a rarefarsi, sino a ridursi ad interessare la sola scarpata fluviale e ad annullarsi all'altezza di Brembate, centro sviluppatosi a ridosso del fiume.
- La valle planiziale del fiume Adda nel comune di Capriate San Gervasio, piuttosto incassata sino all'abitato di Crespi, e assai meno pronunciata dal villaggio operaio sino alla confluenza del Brembo. La valle dell'Adda è rilevante sotto il profilo paesaggistico sia per gli aspetti panoramici (affaccio degli abitati di Capriate, San Gervasio, Crespi, Trezzo in sponda milanese) sia per quelli ecosistemici, essendo caratterizzata da ambienti boscati piuttosto estesi.
- Il livello fondamentale della pianura, ovvero l'ambito pianeggiante compreso tra le due valli fluviali sopra citate, interessato da una consistente urbanizzazione anche di tipo produttivo, particolarmente accentuata lungo l'asse dell'autostrada A4, ma diffusa anche nel quadrante più settentrionale, lungo la SP155 e la SP183.

Dal punto di vista delle risorse fisico-ambientali, così come riportato nella scheda di progetto, nel contesto in esame sono presenti tre aree prioritarie per la biodiversità, ovvero l'area prioritaria 6 - Fiume Adda e l'area prioritaria 8 - Fiume Brembo (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376), che presentano un significativo sviluppo all'interno del contesto in esame, e l'area 27 - Fascia centrale dei fontanili (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376), la quale interessa in maniera contenuta la parte meridionale del territorio di Brembate e di Capriate, luogo in cui le tre aree vengono però a contatto tra loro riuscendo così a fare sistema.

Nel contesto in esame è presente il Parco Regionale Adda Nord e il PLIS Basso corso del Fiume Brembo, che interessa il territorio di Filago e di Madone, dove si congiunge con il PLIS del Monte Canto e del Bedesco nel contesto confinante.

Per quanto riguarda infine la RER, l'area vede la presenza del corridoio ad alta antropizzazione del fiume Adda, del corridoio ad alta antropizzazione del fiume Brembo, di

un elemento di 1 livello presente lungo le sponde di entrambi i fiumi, mentre le aree pianeggianti dell'isola ospitano un elemento di II livello.

Il territorio presenta dal punto di vista ambientale i caratteri tipici dell'alta pianura asciutta. Un'intensa urbanizzazione ha aggredito il contesto, con significativi fenomeni di conurbazione: Filago e Madone si sono saldati tra loro e con la vicina Bonate Sotto, mentre Capriate San Gervasio, Brembate e Grignano costituiscono un unico nucleo attraversato dall'autostrada A4.

Il fenomeno di urbanizzazione più significativo è però rappresentato dal nutrito gruppo di nuclei produttivi sparsi nelle aree agricole, posti lungo la SP155 e lungo la direttrice via delle Industrie, via Rodi, via Carso, in molti casi a ridosso dei torrenti Dordo e Zender.

L'infrastrutturazione viaria risulta significativa, con la presenza di un tratto di A4 e della viabilità di connessione alla stessa che converge sul casello di Capriate.

Per quanto riguarda gli ambienti vegetali la copertura limosa dei suoli dell'isola ha per lungo tempo limitato il loro utilizzo agricolo. Questa condizione pedologica combinata ad una morfologia mossa, fatta di antichi terrazzi, scarpate e profonde forre, (spettacolare quella del Dordo ai piedi del castello di Marne), hanno fatto sì che i contesti dell'isola rappresentino, nell'ambito dell'alta pianura bergamasca, quelli più variegati, ricchi di siepi, filari, macchie boschive e veri e propri boschi. Particolarmente consistenti sono i boschi attraversati dalla roggia Mashada a Madone e Filago, così come è ampia la fascia boschiva della scarpata della roggia Vallone. Variabile invece la dotazione verde del Dordo, a tratti intensa, specialmente nel tratto terminale, a tratti rada se non nulla, soprattutto nei segmenti adiacenti alle aree produttive. Questo corso d'acqua è di particolare interesse anche perché mantiene a tratti un andamento naturaliforme creando, oltre alla già citata forra, anche alcune ampie anse nella pianura.

Ovviamente le migliori dotazioni vegetali si riscontrano lungo le sponde dell'Adda e del Brembo, dove si conserva un manto arboreo che presenta differenti tipologie vegetali. L'affioramento di banchi di ceppo e le ripide pareti verticali formano un contesto naturalistico di grande valore floristico, grazie alla ricca flora rupicola di origine montana e al buon contingente di pteridofite, ma vanno anche considerati i boschi mesofili sulle sponde e le formazioni igrofile sulle rive.

Il Brembo inoltre è anche caratterizzato da ambienti aridi, con prati e ghiaioni dove si riscontra una particolare vegetazione di tipo xerico.

Dal punto di vista faunistico il contesto è caratterizzato da un urbanizzato diffuso e in fase di conurbazione, con importanti e ramificate vie di comunicazione, in primis l'Autostrada A4,

che risultano di fatto invalicabili, pertanto spetta alle aree fluviali dell'Adda e del Brembo la funzione di corridoio ecologico, mentre i torrenti svolgono una limitata funzione in tal senso. Va però tenuto presente che le stesse aree fluviali sono a tratti veramente esigue a causa dell'abitato storico di Capriate, di Brembate, di Crespi, che giungono a ridosso del corso d'acqua, quando non addirittura costruiti a picco sul fiume, costituendo delle evidenti strozzature. Parimenti costituiscono un disturbo significativo la cave alla foce del Brembo. Ciononostante, le rive e le scarpate boschive lungo l'Adda e lungo il Brembo presentano un'erpetofauna e un'avifauna di un certo rilievo; in particolare l'Adda che, oltre ad ospitare numerose specie stanziali, costituisce una rotta preferenziale per l'avifauna migratoria. Inoltre lungo il Brembo la presenza di ghiaioni e prati aridi permette la presenza di una fauna specializzata.

In merito alle Aree prioritarie per la biodiversità e alla Rete Ecologica Regionale (RER), gli elementi individuati nel contesto (e la loro entità in termini di superficie percentuale rispetto alla superficie territoriale del contesto) sono in sintesi:

- Aree prioritarie per la biodiversità 6 – Fiume Adda (4,76%), 8 – Fiume Brembo (6,87%) e 27 – Fascia centrale dei fontanili (6,70%), in parte sovrapposte fra loro;
- Corridoi primari ad alta antropizzazione dei fiumi Adda e Brembo (34,43%);
- Elementi di I livello (15,11%);
- Elementi di II livello (24,95%);
- Varchi:
 - Varco da tenere tra le aree industriali di Madone e Filago;
 - Varco da deframmentare in corrispondenza della SP155 ad est del torrente Dordo, tra l'edificato di Filago e le aree industriali di Madone;
 - Varco da tenere tra aree edificate in territorio di Filago, a cavallo della SP183, congiungente aree del PLIS Parco del basso corso del Fiume Brembo.

Le principali criticità del sistema insediativo e infrastrutturale sono:

- Conurbazioni residenziali-produttive presenti lungo le principali arterie
- Elevata frammentazione del residuo tessuto rurale
- Elevata frammentazione ecologica a causa dello sprawl insediativo
- Rilevanti fenomeni di congestione sul sistema viario locale

- Elevata concentrazione di attrattori di traffico in corrispondenza dello snodo autostradale di Capriate S. Gervasio
- Elevata congestione da traffico lungo le SP170, SP184 e SP141

Le principali criticità dal punto di vista paesistico-ambientale:

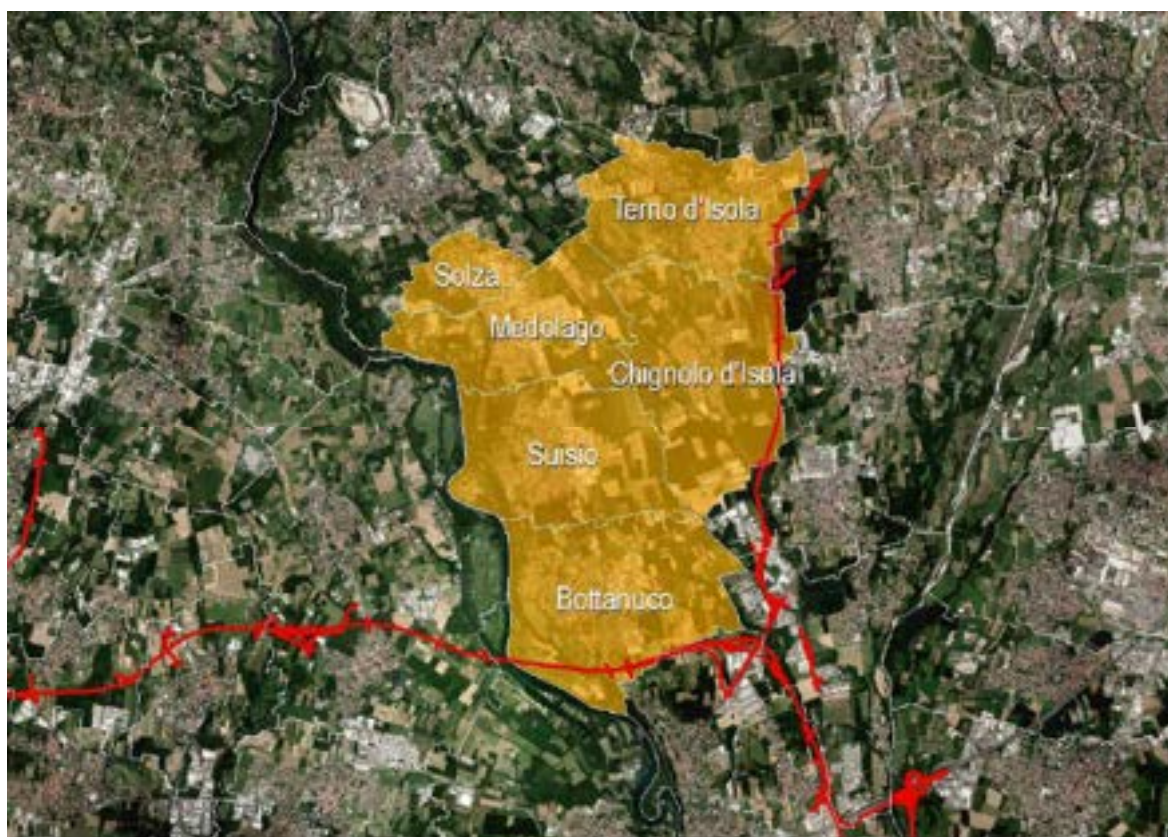
- Manomissione dei terrazzi morfologici e delle morfologie dei contesti fluviali, specialmente nel settore meridionale del contesto locale (Brembate, Capriate S. Gervasio)
- Degrado e parziale soppressione del reticolo idrografico superficiale
- Indebolimento dell'ecomosaico (in tutto il contesto locale, eccezion fatta per il settore più meridionale all'interno del Parco Adda Nord)
- Frammentazione della continuità delle connessioni ecologiche tra le aree prospicienti i fiumi Adda, Brembo e il pianalto, in corrispondenza della viabilità provinciale e delle aree urbanizzate
- Degrado del valore naturalistico ed ecologico delle aree boscate, sia in corrispondenza dei fiumi Adda e Brembo che dei corsi d'acqua minori presenza di ambiti estrattivi in territorio di Brembate.

Sulla base di queste criticità, gli obiettivi prioritari del piano per questo contesto locale sono:

- Potenziamento delle connessioni ecologiche tra i fiumi Adda, Brembo e il pianalto;
- Mantenimento e/o deframmentazione dei residui varchi ecologici esistenti tra le diverse frange dell'urbanizzazione anche attraverso la creazione di spazi verdi attrezzati;
- Rafforzamento della continuità ecologica lungo i corridoi del torrente Lesina e Dordo, ove indebolito dalla carenza di una cortina vegetale e/o dal degrado della stessa;
- Rafforzamento delle connessioni ecologiche secondarie trasversali lungo i principali fossi, sino a collegare l'abitato di S. Gervasio d'Adda con le scarpate occidentali del pianalto del Bedesco;
- Potenziamento dell'equipaggiamento vegetazionale lungo il Fiume Brembo nei tratti compresi tra Marne e Brembate e tra quest'ultima località e la foce;

- Potenziamento dell'ecomosaico del sistema agroambientale di connessione nel quadrante a nord dell'autostrada A4;
- Qualificazione dello snodo infrastrutturale e funzionale attorno al casello di Capriate S. Gervasio (presenza di Leolandia, riattivazione fabbrica di Crespi, presenza di Iper e altre funzioni di prossimo insediamento);
- Corretto inserimento ambientale della futura Autostrada Pedemontana, adeguate opere di compensazione con interventi sul paesaggio e sull'equipaggiamento vegetazionale;
- Valorizzazione del sito UNESCO di Crespi;
- Potenziamento della rete ciclabile al fine di connettere il contesto del Parco Adda Nord con quello del Brembo;
- Rinaturalizzazione delle cave al termine dell'attività di escavazione;
- Rafforzamento delle connessioni vegetali lungo le scarpate che definiscono la zona del Bedesco, con particolare attenzione a quelle presenti attorno all'abitato di Grignano;
- Tutela, valorizzazione e potenziamento dei servizi ecosistemici legati agli ambiti fluviali e potenziamento e creazione di servizi ecosistemici nei territori agricoli del contesto.

4.2.2.3 Analisi CL 12 Isola occidentale



Questo contesto locale è articolato in tre distinti ambiti paesaggistici:

- La valle planiziale dell'Adda, tra Solza e Bottanuco, costituita da un solco piuttosto evidente, a tratti ampio, dove una successione di scarpate morfologiche conduce all'attuale alveo attivo. Si tratta di un contesto prevalentemente boscato dove, tuttavia, non sono assenti alcune particelle agricole, specialmente lungo i terrazzi più lontano dal fiume. L'ambito è stato fortemente interessato da attività estrattiva.
- L'area del Bedesco, pianalto rialzato di una decina di metri rispetto al livello fondamentale della pianura, caratterizzato da terreni asciutti argillosi poco idonei alle coltivazioni, tradizionalmente ricchi di boschi e brughiere. Una parte di tali terreni è tuttavia stata messa a coltura nei decenni scorsi, rendendo il mosaico paesaggistico del Bedesco assai più articolato che in origine.
- L'area pianeggiante di connessione tra la zona del Bedesco e la valle fluviale dell'Adda. Si tratta di un ambito che ha registrato negli ultimi anni una consistente semplificazione dei propri caratteri paesaggistici (accorpamento delle piccole

particelle originarie in appezzamenti anche di grandi dimensioni; presenza di insediamenti produttivi e artigianali, scomparsa dell'ecomosaico minuto, ecc.).

Rilevante, nella lettura del paesaggio, l'allineamento dei centri 'abduani' rispetto a quelli ubicati nella porzione centrale dell'Isola Bergamasca, allineamenti che seguono geometrie dettate dalla centuriazione romana.

Gli elementi detrattori principali sono gli ambiti estrattivi presenti nella valle planiziale del fiume Adda che hanno determinato un'alterazione significativa delle originarie morfologie e del manto vegetale.

Dal punto di vista ambientale, così come evidenziato in precedenza, l'elemento preponderante è sicuramente rappresentato dal fiume Adda, che rappresenta l'unica area prioritaria per la biodiversità presente nel contesto: l'area prioritaria 6 - Fiume Adda (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376) del Parco Adda Nord e del corridoio ad alta antropizzazione del fiume Adda della RER.

Sempre nel contesto è presente il PLIS del Monte Canto e del Bedesco, che interessa in modo significativo il territorio di Terno d'Isola e di Chignolo, dove si congiunge al PLIS Parco del basso corso del Fiume Brembo nel contesto confinante. Per quanto riguarda infine la RER, l'area vede la presenza di un elemento di 1 livello lungo il corso del fiume, mentre le aree pianeggianti dell'isola ospitano un elemento di II livello.

La rete viaria è abbastanza semplice e incentrata sulla SP170 "Rivierasca", che collega Bottanuco, Suisio, Medolago e Solza e da cui si diramano poi le trasversali che portano a Terno, Chignolo e Madone. Anche in questo contesto, lo sviluppo urbanistico è stato molto intenso, anche se caratterizzato da un certo ordine per lo meno nei quattro comuni della Riviera d'Adda, dove si nota chiaramente come la SP170 separi il tessuto residenziale posto ad ovest, dal tessuto produttivo posto ad est della strada. Decisamente più caotico e disordinato il caso di Terno con tentacoli d'urbanizzato che si snodano nella pianura e si spingono verso i comuni circostanti. Si segnalano anche i fenomeni di conurbazione in atto, visto che Solza e Medolago si sono già saldati e i residui varchi sono molto esigui (meno di 100 metri tra Bottanuco e Capriate); fa eccezione il solo varco tra Suisio e Bottanuco (600 m circa, per quanto incisi da un comparto di logistica). La saldatura dei centri abitati rivieraschi dovrebbe essere assolutamente scongiurata, perché un tale scenario comporterebbe la totale separazione tra il fiume Adda e le vicine aree di pianura. Come già detto l'Adda è il principale elemento di pregio naturalistico del contesto e svolge una funzione di corridoio ecologico di primaria importanza, dato il suo sviluppo lineare. Al di là della continuità, dal punto di vista della consistenza si deve segnalare che una notevole

fonte di disturbo e di degrado ambientale è data dalla presenza di ampie cave localizzate a ridosso del fiume; in genere le cave si trovano al piede della scarpata fluviale nelle grandi anse del fiume, ovvero in ambiti particolarmente delicati che soprattutto limitano le capacità connettive del fiume.

Per quanto riguarda le aree pianeggianti e il Bedesco la copertura limosa dei suoli dell'isola ha per lungo tempo limitato il loro utilizzo agricolo. Questa condizione pedologica combinata con una morfologia mossa, fatti di antichi terrazzi, scarpate e profonde forre, ha fatto sì che i contesti dell'isola rappresentino, nell'ambito dell'alta pianura bergamasca, quelli più variegati, ricchi di siepi, filari, macchie boschive e veri e propri boschi. Il territorio in esame è infatti attraversato da numerosi torrenti con direzione nordovest-sudest: di particolare interesse sono il Grandone, il Bulighetto, lo Zender e la Buliga. Si tratta di torrenti che presentano un equipaggiamento vegetale variabile, a tratti intenso, a tratti modesto, a tratti nullo, specialmente nei contesti urbani, dove spesso il corso d'acqua viene del tutto privato della sua cortina arboreo arbustiva naturaliforme e talvolta presenta un letto completamente artificiale. Si deve anche considerare la qualità floristica di queste cortine verdi, spesso composte da specie esotiche e infestanti. Questi torrenti hanno però scavato i depositi fluvio-glaciali e la loro azione ha portato alla formazione di scarpate morfologiche, che, con medesimo andamento, attraversano il territorio più o meno parallelamente ai torrenti. Queste scarpate sono spesso molto ampie, ben più ampie dei relativi torrenti; in alcuni tratti il torrente scorre a ridosso di una scarpata, si avvicina a quella opposta, si porta ad una certa distanza da entrambe e ciò comporta la formazione di una struttura connettiva a tratti molto robusta in quanto formata da 2 o anche 3 fasce boschive poste a breve distanza tra loro. Questo reticolo potrebbe svolgere un ruolo molto importante in quanto sarebbe in grado, almeno potenzialmente, di connettere tra loro il Brembo, il monte Canto e l'Adda. Inoltre la vegetazione delle scarpate è spesso di tipo termofila e ciò arricchisce il contesto, nel quale si rileva anche la presenza di vegetazione mesofila e mesoigrofila lungo il fiume. Infine di particolare interesse sono i lembi di vegetazione relitta, sfuggita alla trasformazione agricola, a questo proposito si pensi ai boschi acidofili siti tra Terno e Chignolo non a caso posti in località Boschi Vecchi.

Dal punto di vista faunistico il contesto è caratterizzato da un urbanizzato diffuso e da un sistema di vie di comunicazione ben strutturato, l'insieme di questi due fattori limitanti la connettività fanno sì che all'interno del contesto le sole aree fluviali dell'Adda presentino un significativo valore naturalistico e svolgano la funzione di corridoio ecologico.

Le rive e le scarpate boschive lungo l'Adda presentano un'erpetofauna e un'avifauna di un certo rilievo, infatti l'Adda, oltre ad ospitare numerose specie stanziali, costituisce una rotta

preferenziale per l'avifauna migratoria. Per contro la presenza di numerose cave, proprio a ridosso delle rive del fiume, costituisce un fattore di disturbo.

Seppur in misura più contenuta anche i torrenti e le scarpate morfologiche, ovvero il Grandone, la Buliga e lo Zender, svolgono una certa azione connettiva, anche se significative interruzioni ed evidenti discontinuità sembrano indicare che allo stato attuale questi ambienti svolgono più una funzione di area rifugio in ambito locale, piuttosto che una vera e propria funzione di connessione ad ampio raggio.

Le principali criticità per quanto attiene il sistema insediativo, così come evidenziato dalla relazione di piano sono:

- Conurbazioni residenziali-produttive presenti lungo la SP170 e la SP160
- Elevata frammentazione ecologica a causa dello sprawl insediativo tra la valle dell'Adda e il pianalto.

Proseguendo nella lettura delle criticità esaminiamo ora quelle riferite all'ambito paesistico/ambientale:

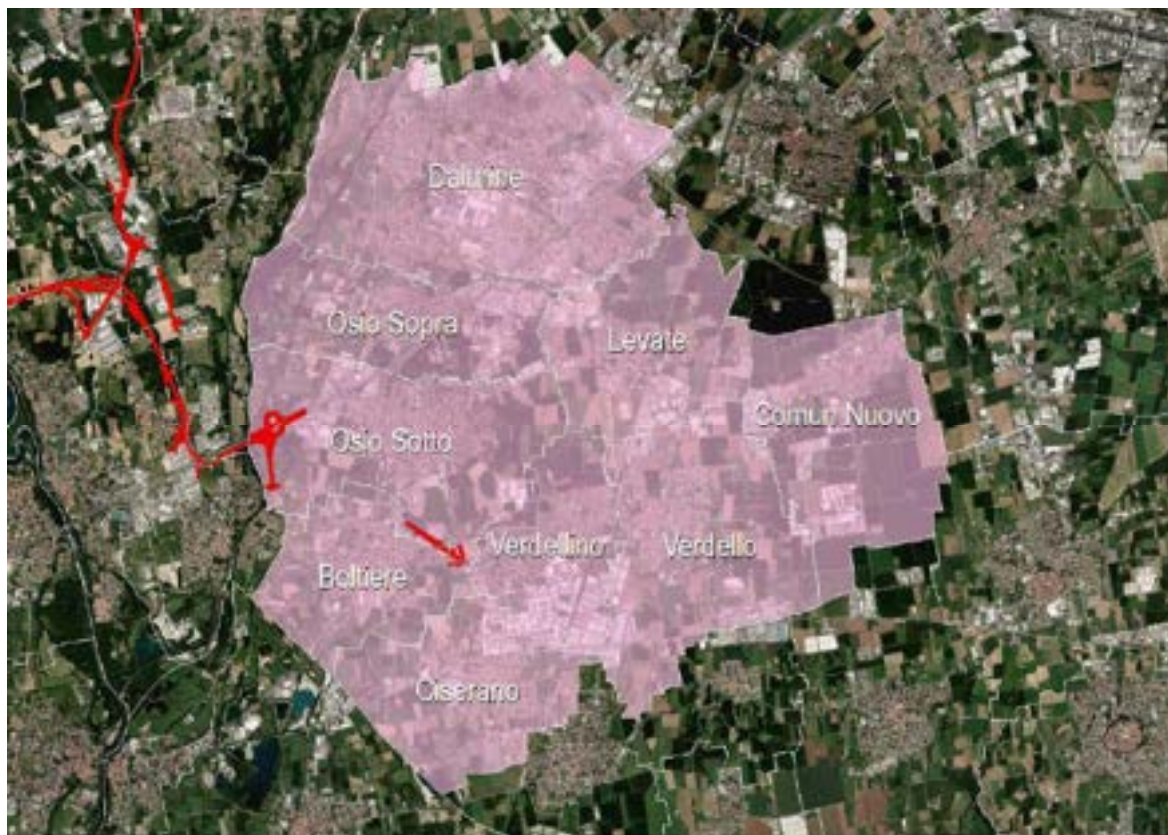
- Degrado del reticolo idrografico superficiale
- Indebolimento dell'ecomosaico (nella parte del contesto locale all'esterno del Parco Adda Nord)
- Frammentazione della continuità delle connessioni ecologiche tra le aree prospicienti il fiume Adda e il pianalto, in corrispondenza della viabilità provinciale e delle aree urbanizzate
- Degrado del valore naturalistico ed ecologico delle aree boscate, sia in corrispondenza del fiume Adda che dei corsi d'acqua minori e nella zona del Bedesco
- Presenza di ambiti estrattivi all'interno della valle fluviale dell'Adda (Solza, Medolago, Suisio, Bottanuco)
- Indebolimento delle tracce della centuriazione romana dovute agli accorpamenti fondiari e alla soppressione dell'equipaggiamento vegetazionale lungo le particelle agricole.

Sulla base di queste criticità, gli obiettivi prioritari del piano per questo contesto locale sono:

- Potenziamento delle connessioni ecologiche tra il fiume Adda e il pianalto;

- Riqualficazione e potenziamento della trama ecologica lungo i torrenti Grandone e Buliga;
- Mantenimento e/o deframmentazione dei residui varchi ecologici esistenti tra le diverse frange dell'urbanizzazione lungo la SP170, anche attraverso la creazione di spazi verdi attrezzati;
- Rafforzamento delle connessioni est-ovest tra Piazza Amata, Suisio, Castelletto, Bottanuco e Cerro con il Rio Zender e il Rio Vallone sfruttando la trama assai articolata dei fossati;
- Riqualficazione degli ambiti estrattivi esistenti attraverso la ricostruzione e la ripiantumazione delle scarpate esterne, oggi arretrate a seguito delle coltivazioni di cava;
- Corretto inserimento ambientale della futura Autostrada Pedemontana, adeguate opere di compensazione con interventi sul paesaggio e sull'equipaggiamento vegetazionale;
- Potenziamento della rete ciclabile al fine di connettere il contesto del Parco Adda Nord con i centri abitati del pianalto;
- Valorizzazione delle rimanenti tracce della centuriazione romana;
- Tutela delle scarpate dell'altopiano del Bedesco evitando nuova urbanizzazione alla loro base;
- Rafforzamento delle connessioni vegetali lungo le scarpate che definiscono la zona del Bedesco, con particolare attenzione a quelle presenti attorno ai centri abitati di Chignolo d'Isola e di Terno d'Isola;
- Tutela, valorizzazione e potenziamento dei servizi ecosistemici legati all'ambito fluviale e potenziamento e creazione di servizi ecosistemici nei territori agricoli del contesto.

4.2.2.4 Analisi CL 16 Conurbazione Dalmine – Zingonia



Il contesto locale rappresenta la porzione più settentrionale del quadrante pianiziale occidentale della provincia di Bergamo, confinando a nord con l'area metropolitana del capo- luogo orobico e risultandone per ampi tratti unita dalla conurbazione sviluppatasi attorno all'autostrada A4 e alla strada che da Bergamo conduce a Osio Sotto.

Dal punto di vista paesaggistico, l'ambito in argomento conserva paesaggi differenziati, soprattutto lungo le fasce fluviali del Brembo, ma non risulta privo di valori paesaggistici e di particolarità significative anche laddove la pianura appare livellata e uniforme.

La valle pianiziale del fiume Brembo, all'altezza dell'abitato di Dalmine, si presenta ampia e ben definita da una scarpata alta circa 20 metri, che per ampi tratti si presenta completamente boscata. All'interno della valle fluviale, intensamente coltivata a seminativi, una serie di siepi ad andamento curvilineo evoca gli antichi limiti dell'alveo fluviale, che progressivamente è venuto arretrandosi lasciando spazio alle bonifiche colturali operate dall'uomo e all'insediamento di alcune cascate. Il tratto prospiciente l'attuale alveo attivo risulta invece interessato da prati magri e da vegetazione arborea e arbustiva spontanea, similmente a quanto riscontrabile anche lungo la sponda opposta.

All'altezza di Osio Sopra la morfologia dei terrazzi fluviali diviene maggiormente articolata con un susseguirsi di livelli altimetrici intervallati da ampie siepi e piccoli boschetti, mentre più a sud la valle fluviale si restringe e le sistemazioni recenti dei fondi agricoli hanno completamente alterato la minuta parcellizzazione antica.

In tale ambito, preziosi risultano essere i corridoi ecologici lungo il rio Morla tra Zanica e Comun Nuovo e lungo il sistema delle rogge Morletta e Morlana che da Guzzanica e Stezzano giungono a Levate, per poi proseguire verso Verdello e riversare le proprie acque nella campagna tra Arcene e Pognano. Non meno significativo infine risulta essere il "quadrilatero" di Comun Nuovo, costituito da un semplice, ma al contempo efficace sistema di ripartizione e irrigazione dei terreni su schema geometrico, unico nel suo genere in tutta la pianura bergamasca.

Il contesto è una delle aree più dinamiche dell'intera provincia e forse quella che più di tutte ha cambiato volto negli ultimi cinquant'anni con uno sviluppo urbanistico rilevante che ha determinato la formazione di estese conurbazioni sia in direzione di Dalmine-Osio Sotto che lungo l'asse che connette Boltiere a Verdellino (area di Zingonia). In questo settore il paesaggio 'urbano' è dato da un continuo susseguirsi di quartieri residenziali e produttivi, inframmezzati da modesti lembi di campagna, molto spesso abbandonata.

In questo contesto permangono di alto valore paesaggistico il sistema delle siepi e delle fasce boscate nella valle planiziale del fiume Brembo e la fascia agricola presente a est della conurbazione Dalmine-Osio Sotto. Rilevante, anche se non adeguatamente valorizzato, il 'quadrilatero' di Comun Nuovo. Ancora leggibile, infine, la trama dell'ordinamento particellare romano, anche se indebolito dalla più recenti sistemazioni agrarie.

Gli elementi detrattori principali sotto il profilo paesaggistico sono rappresentati dalle estese conurbazioni e dalla qualità insediativa non sempre ottimale. La frammistione delle funzioni insediate, unitamente all'elevata pressione infrastrutturale, è all'origine di diffusi fenomeni di degrado paesaggistico.

Dal punto di vista delle risorse fisico-ambientali, il contesto, altamente urbanizzato e infrastrutturato, risulta in generale povero di elementi di elevata naturalità e di valenza ecologica, fatta eccezione per alcuni ambiti di pregio relegati principalmente all'interno dell'ambito fluviale del Brembo.

Passando infatti da ovest ad est, si osserva il passaggio da uno scenario caratterizzato sia da boschi residuali (Bosco dell'Itala, Boschi Blu e Astori) sia da un ricco sistema di siepi, riscontrabili in corrispondenza del terrazzo fluviale del Brembo, ad un paesaggio

prevalentemente agricolo e urbanizzato, povero sia di apparati protettivi che di elementi di connessione ecologica.

Diverse infrastrutture tagliano il territorio incrementandone la frammentazione ecologica, prime fra tutte l'autostrada A4 e le strade provinciali SP EX SS42 e SP122, a cui si aggiunge il tracciato ferroviario Bergamo-Treviglio; tale frammentazione sfavorisce gli spostamenti della fauna terricola.

Gli spazi aperti che persistono tra i centri edificati risultano caratterizzati principalmente da colture agricole intensive. Il quadro ambientale che ne deriva risulta omogeneo e monotono; qui la proliferazione di una flora esotica invadente sta sostituendo le specie e i consorzi vegetali autoctoni, generando un paesaggio progressivamente sempre più degradato e banale.

All'interno di questo contesto si riconoscono comunque alcuni ambiti di particolare significato dal punto di vista ambientale, costituenti i principali serbatoi di biodiversità: la forra del Brembo con il suo equipaggiamento vegetale, le cortine verdi che accompagnano i corsi d'acqua e le aree boscate residuali.

La valenza ambientale della valle del Brembo è sottolineata dalla sua appartenenza ad un'area prioritaria per la biodiversità (8 - Fiume Brembo (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376), nonché ai territori del PLIS Parco del basso corso del Fiume Brembo e ad un corridoio primario delle Rete Ecologica Regionale, importante soprattutto per l'avifauna in migrazione e nidificante.

Il contesto comprende inoltre, a sud, l'estremità settentrionale dell'Area prioritaria per la biodiversità 27 - Fascia centrale dei fontanili (Ddg 3 aprile 2007 n. 3376) in parte tutelata con l'istituzione del PLIS della Gera d'Adda. Tuttavia, l'unico fontanile segnalato per il territorio del contesto risulta situato in una zona industriale di Ciserano, all'esterno dell'area prioritaria.

Un ulteriore PLIS istituito a tutela del territorio, posto nella porzione orientale del contesto, è il PLIS Parco del Rio Morla e delle Rogge.

I boschi della scarpata morfologica del fiume Brembo nella zona di Dalmine e di Osio Sotto e i contigui boschi residuali del Bosco dell'Itala e dei Boschi Blu si avvicinano alla composizione classica del quercio-carpineto planiziale. Di notevole interesse naturalistico è in particolare la vegetazione che colonizza le ripide pareti del solco fluviale, ricca di specie ipsofile, assai rare in ambito planiziale.

Inoltre, il bosco dell'Itala a Osio Sotto, per la sua posizione marginale all'interno del PLIS del Brembo, rappresenta un elemento di particolare valore per la rete ecologica locale, entro

la quale può costituire un ganglio di connessione con le siepi e le cortine interpoderali delle aree agricole adiacenti.

Allontanandosi dalla valle del Brembo, i principali elementi di connessione (corridoi) su cui fondare la rete ecologica locale sono rappresentati dalle rogge Brembilla, Morletta, Coda Morlana e Morla e dal loro relativo corredo vegetazionale, sebbene tali corsi d'acqua siano spesso caratterizzati da una mediocre qualità delle acque, dovuta alla presenza di scarichi civili. In particolare, le rogge Morletta, Coda Morlana e Morla attraversano il territorio in senso longitudinale, mentre la roggia Brembilla, diramandosi in più rami, bagna diverse zone del contesto. In corrispondenza del confine sud-occidentale dell'ambito è inoltre presente il Fosso Bergamasco.

Le principali criticità del sistema insediativo e infrastrutturale sono:

- Elevata urbanizzazione del contesto locale, specialmente lungo la direttrice Dalmine – Boltiere e nell'area di Zingonia
- Sovraccarico viario lungo la SS525 con fenomeni di frequente congestione nell'area compresa tra Lallio – Dalmine e Osio Sotto – Boltiere; condizioni di criticità anche lungo la SP122 (Strada Francesca) nel tratto afferente a Zingonia

Le principali criticità dal punto di vista paesistico-ambientale:

- Ecomosaico povero, omogeneo e banale con mancanza/carenza di apparati protettivi e connettivi
- Insufficiente densità della rete ecologica e delle connessioni est-ovest
- Elevata interferenza dell'autostrada A4 nell'area di Dalmine, Osio Sopra e Osio Sotto con conseguente frammentazione ecologica del territorio
- Tendenza alla saldatura lungo le principali vie di comunicazione stradale, a causa soprattutto dell'espansione delle zone industriali
- Chiusura dei varchi ecologici tra i centri abitati

Sulla base di queste criticità, gli obiettivi prioritari del piano per questo contesto locale sono:

- Riqualficazione dell'area di Zingonia, favorendo l'insediamento di servizi e attività polifunzionali (si vedano, nel DP, gli indirizzi per l'epicentro "Zingonia" e l'APS "Zingonia, un eco-distretto multifunzionale")

- Valorizzazione del polo scientifico-didattico di Dalmine e suo raccordo con Kilometro Rosso (Stezzano) (si veda, nel DP, il relativo APS)
- Potenziamento della rete ecologica con la progettazione di nuovi apparati connettivi e protettivi, prioritariamente di connessione tra la valle fluviale del Brembo e gli spazi aperti della pianura a est
- Previsione di interventi di deframmentazione ecologica e di mantenimento dei varchi esistenti in corrispondenza della viabilità e tra i centri urbanizzati, al fine di incrementare la connettività ecologica sia all'interno sia verso l'esterno del contesto
- Istituzione di nuovi PLIS, in corrispondenza di ambiti di particolare interesse ecologico ambientale (ad es. in corrispondenza di aree agricole residue e del reticolo idrografico)
- Rafforzamento del corridoio primario della Valle del Brembo tra Dalmine e Osio Sotto e creazione di connessioni ecologiche trasversali con i territori ad est
- Ricostruzione del corredo vegetazionale attorno alla roggia Brembilla (riattivandone anche il tratto dismesso in territorio di Dalmine) e rafforzamento della vegetazione spondale delle rogge Morletta, Coda Morlana e Morla e delle connessioni trasversali tra queste (ad esempio in corrispondenza di antichi fossati)
- Rafforzamento dell'equipaggiamento vegetazionale lungo il Fosso Bergamasco, creando inoltre opportune connessioni con le siepi e i piccoli boschetti della pianura di Boltiere
- Ripristino del corridoio vegetazionale lungo l'intero quadrilatero di Comun Nuovo
- Riqualficazione dell'intera asta del torrente Morletta, rafforzando ulteriormente la vegetazione lungo le sponde e creando le opportune connessioni con i contesti urbanizzati di Levate, Verdello, Verdellino
- Tutela, valorizzazione e potenziamento dei servizi ecosistemici legati all'ambito fluviale del Brembo e potenziamento e creazione di servizi ecosistemici nei territori agricoli del contesto

I contesti locali più sopra richiamati segnalano, come elementi di particolare criticità sotto il profilo paesistico ambientale, il degrado del valore naturalistico ed ecologico delle aree

boscate, sia in corrispondenza del fiume Adda che dei corsi d'acqua minori, ma anche la criticità più diffusa del reticolo idrografico. Inoltre le analisi del PTCP riscontrano un indebolimento dell'ecomosaico (nella parte del contesto locale all'esterno del Parco Adda Nord) e una frammentazione della continuità delle connessioni ecologiche tra le aree prospicienti il fiume Adda, in corrispondenza della viabilità provinciale e delle aree urbanizzate.

5 PROPOSTE PROGETTUALI

Si descrivono sinteticamente nel seguito le proposte progettuali relative alle soluzioni alternative individuate ed indicate nel capitolo 2.

5.1 “OPZIONE 0”

Come anticipato l'alternativa non prevede la realizzazione della Tratta D terminando l'intervento con la realizzazione dello svincolo con la Tangenziale Est previsto nel Comune di Usmate Velate che per l'orizzonte temporale definito (2025) costituisce stato di fatto in quanto da considerarsi già realizzato. Lo scenario pertanto rappresenta l'opzione in cui non viene realizzata nessun'opera e la Pedemontana termina con la Tratta C (nessun intervento).

Negli elaborati grafici costituenti il presente studio viene rappresentato il tratto terminale della Tratta C, ovvero l'interconnessione con la Tangenziale Est, nel seguito brevemente descritta, con la quale, in questo scenario di intervento, l'Autostrada Pedemontana Lombarda si conclude.

L'interconnessione con la Tangenziale Est è uno svincolo completo che non segue uno schema canonico, ma è stato opportunamente individuato eliminando le manovre di scambio a favore di una maggiore sicurezza e di un più elevato livello prestazionale. Lo schema si presenta come una sorta di parallelogramma, con ai vertici delle rotatorie di ricucitura delle viabilità esterne con il complesso delle relazioni di svincolo.

Lo svincolo presenta tre livelli altimetrici: l'asse principale dell'Autostrada Pedemontana Lombarda in trincea con un tratto in galleria artificiale per sottopassare la Tangenziale Est, che mantiene le quote attuali a piano campagna e due rampe di svincolo che sovrappassano la Tangenziale Est. Le rampe da dimensionare sono quelle del quadrante est, in quanto quelle del quadrante ovest che afferiscono al sistema risultano già separate dall'asse principale dallo svincolo precedente di Arcore.

5.2 TRATTA D “LUNGA”

Come premesso l'alternativa prevede la realizzazione della Tratta D come sviluppata dal Progetto Definitivo approvato nel 2010.

Nel presente studio di fattibilità verranno riportati parte dei documenti prodotti e sviluppati a livello di Progetto Definitivo, così come approvati da CAL nel 2010, finalizzati ad un confronto con le altre soluzioni alternative proposte dal seguente documento. Al fine di distinguere tale soluzione dalle altre alternative presentate nel seguito verrà nominata “Tratta D “Lunga”” anziché semplicemente Tratta D come definita dal Progetto Definitivo.

La Tratta D “Lunga” inizia poco prima dell'intersezione del tracciato autostradale con il Fiume Molgora nel Comune di Carnate (MB). Il superamento del corso d'acqua e dell'area adiacente viene realizzato tramite un viadotto lungo 210 m, a 6 campate, avente un'altezza modesta, pari a circa 5-6 metri rispetto alla configurazione del terreno.

Il tracciato prosegue in rilevato. In questo tratto la carreggiata principale è affiancata dalle rampe di collegamento con lo svincolo di interconnessione dell'autostrada con la Tangenziale Est (appartenente alla precedente Tratta C).

Il tracciato continua in trincea e, successivamente, alla progressiva km 0+680, è prevista la galleria artificiale “Passirano”, lunga 220 metri, al di sopra della quale viene portata la viabilità locale interferente (progress. 0+884.57).

Nel tratto seguente il tracciato si sviluppa in trincea e poi, alla quota del p.c. per un tratto di circa 550 metri.

L'interferenza con la viabilità locale viene risolta con un sottopasso (progress. 1+403.17).

Successivamente, dal km 1.650 al km 1+825, il tracciato interessa un tratto avente un'incisione profonda circa 8 metri: è previsto un rilevato, in cui vengono realizzati tre tombini idraulici per il deflusso delle acque.

Tra i comuni di Vimercate, Sulbiate e Bellusco, il tracciato mantiene per tutto il tratto un andamento altimetrico orizzontale a piano campagna. In questa vasta area pianeggiante, in particolare dal km 1+935.39 al km 2+832.64, sono localizzati:

- Lo “svincolo di Bellusco”
- L'area di servizio e il centro di manutenzione (dal km 2+040 al km 2+795)

entrambi accessibili dalle due direzioni di marcia dell'autostrada, grazie ad un complesso ed articolato sistema di rampe e alle quattro rotatorie poste ai vertici dell'area.

Tra i Comuni di Bellusco e Sulbiate il tracciato prosegue in orizzontale per circa 400 metri, mantenendosi alla quota del terreno; successivamente, dal km 3+214, segue un tratto di circa 200 metri in rilevato con una scarpata a gradoni sul lato nord che consente di superare la profonda incisione esistente (il terreno presenta un “avvallamento” profondo circa 9 metri). In questa area l'interferenza con la viabilità locale viene risolta con un sottopasso (al km 3+256,76). Sono stati inoltre posizionati due tombini idraulici, per evitare l'effetto barriera del rilevato e consentire il naturale deflusso delle acque.

Segue dal km 3+400 un tratto di circa 1.100 metri in trincea, in cui la differenza tra la quota di progetto e la quota del terreno è modesta, pari a circa 3 metri. In questo tratto, è previsto (al km 3+696,18) un sottopasso per il collegamento alla tangenziale di Bellusco.

Per limitare l'impatto paesaggistico ed ottimizzare l'inserimento ambientale della nuova infrastruttura, dal km 3+905 il tracciato è previsto in galleria: è stata progettata la galleria artificiale Sulbiate, il cui sviluppo pari a circa 150 metri consente anche di contenere l'inquinamento acustico generato dai veicoli in transito (le case più vicine dell'abitato di Sulbiate si trovano ad una distanza di circa 200 metri dal tracciato).

Il tracciato prosegue in trincea per circa 540 metri.

Tra i Comuni di Sulbiate e Mezzago, per circa 1.500 metri, il tracciato si sviluppa in rilevato con altezza contenuta, pari al massimo a 3-4 metri.

In questa parte del tracciato sono presenti le seguenti opere minori:

- Un sottopasso per la viabilità locale al km 4+904,41;
- Un tombino idraulico faunistico (6x4) al km 4+861 e un tombino idraulico (4x3) al km 5+084;
- Un muro di sostegno lungo 62.50 metri sul lato sud della carreggiata, a partire dalla progressiva 5.790;
- Un sottopasso per la viabilità locale di Mezzago, al km 5+592.28.

Nei Comuni di Mezzago e Cornate D'Adda, il tracciato nella parte iniziale si mantiene in rilevato. Al km 6+128 è stato inserito il ponte sul torrente Pissanegra, ad un'unica campata di circa 15 metri. Al km 6+158 è previsto un sottopasso ciclopeditonale e poco dopo la progressiva km 6+300 è previsto un tombino idraulico, in continuità a quanto previsto da RFI.

Successivamente l'altezza del rilevato cresce gradualmente fino ad arrivare alla progressiva chilometrica 6.839,57, in cui ha inizio il ponte "Rio Vallone", che con due campate ed una lunghezza complessiva di 88 metri, copre un dislivello di circa 12 metri.

Nel tratto seguente al ponte, per uno sviluppo di circa 370 metri a partire dal km 6+927,57, la differenza tra la quota del tracciato autostradale e quella del terreno, pari a 7-10 metri, viene colmata con un rilevato a gradoni.

La carreggiata si allarga per consentire l'inserimento di due corsie aggiuntive (una per senso di marcia) di raccordo con lo svincolo di Cornate D'Adda. Nell'ambito di questo tratto al km 7+129.55 è presente un sottopasso e al km 7+996 un cavalcavia che risolvono l'interferenza con la viabilità locale. Nella stessa tratta al km 7+270 è posizionato un tombino faunistico e parallelamente, secondo la stessa linea obliqua, al km 7+264 è posizionato un tombino idraulico per il deflusso delle acque. Nel tratto seguente la carreggiata principale è compresa tra due muri di sostegno: il muro sul lato nord è pari a 225 metri, quello sul lato sud è lungo 220 metri.

Dal km 7.394 al km 7.464 il tracciato sovrappassa la rotatoria dello svincolo di Cornate D'Adda. Lo svincolo è stato risolto con uno schema di rotatoria a livelli sfalsati: la direttrice principale rimane in quota, mentre alla rotatoria sottostante (avente $R=41$ metri) avvengono le manovre relative alle correnti di traffico in ingresso/uscita dall'autostrada. La realizzazione di questo svincolo comporta la necessità di realizzare due manufatti di attraversamento.

È prevista la realizzazione di una seconda rotatoria, avente lo stesso raggio della prima, posta ad una distanza di circa 200 metri dal tracciato principale e localizzata in parte sul sedime di una rotatoria esistente di dimensioni più contenute rispetto a quella di progetto.

Nel comune di Cornate D'Adda dal km 7+700 il tracciato ha una sezione in trincea.

Al km 8+170 si chiude la corsia di accelerazione della rampa proveniente dallo svincolo e quindi la carreggiata viene riportata alla larghezza minima di normativa.

Il tracciato ha una sezione in trincea fino alla progressiva 8+225. Seguono due gallerie:

- Una galleria artificiale "Cornate D'Adda", lunga circa 300 metri, al di sopra della quale viene riportata la viabilità locale di collegamento tra le due parti dell'abitato di Cornate D'adda;
- Una galleria naturale "Dei Preti", lunga circa 1.447 metri, a partire dal km 8+628 fino al km 10+075.

Per quel che riguarda la galleria artificiale, si osserva che la scelta di un tracciato “chiuso” piuttosto che in trincea “a cielo aperto” è stata dettata dall’esigenza di minimizzare l’intrusione della nuova infrastruttura in una porzione di territorio fortemente urbanizzato e di ridurre gli impatti paesaggistici e di inquinamento indotti dal traffico veicolare.

Tra le due gallerie è presente un tratto in trincea di circa 100 metri.

Entrambe le gallerie sono formate da due canne separate, una per senso di marcia.

Alla fine della galleria naturale segue un breve tratto in galleria artificiale lungo circa 73 metri.

Tra i Comuni di Trezzo sull’Adda e Bottanuco, il superamento della vallata stretta e profonda scavata nel tempo dal Fiume Adda viene realizzato tramite un ponte ad arco, lungo 760 metri. Il progetto del ponte è stato più volte rivisto per tenere conto del particolare contesto ambientale e paesaggistico rappresentato dal parco dell’Adda.

La soluzione adottata prevede la realizzazione delle due principali pile che reggono l’arco fuori dall’alveo, in posizione baricentrica rispetto alle due carreggiate (distanti tra loro 12 metri); il fiume viene superato con una campata lunga 160 metri.

Il tracciato dell’autostrada si trova ad una quota di circa 40 metri rispetto al p.c. Il rilevato presenta la doppia opportunità di ottenere un miglioramento paesaggistico teso alla rinaturalizzazione e ricostruzione del profilo naturale del terreno, e di permettere lo stoccaggio dei materiali di risulta degli scavi delle gallerie e delle trincee presenti lungo il tracciato autostradale, non solo relativamente alla Tratta D “Lunga” ma anche per le altre tratte. Infatti, l’intera incisione fluviale appartiene al Parco dell’Adda ed è pertanto implicita la ricerca di una soluzione architettonicamente pregevole per il manufatto e la necessità di apportare anche un miglioramento ambientale al contesto.

Il nuovo ponte stradale passerà in affiancamento a quello ferroviario.

Si osserva che il Fiume Adda segna il confine tra la provincia di Monza e Brianza e la provincia di Bergamo.

Per un tratto di circa 340 metri, nei Comuni di Bottanuco e Capriate, la strada si trova ad una quota di progetto di circa 40 metri in più rispetto alla quota del terreno.

Tale dislivello viene colmato con un rilevato terrazzato.

Segue un breve tratto in trincea e poi dal km 11+447 è stata progettata la galleria naturale “Roccolo”, realizzata a canne separate, lunga complessivamente circa 1119 est metri, fino alla progressiva 12+596.

In questo tratto in galleria le interferenze con la viabilità locale sono risolte a piano campagna. Al km 11+839 è stata posizionata la rotatoria dell’opera connessa TRBG01,

categ. C1 e al km 12+093 è stata posizionata la rotatoria di connessione con la viabilità locale.

Nel tratto successivo dal km 12+596 al km 12+765 è previsto un diaframma lungo circa 190 metri. Il tracciato prosegue poi in trincea.

Al km 12+900, nei Comuni di Capriate, Filago e Brembate ha inizio la corsia di decelerazione dello svincolo di Filago, che prosegue con una rampa che, sovrappassando l'autostrada Pedemontana al km 13+385.60, afferisce ad una rotatoria a quattro bracci posta a nord del tracciato autostradale, in corrispondenza del km 13+580.

Sulla stessa rotatoria afferiscono le altre tre rampe monodirezionali dello svincolo provenienti (e dirette) dall'autostrada e la rampa bidirezionale di collegamento con il centro abitato di Capriate San Gervasio, posto a sud dell'autostrada.

Esigenze legate all'esazione hanno comportato la necessità di una barriera d'asse al km 13+780 circa, con conseguente penalizzazione della velocità (secondo le prescrizioni del Codice della Strada) nei due tratti con provenienze da est e da ovest precedenti la barriera.

Al km 13+982.8 è posizionato il secondo cavalcavia di svincolo.

Superato lo svincolo di Filago il tracciato prosegue in trincea, con delle scarpate a gradoni per superare il notevole dislivello presente tra il tracciato autostradale e le quote del terreno, che in alcuni tratti è pari a 9-10 metri.

Le intersezioni con la viabilità locale alle progressive 14+903.80, 15+300, vengono risolte con cavalcavia che sovrappassano il tracciato principale.

Al km 15+762.50 il cavalcavia "Via delle Industrie" garantisce la continuità della strada provinciale n. 183 e le connessioni tra i rami della viabilità locale.

Tra i Comuni di Brembate, Filago, Osio Sopra e Osio Sotto, dal km 15+894.33 ha inizio il sistema di svincolo di Osio Sotto e l'interconnessione con l'A4: quest'ultimo sistema si presenta particolarmente complesso dovendo raccordare nel contempo l'Autostrada Pedemontana con l'A4 e permettere lo svincolo con le viabilità locali di Osio Sotto.

Sono state studiate molteplici soluzioni. La soluzione adottata prevede il superamento in viadotto dell'autostrada A4, il successivo affiancamento delle rampe di svincolo al tracciato autostradale esistente, la realizzazione di un unico ponte sul fiume Brembo e di un sottopasso per mantenere la continuità di via Marne.

Segue un complesso sistema di rampe che si distaccano dal tracciato principale dell'autostrada Pedemontana. Due rampe proseguono verso sud-est, in direzione della barriera di esazione e lo svincolo a rotatoria di Osio di Sotto; le altre rampe si connettono all'autostrada Milano-Venezia tramite uno svincolo che riprende lo schema a trombetta.

Si osserva che per motivi legati alla cantierizzazione, considerato il notevole traffico in transito sull'A4, non è risultata percorribile la soluzione del progetto preliminare che prevedeva il sottopasso dell'A4. La soluzione proposta prevede come unica interferenza con l'esercizio autostradale l'operazione di varo dei viadotti, che però può avvenire con chiusure notturne senza pesanti ripercussioni sul traffico.

5.2.1 Gli svincoli

La Tratta D "Lunga" dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede lungo il suo sviluppo longitudinale i seguenti svincoli:

- Svincolo di Bellusco;
- Svincolo di Cornate d'Adda;
- Svincolo barriera di Filago;
- Svincolo di Osio Sotto - Interconnessione con l'Autostrada A4.

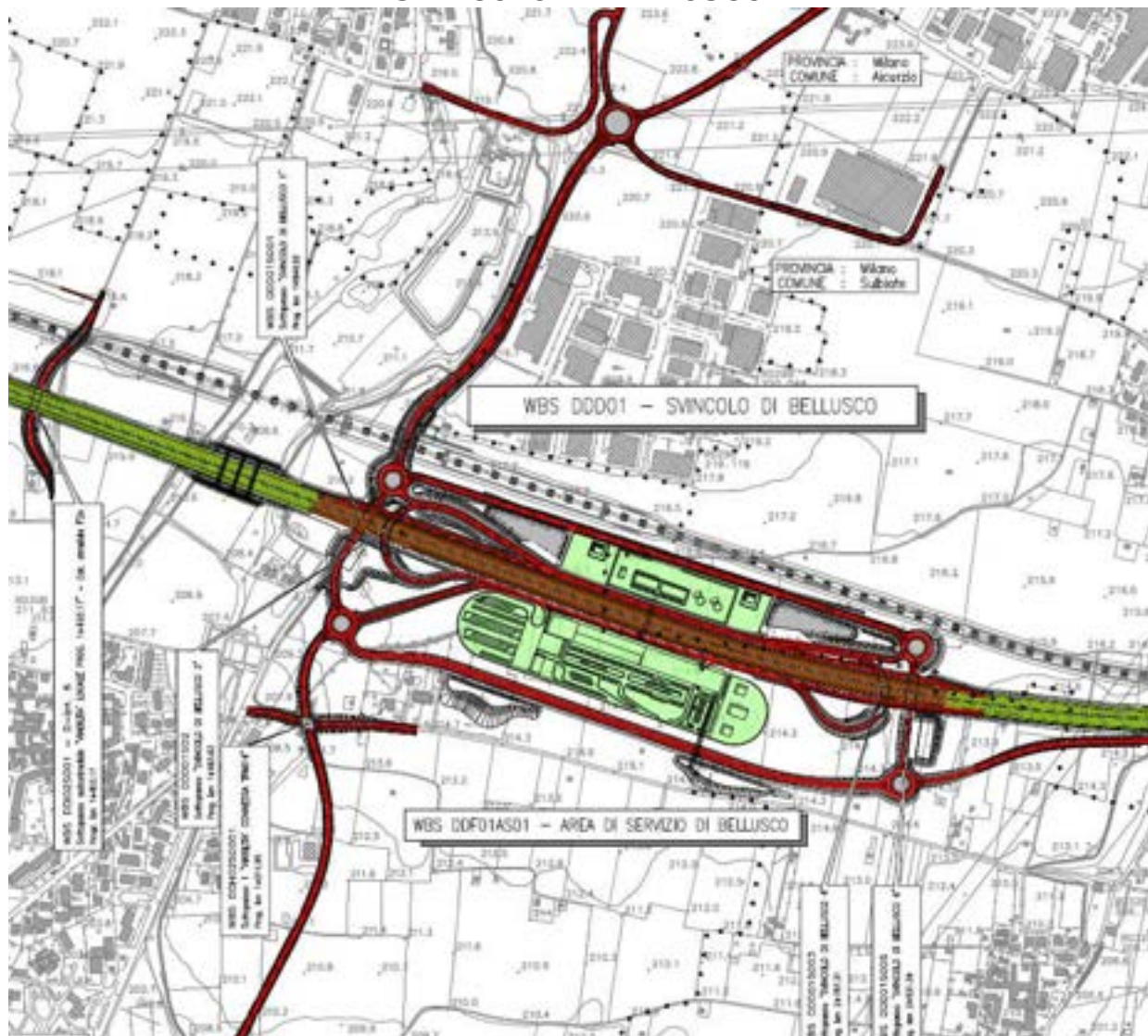
Svincolo di Bellusco

Lo svincolo di Bellusco, localizzato in una vasta area pianeggiante compresa tra il km 1+935.39 e il km 2+832.64, è stato progettato in modo da rispondere alle seguenti esigenze:

- Consentire il collegamento tra le aree poste a nord del tracciato (centri abitati di Carnate, Bernareggio, Ronco briantino, Verderio, Aicurzio, Sulbiate) e le aree poste a sud (Vimercate, Bellusco);
- Consentire l'accesso delle stesse aree all'autostrada pedemontana, nei due sensi di marcia;
- Realizzare un'area di servizio e un centro di manutenzione, entrambi accessibili dalle due direzioni di marcia dell'autostrada e dalla viabilità locale.

Tali esigenze sono state realizzate grazie a quattro rotatorie poste ai vertici dell'area collegate tra loro da un complesso ed articolato sistema di rampe, che garantisce i collegamenti e l'accessibilità richieste.

SVINCOLO DI BELLUSCO



Svincolo di Cornate d'Adda

Lo svincolo di Cornate D'Adda è stato risolto con uno schema di rotatoria a livelli sfalsati ubicata dal km 7.394 al km 7.464, avente un raggio di 41 metri.

La direttrice principale rimane in quota sovrappassando la rotatoria in cui avvengono le manovre relative alle correnti di traffico in ingresso/uscita dall'autostrada. La realizzazione di questo svincolo comporta la necessità di realizzare due manufatti scatolari.

I collegamenti con la viabilità locale vengono garantiti anche attraverso la realizzazione di una seconda rotatoria, avente lo stesso raggio della prima, posta ad una distanza di circa 200 metri dal tracciato principale. Questa rotatoria, localizzata in parte sul sedime di una rotatoria esistente di dimensioni più contenute rispetto a quella di progetto, consente di gestire le intersezioni tra i flussi provenienti/diretti all'autostrada A4 e quelli in transito sulla viabilità locale di Cornate d'Adda.

SVINCOLO DI CORNATE D'ADDA



Svincolo barriera di Filago

Lo svincolo di Filago consente il collegamento dell'autostrada nei due sensi di marcia con i centri abitati posti a nord - ovest (Madone e Filago) e quelli posti a sud del tracciato autostradale (Capriate San Gervasio, Trezzo sull'Adda).

Le rampe dello svincolo provenienti dall'autostrada afferiscono ad una rotatoria a quattro bracci posta a nord del tracciato autostradale, in corrispondenza del km 13+560. Sulla stessa rotatoria afferisce, soprappassando l'autostrada in cavalcavia, anche la rampa bidirezionale di collegamento con il centro abitato di Capriate San Gervasio, posto a sud dell'autostrada.

Si osserva che esigenze legate all'esazione hanno comportato la necessità di una barriera d'asse al km 13+780, con conseguente penalizzazione della velocità (secondo le prescrizioni del Codice della Strada) nei due tratti con provenienze da est e da ovest precedenti la barriera.

SVINCOLO DI FILAGO



Svincolo di Osio Sotto - Interconnessione con l'Autostrada A4

Dal km 15+877 ha inizio il sistema di svincolo di Osio Sotto e l'interconnessione con l'A4: quest'ultimo sistema si presenta particolarmente complesso dovendo raccordare nel contempo l'Autostrada Pedemontana con l'A4 e permettere lo svincolo con le viabilità locali di Osio Sotto.

Nell'ambito del progetto definitivo sono state studiate molteplici soluzioni in alternativa alla soluzione preliminare.

La soluzione adottata prevede il superamento in viadotto dell'autostrada A4, il successivo affiancamento delle rampe di svincolo al tracciato autostradale esistente, la realizzazione di un unico ponte sul fiume Brembo.

Segue un complesso sistema di rampe che si distaccano dal tracciato principale dell'autostrada Pedemontana.

SVINCOLO DI OSIO SOTTO – INTERCONNESSIONE CON L'AUTOSTRADA A4



Due rampe proseguono verso sud-est, in direzione della barriera di esazione e lo svincolo a rotatoria di Osio di Sotto; le altre rampe si connettono all'autostrada Milano-Venezia tramite uno svincolo che riprende lo schema a trombetta.

Si osserva che per motivi legati alla cantierizzazione, considerato il notevole traffico in transito sull'A4, non è risultata percorribile la soluzione del progetto preliminare che prevedeva il sottopasso dell'A4. La soluzione proposta prevede come unica interferenza con l'esercizio autostradale l'operazione di varo dei viadotti, che però può avvenire con chiusure notturne senza pesanti ripercussioni sul traffico.

Si osserva infine che la soluzione adottata ha notevoli vantaggi dal punto di vista dell'impatto ambientale: unica intersezione del Fiume Brembo e lontananza dalla zona residenziale del Comune di Brembate.

5.2.2 Opere connesse

Nell'area interessata dalla Tratta D "Lunga" le opere connesse al progetto dell'autostrada Pedemontana sono cinque. Nella tabella seguente sono sintetizzate le caratteristiche principali di tali opere.

Denominazione	Categoria	Tratta / svincolo	Comuni interessati
TRMI12	C1	Tratta D /svincolo di Bellusco – lato nord	Bernareggio, Aicurzio
TRMI14	C1	Tratta D /svincolo di Bellusco – lato sud	Vimercate
TRBG01	C1	Tratta D /svincolo di Filago – lato sud	Bottanuco, Capriate San Gervasio
TRBG03	C1	Tratta D /svincolo di Filago – lato nord	Filago, Madone, Chignolo d'Isola, Bonate Sotto, Bonate Sopra, Madone, Filago, Terno d'Isola
TRBG09	C1	Tratta D	Osio Sotto, Boltiere

Dette viabilità sono state progettate e verificate secondo quanto prescritto dalle norme vigenti.

Opera TRMI 12

La nuova opera denominata TRMI12 ha origine in corrispondenza dello svincolo di Bellusco, sulla rotatoria, $De=50$ m, posta a nord del tracciato autostradale. L'opera prosegue verso nord per una lunghezza complessiva di 3710 m, fino a connettersi alla viabilità esistente a nord del centro di Bernareggio.

Nel tratto iniziale, il nuovo tracciato dopo il superamento della linea ferroviaria dismessa in trincea, interseca a circa 600 m dal punto iniziale la viabilità esistente (Via Croce/Via dell'Industria/Strada per Milano Imbersago); tale intersezione viene risolta con una rotatoria a 4 bracci, $De=58$ m.

Dopo circa 730 m da tale rotatoria, è prevista un'altra rotatoria a 3 bracci con $De=60$ m, che consente il collegamento del nuovo tracciato stradale con la viabilità principale di Bernareggio (Via Gramsci). Nel tratto successivo, ad una distanza di circa 170 m, km 1+003, un sottopasso ($l=22$ m, $L=18$ m), risolve l'intersezione con il Viale Padre Giustino Borgonovo.

Il tracciato prosegue per 870 fino alla strada vicinale Santogni di accesso ai campi, che viene superata con un sottopasso km 1+890 ($l=35$ m, $L=9$ m) e successivamente per altri 770 metri dove è previsto un secondo sottopasso km 2+670, delle medesime dimensioni, per il superamento di una stradina poderale, proveniente da Via Roma.

Il tracciato ha termine dopo circa 370 m a nord di Bernareggio, con una rotatoria a 4 bracci, $De=50$ m, che connette la nuova opera a Via Roma (angolo Via della Grera).

Opera TRMI 14

La nuova opera denominata TRMI14 inizia dalla rotatoria $De= 50$ m dello svincolo di Bellusco e prosegue verso sud per una lunghezza complessiva di poco inferiore a 2 km.

Alla progr. 1+011.96, dopo circa 160 m, l'incrocio con via San Nazario è risolto con un manufatto che sottopassa la viabilità connessa.

Successivamente, dopo circa 1140 m, è prevista una nuova rotatoria a 4 bracci, $De=60$ m, in corrispondenza dell'intersezione con la Strada comunale della Cascina Gariola, collegata ad un'altra rotatoria di dimensioni minori che connette le viabilità secondarie.

Il tracciato termina, dopo altri 600 m, innestandosi sulla S.P.2/Via Trezzo.

Opera TRBG01

Il tracciato ha origine dalla rotatoria a 4 bracci, De=48 m, posta sulla S.P. 155, a 515 m a sud dell'autostrada, in corrispondenza dello svincolo di Filago.

Prosegue verso nord ovest con un percorso complessivo di 1628.42 m, che termina sulla rotatoria a 3 bracci, De= 58 m, prevista sulla galleria naturale Roccolo, all'altezza di Viale Industria di Cerro.

Opera TRBG03

La nuova opera si innesta sulla rotatoria nord a 4 bracci, De=53m, dello svincolo di Filago e prosegue verso nord, con uno sviluppo complessivo di circa 6500 m.

Il primo tratto, partendo dallo svincolo di Filago, fino alla rotatoria esistente, De=60 m, ha sezione della piattaforma stradale a due corsie per senso di marcia separate da un cordolo insormontabile. Questa configurazione permette un accesso più agevole da e verso lo svincolo anche in funzione delle corsie dirette che non interessano la rotatoria di svincolo.

A circa 87 metri dalla rotatoria suddetta l'interferenza con la linea ferroviaria viene risolta con un cavalcaferrovia.

Il tracciato prosegue in rilevato fino alla progr. km 0+280 circa dove s'innestano due viabilità secondarie con le sole svolte a destra. Alla progr. km 0+180 si trova il sottopasso della greenway.

Fino alla rotatoria esistente a progr. km 0+598 circa il tracciato si sviluppa in trincea e a mezza costa e, in alcuni tratti, a protezione dell'edificato, è stato necessario inserire dei muri.

Il tracciato s'innesta quindi sulla rotatoria esistente, De=60 m, a quattro bracci che connette via Industrie a via Rodi. L'incrocio si completa con una corsia preferenziale che permette la manovra diretta da via Rodi verso lo svincolo.

In corrispondenza della rotatoria si prevede anche un tombino idraulico.

La seconda tratta della viabilità si sviluppa per un tratto in adeguamento alla via Rodi per poi staccarsi su un nuovo percorso.

Alla progr. km 5+180 circa è stato inserito uno svincolo a "diamante" che connette la viabilità principale con via Rodi tramite quattro rampe che s'innestano su una rotatoria, De=53 m, a piano campagna, mentre l'asse principale sovrappassa la rotatoria con un viadotto a due campate. In corrispondenza delle rampe a nord e a sud della rotatoria sono previsti muri a sostegno del tracciato principale.

E' da segnalare che, tra la rotatoria alla progr. km 5+906 e lo svincolo a "diamante", una complanare convoglia gli accessi privati.

Il tracciato procede verso nord con una sezione tipo C1 che s'innesta sulla terza rotatoria, De=52 m, che connette l'asse principale alla viabilità locale dopo aver superato un ponte a tre campate sul fiume Buliga. In questa tratta il tracciato si sviluppa in rilevato e a piano campagna.

La tratta seguente fino al termine dell'intervento è connessa alla viabilità locale con i seguenti interventi:

- Sottopasso viabilità locale progr. km 3+142;
- Rotatoria a quattro bracci De= 52 m progr. km 2+580;
- Sottopasso viabilità locale progr. km. 2+239.38;
- Sottopasso viabilità locale progr. km. 1+607.66;
- Sottopasso viabilità locale progr. km. 1+494.59;
- Sottopasso viabilità locale progr. km. 0+978.76.

Su tutta la tratta sono state previste piazzole di emergenza di lunghezza pari a 65.00 m (20+25+20).

Il nuovo tracciato stradale termina sulla S.P. 166 Via Roma/Via Como, che collega il centro di Terno d'Isola (ad ovest) con Presezzo (ad est).

Opera TRBG09

L'opera denominata TRBG09 consiste nella riqualificazione di Corso Europa attraverso i seguenti interventi:

- Prosecuzione del viale principale sull'attuale sedime delle isole torna-indietro,
- Realizzazione di strade di servizio per l'accesso in sicurezza delle aree limitrofe poste ai lati del viale Europa,
- Realizzazione di una nuova rotatoria a 4 bracci, De= 64 m, per risolvere l'interferenza di Viale Europa con Via Don G. Carminati e Via San Marco.

5.2.3 Interferenze con la viabilità esistente

Oltre alla viabilità interessata direttamente dagli interventi programmati, si verificano una serie di interferenze con la viabilità esistente per la quale sono stati studiati interventi atti a garantire la continuità della rete interferita.

Gli interventi studiati comprendono la scelta di soluzioni diverse:

- Prevedere opere d'arte per lo scavalco o il sottopasso del tracciato autostradale;
- Realizzare il nuovo tracciato autostradale in galleria, in modo da mantenere a piano campagna i collegamenti esistenti;
- Studiare varianti di tracciato della viabilità esistente. Ciò permette di realizzare l'opera d'arte di scavalco in un cantiere posto fuori dalla sede attuale, che può pertanto essere mantenuta in esercizio durante tutta la fase di costruzione
- Per la viabilità campestre percorsi alternativi a breve distanza o interventi nuova sede.

In tutti i casi gli sviluppi di tracciato si limitano allo sviluppo minimo necessario per la realizzazione dei tratti stradali di approccio all'opera di scavalco.

Nella tabella che segue sono riportati per ciascuna interferenza:

- La progressiva chilometrica riferita al tracciato autostradale,
- La viabilità esistente interferita,
- La soluzione adottata per mantenere la continuità,
- I comuni interessati dall'intervento nel tratto esaminato.

Soluzioni adottate per la viabilità interferita dal tracciato autostradale nella tratta D "Lunga":

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Progressiva chilometrica	Viabilità interferita	Soluzione adottata	Comuni
0+885	Via Gargantini (strada di accesso ai campi)	La strada viene mantenuta a p.c. sulla galleria art. Passirano. Categoria: F2e	Carnate
1+403	Strada Comunale di Ponente a Villanova	Viene realizzato un sottopasso l=38 m, L= 13 m per il passaggio della viabilità locale al di sotto dell'asse autostradale. Categoria: F2e	Carnate
3+257	Via San Nazzaro	Viene realizzato un sottopasso l=60 m, L= 12 m per il passaggio della viabilità locale al di sotto dell'asse autostradale. Categoria: F2e	Bellusco Sulbiate
3+696	Collegam. Tangenz. Bellusco (Via S.P. 177)	Viene realizzato un sottopasso l=45 m, L= 14 m per il passaggio della viabilità locale al di sotto dell'asse autostradale. Categoria: C1	Sulbiate
4+904	Viabilità podereale Via Banfi	Viene realizzato un sottopasso l=41 m, L= 9 m per il passaggio della viabilità locale al di sotto dell'asse autostradale. Categoria: F urbana	Sulbiate Mezzago
5+592	Strada comunale Sulbiate /Via Curiel	Viene realizzato un sottopasso l=46 m, L= 16 m per il passaggio della viabilità locale al di sotto dell'asse autostradale. Categoria: C2	Mezzago
6+901	Strada comunale di Cornate D'Adda	La strada viene mantenuta a p.c. sotto il Ponte Rio Vallone. Categoria: F2 extraurbana	Cornate D'Adda
7+130	Strada vicinale del Bosco grande / Via Lanzi	Viene realizzato un sottopasso l=65 m, L= 12 m al di sotto dell'asse autostradale. Dopo 400 m la strada si collega alla rotatoria a 5 bracci, De=85 m, posta a sud dello svincolo di Cornate D'adda. Categoria: F2 extraurbana	Cornate D'Adda
7+996	Cavalcavia autostradale "viabilità locale cat. C1"	Viene realizzato un cavalcavia l=64.50 m, L=14.50 per mantenere il collegamento della viabilità esistente.	-
8+318	Via A. Manzoni	La viabilità esistente viene mantenuta a p.c. sulla galleria Cornate D'Adda. Categoria: F2 extraurbana	Cornate D'Adda (Colnago)
14+903	Strada podereale a nord di Grignano	Viene realizzato un cavalcavia l=50 m, L=9 m per mantenere la viabilità esistente al di sopra dell'asse autostradale. Categoria: F urbana	Brembate
15+300	Strada podereale a nord est di Grignano	Viene realizzato un cavalcavia l=50 m, L=9 m per mantenere la viabilità esistente al di sopra dell'asse autostradale. Categoria: F urbana	Brembate
15+762	Strada provinciale dell'Industria Via Vittorio Emanuele II Via Grignano	Viene realizzato un cavalcavia l=39 m, L=14 m per mantenere la viabilità esistente al di sopra dell'asse autostradale.	Filago Brembate

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Progressiva chilometrica	Viabilità interferita	Soluzione adottata	Comuni
		È prevista anche una rotatoria a 4 bracci, De= 52 m ad ovest del tracciato autostradale, sud-est rispetto al centro di Grignago. Categoria: C1	
-	Messa in sicurezza di via delle Industrie	E' prevista la sistemazione di via delle Industrie con un'area destinata a parcheggi. E' inoltre prevista un'isola spartitraffico centrale.	-

Per il ripristino di tali viabilità la norma di riferimento è D.M. 2004. L'applicazione di tale norma comporta l'adeguamento, per quanto possibile, degli elementi di tracciamento ai minimi imposti dal D.M. 05/11/2001.

Rispetto alle attuali dimensioni delle sezioni trasversali, la nuova configurazione assicura una larghezza sempre maggiore in modo da ottimizzare la funzionalità dei collegamenti. La planoaltimetria rispetta quasi sempre i minimi normati migliorando comunque gli attuali parametri. Si sono inoltre previsti elementi marginali adeguati e barriere di sicurezza per i tratti in rilevato con altezza maggiore di 1 metro secondo quanto previsto dalle norme sui dispositivi di ritenuta.

Si può quindi concludere che il progetto delle viabilità interferite tiene conto degli indirizzi normativi vigenti migliorando l'attuale funzionalità e i relativi parametri geometrici.

5.3 TRATTA D “BREVE”

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è un'opera particolarmente complessa che si inserisce in un ambito territoriale molto urbanizzato, particolarmente ricco di vincoli al contorno (come costruzioni, piani urbanistici di espansione industriale, elementi di pregio ambientale, ecc.) che hanno portato a studiare attentamente l'andamento planimetrico, fin da questa fase della progettazione, al fine di minimizzare l'intrusione territoriale dell'opera. Nella parte documentale del seguente studio vengono riportati tutti i documenti necessari a descrivere l'intervento in oggetto secondo l'indice riportato in calce alla seguente relazione.

La Tratta D “Breve” presenta una lunghezza di circa 9 km dall'inizio della tratta fino allo svincolo di Interconnessione con la TEEM e con l'autostrada A4. Il suo inizio è ubicato in corrispondenza della tratta precedente immediatamente dopo lo svincolo di interconnessione con la Tangenziale Est (appartenente alla Tratta C) e prima dell'attraversamento del fiume Molgora. Il superamento del corso d'acqua viene realizzato tramite un viadotto lungo 210 m, a 6 campate, avente un'altezza modesta, pari a circa 5-6 metri rispetto alla configurazione del terreno, necessario per il comportamento meandriforme del fiume che tende a spostare il suo alveo all'interno di un'ampia fascia. Nella prima parte dell'itinerario di progetto, attraversato il fiume Molgora, il tracciato si sviluppa per circa 3250 m in rilevato al fine di limitare i rischi connessi alla presenza di occhi pollini in quanto, dalle analisi condotte e più dettagliatamente specificate nella relazione geologica-geotecnica, l'area risulta presentare un alto grado di suscettibilità a tale fenomeno. Dopo questo primo tratto in rilevato il tracciato prosegue in trincea e si approssima alla galleria artificiale in corrispondenza dell'interconnessione SP2, di nuova realizzazione prevista nel Comune di Bellusco, sopra la quale viene mantenuta la continuità della viabilità locale. La galleria si sviluppa per una lunghezza di circa 450 m. Dopo un tratto di circa 2400 m dove l'asse principale prosegue in trincea sottopassando l'interconnessione SP2 di futura realizzazione e attraversando la barriera di esazione prevista nell'intorno della pk 6+100, la morfologia del territorio consente di proseguire in rilevato per circa 800 m. Dalla pk 7+450 fino a termine dell'intervento l'asse principale prosegue in trincea fino a raccordarsi alla TEEM e all'A4 in corrispondenza dell'attuale svincolo della TEEM mediante la realizzazione della nuova interconnessione con TEEM-A4 che prevede un complesso sistema di rampe atto a garantire tutte le possibili manovre di svolta e coerentemente con lo stato di fatto dell'intersezione.

Le interferenze con la viabilità locale sono state risolte mediante la realizzazione di cavalcavia in funzione delle condizioni al contorno riscontrate nell'area; si rimanda agli elaborati specifici per maggiori dettagli.

5.3.1 Gli svincoli

La Tratta D “Breve” dell’Autostrada Pedemontana Lombarda, oggetto della seguente relazione, prevede lungo il suo sviluppo longitudinale i seguenti svincoli ed interconnessioni:

- Interconnessione SP2;
- Interconnessione TEEM - A4.

Per ciascuno si riporta una breve descrizione, le caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo e il dimensionamento delle piste di accelerazione e decelerazione.

Interconnessione SP2

L’interconnessione SP2 consente il raccordo tra la Tratta D “Breve in progetto e l’esistente Strada Provinciale 2 sita nel Comune di Bellusco. L’interconnessione prevede la realizzazione ex-novo di una viabilità Categoria C Extraurbana Principale ad unica carreggiata costituita da 2 corsie da 3,75m, una per senso di marcia, e banchine in destra di larghezza pari a 1,50m come prescritto dal DM2001. Il tracciato che si sviluppa a partire dalla nuova rotatoria (denominata negli elaborati come R3 e le cui caratteristiche geometriche sono descritte nella relazione specialistica) prevista lungo l’esistente “Tangenziale Sud Vimercate”, fino all’esistente rotatoria tra la SP2 e Via Brianza nel Comune di Bellusco. La nuova viabilità in progetto sovrappasserà, lungo il suo sviluppo, il tracciato dell’asse principale della Tratta D “Breve” in corrispondenza della pk 4+550 e sarà interrotta da due rotatorie alla quale si innestano le rampe di svincolo in uscita ed in ingresso dall’asse principale. Questo sistema di interconnessione garantisce il compimento di tutte le manovre possibili da e verso la Tratta D “Breve”.

Gli elementi plano-altimetrici costituenti il nodo sono stati dimensionati e verificati secondo quanto prescritto e indicato dal DM2006, fatta eccezione per la viabilità sopra descritta, denominata negli elaborati come “Asse R3 – Ramo C”, che è stata dimensionata e verificata secondo quanto previsto dal DM2001.

Sia sulle rampe di diversione che di immissione, si assume da progetto un intervallo di velocità avente il limite inferiore pari 40 km/h e limite superiore pari a 60 km/h.

Come si può desumere, le pendenze longitudinali massime rientrano nei limiti fissati dalle norme (5-7% in salita, 6-8% in discesa). I raccordi verticali rispettano i valori da norma.

Le corsie specializzate di manovra vengono definite secondo quanto illustrato nella relazione tecnica. Per il calcolo cinematico si è considerata una velocità autostradale pari a 140 km/h (Strada tipo A – Autostrada urbana) e, sia sulle rampe di diversione che di immissione, si assume da progetto un intervallo di velocità avente il limite inferiore pari 40 km/h e limite superiore pari a 60 km/h.

Interconnessione TEEM-A4

Il raccordo della Tratta D “Breve” sull’esistente svincolo con configurazione a “Trombetta” di interconnessione tra TEEM e A4 avviene mediante il potenziamento dell’attuale svincolo in modo da consentire il compimento di tutte le manovre possibili attraverso un’intersezione a livelli sfalsati a tre livelli. A rendere ancora più complessa la soluzione progettuale è la presenza della vicina area di servizio “Brianza Nord” che allo stato attuale presenta rampe dedicate confluenti nello svincolo esistente.

Per tale ragione la soluzione prevede, seppur sfruttando parte della rampe esistenti, la realizzazione di 10 rampe di svincolo garantendo tutte le manovre possibili comprensive di quelle esistenti dalla stazione di servizio direzione Torino e verso la stazione di servizio direzione Venezia.

Gli elementi plano-altimetrici costituenti il nodo sono stati dimensionati e verificati secondo quanto prescritto e indicato dal DM2006

Come si può desumere le pendenze longitudinali massime rientrano nei limiti fissati dalle norme per Vp uguale a 60km/h (5% in salita, 6% in discesa). I raccordi verticali rispettano i valori da norma (raggio minimo verticale convesso 2000 m e raggio minimo verticale concavo 1000 m).

Per la definizione delle corsie specializzate di manovra si rimanda a quanto illustrato nella specifica relazione tecnica stradale (SSDDD000GE03000RT001A).

Per il calcolo cinematico si è considerata una velocità autostradale pari a 140 km/h (Strada tipo A – Autostrada urbana) e, sia sulle rampe di diversione che di immissione, si assume da progetto un intervallo di velocità avente il limite inferiore pari 40 km/h e limite superiore pari a 60 km/h.

5.3.2 Interferenze con la viabilità esistente

Si elencano nel seguito le viabilità intercettate dall’intervento in progetto e come si è previsto di intervenire a riguardo. Si vedano per maggiori dettagli le sezioni tipologiche SSDDD000GE03000ST001A e SSDDD000GE03000ST002A. Data la fase progettuale

dell'incarico si rimanda per ulteriori approfondimenti ed analisi ai successivi step dell'iter progettuale.

- Strada Provinciale SP3 → Realizzazione Cavalcavia di scavalco dell'asse principale della Tratta D "Breve";
- Via San Nazzaro → Realizzazione Cavalcavia di scavalco dell'asse principale della Tratta D "Breve";
- Via per Ornago → Realizzazione Cavalcavia di scavalco dell'asse principale della Tratta D "Breve";
- Strada Provinciale SP211 → Realizzazione Cavalcavia di scavalco dell'asse principale della Tratta D "Breve";
- Via Damiano Chiesa → Realizzazione Cavalcavia di scavalco dell'asse principale della Tratta D "Breve".

5.3.3 Tratta D “Breve” – Ipotesi alternativa

Lo studio oggetto dell'incarico è volto all'individuazione della soluzione progettuale che tra le diverse ipotesi alternative risulti massimizzare il rapporto benefici – costi del futuro intervento.

Tra le soluzioni alternative individuate se ne è studiata una che anziché correre ad Est dell'A51 prosegue la Tratta C mantenendosi ad Ovest della Tangenziale Est collegandosi con la stessa in zona Concorezzo.

Tale soluzione progettuale, seppur valida dal punto di vista della tecnica stradale, non risponde alle necessità della Committenza di avere un collegamento diretto con l'autostrada A4 ed inoltre comporterebbe una variante alla Tratta C già progettata e approvata.

L'alternativa studiata dal punto di vista stradale non è, per quanto sopra definito, percorribile, pertanto esclusa dalle analisi specialistiche affrontate dal presente studio di fattibilità ed esclusa dall'elenco delle possibili alternative progettuali.

Si rimanda per maggiori dettagli agli elaborati specifici come riportati nell'indice in calce al presente documento.

6 PROGETTO STRADALE

Dopo aver descritto brevemente le ipotesi alternative proposte nel presente studio di fattibilità in questo capitolo verranno definiti i criteri alla base delle scelte progettuali di carattere tecnico stradale. In particolare verranno specificati i criteri di dimensionamento delle alternative Tratta D “Lunga” e Tratta D “Breve” dato che l’alternativa “Opzione 0” di fatto non prevede nessun intervento.

Per maggiori dettagli in merito al dimensionamento degli elementi plano-altimetrici del tracciato stradale si rimanda alle specifiche relazioni specialistiche e relativi elaborati grafici di dettaglio.

Come già specificato per quanto riguarda la Tratta D “Lunga” si riportano le considerazioni e i criteri che sono stati definiti a base del Progetto Definitivo approvato del 2010.

6.1 TRATTA D “LUNGA”

6.1.1 Asse principale – Criteri progettuali

6.1.1.1 Aspetti normativi

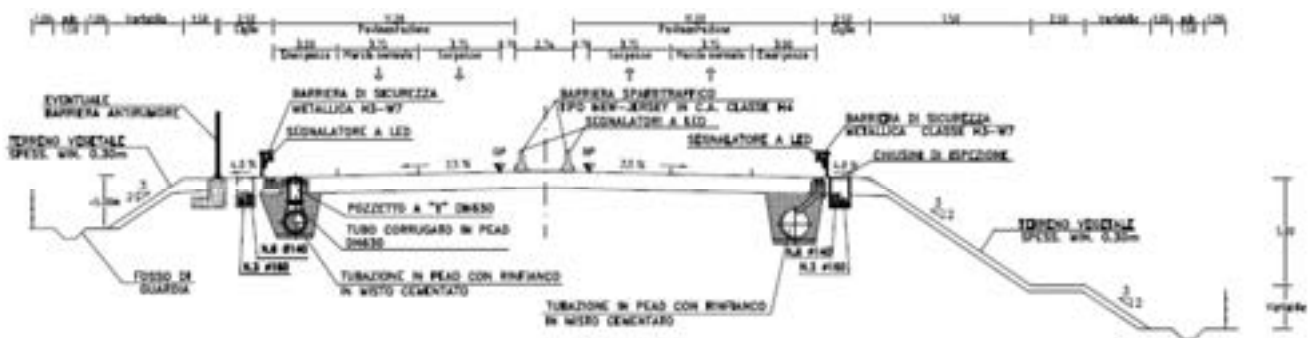
Le normative stradali hanno subito una svolta epocale con l’introduzione delle “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, di cui al Decreto del 5 novembre 2001, che ha comportato la veste di Decreto Ministeriale rispetto alle precedenti edizioni di Istruzioni e Raccomandazioni emanate dal C.N.R.

Il Decreto ha altresì introdotto importanti nuovi criteri di progettazione come una nuova organizzazione della piattaforma stradale, l’impiego di intervalli di progetto maggiori e soprattutto una diversa impostazione della geometria stradale, legata ai diagrammi di velocità e visibilità per la verifica dell’andamento planoaltimetrico del tracciato stesso.

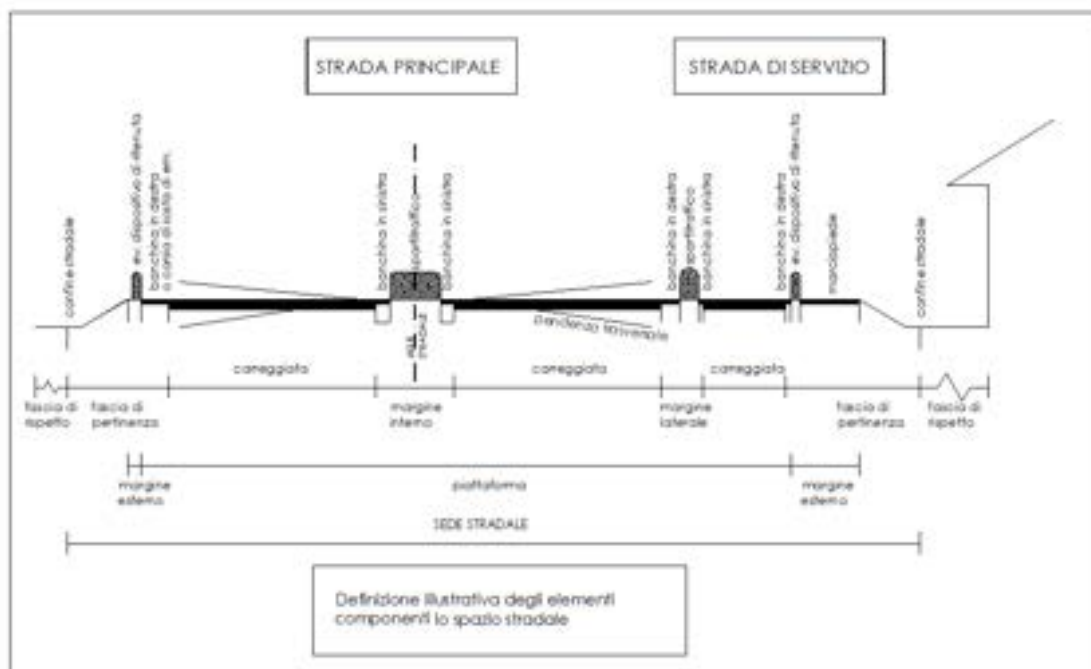
6.1.1.2 Sezione stradale tipo

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (ex art. 2 del Codice della Strada), l’Autostrada Pedemontana Lombarda è classificata come appartenente alla Rete Primaria, trattandosi di un’Autostrada Urbana Tipo A con intervallo di velocità di progetto pari a 80-140 km/h.

Lo stesso Decreto stabilisce quale sia l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, intendendo che tale configurazione sia da intendersi come la minima prevista dal Codice della Strada, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori come per esempio la larghezza minima dello spartitraffico che deve essere adeguata per consentire il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza adottate.



Gli elementi compositivi della sezione trasversali sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5 novembre 2001:



La sezione trasversale risulta composta da 2 carreggiate ciascuna composta da n. 2 corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m, separate da un margine interno minimo di

larghezza pari a 4,14 m composto da uno spartitraffico minimo di 2,74 m e da n. 2 banchine in sinistra di larghezza minima di 0,70 m.

Le carreggiate prevedono inoltre una corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m.

I valori dello spartitraffico e delle banchine in sinistra sono da intendersi minimi, in quanto per necessità legate alla verifica delle distanze di visibilità tali valori possono subire degli incrementi come di seguito specificato.

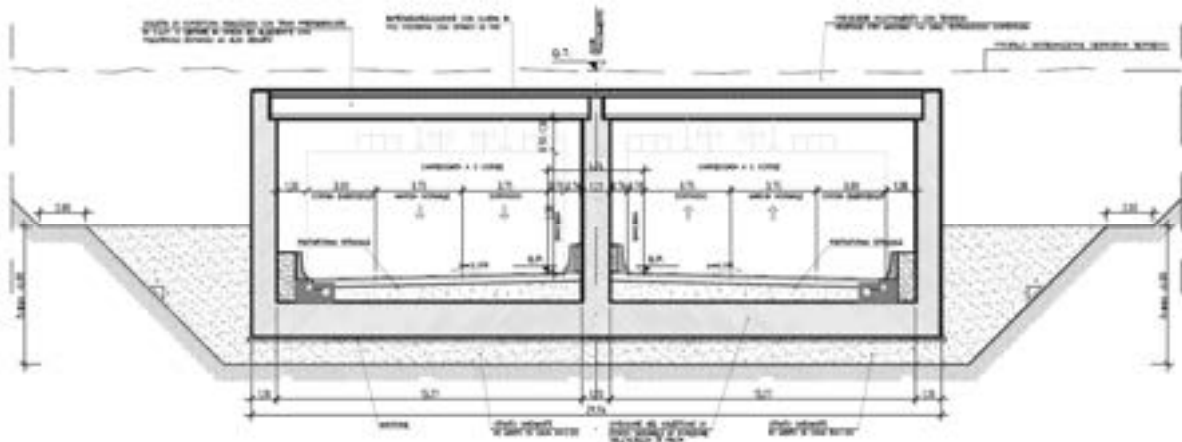
Nella sezione ordinaria pertanto la piattaforma stradale risulta avere una sezione minima pari a 25,14 m.

Per quanto riguarda i possibili casi applicativi delle sezioni tipo lungo il percorso autostradale il progetto contiene un dossier denominato “Sezioni tipologiche principali” (SSDDD000GE02000ST001A) nel quale sono indicate le diverse tipologie di sezioni.

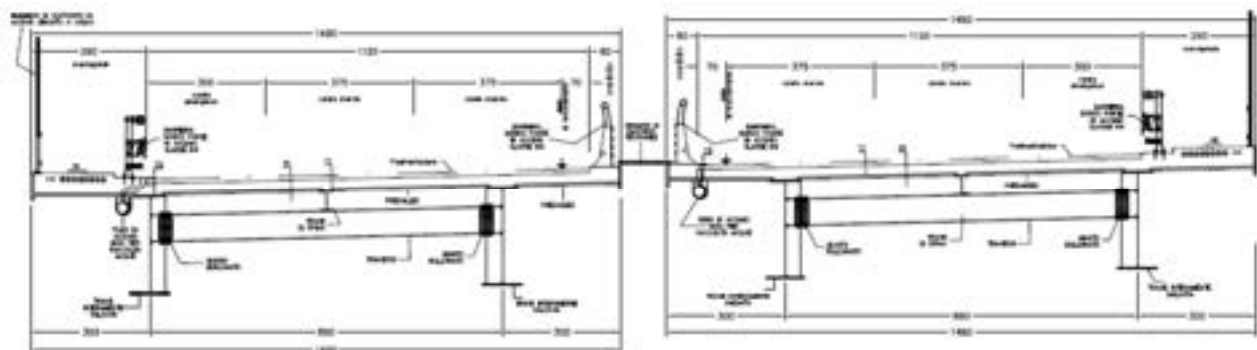
Gli elementi marginali, come cigli e cunette, sono stati progettati tenendo conto che il progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede il collettamento e trattamento delle acque di piattaforma dell'asse principale e degli svincoli: ne consegue che gli elementi del margine esterno presentano una larghezza tale da ospitare l'insieme di caditoie, pozzetti e tubazioni dedite a tale funzione, oltre a prevedere un apposito spazio per gli impianti di linea (illuminazione, cablaggio, ecc.). In particolare il collettamento delle acque di piattaforma prevede un grigliato continuo sul margine interno della piattaforma che recapita ad un tubo di linea opportunamente dimensionato. Nelle situazioni in cui il tracciato si sviluppa in trincea, al sistema sopra descritto, si aggiunge il collettamento delle acque di scarpata attraverso apposite cunette e trincee drenanti, con l'inserimento, ove previsto dai calcoli idraulici, di pozzi disperdenti.

Le dimensioni del margine esterno sono pari a 2,50 m sia in trincea che in rilevato, mentre in galleria artificiale e trincea tra diaframmi tale valore si riduce a 1,30 m.

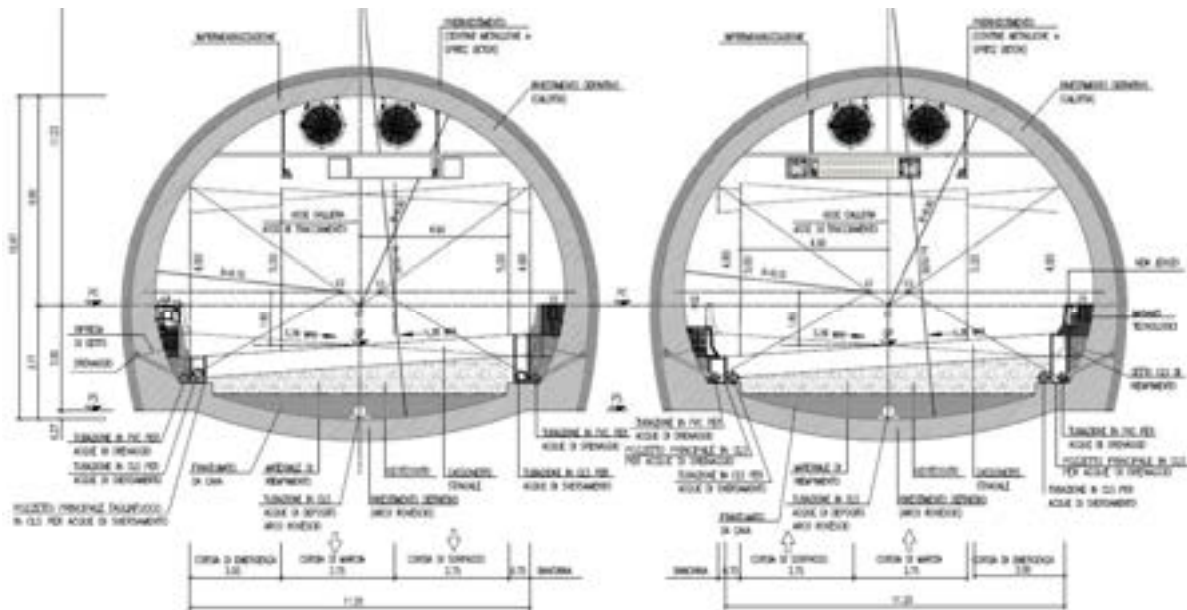
A titolo esemplificativo si riporta di seguito una sezione di galleria artificiale.



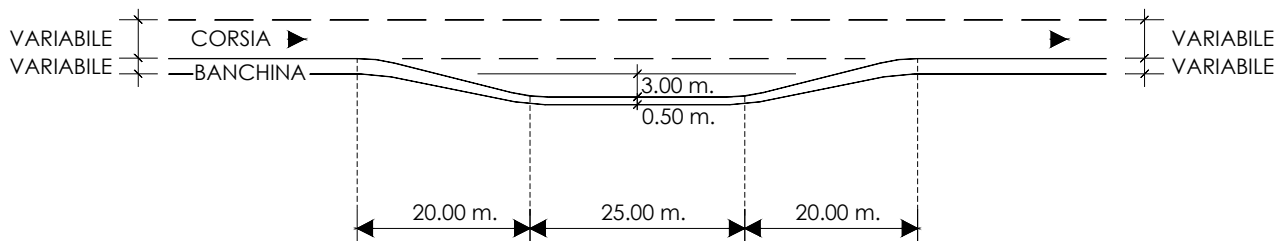
Quando il tracciato si sviluppa in viadotto a margine della corsia di emergenza è previsto un marciapiede rialzato con pendenza verso l'interno di larghezza pari a 2,90 m, comprensivi anche della larghezza della barriera di sicurezza laterale e della recinzione. Sul lato interno invece è previsto un cordolo di larghezza pari a 0,80 m che ospita anche la barriera di sicurezza laterale.



Considerazioni a parte meritano le sezioni in galleria naturale dove le larghezze del margine esterno sono fondamentalmente determinate dalla curvatura dei piedritti e risultano sempre superiori al minimo previsto per le gallerie e trincee artificiali.



La sezione tipo è completata ad intervalli di circa 1.000 m da piazzole di sosta di emergenza ubicate all'esterno della corsia di emergenza: il Decreto 5/11/2001 prevede dimensioni minime come rappresentato nella seguente figura:

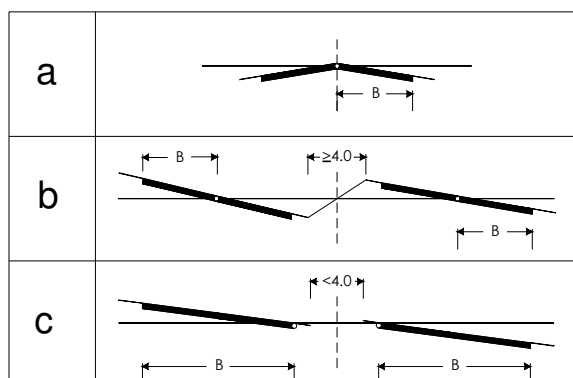


La piazzola prevista nel progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede dimensioni maggiori con un tratto parallelo di lunghezza pari a 50 m (contro i 25 di cui sopra), i tratti di raccordo di lunghezza pari a 20 m per uno sviluppo complessivo di 90 m contro i 65 m della normativa.

La larghezza dell'area di sosta presenta valore pari a 5,00 m (contro i 3,00 m i cui sopra).

6.1.1.3 Geometria dell'asse stradale: andamento planimetrico

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile. Trattandosi di un'autostrada lo studio dell'asse planimetrico prevede due assi separati posizionati sull'interno di ciascuna carreggiata, secondo la tipologia "c" prevista nella seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001:



Per ciascun asse è stato eseguito il tracciamento planimetrico con la convenzione che l'andamento crescente delle progressive segue la direttrice ovest-est. Per quanto riguarda le sezioni trasversali queste si presentano sezionando l'intera sede stradale, ma si è convenzionalmente scelto come riferimento l'asse direzione est e a questo si sono riferite la numerazione delle sezioni trasversali e la relativa progressiva.

6.1.1.3.1 Rettifili

Per questi elementi compositivi dell'asse planimetrico, il Decreto 5/11/2001 fissa dei valori limite, superiore e inferiore, in funzione della velocità massima di progetto.

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare il superamento delle velocità da Codice della Strada, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna; tale valore si calcola con la formula:

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}} \text{ [m]}$$

che per un'autostrada classificata come A con $V_{p, \text{max}} = 140 \text{ km/h}$ risulta pari a 3.080 m.

Tutti i rettifili presenti lungo il tracciato non raggiungono mai questo valore limite superiore.

Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente (per Velocità si intende la velocità massima che si desume dal diagramma di velocità):

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Poiché il diagramma di velocità risulta costantemente livellato sul valore pari a 140 km/h, si desume che il valore minimo di lunghezza di rettilo lungo il tracciato deve essere pari a 360 m. A questo ragionamento fa eccezione la zona in prossimità dello svincolo/barriera di Filago, per la quale seppur i valori di curvatura consentono la velocità di progetto superiore, si è adottata una velocità pari a 110 km/h in quanto la segnaletica prevista della Codice della Strada prevede l'abbattimento di velocità 2 km prima della barriera stessa.

Tutti i rettili lungo il tracciato presentano valori superiori ai valori limite inferiori di cui sopra. Per i rettili che si inseriscono all'interno di un flesso, le regole del requisito minimo della lunghezza non valgono più, ma vale la regola sul limite superiore espressa dalla formula:

$$L_{\max} = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

Sia lungo l'asse direzione est che direzione ovest si trovano dei rettili che ricadono in tali casi e verificano la regola di cui sopra.

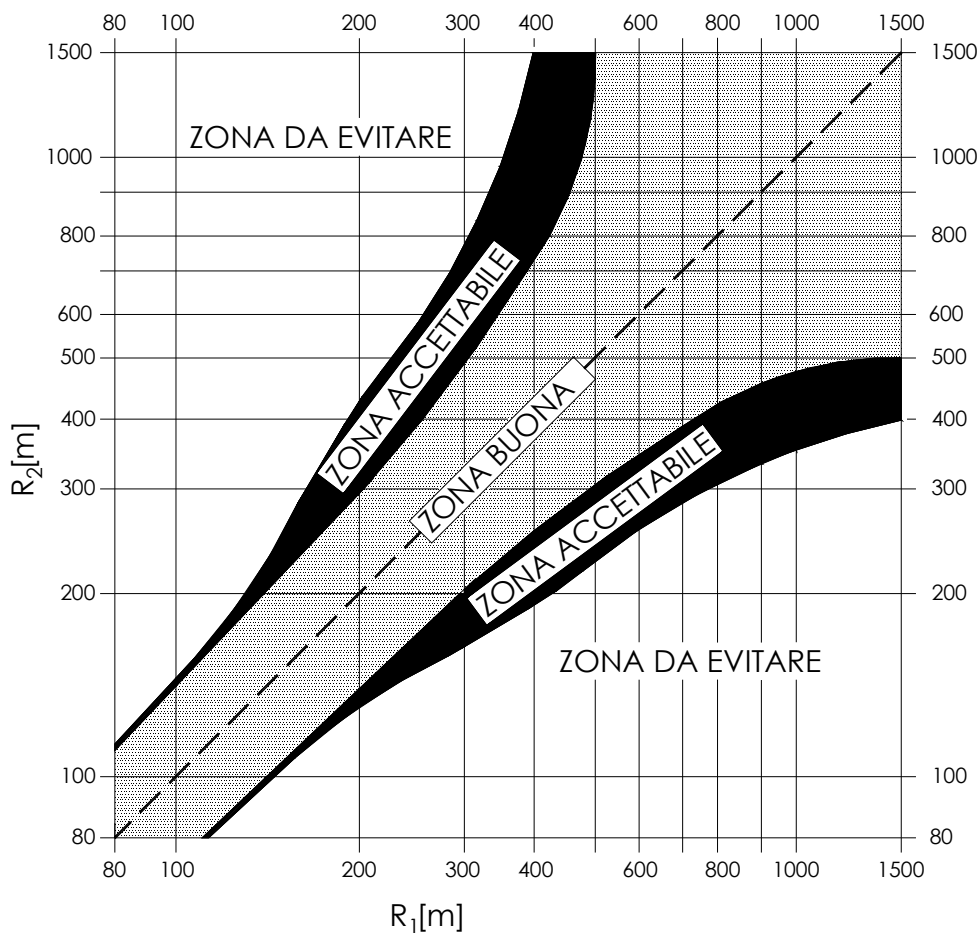
6.1.1.3.2 Curve circolari

Anche per le curve circolari la normativa impone dei valori minimi per permettere all'utente la percezione dell'elemento curvilineo: infatti il decreto recita che: *una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.*

Alla velocità di 140 km/h il valore minimo è pertanto pari a 97,22 m, mentre per il tratto più prossimo allo svincolo/barriera di Filago il valore scende a 76.39 m.

Nessuna curva lungo il tracciato presenta valori di lunghezza inferiori ai minimi sopra esposti.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi di curvatura R_1 ed R_2 di due curve successive devono collocarsi nella zona “buona” di cui all’abaco successivo:



Tutte le curve del tracciato risultano tra loro coerenti con tale impostazione.

6.1.1.3.3 Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari

La pendenza minima trasversale in rettilineo è pari al valore 2,5% e le carreggiate sono ciascuna orientata con il ciglio più depresso verso l'esterno.

In curva circolare invece la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio. Il valore massimo per una strada tipo A è pari al 7%.

La relazione matematica che regola il valore di pendenza trasversale alla velocità di progetto e al raggio di curvatura della curva è espressa dalla seguente formula:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h];

R = raggio della curva [m];

q = pendenza trasversale/100;

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

Per la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente $f_{t \max}$, valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. $f_{t \max}$ per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. $f_t \max$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

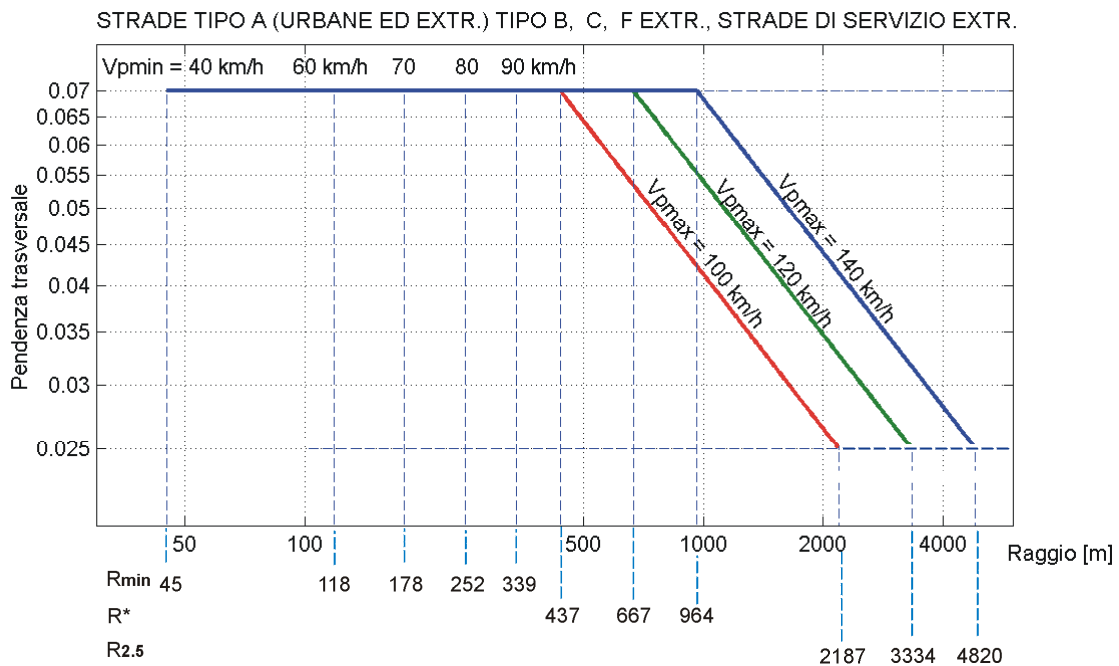
Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Assegnata la velocità di progetto esiste un valore di raggio minimo che corrisponde al valore calcolato con la formula precedente fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza trasversale massima (rispettivamente i valori 90 km/h e 0,07): per l'Autostrada Pedemontana Lombarda tale valore risulta 339 m.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore $R_{2,5}$ che per le autostrade risulta pari a 4.820 m si assume la pendenza trasversale pari al valore 2,5% come se si fosse in curva. Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale in rettilineo essendo

comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo: tale valore per l'Autostrada Pedemontana Lombarda risulta è pari a $R'=10.250$ m.

Per valori intermedi del raggio R inferiori a $R_{2,5}$ si fa riferimento alla figura seguente:



6.1.1.3.4 Curve a raggio variabile

Le curve a raggio variabile sono inserite tra due elementi a curvatura costante (tra curve circolari, ovvero tra rettilo e curva circolare) lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, se necessario, della larghezza trasversale della piattaforma.

Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e si rappresentano nella forma:

$$r \times s = A^2$$

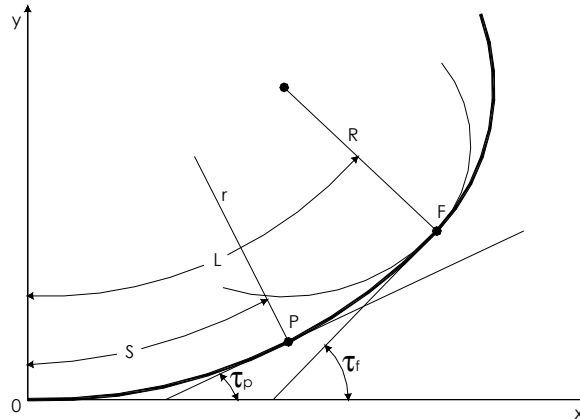
dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:



Le motivazioni legate all'inserimento lungo il tracciato di tali elementi a curvatura costante sono quelle di garantire:

- Una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccollo) contenuta entro valori accettabili;
- Una limitazione della pendenza (o sovrapendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- Una percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

Da quanto sopra, si evince che, per valori del raggio di curvatura pari a 10.250 m non sussistono più le condizioni necessarie all'inserimento delle curve a raggio variabile, in quanto nessuna variazione della pendenza trasversale risulta necessaria, mantenendo la sagoma stradale le stesse geometrie di quelle proprie del rettilo e l'accelerazione centrifuga non compensata assume valori estremamente bassi. Con nota approvata dalla Concedente CAL si è ritenuto pertanto che per valori di raggio di curvatura superiori a 10.250 m l'inserimento di curve di transizione si possa omettere. Tale impostazione trova anche fondamento in altre normative stradali come, ad esempio, quella della Svizzera che per raggi oltre il valore di 3.500 m non prescrive l'adozione di raccordi clotoidici, o come la Deliberazione di Giunta Regionale del 27-9-2006 della Regione Lombardia che limita tale raggio al valore 5.000 m per le strade con limite superiore della velocità di progetto maggiore di 120 km/h.

I criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile sono:

1. Criterio della limitazione del contraccolpo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a

$$A \geq 0,021 \times V^2;$$

2. Criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le seguenti formule:

- Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

- Nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

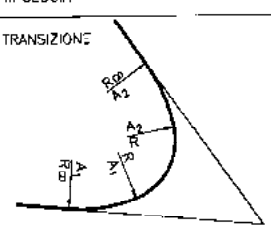
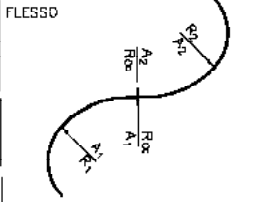

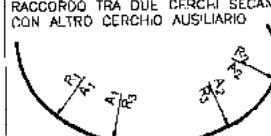
$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

3. Criterio ottico:

$$A \geq R/3 \quad (R_i /3 \text{ in caso di continuità})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

TIPOLOGIA	LIMITI
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$
	$R_2 \leq R_1$ $A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_2$
	$R_x \leq R_1$ R_x all'interno di R_1 <small>ma non concentrico</small> $A_{min} \leq A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_x$
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare oltre ai criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di più elementi vicini a formare casi particolari come la transizione (curva circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati), il flesso (curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettilo), la continuità (successione di curve circolari di verso uguale senza rettili intermedi) e il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

Tali casi sono rappresentati nella figura a fianco.

Oltre la barriera di Filago, il tratto di collegamento con l'interconnessione con la A4/ svincolo di Osio Sotto va considerato come un tratto di raccordo tra due svincoli, soggetto a limitazione della velocità secondo Codice della Strada in quanto a distanza inferiore a 2.000 m dalla barriera d'asse. Ne segue che le verifiche di cui al Decreto 5/11/2001 non sono cogenti.

6.1.1.3.5 Distanze di visibilità

Per distanza di visuale libera o di visibilità si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.

Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Nel caso di un'autostrada la distanza di visibilità per il sorpasso non va presa in considerazione in quanto si applica quando sulla stessa carreggiata ci sono veicoli marcianti in senso opposto.

Distanza di visibilità per l'arresto

La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m]$$

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]

V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

R_a = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

f_i = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione:

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

C_x = coefficiente aerodinamico

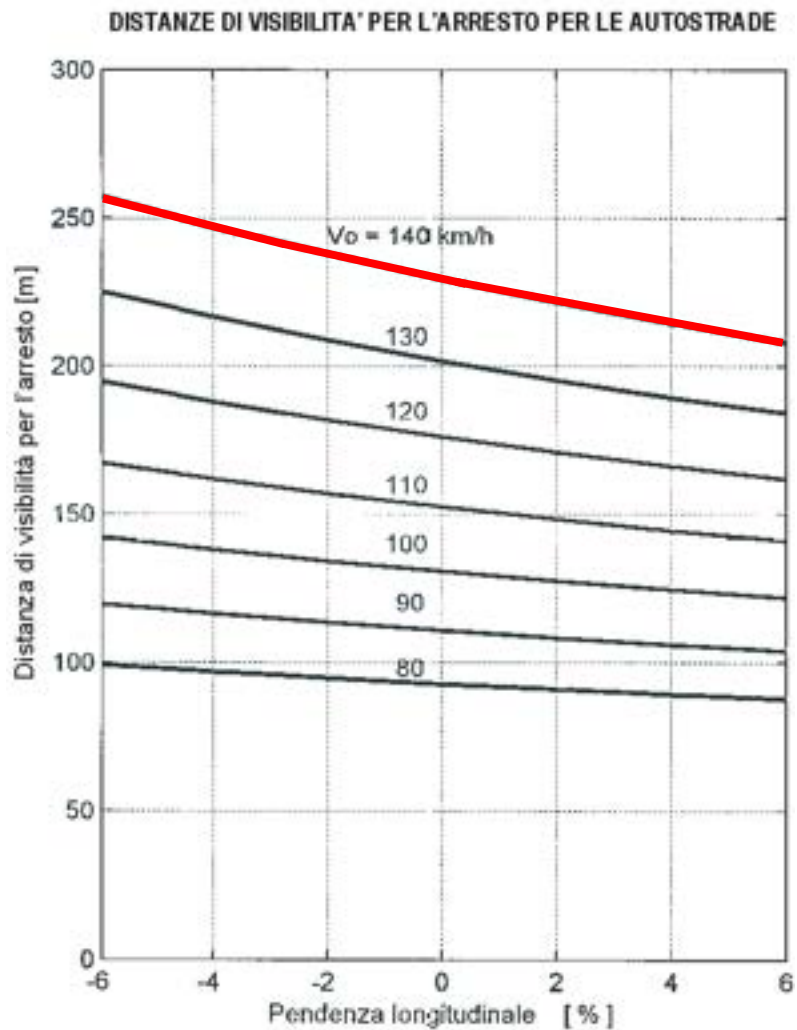
S = superficie resistente [m²]

ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m³]

Per f_i con riferimento alla categoria Autostrade la normativa dà i seguenti valori (compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata con spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f_i Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Inserendo i corretti valori dei diversi parametri, l'integrale si riduce ad una sommatoria in quanto la funzione integrando assume la forma "a gradini" e si determinano i valori così diagrammabili:



Distanza di visibilità per il cambio corsia

La distanza valuta lo spazio necessario all'utente a comprendere i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia (4 secondi). La formula empirica risulta:

$$D_c = 9,5 \times v = 2,6 V \quad [m]$$

dove:

v = velocità del veicolo in [m/s];

V in [km/h]

essendo v , V desunte puntualmente dal diagramma delle velocità.

La norma dapprima definisce questa distanza nel paragrafo 5.1.1 Visuali libere come:

Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Tuttavia la norma appare in un certo qual modo contraddittoria in quanto afferma anche che:

In presenza di più corsie per senso di marcia nonché in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, deviazioni ecc.) occorre assicurare la distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia.

Applicando correttamente la Norma il criterio in oggetto potrebbe pertanto essere applicato solo a quelli che definisce “punti singolari”, intendendo questi come le zone in prossimità degli svincoli e delle aree di servizio, dove la manovra di diversione in uscita comporta la possibilità del cambio di corsia. Non sono stati considerati come punti singolari le piazzole di sosta, in quanto tali elementi sono classificati come punti di emergenza, adeguatamente indicati con apposita segnaletica verticale e distanziati l'uno dall'altro, ai fini della sicurezza della circolazione, ad intervalli di circa 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia, secondo quanto richiesto nel Decreto 5/11/2001.

Per la progettazione stradale la società Autostrada Pedemontana Lombarda ha prospettato in apposita nota alla Concedente CAL tali aspetti, proponendo di applicare la verifica della distanza di visibilità per il cambio corsia in prossimità di tutti i punti ove si realizzi una manovra di uscita dall'asse autostradale. Per quanto riguarda il criterio di calcolo si propone di verificare sempre la distanza di cambio corsia con l'altezza dal piano stradale di $h=1,10$ m, ritenendo che si debba trapiantare il veicolo in uscita che può influenzare la manovra stessa di cambio corsia del veicolo che sta sorpassando.

Tale impostazione è stata successivamente approvata dalla Concedente.

6.1.1.4 Geometria dell'asse stradale: andamento altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per una strada classificata come A Autostrada Urbana la pendenza massima adottabile risulta pari al valore 5% in ambito extraurbano.

Il valore massimo della livelletta della Tratto D "Lunga" dell'Autostrada Pedemontana Lombarda è pari a 2,70%, raggiunto una sola volta e per un tratto molto breve di lunghezza 418 m compresi i raccordi, quindi inferiore al valore limite della normativa.

Inoltre nel caso di autostrada in corrispondenza di gallerie al fine di contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi, non superare in galleria la pendenza del 4%, e ancor meno nel caso di lunghe gallerie in relazione ai volumi ed alla composizione del traffico previsto. Per i tratti in galleria il valore massimo di pendenza longitudinale risulta pari a 1,18% quindi inferiore al valore limite della normativa.

Per i raccordi verticali si distinguono raccordi concavi e convessi, che vanno dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità, già discusse. I raccordi sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100} \quad [m]$$

dove Δi è la variazione di pendenza percentuale delle livellette da raccordare ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Fissata la distanza di visuale libera che si vuole verificare lungo lo sviluppo del tracciato, le formule per il caso convesso sono:

- Se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \times (h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2})}$$

- Se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2}}{\Delta i} \right]$$

Si pone da norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso si pone $h_2 = 0,10$ m.

Per il caso concavo ponendo $h = 0,5$ m e $\theta = 1^\circ$ sono:

- Se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2(h + D \sin \vartheta)}$$

- Se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - \frac{100}{\Delta i} (h + D \times \sin \theta) \right]$$

Con questi metodi di calcolo si ottengono i valori minimi, ma spesso nella pratica progettuale si ottengono valori più elevati dettati dalla ricerca di un andamento altimetrico che rispetti i limiti e vincoli al contorno (per i convessi dell'ordine di 15.000-20.000 m, per i concavi con le piccole variazioni di pendenza i valori minimi non hanno limite inferiore): nel caso della Tratta D "Lunga" della Pedemontana Lombarda infatti si trovano valori sempre superiori con i seguenti valori nel tratto tra la progressiva km 0+000 e la barriera di Filago (mentre nel tratto di raccordo tra la barriera di Filago e lo svincolo di Osio Sotto/Interconnessione con la A4 si trovano valori minori in quanto da Codice della Strada tale tratto è soggetto ad un limite di velocità in quanto si trova ad una distanza dalla barriera d'asse inferiore a 2.000 m e comunque collega due svincoli tra di loro):

- raggio convesso minimo 35.000 m
- raggio convesso massimo 65.000 m
- raggio concavo minimo 25.000 m
- raggio concavo massimo 50.000 m.

Nel tratto tra la barriera di Filago e lo svincolo di Osio Sotto/interconnessione con la A4 si trovano alcuni raccordi che presentano valori di 20.000 m per i convessi e 5.000 e 10.000 per i concavi.

6.1.1.5 Diagramma di velocità

Poiché lungo tutto lo sviluppo del tracciato le curve circolari presentano valori del raggio superiori al minimo pari a 964 m che corrisponde alla velocità di progetto 140 km/h, il diagramma di velocità risulta piatto su tale valore. Come verrà illustrato nei paragrafi relativi agli svincoli, il sistema di esazione prevede in corrispondenza dello svincolo di Filago una barriera di esazione lungo l'asse principale. Tale elemento costituisce un punto dove le velocità reali si discostano da quelle puntuali desunte dal diagramma di velocità, valendo in questo caso le imposizioni legate al Codice della Strada che prevede il segnalamento a 2.000 m dalla barriera ed un limite di velocità di 110 km/h. Ne consegue che da 2.000 m ad ovest della barriera e nel tratto di raccordo con l'interconnessione A4/svincolo e barriera di Osio Sotto le verifiche di visibilità debbano essere condotte con tale assunzione.

6.1.1.6 Allargamenti per la visibilità

Con gli andamenti planimetrici ed altimetrici prima descritti, sulla base delle sezioni tipo e degli elementi marginali previsti lungo lo sviluppo del tracciato, sono stati costruiti graficamente e verificati gli allargamenti necessari per garantire all'utente in transito le necessarie distanze di visibilità.

Per quanto riguarda la visibilità per l'arresto questa è stata garantita sull'intero sviluppo del tracciato, intervenendo con allargamenti oltre la banchina in sinistra (larghezza 0,70 m) e la corsia d'emergenza (larghezza 3,00 m) ove questo risulti necessario.

Le verifiche sono state condotte per entrambi gli assi percorsi nel senso di marcia.

Per quanto riguarda la distanza di visibilità per il cambio corsia da verificare in corrispondenza delle manovre di diversione, si è concluso che per tutte le manovre di diversione in corrispondenza degli svincoli di Bellusco e Cornate d'Adda per una velocità di 140 km/h, e di Filago per una velocità di 110 km/h risultano verificate.

Per lo svincolo di Osio Sotto e interconnessione A4 tale verifica non viene condotta in quanto appartengono ad un sistema di svincolo per il quale le verifiche di cui al Decreto 5/11/2001 non sono cogenti, come già detto nel capitolo dell'andamento planimetrico.

6.1.2 Interconnessioni e svincoli – Criteri progettuali

6.1.2.1 Aspetti normativi

Per la progettazione degli svincoli l'unico documento nazionale con valore prescrittivo è il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”*, il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Tuttavia per i progetti inseriti nei programmi della Legge Obiettivo n. 443/2001 la norma sulle intersezioni stradali non è applicabile se questi sono stati redatti prima dell'entrata in vigore delle norme stesse: l'Autostrada Pedemontana Lombarda rientra in tale categoria in quanto il progetto preliminare è stato approvato con Delibera CIPE n. 77 del 29/03/2006.

Infatti il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 recita all'art. 2 comma 4:

Le norme allegate non si applicano alle intersezioni in corso di realizzazione ed a quelle per le quali, al momento della sua entrata in vigore, sia già stato redatto il progetto definitivo, ovvero il progetto preliminare nel caso di opere inserite nei programmi della legge n. 443 del 21 dicembre 2001.(...).

Si pone pertanto la problematica di come progettare e dimensionare gli elementi compositivi delle intersezioni e degli svincoli, ricercando nell'usuale legislazione (per quanto potrebbe anche essere non cogente) e nella pratica progettuale i metodi con i quali eseguire i calcoli del caso.

Nell'affrontare la progettazione di uno svincolo si pongono innanzitutto le questioni legate al dimensionamento dei tratti di rampe di accelerazione e decelerazione, sia per quanto concerne il loro sviluppo longitudinale sia per le dimensioni trasversali delle sezioni stradali, oltre alla definizione degli elementi geometrici delle rampe di svincolo.

Ferma restando la non cogenza del D.M. 19 aprile 2006, è stata assunta come normativa di riferimento minimo di progettazione quella di cui alla D.G.R. della Regione Lombardia n. 8/3219 del 27-09-2006 *“Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti”* (di seguito R.L.).

In casi eccezionali, a favore di sicurezza, è stato utilizzato, per le corsie di accelerazione, il criterio adottato da alcune Concessionarie autostradali che hanno sviluppato un metodo di dimensionamento basato sulle raccomandazioni del CNR n. 90/1983 e che integra alcuni

aspetti della normativa di Regione Lombardia. Detto criterio, più favorevole – in termini cinematici - per le corsie di decelerazione, si discosta da quanto previsto nella normativa della Regione Lombardia nel calcolo delle corsie di accelerazione per i seguenti due punti:

1. Il valore dell'accelerazione per la manovra di immissione viene aumentato da 1 m/s^2 a 1.2 m/s^2 .

L'incremento a $1,2 \text{ m/s}^2$ è ammissibile se si valuta che, durante la fase di accelerazione, gli utenti utilizzino il cambio e possano variare il valore dell'accelerazione in funzione delle condizioni di traffico sulla corsia di marcia lenta.

2. Il valore della V_2 per la manovra di immissione viene ridotta allo $0,6 V_p$ (velocità di progetto dell'asta principale desunta dal diagramma delle velocità). Tale riduzione prevede che, per una V_p di 140 km/h , la velocità alla fine del tronco di immissione sia pari a 84 km/h anziché pari a 105 km/h ($0,75 V_p$). Il valore proposto di 84 km/h è in linea con misurazioni sperimentali delle velocità operative su autostrade nazionali.

Di seguito si analizzano invece i criteri generali per la definizione delle caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo.

6.1.2.2 Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo

I complessi sistemi di svincolamento di progetto necessitano un'attenta verifica della congruenza degli elementi geometrici in relazione agli intervalli di velocità fissati.

A tal proposito le norme indicano, per le diverse tipologie di rampe, intervalli cinematici definiti, come di seguito schematizzato:

Velocità di progetto per le diverse tipologie di rampe		
Tipi di rampe	Incroci A/A, A/B, B/A	Incroci A/C, B/B, C/A, C/B
Curvilinea diretta	50-80 km/h	40-60 km/h
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	40-60 km/h
Curvilinea indiretta	in uscita da A: 40 km/h in entrata su A: 30 km/h	in uscita: 40 km/h in entrata: 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

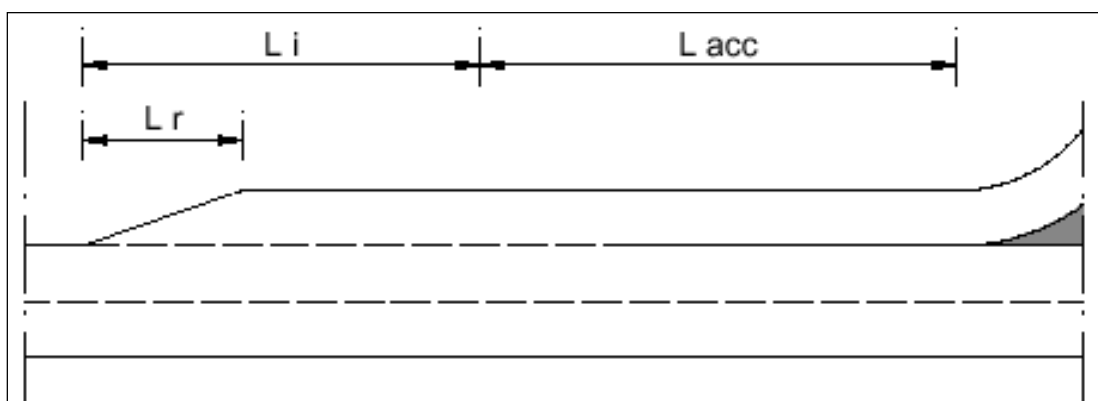
Come si può notare le velocità di riferimento variano tra un minimo di 30 km/h a un massimo di 80 km/h, tuttavia, come criterio generale, si tende ad assumere valori cinematici dell'ordine del 60-70% delle velocità di progetto dell'asse principale.

Inoltre, per la parametrizzazione geometrica dei singoli elementi planoaltimetrici costituenti il nodo, la norma suggerisce, in base alla velocità di progetto del singolo elemento, i valori da adottare come indicato nella seguente tabella:

Caratteristiche plano-altimetriche delle rampe						
Velocità di progetto	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo (m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita (%)	7,0		5,0			
Pendenza max discesa (%)	8,0		6,0			
Raggi minimi verticali convessi (m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi (m)	250	500	750	1000	1400	2000
Pendenza trasversale minima (%)	2,5					
Pendenza trasversale max (%)	6,0					
Visibilità longitudinale minima (m)	25	35	50	70	90	115

6.1.2.3 Corsie di accelerazione

6.1.2.3.1 Metodo Regione Lombardia



Regolamento Regione Lombardia: Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

Dove:

- Tronco di accelerazione L_{acc} ;
- Tronco di immissione L_i , comprensivo del tronco di raccordo L_r

La lunghezza del tratto di accelerazione L_{acc} viene calcolata in questo caso utilizzando la seguente espressione:

$$L_{acc} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \cdot \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

con:

- L_{acc} [m] è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 [km/h] velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:
 - nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso della strada sulla quale la corsia si immette, per le strade esistenti;
 - $0,75 V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di immissione nel flusso veicolare assumibile con velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]);
- V_2 [km/h] velocità di progetto corrispondente al raggio R della curva della rampa di provenienza;
- a accelerazione assumibile fino a 1 m/s^2 ;
- i pendenza longitudinale.

Si prevede di usare per il tratto di accelerazione anche la clotoide. Tale indicazione viene riportata sia nella Norma CNR 90/83 sia nel citato D.M. 2006. Analogamente la normativa regionale consente di considerare la clotoide in uscita come parte del tratto di accelerazione. La lunghezza di immissione è stata fissata in 150 m, composti per 75 m da un tratto parallelo e 75 m dal tronco di raccordo. Sono state inoltre condotte le verifiche dello sviluppo del tratto di immissione sulla base dei flussi di traffico attesi nell'ora di punta (con orizzonte temporale

2015). Si può pertanto considerare nullo il valore di L_i fino a flussi nell'ora di punta pari a 800 veic/h.

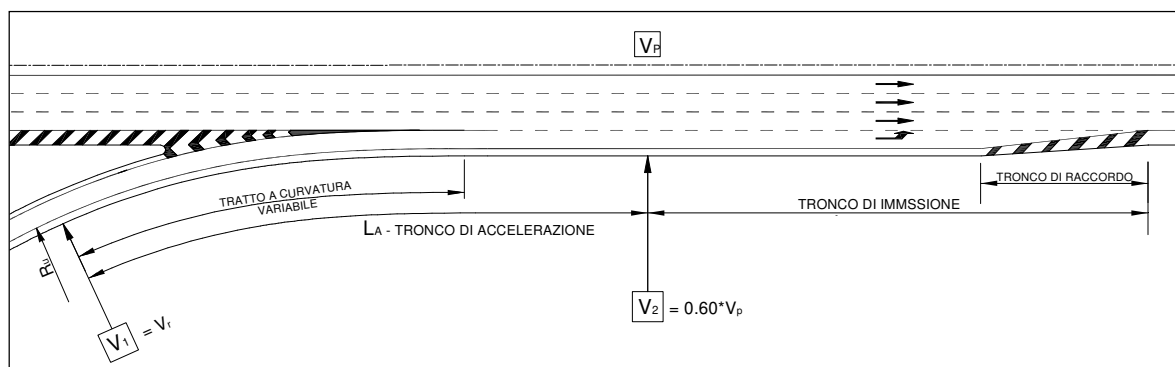
Per valori superiori la lunghezza di immissione è data da:

$$L_i = \frac{N - 800}{100} \cdot V_1$$

con:

- N = flusso della corrente principale dove si immette la corsia [veic/h]. In caso di strada a più corsie si assume N pari a:
 - per 2 corsie: 60% del flusso complessivo della corrente principale;
 - per 3 corsie: 40% del flusso complessivo della corrente principale;
 - per 4 corsie: 30% del flusso complessivo della corrente principale;

6.1.2.3.2 Metodo modificato



Metodo "modificato": Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

Dove:

- Tronco di accelerazione L_A ;
- Tronco di immissione L_{imm} , comprensivo del tronco di raccordo L_R quest'ultimo pari a 75 m.

La lunghezza del tronco di accelerazione L_A viene calcolata mediante la seguente espressione:

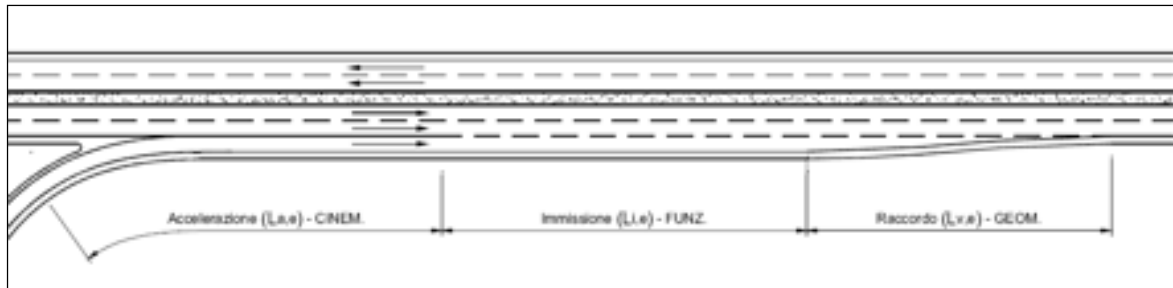
$$L_A = \frac{V_2^2 - V_1^2}{26 * (a \pm \frac{i}{10})}$$

con:

- L_A (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è la velocità all'inizio del tronco di accelerazione (per V_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- V_2 (km/h) è la velocità alla fine del tronco di accelerazione, pari a $0,6 * V_p$ (velocità di progetto dell'asta principale desunta dal diagramma delle velocità);
- a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1,2 m/s²;
- i pendenza longitudinale in percentuale.

Al fine di agevolare la manovra di immissione dei veicoli in autostrada, il tratto parallelo (quindi escluso il tratto di raccordo) dovrà presentare una lunghezza minima pari a 225 m. La lunghezza L_{imm} viene assunta al minimo pari a 100 m.

6.1.2.3.3 DM 19 Aprile 2006



DM 19/04/2006: Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

con:

- Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$ la cui lunghezza si determina in base a criteri cinematici;
- Tratto di immissione di lunghezza $L_{i,e}$ da dimensionare secondo criteri funzionali. Gli elementi e i parametri da determinare sono in funzione della domanda di traffico riferita al periodo di punta di progetto;
- Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$ la cui lunghezza si determina in funzione della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Per $V_p > 80$ km/h $L_{v,e}$ è pari a 75 m.

La lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

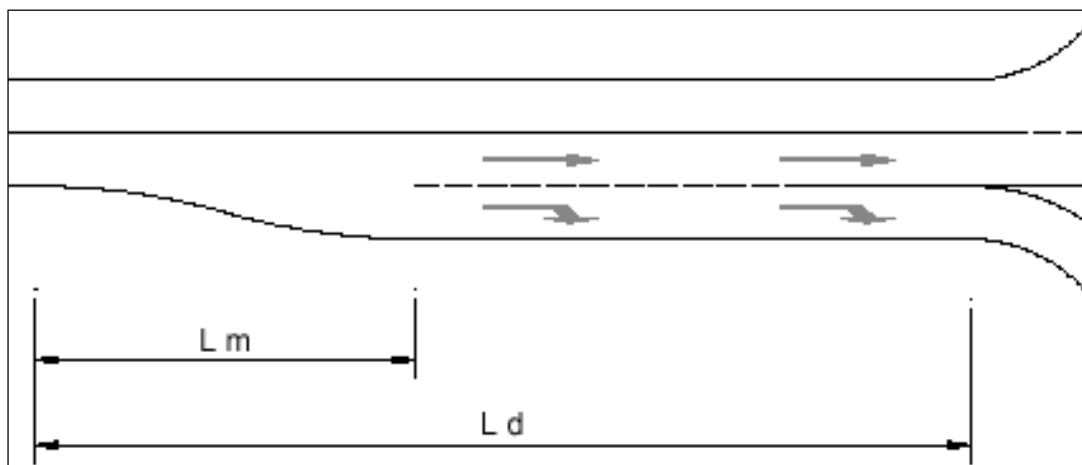
$$L_{a,e} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

con:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è pari all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Questa velocità va determinata dal diagramma di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- V_2 (km/h) è la velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata (per V_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- a (m/s^2) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a $1.0 m/s^2$.

6.1.2.4 Corsie di decelerazione

6.1.2.4.1 Metodo Regione Lombardia



Regolamento Regione Lombardia: Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

Dove:

- Tratto di manovra L_m la cui lunghezza si determina in base alla velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia; per valori di velocità di progetto uguali o superiori a 80 km/h, L_m risulta pari a 75 m;
- Tratto di decelerazione di lunghezza L_d (comprendente anche tutta la lunghezza del tratto di manovra L_m).

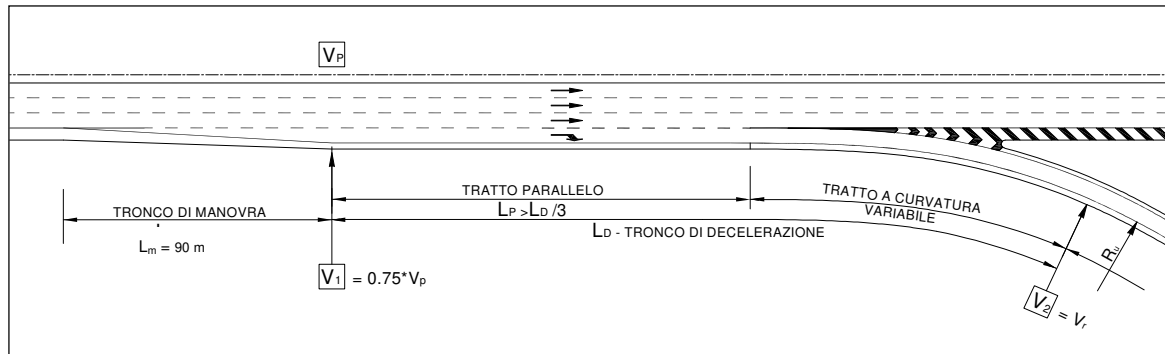
La lunghezza del tratto di decelerazione L_d viene calcolata in questo caso utilizzando la seguente espressione:

$$L_d = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \cdot \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

Con:

- L_d (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è la velocità dei veicoli del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, assunta pari a $0.75 V_p$, con V_p velocità di progetto nella corsia considerata;
- V_2 (km/h) 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/s²) è la decelerazione assunta per la manovra pari a 2,5 m/s²;
- i (%) è la pendenza longitudinale del tratto interessato dalla manovra di diversione.

6.1.2.4.2 Metodo modificato



Metodo "modificato": Modalità di costruzione delle corsie di decelerazione

Dove:

- Tronco di manovra L_m di lunghezza minima mai inferiore a 30 m;
- Tronco di decelerazione L_D , avente inizio al termine del tronco di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita.

La lunghezza del tronco di manovra L_m può essere assunta pari a 90 m. La lunghezza del tronco di decelerazione L_D deve essere 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 tronco di decelerazione L_D viene calcolata pertanto mediante un criterio cinematico utilizzando la seguente espressione:

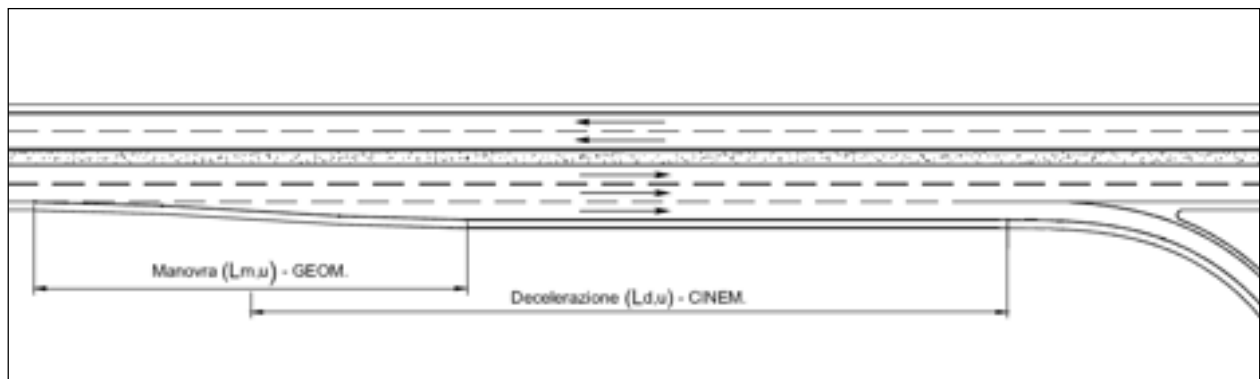
$$L_D = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 * (a \pm \frac{i}{10})}$$

con:

- L_D (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è la velocità di ingresso nel tronco di decelerazione pari a $0,75 \cdot V_p$ (V_p =velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità);
- V_2 (km/h) 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 $2 m/s^2$;
- i pendenza longitudinale in percentuale.

La lunghezza minima di tale tratto parallelo L_p viene assunta pari a 100 m.

6.1.2.4.3 DM 19 Aprile 2006



DM 19/04/2006: Modalità di costruzione delle corsie di decelerazione

La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ deve essere 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 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 (km/h) è la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dal diagramma di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- V_2 (km/h) 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/s²) è la decelerazione assunta per la manovra, per strade di tipo A pari a 3 m/s²

6.1.2.5 Confronto tra i vari metodi

In sintesi si riporta di seguito il quadro sinottico di confronto (con l'assunzione di $i=0\%$) tra il metodo modificato, il metodo proposto dalla Regione Lombardia e il D.M. 5/11/2006:

Accelerazione				
Velocità curva svincolo [km/h]	Raggio curva svincolo [m]	Lunghezza [m]		
		DM 2006	RL	METODO MODIFICATO
40	45	647,20	512,50	320,00
50	75	612,50	477,90	300,00
60	120	570,10	435,60	300,00
70	180	519,90	385,60	300,00
80	250	462,00	327,90	300,00

Decelerazione				
Velocità curva svincolo [km/h]	Raggio curva svincolo [m]	Lunghezza [m]		
		DM 2006	RL	METODO MODIFICATO
40	45	276,50	145,00	271,00
50	75	264,90	131,20	253,90
60	120	250,80	114,20	232,80
70	180	234,00	94,20	190,00
80	250	214,00	71,20	190,00

Dal confronto (metodo della Regione Lombardia, metodo “modificato” e metodo Decreto Ministeriale 19 aprile 2006) si desume che pur avendo in comune un modello di calcolo che si basa sulla variazione cinematica di velocità i valori differiscono tra di loro.

Nel caso della Tratta D “Lunga” è stato generalmente possibile raccordare le piste di accelerazione con raggi in ingresso tali da consentire velocità di progetto di 70-80 km/h; si rileva che in questo caso in accelerazione i valori numerici del metodo R.L. danno valori maggiori ma comunque confrontabili con il metodo modificato, mentre per le corsie di decelerazione il metodo modificato permette di avere lunghezze sempre maggiori con più elevati margini di sicurezza.

In osservanza delle prescrizioni della Concedente, le corsie di accelerazione sono state pertanto dimensionate sulla base del Regolamento della Regione Lombardia, adottando i minimi consigliati dal modificato solo laddove questi ultimi risultino migliorativi o nel caso in cui particolari vincoli costruttivi o territoriali impongano delle limitazioni agli sviluppi di corsia. Per le corsie di decelerazione si sono generalmente applicati i minimi consigliati dal metodo modificato, più cautelativi rispetto agli esiti del calcolo effettuato sulla base del Regolamento Regione Lombardia.

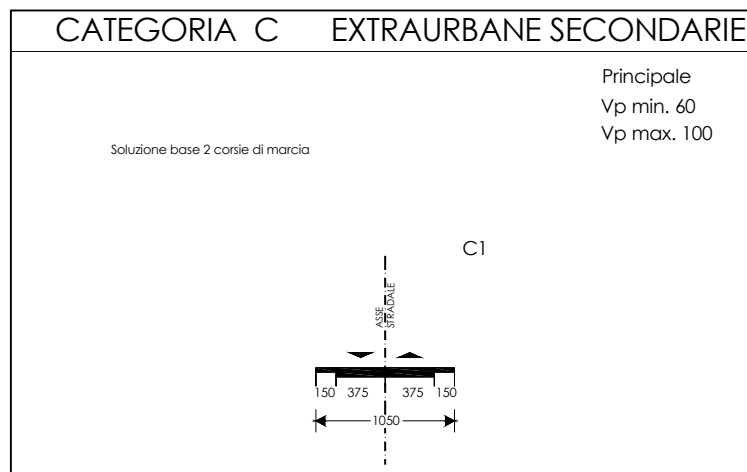
6.1.3 Opere connesse e viabilità interferente con le esistenti

A completamento del sistema autostradale pedemontano il progetto prevede una serie d'interventi derivanti dal “Documento di indirizzi regionali del luglio 2002” denominati “Opere Connesse”. Si tratta di interventi stradali che permettono il collegamento della rete stradale esistente al sistema viabilistico costituito dalla nuova autostrada e relativi svincoli: tali opere hanno seguito una continua evoluzione, anche nel corso del progetto definitivo, a seguito di una ottimizzazione tesa ad una maggiore rispondenza alle esigenze del territorio.

Le viabilità connesse della tratta D sono:

- Opera TRMI12 nei comuni di Bernareggio, Aicurzio e Vimercate;
- Opera TRMI14 nel comune di Vimercate;
- Opera TRBG01 nei comuni di Capriate San Gervasio e Bottanuco;
- Opera TRBG03 nei comuni di Filago, Madone, Bonate Sotto, Bonate Sopra, Chignola d'Isola, Terno d'Isola ;
- Opere TRBG09 nel comune di Boltiere.

Dal punto di vista funzionale, per tali viabilità, secondo il D.M. 5/11/2001, è stata prevista l'adozione di una sezione tipo C, Strade Extraurbane Secondarie, con intervallo di velocità di progetto pari a 60-100 km/h.



6.1.3.1 Andamento planimetrico

Ciascuna viabilità è stata progettata prevedendo una successione di archi e rettili che consentono una velocità compresa tra gli 80 e i 100 km/h, con differenze di velocità che non superano i 10 km/h nel passaggio da tratti caratterizzati da V_{pmax} a curve a velocità inferiore e i 20 km/h nel caso di curve successive. In prossimità delle intersezioni a rotatoria, presenti lungo i tracciati delle viabilità connesse, sono state previste curve di raggio ridotto per consentire un corretto e sicuro rallentamento prima dell'arrivo in rotatoria.

Per le viabilità connesse, come per l'asse principale, la verifica degli elementi geometrici è stata condotta secondo quanto specificato dalle normative vigenti.

Infatti, per quanto riguarda la definizione della lunghezza massima e minima dei rettifili il calcolo è stato condotto secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001 in funzione della velocità di progetto. Il valore massimo è dovuto all'esigenza di evitare il superamento della velocità da Codice della strada, la monotonia e la difficile valutazione delle distanze. Il calcolo è stato effettuato con la seguente formula:

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}} \text{ [m]}$$

Nel caso di una strada tipo "C", essendo la $V_{p, \max} = 100 \text{ km/h}$, la lunghezza massima è di 2.200 m.

La lunghezza minima del rettifilo è invece fissata in funzione della capacità di percezione dell'utente. La norma, in base ai valori della velocità di percorrenza desunta dal diagramma di velocità, fissa tali valori come riportato nella tabella seguente:

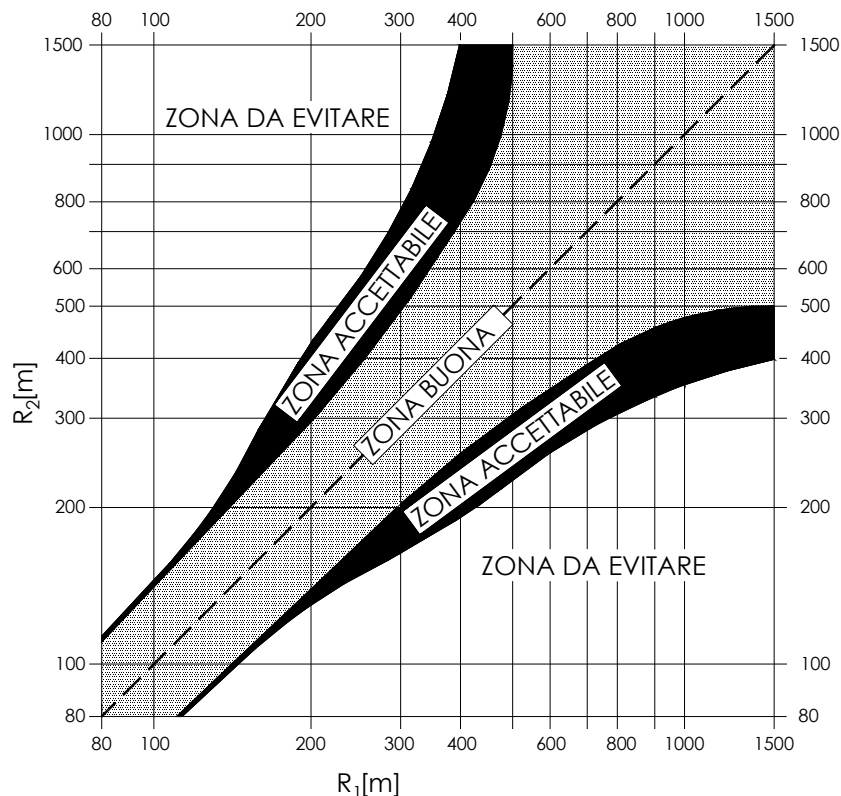
Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Solo nei casi in cui un rettifilo s'inserisce all'interno di un flesso, le regole del requisito minimo non sono più valide, ma vale la regola espressa dalla seguente formula:

$$L_{\max} = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

Per le curve circolari, come per il tracciato principale, è stato verificato che lo sviluppo dell'elemento geometrico fosse di lunghezza tale da essere percepito dall'utente. Ne è risultato che per la viabilità connessa in oggetto, alla velocità massima di 100 km/h, il valore minimo che deve avere l'elemento circolare è pari a 69.44 m.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi deve rientrare all'interno della zona "buona" del seguente diagramma:



Le pendenze trasversali sono state calcolate, come per l'asse principale, in base alle prescrizioni di legge, fissando il valore in rettilo al 2,5% con le carreggiate orientate verso il ciglio esterno e pendenza massima in curva, con la piattaforma inclinata verso l'interno, pari al 7%. In funzione al raggio di curvatura, alla velocità di percorrenza e alla pendenza longitudinale sono state calcolate le pendenze per i singoli elementi.

Tra i rettili e le curve a raggio costante sono stati inseriti raccordi clotoidici verificati per il singolo caso in funzione ai diversi criteri illustrati nella norma:

1. Criterio della limitazione del contraccollo;
2. Criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata;
3. Criterio ottico.

Per garantire la visibilità per l'arresto in ottemperanza al D.M. 05/11/2001, laddove necessario, è stato previsto l'allargamento della piattaforma stradale; in ogni caso nelle

sezioni in rilevato in cui il dislivello tra il colmo dell'argine ed il piano campagna è inferiore ad un metro, secondo quanto previsto nel Decreto del 21/06/2004, non è stato previsto l'inserimento di barriere di sicurezza e pertanto non sono necessari allargamenti della piattaforma in quanto, non essendo più presente l'ostacolo fisso, non si hanno problemi di visibilità.

6.1.3.2 Andamento altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per le viabilità connesse la pendenza massima adottabile è pari al 7%. I valori massimi delle livellette sono riportati nei paragrafi seguenti per le singole viabilità e in tutti i casi vengono rispettati i limiti da normativa.

Per i raccordi verticali, che si distinguono in concavi e convessi, il dimensionamento è stato condotto in relazione alle distanze di visibilità e alle pendenze della tratta; sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale.

Con il calcolo si ottengono valori minimi ma spesso nella pratica progettuale si inseriscono valori più elevati dettati dalla ricerca di un andamento altimetrico che rispetti i limiti e vincoli al contorno.

6.2.1 Asse principale – Criteri progettuali

6.2.1.1 Aspetti normativi

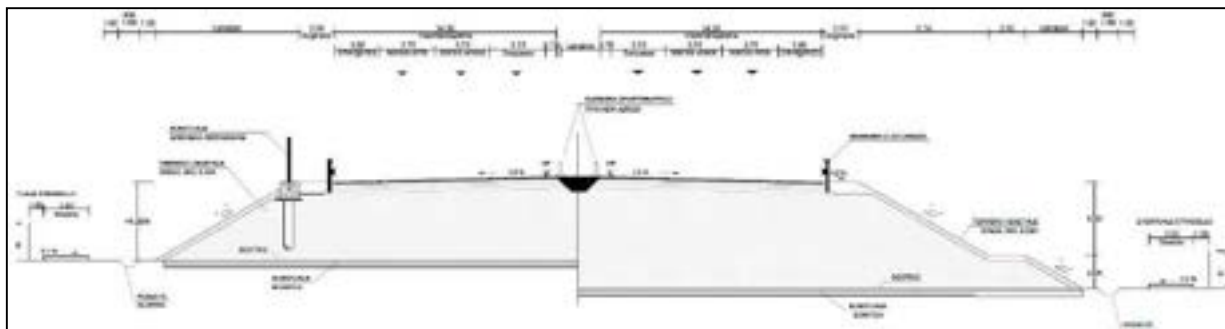
Sulla base di quanto definito dal Decreto sopra citato e della categoria stradale della viabilità in progetto è stato definito l'intervallo della velocità di progetto in funzione del quale vengono definite tutte le caratteristiche plano-altimetriche di tracciato come nel seguito meglio definite.

In coerenza con la fase progettuale dell'incarico oggetto della seguente relazione sono stati definiti criteri e scelte progettuali come nel seguito illustrate.

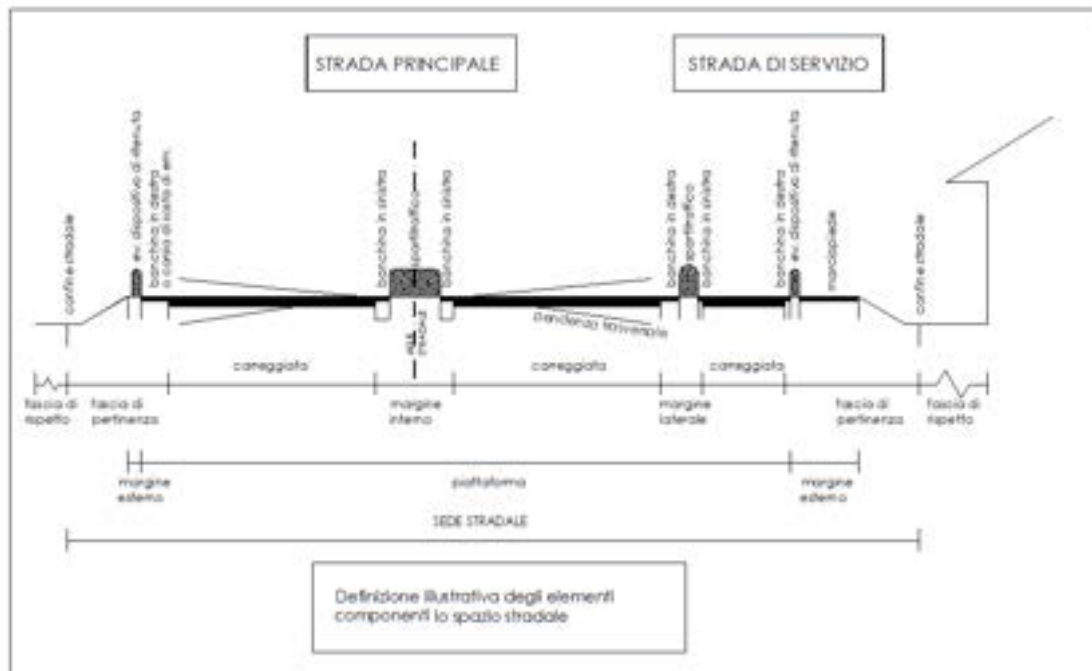
6.2.1.2 Sezione stradale tipo

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (ex art. 2 del Codice della Strada), l'Autostrada Pedemontana Lombarda è classificata come appartenente alla *Rete Primaria*, trattandosi di un'Autostrada Urbana Tipo A con intervallo delle velocità di progetto pari a 80-140 km/h.

Lo stesso Decreto stabilisce quale sia l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, intendendo che tale configurazione sia da intendersi come la minima prevista dal Codice della Strada, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori come per esempio la larghezza minima dello spartitraffico che deve essere adeguata per consentire il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza adottate.



Gli elementi compositivi della sezione trasversale sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5 novembre 2001:



La sezione trasversale risulta composta da 2 carreggiate ciascuna composta da n. 3 corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m, separate da un margine interno minimo di larghezza pari a 4,14 m composto da uno spartitraffico minimo di 2,74 m e da n. 2 banchine in sinistra di larghezza minima di 0,70 m.

Le carreggiate prevedono inoltre una corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m.

I valori dello spartitraffico e delle banchine in sinistra sono da intendersi minimi, in quanto per necessità legate alla verifica delle distanze di visibilità tali valori possono subire degli incrementi come di seguito specificato.

Nella sezione ordinaria pertanto la piattaforma stradale risulta avere una sezione minima pari a 32,64 m.

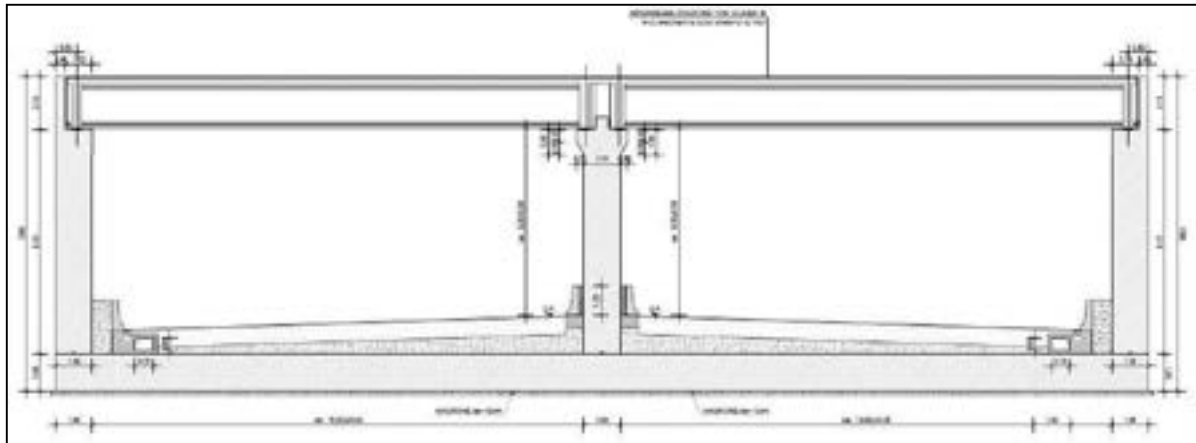
Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico S SD DD000 GE03 000 ST 003 A.

Gli elementi marginali, come cigli e cunette, sono stati progettati tenendo conto che il progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede il collettamento e trattamento delle acque di piattaforma dell'asse principale e degli svincoli: ne consegue che gli elementi del margine esterno presentano una larghezza tale da ospitare l'insieme di caditoie, pozzetti

e tubazioni dedite a tale funzione, oltre a prevedere un apposito spazio per gli impianti di linea (illuminazione, cablaggio, ecc.).

Le dimensioni del margine esterno sono pari a 2,50 m sia in trincea che in rilevato.

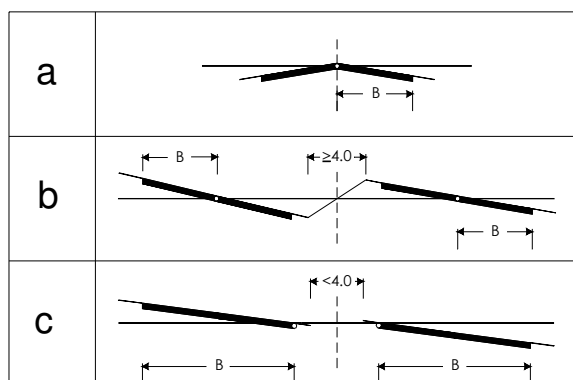
A titolo esemplificativo si riporta di seguito la sezione della galleria artificiale (S SD DD000 GE03 000 ST 001 A



L'idraulica di piattaforma e i tipologici costruttivi sono illustrati negli elaborati specifici.

6.2.1.3 Geometria dell'asse stradale: andamento planimetrico

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile. Trattandosi di un'autostrada lo studio dell'asse planimetrico prevede due assi separati posizionati sull'interno di ciascuna carreggiata, secondo la tipologia "c" prevista nella seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001:



Per ciascun asse è stato eseguito il tracciamento planimetrico con la convenzione che l'andamento crescente delle progressive segue la direttrice nord-sud. Si è previsto per quanto riguarda le sezioni trasversali la loro suddivisione tra la carreggiata in direzione sud, nel seguito denominata semplicemente Carreggiata Sud e la carreggiata in direzione nord nel seguito denominata semplicemente Carreggiata Nord. La loro numerazione segue l'andamento crescente convenzionalmente scelto per il tracciamento e sono state individuate, considerando la fase progettuale in cui siamo, ai fini della definizione del profilo altimetrico. Dato che la Tratta D "breve", oggetto della seguente relazione tecnica, continua planimetricamente la Tratta C della Pedemontana Lombarda che costituisce per la progettazione in essere un dato acquisito, il tracciamento degli assi autostradali partirà, ai fini del tracciamento e relative verifiche, prima della pk 0+000 della Tratta D "Breve" (per la precisione pk -0+167), in quanto il primo elemento base del tracciamento svolto costituisce un'integrazione dell'ultimo elemento base del tracciamento degli assi della Tratta C.

6.2.1.3.1 Rettifili

Per questi elementi compositivi dell'asse planimetrico, il Decreto 5/11/2001 fissa dei valori limite, superiore e inferiore, in funzione della velocità massima di progetto.

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare il superamento delle velocità da Codice della Strada, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna; tale valore si calcola con la formula:

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}} \text{ [m]}$$

che per un'Autostrada classificata come A con $V_{p,max}=140$ km/h risulta pari a 3.080 m.

Tutti i rettifili presenti lungo il tracciato non raggiungono mai questo valore limite superiore.

Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente (per Velocità si intende la velocità desunta dal diagramma di velocità):

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Considerata la geometria del tracciato in progetto la velocità desumibile dal diagramma di velocità risulta mantenersi costantemente livellata sul valore di 140 km/h pertanto la lunghezza minima dei rettifili lungo il tracciato in esame non può essere inferiore ai 360 m.

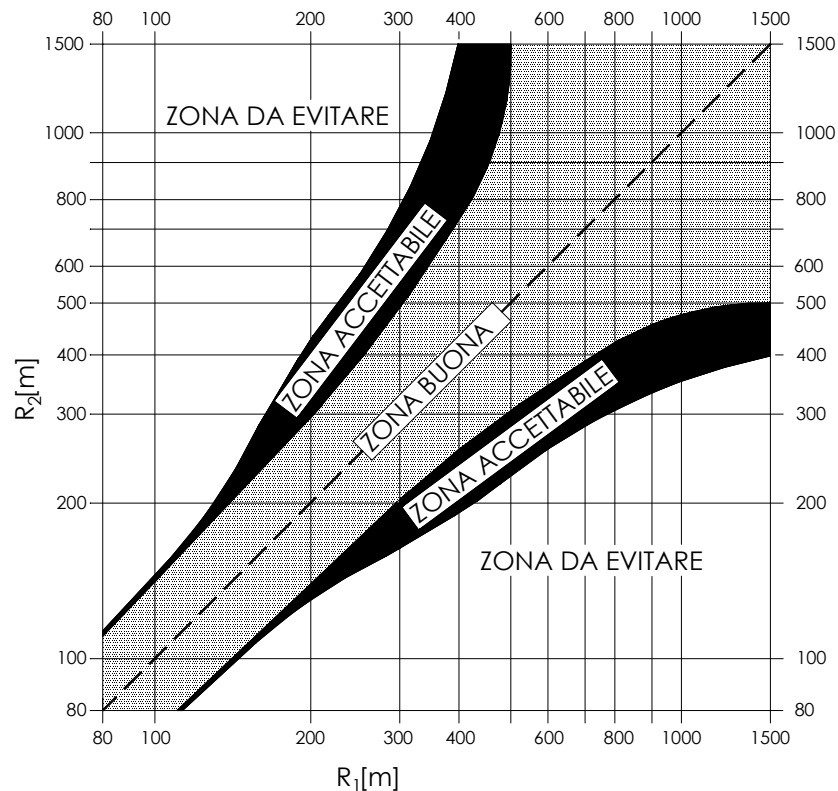
6.2.1.3.2 Curve circolari

Anche per le curve circolari la normativa impone dei valori minimi per permettere all'utente la percezione dell'elemento curvilineo; infatti il decreto recita che: *"..una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.."*

Alla velocità di 140 km/h il valore minimo è pertanto pari a 97,22 m.

Nessuna curva lungo il tracciato presenta valori di lunghezza inferiori ai minimi sopra esposti.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi di curvatura R1 ed R2 devono collocarsi nella zona "buona" di cui all'abaco successivo:



Tutte le curve del tracciato risultano tra loro coerenti con tale impostazione.

6.2.1.3.3 Pendenze trasversali nei rettili e nelle curve circolari

La pendenza minima trasversale in rettilo è pari al valore 2,5% e le carreggiate sono ciascuna orientata con il ciglio più depresso verso l'esterno.

In curva circolare invece la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio. Il valore massimo per una strada tipo A è pari al 7%.

La relazione matematica che regola il valore di pendenza trasversale alla velocità di progetto e al raggio di curvatura della curva è espressa dalla seguente formula:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h];

R = raggio della curva [m];

q = pendenza trasversale/100;

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

Per la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente $f_{t \max}$ valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

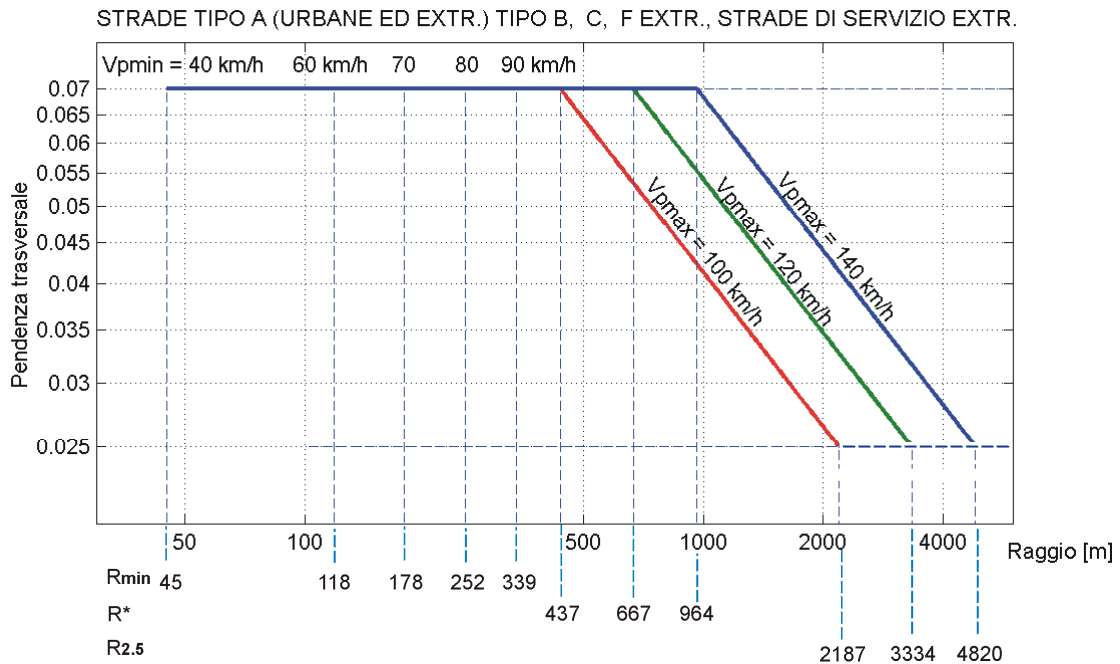
Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. $f_{t \max}$ per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. $f_t \max$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Assegnata la velocità di progetto esiste un valore di raggio minimo che corrisponde al valore calcolato con la formula precedente fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza trasversale massima (rispettivamente i valori 80 km/h e 0,07): per l'Autostrada Pedemontana Lombarda tale valore risulta 252 m.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore $R_{2,5}$ che per le autostrade risulta pari a 4.820 m si assume la pendenza trasversale pari al valore 2,5% come se si fosse in curva. Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale in rettilineo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo: tale valore per l'Autostrada Pedemontana Lombarda risulta essere pari a $R'=10.250$ m.

Per valori intermedi del raggio R inferiori a $R_{2,5}$ si fa riferimento alla figura seguente:



6.2.1.3.4 Curve a raggio variabile

Le curve a raggio variabile sono inserite tra due elementi a curvatura costante (tra curve circolari, ovvero tra rettilineo e curva circolare) lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, se necessario, della larghezza trasversale della piattaforma.

Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e si rappresentano nella forma:

$$r \times s = A^2$$

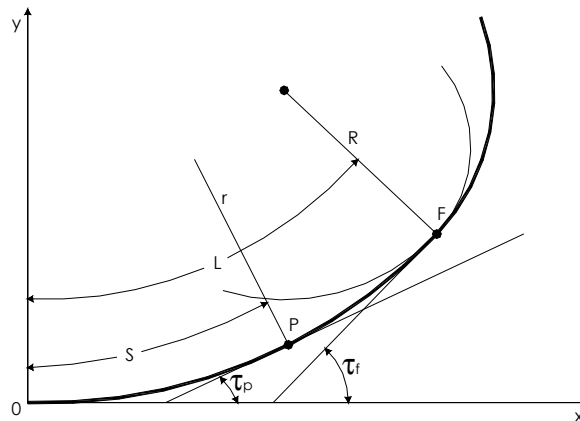
dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:



Le motivazioni legate all'inserimento lungo il tracciato di tali elementi a curvatura costante sono quelle di garantire:

- Una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccollo) contenuta entro valori accettabili;
- Una limitazione della pendenza (o sovrapendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- Una percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

Da quanto sopra si evince che per valori del raggio di curvatura pari a 10.250 m non sussistono più le condizioni necessarie all'inserimento delle curve a raggio variabile, in quanto nessuna variazione della pendenza trasversale risulta necessaria, mantenendo la sagoma stradale le stesse geometrie di quelle proprie del rettilo e l'accelerazione centrifuga non compensata assume valori estremamente bassi.

I criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile sono:

1. Criterio della limitazione del contraccollo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a:

$$A \geq 0,021 \times V^2;$$

2. Criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le formule:

- Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

- Nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

3. Criterio ottico:

$$A \geq R/3 \quad (R_i /3 \text{ in caso di continuità})$$


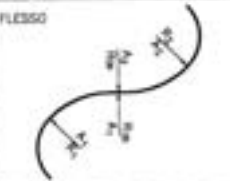

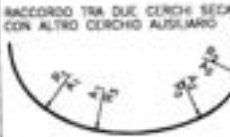



Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare oltre ai criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di più elementi vicini a formare casi particolari come la transizione (curva

circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati), il flesso (curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettifilo), la continuità (successione di curve circolari di verso uguale senza rettifili intermedi) e il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

Tali casi sono rappresentati nella figura sotto riportata:

TIPOLOGIA	LIMITI	
	$R_1 \geq R_{min}$ $R_2 \geq R_{min}$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{R_1}{3} \leq \frac{R_2}{3} \leq \frac{R_1}{2}$	
	$R_2 \leq R_1$ $R_1 \geq R_{min}$ $R_2 \geq R_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_{tot} = A_1 + A_2$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{R_1}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{R_2}{3}$ FLESSO SIMMETRICO $A_{tot} = A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_1$	
	$R_2 \leq R_1$ R_2 all'interno di R_1 ma non concentrica $A_{tot} \leq A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_1$	
	$R_1 \geq R_{min}$ $R_2 \geq R_{min}$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{R_1}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{R_1}{2}$	
CASI DA EVITARE		
		

6.2.1.3.5 Distanze di visibilità

Per distanza di visuale libera o di visibilità si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.

Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Nel caso di un'autostrada la distanza di visibilità per il sorpasso non va presa in considerazione in quanto si applica quando sulla stessa carreggiata ci sono veicoli marcianti in senso opposto.

Distanza di visibilità per l'arresto

La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m]$$

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]

V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

R_a = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

f_i = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione:

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

C_x = coefficiente aerodinamico

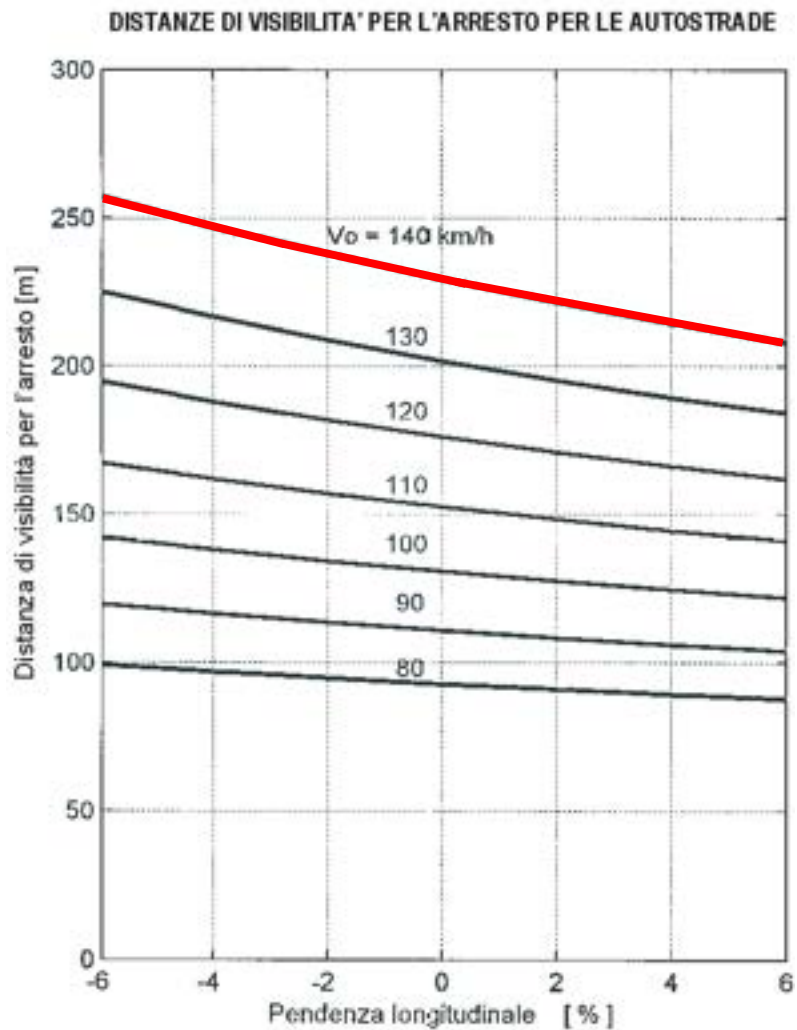
S = superficie resistente [m²]

ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m³]

Per f_i con riferimento alla categoria Autostrade la normativa dà i seguenti valori (compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata con spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f_i Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Inserendo i corretti valori dei diversi parametri, l'integrale si riduce ad una sommatoria i quanto la funzione integrando assume la forma "a gradini" e si determinano i valori così diagrammabili:



Distanza di visibilità per il cambio corsia

La distanza valuta lo spazio necessario all'utente a comprendere i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia (4 secondi). La formula empirica risulta:

$$D_C = 9,5 \times v = 2,6 V \quad [m]$$

dove:

v = velocità del veicolo in [m/s];

V in [km/h]

essendo v , V desunte puntualmente dal diagramma delle velocità.

Ai fini della seguente progettazione, considerando la fase progettuale dell'intervento, si è ritenuta sufficiente e cautelativa la verifica della distanza di visibilità per l'arresto con la definizione degli allargamenti della piattaforma necessari. Si rimanda in ogni caso alle successive fasi della progettazione l'implementazione delle verifiche comprensive di quelle relative alla visibilità per il cambiamento corsia,

6.2.1.4 Geometria dell'asse stradale: andamento altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per una strada classificata come A Autostrada Urbana la pendenza massima adottabile risulta pari al valore 6%.

Il valore massimo della livelletta della Tratta D "Breve" dell'Autostrada Pedemontana Lombarda è pari a 3,00%, pertanto nel pieno rispetto dei dettami normativi.

Inoltre nel caso di autostrada in corrispondenza di gallerie al fine di contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi occorre non superare in galleria la pendenza del 4%, e ancor meno nel caso di lunghe gallerie in relazione ai volumi ed alla composizione del traffico previsto. Il tratto in galleria presenta una pendenza inferiore al valore limite della normativa come si evince dagli elaborati.

Per i raccordi verticali si distinguono raccordi concavi e convessi, che vanno dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità già discusse. I raccordi sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100} \quad [m]$$

dove Δi è la variazione di pendenza percentuale delle livellette da raccordare ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Fissata la distanza di visuale libera che si vuole verificare lungo lo sviluppo del tracciato, le formule per il caso convesso sono:

- Se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \times (h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2})}$$

- Se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2}}{\Delta i} \right]$$

Si pone da norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso si pone $h_2 = 0,10$ m.

Per il caso concavo ponendo $h = 0,5$ m e $\theta = 1^\circ$ sono:

- Se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2(h + D \sin \theta)}$$

- Se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - \frac{100}{\Delta i} (h + D \times \sin \theta) \right]$$

Con questi metodi di calcolo si ottengono i valori minimi, ma spesso nella pratica progettuale si ottengono valori più elevati dettati dalla ricerca di un andamento altimetrico che rispetti i limiti e vincoli al contorno (per i convessi dell'ordine di 15.000-20.000 m, per i concavi con le piccole variazioni di pendenza i valori minimi non hanno limite inferiore). Nel nostro caso specifico i valori dei raggi verticali risultano essere sempre superiori a quelli minimi calcolati secondo la normativa e presentano i seguenti valori:

- raggio convesso minimo 5.000 m
- raggio convesso massimo 20.000 m
- raggio concavo minimo 5.000 m
- raggio concavo massimo 5.400 m.

6.2.1.5 Diagramma di velocità

Poiché lungo tutto lo sviluppo del tracciato le curve circolari presentano valori del raggio superiori al minimo pari a 964 m che corrisponde alla velocità di progetto 140 km/h, il diagramma di velocità risulta piatto su tale valore.

6.2.1.6 Allargamenti per la visibilità

Con gli andamenti planimetrici ed altimetrici prima descritti, sulla base delle sezioni tipo e degli elementi marginali previsti lungo lo sviluppo del tracciato, sono stati costruiti graficamente e verificati gli allargamenti necessari per garantire all'utente in transito le necessarie distanze di visibilità.

Per quanto riguarda la visibilità per l'arresto questa è stata garantita sull'intero sviluppo del tracciato, intervenendo con allargamenti oltre la banchina in sinistra (larghezza 0,70 m) e la corsia d'emergenza (larghezza 3,00 m) ove questi risultino necessario.

Le verifiche sono state condotte per entrambi gli assi percorsi nel senso di marcia.

6.2.2 Interconnessioni e svincoli – Criteri progettuali

6.2.2.1 Aspetti normativi

Per la progettazione delle interconnessioni si è fatto riferimento al Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”*, il quale definisce i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Nell'affrontare la progettazione di uno svincolo si pongono innanzitutto le questioni legate al dimensionamento dei tratti di accelerazione e decelerazione, sia per quanto concerne il loro sviluppo longitudinale sia per le dimensioni trasversali delle sezioni stradali, oltre alla definizione degli elementi geometrici delle rampe di svincolo.

La norma definisce come i principali elementi componenti un'intersezione:

- Le rampe, che rappresentano i tronchi stradali di collegamento tra rami di un'intersezione a livelli sfalsati (svincolo).

- Le corsie specializzate, destinate ai veicoli che si accingono ad effettuare le manovre di svolta a destra ed a sinistra, e che consentono di non arrecare eccessivo disturbo alla corrente di traffico principale. Possono essere di entrata (o di immissione), di uscita (o di diversione) e di accumulo per la svolta a sinistra, e possono essere realizzate nelle intersezioni lineari a raso e a livelli sfalsati.

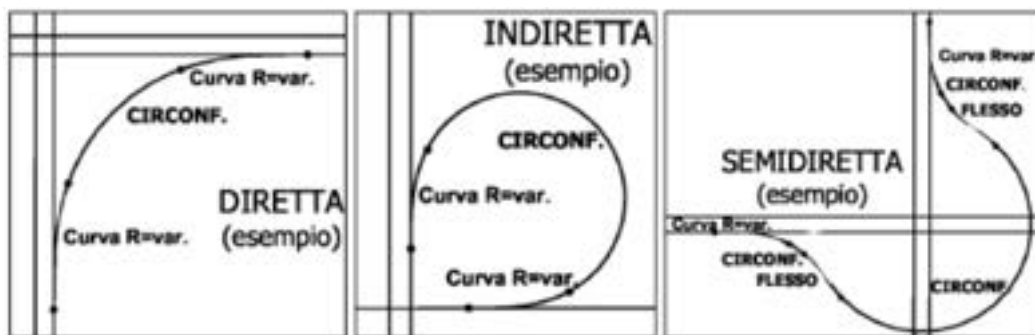
Nel seguito verranno descritte le caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo e le modalità di dimensionamento delle corsie specializzate previste dal progetto.

Nell'ultimo paragrafo si approfondirà anche il dimensionamento delle rotatorie, previste dal progetto oggetto della seguente relazione, così come prescritto dal DM 2006.

6.2.2.2 Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo

I complessi sistemi di interconnessione di progetto necessitano un'attenta verifica della congruenza degli elementi geometrici in relazione agli intervalli di velocità fissati.

La normativa individua le seguenti possibili tipologie di rampe e le corrispondenti tipiche composizioni geometriche planimetriche come indicate nella figura sottostante:



Per l'inserimento delle curve a raggio variabile (clotoidi) va fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5.11.2001. Per i tratti di decelerazione delle uscite ad ago, e nei casi in cui il tronco di accelerazione nelle immissioni si sviluppi parzialmente con un elemento a curvatura variabile, il progettista dovrà scegliere opportunamente una curva a raggio variabile, anche composita, prescindendo dalle indicazioni del citato D.M.

L'intervallo di velocità di progetto da adottarsi per ciascuna tipologia prevista e indicato nella successiva. Per velocità di progetto delle rampe si intende quella dell'elemento rampa con esclusione dei dispositivi di immissione e/o decelerazione.

Tipi di rampe	Intersezioni Tipo 1 (fig.3), escluse B/B, D/D, B/D, D/B.		Intersezioni Tipo 2 (fig.3), e B/B, D/D, B/D, D/B.	
Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h	
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello ger. superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello ger. superiore	30 km/h

Per le rampe indirette il valore indicato in tabella rappresenta la velocità minima di progetto mentre la velocità di progetto massima si assume pari a quella della corrispondente rampa semidiretta. Rispetto alla velocità di progetto dovrà essere verificata la sussistenza, lungo le rampe, di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l'arresto ai sensi del DM 5.11.2001.

Nel caso specifico, considerata la fase progettuale, si è assunto un intervallo delle velocità di progetto, per tutte le rampe, pari a 40÷60 km/h. Nelle successive fasi progettuali si approfondiranno le verifiche definendo con precisione le velocità di progetto in funzione del tipo di intersezione e della tipologia di rampa.

I parametri fondamentali per il disegno geometrico sono quelli rappresentati nella tabella sottostante. Al raggio planimetrico minimo è sempre associata la pendenza massima del 7,0%. Per raggi superiori la pendenza sarà definita congruentemente con quanto indicato nel DM 5.11.2001.

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max in salita	(%)	10	7,0		5,0		
Pendenza max in discesa	(%)	10	8,0		6,0		
Raggi minimi verticali convessi	(m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi	(m)	250	500	750	1000	1400	2000
Distanza di visuale minima	(m)	25	35	50	70	90	115

La larghezza minima degli elementi modulari degli svincoli sono determinate in funzione della strada di livello gerarchico superiore, tra quelle confluenti nel nodo. Fatti salvi allargamenti di corsia necessari in relazione ai valori dei raggi planimetrici adottati, tali larghezze sono indicate nella tabella successiva.

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

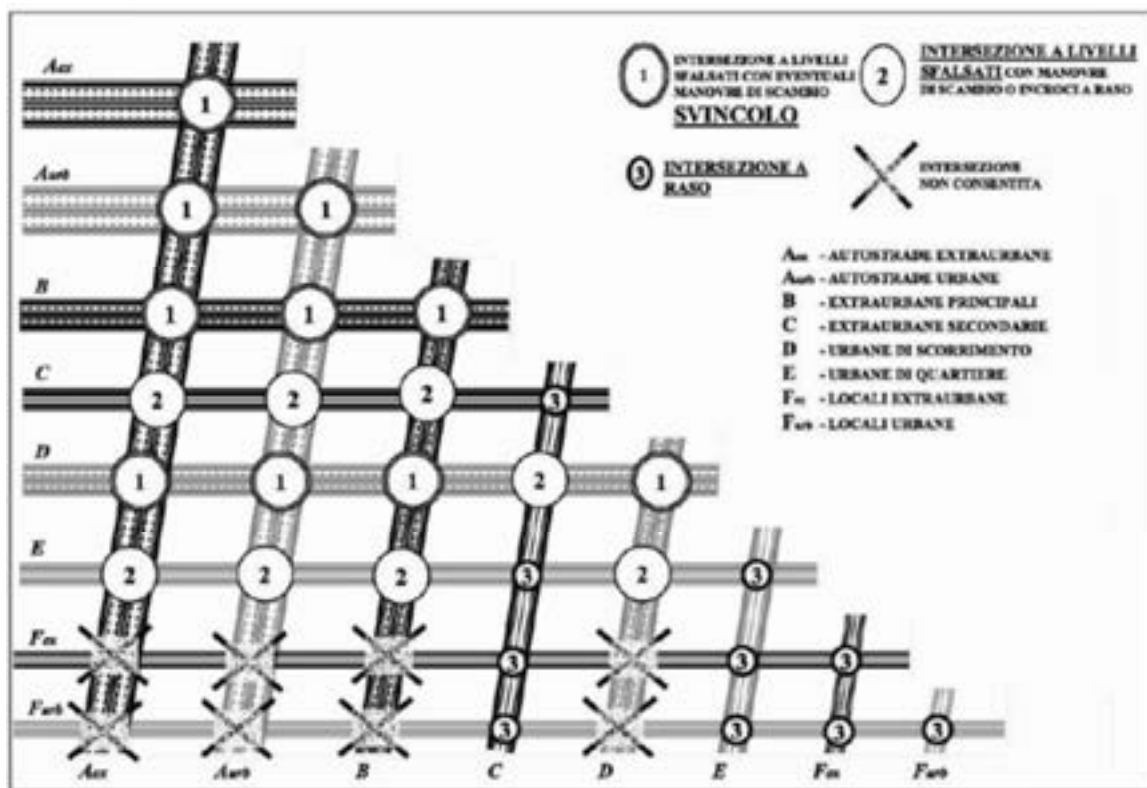
Strade urbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	3,75	2.50	-
	D	3,25	1.00	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
	D	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3,50	1.00	-
	D	1 corsia: 3,50	1.00	-

Per le rampe di svincolo, coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, si sono assunte le seguenti sezioni stradali tipologiche:

- Rampa di svincolo monodirezionale a singola corsia: larghezza della corsia 4,00 m con banchine in destra e in sinistra rispettivamente pari a 1,00 m e 1,50 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 6,50 m;
- Rampa di svincolo monodirezionale a doppia corsia: larghezza delle corsie 3,75 m con banchine in destra e in sinistra pari a 1,50 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 10,50 m;

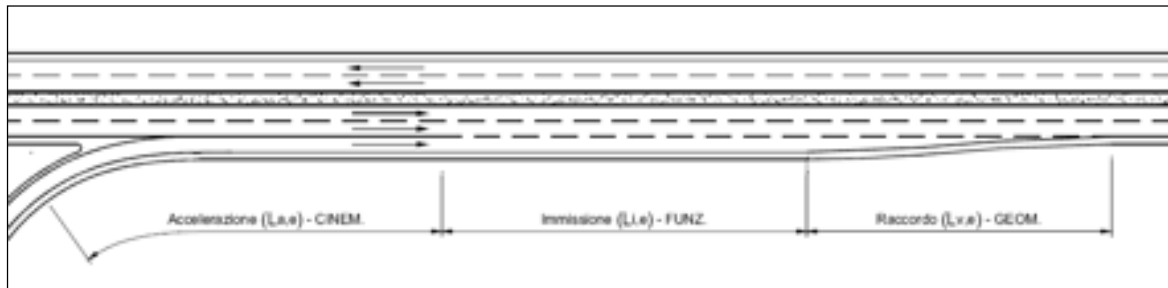
- Rampa di svincolo bidirezionale: larghezza delle corsie 3,75 m con banchine in destra e in sinistra rispettivamente pari a 1,50 m e 1,50 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 10,50 m.

Per le larghezze degli elementi marginali si rinvia a quanto contenuto nel DM 05.11.2001, assimilando le rampe dirette e semidirette delle intersezioni di tipo 1 (sotto rappresentazione grafica dei tipi di svincolo ammessi) a strade di tipo C e tutte le altre a strade extraurbane di tipo F.



6.2.2.3 Corsie specializzate

6.2.2.3.1 Corsia di entrata o di immissione



DM 19/04/2006: Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

con:

- Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$ la cui lunghezza si determina in base a criteri cinematici;
- Tratto di immissione di lunghezza $L_{i,e}$ da dimensionare secondo criteri funzionali. Gli elementi e i parametri da determinare sono in funzione della domanda di traffico riferita al periodo di punta di progetto;
- Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$ la cui lunghezza si determina in funzione della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Per $V_p > 80$ km/h $L_{v,e}$ è pari a 75 m.

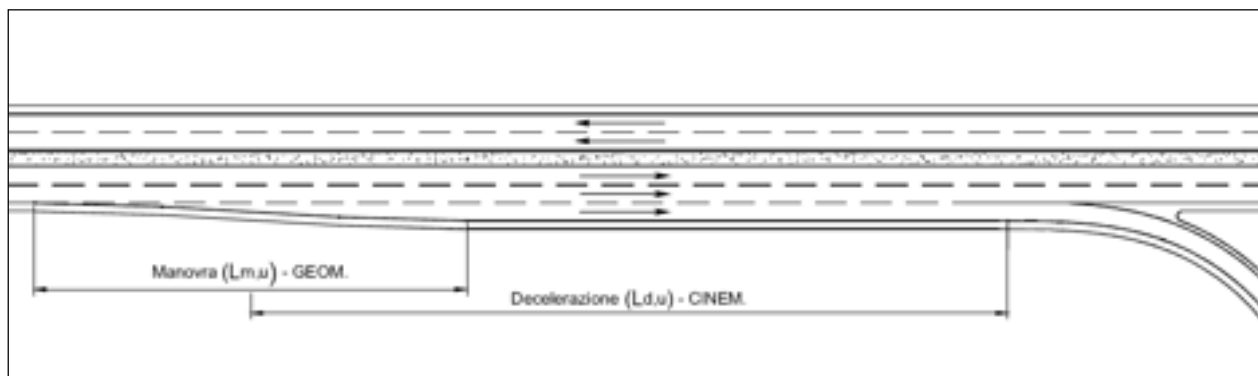
La lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

con:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è pari all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Questa velocità va determinata dal diagramma di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- v_2 (m/s) è la velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata (per v_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1.0 m/s².

6.2.2.3.2 Corsia di uscita o di diversione



DM 19/04/2006: Modalità di costruzione delle corsie di decelerazione

con:

- Tratto di manovra di lunghezza $L_{m,u}$. Per $V_p > 120$ km/h $L_{v,e}$ è pari a 90 m.
- Tratto di decelerazione di lunghezza $L_{d,u}$ (comprendente metà della lunghezza del tratto di manovra $L_{m,u}$) parallelo all'asse principale della strada, nel caso di tipologia parallela (nostro caso).

La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ deve essere 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 la seguente espressione:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dal diagramma di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- 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/s²) è la decelerazione assunta per la manovra, per strade di tipo A pari a 3 m/s².

6.2.2.4 Intersezioni a rotatoria

Il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”*, definisce tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna:

- Rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m;
- Rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- Mini rotatorie con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

Le rotatorie oggetto del progetto rientrano nella tipologia delle rotatorie convenzionali avendo un diametro esterno pari a 50m.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura a rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale. Per le rotatorie in esame, come previsto dal DM, trattandosi di rotatorie convenzionali, si prevede un'isola centrale non sormontabile.

Un'intersezione stradale risolta a rotatoria va accompagnata lungo i rami di approccio da idonea segnaletica, se necessario anche integrativa rispetto a quella di preavviso, e da eventuali ulteriori strumenti di regolazione della velocità.

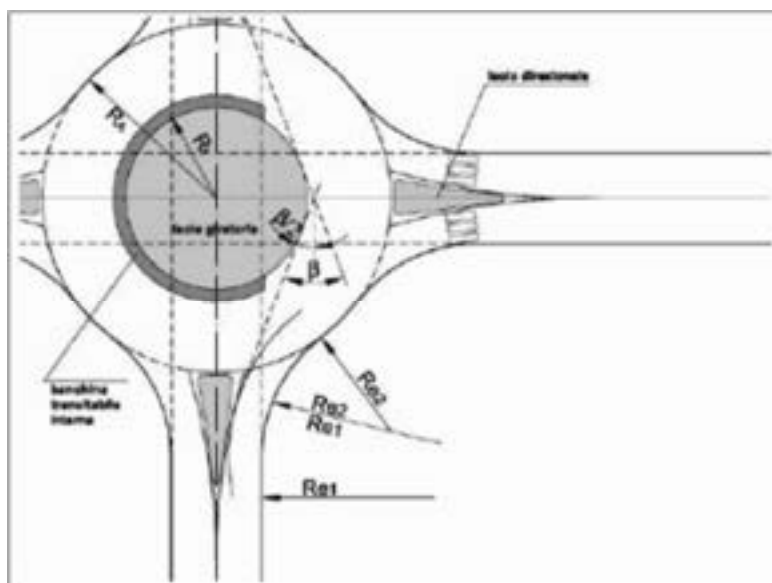
Le caratteristiche stradali delle intersezioni a rotatoria sono state definite in base a quanto prescritto dal DM. All'interno del par. 4.5.2 della normativa, in particolare, sono indicati gli elementi modulari delle rotatorie. Si riporta tabella del Decreto:

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.
(**) organizzati al massimo con due corsie.

La norma non fornisce indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria.

Il criterio principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.



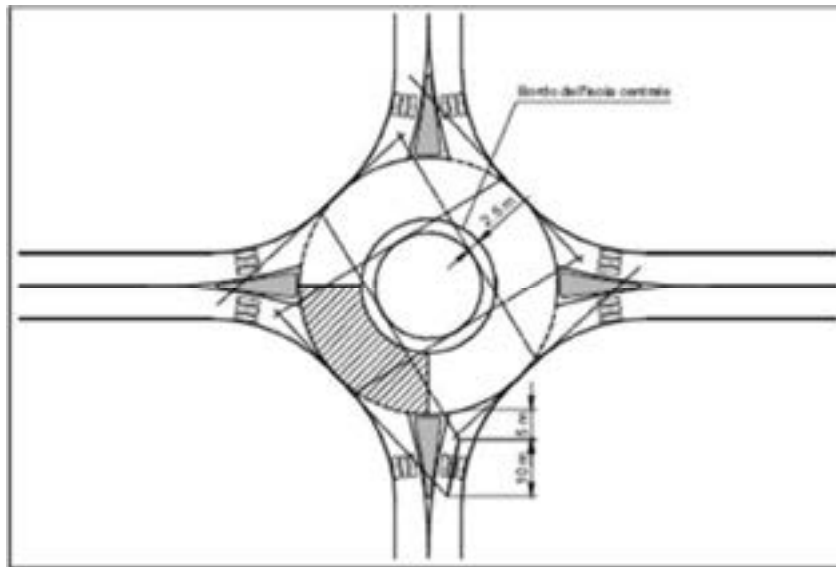
La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (figura sopra riportata). Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$ un incremento b pari a 3,50m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45° .

Per gli altri elementi geometrici i valori di riferimento, indicati dalle normative o da criteri di buona progettazione, sono:

- Valori Minimi Raggi di ingresso dei rami: 10m in ambito urbano e 12m in ambito extraurbano;
- Valori minimi Raggi di uscita dei rami: 12m in ambito urbano e 14m in ambito extraurbano.

Particolare attenzione è stata portata alle condizioni di visibilità per gli utenti confluenti nella rotonda; i conducenti che si approssimano all'intersezione devono infatti vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; a tal fine sarà necessario quindi garantire una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, posizionando l'osservatore a quindici metri dalla segnaletica che delimita la banchina esterna della rotonda.

Le rotonde previste sono state progettate secondo tali criteri in conformità con la normativa vigente.



Per la corsia dell'anello centrale, per tutte e tre le rotatorie in progetto di larghezza pari a 6,00 m come previsto dal DM per rotatorie convenzionali, viene prevista una banchina di larghezza 1,00 m sia in destra che in sinistra.

La realizzazione della rotatoria R3 il cui posizionamento è previsto lungo la "Tangenziale Sud Vimercate" comporta l'adeguamento della viabilità esistente come meglio illustrato negli elaborati progettuali (Asse R3 – Ramo A ed Asse R3 – Ramo B).

6.3 CONSIDERAZIONI FINALI

Come si evince dalla trattazione riportata nei paragrafi precedenti, relativa ai criteri progettuali adottati per il dimensionamento degli elementi piano-altimetrici del tracciato (asse principale, svincoli e opere connesse o interferenti con la viabilità esistente), sia per la Tratta D “Lunga” che per la Tratta D “Breve”, **le due soluzioni alternative sono conformi a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di progettazione stradale, pertanto risultano essere entrambe due opzioni tecnicamente valide.**

Come specificato nel capitolo 5, in cui venivano esplicitate le soluzioni alternative oggetto del presente studio di fattibilità, la documentazione relativa alla Tratta D “Lunga” deriva da un Progetto Definitivo già approvato, pertanto ad un livello progettuale più avanzato rispetto all’alternativa della Tratta D “Breve”. Per tale ragione, seppur l’oggetto dell’incarico prevede per la Tratta D “Breve” un livello progettuale inferiore, ovvero Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, si è approfondito lo studio del tracciato stradale prevedendo pressochè tutte le verifiche di tracciato svolte per la Tratta D “Lunga” e prescritte dalle normative vigenti rendendo, pertanto, i due studi confrontabili.

7 OPERE D'ARTE

In questo capitolo verranno illustrate le principali opere d'arte previste dal progetto, distinguendo la trattazione tra le differenti soluzioni alternative proposte.

Come già indicato nel capitolo 7 la trattazione non riguarderà l'Opzione 0 in quanto di fatto tale alternativa non prevede nessun intervento.

Essendo la Tratta D "Breve" ad un livello di progettazione inferiore rispetto alla Tratta D "Lunga", già giunta alla fase definitiva del progetto, il presente documento prevede una descrizione delle opere d'arte resosi necessarie a seguito della progettazione stradale definite sulla base dei criteri adottati nelle tratte già progettate della Pedemontana, compresa la stessa Tratta D "Lunga", e sulla base ad esperienze pregresse della Scrivente, rimandando pertanto il calcolo strutturale e geotecnico alla fasi successive della progettazione.

Come già specificato per quanto riguarda la Tratta D "Lunga" si riporta la descrizione delle opere d'arte a base del Progetto Definitivo approvato del 2010.

7.1 TRATTA D "LUNGA"

Si descrivono nel seguito sinteticamente le principali opere d'arte previste dal progetto definitivo della Tratta D "Lunga".

7.1.1 Opere d'arte maggiori

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle opere d'arte maggiori, comprendenti gallerie naturali, gallerie artificiali, ponti e viadotti.

7.1.1.1 Gallerie naturali

Il progetto della Tratta D "Lunga" prevede la realizzazione di due gallerie naturali: la galleria dei Preti e la galleria Roccolo.

GALLERIE NATURALI E IMBOCCHI	Tipologia	Lunghezza [m]	Progressive
Galleria naturale Dei Preti	policentrica	1447	8+628.00 10+075.00
Galleria naturale Roccolo	policentrica	1119 (est)	11+477.00 12+596.00

Si tratta di due opere a doppia canna, caratterizzate da un raggio interno di 6,90 m, in modo da contenere una carreggiata con le stesse caratteristiche geometriche di quella corrente di tutto il tracciato, con una larghezza complessiva di 11,20 m, comprendenti le due corsie di marcia da 3,75 m ciascuna, la corsia di emergenza in destra da 3,0 m e la banchina in sinistra da 0,70 m; quest'ultima è delimitata ai due lati, come previsto dalla vigente normativa, da New Jersey a ridosso dei piedritti della galleria stessa, con a tergo il vano per l'alloggiamento dei cavidotti per gli impianti.

Per garantire la distanza di visibilità prevista dalla normativa sono previste delle sezioni di raggio maggiore per consentire gli allargamenti necessari. In particolare, nella galleria Dei Preti, in corrispondenza della tratta in artificiale lato Milano della carreggiata ovest, è previsto un allargamento che va dall'imbocco fino alla progr. 8+994 (per una lunghezza quindi di 362 m) e che raggiunge il massimo valore di 1,40 m. Nella galleria Roccolo invece, l'allargamento è presente sulla carreggiata est per quasi l'intera lunghezza della canna, essendo compreso tra la progr. 11+477 e la 12+300 ed il suo valore massimo risulta pari a 0,50 m.

La galleria Dei Preti presenta in carreggiata est una lunghezza complessiva di 1447 m, essendo compresa tra le progressive 8+628 e 10+075; la parte in naturale è lunga 713 m, in quanto all'imbocco lato Milano è presente un tratto costituito dalla dima, dalla galleria artificiale e dal portale di lunghezza di 672 m, mentre nel lato Varese tale tratto interessa una lunghezza pari a 62 m. La carreggiata ovest presenta una lunghezza complessiva di 1422 m, essendo compresa tra le progressive 8+632 e 10+054; la parte in naturale è lunga 707,30 m, in quanto all'imbocco lato Milano è presente un tratto costituito dalla dima, dalla galleria artificiale e dal portale di lunghezza di 677 m, mentre nel lato Varese tale tratto è di 37,7 m.

Per quanto riguarda invece la galleria Roccolo, essa presenta in carreggiata est una lunghezza complessiva di 1119 m, essendo compresa tra le progressive 11+477 e 12+596; lato Milano è presente un tratto costituito dalla dima, dalla galleria artificiale e dal portale di lunghezza di 20 m, mentre nel lato Varese tale tratto interessa una lunghezza pari a 30 m. La carreggiata ovest presenta una lunghezza complessiva di 1125 m, essendo compresa tra le progressive 11+461,50 e 12+586,50; la parte in naturale è lunga 1075 m, mentre il tratto in artificiale lato Milano è di 20 m e lato Varese di 30 m.

In ciascuna delle due gallerie si è prevista la realizzazione di piazzole d'emergenza ogni 600 m, di by pass pedonali e carrabili, in modo tale che la loro interdistanza non superi mai i 300 m, come previsto dalle vigenti normative.

In particolare nella galleria Dei Preti sono previste 2 piazzole di sosta per ciascuna carreggiata, 3 by pass pedonali ed 1 carrabile; nella galleria Roccolo invece vi sono una piazzola di sosta per carreggiata, 2 by pass pedonali ed 1 carrabile.

Gli imbocchi vengono realizzati con l'ausilio di paratie tirantate tipo berlinese e saranno poi in fase definitiva pressoché interamente ricoperte con terreno di riporto per inserire l'imbocco della galleria nel modo migliore da un punto di vista ambientale.

La copertura massima dell'opera risulta di circa 12 m per quanto riguarda la galleria Dei Preti, mentre nel caso della Roccolo il suo valore massimo è pari a circa 20 m ed il terreno interessato dallo scavo è costituito essenzialmente dalla formazione del Ceppo di Brembo e da quella di Trezzo sull'Adda. La prima è caratterizzata da conglomerati con grado di cementazione molto variabile, da nulla a debole e solo localmente media, con frequenti vuoti vuoti o riempiti di materiale fine. La formazione di Trezzo sull'Adda è invece caratterizzata da sabbie limose con ghiaia/ghiaietto fortemente alterate, con interlivelli limo-argillosi.

La tipologia di avanzamento prevede lo scavo a piena sezione previa realizzazione di un consolidamento al contorno di scavo realizzato tramite colonne in jet grouting, armate con elementi metallici su un angolo in calotta di circa 120°, in modo da creare un arco di terreno collaborante durante la realizzazione dello scavo; solo nelle zone di imbocco si prevede di stabilizzare il fronte con delle colonne in jet grouting, armate con elementi strutturali in VTR. Il prerinvestimento è costituito da centine metalliche e spritz beton fibrorinforzato.

7.1.1.2 Gallerie artificiali

GALLERIE ARTIFICIALI E IMBOCCHI	Tipologia	Lunghezza [m]	Progressive
Galleria artificiale Passirano	Scatolare, soletta gettata in opera	220	0+680.00 0+900.00
Galleria artificiale Sulbiate	Scatolare, soletta gettata in opera	150	3+905.57 4+055.57
Galleria artificiale Cornate d'Adda	Diaframmi, soletta gettata in opera	300	8+225.00 8+525.00
Galleria artificiale Osio Sotto	Scatolare, soletta gettata in opera	164	0+250.00 0+414.00

Le gallerie artificiali della tratta D sono suddivise in due tipologie:

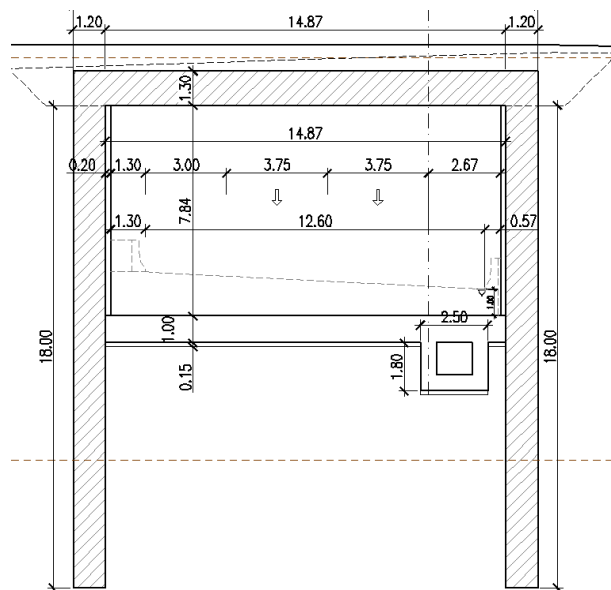
- Sezione tipo Milano fra diaframmi;

- Sezione scatolare.

Nel seguito si illustrano le caratteristiche di ciascuna tipologia.

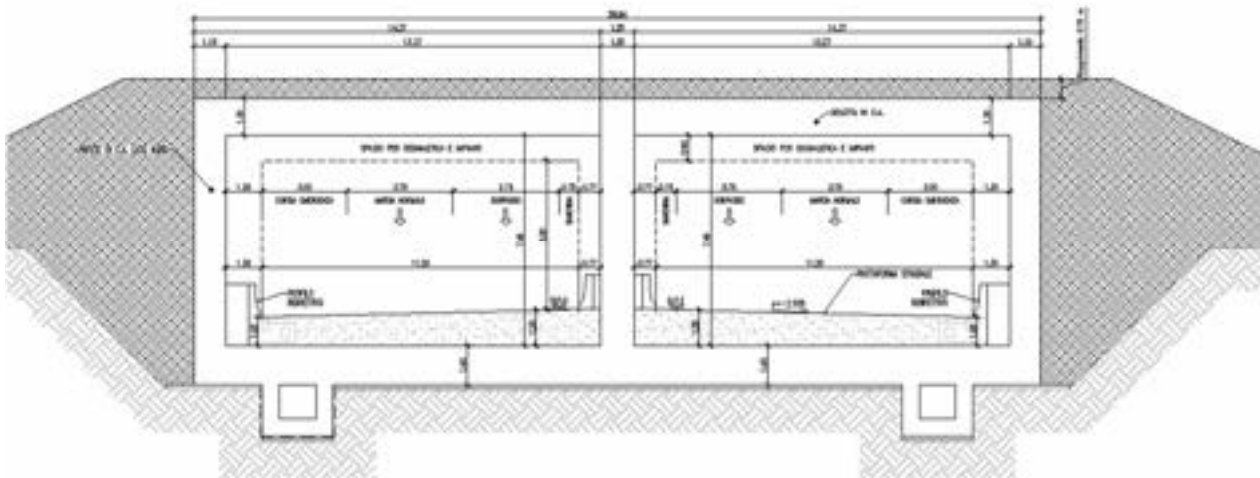
Tipologia su diaframmi

La prima tipologia viene realizzata tramite paratie di diaframmi in c.a. gettati in opera. La tecnica di esecuzione prevista è quella di scavo in Galleria tipo Milano che prevede un primo scavo di sbancamento fino alla quota di intradosso del solettone di copertura, la realizzazione dei diaframmi in opera e il getto contro terra della soletta superiore; solo a maturazione avvenuta si procede allo scavo a foro cieco all'interno della galleria e quindi all'esecuzione del solettone di base, anch'esso realizzato in c.a. gettato in opera. In figura è riportata una sezione tipo della struttura nel suo complesso.



Tipologia scatolare

La seconda tipologia è quella tradizionale a sezione scatolare in c.a. interamente gettata in opera, formata da una struttura a telaio doppio, con setto centrale tra le due carreggiate date le dimensioni rilevanti del solettone di copertura

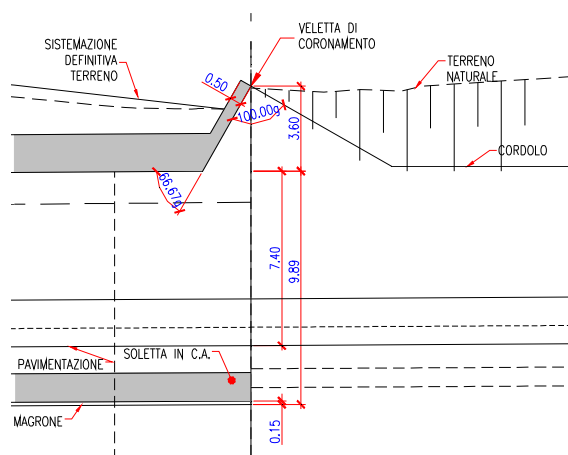


Imbocchi

Per gli imbocchi delle gallerie si prevede la realizzazione di strutture in calcestruzzo realizzato in opera, caratterizzate da una veletta frontale inclinata, che mantiene l'inclinazione del setto centrale, e da muri laterali ad andamento triangolare che introducono il tratto coperto.



Le dimensioni previste per la veletta sono quelle riportate in figura seguente.



7.1.1.3 Ponti e viadotti

PONTI E VIADOTTI	n° campate	Luci delle campate [m]	Progressive
Ponte fiume Molgora	6	30+40+40+40+30+30	0+014.06 0+224.06
Ponte torrente Pissanegra	1	15	6+127.903 6+142.903
Ponte rio Vallone	2	44+44	6+839.57 6+927.57
Ponte fiume Adda		760	10+102.73 10+862.92
Ponte fiume Molgora ramo 2 interconnessione tangenziale est	6	30+30+40+40+40+30	0+014.06 0+224.06
Ponte fiume Molgora ramo 3 interconnessione tangenziale est	6	30+40+40+40+30+30	0+014.06 0+224.06
Ponte torrente Buliga (TRBG03)	3	25+46+25	4+085.00
Viadotto via Rodi (TRBG03)	2	36+36	5+187
Viadotto interconnessione A4 direzione est	5	52+63+63+63+52	Svincolo di Osio
Viadotto interconnessione A4 direzione ovest	5	51.87+61.73+68.10+54.82+50.74	Svincolo di Osio
Ponte fiume Brembo Est	3	88.86	Svincolo di Osio
Ponte fiume Brembo Ovest	3	88.86	Svincolo di Osio

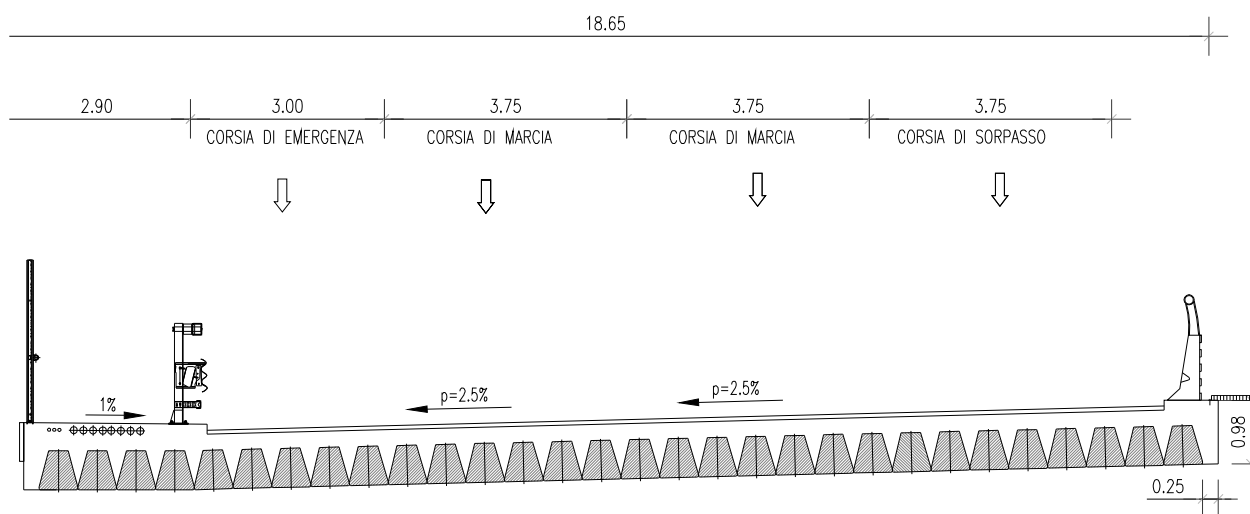
L'impalcato dei ponti e dei viadotti è distinto a seconda dello sviluppo della struttura. In particolare si distinguono i seguenti 3 casi:

- Ponti monocampata con luce non superiore a 15 m;
- Ponti monocampata con luce superiore ai 15 m;
- Ponti e viadotti a più campate.

Le fondazioni per tutti i casi sono di tipo indiretto su pali.

Ponti monoluce ≤ 15 m

Per i ponti di luce non superiore ai 15 m l'impalcato è costituito da travetti in c.a.p. a sezione piena accostati tra loro a realizzare un intradosso continuo. La struttura dell'impalcato è completata dalla soletta in c.a. con spessore di circa 25 cm e realizzata tramite getto in opera direttamente sulle travi principali.

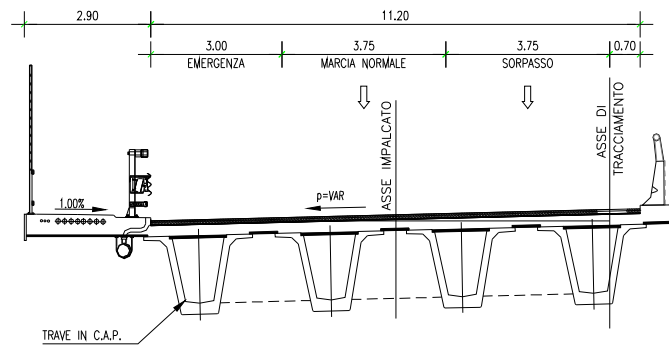


La soletta è connessa alle travi principali attraverso armature ordinarie di solidarizzazione emergenti dalle travi prefabbricate.

Ponti monoluce > 15 m

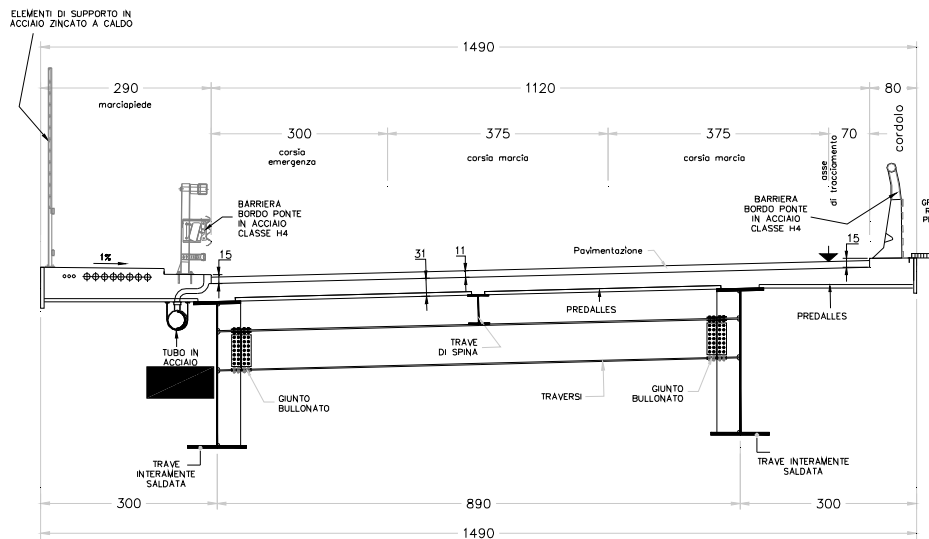
Per i ponti a singola campata di luce superiore ai 15 m l'impalcato sarà costituito da travi in c.a.p. ad U e da una soletta realizzata tramite getto in opera su predalles autoportanti appoggiate sulle travi. Alle estremità sono presenti traversi di testata eseguiti in opera.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



Ponti e viadotti a più campate

Per i ponti ed i viadotti a più campate l'impalcato è in struttura composta acciaio-clt con sezione bitrave; le travi principali, in composizione interamente saldata, sono collegate da traversi ad anima piena posti a circa metà altezza delle travi. La sovrastante soletta in c.a., di spessore 31 cm, è realizzata in opera su predalles autoportanti appoggiate sulle travi ed è connessa alle travi principali attraverso pioli tipo Nelson.



7.1.2 Opere d'arte minori

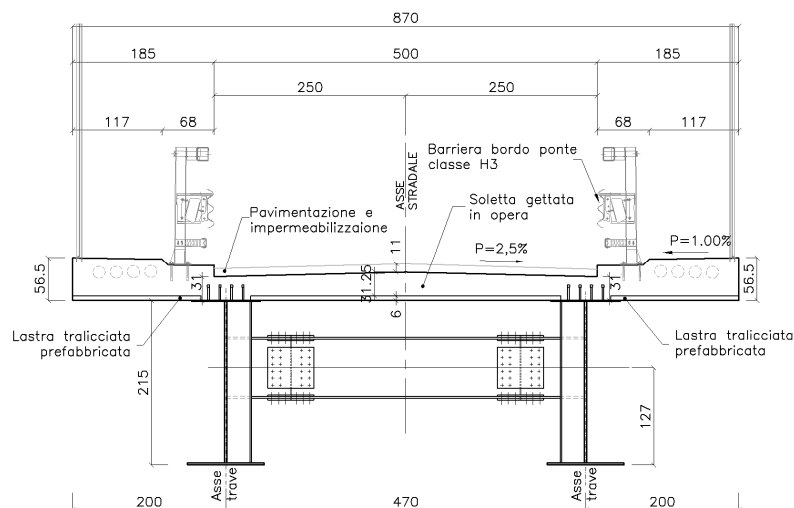
Di seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle opere d'arte minori, comprendenti i cavalcavia, i sottovia e i tombini.

7.1.2.1 I cavalcavia a via superiore

CAVALCAVIA A VIA SUPERIORE	n° campate	Luce [m]	Progressive
Cavalcavia svincolo e barriera di Filago 1	1	63.30	13+385.60
Cavalcavia svincolo e barriera di Filago 2	1	48	13+982.80
Cavalcavia linea FS viabilità TRBG03 - comune di Capriate S. Gervasio/Brembate	1	35	BG03 0+087.706 (asse I)
Cavalcavia n. 1 svincolo interconnessione A4	3	30+35+30	Interconnessione A4
Cavalcavia n. 2 svincolo interconnessione A4	3	38.15+ 59.10+38.15	Interconnessione A4
Cavalcavia n. 3 svincolo interconnessione A4	5	26+34+50+ 34+26	Interconnessione A4

Nel caso dei cavalcavia di svincolo si prevede l'utilizzo di impalcati in struttura composta a sezione bitrave, in analogia a quanto previsto per i viadotti a più campate.

Nel caso di cavalcavia in curva si prevedono velette e travi curve evitando di semplificare la curva attraverso linee spezzate. In ogni caso la sezione d'impalcato è costituita da due travi a doppio T in acciaio, collegate da traversi in carpenteria metallica ad anima piena. Le fondazioni sono generalmente indirette su pali.

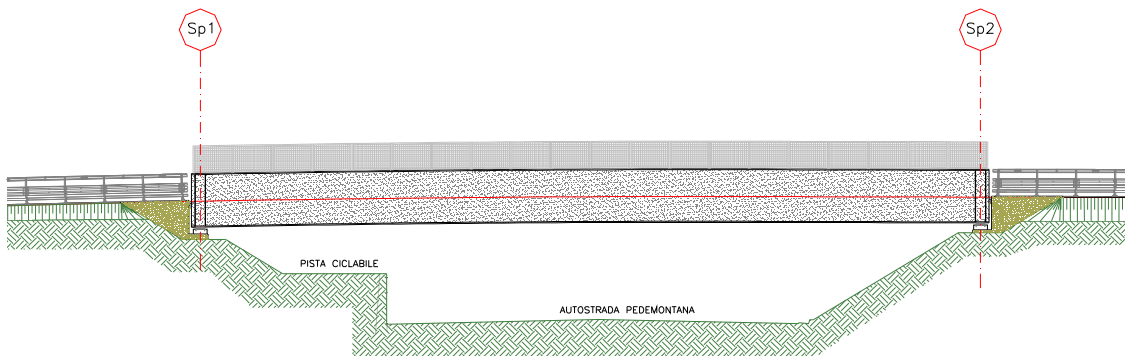


Per l'attraversamento di linee ferroviarie si prevede un impalcato tradizionale a travi prefabbricate in c.a.p.

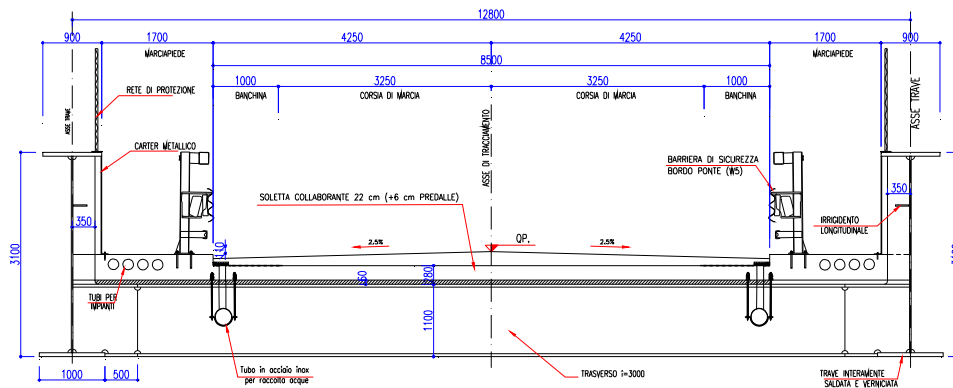
7.1.2.2 I cavalcavia a via inferiore

CAVALCAVIA A VIA INFERIORE	n° campate	Luce [m]	Progressive
Cavalcavia autostradale viabilità locale	1	65.00	7+996.00
Cavalcavia viabilità di collegamento svincolo di Filago	1	48	13+580.00
Cavalcavia viabilità locale progr. km 14+903.80 - comune di Brembate/Filago	1	50	14+903.80
Cavalcavia viabilità locale progr. km 15+300.00 - comune di Brembate/Filago	1	50	15+300.00
Cavalcavia via delle Industrie - comune di Brembate/Filago	1	39	15+762.50
Cavalcavia S.P. 184	1	48	Svincolo di Osio Sotto

Per i cavalcavia a campata unica in trincea si prevede l'utilizzo della tipologia di impalcato a via inferiore in acciaio. Nella figura seguente si riporta il prospetto di un cavalcavia a via inferiore.



La scelta di tale tipologia nasce da esigenze non solo architettoniche ma anche progettuali, permettendo di limitare le quote di progetto della strada in sovrappasso.



La struttura portante è realizzata in carpenteria metallica, costituita da due travi di bordo longitudinali, di altezza costante, con sezione a doppio T ad anima piena. Le due travi principali sono collegate trasversalmente da traversi, sempre a doppio T, posizionati nella parte inferiore delle travi ad interasse di 3 metri. Sui traversi viene quindi realizzata, tramite getto in opera su predalles, la soletta in c.a., resa solidale ai traversi attraverso pioli tipo Nelson, in modo da renderla collaborante.

La larghezza dei marciapiedi (comprensiva dell'ingombro dei sicurvia di larghezza operativa W5) è pari a 1.70 m per la sezione standard e 3.8 m in presenza di pista ciclabile; tale larghezza è compatibile con una pista ciclabile di larghezza fino a 3.0 m.

Le fondazioni generalmente sono indirette su pali.

7.1.2.3 I sottovia

I sottovia scatolari sono opere che consentono l'attraversamento della viabilità principale per garantire la continuità delle viabilità secondarie interferenti l'autostrada, pertanto i criteri progettuali sono gli stessi di quelli adottati per le opere in linea.

I manufatti scatolari sono realizzati interamente in c.a. gettato in opera e presentano sezione trasversale corrente di forma rettangolare.



Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

OPERE D'ARTE MINORI: SOTTOVIA	Progressive
Sottopasso autostradale viabilità locale progr. 1+403.17 (int. 6) - comune di Vimercate	1+403.17
Sottopasso svincolo Bellusco 1	1+935.39
Sottopasso viabilità locale 1 - TRMI12	1+003.00
Sottopasso viabilità locale 2 - TRMI12	1+980.00
Sottopasso viabilità locale 3 - TRMI12	2+670.00
Sottopasso ferroviario svincolo Bellusco 2	1+935.39
Sottopasso svincolo Bellusco 3	1+980.00
Sottopasso svincolo Bellusco 4	2+795.00
Sottopasso svincolo Bellusco 6	2+832.64
Sottopasso autostradale viabilità locale progr. 3+256 (int. 9) - comune di Bellusco/Sulbiate	3+256.00
Sottopasso autostradale viabilità di collegamento alla tangenziale di Bellusco (int. 10)	3+696.18
Sottopasso ferroviario viabilità di collegamento alla tangenziale di Bellusco (int. 10)	3+696.18
Sottopasso autostradale viabilità locale progr. km 4+904 (int. 12) - comune di Mezzago/Sulbiate	4+904.00
Sottopasso ferroviario viabilità locale progr. km 4+904 (int. 12) - comune di Mezzago/Sulbiate	4+904.00
Sottopasso autostradale viabilità locale progr. km 5+592 (int. 13) - comune di Mezzago	5+592.00
Sottopasso ferroviario viabilità locale progr. km 5+592 (int. 13) - comune di Mezzago	5+592.00
Sottopasso ciclopeditone	6+158.00
Sottopasso viabilità locale Cornate d'Adda progr. 7+129 - comune di Cornate d'Adda	7+129.00
Sottopasso ferroviario viabilità locale Cornate d'Adda progr. 7+129 - comune di Cornate d'Adda	7+129.00
Sottopasso svincolo Cornate d'Adda 1	7+394.00
Sottopasso svincolo Cornate d'Adda 2	7+464.01
Sottopasso green way TRBG03	
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 0+743 - comune di Terno d'isola	0+743.00
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 0+979 - comune di Terno d'isola/Bonate sopra	0+979.00
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 1+494 - comune di Bonate sopra	1+494.00
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 1+607 - comune di Bonate sopra/Chignola d'isola	1+607.00
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 2+239 - comune di Chignola d'isola	2+239.00
Sottovia viabilità connessa TRBG03 progr. 3+142 - comune di Chignola d'isola	3+142.00
Sottopasso via Marne	Svincolo di Osio
Sottopasso n°1 Interconnessione A4	Svincolo di Osio
Sottopasso n°2 Interconnessione A4	Svincolo di Osio
Sottopasso n°3 Interconnessione A4	Svincolo di Osio

Le dimensioni tipiche sono riassunte nella tabella seguente:

DIMENSIONI TIPOLOGICHE (in cm)						
Categoria strada	a	b	L	St	Sm	Sf
C1	375	150	1470	150	160	170
C2	350	125	1370	135	140	150
F1	350	100	1320	135	140	150
F2	325	100	1270	130	140	150

Per i sottovia ferroviari è prevista la tipologia del monolite varato a spinta, realizzato fuori opera su una platea di varo in c.a., in adiacenza al rilevato ferroviario.

Al fine di consentire il transito dei convogli ferroviari durante tutte le fasi costruttive, si realizza preliminarmente il sostegno dei binari mediante il sistema tipo Essen, approvato da RFI. Il monolite viene successivamente varato con il sistema a spinta mediante martinetti idraulici disposti contro un muro di contrasto.

Il piano di appoggio per la realizzazione del monolite e per la sua successiva spinta è costituito da una platea in c.a., alla cui estremità è prevista la realizzazione di una trave di contrasto per la spinta. Al fine di ridurre l'attrito tra monolite e vasca di varo durante le fasi di spinta è prevista l'interposizione di uno strato di scorrimento, realizzato mediante l'accoppiamento di due fogli di tessuto non tessuto di peso 200 g/m² e due teli di polietilene cerato di peso 200 g/m².

Per permettere l'infissione della struttura al disotto della massicciata ferroviaria è prevista la realizzazione di un rostro di testata a pareti inclinate con angolo di circa 30° rispetto alla verticale. A spinta ultimata il rostro verrà parzialmente demolito. Il rispetto della direzione planimetrica di spinta è garantita dalla presenza di due travi guida costituite da profilati metallici posti al lato del monolite stesso, il movimento di tali travi è contrastato da due cordoli in c.a. realizzati ai lati della vasca di varo.

7.2 TRATTA D “BREVE”

Nel presente paragrafo, verranno descritte in termini generali le principali opere d'arte presenti lungo i circa 9 km di sviluppo del tracciato autostradale.

Si specifica come, in questa fase progettuale, il pre-dimensionamento delle opere abbia avuto come principale finalità l'individuazione di una sezione tipologica per ogni impalcato presente lungo la tratta; tale sezione tipologica è stata poi utilizzata al fine di ottenere una stima parametrica dell'opera, da inserire all'interno del Quadro Economico dell'intervento complessivo.

Pertanto, il pre-dimensionamento delle opere è stato eseguito sulla base delle esperienze pregresse di progettazione di interventi simili e per analogia con le opere d'arte appartenenti alle tratte di Autostrada Pedemontana Lombarda già realizzate.

Le opere possono essere suddivise in due categorie:

- Ponti e Gallerie appartenenti all'asse principale dell'autostrada;
- Cavalcavia e Sottovia appartenenti alle viabilità locali e ai rami di svincolo.

7.2.1 Opere d'arte appartenenti all'asse principale

Le opere d'arte appartenenti all'asse principale sono due:

- Il Ponte sul Fiume Molgora;
- La Galleria artificiale “Interconnessione SP2”;

7.2.1.1 Ponte sul fiume Molgora

Il Ponte sul fiume Molgora è un'opera posta all'inizio della tratta D, dalla progressiva 0+012 alla progressiva 0+225, per uno sviluppo complessivo di circa 210 m; il ponte è composto da sei campate di cui tre aventi luce pari a 30 m e tre aventi luce pari a 40 m.

In realtà l'opera è composta da quattro strutture indipendenti:

- Una struttura ospita la carreggiata Ovest della Autostrada Pedemontana Lombarda;
- Una struttura ospita la carreggiata Est della Autostrada Pedemontana Lombarda;

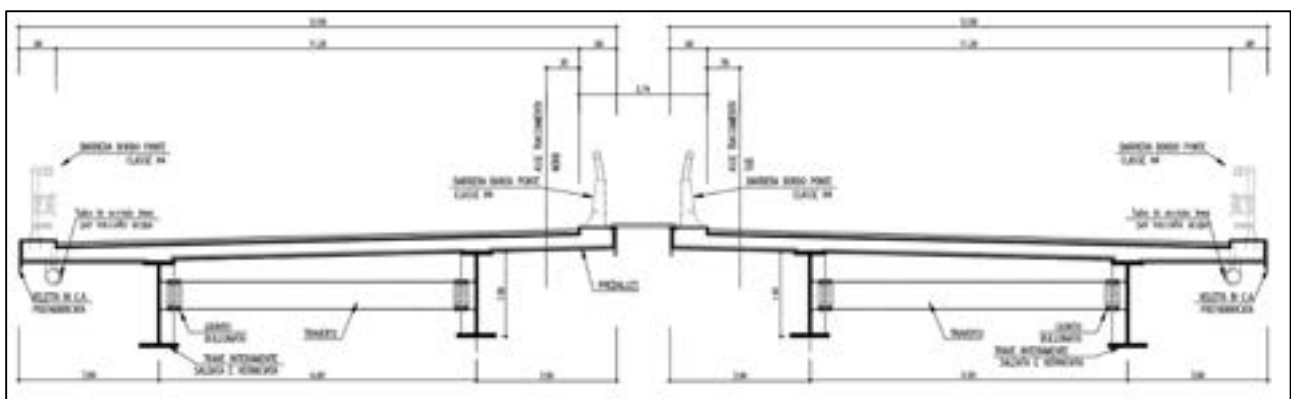
- Una struttura ospita il tratto conclusivo della corsia di immissione in carreggiata Est;
- Una struttura ospita il tratto iniziale della corsia di uscita dalla carreggiata Ovest.

Gli impalcati di tutte le quattro strutture sopra-citate sono composti da due travi longitudinali in acciaio e da una soletta collaborante in calcestruzzo armato; le travi presentano il medesimo schema statico di trave continua su più appoggi.

Gli impalcati che ospitano le due carreggiate autostradali, hanno larghezza pari a 12.80 m, mentre la larghezza della piattaforma stradale misura 11.20 m. Nel caso degli impalcati che ospitano le due rampe di svincolo, la larghezza dell'impalcato è pari a 10.65 m, mentre la larghezza della piattaforma stradale misura 8.00 m.

Gli impalcati di ciascuna struttura poggiano su due spalle in calcestruzzo armato e sei allineamenti di due pile l'uno; tutte le strutture di elevazione si sviluppano a partire da strutture di fondazione su pali.

Si prevede di utilizzare come dispositivi di appoggio delle travi degli isolatori sismici.



7.2.1.2 Galleria artificiale interconnessione SP2

L'opera è l'unica galleria presente lungo i quasi 9 km di sviluppo della tratta autostradale; essa si estende dalla progressiva 3+859 alla progressiva 4+270, per un totale di circa 410 m.

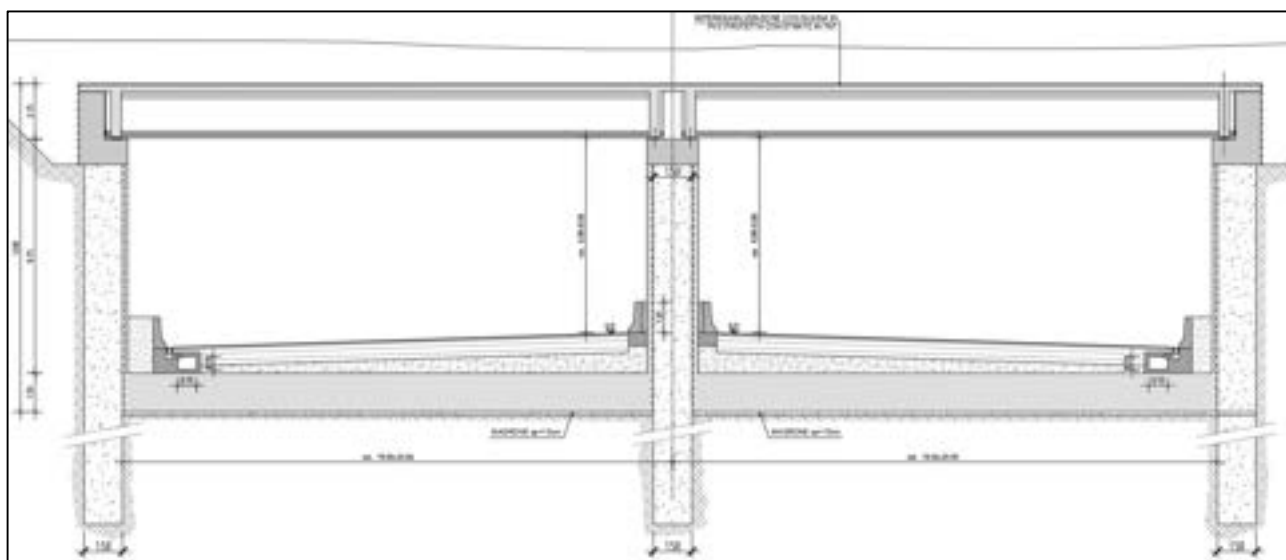
Si tratta di una galleria artificiale composta da due canne di larghezza variabile da 19 a 24 m, ciascuna delle quali ospita una carreggiata. Per quanto concerne le fasi costruttive, si prevede di impiegare il metodo Milano, che consentirà di minimizzare gli scavi e di conseguenza le interferenze con la viabilità locale.

Pertanto, la tecnica di esecuzione prevedrà un primo scavo di sbancamento sino all'intradosso del solettone di copertura, la realizzazione dei diaframmi in calcestruzzo

armato, la posa delle travi prefabbricate in c.a.p. e il getto della soletta collaborante. Una volta realizzata la copertura della galleria si procederà con lo scavo a foro cieco all'interno della galleria e per ultimo alla realizzazione del solettone di base in calcestruzzo armato.

I diaframmi in calcestruzzo armato avranno spessore pari a 1.50 m e profondità pari a 25 m; in sommità verrà realizzato un cordolo/pulvino, il quale avrà la doppia funzione di fungere da appoggio per le travi di copertura e di realizzare un collegamento in direzione trasversale tra i diaframmi.

L'impalcato sarà costituito da travi in c.a.p. di altezza pari a 1.80 m, con soletta di completamento da 25 cm. Il giunto di continuità in corrispondenza dell'appoggio sul diaframma centrale, sarà tale da non realizzare la monoliticità tra i due impalcati adiacenti.



7.2.2 Opere d'arte appartenenti alle viabilità locali e alle rampe

Per tali opere si è deciso di procedere come di seguito esposto:

- Per opere di sviluppo minore a 35 m, si realizzeranno degli impalcati mono-campata con travi prefabbricate in c.a.p. e soletta collaborante in calcestruzzo armato;
- Per opere di sviluppo compreso tra 35 e 60 m si realizzeranno degli impalcati mono-campata a via di corsa inferiore in acciaio;
- Per opere di sviluppo maggiore di 60 m si realizzeranno viadotti a via di corsa superiore a sezione composta acciaio-calcestruzzo.

7.2.2.1 Impalcati in cap

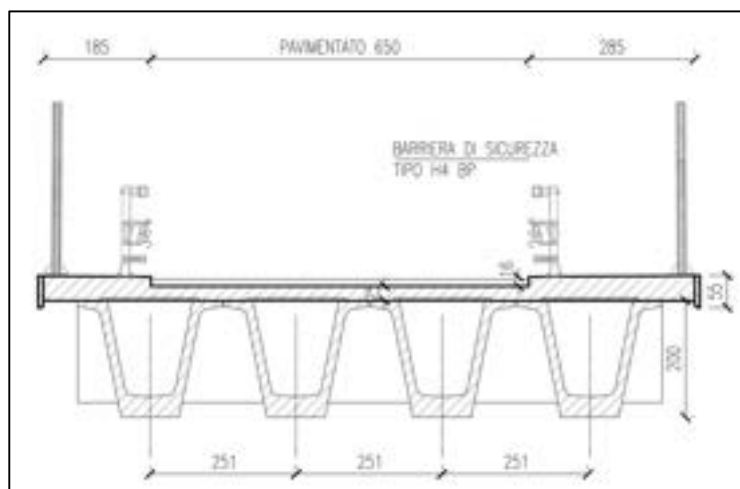
Le opere il cui impalcato sarà costituito da travi in c.a.p. sono le seguenti.

Opera	Luce [m]	Larghezza [m]	Progressiva
Cavalcavia di svincolo, Rampa direzione Pedemontana	25	11,2	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Sottovia di svincolo, Rampa direzione Pedemontana	32	11,2	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Sottovia di svincolo, Rampa direzione A4-MI, TEEM-A1	30	11,2	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Adeguamento Cavalcavia su Rampa direzione Melegnano	21	12,8	INTERCONNESSIONE TEEM-A4

Come si nota, tutte le opere ricadono all'interno dell'interconnessione tra A4 e TEEM.

Le prime tre opere presenti nella tabella ospitano le piattaforme stradali delle rampe di svincolo dell'interconnessione. Essi sono composti da 4 travi ad U aventi altezza pari a 200 cm e interasse pari a 250 cm; in opera saranno eseguiti due traversi di testata e uno in mezzzeria. Completa l'impalcato una soletta collaborante larga 11.20 m, la quale ospita la piattaforma stradale larga 6.50 m.

Le travi poggeranno su appoggi in elastomero armato. Si riporta una sezione tipologica delle tre opere.



L'ultima opera presente in tabella, invece, è situata nella parte conclusiva della rampa di ingresso alla carreggiata sud della TEEM; si tratta nella fattispecie del prolungamento di un'opera esistente che permette alla via Cascina Bertagna di scavalcare l'autostrada TEEM. L'opera esistente è costituita da un impalcato metallico a via di corsa inferiore che poggia su due spalle in calcestruzzo armato.

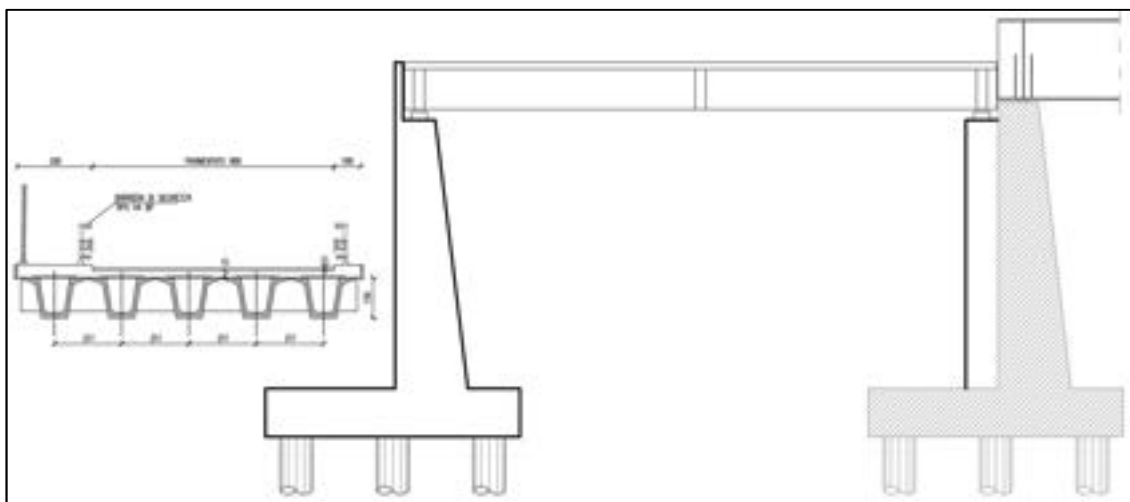
Nel progetto stradale dell'interconnessione, è previsto il rifacimento della rampa in ingresso in carreggiata sud della TEEM; tale intervento porta ad un ampliamento della sede stradale

(sul lato carreggiata sud) e pertanto alla necessità di prolungare il cavalcavia esistente. Dal momento che l'opera ha pochi anni e si presenta in buono stato di conservazione, e poiché nel nuovo tracciato stradale la spalla esistente si trova tra la nuova rampa di svincolo e la carreggiata sud, si è deciso di intervenire come segue:

- Scavo di sbancamento del rilevato necessario per poter ospitare la sede stradale della rampa di immissione;
- Ringrosso della spalla esistente e demolizione del muro paraghiaia e dei muri andatori della stessa;
- Realizzazione di una nuova spalla a lato della nuova rampa di svincolo;
- Realizzazione di un impalcato di scavalco della rampa di svincolo che poggia sulla nuova spalla e su quella esistente.

Il nuovo impalcato sarà composto da 5 travi ad U aventi altezza pari a 150 cm e interasse pari a 250 cm; in opera saranno eseguiti due traversi di testata e uno in mezzzeria. Completa l'impalcato una soletta collaborante larga 12.80 m, la quale ospita la piattaforma stradale larga 9.00 m.

Le travi poggieranno su appoggi in elastomero armato. Si riporta una sezione tipologica e un prospetto dell'opera.



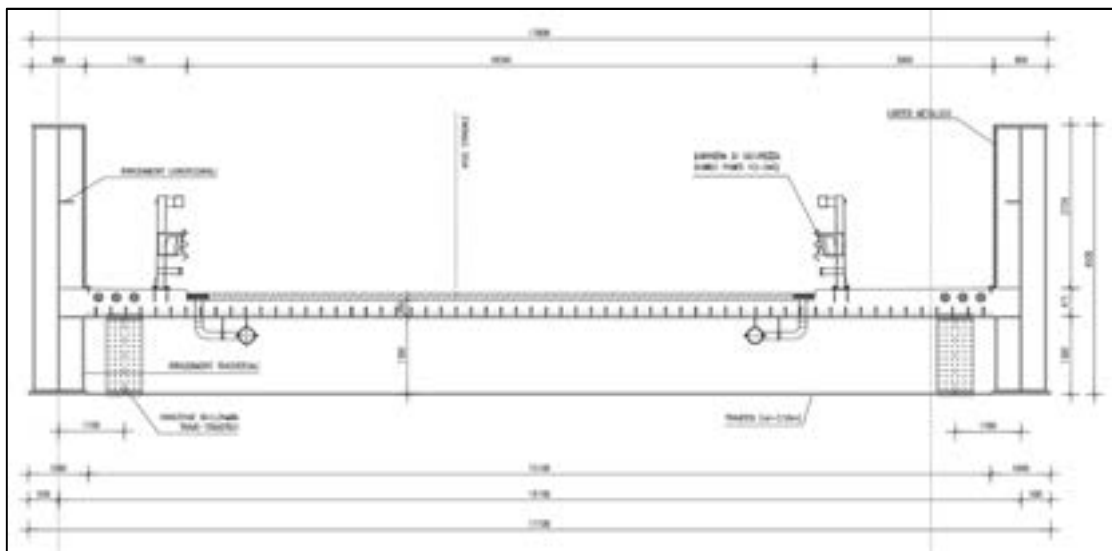
7.2.2.2 Impalcati metallici a via di corsa inferiore

Gli impalcati metallici a via di corsa inferiore sono stati utilizzati al fine di limitare le quote di progetto della strada in sovrappasso, laddove non fosse possibile realizzare degli allineamenti di pile in modo da suddividere lo sviluppo del ponte in più campate.

Le opere contraddistinte da tale tipologia strutturale sono quelle riportate nella seguente tabella.

Opera	Luce [m]	Larghezza [m]	Progressiva
Cavalcavia SP3	50	17,0	1+940
Cavalcavia Svincolo SP2	50	17,0	4+550
Cavalcavia SP211	45	15,5	6+250
Cavalcavia di svincolo, Rampa direzione A4-VE su TEEM	45	11,8	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Cavalcavia di svincolo, Rampa direzione A4-MI, TEEM-A1	48	15,8	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Cavalcavia di svincolo, Rampa direzione TEEM-A1	60	11,8	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Cavalcavia di svincolo, Rampa direzione A4-VE	60	11,8	INTERCONNESSIONE TEEM-A4
Cavalcavia n.140	50	15,5	INTERCONNESSIONE TEEM-A4

Come si nota, si tratta di opere ad una campata avente luce compresa tra 45 e 60 m. Di seguito si riporta una sezione tipologica.



Le due travi longitudinali hanno un'altezza massima sempre compresa tra 4.00 m e 4.50m, mentre trasversalmente sono disposti dei traversi di altezza compresa tra 100 cm e 130 cm a interasse di 3 m. I traversi sono resi collaboranti mediante il getto di una soletta di spessore pari a 28 cm comprensivo dei 6 cm di predalles.

La larghezza dell'impalcato varia in funzione del tipo di viabilità che dovrà transitare sull'opera; a tale proposito, si precisa come sulle opere "Cavalcavia SP3", "Cavalcavia SP2" e "Cavalcavia n.140" si sia previsto lo spazio necessario all'ubicazione di una pista ciclabile.

7.2.2.3 Impalcati metallici a via di corsa superiore

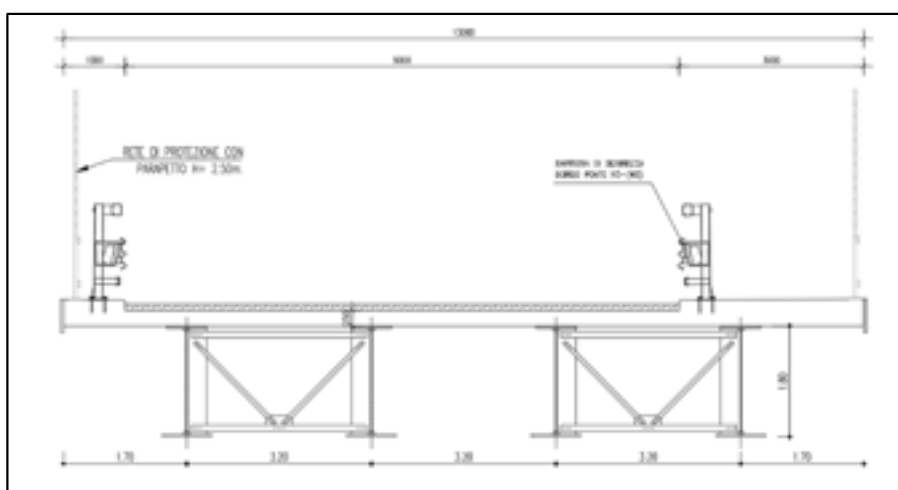
I cavalcavia realizzati con impalcato metallico a via di corsa superiore sono quelli riportati nella seguente tabella.

Opera	Luce [m]	Larghezza [m]	Progressiva
Cavalcavia via San Nazzaro	42+42	13,0	2+470
Cavalcavia via per Ornago	32+32	13,0	5+180
Cavalcavia via Damiano Chiesa	42+42	13,0	8+190
Viadotto di svincolo, Rampa direzione Pedemontana	7x46+51	10,2	INTERCONNESSIONE TEEM-A4

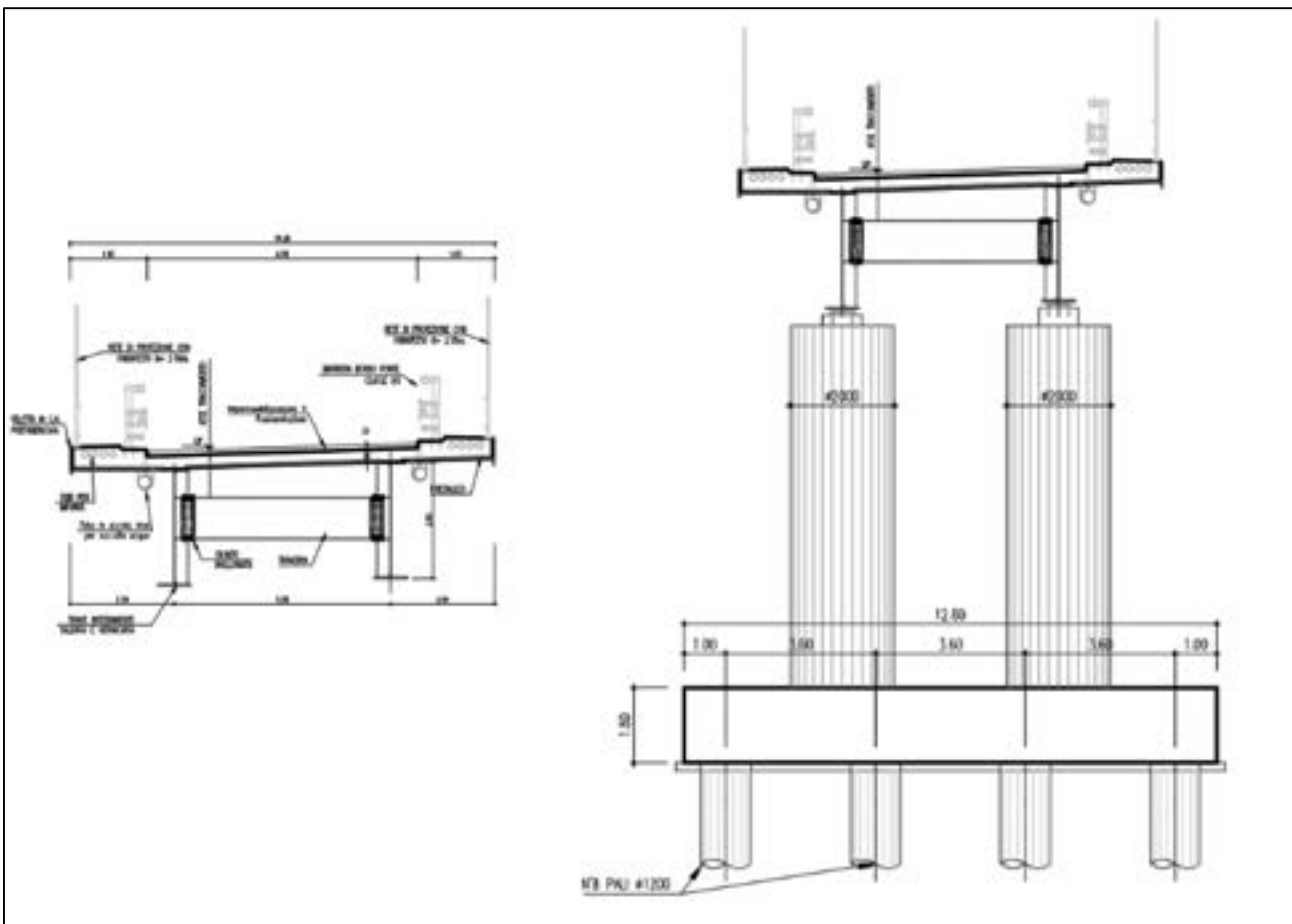
Gli impalcati delle prime tre opere sono costituiti da due cassoncini torsio-rigidi, realizzati da due travi a doppio T connesse tra loro mediante traversi reticolari verticali a K e da un adeguato controvento orizzontale; l'altezza delle travi è compresa tra 1.60 m e 1.80 m.

Per la realizzazione della soletta si prevede l'adozione di coppelle metalliche aventi funzione di cassero a perdere.

Le travi hanno schema statico di trave continua su tre appoggi, in cui i tre appoggi sono costituiti dalle due spalle in calcestruzzo armato e da un allineamento di pile anch'esse in calcestruzzo armato realizzate tra la carreggiata sud e la carreggiata nord dell'autostrada.



L'ultimo cavalcavia in tabella, che accoglie una rampa di svincolo dell'interconnessione tra A4 e TEEM, è costituito da due travi longitudinali in acciaio a doppio T e da una soletta collaborante in calcestruzzo armato; le travi hanno schema statico di trave continua su 9 appoggi.



L'impalcato ha larghezza pari a 10.20 m, mentre la larghezza della piattaforma stradale misura 6.50 m. Le travi poggiano su due spalle in calcestruzzo armato e sette allineamenti di due pile l'uno; tutte le strutture di elevazione si sviluppano a partire da strutture di fondazione su pali.

Si prevede di utilizzare come dispositivi di appoggio delle travi degli isolatori sismici.

7.3 CONSIDERAZIONE FINALI

Come indicato all'inizio del presente capitolo, il progetto della Tratta D "Breve" è al livello di studio di fattibilità. Per tale motivo non sono state ancora approfondite diverse tematiche di carattere strutturale/geotecnico che invece risultano già affrontate e definite per il progetto della Tratta D "Lunga", essendo questo a livello di progettazione definitiva. Se ne deduce, pertanto, che un confronto tra le due soluzioni alternative progettuali, relativamente alle scelte intraprese, non risulterebbe possibile.

La definizione delle tipologie di opere d'arte da adottare per la Tratta D "Breve", funzione del progetto stradale svolto, è stata eseguita sulla base dei criteri delle tratte precedentemente progettate di Pedemontana, tra cui la Tratta D "Lunga" stessa, e sulla base di esperienze pregresse della Scrivente in casistiche analoghe. La definizione della sezione tipologica dell'opera d'arte da realizzare, a questo livello della progettazione, ha come scopo principale quello di poter definire una stima, su base parametrica, dei costi di realizzazione dell'opera e giungere alla definizione del quadro economico dell'intervento.

8 STUDI DI BASE

Nel seguito verranno descritti sinteticamente gli studi di base (idrologia ed idraulica, geologia, geomorfologia, geotecnica, sismica) relativamente alle soluzioni alternative individuate dalla presente relazione, con riferimento alla fase progettuale di ciascuna.

Valgono le medesime considerazioni già svolte relativamente all'”Opzione 0” di non intervento.

Per maggiori dettagli in merito a quanto trattato nel seguito si rimanda alle specifiche relazioni specialistiche e relativi elaborati grafici di dettaglio.

Come già ricordato per la Tratta D “Lunga” si riportano gli studi svolti nell’ambito del Progetto Definitivo approvato del 2010.

8.1 IDROLOGIA E IDRAULICA DI PIATTAFORMA

8.1.1 Tratta D “Lunga”

Il tracciato dell’infrastruttura in oggetto e delle viabilità secondarie previste intercetta corsi d’acqua principali quali il Torrente Molgora, Il fiume Adda ed il fiume Brembo.

Oltre ai corsi d’acqua principali l’infrastruttura prevista intercetta numerosi corsi d’acqua minori e zone particolari dal punto vista geomorfologico:

- Rio Valle;
- Vallone Cava;
- Vallone S.Nazzaro;
- Rio Cava e scolmatore Rio Cava;
- Rio Pissanegra;
- Rio Vallone;
- Rio del Comune;
- Scolo Adda;
- T. Dordo;
- Rio Zender;
- Roggia Vallone;

- T. Grandone (La Buliga);
- Roggia Brembilla.

oltre a numerosi altri canali di scolo dei campi.

Il territorio, fortemente antropizzato, è inoltre caratterizzato dalla presenza di numerosi collettori fognari sia comunali sia consortili, che rappresentano un secondo importante reticolo di drenaggio variamente interconnesso con il reticolo naturale.

8.1.1.1 Torrente Molgora

Il tratto di torrente Molgora che viene esaminato in dettaglio nell'ambito del presente studio è situato a sud dei Comuni di Carnate ed Usmate Velate e prima del Comune di Vimercate, in una fascia di territorio ancora libera da eccessive forme di antropizzazione.

In prossimità del torrente Molgora, in particolare ad ovest dello stesso, si configura la connessione con la Tangenziale Est. Provenendo da Bellusco, la piattaforma stradale comincia progressivamente ad allargarsi per lasciare spazio alle rampe ed alle corsie dell'interconnessione in progetto. Tutto ciò ha inizio a partire dal corso del Rio Valle, un piccolo torrente che si colloca ad est, impegnando progressivamente, ed in modo sempre più ampio, la valle della Molgora in corrispondenza della sezione "90", e a sud della stessa. Superato il fiume Molgora, le due carreggiate per senso di marcia iniziano progressivamente ad aprirsi per lasciare spazio alla complessa interconnessione. Due grosse rotonde conducono quindi alla viabilità locale, tra cui la strada comunale Vimercate Usmate. In corrispondenza del tracciato della Tangenziale Est, lo svincolo si presenta, da parte opposta, in modo quasi del tutto speculare, per tornare a chiudersi successivamente sulle due carreggiate del tracciato ed incontrare, dopo poco, gli svincoli di Arcore.

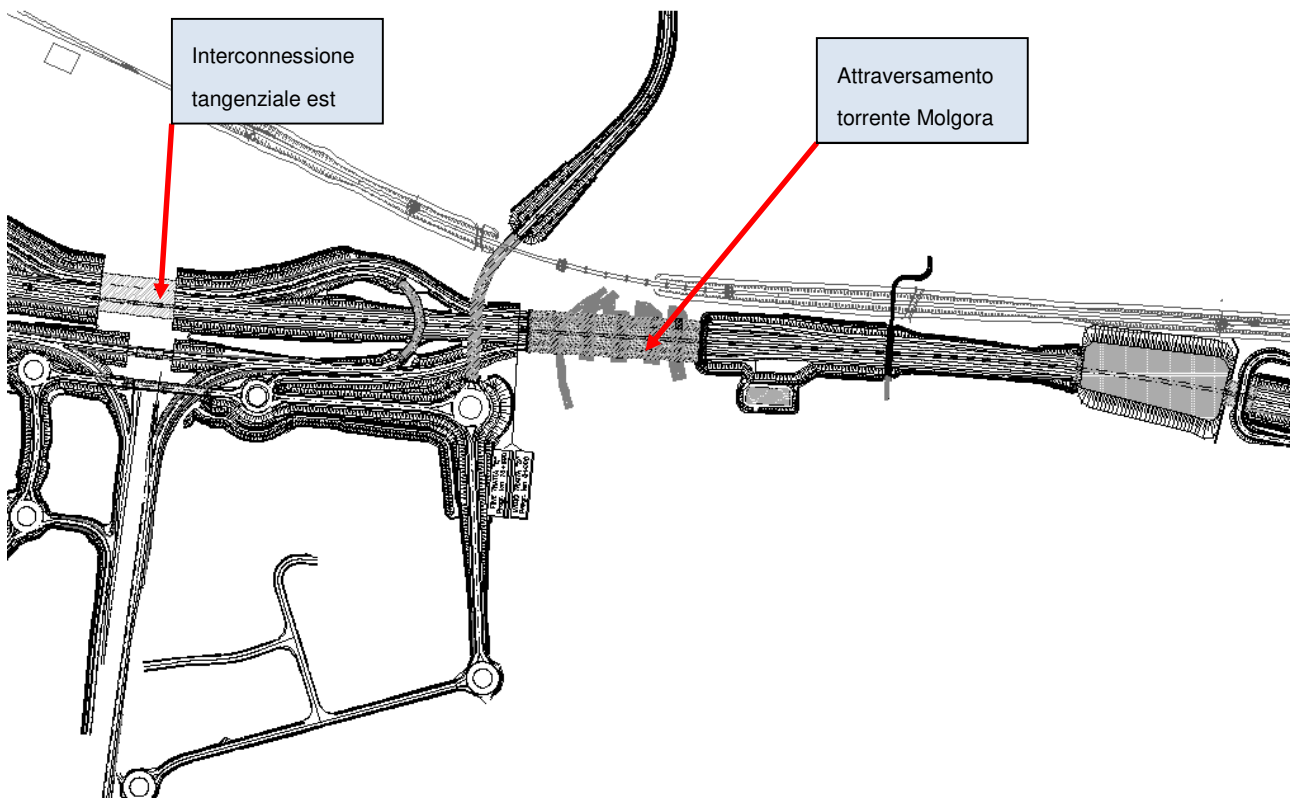
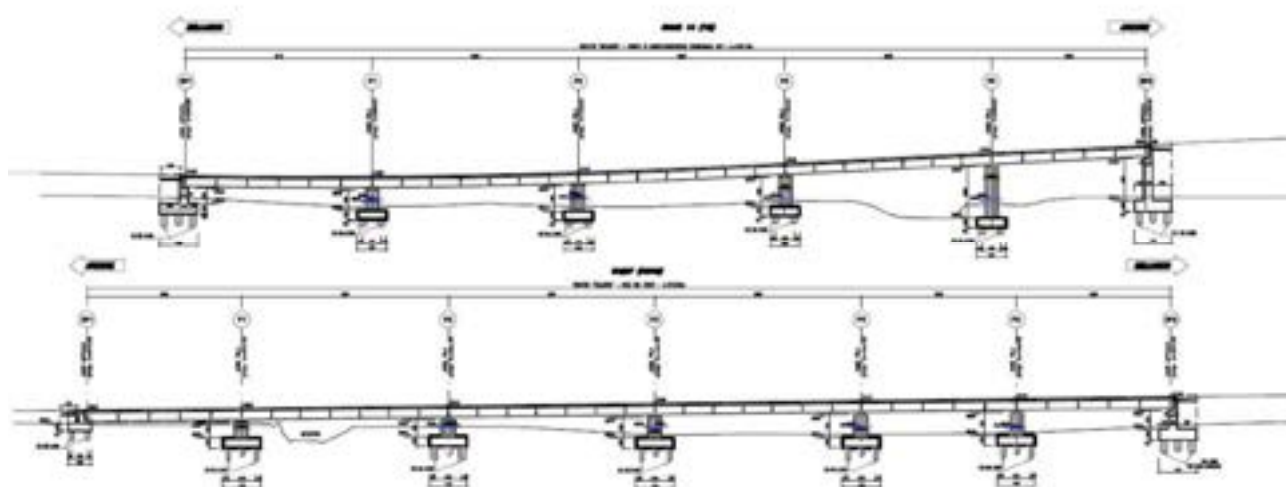


Immagine dell'interconnessione con la tangenziale est

Ciò che indubbiamente colpisce nell'ambito di questa particolare infrastruttura è la presenza delle numerosissime pile in corrispondenza dell'area di allagamento. Questo scenario è la diretta conseguenza sia della presenza dello svincolo precedentemente descritto, che obbliga ad allargare le due carreggiate principali per lasciare spazio alle opere di interconnessione, ma anche della scelta progettuale di superare l'intera valle in viadotto. D'altra parte se gli sviluppi progettuali avessero condotto alla scelta di un attraversamento caratterizzato da una luce libera inferiore a quella qui presentata, lo scenario di progetto avrebbe comunque avuto un impatto notevole. Infatti, si sarebbe resa necessaria la costruzione di un imponente rilevato che progressivamente avrebbe dovuto scendere nella valle della Molgora, occupando parte delle aree attualmente allagabili.



Particolare di una rampa dello svincolo e di una carreggiata principale

La soluzione qui presentata è comunque il frutto di un'accurata analisi volta a individuare la migliore posizione per le numerosissime pile posizionate all'interno della valle e tale da non interferire con le divagazioni attuali dell'alveo. La scelta finale mitiga esigenze anche di natura strutturale che impongono campate superiori a 30 m. Sulla base di questi punti fissi, ne è derivata una struttura costituita, nel suo complesso, da 28 coppie di pile, per un totale di 56 strutture singole circolari aventi un diametro di 2.5 m.

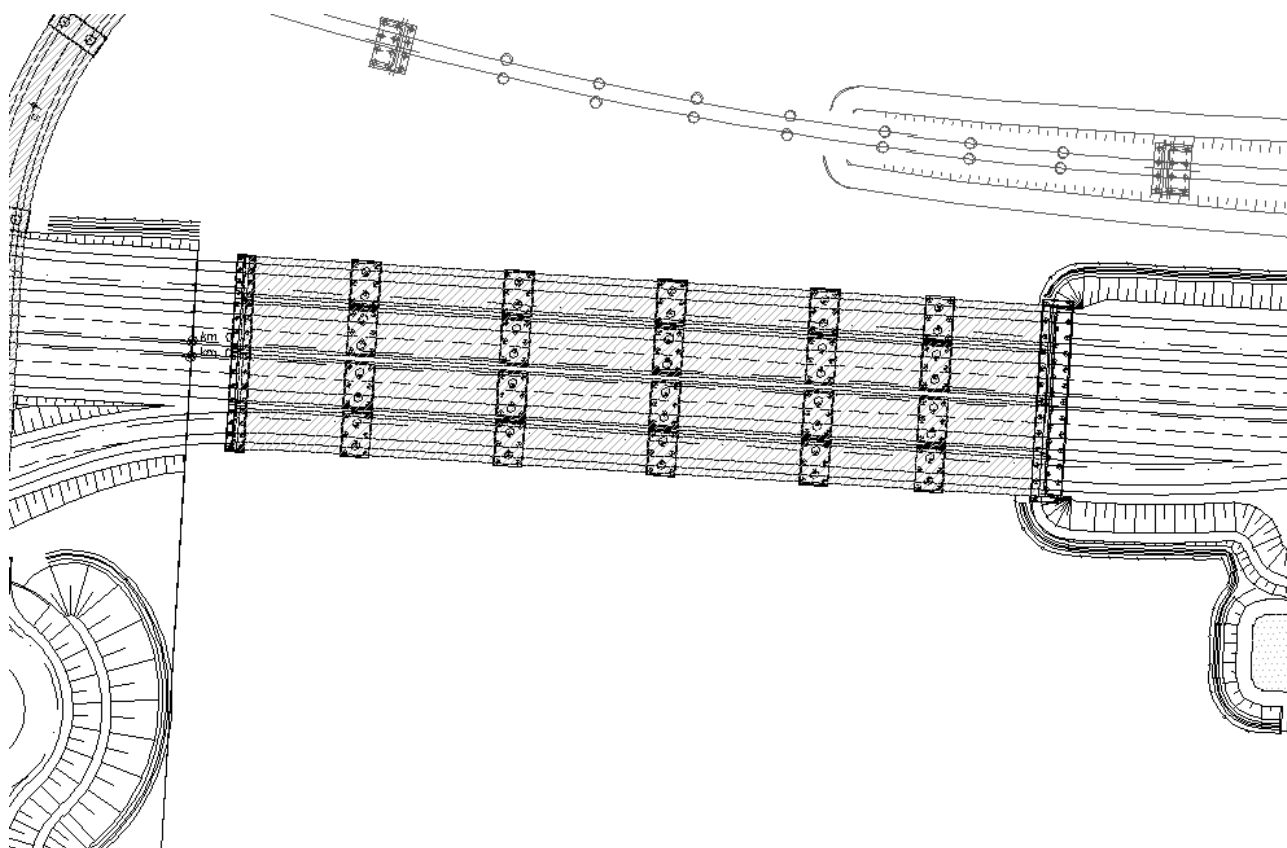
Le carreggiate principali del viadotto presentano una luce complessiva di 210 m che, in successione da est a ovest, sono caratterizzate dalla seguente progressione di luci libere:

30 m – 30 m – 40 m – 40 m – 40 m – 30 m.

Le carreggiate appartenenti alle due ali dello svincolo presentano invece luci libere totali pari a 180 m caratterizzate dalla seguente progressione di luci libere:

30 m – 40 m – 40 m – 40 m – 30 m.

Per poter far coincidere il transito dell'alveo al di sotto delle luci di dimensioni maggiori, pari a 40 m, in destra idraulica l'inizio del viadotto è stato anticipato, posizionando quindi una luce di 30 m in una zona non interessata dal deflusso delle portate di piena, con le pile che risultano allineate, sebbene non perfettamente in direzione nord-sud.



Stralcio planimetrico del posizionamento delle pile in alveo

Ogni coppia di pile poggia su un plinto a sua volta fondato su un gruppo di 6 pali; le dimensioni del plinto sono pari a 11.50 x 6.2 m, mentre la distanza libera tra le pile è pari a 3.70 m. La struttura risulta quindi molto complessa ed è stata calcolata con un modello bidimensionale. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica specifica.

8.1.1.2 Fiume Adda

La Tratta D della Pedemontana viene ad intersecare il Fiume Adda nei pressi di Trezzo sull'Adda e Bottanuco, appena dopo la galleria naturale "Dei Preti".

L'attraversamento è previsto con un viadotto di 760 m dalla progressiva km 10+103 alla progressiva km 10+863.

L'intersezione della Pedemontana Lombarda con il Fiume Adda si colloca al confine dei territori comunali di Cornate D'Adda (Provincia di Monza e Brianza) e Bottanuco (Provincia di Bergamo). Il Fiume Adda appartiene al reticolo principale della Regione Lombardia.

Allo stato di fatto, nel tratto analizzato, non sono presenti ulteriori attraversamenti.

Si anticipa fin da subito che per il corso d'acqua in esame non sono stati effettuati rilievi ad hoc, ma si è implementato un modello idraulico (Hec-Ras) utilizzando le sezioni individuate dallo “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po” effettuato dall’Autorità di Bacino. Le ragioni di tale scelta sono dovute essenzialmente ad alcune considerazioni qui di seguito riportate:

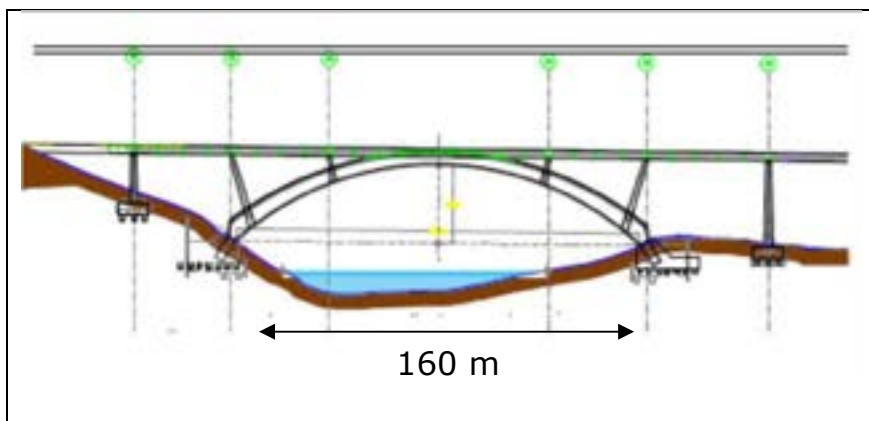
- Assenza di pile in alveo dell’attraversamento dell’Autostrada Pedemontana Lombarda in progetto;
- Intradosso del medesimo ponte in progetto a quota di assoluta sicurezza (franco di oltre 40 metri dalla quota della piena 500-ennale).

INTERFERENZE ADDA - Tratta D - STATO DI FATTO



Carta CTR 1:10 000 con segnalata la parte di asta del Fiume Adda oggetto di studio allo stato di fatto.

Il Fiume Adda interferisce con il progetto della Pedemontana Lombarda tra le sezioni AD 176 e AD 175_01 (Da monte verso valle) dello studio sopracitato AdBPo. Il progetto prevede un viadotto di interconnessione avente una luce compresa tra la prima pila del ponte ad arco dalla spalla di destra idraulica alla successiva pila (si veda la figura successiva) di circa 160 m e con quota intradosso al centro della volta pari a 195.58 m.s.l.m.



Luce ponte in progetto

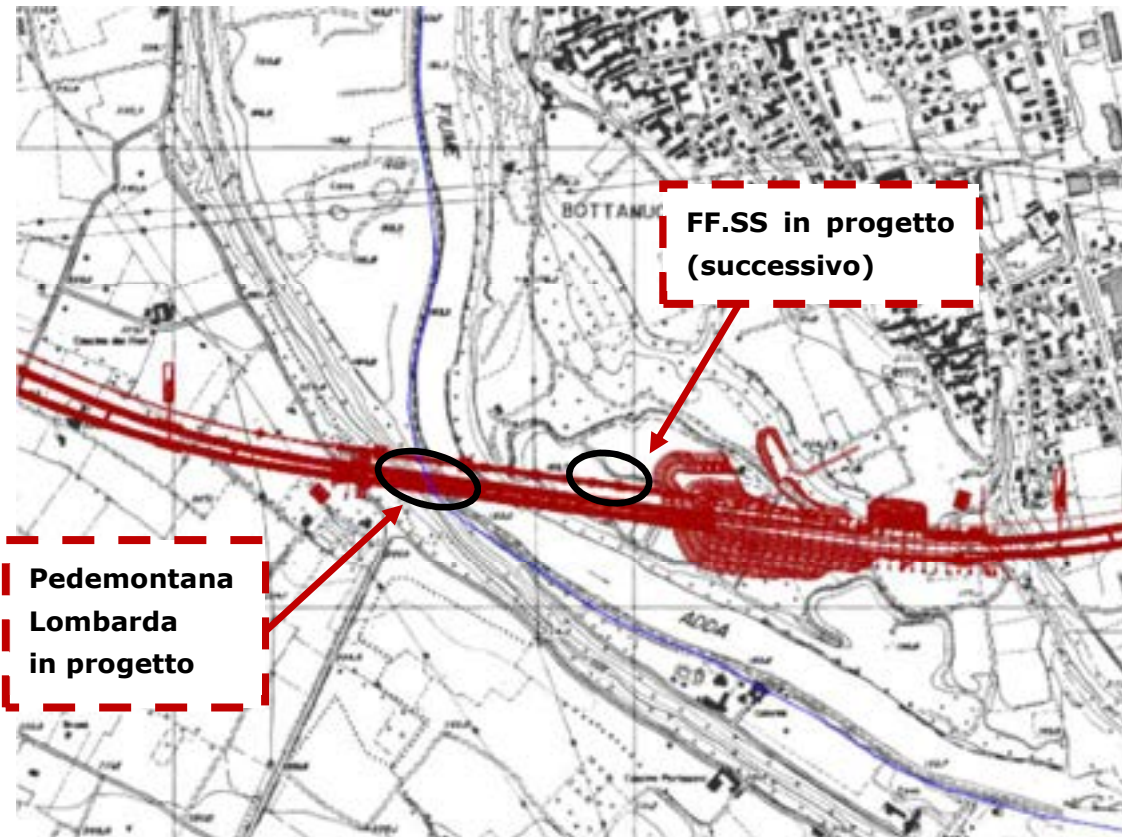
Altro aspetto da osservare, al momento della progettazione definitiva approvata nel 2010, è che l'opera autostradale in progetto sarà successivamente affiancata da un'ulteriore opera interferente di natura ferroviaria, come è graficamente esemplificato nell'immagine seguente:



Ferrovia in progetto

Il ponte ferroviario esula dal progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda; tuttavia, sulla base di elaborati preliminari dello stesso ponte che sono stati forniti, si può osservare che il ponte ferroviario avrà altezze d'impalcato analoghe a quelle del ponte stradale, dunque con franchi idraulici dell'ordine di decine di metri. Inoltre anche il ponte ferroviario non presenterà pile all'interno della Fascia B, essendo anche in questo caso prevista una luce unica ad arco che scavalca l'intero ambito fluviale.

INTERFERENZE ADDA - Tratta D - STATO DI PROGETTO



Carta CTR 1:10 000 con parte di asta del Fiume Adda oggetto di studio allo stato di fatto e l'opera di interferenza idraulica in progetto

Per un maggior dettaglio sui risultati della modellazione idraulica si rimanda alla relazione specifica.

8.1.1.3 Fiume Brembo

L'opera denominata "Interconnessione A4" della Tratta D "Lunga" dell'autostrada Pedemontana Lombarda viene ad intersecare il Fiume Brembo nei Comuni di Filago ed Osio Sotto, appena prima dello svincolo di Osio Sotto e della connessione con la A4.

L'attraversamento è previsto con un viadotto di 90 m dalla progressiva km 0+965 alla progressiva km 1+055.

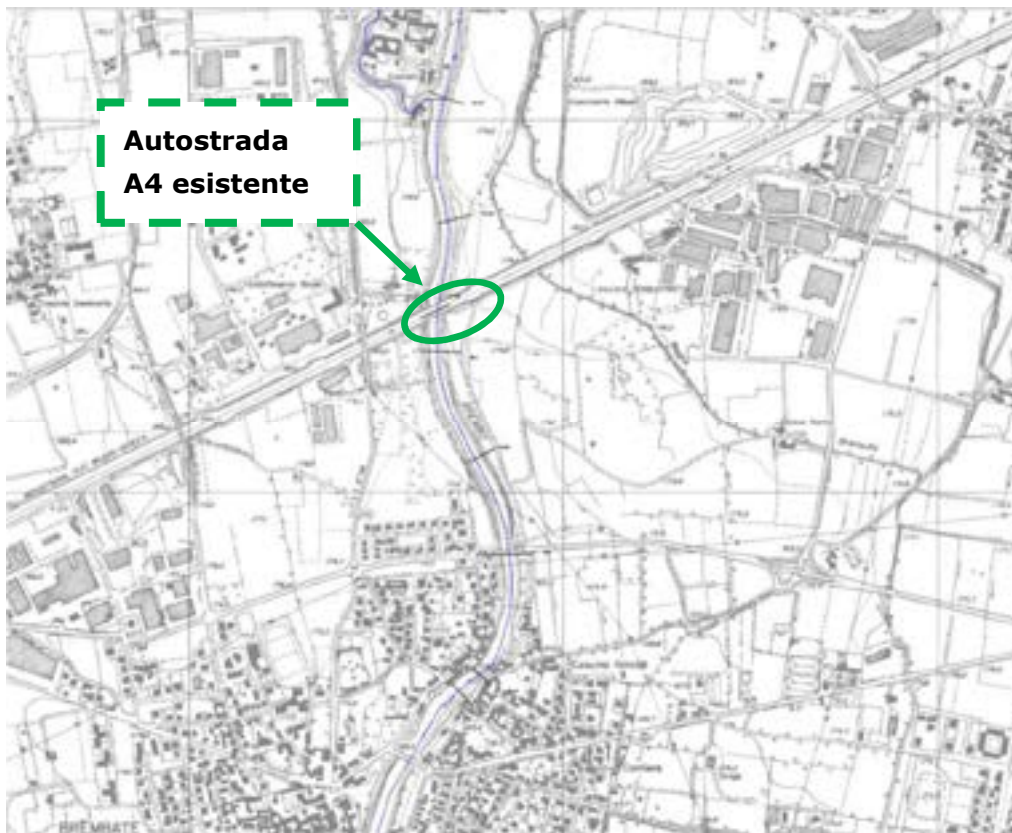
Il Fiume Brembo appartiene al reticolo principale della Regione Lombardia.

Allo stato di fatto, nel tratto analizzato, non sono presenti ulteriori attraversamenti oltre a quello dell'Autostrada A4.

Si anticipa fin da subito che per il corso d'acqua in esame non sono stati effettuati rilievi ad hoc, ma si è implementato un modello idraulico (Hec-Ras) utilizzando le sezioni individuate dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda" effettuato dall'Autorità di Bacino. Le ragioni di tale scelta sono dovute essenzialmente ad alcune considerazioni qui di seguito riportate:

- Assenza di pile in alveo dell'attraversamento dell'Autostrada Pedemontana Lombarda in progetto;
- Intradosso del medesimo ponte in progetto a quota di assoluta sicurezza (Franco di oltre 13 m anche dalla quota della piena 500-ennale).

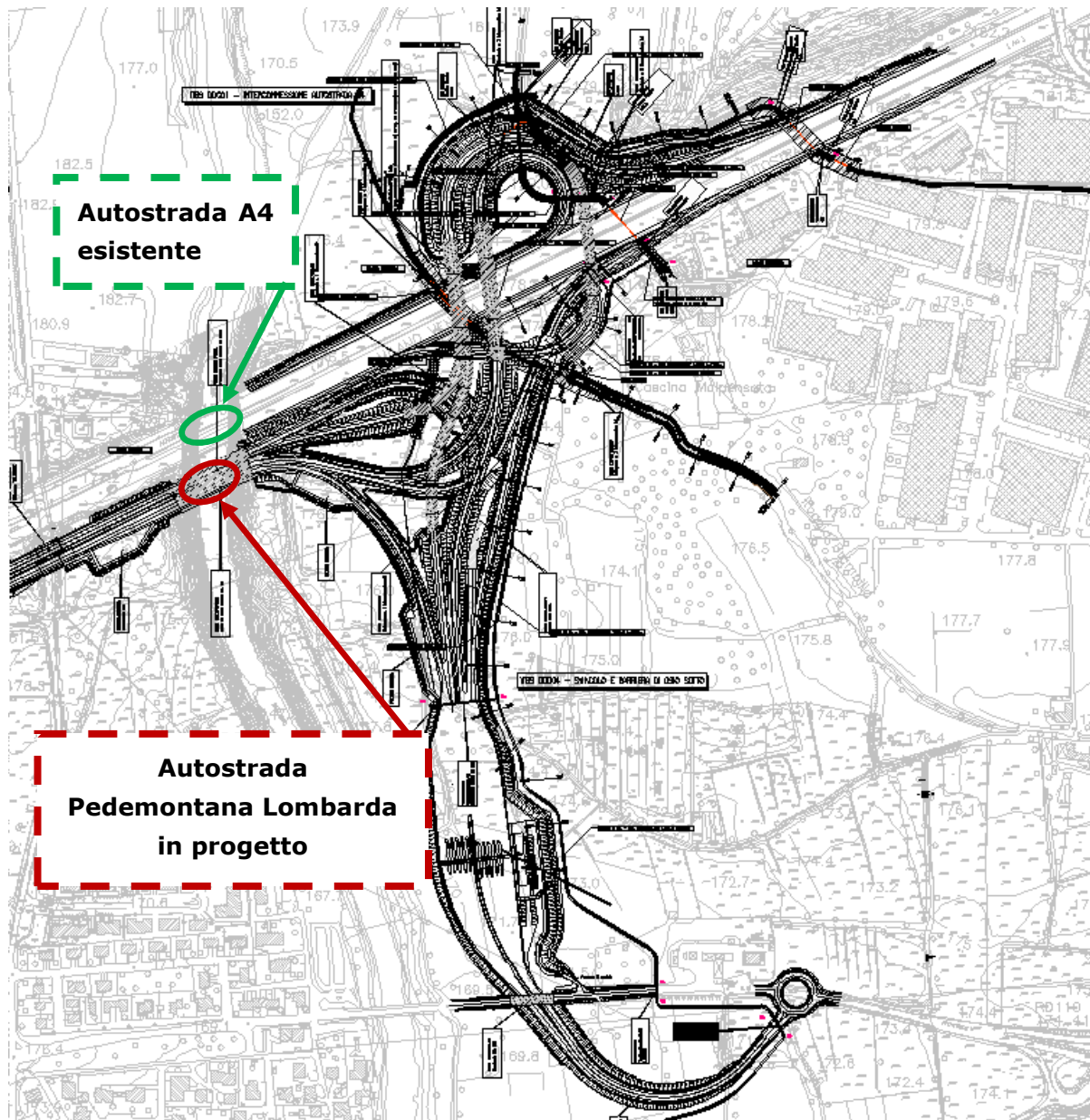
INTERFERENZE BREMBO - Tratta D - STATO DI FATTO



Carta CTR 1:10 000 con segnalata la parte di asta del Fiume Brembo oggetto di studio allo stato di fatto

Il Fiume Brembo interferisce con il progetto della Pedemontana Lombarda tra le sezioni BR 09 e BR 09_01 (da valle verso monte) dello studio sopracitato AdBPo. Il progetto prevede un affiancamento del ponte esistente senza provocare modifiche (restringimenti) della luce nel tratto interessato dalla nuova infrastruttura.

INTERFERENZE BREMBO - Tratta D - STATO DI PROGETTO



L'opera di interferenza idraulica in progetto

8.1.1.4 Corsi d'acqua secondari

Rio Valle

Il Rio Valle è un affluente sinistro del Torrente Molgora e i rispettivi bacini imbriferi sono confinanti. Il bacino è urbanizzato per più del 50% con insediamenti di tipo civile. La parte restante, a nord, è invece destinata a coltivazione.

La Pedemontana interseca il rio all'uscita del centro abitato di Carnate, circa 400 m a monte della confluenza nel Torrente Molgora. Il tratto attraversa campi coltivati ed è costeggiato, sulla sinistra idraulica, da vegetazione ad alto fusto. L'alveo inciso ha una larghezza circa pari a 3.0 m.

Viene riportata la foto del Rio Valle in corrispondenza della sezione dove si prevede il passaggio della Pedemontana.



Planimetria di inquadramento dell'alveo del rio Valle interferente con la piattaforma stradale



Rio Valle in corrispondenza dell'intersezione con la Pedemontana

Vallone Cava

Il Vallone Cava si trova a sud del Comune di Aicurzio ed è fiancheggiato a est da una zona industriale. Il bacino naturale del vallone Cava è interrotto da numerosi insediamenti civili ed industriali, cosicché in corrispondenza del passaggio della Pedemontana l'estensione del bacino naturale afferente è così limitata da non dar luogo ad alcun corso d'acqua.

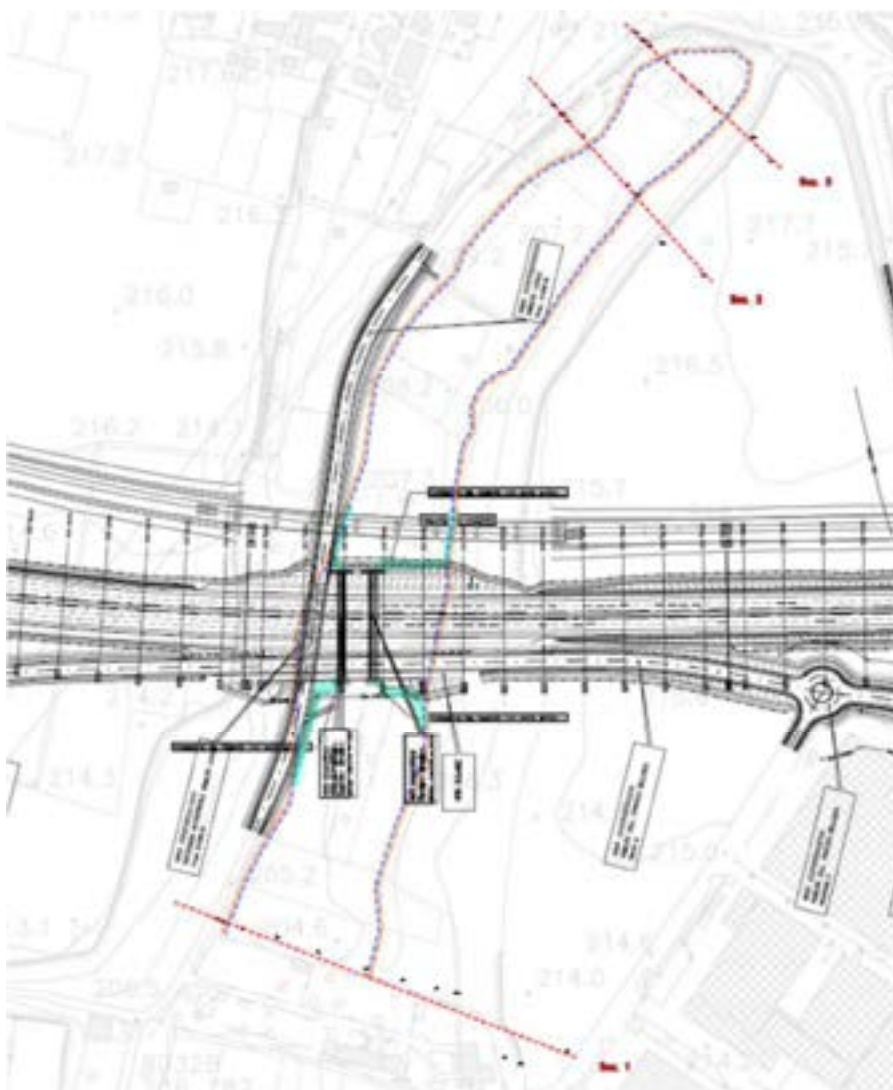
Diversamente, il bacino artificiale del Comune di Bernareggio è di notevole entità. Durante gli eventi meteorici, le acque nere diluite transanti nella fognatura comunale vengono scolmate prima dell'immissione nel collettore consortile e convogliate a due vasche, di cui una di prima pioggia e una di laminazione. Le vasche sono posizionate circa 400 m a monte dell'attraversamento del vallone Cava da parte della Pedemontana. Come riferito dai tecnici di IDRA PATRIMONIO S.p.A. (Ente gestore del reticolo fognario comunale e consortile), la vasca di prima pioggia, realizzata nel 1984, è impermeabile e occupa un'area di circa 300 m². La vasca di laminazione è invece permeabile e disperde le acque nel sottosuolo mediante un sistema di 6 pozzi disperdenti trivellati. Essa ha una superficie di circa 30'000 m². Come riferito dai tecnici di IDRA PATRIMONIO S.p.A., entrambe le vasche sono state progettate per tempi di ritorno di 100 anni. La vasca di laminazione è dotata di uno sfioro di superficie che recapita le acque in una vecchia vasca anch'essa disperdente, grazie alla presenza del "ceppo", realizzata negli anni '20 del secolo scorso.



Vallone Cava in corrispondenza dell'intersezione con la Pedemontana

Vallone San Nazzaro

Il Vallone S. Nazzaro si trova a Sulbiate Inferiore nei pressi della Cascina Ca'. Fiancheggia a ovest la strada provinciale n. 177 e il Corso Alpi ed è attraversato da Via Enrico Fermi ad una quota di 4 m rispetto al fondo vallone. In corrispondenza del passaggio della Pedemontana la profondità del vallone rispetto al piano campagna è di circa 10 m e la larghezza è di circa 200 m (fig. seguente)



Vallone S. Nazzaro in corrispondenza dell'intersezione con la Pedemontana.

Il bacino naturale del vallone S. Nazzaro, come quello del vallone Cava, precedentemente descritto, è interrotto da numerosi insediamenti civili ed industriali, cosicché in corrispondenza del passaggio della Pedemontana l'estensione del bacino naturale afferente è così limitato da non dar luogo ad alcun corso d'acqua.

Diversamente, il bacino artificiale dei Comuni di Aicurzio e Sulbiate è di notevole entità.

Durante gli eventi meteorici, le acque nere diluite transiti nelle fognature comunali vengono scolmate prima dell'immissione nel collettore consortile e convogliate ad una vasca di laminazione. La vasca è posizionata a monte della via Fermi, circa 500 m a monte dell'attraversamento del vallone S. Nazzaro da parte della Pedemontana. Come riferito dai tecnici di IDRA Patrimonio S.p.A., la vasca di laminazione, realizzata nel 1986, è stata progettata con un tempo di ritorno di 2 anni. Essa occupa una superficie di circa 8'000 m² e

ha una profondità di circa 2 m. Tale vasca non è disperdente, l'acqua intercettata viene pompata nel collettore consortile.

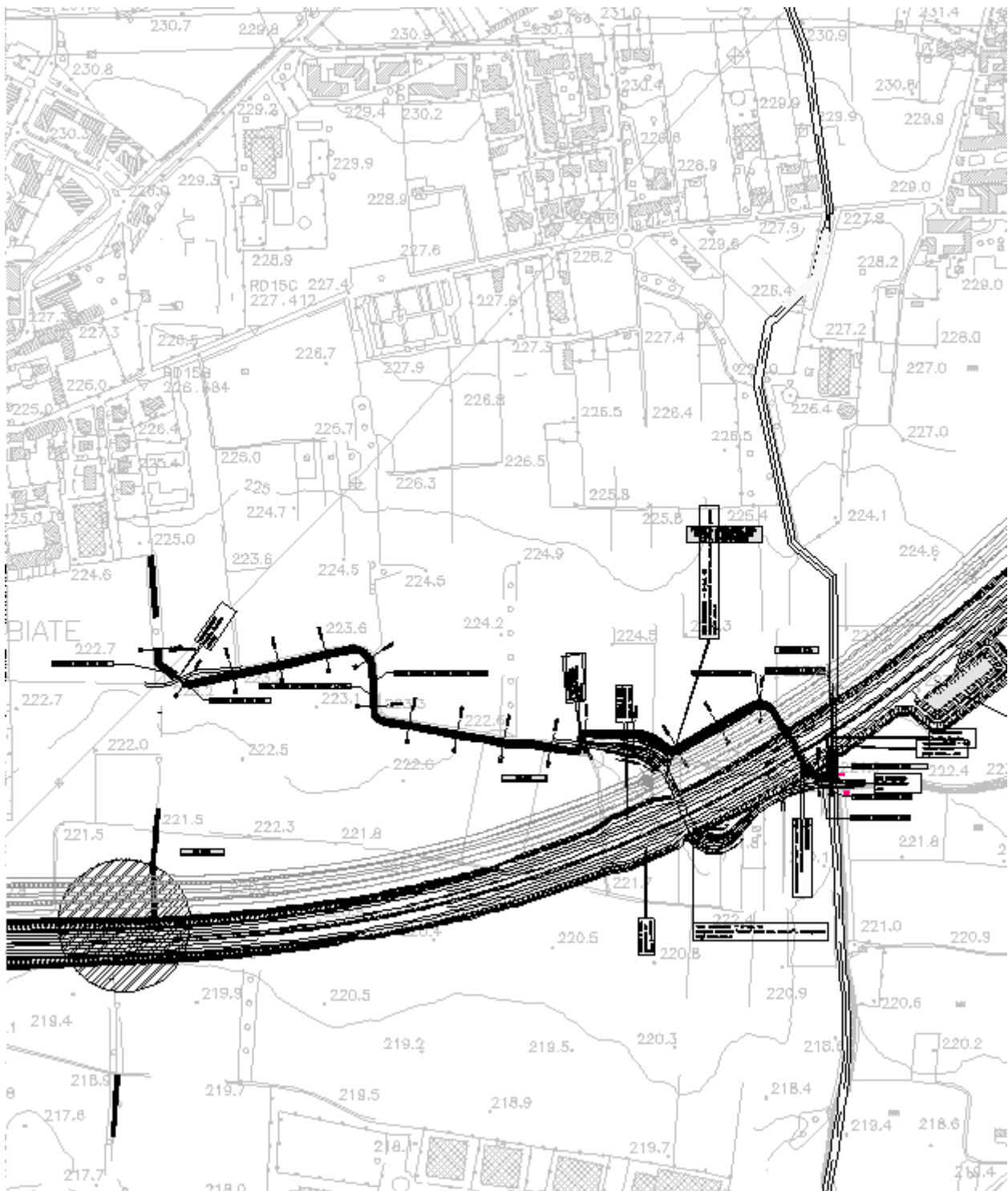


Vallone S. Nazzaro a monte della fascia di passaggio della Pedemontana.

Rio Cava e Scolmatore Rio Cava

La Pedemontana interseca il rio Cava a valle del centro abitato di Sulbiate Inferiore, ove l'alveo, non ben delineato, attraversa una zona agricola a coltura estensiva.

L'area attraversata dal rio Cava e dal suo affluente rio Cavetta è caratterizzata da un rischio idraulico molto elevato, come rilevato dal PAI e dai vincoli imposti nel PGT (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Sulbiate che denotano estese zone di allagamento.



Rio Cava e scolmatore rio Cava in corrispondenza dell'intersezione con la Pedemontana.

Sono in atto interventi per la riduzione di detto rischio idraulico. Tali interventi, il cui progetto è stato realizzato per conto dello STER di Milano, e che sono già in fase esecutiva, prevedono la realizzazione di un canale scolmatore realizzato lungo l'attuale tracciato del

rio Cavetta, fino ad intercettare il bacino naturale afferente al rio Cava in corrispondenza del centro abitato, proprio a monte dell'immissione nello stesso. Il canale è caratterizzato da una forma trapezoidale, con sponde con inclinazione pari a 3/2. La profondità (h), la base minore (b1) e la base maggiore (b2) del canale trapezio sono rispettivamente pari a $h \sim 2.2$ m, $b1 \sim 2.5$ m e $b2 \sim 9.0$ m. Esso non è arginato, ma il livello di piena (corrispondente a $Tr = 100$ anni) è tutto contenuto al di sotto del p.c..

Rio Pissanegra

Il Rio Pissanegra s'incunea tra il torrente Cava e il torrente Vallone, attraverso i Comuni di Verderio Inferiore, Mezzago e Sulbiate. Il bacino imbrifero è interamente caratterizzato da zone destinate alle coltivazioni, tranne nel tratto di attraversamento dell'abitato di Mezzago, a valle della fascia interessata dalla Pedemontana.

L'attraversamento delle due nuove infrastrutture è previsto circa 350 m a monte dell'inizio del tratto tombinato, in un'area boschiva dove l'alveo non risulta ben delineato e sono presenti solo le modeste incisioni costituite dai sentieri. In corrispondenza di tale area il tracciato del rio è quasi del tutto scomparso, tuttavia si può presumere che tutta l'area sia interessata da allagamento durante gli eventi meteorici che generano deflusso da monte.



Rio Pissanegra a valle della fascia di passaggio della Pedemontana e poco prima del tratto tombinato.

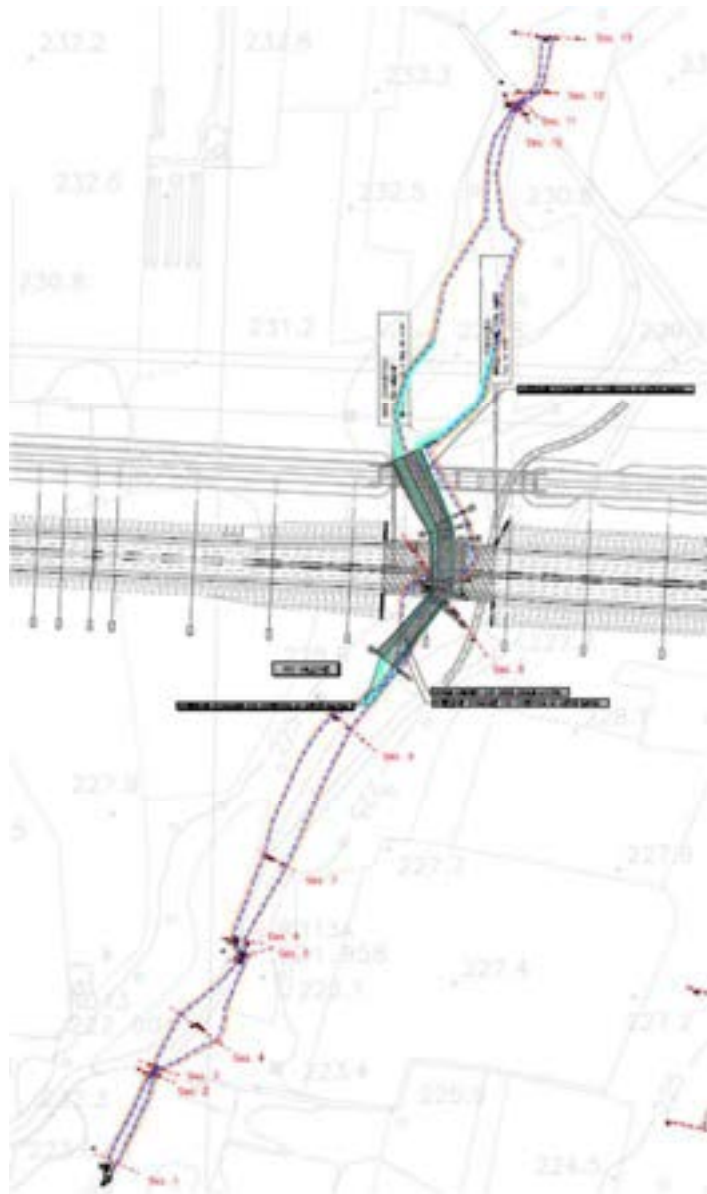
Rio Vallone

Il Rio Vallone ha un bacino che si estende sul territorio dei Comuni di Paderno d'Adda, Verderio Superiore, Verderio Inferiore, Mezzago e Cornate d'Adda; esso confina ad ovest con i bacini del rio Cava e del rio Pissanegra e ad est con i bacini del rio del Comune e del Fiume Adda. Il bacino a nord risulta occupato da insediamenti di tipo civile mentre al centro e a sud insistono coltivazioni.

Le sue acque insieme con quelle del Rio Cava e del Rio Pissanegra recapitano nel Canale Villoresi.

La Pedemontana interseca il rio Vallone a nord del Comune di Mezzago.

Nel tratto a monte dell'interferenza l'alveo si presenta piuttosto incassato rispetto al piano campagna (circa 7÷8 m), mentre tale profondità si riduce fino al valore di circa 4.0 m in corrispondenza della nuova infrastruttura.



Rio Vallone in corrispondenza del passaggio della Pedemontana.

Rio del Comune

Il Rio del Comune ha un bacino che si estende sul territorio dei Comuni di Verderio Superiore, Verderio Inferiore e Cornate d'Adda; esso confina ad ovest con i bacini dei torrenti Vallone e ad est con il bacino del Fiume Adda e affluisce al Rio Vallone circa 1.0 km a valle dell'intersezione con la Pedemontana.

Il bacino risulta occupato ad est da insediamenti di tipo civile mentre a ovest insistono coltivazioni.



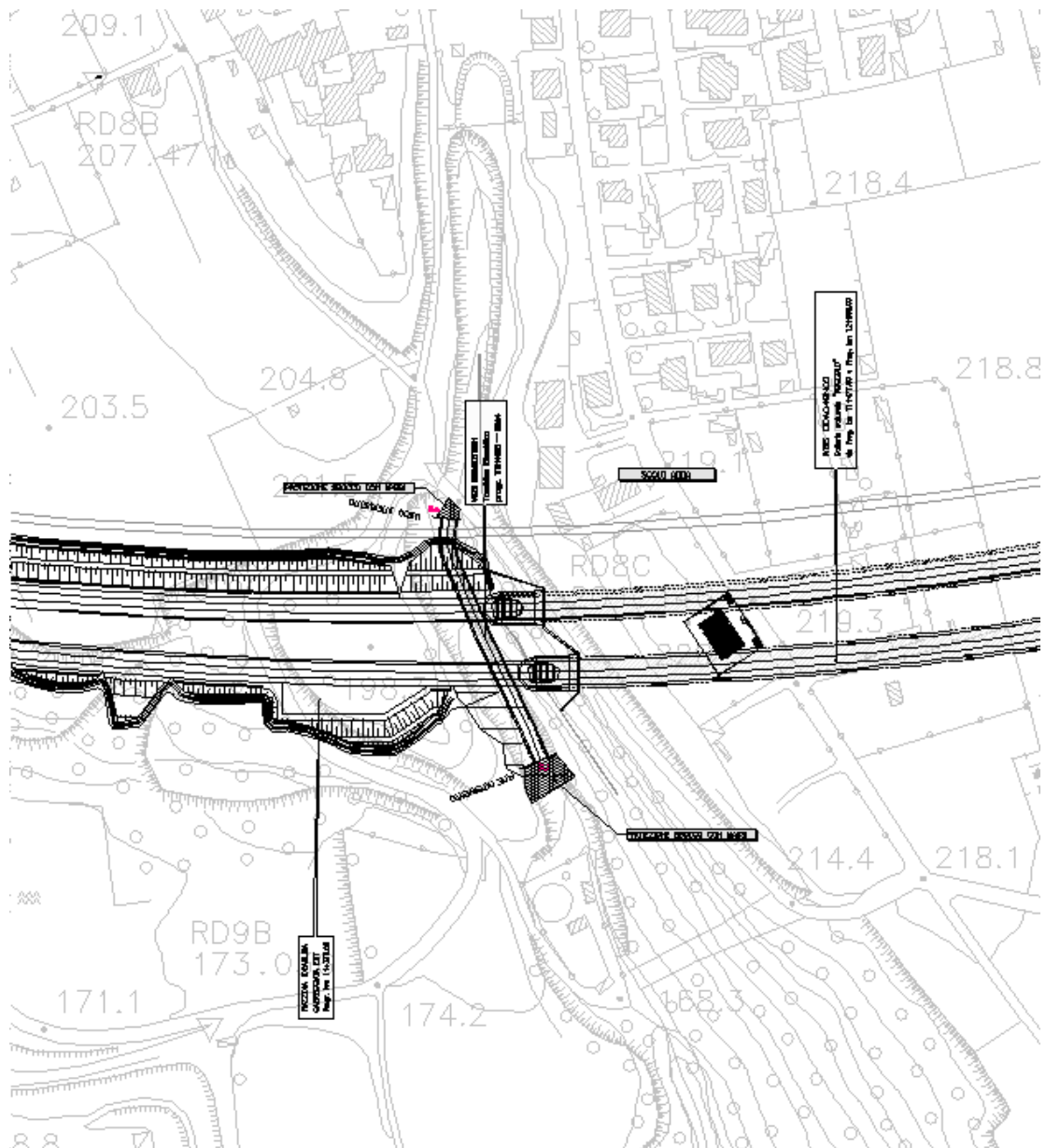
Rio del Comune in corrispondenza del passaggio della Pedemontana.

In corrispondenza dell'intersezione con l'infrastruttura in argomento, il rio Vallone attraversa una zona boschiva, con alveo di larghezza limitata, ma incassata in una valletta verde e del tutto naturale.



Scolo Adda

Lo scolo Adda si presenta come una profonda incisione che si colloca subito dopo il corso del fiume Adda a valle del Comune di Bottanuco. Il tracciato stradale lo interseca subito dopo il ponte sull'Adda e, dopo un breve tratto di rilevato, prima dell'imbocco delle gallerie naturali Roccolo.



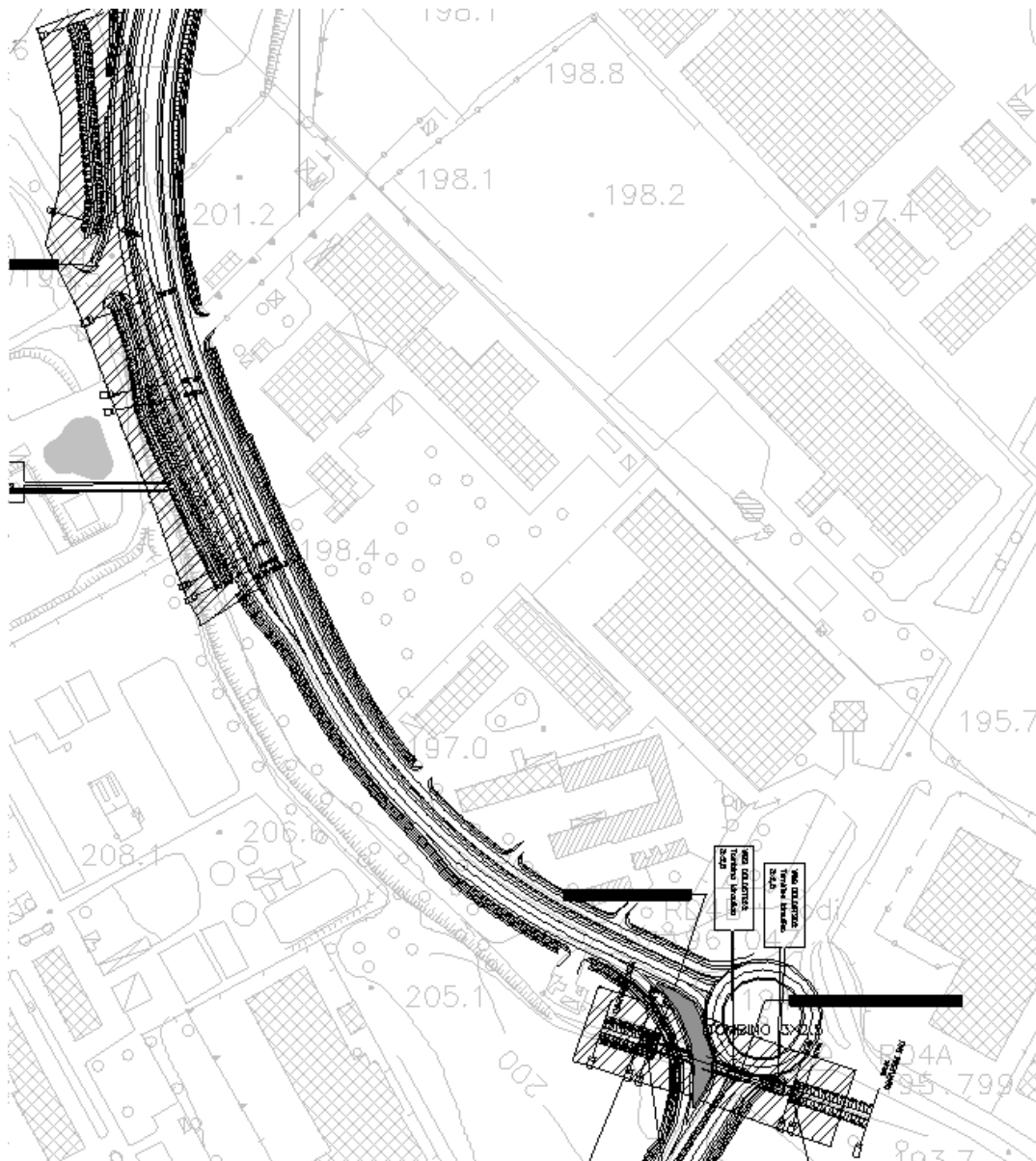
Scolo Adda in corrispondenza del passaggio della Pedemontana.

La valle è attraversata nella porzione superiore da un ponte esistente appartenente alla

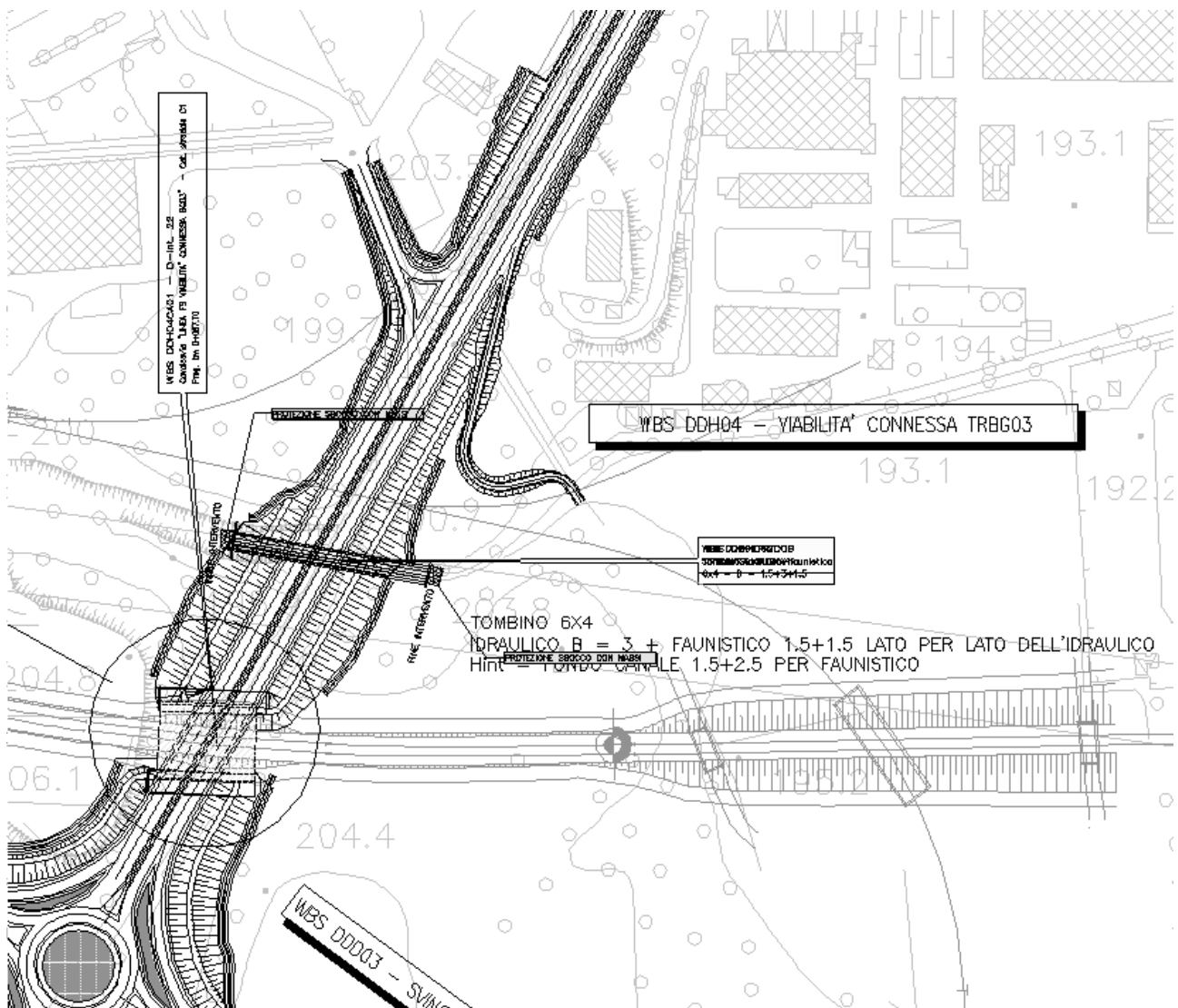
viabilità secondaria, mentre a valle si apre a ventaglio prima di confluire all'interno dell'Adda.

Dordo sud, rio Zender e roggia Vallone

I corsi d'acqua in oggetto sono intersecati dalla viabilità secondaria che si sviluppa in corrispondenza dello svincolo e della barriera di Filago.



Intersezione della viabilità secondaria con il Rio Zender.



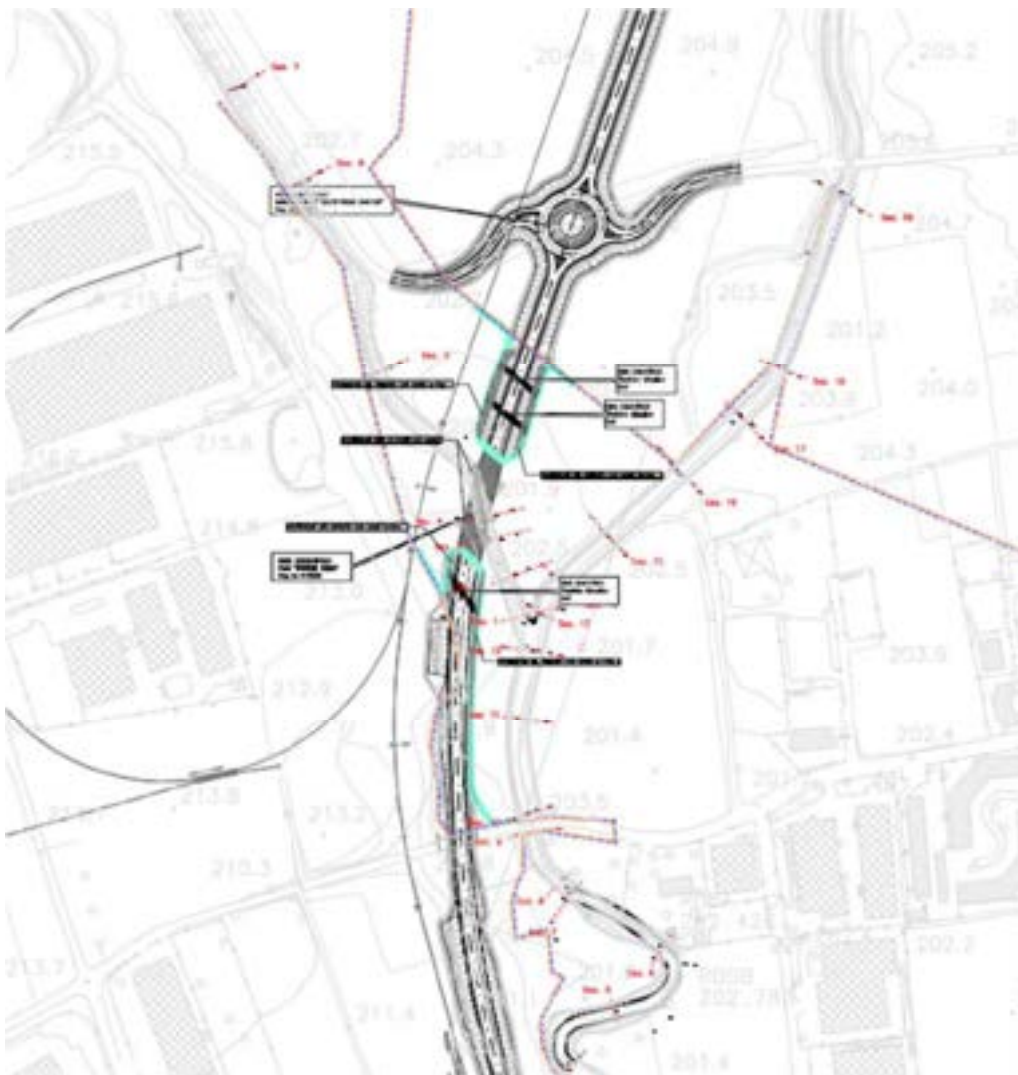
Intersezione della viabilità secondaria con la Roggia Vallone.

La viabilità secondaria connessa alla Pedemontana si configura come un adeguamento della viabilità esistente, costituita dalla S.P. n.103, che fiancheggia il rio Zender ed il torrente Dordo, e la S.P. n.155 che interseca la roggia Vallone ed il rio Zender.

In particolare si evidenzia un potenziamento della strada diretta a Filago e della rotonda che si sviluppa in corrispondenza del corso del Rio Zender. In quest'ultimo ambito territoriale si configura una decisa revisione della viabilità esistente che andrà ad incidere sul tracciato del Rio Zender a monte della rotonda.

Dordo Centro e torrente Grandone

Il torrente Dordo ed il torrente Grandone sono interessati dalla viabilità secondaria in corrispondenza della loro confluenza. Essa si verifica all'altezza del centro abitato di Madone, poco a monte del tracciato della S.P. n. 154 in ingresso al centro abitato.



Intersezione della viabilità secondaria con i torrenti Dordo e Grandone.

L'area è soggetta ad allagamenti e criticità idrauliche, come evidenziato in alcuni studi pregressi tra cui un progetto a cura del prof. Bacchi del 1999 ("Studio idraulico del torrente Dordo nei comuni di Filago, Madone e Bonate Sotto"). Anche la cartografia del rischio idraulico di esondazione riportata nel PTCP della provincia di Bergamo evidenzia il rischio di esondazione per il tratto di torrente Dordo in corrispondenza della confluenza con il Grandone.



Area perimetrata a rischio esondazione sul torrente Dordo.

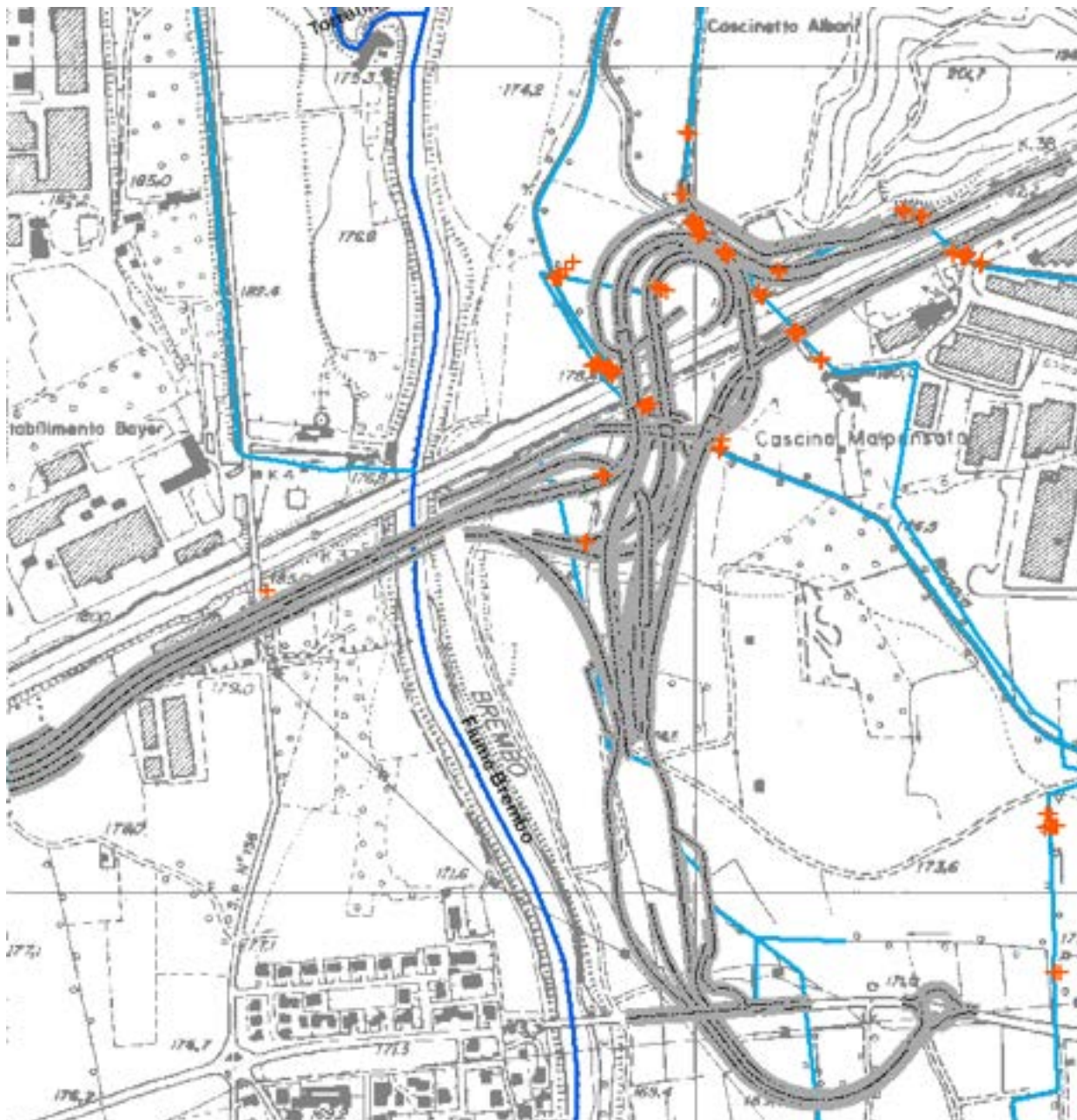
Poiché l'analisi è stata effettuata solo sul torrente Dordo, non sono evidenziati allagamenti sul torrente Grandone. Nella realtà accade che, sull'ultimo tratto di tale corso d'acqua, emergono potenziali allagamenti non riportati in figura dovuti agli effetti di rigurgito determinati anche dal ponte lungo la S.P. n.154.

Roggia Brembilla

Nell'ultimo tratto dello svincolo di Osio e nell'interconnessione con l'Autostrada A4 la Pedemontana viene ad interferire in più punti con la Roggia Brembilla, una serie di canali irrigui gestiti dal Consorzio della Media Pianura Bergamasca. In particolare si segnalano gli attraversamenti del Modulo di Valle, Ramo Boltiere e Ramo Osio. Dato il numero di interferenze e la complessità dello svincolo in progetto, si è reso necessario lo spostamento di alcuni canali e la ridefinizione dello schema irriguo locale, in maniera tale da non alterare il funzionamento attuale e la possibilità di utilizzo dell'acqua nei campi dove attualmente se ne fa uso.

Il dimensionamento delle sezioni è stato svolto a partire dalle sezioni attuali dei canali, tenendo dunque in conto anche di eventuali aumenti di portata rispetto ai dati di

concessione, dovute alle precipitazioni meteoriche afferenti ai canali stessi.



Interferenze idrauliche nella zona dello svincolo di Osio e del casello autostradale. In rosso i capisaldi dei rilievi effettuati.

Ulteriori interferenze si segnalano nell'opera connessa TRBG09 nei pressi del Policlinico San Marco con i canali del Modulo Isolo e Modulo Nuovo di Boltiere.

8.1.1.5 Opere idrauliche in progetto

- Opere per la raccolta delle acque di piattaforma: caditoie, cunette, ecc,
- Opere per l'allontanamento delle acque di piattaforma: embrici, pluviali,
- Opere per il trasporto delle acque: fossi, canali, condotte, pozzetti, tombini,
- Opere per il trattamento delle acque di prima pioggia: impianti che trattano le

acque di dilavamento e catturano gli sversamenti accidentali,

- Opere che garantiscano l'invarianza idraulica del territorio: bacini di laminazione, fossi di guardia.

Per quanto riguarda il corretto dimensionamento delle **opere per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche**, viene individuato il migliore assetto da assegnare al sistema rispetto al recapito finale tenendo conto:

- Della sollecitazione meteorica di progetto,
- Dei vincoli dettati dalle normative vigenti,
- Dei vincoli dettati dalle prescrizioni degli Enti competenti,
- Dall'analisi delle sensibilità del sistema (fascia delle risorgive, particolari aree di ricarica degli acquiferi, aree di salvaguardia di captazioni idropotabili, vocazione ittica),
- Della funzionalità del sistema di trattamento delle acque,
- Della particolare situazione morfologica ed idraulica dell'area.

Con l'emanazione del D. Lgs. n. 152/99, successivamente modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 258/00, che ha recepito la direttiva 91/271/CEE, si sono fornite le disposizioni in materia di tutela delle acque dall'inquinamento. In particolare è stato introdotto per la prima volta il concetto di "acque di prima pioggia".

La sopracitata normativa è stata abrogata dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", che riprende i principi del D. Lgs. n. 152/99 disciplinando le misure per tutela dei corpi idrici dall'inquinamento.

La vigente normativa demanda alle Regioni, allo scopo di prevenire i rischi idraulici ed ambientali, la disciplina e l'attuazione delle forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento. Alle Regioni spetta, quindi, il compito di prescrivere i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate.

La predisposizione dei sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia assolve al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete

idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte da un intenso flusso veicolare.

Nell'ambito del presente progetto si darà pertanto grande rilevanza alla necessità di controllare e trattare il carico inquinante legato al dilavamento delle deposizioni secche, prima della restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale. La stessa progettazione delle "infrastrutture stradali" è stata quindi condizionata dai vincoli imposti dai sistemi di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia, in particolare per quanto riguarda l'estensione delle aree imposte e l'altimetria delle opere interferenti (attraversamenti stradali ed idraulici).

L'unico riferimento normativo esistente, che offre un approccio sistematico e razionale al problema legato alla definizione di "acque di prima pioggia", è rappresentato dalla L.R. della Lombardia n. 62/85, dalla L.R. della Lombardia n. 26/03 e dal successivo Regolamento Regionale del 24/03/2006 – n. 4.

Viene pertanto adottata la definizione: *"Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti"*.

Il deflusso originato da un evento di precipitazione di queste caratteristiche, che insiste sull'asse autostradale, viene, nell'ambito della presente progettazione definitiva, opportunamente separato dalla portata eccedente e destinato ad un trattamento, che permetta di ridurre il carico di inquinanti ai valori imposti dalla normativa vigente ai limiti allo scarico in corpi idrici superficiali. Si rimanda alla relazione specialistica per maggiori dettagli.

8.1.2 Tratta D “Breve”

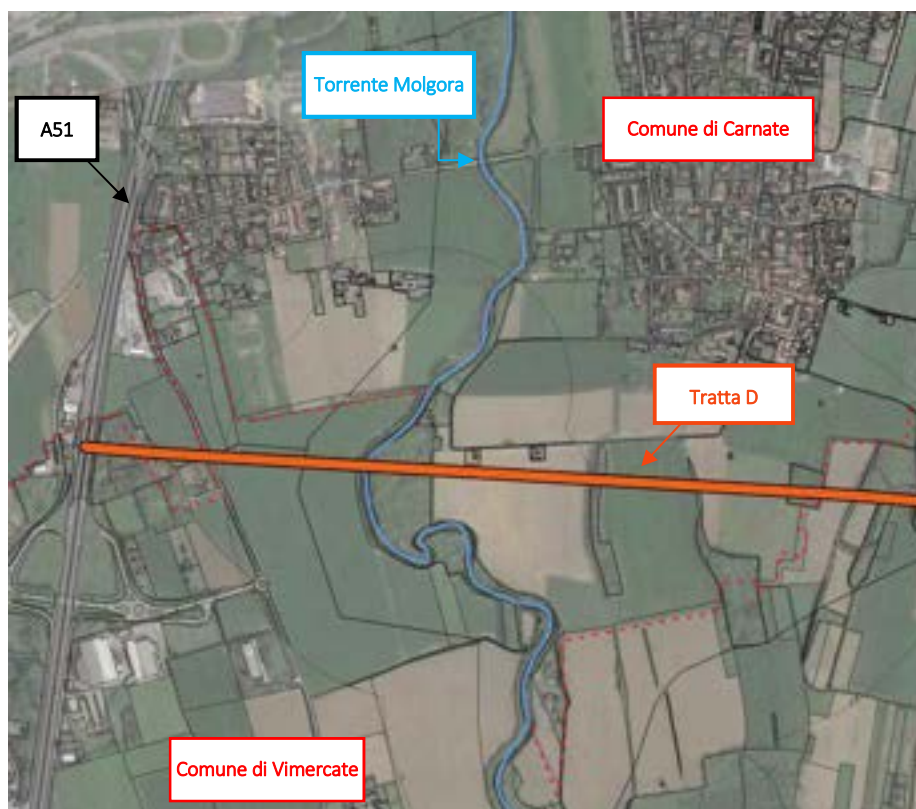
Il tracciato della A36 in progetto sarà interferente con i seguenti corpi idrici, appartenenti al reticolo idrografico principale, secondario e minore:

- I01: Torrente Molgora;
- I02: Rio Valle;
- I03: Vallone Cava;
- V08: Fosso laterale in corrispondenza della strada bianca di Via Galileo Galilei, comune di Burago di Molgora (MB).

Seppur alcuni dei corpi idrici intercettati dal tracciato della Tratta D “Breve” sono già stati trattati nel paragrafo relativo alla Tratta D “Lunga”, riportante le indicazioni del Progetto Definitivo approvato del 2010, in questo paragrafo si ripeterà la loro trattazione sulla base delle indagini e sopralluoghi svolti nell’anno 2020.

8.1.2.1 I01: Torrente Molgora

Il torrente Molgora nasce dai rilievi collinari della Brianza lecchese, in corrispondenza della valle Pessina in Comune di Colle Brianza. All'altezza di Calco, a monte del Comune di Merate, si chiude il bacino di prima formazione del Molgora, sul quale si sviluppa un reticolo idrografico moderatamente ramificato costituito da piccoli torrenti che defluiscono incisi tra le colline di S. Maria Hoè, Olgiate Molgora e Rovagnate. L'alveo di tali torrenti è formato prevalentemente da sedimenti incoerenti di dimensioni irregolari ed il regime idraulico è caratterizzato da una forte variabilità, tipica di corsi d'acqua a carattere prevalentemente torrentizio.



Intersezione tra il torrente Molgora e la tratta D "breve" della Pedemontana.

Dopo la confluenza con il ramo di Perego, all'altezza di Calco, il torrente Molgora defluisce verso sud lungo la zona pedecollinare, attraversando i territori dei Comuni di Merate, Cernusco Lombardone, Osnago e Ronco Briantino, fino a raggiungere il centro abitato di Usmate dove riceve l'importante contributo del torrente Molgoretta. Il bacino idrografico del Molgora e della Molgoretta a monte di Usmate hanno dimensioni paragonabili tra loro con estensioni rispettivamente di 31 km² e 35 km².

Dopo l'immissione della Molgoretta, il torrente Molgora prosegue verso valle con un tracciato sinuoso che interessa i centri abitati di Vimercate, Burago di Molgora, Agrate Brianza, Caponago, Pessano con Bornago, Gorgonzola e Melzo, fino a confluire nel canale Muzza nei pressi di Trucazzano. Alla confluenza il bacino idrografico raggiunge la superficie di 168 Km².

L'intero bacino idrografico del Molgora può essere suddiviso sostanzialmente in tre parti:

- La prima parte più settentrionale, denominata "Molgora naturale", afferente all'asta del torrente Molgora dalla sorgente al comune di Vimercate, presenta versanti acclivi o mediamente acclivi ed è caratterizzato da urbanizzazione ridotta;

- La seconda parte, denominata “Molgoretta naturale”, presenta versanti molto acclivi, soprattutto lungo i torrenti Lavandaia e Curone ed è caratterizzata da un’urbanizzazione ridotta.
- La terza parte, denominata “Molgora semi-urbano”, afferente direttamente al torrente Molgora, da Vimercate all’ingresso nel canale Muzza a valle di Melzo, località Cavaione, si sviluppa in zone pressoché pianeggianti e presenta un’urbanizzazione medio alta, alternata a lunghi tratti di campagna non ancora antropizzata.

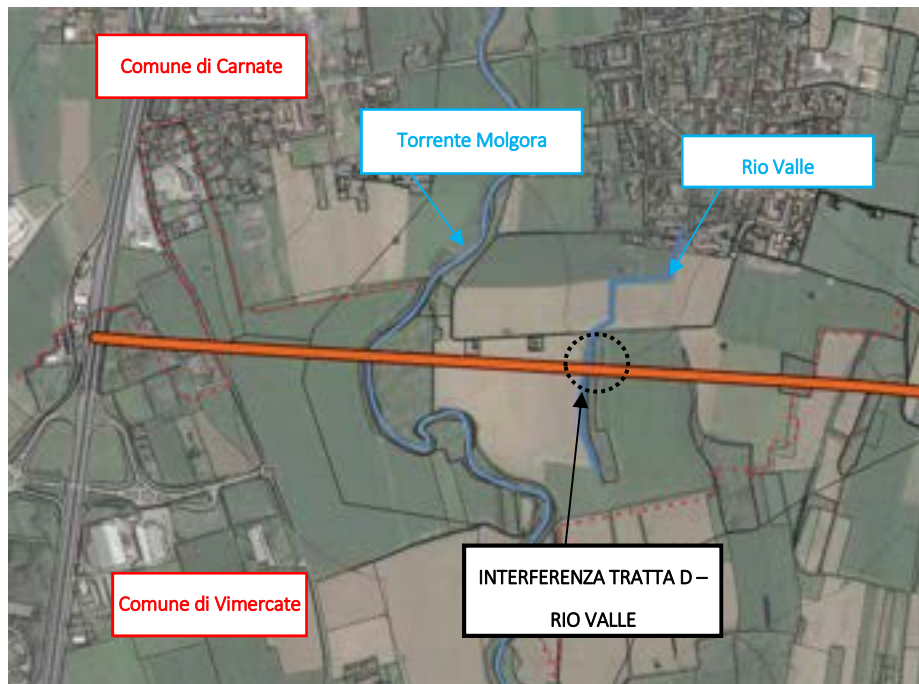


Torrente Molgora in corrispondenza dell'intersezione con l'infrastruttura viaria in progetto

Il bacino sotteso dal punto di intersezione con la Pedemontana si presenta di tipo prevalentemente naturale, solo a valle il torrente attraversa un’area mediamente urbanizzata. La superficie sottesa nella sezione di chiusura è di circa 68 km².

8.1.2.2 I02: Rio Valle

Il Rio Valle è un affluente sinistro del Torrente Molgora e i rispettivi bacini imbriferi sono confinanti. Il bacino è urbanizzato per più del 50% con insediamenti di tipo civile. La parte restante, a nord, invece è destinata a coltivazione. La Tratta D “Breve” della Pedemontana interseca il rio all’uscita del centro abitato di Carnate, circa 400 m a monte della confluenza nel Torrente Molgora, come si evince dalla figura sottostante.



Inquadramento idrografico del Rio Valle.

Il Rio Valle è un corso idrico che trae origine dagli scarichi fognari di troppo pieno dell'abitato di Carnate. Il tratto a cielo aperto misura circa 250 m presso l'attraversamento della Pedemontana. Qualche centinaio di metri più a valle confluisce nella Molgora, sulla sponda sinistra idrografica, dopo un percorso prevalentemente Nord - Sud.

L'alveo del rio Valle, in corrispondenza della futura intersezione con il tracciato della A36, si presenta non rivestito, ed è caratterizzato da una sezione larga in testa circa 3 m e le sponde, allo stato attuale, sono ricoperte da una fitta vegetazione (cfr. figure seguenti).



Strada sterrata a monte dell'intersezione tra il tracciato della A36 in progetto e il Rio Valle



Fitta vegetazione lungo le sponde del Rio Valle in corrispondenza dell'intersezione con il tracciato della A36 in progetto

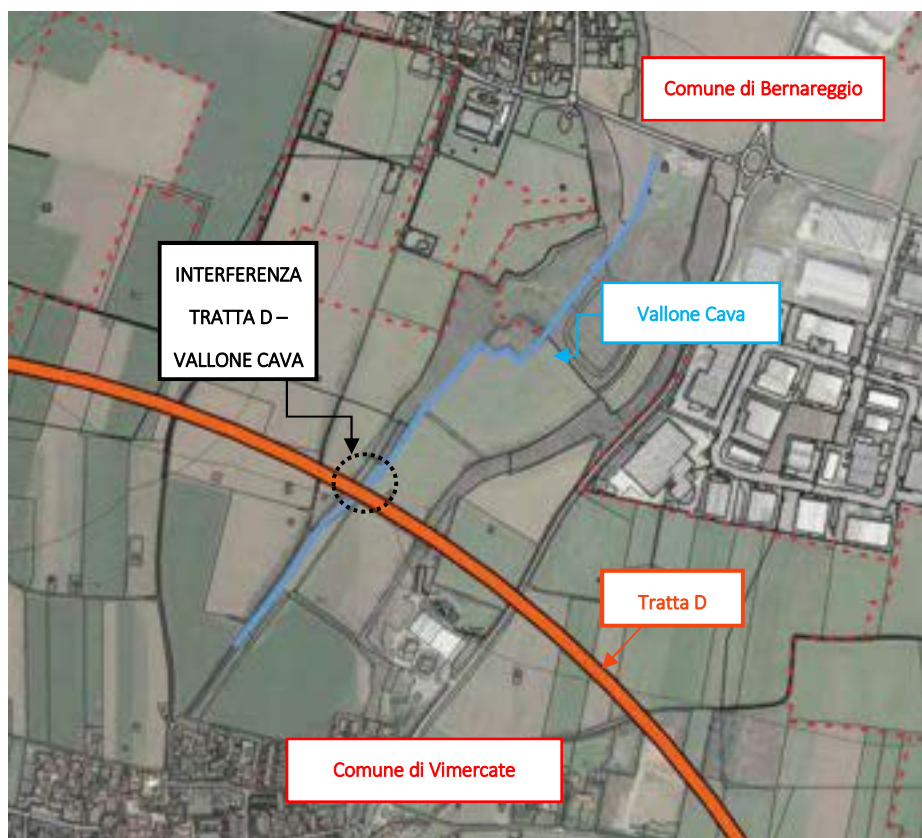
8.1.2.3 I03: Vallone Cava

Il vallone Cava si trova a sud del Comune di Aicurzio ed è fiancheggiato a est da una zona industriale. Il bacino naturale del vallone Cava è interrotto da numerosi insediamenti civili ed industriali, cosicché in corrispondenza del passaggio della Pedemontana l'estensione del bacino naturale afferente è così limitata da non dar luogo ad alcun corso d'acqua.

Diversamente, il bacino artificiale del Comune di Bernareggio è di notevole entità. Come riportato nella relazione idrologico - idraulica dello Studio di compatibilità idraulica della tratta D "Lunga": *"Durante gli eventi meteorici, le acque nere diluite transitanti nella fognatura comunale vengono scolmate prima dell'immissione nel collettore consortile e convogliate a due vasche, di cui una di prima pioggia e una di laminazione. Le vasche sono posizionate circa 400 m a monte dell'attraversamento del vallone Cava da parte della Pedemontana. Come riferito dai tecnici di IDRA PATRIMONIO S.p.A. (Ente gestore del reticolo fognario comunale e consortile), la vasca di prima pioggia, realizzata nel 1984, è impermeabile e occupa un'area di circa 300 m². La vasca di laminazione è invece permeabile e disperde le acque nel sottosuolo mediante un sistema di 6 pozzi disperdenti trivellati. Essa ha una superficie di circa 30'000 m². Come riferito dai tecnici di IDRA PATRIMONIO S.p.A., entrambe le vasche sono state progettate per tempi di ritorno di 100 anni. La vasca di laminazione è dotata di uno sfioro di superficie che recapita le acque in una vecchia vasca anch'essa disperdente, grazie alla presenza del "ceppo", realizzata negli anni '20 del secolo scorso."*

Il Vallone Cava non è un corso idrico naturale, ma un ampio vallone largo circa 300 m in testa e incassato di poco meno di 10 m rispetto il piano campagna. Probabilmente in passato era l'alveo di un antico torrente, ma le successive trasformazioni antropiche hanno ostruito in più punti l'alveo, inficiandone la continuità idraulica.

Il vallone si interrompe, in assenza di scarichi di alcuna sorta, poco più a valle dell'intersezione con il tracciato viario in progetto, come accertato durante la campagna di sopralluogo effettuata dagli scriventi. Il bacino idrografico si presenta molto ridotto e coincide con l'estensione del vallone stesso.



Inquadramento idrografico del Vallone Cava.



Vasca di laminazione con scarico superficiale



*Inquadramento del Vallone Cava in corrispondenza della futura intersezione
con il tracciato della A36 in progetto*

8.1.2.4V08

Il punto V08 è stato identificato come potenziale interferenza ipotizzando la presenza di un fosso, laterale alla strada bianca esistente, Via Galileo Galilei, nel comune di Burago di Molgora, che funzionasse per la regolazione e lo smaltimento delle acque piovane.

In fase di sopralluogo è stata accertata la presenza di un fosso, di cui sono state rilevate due sezioni trasversali.

Il fosso presenta una larghezza in testa media di circa 5 m ed è caratterizzato, allo stato di fatto in fase di sopralluogo, da una folta vegetazione.



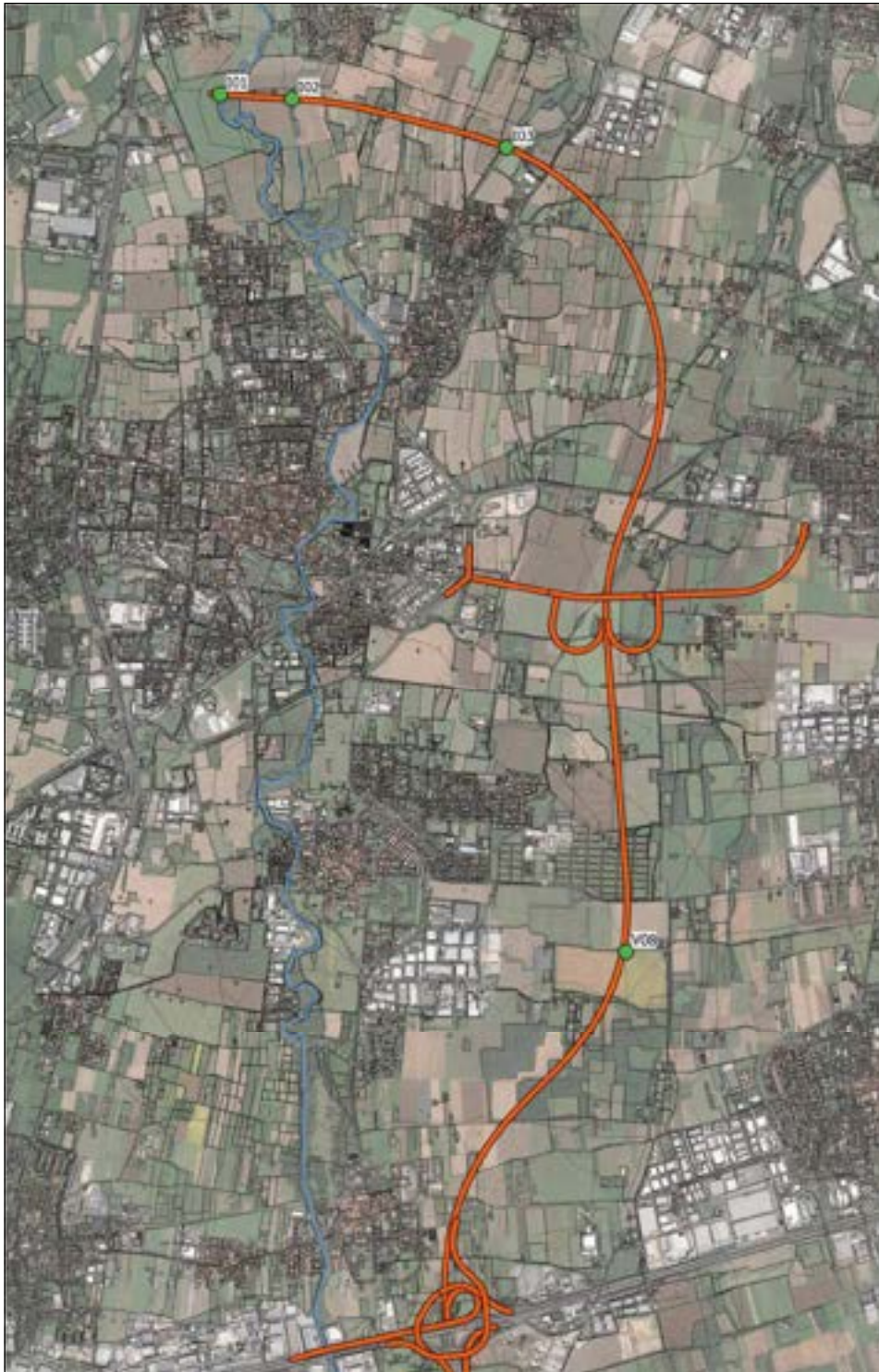
Vista in corrispondenza dell'interferenza V08 con l'infrastruttura viaria in progetto



*Vista in corrispondenza dell'interferenza V08 con l'infrastruttura viaria in progetto.
(Foto scattata avendo Cascina Baraggia alle spalle)*



Evidenza della folta vegetazione che ricopre completamente la sezione del fosso



*Individuazione delle interferenze della tratta D "breve" con
il reticolo idrografico principale, secondario e minore.*

8.1.2.5 Sistema di raccolta delle acque di piattaforma

Le acque defluenti dalla sede stradale e scarpate connesse a rilevati o dall'esterno, ad esempio dal pendio per strade a mezza costa o in trincea, vengono raccolte lateralmente in cunette, canalette o al piede in fossi di guardia, disposti parallelamente all'asse stradale. Le cunette sono interrotte, a prefissata distanza, da un dispositivo che cattura la portata defluente, o talvolta solo una sua parte, per canalizzarla verso un collettore. Il dispositivo è detto caditoia. Anche i fossi di guardia sono interrotti da dispositivi di scarico, con distanze maggiori rispetto a quelle adottate per le cunette.

Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato, prefabbricato, con un dispositivo di coronamento formato da un telaio che sostiene un elemento mobile detto griglia che consente all'acqua di confluire nel pozzetto di raccolta, dal quale la portata viene poi convogliata al collettore. L'efficienza di una caditoia dipende dalla superficie delle aperture e dalla loro forma, oltre che dal carico idraulico. A parità di dimensioni di ingombro, sono da preferirsi quindi le griglie dotate di più ampia superficie aperta.

A fianco della piattaforma stradale vengono disposti gli elementi marginali che servono da raccordo con le scarpate e per la collocazione delle barriere di sicurezza, segnaletica, illuminazione, etc. Generalmente sono in terra inerbita e possono essere a raso o sopraelevati. Quando gli elementi marginali sono a raso, lo scarico delle acque dalla piattaforma avviene in modo distribuito su tutta la lunghezza. Quando sia da temersi l'erosione delle sponde, per il ridotto valore delle scarpe o per la loro insufficiente protezione superficiale, gli elementi marginali sono sopraelevati di 10 – 15 cm. In quest'ultimo caso l'allontanamento delle acque avviene praticando a intervalli di 15 – 20 m una incisione, dalla quale si origina uno scivolo, costruito di regola con elementi prefabbricati, che adduce l'acqua fino al piede della scarpata. L'elemento più in alto è detto invito, i successivi embrici.

Il canale a scivolo è anche utilizzato per lo scarico nel fosso di guardia, posto ai piedi del rilevato, delle portate raccolte sul versante verso monte (strade a mezza costa): dal pozzetto, con una condotta inserita nel corpo stradale, la portata viene infatti consegnata al canale a embrici.

Un sistema di smaltimento, quando la permeabilità del terreno e la quota di falda lo consentano, è quello di provvedere alla dispersione delle acque raccolte e drenate nel sottosuolo con il vantaggio di ridurre il carico verso il ricettore finale (in particolare per favorire l'invarianza idraulica del territorio) e di alimentare la falda superficiale con acque piovane non inquinate, prevedendo un trattamento per le acque di prima pioggia.

Il processo di dispersione può ottenersi tramite l'adozione di differenti elementi, quali ad esempio le trincee disperdenti o i pozzi perdenti. Le trincee disperdenti sono costituite da

scavi riempiti con materiale ghiaioso, sabbia e pietrisco oppure con elementi prefabbricati in materiali plastici realizzati con lo scopo di favorire l'infiltrazione, all'interno della trincea, e la successiva filtrazione dell'acqua meteorica nel sottosuolo, attraverso i lati e il fondo della trincea. Per aumentare la capacità di accumulo e garantire una distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea, si può prevedere l'alloggiamento di un tubo forato, che prende il nome di tubo di dispersione.

I pozzi d'infiltrazione sono invece strutture sotterranee localizzate, utilizzate principalmente per raccogliere ed infiltrare le acque di pioggia provenienti dai piazzali. La struttura esterna è generalmente prevista in materiale rigido (per esempio in cemento), mentre l'interno viene riempito con materiale inerte (ghiaia) con una porosità di almeno il 30%. I pozzi perdenti sono preferibilmente dotati di accesso ispezionabile al fine di garantirne la manutenzione e le prestazioni nel tempo.

Laddove non sia possibile l'infiltrazione nel terreno, si devono prevedere vasche di laminazione delle portate, al fine di ridurre i contributi aggiuntivi scaricati nei ricettori esistenti, evitando di aggravare il deflusso di piena della rete idrografica durante i picchi di precipitazione.

8.1.2.5.1 Riferimenti normativi

In relazione alla normativa di settore, pare opportuno indicare i seguenti principali riferimenti normativi:

- R.D. 25 luglio 1904 n. 523 "Testo Unico delle disposizioni di legge interne alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Decreto Ministeriale 12 dicembre 1985 del Ministero Dei Lavori Pubblici "Norme tecniche relative alle tubazioni";
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole".
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque

dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128".

- L.R. 29 dicembre 2000, n. 61;" Disposizioni per la prima attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 in materia di tutela delle acque".
- Regolamento Regionale 24 marzo 2006 n. 4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne", in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26
- Testo coordinato del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza Idraulica ed idrologica" ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12.

8.1.2.5.2 Drenaggio della piattaforma stradale

La progettazione e il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma stradale, prevede la raccolta e lo smaltimento verso i recapiti e sistemi di laminazione e/o trattamento, fondamentali per impedire il ristagno delle acque e/o un loro troppo lento allontanamento che, oltre a provocare la formazione di traffico, comporterebbe una ben più grave eccessiva riduzione delle condizioni di sicurezza dei veicoli.

Le portate che si utilizzeranno per il dimensionamento delle opere minori devono essere valutate in ragione delle superfici in servizio della sede stradale e delle sue pertinenze, anche in relazione a possibili ostruzioni, che si possono creare in seguito all'allargamento della strada in progetto, e allo scolo naturale dei terreni limitrofi all'intervento.

La raccolta delle acque di piattaforma riguarda le seguenti tipologie:

- Viabilità in rilevato;
- Viabilità in trincea;
- Viabilità in galleria;
- Viadotti;
- Svincoli e caselli;
- Aree di servizio;

- Viabilità secondaria connessa ed interferita;

alle quali dovranno corrispondere differenti schemi principali di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento. Si rimanda alla relazione specialistica per maggiori dettagli in merito.

8.1.3 Considerazioni finali

L'analisi idrologica della Tratta D "Breve" è stata condotta in linea con le più recenti direttive e regolamenti della Regione Lombardia, sia per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica, secondo le regionalizzazioni ufficiali, sia per il calcolo dei volumi delle acque di prima pioggia e delle portate massime che possono essere convogliate e smaltite nella rete idrografica esistente, nel rispetto del criterio dell'invarianza idraulica.

In linea generale, l'opera infrastrutturale insiste su un territorio scarsamente antropizzato, ma fortemente sensibile. Le scelte di progetto sono rivolte al dimensionamento dei dispositivi di raccolta delle acque meteoriche, al loro trattamento e smaltimento finale tenendo conto delle normative vigenti, in relazione all'assetto morfologico e idrografico dell'area oggetto di analisi. Si affronta, in particolare, la definizione delle acque di prima pioggia e i relativi impianti necessari per il loro trattamento, nonché le soluzioni tipologiche necessarie a garantire l'invarianza idraulica del sistema.

Il progetto della Tratta D "Lunga", invece, essendo precedente all'entrata in vigore dei nuovi regolamenti regionali, comporta criteri di dimensionamento idraulico differenti.

Si rimanda per dettagli alle relative relazioni specialistiche contenute nel dossier di progetto.

In relazione alle caratteristiche della viabilità, gli schemi di raccolta delle acque meteoriche proposti sono riconducibili essenzialmente alle seguenti tipologie, distinguendo la tipologia di sistema di smaltimento (aperto senza trattamento e chiuso con trattamento del carico inquinante), per lo più analoghi a quelli già previsti nel progetto della Tratta D "Lunga":

- Viabilità in rilevato;
- Viabilità in trincea con scarpata;
- Viabilità in galleria;
- Viadotti, svincoli e caselli;
- Viabilità secondaria connessa.

Si evidenziano scostamenti, seppur modesti, tra i valori di portata ottenuti dallo studio idrologico della Tratta D "Breve" e quelli desunti dall'analisi idrologica effettuata per la progettazione della Tratta D "Lunga".

Il motivo di tali differenze va sicuramente ricercato nella pluviometria dell'area in esame.
Con riferimento alla tabella riportata in seguito si nota che le nuove linee guida proposte da

Arpa Lombardia, adottate dello studio della Tratta D “Breve”, forniscono valori dei parametri caratteristici delle curve pluviometriche per l’area in esame differenti rispetto a quelli utilizzati nella trattazione della Tratta D “Lunga”.

Trattazione	Parametro	Rio Valle – I02			Vallone Cava – I03		
		Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Tratta D “lunga”	a	70	77	87	69	77	86
	n ₁	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Tratta D “breve”	a = a ₁ ·w _t	63	70	77	63	70	76
	n	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Differenti parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometriche utilizzati nell'ambito del presente studio e nell'ambito della progettazione della tratta D "lunga", relativamente al Rio Valle e Vallone Cava, interferenti con entrambi i tracciati

Per quanto riportato in tabella, si evidenziano valori del parametro *a*, utilizzati nella trattazione della tratta D “Breve”, inferiori. Pertanto risulta chiaro che, nell’analisi idrologica effettuata per la Tratta D “Breve”, corrispondono valori di altezza di pioggia inferiori. Inoltre, nell’analisi idrologica effettuata per la tratta D “lunga” è stato ipotizzato un evento di pioggia della durata di 4 ore. Per la Tratta D “Breve” è stata imposta una durata dello ietogramma di progetto pari al doppio del tempo di corrivazione di ciascun bacino idrografico, pratica consigliata dalla letteratura tecnica.

Tali analisi sono descritte dettagliatamente nelle relative relazioni specialistiche.

8.2 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

8.2.1 Tratta D “Lunga”

8.2.1.1 Geologia, geomorfologia e idrogeologia

Nel presente capitolo sono sintetizzati i risultati, i rilievi e gli studi eseguiti per la caratterizzazione litologico-strutturale e tettonica; sedimentologico-stratigrafica; geomorfologica; idrogeologica; geomeccanica. Per l'analisi dei quadri geologici –tecnici ed idrogeologici delle varie tratte si rimanda alle singole relazioni.

Lo studio generale si è articolato attraverso:

- Raccolta, archiviazione ed elaborazione di dati geologici e geomorfologici raccolti presso gli enti preposti, quali Province, Regione Lombardia, ARPA Lombardia, Parchi ed Enti gestori situati nelle aree di interesse progettuale. I dati sono stati elaborati sulla base del Sistema Informativo Territoriale e con l'ausilio di appositi codici di calcolo;
- Raccolta di tutte le altre “fonti” disponibili (lavori professionali precedenti, ricerche scientifiche non pubblicate, etc.);
- Raccolta del materiale cartografico di base, sua organizzazione, verifica di adeguatezza e di completezza;
- Raccolta ed organizzazione del materiale cartografico “tematico”;
- Ripetuti sopralluoghi per l'effettiva determinazione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche locali delle aree interessate;
- Analisi della campagna di indagine di prima fase redatta dalla Società Pedemontana Lombarda;
- Analisi della campagna di indagine di seconda fase (ad oggi in corso di ultimazione), coordinata dal “Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde”;
- Analisi ed interpretazione delle foto aeree di tutta l'area interessata dal tracciato della tangenziale. Per suddetta analisi sono stati utilizzati fotogrammi a colori a scala diversa (1:20.000 e 1:4.000) eseguiti nel 2007 dalla C.G.R. S.p.A. per conto di A.P.L..

La base cartografica utilizzata è sia la Carta Tecnica della Regione Lombardia digitalizzata e georeferenziata (in formato "raster", alla scala 1:10.000) e, nell'intorno del tracciato, la restituzione specificamente realizzata alla scala 1:5.000.

8.2.1.1.1 Inquadramento geologico

L'area oggetto del presente studio viene a collocarsi nell'alta Pianura Padana centro-settentrionale. L'area di pertinenza del tracciato risulta impostata su depositi in giacitura sub-orizzontale con spessori di migliaia di metri, di età pliocenico-quadernaria e di ambiente marino e continentale. Tali materiali, disposti prevalentemente con giacitura monoclinale verso le Alpi, si sono adeguati inferiormente alle superfici morfologiche formatesi nel periodo precedente alla trasgressione pliocenica.

I sedimenti pliocenici ricoprono in discordanza formazioni conglomeratico-arenacee mioceniche ed un substrato marino piegato e fagliato (faglie listriche), costituito da rocce carbonatiche e terrigene mesozoiche. La struttura a faglie, legata ad un sistema di ricoprimento tipo "*imbricate fan*", può essere interpretata come il risultato dell'interferenza della più recente tettonica appenninica con l'assetto strutturale della Pianura Lombarda "*foreland*" del ricoprimento alpino, già piegato quando la recente tettonica appenninica lo aveva coinvolto. In altre parole, la sequenza pre-pliocenica, sempre caratterizzata da strutture con polarità alpina, potrebbe aver reagito alla susseguente compressione appenninica prima innalzando le strutture pre-esistenti e quindi piegando con esse anche la sequenza pliocenica.

La Pianura Padana durante il Pliocene era un ambiente deposizionale prevalentemente di tipo marino; si trattava di un ampio braccio di mare che partendo dal margine meridionale delle Alpi occupava completamente l'attuale pianura e buona parte delle aree ove attualmente si rilevano le propaggini settentrionali dell'Appennino. I depositi pliocenici, costituiti perlopiù da sabbie e ghiaie alle quali si associano lateralmente depositi argillosi, sono stati più volte sollevati durante il Pleistocene inferiore. Sempre durante il Pleistocene, alle fasi di innalzamento subite dal substrato è seguita una fase di consistente subsidenza che portò le alluvioni pleistoceniche ad eliminare completamente la complessa struttura del sottosuolo padano.

Nel Quaternario padano si possono distinguere due serie stratigrafiche: una più superficiale, continentale, e una più profonda, marina; la prima si caratterizza per l'intensa fase erosiva e per i consistenti depositi terrigeni alluvionali (fase post-glaciale, Olocenica), la seconda per l'inizio della fase regressiva subita dal "Mare Padano" e per la sedimentazione dei

depositi fluvio-lacustri, deltizi e di pianure costiere su parte della pianura (Pleistocene inferiore). Alle due serie stratigrafiche, come limite di demarcazione delle suddette successioni, deve essere aggiunta una terza serie che più marcatamente ha interessato il territorio d'interesse, nel Pleistocene: la serie delle successioni glaciali, note in letteratura con i nomi di Biber, Donau, Günz, Mindel, Riss e Würm. Con il Quaternario la subsidenza inizialmente si accentua: il dominio marino si estende maggiormente andando ad interessare i margini di bacino padano non ancora interessati dalla sedimentazione; successivamente si sviluppa un'evoluzione importante del fenomeno in atto (infossamento differenziato del substrato), che porta il bacino padano ad assumere una morfologia caratterizzata da alti e bassi strutturali.

La parte pedemontana relativa alle due tangenziali di Como e Varese è stata fortemente caratterizzata dall'attività glaciale, in particolare dall'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali con il conseguente avanzamento e ritiro dei ghiacciai alpini e la deposizione di depositi morenici successivamente trasportati a valle dai corsi d'acqua formatisi durante i periodi interglaciali. La risultanza sedimentologica di questa situazione paleo-climatica è la deposizione di spesse coltri di depositi glaciali e fluvioglaciali costituiti da materiale eterogeneo, prevalentemente grossolano ma con abbondante frazione fine. L'alternanza di fasi erosive e deposizionali è evidenziata dall'irregolarità dell'estensione areale dei depositi quaternari mentre l'andamento irregolare del substrato roccioso dovuto al suo assetto geologico-strutturale e agli intensi processi erosivi che lo hanno interessato controlla la geometria tridimensionale dei suddetti depositi che sono caratterizzati da significative variazioni di spessore. In seguito le successioni quaternarie sono state interessate dalla deposizione di materiali di origine eolica (loess) mentre lungo le principali aste fluviali si deponevano i sedimenti alluvionali recenti ed attuali.

Nella parte di pianura le litofacies presenti nei depositi quaternari risultano estremamente più mutevoli, con frequenti fenomeni di eteropia e discordanza: si osserva che i litotipi predominanti sono rappresentati da ghiaie, sabbie e limi. La geologia della zona di pianura è quindi strettamente connessa all'azione svolta dagli scaricatori fluvio glaciali quaternari e più recentemente ai corsi d'acqua attuali. Nella zona difficilmente si riescono a ricostruire gli aspetti morfologici originali e, di conseguenza, non è sempre agevole determinare modalità e gerarchie che hanno contribuito a modellare il territorio. Gli elementi morfodinamici, di primaria importanza, che rimangono attivi sono rappresentati dalle aste fluviali dei vari corsi d'acqua che caratterizzano l'area.

8.2.1.1.2 *Inquadramento geo-tettonico e sismico*

L'assetto geostrutturale della Pianura Padana è stato fortemente condizionato dalla presenza delle due catene: Alpi Meridionali e Appennino. L'attività tettonica lungo le due catene ha prodotto e ancora produce deformazioni che si manifestano attraverso l'attività sismica. Nell'area pedemontana fra i laghi di Como e Maggiore, al fronte della catena Sudalpina, nonostante anche qui si abbiano chiare evidenze di tettonica quaternaria, descritte in letteratura (Orombelli 1976; Bini et al. 1992; Zanchi et al. 1997; Bini et al. 2001), la pericolosità sismica viene considerata praticamente insignificante. Tale valutazione si basa esclusivamente sul dato storico, in pratica sull'assenza nel catalogo sismico di terremoti con Intensità epicentrale maggiore di VI (MCS). Studi eseguiti nel settore insubrico (Sileo-Giardina-Michetti et al. 2004, Orombelli 1976, Zanchi et al. 1997) in particolare nei siti di Albese con Cassano, Monte Olimpino e Monte Campo di Fiori, attraverso analisi geomorfologiche e rilevamenti sul terreno hanno evidenziato particolari condizioni geostutturali che rivelano un attività tettonica ancora in corso.

L'area dell'alta pianura interessata dalla pedemontana comprese le sue tangenziali è marcata da intensità sismiche relativamente elevate variabili dal VI al VII (MCS).

I territori comunali attraversati dall'autostrada pedemontana secondo la vecchia normativa sismica (DM del 5/3/84 e D.M. 24/01/1986) non erano considerati tra quelli sismici. La nuova Classificazione Sismica (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni) che ha in parte recepito i risultati e le indicazioni scaturite dai vari studi e/o progetti di neotettonica eseguiti nell'ultimo decennio e/o in corso, ha portato ad una riclassificazione dell'intero territorio italiano e quindi anche di quello regionale lombardo. Tale nuova classificazione comprende i territori comunali citati entro la Zona 4 di sismicità.

8.2.1.1.3 *Inquadramento geomorfologico*

L'area dell'Alta Pianura Lombarda interessata dal progetto autostradale, compresa tra il Fiume Olona ad ovest e il Fiume Brembo ad est, è sostanzialmente costituita, nella sua parte superficiale, dai sedimenti trasportati dai ghiacciai pliopleistocenici degli anfiteatri del Verbano e del Lario e dai corrispettivi depositi fluvioglaciali. Successivamente ai periodi glaciali è intervenuta l'azione morfogenica dei principali corsi d'acqua che caratterizzano l'area. Il risultato è un assetto geomorfologico alquanto articolato poiché morfologie più antiche, quali terrazzi e cerchie moreniche, sono state tagliate da valli e piane fluvioglaciali più recenti; le valli, inoltre, hanno spesso subito più cicli di riempimento e riescavazione che hanno talora totalmente obliterato l'idrografia più antica

I principali agenti modellatori di questo settore della fascia pedemontana negli ultimi 2,5 milioni di anni sono stati quindi i ghiacciai e le acque correnti. Nelle fasi di avanzata glaciale che si sono succedute, l'area è stata alternativamente interessata dai due agenti che sono all'origine dei depositi sedimentari che si riconoscono nell'area di studio.

A questo modellamento si è sovrapposto l'effetto di un plurisecolare modellamento antropico. Precedentemente al periodo medioevale, prima che l'uomo (tramite sistematici e continui interventi sugli argini) costringesse i fiumi entro percorsi obbligati, in corrispondenza di prolungati cicli di piovosità, si verificavano delle rotte che provocavano dissesti e variazioni dei corsi stessi. Questi antichi percorsi fluviali, denominati paleoalvei, sono tra le forme geomorfologiche più caratteristiche presenti nella pianura. Essi, oltre ad essere importanti ai fini della ricostruzione storico-ambientale e paleogeografica del territorio, rivestono anche notevole importanza dal punto di vista idrogeologico. I paleoalvei costituiscono, infatti, direttrici preferenziali di deflusso idrico sotterraneo, essendo costituiti da materiali a permeabilità medio elevata.

Gli elementi idrografici più significativi della tratta sono il T. Brembo e il Fiume Adda. Il primo presenta un alveo incassato in una stretta valle profonda localmente nell'ordine dei 20 metri nell'ambito di una più ampia valle delimitata da blandi terrazzi. Il secondo, di gran lunga l'elemento idrografico di maggior rilievo di tutta la tratta dell'alta pianura, scorre in un'ampia valle profondamente incassata dei depositi fluvioglaciali wurmiani e nel sottostante "Ceppo" e delimitata da nette scarpate morfologiche che raggiungono gli 80 metri di altezza.

8.2.1.1.4 *Inquadramento idrogeologico*

A livello regionale nello schema idrogeologico della pianura lombarda si distinguono generalmente i depositi del "livello fondamentale della pianura", rappresentati nell'area di studio dalle ghiaie e sabbie passanti a sabbie prevalenti, dai sottostanti conglomerati ("Ceppo") e dai sedimenti prevalentemente argilloso-limosi con sabbie e ghiaie subordinate dell'Unità Villafranchiana". Quest'ultima costituisce la base impermeabile relativa degli acquiferi sovrastanti a contiene essa stessa acquiferi generalmente riuniti sotto la denominazione di "acquiferi profondi".

Tale distinzione individua un primo acquifero (acquifero tradizionale) sovrastante l'Unità Villafranchiana e comprendente la falda superficiale freatica (primo acquifero) e falde semi-artesiane, talora presenti e con essa in comunicazione, limitate da setti impermeabili privi di grande potenza e/o continuità laterale (secondo acquifero). Vengono invece riuniti sotto la

denominazione di acquifero profondo (terzo acquifero) i depositi contenenti le falde in pressione appartenenti all'Unità Villafranchiana, separati dai precedenti da livelli impermeabili arealmente molto estesi e sovente anche di spessore significativo.

Nell'area interessata dall'autostrada pedemontana, il primo acquifero è costituito essenzialmente da depositi ghiaioso-sabbiosi, con un graduale diminuzione della granulometria dei sedimenti ed un aumento dello spessore complessivo dell'acquifero verso sud, dove le sabbie con ghiaie e lenti di argille e subordinatamente limi diventano prevalenti. Il tetto dell'impermeabile relativo si presenta piuttosto irregolare, manifestando diverse incisioni successivamente colmate dai sedimenti ghiaioso-sabbiosi posteriori che conferiscono localmente un maggior spessore all'acquifero corrispondente. Verso sud la complessità morfologica si attenua, concordemente con un generale approfondimento della base impermeabile del primo acquifero, mentre ad ovest quest'ultima si riporta a quote più elevate.

I depositi che costituiscono il primo acquifero sono alimentati direttamente dalle piogge, dai corsi d'acqua e in subordine dalle irrigazioni. Gli acquiferi sottostanti (semiconfinati), sono a loro volta alimentati dalla falda freatica.

Per la descrizione del quadro piezometrico lungo le singole tratte si rimanda alle varie carte idrogeologiche allegate alla singole relazioni di tratta.

8.2.1.1.5 *Problematiche geologiche del tracciato per la tratta D "Lunga"*

La Tratta D "Lunga" si sviluppa secondo la direttrice ovest-est e si estende dall'incrocio con la A51, in comune di Vimercate (MI), alla barriera terminale di Osio Sotto, per circa 18,8 km. L'attraversamento della valle dell'Adda è risolto con un lungo viadotto e due gallerie naturali di appoggio.

La parte iniziale della tratta è caratterizzata da terreni con profili di alterazione spinta e con spessori che tendono ad aumentare relativamente (max 15-20 metri) verso l'Adda. Tale sequenza poggia su unità conglomeratiche (Ceppo). A seguire, si riscontra in affioramento una nuova unità argillificata, per spessori massimi di 15m poggianti su conglomerato (Ceppo). L'intera sequenza affiora lungo la scarpata del F. Adda dove il viadotto di attraversamento, lungo oltre un chilometro, con le opere necessarie interesserà principalmente il conglomerato e i depositi sciolti di accumulo sul fondo valle. In corrispondenza delle spalle del viadotto in destra idrografica, le fondazioni del viadotto in

progetto interesseranno, come evidenziano i sondaggi SD 43 e 44, alternanze di ghiaie, talvolta cementate, e depositi limoso/argillosi alla base.

In zone poste più a nord rispetto al tracciato, presso Paderno, sono segnalati fenomeni di instabilità del tipo "espandimento laterale" profondo e scivolamenti rotazionali, impostati entro i conglomerati ("Ceppo"), affioranti su tutta la scarpata sia in sinistra che destra idrografica, e con livello di base i sottostanti termini non cementati fini (argille lacustri). Nel settore interessato dal tracciato non sembrano tuttavia riscontrarsi significative evidenze di tali fenomeni. L'analisi fotogeologica non ha rilevato segni che possano indicare condizioni di instabilità né tanto meno sono emersi elementi in tal senso dai rilievi in situ. Sono stati rilevati limitati accumuli detritici di versante alla base delle scarpate e si segnala un limitato fenomeno di franamento comunque ubicato sufficientemente più a sud rispetto al tracciato (a circa 500 metri).

Dal F. Adda sino al termine della tratta riscontrano ancora unità argillificate poggianti su "Ceppo" (unità di Prezzate e Trezzo sull'Adda). Il loro spessore è contenuto, nell'ordine massimo dei 20 metri. Per quanto concerne l'attraversamento della stretta valle del fiume Brembo, profondamente incisa e delimitata da scarpate di altezza fino a 35 metri. Anche in questo caso, sia l'analisi fotogeologica sia i rilievi in situ, non hanno rilevato segni che possano indicare condizioni di instabilità significativi e quindi di rischio per l'opera di attraversamento in progetto.

La soggiacenza dell'acquifero principale varia tra 50m e 70m con raccordo con i livelli idrometrici del F. Adda e del Brembo. Data la profondità della falda, non si ravvede nessuna possibile interferenza, diretta tra opere in progetto e acquifero principale. Anche nei confronti delle gallerie di approccio al viadotto sull'Adda la soggiacenza della falda è tale da non creare preoccupazioni di interferenza. Tuttavia, seppur le indagini nella tratta non né abbiano rilevato presenza, gli orizzonti argillificati e/o di lenti argillose rilevati entro i depositi più superficiali portano a non escludere la presenza di falde sospese più superficiali, entro i primi 10-15 metri dal p.c., che potrebbero temporaneamente creare problematiche di interferenza con le opere (Trincee e gallerie).

Per i tratti in trincea, salvo le possibili interferenze con falde temporanee superficiali, non si ravvedono particolari problematiche. Nei tratti in rilevato e/o a raso del tracciato la presenza di materiali più sciolti superficiali e/o di litotipi prevalentemente limosi e/o argillosi rende consigliabile prevedere uno scotico superficiale e la bonifica superficiale dei terreni. Nel tratto precedente all'innesto nella galleria di approccio al viadotto sull'Adda (Galleria artificiale e naturale "Dei Preti"), dove è previsto un tracciato su rilevato alto, la presenza superficiale locale di terreni (formazione di Trezzo sull'Adda) con profili di alterazione

significativi in spessore richiederà scotichi e bonifiche un po' più spinte rispetto al resto della tratta.

Stesse modalità operative dovranno prevedersi per le tratte di viabilità connessa (TRMI12, TRMI14, TRBG01 e TRBG03) che prevedono tracciato in rilevato generalmente basso o a raso, tranne laddove il tracciato deve sovrappassare e/o sottopassare viabilità già esistente e dove necessariamente sono previsti rilevati più alti di approccio a cavalcavia e/o tratti in trincea, comunque molto limitati in lunghezza. TRMI 12 e TRMI14 si sviluppano in un area dove affiora con una certa continuità l'Alloformazione della Specola, caratterizzata superficialmente da sabbie limi di alterazione. Anche in questo caso è preferibile prevedere scotichi e bonifica per i terreni superficiali un po' più spinta.

Una relativa attenzione dovrà essere posta alla progettazione delle opere di fondazione dei vari ponti sulla valle del Brembo e delle varie vallette secondarie attraversate, per la generale presenza superficiale di orizzonti da argillosi a limosi di mediocri caratteristiche litotecniche con spessori nell'ordine di 10 metri, talora 15 metri.

Singolari criticità, anche lungo questa tratta, sono dovute alla presenza di cavità sotterranee ("occhi pollini") generate da fenomeni di sifonamento/piping. In particolare come illustrano i profili geologici della tratta, i sondaggi hanno messo in evidenza la presenza di cavità di varie dimensioni, spesso riempite di materiale fine a bassissima densità, alle progressive km 1+000, tra km 5+200 e km 5+800, al km 8+000 (zona galleria naturale dei Preti), dopo il fiume Adda all'altezza della Galleria naturale Roccolo e dopo il Brembo alla progressiva km15+700. Tali cavità tendono a concentrarsi entro la fascia di profondità compresa tra i 185 e 215 m sul l.m., corrispondente ad una soggiacenza media variabile dai 20 ai 30 m dal p.c..

8.2.1.2 Geotecnica

Alla luce dei riscontri della campagna d'indagine effettuata, la caratterizzazione ha avuto come risultato finale la suddivisione dei depositi investigati dal punto di vista geotecnico, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona. I profili geotecnici sviluppati riportano in primo luogo i confini tra le varie unità allostratigrafiche, definiti sulla base delle indagini geologiche.

Su questo supporto di base sono riportate le successioni geotecniche stratigrafiche, vale a dire le linee di separazione tra strati omogenei dal punto di vista geotecnico. In corrispondenza di ogni opera lungo la tratta in oggetto, i depositi sono stati suddivisi in un

massimo di 3 strati, denominati I, II e III a seconda della loro posizione rispetto al piano campagna. La definizione degli strati è stata basata su elementi di comportamento geotecnico strettamente riferibili alla profondità dal piano campagna dei materiali coinvolti. La caratterizzazione e i parametri geotecnici corrispondenti sono forniti in corrispondenza di ogni opera, per ognuno dei tre strati. Nel caso in cui vi sia una distanza considerevole tra un'opera e la successiva, quindi, un'eventuale caratterizzazione del tratto intermedio è stata ottenuta per interpolazione dei valori a disposizione, tenendo anche conto dei sondaggi intermedi di pertinenza.

Lungo le verticali di sondaggio nel profilo, sono inoltre riportati i valori ottenuti dalle prove geotecniche in situ in corrispondenza di ogni sondaggio, vale a dire:

- Numero di colpi prova SPT necessari per infissione di 30 cm, N_{spt} ;
- Modulo pressimetrico da prova Menard, calcolato sul primo ciclo di carico, EM;
- Modulo dilatometrico da prova dilatometrica, calcolato sul secondo ciclo di carico, ED;
- Coefficiente di permeabilità da prova Lefranc, k ;
- Coefficiente di permeabilità equivalente da prova Lugeon;
- Distribuzione delle velocità delle onde secondarie da prova sismica down-hole, V_s ;
- Valori medi delle velocità delle onde primarie da prove sismiche a rifrazione, forniti per ogni strato in corrispondenza degli stendimenti eseguiti, V_p .

La tratta oggetto della presente relazione è caratterizzata, lungo il tracciato, da un alternarsi frequente di strati, anche di spessore ed estensione limitati. La fase di caratterizzazione è stata mirata in particolar modo a riassumere tale variabilità locale in parametri geotecnici di sintesi, prevedendo la sequenza stratigrafica verticale di seguito esposta.

STRATO I: Spessore variabile in media tra i 15-20 m da piano campagna. Strato superficiale allentato, che ha risentito maggiormente della decompressione legata al ritiro glaciale dei fenomeni di alterazione meccanica e fisica. I depositi sono mediamente composti da sabbia limosa/limo sabbioso inglobante ghiaia e ghiaietto con clasti da mediamente a fortemente alterati. Il profilo di alterazione è particolarmente evoluto nei primi 5 m di profondità, solo localmente si riscontra la presenza di lenti di spessore limitato di limo-argilloso consistente

La resistenza alla penetrazione è variabile lungo il tracciato, con valori caratteristici di N_{spt} che oscillano tra 20 e 40, con frequenti valori a rifiuto per la presenza di clasti ad alterazione limitata.

STRATO II: Compreso tra 15-20 e 40 m. Strato composto da depositi che hanno subito in minor grado la decompressione superficiale post-glaciale, conseguentemente più compatti. E' costituito principalmente da ghiaia/ghiaietto con clasti poligenici in matrice sabbioso-limosa, con grado di alterazione dei clasti da debole a moderato. Tali depositi diffusamente sono alternati a strati cementati di conglomerato, con spessori da decimetrici a qualche metro.

La resistenza alla penetrazione è elevata, con valori di N_{spt} in genere superiori ai 40-50, con risultati a rifiuto molto frequenti in corrispondenza dei livelli cementati e delle porzioni più ghiaiose del deposito.

Solo localmente, tale strato è seguito da uno strato III costituito da alternanze di limo-argilloso limo-sabbioso, la cui potenza ed estensione è comunque limitata.

Lungo la tratta, si è rilevata la presenza del particolare fenomeno degli "occhi pollini", cavità di diametro dell'ordine dei decimetri ma anche fino ad alcuni metri, riempite di materiale fine poco consistente. La genesi di tali situazioni, che è presumibilmente di tipo carsico, è legata alla circolazione idrica sotterranea. Il fenomeno è stato riscontrato tra le progressive km 2+400 e km 6+600, da km 7+200 e 9+400 e limitatamente in corrispondenza della Galleria naturale Roccolo. Le profondità interessate da tale fenomeno sono comprese tra 10 e 30 m dal p.c., ma risulta impossibile individuare e localizzare con sicurezza precisione la posizione di queste formazioni. A livello di caratterizzazione, si è tenuto conto della presenza di tali strutture con una adeguata riduzione locale dei parametri di caratterizzazione geotecnica dello strato II. A livello esecutivo si ritiene che la presenza delle cavità non avranno conseguenze nei confronti delle opere, in quanto durante un'esecuzione dei lavori accurata potranno essere individuate e risanate con riempimento opportuno. Laddove queste cavità rimangano nascoste, non potranno avere conseguenza sulle future opere in quanto la circolazione idrica sarà molto diminuita, dal momento che la pavimentazione intercetterà tutte le acque meteoriche che potrebbero far collassare le cavità. Dal punto di vista degli sforzi trasmessi, rilevati e scavi non alterano la situazione in maniera critica rispetto a quella agente. Nel caso di fondazioni indirette, laddove venisse incontrata la cavità, si dovrà provvedere ovviamente ad un risanamento. Se invece essa fosse dislocata in vicinanza al palo ma non fosse rilevata, potrà diminuire localmente la capacità portante.

Considerati comunque i fattori di sicurezza complessivi delle opere, questi fatti non possono che rappresentare delle modeste situazioni locali che non avranno alcuna influenza negativa sul livello prestazionale delle strutture.

La caratterizzazione puntuale in corrispondenza di ogni opera è riportata nei profili di progetto e singolarmente nelle monografie allegate alla relazione geotecnica.

Il profilo freatico della tratta d'oggetto è stato definito in due fasi successive.

Durante la realizzazione dei sondaggi, sono state raccolte indicazioni preliminari quantitative sulla presenza eventuale di falda, lungo le profondità investigate.

Le verticali di sondaggio, al termine della perforazione, sono state quindi attrezzate con tubi finestrati; ciò ha permesso l'esecuzione di una campagna sistematica di letture freaticometriche tramite cui il livello di falda è stato definito con buona precisione ed accuratezza. Lungo il tracciato, sono stati eseguiti inoltre sondaggi a distruzione superficiali, con profondità inferiori ai 9 m, che sono stati accessoriati con tubi finestrati da utilizzare per misure piezometriche. Tali verticali sono state realizzate in corrispondenza di zone in cui vi fossero lenti superficiali di materiale coesivo sottostanti a materiale granulare, strutture queste che potrebbero dar luogo a falde sospese. Tali sondaggi, denominati con il suffisso .. –bis, sono riportati nella planimetria di riferimento.

Le indicazioni sulle profondità della falda, sono inserite esplicitamente sia in sede di profilo geotecnico che nelle singole monografie riportate in allegato alla relazione geotecnica e sono date in forma estesa in tabella per fornire un'indicazione sulle oscillazioni del livello di falda.

L'indagine in fase 1 ha previsto letture piezometriche al termine delle lavorazioni, i cui valori sono riassunti nella prima tabella. Nell'ambito della fase 2 è stato invece eseguito un monitoraggio continuo della falda, per ottenere delle indicazioni sulle oscillazioni freatiche e aumentare l'accuratezza del dato.

La soggiacenza della falda varia tra 50 e 70 m, con oscillazioni limitate al metro. Il livello si mantiene a questa profondità, raccordandosi poi in corrispondenza dell'Adda al livello del fiume. Solo localmente, la falda viene ritrovata a profondità nell'ordine dei 18-20 m, con dei minimi di 1-2 m in corrispondenza dell'alveo dell'Adda.

Sulla base di questa situazione, si deduce che le opere lungo la tratta non saranno soggette ad alcuna interazione con la falda freatica. In riferimento alla possibile presenza di falde

sospese, le letture piezometriche non hanno rilevato alcuna evenienza di questo tipo. Ad ogni modo, considerando che localmente nello strato superficiale si è rilevata la presenza di lenti di materiale coesivo, non si può escludere la presenza di limitati acquiferi superficiali.

8.2.1.2.1 Opere in sotterraneo

Per le opere in sotterraneo, galleria dei Preti e galleria Roccolo, sono stati redatti appositi profili geomeccanici. Questi riportano per ciascun sondaggio la distribuzione del valore di RQD in funzione della profondità, laddove si sono incontrati orizzonti con un grado di litificazione maggiore. Il profilo per la carreggiata E e quello per la W di ciascuna galleria non vede sostanziali differenze nella ricostruzione del modello geologico a causa della presenza di un piano campagna sub – orizzontale e dell'ubicazione dei sondaggi lungo una direttrice mediana tra le due canne.

Vengono di seguito riportate le descrizioni sintetiche dei terreni interessati dalle gallerie le relative caratterizzazioni ed i livelli di falda, rimandando per il dettaglio alla relazione specialistica.

Galleria "Dei Preti"

La tipologia dei terreni incontrati in galleria sono quelli afferenti all'Allogruppo del Venegono e del Ceppo del Brembo, entrambi risalenti al periodo delle ultime glaciazioni.

La superficie freatica non è mai stata incontrata nel corso dei sondaggi per le profondità indagate, perciò da fonti bibliografiche si può ipotizzare che si trova ad una quota di circa 70 – 80 m dal piano campagna. Questo dato viene confermato dalla geomorfologia dell'area, dominata dall'alveo del fiume Adda, che ha inciso profondamente i depositi quaternari, vincolando così la quota della piezometrica a quella del suo alveo.

Si riportano nella sottostante tabella i valori dei parametri di resistenza e deformabilità per i terreni attraversati in galleria.

TAB. 1 - PEDEMONTANA LOMBARDA - GALLERIA NATURALE DEI PRETI - PARAMETRI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' DEI TERRENI												
progr. (Km)	γ (KN/m ³)	ν	GSI	σ_c (Mpa)	mi	alla copertura		all'origine		E (Mpa)	k (m/s)	vs (m/s)
						c_p (Mpa)	φ_p (°)	c_p (Mpa)	φ_p (°)			
8+650 - 9+300	19	0.35	-	-	-	0.04	36	0.04	36	20	1E -7	200
9+300 - 9+700	20	0.30	10	1	15	0.05	42	0.04	42	50	1E -6	350
9+700 - 10+000	20	0.30	20	10	17	0.07	42	0.05	42	60	1E -5	650

Galleria "Roccolo"

La tipologia dei terreni incontrati in galleria sono quelli afferenti all'Allogruppo del Venegono e del Ceppo del Brembo, entrambi risalenti al periodo delle ultime glaciazioni.

La superficie freatica non è mai stata incontrata nel corso dei sondaggi per le profondità indagate, perciò da fonti bibliografiche si può ipotizzare che si trova ad una quota, che risulta essere ampiamente inferiore rispetto a quella della galleria di progetto. Questo dato viene confermato dalla geomorfologia dell'area, dominata dall'alveo del fiume Adda, che ha inciso profondamente i depositi quaternari, vincolando così la quota della piezometrica a quella del suo alveo.

Si riportano nella sottostante tabella i valori dei parametri di resistenza e deformabilità per i terreni attraversati in galleria.

TAB. 2 - PEDEMONTANA LOMBARDA - GALLERIA NATURALE ROCCOLO - PARAMETRI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' DEI TERRENI													
Terreno	progr. (Km)	γ (KN/m3)	ϑ	GSI	σ_c (Mpa)	mi	alla copertura		all'origine		E (Mpa)	k (m/s)	vs (m/s)
							c_p (Mpa)	φ_p (°)	c_p (Mpa)	φ_p (°)			
Ceppo del Brembo a cementazione media	11+450 - 11+900	20	0.30	20	10	17	0.07	42	0.05	42	60	1E -5	600
Ceppo del Brembo a cementazione bassa	11+900 - 12+300	20	0.30	10	1	15	0.05	42	0.04	42	50	1E -5	350
Allogruppo del Venegono	12+300 - 12+580	19	0.35	-	-	-	0.04	36	0.04	36	20	1E -6	150

8.2.1.3 Sismica

Il territorio comunale attraversato dalla Tratta D “Lunga” non era considerato tra quelli sismici secondo la vecchia normativa sismica (DM del 5/3/84 e D.M. 24/01/1986).

La nuova Classificazione Sismica (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni) che ha in parte recepito i risultati e le indicazioni scaturite dai vari studi e/o progetti di neotettonica eseguiti nell’ultimo decennio e/o in corso, ha portato ad una riclassificazione dell’intero territorio italiano e quindi anche di quello regionale lombardo. Tale nuova classificazione comprende i territori comunali di seguito citati entro la Zona 4 di sismicità.

Si riporta di seguito la zonazione sismica dei comuni interessati dal tracciato della Pedemontana Lombarda per la tratta D di pertinenza.

Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM del 20/03/2003
Aicurzio	NC	NC	4
Subiate	NC	NC	4
Bellusco	NC	NC	4
Mezzago	NC	NC	4
Albate	NC	NC	4
Usmate Velate	NC	NC	4
Carnate	NC	NC	4
Bernareggio	NC	NC	4
Suisio	NC	NC	4
Muggiò	NC	NC	4
Cornate d'Adda	NC	NC	4
Bottanuco	NC	NC	4
Trezzo sull'Adda	NC	NC	4
Capriate San Gervasio	NC	NC	4
Brembate	NC	NC	4
Osio Sotto	NC	NC	4
Filago	NC	NC	4

La valutazione dell’azione sismica effettuata secondo la nuova normativa risulta per alcuni aspetti diversa da quella proposta dalle altre normative (Eurocodice 8, D.M. 14/09/2005, e D.M. 16/01/1996), avendo introdotto un nuovo parametro, ossia il coefficiente d’uso (C_u) dimensionante ai fini del calcolo del tempo di ritorno, insieme al valore della Vita nominale V_N , già presente nelle precedenti normative (es. norme tecniche del 2005).

Nella Relazione Sismica della tratta sono state fornite le definizioni per la Vita Nominale V_N , la Classe d'uso ed il coefficiente d'uso C_U e le rispettive categorie e valori considerati per la progettazione delle opere dell' Autostrada Pedemontana Lombarda, quindi gli elementi di base per poter procedere alla progettazione delle opere secondo la Normativa vigente. In sintesi è scaturito che:

- Si ha un'unica categoria di suolo tipo B per tutta la Tratta D "Lunga";
- Si ha un'unica categoria topografica T1 per tutta la Tratta D "Lunga";

I valori di accelerazione orizzontale e verticale massima da considerare sono sostanzialmente omogenei lungo tutta la tratta e sono sintetizzati nella tabella seguente in funzione dei periodi di ritorno correlati ai vari stati limite per le opere.

Periodo di Ritorno	accelerazione massima attesa su suolo rigido	accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido	accelerazione verticale massima attesa su suolo rigido
TR - anni	ag - m/s²	componenti orizzontali - m/s²	componente verticale - m/s²
30	0.019	0.023	0.019
50	0.024	0.029	0.024
120	0.033	0.040	0.033
475	0.044	0.053	0.044
975	0.052	0.062	0.052
1900	0.074	0.089	0.074
3900	0.094	0.113	0.094

Per utilizzare i metodi pseudostatici per il dimensionamento delle opere, con riferimento alla normativa vigente, occorre considerare degli opportuni coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, così definiti:

- Per la componente orizzontale

$$K_h = \beta \times \frac{a_{\max}}{g}$$

- Per la componente verticale

$$K_v = 0.5K_h$$

Per opere rigide quali muri di sostegno, gallerie artificiali, cavalcavia e viadotti il coefficiente β può essere assunto pari a 1.

Per scavi, rilevati e diaframmi, con riferimento alle tabelle 7.11.I e 7.11.II il coefficiente di riduzione β in relazione al valore dell'accelerazione massima su suolo rigido si può assumere pari a 0.20.

Si rimanda alla relazione sismica per il dettaglio dei valori caratteristici degli spettri di risposta elastici da applicare per eventuali analisi sismiche specialistiche.

8.2.2 Tratta D “Breve”

8.2.2.1 Premessa

Si illustra e sintetizza nel seguito i risultati dell' analisi integrata degli elaborati pubblici disponibili (Cartografia Geologica Regionale, PTCP, PGT) relativi all'ambito “geologia, geotecnica e sismica”, sviluppati in fase di Studio di Fattibilità Tecnica ed Economica del nuovo tracciato della “Tratta D” dell'Autostrada A36 – Pedemontana Lombarda che precede l'interconnessione della Tratta C , dall'interconnessione con la A51 Tangenziale Est, alla TEEM e all'Autostrada A4 nel Comune di Agrate Brianza.

Gli approfondimenti sono finalizzati ad individuare potenziali elementi di criticità geologica lungo l'asse del tracciato rappresentati nel dettaglio dalla possibilità di intercettazione di livelli conglomeratici di tipo ceppoide e dalla valutazione del grado di suscettività alla presenza del fenomeno degli “occhi pollini”.

Per maggiore dettaglio sull'attività svolta si rimanda all'elaborato specialistico allegato al dossier di progetto.

8.2.2.2 Fasi di lavoro

L'attività svolta si è articolata in fasi successive, così suddivise:

1. Raccolta dati di inquadramento territoriale

- Recepimento del nuovo tracciato della “Tratta D “Breve” dell'Autostrada A36 – Pedemontana Lombarda successivo alla Tratta C, dall'interconnessione con la A51 Tangenziale Est, alla TEEM e all'Autostrada A4 nel Comune di Agrate Brianza
- Predisposizione del DTM di appoggio interpolando il rilievo 3D fornito dalla Committenza lungo la fascia del tracciato in progetto e nelle aree non coperte con le quote, estratte a passo 20x20m, del DB di Google Earth

2. Analisi del tracciato

- Presa visione del tracciato e sua trasposizione su rilievo topografico con definizione di una fascia di analisi di 1000 metri centrata sull'asse del tracciato stesso.

3. Raccolta dati di inquadramento geologico

- Analisi documentale della componente geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica allegata ai Piani di Governo del Territorio (P.G.T.) dei Comuni interessati dal tracciato dell'opera nella Tratta C.
- Analisi documentale della Tavola 8 – Assetto idrogeologico- del PTCP della Provincia di Monza e Brianza, con particolare riferimento alla tematica del fenomeno degli “occhi pollini”.
- Analisi documentale della Cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica d'Italia - F. 96 Seregno e F. 97 Vimercate)

4. Raccolta dati stratigrafici nell'ambito della fascia stabilita di 1000 m, centrata sull'asse del tracciato e di un suo adeguato intorno.

Si è proceduto a:

- estrapolazione dati stratigrafici relativi alle indagini di sottosuolo riportate nella “Banca Dati Geologica di Sottosuolo” della Regione Lombardia
- estrapolazione dati stratigrafici relativi alle indagini del sottosuolo contenute nei Piani di Governo del Territorio (P.G.T.)
- ricerca ed estrapolazione di dati da lavori pregressi (Database interno).

5. Analisi dei dati

- Valutazione critica dei dati raccolti e ricostruzione di stratigrafie semplificate.

6. Sintesi dei dati

- Elaborazione dei dati e loro sintesi in nr. 10 sezioni geologiche spaziate di circa 1.000 metri l'una dall'altra.

7. Commento alle sezioni geologiche ricostruite

- Definizione degli elementi di criticità di ogni singola sezione con particolare attenzione al grado di suscettività al fenomeno degli “Occhi Pollini” e alla profondità di eventuali livelli conglomeratici di tipo ceppoide.

8. Sovrapposizione e analisi tematismi geologici

- Sovrapposizione planimetrica tra la cartografia della fattibilità geologica dei PGT dei Comuni attraversati dal tracciato con la Tav. 8 “Assetto idrogeologico” del PTCP con particolare riferimento alla tematica degli Occhi Pollini. Sono state evidenziate con opportuno tematismo le aree in cui la componente geologica comunale evidenzia o meno il rischio associato alla presenza di “Occhi Pollini”.

8.2.2.3 Inquadramento territoriale

Il nuovo tracciato della “Tratta D” (Tratta D “Breve”) del collegamento autostradale in esame attraversa il territorio della Provincia di Monza e Brianza ed interessa il territorio dei Comuni di Usmate Velate, Vimercate, Carnate, Bellusco, Ornago, Burago di Molgora, Agrate Brianza, Caponago. Nello specifico il tratto analizzato inizia dall’interconnessione con la Tangenziale Est (A51) in località Usmate Velate fino all’interconnessione con la TEEM e l’Autostrada A4 nel Comune di Agrate Brianza per complessivi 8+885 km.



Tratta D su immagine satellitare

8.2.2.4 Inquadramento geomorfologico- geologico

L'area interessata dal tracciato si colloca nell'alta Pianura Padana centro-settentrionale.

Si tratta di un'area definita ed impostata su depositi sedimentari a morfogenesi fluviale-fluvioglaciale, con giacitura sub-orizzontale e spessore chilometrico, di età pliocenico-quadernaria.

E' caratterizzata da due principali ordini di terrazzi che rappresentano gli antichi livelli della pianura che secondo la nomenclatura geologica classica sono riferibili alle glaciazioni Riss e Wurm. Tali sedimenti si sono quindi progressivamente depositi sulle precedenti superfici morfologiche a riempimento del bacino padano, ricoprendo in discordanza stratigrafica le formazioni conglomeratico-arenacee di età miocenica.



Inquadramento geologico dal mosaico dei PGT

Nello specifico l'elemento caratterizzante dell'area in esame è costituito da una estesa piana connessa agli scaricatori fluvio-glaciali quadernari e modellata dai paleo-tracciati dei corsi d'acqua, in particolare del Torrente Molgora.

Possiamo distinguere cinque principali unità, differenti per litologia e morfologia.

- Unità del Pianalto
- Unità del Terrazzo intermedio
- Unità di Pianura
- Unità del Molgora

- Ceppo

Unità del Pianalto

L'unità del Pianalto corrisponde al "Mindel" o "Diluvium Antico" degli Autori ed è composta da:

- Depositi eolici costituiti da limi argillosi e argille limose con raro scheletro di spessore metrico che formano una copertura continua sulle sottostanti ghiaie alterate;
- Depositi fluvioglaciali/fluviali costituiti da ghiaie immerse prevalentemente in matrice argilloso-sabbiosa con ciottoli centimetrici, arrotondati.

Unità del Terrazzo intermedio

L'unità del Terrazzo intermedio si identifica con il livello topografico corrispondente al "Riss" o "Diluvium Medio" degli Autori ed è composta da:

- Depositi eolici costituiti da limi, limi sabbiosi e limi argillosi con raro scheletro di spessore metrico che formano una copertura continua sulle sottostanti ghiaie alterate;
- Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice da limosa a limoso-sabbiosa. La superficie superiore è ondulata a scala metrica e suturata dai depositi eolici sovrastanti. Le ghiaie sono poligeniche con dominanza di rocce metamorfiche e ignee e in minima quantità di rocce terrigene e carbonatiche. Queste ultime si presentano alterate mentre il grado di alterazione delle rocce ignee e metamorfiche è variabile in funzione del contenuto in silice e dei caratteri tessiturali.

Unità di Pianura

L'unità corrisponde al cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura".

Si presenta nel complesso subpianeggiante, con pendenze verso Sud decisamente modeste dell'ordine di 0.6-0.4%.

Unità del Molgora

L'unità si identifica con la valle incisa in età olocenica dal Torrente Molgora nei depositi dell'Unità di Pianura e del terrazzo intermedio. E' costituita esclusivamente da depositi fluviali dati da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa grossolana. Sono presenti sabbie e sabbie limose di tracimazione.

Ceppo

Si tratta di un conglomerato organizzato in starti grossolani suborizzontali, a prevalente supporto clastico, con matrice arenacea o arenaceo-ghiaiosa; la cementazione, fortemente sviluppata, è di tipo carbonatico. Sulla base dei suoi caratteri sedimentologici ed alla composizione petrografica, il conglomerato è interpretato come un deposito di conoide alluvionale.

Dal punto di vista geologico i depositi quaternari affioranti vengono distinti in Unità (Alloformazioni) che non hanno alcun riferimento temporale. Secondo quanto definito dal N.A.S.C. (North American Stratigraphic Code), le Unità Allostratigrafiche costituiscono unità sedimentarie cartografabili e identificate sulla base delle discontinuità che le delimitano. L'Alloformazione è quindi l'unità fondamentale della classificazione allostratigrafica, e comprende i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale, altrimenti detto Episodio. Le caratteristiche interne (litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, paleontologiche, ecc.) possono variare lateralmente e verticalmente attraverso l'Unità. L'Allogrupo è l'unità di rango immediatamente superiore mentre l'Allomembro è l'unità immediatamente inferiore. Dal momento che un'Unità Allostratigrafica è costituita da un corpo di sedimenti che caratterizza un ben definito evento deposizionale, le superfici che la delimitano sono quindi diacrone per definizione. I depositi alluvionali che progradano sulla pianura sono un esempio che ben definisce la diacronia tipica delle Unità Allostratigrafiche. L'Unità temporale diacronica principale è l'Episodio mentre quella di rango inferiore è la Fase. Ciascuna Alloformazione si è quindi deposta in un Episodio ben definito.

Le formazioni vengono distinte in base al loro bacino di origine: nell'area interessata dal tracciato la maggior parte delle formazioni presenti appartengono tutte al Bacino dell'Adda.

8.2.2.5 Sezioni geotecniche

Per la tratta **D dal Km 0+000 al Km 8+885** sono state ricostruite nr. 14 sezioni geotecniche allo scopo di evidenziare gli elementi di criticità dei diversi settori interessati dal progetto, con particolare riferimento alla potenziale presenza di Occhi Pollini e alla profondità di rinvenimento di eventuali significativi livelli conglomeratici.

Nel dettaglio sono state ricostruite nr. 4 sezioni longitudinali (numerate da LA a LD) e nr. 10 sezioni trasversali di lunghezza pari ad 1 km (numerate da T0 a T9) distribuite lungo il tracciato di progetto ad una distanza di circa 1 km l'una dall'altra. Come sarà illustrato più in dettaglio nel capitolo dedicato la sezione longitudinale LD, data la forte disomogeneità del settore attraversato, è stata elaborata secondo due diverse interpretazioni che hanno preso come riferimento i sondaggi e le prove disponibili poste a Nord-Ovest e a Sud-Est della sezione stessa.

Per la ricostruzione evidenziata nelle sezioni si è preferito riferirsi ad un criterio geotecnico dal momento che l'attribuzione formazionale secondo la moderna classificazione allostratigrafica non è aggiornata lungo tutto lo sviluppo del tracciato. In particolare, solo la porzione settentrionale è ricompresa nella nuova cartografia 1:50000 – Foglio 97 Vimercate mentre la maggior parte dei PGT dei comuni interessati dal tracciato non sono aggiornati.

I dati per la redazione delle sezioni sono stati desunti da:

- Piani di Governo del Territorio (PGT) dei comuni interessati dal tracciato;
- Carta geologica 1:50.000 Foglio 97 Vimercate;
- Banca dati geologica di sottosuolo disponibile on-line sul sito della Regione Lombardia;
- Portale del Sistema Informativo Falda (SIF) della Provincia di Monza e Brianza;
- Portale del Sistema Informativo Territoriale del progetto della Tangenziale Esterna Milanese (TEEM) disponibile on-line;
- Database interno della società.

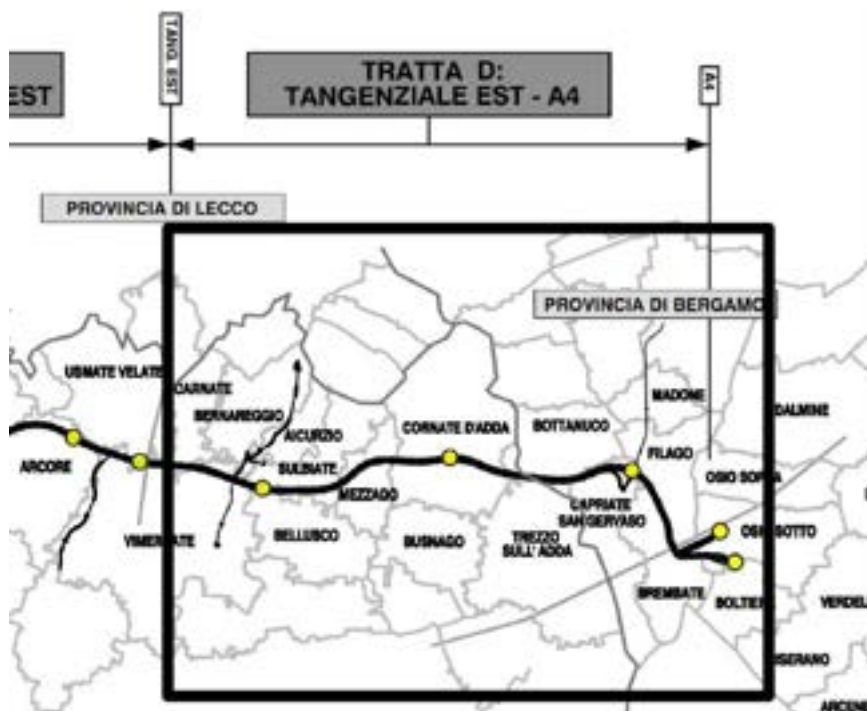
Occorre sottolineare che molte informazioni provengono da sondaggi, pozzi o indagini geotecniche variamente dislocate rispetto all'asse della sezione di riferimento. La loro proiezione sullo stesso asse è ovviamente soggetta a una sensibile discrezionalità interpretativa in considerazione anche della variabilità geolitologica dell'area in esame.

Ognuna delle nr. 14 sezioni viene di seguito descritta nei suoi elementi principali e contestualmente ne vengono sintetizzati in forma tabellare gli elementi di criticità.

Le sezioni, oltre a riportare la ricostruzione geotecnica delle sezioni stesse, riportano, con opportuno tematismo, il grado di suscettibilità al fenomeno degli Occhi Pollini e la classe di profondità alla quale è probabile riscontrare la presenza di significativi livelli conglomeratici.

8.2.3 Considerazioni finali

Analizzati gli elaborati relativi alla realizzazione del progetto definitivo della Tratta D “Lunga”, che si sviluppa secondo la direttrice Ovest-Est e si estende dall’incrocio con la A51, in comune di Vimercate (MI), alla barriera terminale di Osio Sotto, dopo circa 18,8 km, si effettuano delle considerazioni di sintesi delle principali problematiche geologiche al confronto con la nuova soluzione progettuale, Tratta D “Breve”. Come sopra delineato nel dettaglio, quest’ultima soluzione prevede lo sviluppo dell’opera in direzione Ovest-Est nel tratto, in sovrapposizione al tracciato originale; successivamente si sviluppa secondo la direttrice Nord-Sud. Dall’interconnessione con la Tangenziale Est (A51) in località Usmate Velate, la tratta si sviluppa attraversando i comuni di Vimercate, Carnate, Bellusco, Ornago, Brago di Molgora, Agrate Brianza e Caponago giunge all’interconnessione con la TEEM e l’Autostrada A4 nel comune di Agrate Brianza per complessivi 8+885km.



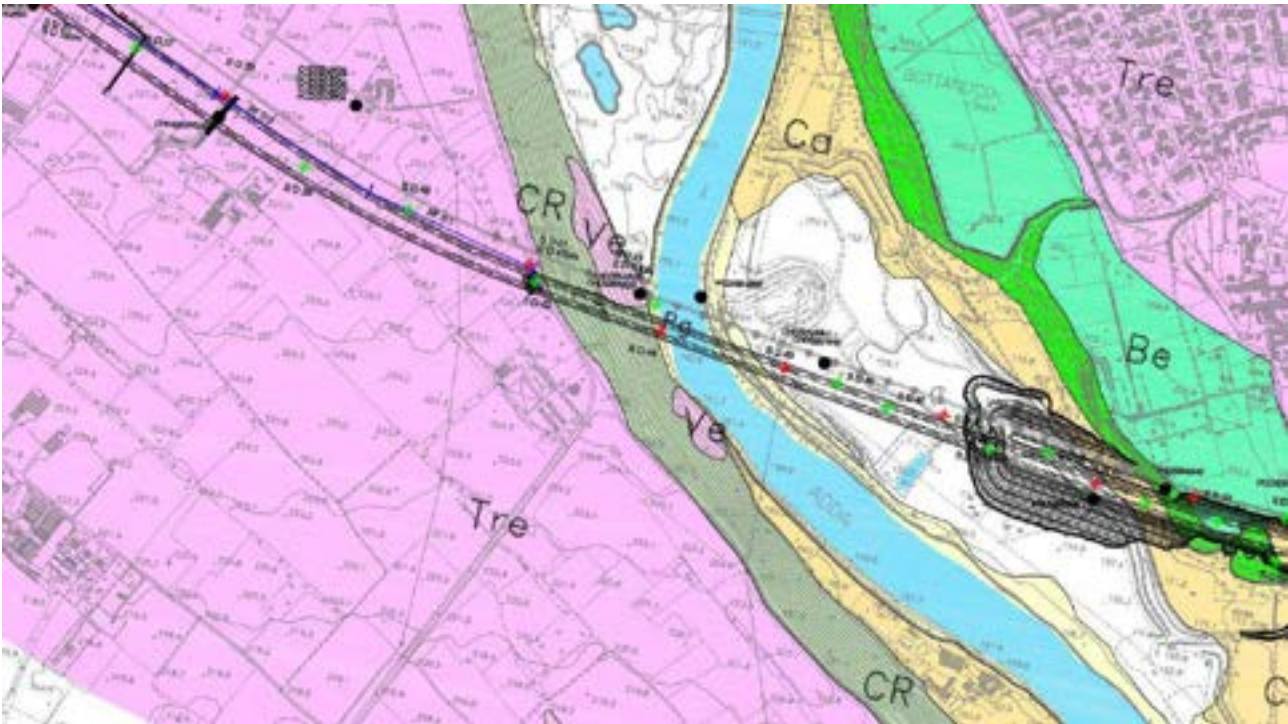
Tratta D "Lunga"



Tratta D "Breve"

L'analisi delle indagini disponibili, costituite anche da stratigrafie di pozzi hanno permesso, tenuto conto dell'assenza di indagini puntuali in questa fase progettuale di prefattibilità della D "Breve" poste in corrispondenza diretta del nuovo tracciato, di ricostruire l'andamento delle unità litologiche fino a profondità di 30m.

Il settore iniziale della tratta è caratterizzato da terreni con profili di alterazione spinta e con spessori che dapprima tendono ad approfondirsi e che successivamente si assottigliano nella direzione di sviluppo del tracciato (N-S). Questa sequenza si attesta per la quasi totalità del tracciato su un'unità conglomeratica (Ceppo), affiorante circa 8km ad Est della Tratta D "Breve", lungo la scarpata del F. Adda.



Estratto della Carta geologica realizzata per lo studio del Progetto Definitivo della Tratta D "lunga"

Sulla base degli elaborati preliminari prodotti, le problematiche principali da considerarsi rilevanti per la realizzazione della Tratta D “Breve” sono:

- Presenza di cavità diffuse entro depositi conglomeratici, i così detti “occhi pollini”;
- Problematiche legate alla formazione di ristagni locali, che possono generare falde sospese.
- Intercettazione del ceppo/conglomerato.

In seguito allo studio eseguito per la realizzazione del P.T.C.P. della Provincia di Monza Brianza, entrato in vigore successivamente alla redazione della relazione per il progetto definitivo della Tratta D Lunga, è stato possibile effettuare un confronto tra la carta della tavola idrogeologica e la Tratta D “Breve”. La tavola classifica le aree della provincia per suscettività agli occhi pollini e le categorizza secondo cinque classi (da Molto Basso a Molto Alto) definite in funzione dei fattori predisponenti, quali grado di alterazione dei terreni e presenza di conglomerati carbonatici e dei fattori scatenanti, quali variazioni della circolazione idrica sotterranea (o sollecitazioni meccaniche). Con il termine “occhi pollini” si indicano cavità che si generano non solo in depositi cementati, ma anche in quelli non

cementati, come ghiaie alterate e/o depositi fini, per i quali le proprietà coesive permettono il mantenimento delle cavità al loro interno. Il fenomeno si sviluppa in contesti geologici articolati ed è funzione delle caratteristiche dei depositi superficiali e dall'assetto geologico di sottosuolo. Le caratteristiche dimensionali degli occhi pollini sono variabili, generalmente si trovano a profondità comprese tra pochi e 20m e l'assenza di manifestazioni superficiali ne rende difficile l'individuazione a priori.

La relazione geologica e geotecnica per il Progetto Definitivo della Tratta D "Lunga" mette in evidenza la presenza di cavità da occhi pollini lungo il tracciato, principalmente all'interno della formazione del Ceppo del Brembo (CR) ad una profondità generalmente compresa tra i 15m e 30m dal p.c.: "alla progressiva km 1+000, tra 5+200 e 5+800, al km 8+000 (zona galleria naturale dei Preti), dopo il fiume Adda all'altezza della Galleria naturale Roccolo e dopo il Brembo alla progressiva km 15+700.". Si indicano "a rischio" tutte quelle zone in cui sono presenti depositi alterati sovrapposti a unità conglomeratiche. Sostanzialmente tale criticità ad alto rischio è ricompresa lungo tutto il tracciato.

Anche per la Tratta D "Breve", sulla base delle sezioni geologiche interpretative ricostruite è stato possibile identificare la presenza di una sequenza conglomeratica alla base di una successione costituita da limi - limi sabbiosi e sabbie - sabbie ghiaiose a vari gradi di alterazione. La presenza di tali litologie, non solo crea le condizioni per la formazione dell'occhio pollino, ma ne favorisce il processo di risalita per collasso quando soggetto a variazioni della circolazione idrica sotterranea (piping/sifonamento) o a sollecitazioni meccaniche.

Dalla sovrapposizione del tracciato D "Breve" alla tavola dell'assetto idrogeologico del P.T.C.P. è stato possibile individuare le aree a cui prestare particolare attenzione per la presenza delle condizioni più favorevoli alla loro potenziale manifestazione, in particolare in corrispondenza delle progressive:

- Sezione LC – da progr. Km 4+700 a km 7+100;
- Sezione LD NW/SE – da progr km 6+600 a km 7+750;
- Sezioni T05, T07, T08

L'interferenza di tale problematica tra le soluzioni proposte risulta ridotta per la nuova soluzione progettuale "Breve". Riducendo l'estensione della tratta non solo diminuisce

l'esposizione al fenomeno, ma il confronto con la tavola dell'assetto idrogeologico del P.T.C.P ha permesso di definire in modo più specifico le aree di particolare interesse di cui tenere conto nelle successive fasi progettuali.

Dal database georeferenziato Sistema informativo Falda (ex SIF della Provincia di Milano), ereditato ora dalla Provincia di Monza e Brianza è stato possibile ottenere informazioni più aggiornate relative ai dati di soggiacenza della falda con riferimento a settembre 2014.

Sulla base della carta della soggiacenza della Provincia di Monza e Brianza, disponibile dal portale SIF MB, di riferimento per l'area di studio a scala provinciale, si può osservare come la soggiacenza dell'acquifero principale varia tra i 10m e 20m dal p.c. Per quanto concerne i livelli di soggiacenza della falda si evidenzia una criticità legata all'interazione delle acque meteoriche con la litologia presente. Nonostante le oscillazioni della falda nell'area siano minime, la presenza di coperture limoso – argillose limitano l'infiltrazione delle acque meteoriche, causando la formazione di ristagni locali, anche originando falde sospese di carattere "stagionale". Diventa quindi di fondamentale importanza l'adeguata realizzazione di un sistema di regimazione e raccolta del deflusso delle acque superficiali la cui presenza, se non correttamente regimata, favorirebbe lo sviluppo degli occhi pollini.

Le zone critiche si presentano in corrispondenza delle seguenti sezioni:

- Sezione LC – dalla progressiva della sezione km 4+100 a km 4+750 e da km 5+500 a km 6+100;
- Sezione LD – dalla progressiva km 8+300 a km 8+700;
- Sezione T07 – in corrispondenza della progressiva km 6+833.

Lo studio eseguito per il Progetto Definitivo della Tratta D "Lunga" mette in evidenza l'intercettazione del conglomerato (Ceppo del Brembo) in corrispondenza della realizzazione della Galleria naturale "Dei Preti" tra le progressive km 8+500 e km 10+100, la consecutiva Galleria naturale "Roccolo" tra le progressive km 11+400 e km 12+400 (Sezione GL_003) e in corrispondenza della progressiva km 15+000 (Sezione GL_004).

In relazione alla realizzazione del tracciato D "Breve" e alla tipologia di messa in opera della sede stradale, si individuano zone critiche per la vicinanza all'unità conglomeratica. In particolare, le sezioni realizzate indicano la presenza sempre più superficiale del ceppo procedendo lungo la direzione di sviluppo della tratta. Questo raggiunge profondità anche

superficiali (5m dal p.c.), interessando le aree designate alla realizzazione dell'opera in esame. Le principali criticità si riscontrano dalla seconda metà del tracciato dove il conglomerato è più superficiale e più precisamente:

- Sezione LC – dalla progressiva km 5+800 a km 6+200 (dal km 1+900 al km 2+300 della sezione);
- Sezione LD – Lato SE dalla progressiva km 6+600 al km 6+950 (dal km 0+000 al km 0+350 della sezione);
- Sezione LD – Lato SE e Lato NW dalla progressiva km 7+700 fino al km 8+885 (dal km 1+100 al km 2+285 della sezione);
- In corrispondenza della sezione trasversale T08 alla progressiva km 7+826.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni specialistiche ed elaborati grafici contenute nel dossier di progetto.

9 COSTI DELL'OPERA E TEMPI DI REALIZZAZIONE

9.1 TRATTA D “LUNGA”

Nel seguito si riportano il quadro economico e il cronoprogramma sviluppati nel Progetto Definitivo, così come approvati da CAL nel 2010, finalizzati ad un confronto con le altre soluzioni alternative proposte ed illustrate dal seguente documento. Gli importi lavoro riportati sono stati rivalutati del 5,64% per l'aumento degli importi rispetto all'anno di approvazione del progetto.

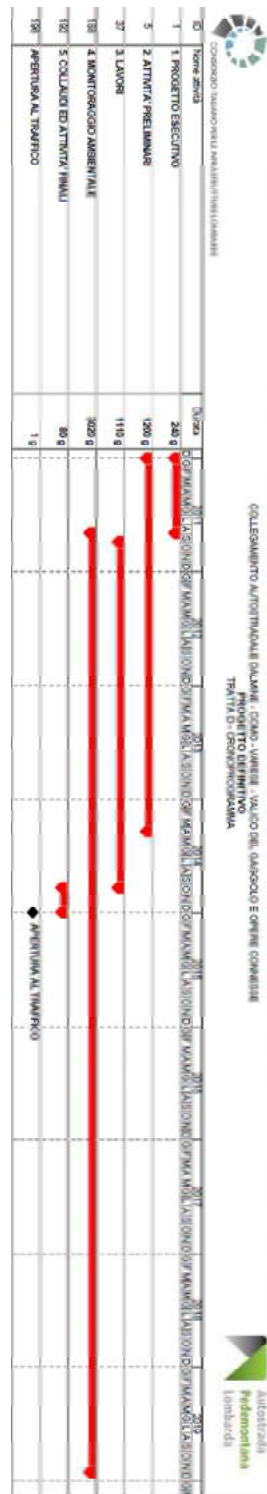
Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

9.1.1 Costi dell'opera

QUADRO ECONOMICO TRATTA D LUNGA - PROGETTO ESECUTIVO 2010		
CODICE	VOCE	IMPORTO
A	LAVORI	
A1	Importo lavori	700.674.471,61 €
A2	Oneri di sicurezza	39.513.400,47 €
A3	Indagini	-
A4	Prove	1.433.307,44 €
A5	Progettazione definitiva	-
A6	Progettazione esecutiva + PSC	5.253.058,54 €
A7	Coord. sicurezza progettazione	1.159.879,32 €
A8	Responsabile lavori e coord. sicurezza esecuzione	-
A9	Direzione lavori	-
A10	Attività x espropri e interferenze	-
A11	Monitoraggi ambientali	1.071.079,33 €
A12	Prog. definitiva svincolo Gazzada	-
A13	SIA varianti Lozza e Fagnano Olona	-
A14	Bonifica ordigni bellici	-
A15	Indagini ambientali siti inquinati	-
A16	Spese tecniche siti inquinati e indagini archeologiche	-
A17	Oneri contraente generale	-
A18	Equo compenso Art.11 DM 145/99	-
A19	Proroga tempi contrattuali	-
A20	Servizi bonifica siti inquinati	-
A21	Servizi e attività tecnico-amministrative legate alla realizzazione delle opere (espropri, interferenze, autorizzazioni e approvazioni anti, oneri fidejussori indagini ambientali)	-
A22	Aliquota forfetaria non soggetta a ribasso di cui all'art. 194, co. 20, del d.lgs. n. 50/2016	-
A3	Servizi	8.917.384,63 €
A	TOTALE LAVORI LORDO	749.105.256,71 €
B	SOMME A DISPOSIZIONE	
B1	Indagini, PD, monitor. ante	15.354.496,20 €
B2	Espropri e indennizzi	129.743.068,45 €
B3	Risoluzione interferenze	49.586.803,53 €
B4	Interferenze linea ferroviaria	-
B5	Imprevisti (A1 & A2)	21.162.662,82 €
B6	Prove e indagini	196.181,06 €
B7	Spese tecniche (A1 & A2)	11.035.553,75 €
B8	Spese x pubblicità e commis.	19.703,68 €
B9	Monitoraggio ante-inter-post operam	382.320,00 €
B10	Variante FS Monza-Moleno	-
B11	Presc. CIPE Lomazzo (importo eliminato)	-
B12	Prescrizioni CIPE ambientali	-
B13	Rettifica prescriz. CIPE x opere	-
B14	Posti manutenzione + posti neve	2.539.713,00 €
B15	Servizi relativi a voci B14	-
B16	Aliquota forfait art. 175	-
B17	Compensazioni (Cislago-B2+var)	-
B18	Bonifiche siti inquinati	-
B19	Compensazione forestale	-
B20	Quota RFI opere integrate	53.650.026,46 €
B21	Economie revisione PD	-
B22	Interconnessione A9 Gazzada	-
B23	Variante Villaguardia - TROCO3	-
B24	Economie per espropri	-
B25	Economie per ribassi d'asta e detrazione oneri finanziari	-
B26	opere 2° fase (Compl B1 -Vasca Lura B1 , interferenza amac - Esazione)	-
B	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	176.370.476,03 €
A+B	TOTALE INVESTIMENTO	925.475.732,74 €

9.1.2 Tempi di realizzazione - Cronoprogramma

La durata complessiva dei lavori è pari a 1110 gg naturali e consecutivi. Si rimanda al documento SGEDD000GE02000CR001A per la definizione delle singole attività. Si riporta di seguito cronoprogramma sintetico.



9.2 TRATTA D “BREVE”

Per la definizione del quadro economico della Tratta D “Breve” si è proceduto valutando le singole lavorazioni oggetto del progetto sia mediante stime analitiche sia mediante stime parametriche.

La stima analitica, secondo Elenco prezzi Anas 2019, è stata adottata, coerentemente con il livello progettuale dell'incarico, per quelle attività per le quali è stato possibile ricavare indicazioni sufficienti dai modelli e dagli elaborati del dossier di progetto. A titolo esemplificativo e non esaustivo, sono stati determinati mediante stima economica/analitica gli importi relativi a:

- Volumi per la realizzazione degli sterri e dei riporti del materiale per la costruzione dei corpi stradali;
- Caratteristiche geometriche per la determinazione delle quantità delle pavimentazioni (sottostrutture e sovrastrutture stradali);
- Progetto del sistema di smaltimento acque;
- Lunghezze e tipologia di barriere stradali;
- Superfici relative alle attività di bonifica da ordigni bellici.

La stima parametrica è stata adottata per quelle attività per le quali, dato il livello progettuale dell'incarico, le indicazioni a disposizione non erano sufficienti per una stima analitica degli importi. A titolo esemplificativo e non esaustivo, sono stati determinati mediante stima parametrica gli importi relativi a:

- Opere d'arte;
- Segnaletica verticale;
- Opere civili ed impiantistiche per la realizzazione dell'impianto di illuminazione;
- Barriere acustiche;
- Rimodellamenti morfologici;
- Barriera di esazione e relativi edifici;
- Opere di cantierizzazione;
- Mitigazioni ambientali;
- Sistema di esazione free flow;
- Monitoraggio ambientale;

La valorizzazione delle lavorazioni sopra riportate è stata definita in base ad opere, analoghe per caratteristiche tecniche e geometriche, desunte dalle altre tratte di Pedemontana già progettate o già costruite.

Determinato pertanto il prezzo parametrico è stato applicato alle dimensioni specifiche delle opere del progetto in questione. Il prezzo parametrico determinato è stato rivalutato con i coefficienti ISTAT per l'adeguamento all'anno 2020.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

9.2.1 Costi dell'opera

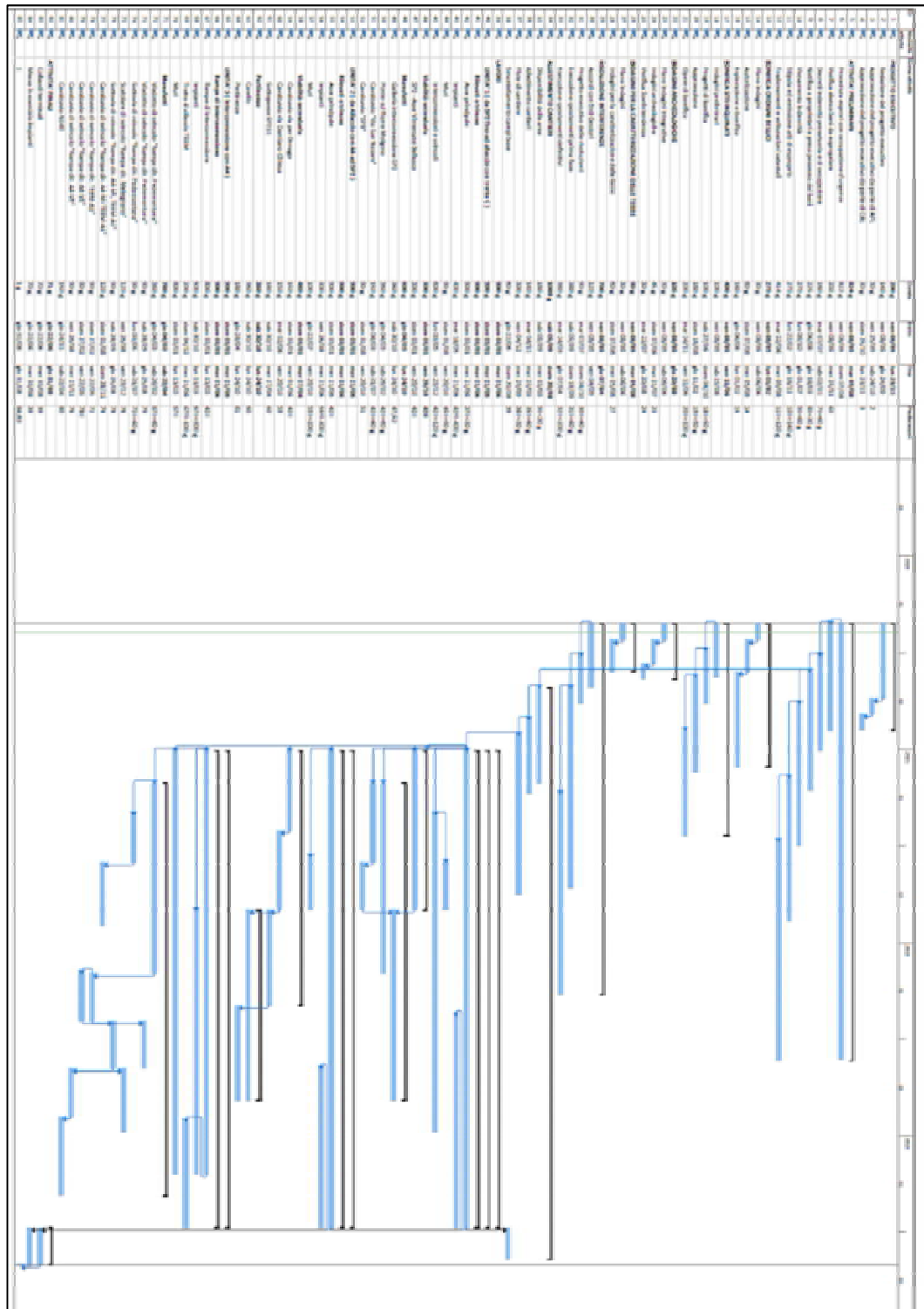
QUADRO ECONOMICO TRATTA D BREVE - STUDIO DI PREFATTIBILITA'			
MAPPALI	OPERE	IMPORTO	%
ASSE PRINCIPALE RILEVATO - TRINCEA	scavo	€ 5.631.364,26	2,33%
	bonifica	€ 4.284.121,27	1,77%
	rilevato	€ 1.855.117,90	0,77%
	sottofondo stradale	€ 6.204.412,20	2,56%
	pavimentazioni	€ 19.729.736,89	8,15%
	sistema di raccolta acque	€ 24.054.000,00	9,94%
	terreno vegetale	€ 1.712.607,54	0,71%
	barriere di sicurezza	€ 7.268.599,29	3,00%
	recinzione metallica	€ 846.080,00	0,35%
	segnaletica orizzontale	€ 57.158,36	0,02%
	apparecchi illuminanti per esterno	€ 293.000,35	0,12%
	segnaletica verticale	€ 1.016.598,34	0,42%
	cavidotti e vie cavi	€ 6.015.637,27	2,49%
	opere impiantistiche	€ 5.998.963,98	2,48%
	attraversamenti e reticoli idrici	€ 3.761.522,82	1,55%
TOTALE ASSE PRINCIPALE RILEVATO - TRINCEA		€ 88.728.920,46	36,67%
PONTI E VIADOTTI SULL'ASSE PRINCIPALE	Ponte sul fiume Molgora	€ 8.757.533,19	3,62%
	nuova campata svincolo rampa dir. Melegnano	€ 585.588,85	0,24%
	cavalcavia di svincolo rampa dir. Pedemontana	€ 780.784,44	0,32%
	sottovia di svincolo rampa dir. Pedemontana	€ 731.985,02	0,30%
	sottovia di svincolo rampa dir." A4-MI", "TEEM-A1"	€ 609.987,52	0,25%
	cavalcavia di svincolo rampa dir." A4-MI", "TEEM-A1"	€ 1.652.199,40	0,68%
	cavalcavia di svincolo rampa dir." A4-VE"	€ 1.542.400,94	0,64%
	cavalcavia di svincolo rampa dir."TEEM-A1"	€ 1.542.400,94	0,64%
	cavalcavia di svincolo rampa dir." A4-VE"	€ 1.156.800,70	0,48%
	cavalcavia N. 140 (demolizione)	€ 286.347,00	0,12%
	cavalcavia N. 140 (ricostruzione)	€ 1.688.362,61	0,70%
	viadotto di svincolo rampa dir. Pedemontana	€ 8.288.449,39	3,43%
	Cavalcavia SP3 Pk 2+100	€ 1.703.612,34	0,70%
	Cavalcavia via per Ornago Pk 5+350	€ 1.812.532,51	0,75%
	Cavalcavia via S. Nazaro Pk 2+650	€ 2.095.740,72	0,87%
	Cavalcavia via Damiano Chiesa Pk 8+350	€ 2.322.307,28	0,96%
	Galleria artificiale interconnessione "SP2"	€ 39.118.655,19	16,17%
	cavalcavia "SP2"	€ 1.652.199,40	0,68%
	cavalcavia "SP211"	€ 1.688.362,61	0,70%
	opere provvisionali (diaframmi interconnessione A4)	€ 1.035.772,05	0,43%
TOTALE PONTI E VIADOTTI SULL'ASSE PRINCIPALE		€ 79.052.022,11	32,67%
BARRIERE ANTIFONICHE	barriere acustiche	€ 15.368.790,31	6,35%
TOTALE BARRIERE ANTIFONICHE		€ 15.368.790,31	6,35%
RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI	rimodellamenti morfologici	€ 474.157,55	0,20%
TOTALE RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI		€ 474.157,55	0,20%
BARRIERA DI ESAZIONE	barriera di esazione	€ 10.072.996,17	
TOTALE BARRIERA DI ESAZIONE		€ 10.072.996,17	4,16%
SISTEMA DI ESAZIONE FREE FLOW	sistema di esazione free flow	€ 1.711.556,51	0,71%
TOTALE SISTEMA DI ESAZIONE FREE FLOW		€ 1.711.556,51	0,71%
CANTIERIZZAZIONI	opere speciali per cantierizzazioni	€ 4.653.412,13	1,92%
TOTALE CANTIERIZZAZIONI		€ 4.653.412,13	1,92%
BONIFICA ORDIGNI BELLICI	bonifica ordigni bellici	€ 2.230.002,21	0,92%
TOTALE BONIFICA ORDIGNI BELLICI		€ 2.230.002,21	0,92%
MITIGAZIONE AMBIENTALE	mitigazioni ambientali	€ 7.201.763,10	2,98%
TOTALE MITIGAZIONE AMBIENTALE		€ 7.201.763,10	2,98%
GESTIONE TERRE	bilancio terre	€ 13.589.258,13	5,62%
	cedimenti	€ 8.030.282,85	3,32%
TOTALE GESTIONE TERRE		€ 21.619.540,98	8,94%
OPERE CONNESSE	opere connesse	€ 9.572.253,66	3,96%
TOTALE OPERE CONNESSE		€ 9.572.253,66	3,96%
MONITORAGGIO AMBIENTALE	monitoraggio ambientale	€ 1.258.567,90	0,62%
TOTALE MONITORAGGIO AMBIENTALE		€ 1.258.567,90	0,52%
TOTALE TRATTA D breve		€ 241.943.983,08	100,00%
COSTI PER LA SICUREZZA		€ 28.327.870,96	
TOTALE TRATTA D BREVE (LAVORI E COSTI PER LA SICUREZZA)		€ 270.271.854,05	

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Servizi		€ 6.750.871,19
	A3 Indagini	
	A4 Prove	€ 716.683,72
	A5 Progettazione definitiva	€ 0,00
	A6 Progettazione esecutiva + PSC	€ 2.626.529,27
	A7 Coord. sicurezza progettazione	€ 579.939,66
	A8 Responsabile lavori e coord. sicurezza esecuzione	€ 0,00
	A9 Direzione lavori	€ 0,00
	A10 Attività x espropri e interferenze	€ 0,00
	A11 Monitoraggi ambientali	€ 0,00
	A12 Prog. definitiva svincolo Gazzada	
	A13 SIa varianti Lozza e Fagnano Olona	
	A14 Bonifica ordigni bellici	
	A15 Indagini ambientali siti inquinati	
	A16 Spese tecniche siti inquinati e indagini archeologiche	
	A17 Oneri contraente generale	
	A18 Equo compenso Art.11 DM 145/99	
	A19 Proroga tempi contrattuali	
	A20 Servizi bonifica siti inquinati	
	A21 servizi e attività tecnico-amministrative legate alla realizzazione delle opere (espropri, interferenze, autorizzazioni e approvazioni enti, oneri fidejussori indagini ambientali)	€ 2.702.718,54
	A22 aliquota forfettaria non soggetta a ribasso di cui all'art. 194, co. 20, del d.lgs. n. 50/2016	€ 125.000,00
Somme a disposizione		€ 139.145.356,24
	B1 Indagini, PD, monitor. Ante	€ 7.677.248,10
	B2 Espropri e indennizzi	€ 77.845.841,07
	B3 Risoluzione interferenze	€ 29.752.082,12
	B4 Interferenze linee ferroviarie	€ 0,00
	B5 Imprevisti (A1 & A2)	€ 13.513.592,70
	B6 Prove e indagini	€ 98.090,53
	B7 Spese tecniche (A1 & A2)	€ 5.517.776,88
	B8 Spese x pubblicità e commis.	€ 9.851,84
	B9 Monitoraggio ante-inter+post operam	€ 191.160,00
	B10 Variante FS Monza-Molteno	€ 0,00
	B11 Presc. CIPE Lomazzo (Importo eliminato)	€ 0,00
	B12 Prescrizioni CIPE ambientali	€ 0,00
	B13 Rettifica prescriz CIPE x opere	€ 0,00
	B14 Posti manutenzione + posti neve	€ 2.539.713,00
	B15 Servizi relativi a voci B14	€ 0,00
	B16 Aliquota forfait art. 176	€ 0,00
	B17 Compensazioni (Cislago+B2+var)	€ 0,00
	B18 Bonifiche siti inquinati	€ 2.000.000,00
	B19 Compensazione forestale	€ 0,00
	B20 Quota RFI opere integrate	€ 0,00
	B21 Economie revisione PD	€ 0,00
	B22 Interconnessione A8 Gazzada	€ 0,00
	B23 Variante Villaguardia - TRCO03	€ 0,00
	B24 Economie per espropri	€ 0,00
	B25 Economie per ribassi d'asta e detrazione onerifinanziar	€ 0,00
	B26 opere 2° fase (GA ugo Mara e Vasca Lura)	€ 0,00
TOTALE		€ 416.168.081,47

9.2.2 Tempi di realizzazione - Cronoprogramma

La durata complessiva dei lavori è pari a 900 gg naturali e consecutivi. Si rimanda al documento SGEDD000GE03000CR001A per la definizione delle singole attività. Si riporta di seguito cronoprogramma sintetico.



9.3 CONSIDERAZIONI FINALI

Si riporta di seguito il quadro di raffronto tra le due ipotesi progettuali. I costi di investimento per la realizzazione della Tratta D “Breve” sono all’incirca pari alla metà rispetto a quelli della Tratta D “Lunga”.

QUADRO DI RAFFRONTO		TRATTA D BREVE	TRATTA D “INTERA” (rivalutazione del 5,64% per l'aumento medio degli importi tra il PD2018 ed il PD2010 delle trane B2 e C)	DIFFERENZA
Lavori		€ 241.943.983,08	€ 700.674.471,61	€ 458.730.488,53
Oneri sicurezza		€ 28.327.870,96	€ 39.513.400,47	€ 11.185.529,50
Servizi		€ 6.750.871,19	€ 9.917.384,63	€ 2.166.513,44
	A1 Indagini			
	A4 Prove	€ 716.683,73	€ 1.433.367,44	€ 716.683,73
	A5 Progettazione definitiva	€ 0,00		
	A6 Progettazione esecutiva + PSC	€ 2.628.529,27	€ 5.253.058,54	€ 2.628.529,27
	A7 Coord. sicurezza progettazione	€ 579.939,66	€ 1.159.879,32	€ 579.939,66
	A8 Responsabile lavori e coord. sicurezza esecuzione	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	A9 Direzione lavori	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	A10 Attività x espropri e interferenze	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	A11 Monitoraggio ambientale	€ 0,00	€ 1.071.079,33	€ 1.071.079,33
	A12 Prog. definitiva sincolo Gaggiolo			€ 0,00
	A13 SIA varianti Litta e Fagnano Olona			€ 0,00
	A14 Bonifica ordigni bellici			€ 0,00
	A15 Indagini ambientali siti inquinati			€ 0,00
	A16 Spese tecniche siti inquinati e indagini archeologiche			€ 0,00
	A17 Oneri contraente generale			€ 0,00
	A18 Equo canone art. 11 DM 145/99			€ 0,00
	A19 Proroga tempi contrattuali			€ 0,00
	A20 Servizi bonifica siti inquinati			€ 0,00
	A21 servizi e attività tecnico- amministrative legate alla realizzazione delle opere (espropri, interferenze, autorizzazioni e approvazioni enti, oneri fiduciosi indagini ambientali)	€ 2.702.718,54		-€ 2.702.718,54
	A22 aliquota forfetaria non soggetta a ribasso di cui art. 194, co. 20, del d.lgs. n. 50/2016	€ 125.000,00		-€ 125.000,00
Somme a disposizione		€ 139.145.356,24	€ 176.370.476,03	€ 37.225.119,79
	B1 Indagini, PD, monitor, Anle	€ 7.677.248,10	€ 15.354.496,20	€ 7.677.248,10
	B2 Espropri e indennizzi	€ 77.845.841,07	€ 129.743.088,45	€ 51.897.237,38
	B3 Risoluzione interferenze	€ 29.752.082,12	€ 49.586.803,53	€ 19.834.721,41
	B4 Interferenze linee ferroviarie	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
	B5 Imprevisti (A1 & A2)	€ 13.513.502,70	€ 21.162.682,20	€ 7.649.179,52
	B6 Prove e indagini	€ 98.090,63	€ 196.181,06	€ 98.090,63
	B7 Spese tecniche (A1 & A2)	€ 5.517.776,88	€ 11.035.553,75	€ 5.517.776,88
	B8 Spese x pubblicità e commit.	€ 9.851,84	€ 19.703,68	€ 9.851,84
	B9 Monitoraggio ante-inter-post operam	€ 191.160,00	€ 382.320,00	€ 191.160,00
	B10 Variante P.S Monza-Morlano	€ 0,00		
	B11 Presc. GPE Lomazzo (importo stimato)	€ 0,00		
	B12 Prescizioni CAPE ambientali	€ 0,00		
	B13 Prescizioni CAPE e opere	€ 0,00		
	B14 Posti manutenzione + posti neve	€ 2.539.713,00	€ 2.539.713,00	€ 0,00
	B15 Servizi relativi a voci B14	€ 0,00		
	B16 Aliquota forfet. art. 175	€ 0,00		
	B17 Compensazioni (Cinago-B2+var)	€ 0,00		
	B18 Bonifiche siti inquinati	€ 2.000.000,00		
	B19 Compensazione forestale	€ 0,00		
	B20 Custia RPT opere integrali	€ 0,00	-€ 53.650.028,46	-€ 53.650.028,46
	B21 Economie revisione PD	€ 0,00		
	B22 Interconnessione All. Gaggiolo	€ 0,00		
	B23 Variante Villaguardia - TRCO3	€ 0,00		
	B24 Economie per espropri	€ 0,00		
	B25 Economie per ribassi d'asta e defranchi	€ 0,00		
	B26 opere 3° fase (GA lago Mago e Vascio)	€ 0,00		
TOTALE		€ 416.168.081,47	€ 925.475.732,74	€ 509.307.651,27

10 STUDIO DEL TRAFFICO E ANALISI DEGLI SCENARI

Il presente studio descrive le caratteristiche della rete gestita da APL, dell'evoluzione del traffico dall'entrata in esercizio e del traffico in-scope dell'intera rete, e descrive la metodologia adottata per lo sviluppo dello scenario base.

10.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il contesto di riferimento nel quale si colloca l'autostrada Pedemontana Lombarda è costituito da un corridoio territoriale che attraversa 5 province (Milano, Monza e Brianza, Bergamo, Como e Varese) e si estende dal Lago Maggiore al lago di Garda comprendendo le aree della provincia di Varese, del Lario Comasco, del Lecchese, delle valli bergamasche e bresciane.

Si tratta quindi di una zona di raccordo tra gli ambiti più densamente urbanizzati della fascia centrale della Lombardia e gli ambiti a minore densità che caratterizzano le aree montane e la fascia prealpina, anche attraverso gli sbocchi delle principali valli alpine con relativi fondivalle densamente sfruttati da insediamenti di tipo residenziale ed industriale.



All'interno del corridoio pedemontano si riscontrano diverse specificità insediative:

- L'area metropolitana milanese, o Brianza milanese, compresa tra il fiume Seveso e Lambro, caratterizzata da un tessuto urbano denso e compatto e da una forte varietà di funzioni residenziali, industriali e commerciali e da un fitto reticolo infrastrutturale;
- Le conurbazioni di Busto-Gallarate, Varese e Como, ossia estese conurbazioni con elevate densità insediative e caratterizzate, come nel caso della Brianza milanese,

da mix funzionali, oltre che da importanti dinamiche di trasformazione – riqualificazione urbana;

- La rete urbana diffusa del Saronnese, del Vimercalese e dell'Isola Bergamasca, nel territorio collocato a Nord di Saronno (da Lentate sul Seveso alla conurbazione dell'Olna) e nel territorio che si estende da Vimercate all'hinterland di Bergamo caratterizzata dalla presenza di una rete diffusa dei piccoli centri, separati tra di loro da rilevanti estensioni di territorio agricolo.

Analizzando le aree funzionali che rivestono un ruolo di rilevanza nazionale nell'ambito dei rapporti e delle dinamiche territoriali e dei sistemi insediativi, troviamo che gran parte del sistema insediativo di pianura comprende:

- Il distretto industriale dell'elettronica e dell'elettromedicale dell'Est Milano con il polo del Vimercalese;
- Il distretto del legno e del mobile che fa riferimento alla Brianza centrale;
- Le aree urbane della fascia pedemontana con fulcro sulle città di Como e Varese;
- Le aree e i poli urbani della pianura bergamasca e bresciana.

I dati relativi alle 5 province mettono in evidenza i maggiori utilizzi di suolo per urbanizzazione nella provincia di Monza e Brianza, dove supera il 50%, e nella provincia di Milano, attorno al 40%. Tali province, interessate dalla porzione centrale del corridoio, presentano quote di superfici urbanizzate sostanzialmente maggiori rispetto alla media complessiva che si attesta sul 25%.

La densità abitativa, infatti, risulta molto alta nelle province di Monza e Brianza e Milano, attorno ai 2.000 abitanti per kmq, ed è elevata anche per le altre tre province se si considera che la densità media abitativa in Italia è pari a 200 abitanti per kmq e in Lombardia è pari a 400 abitanti per kmq.

Provincia	Superficie totale(kmq)	Superficie urbanizzata (kmq)	Sup. urb. /Sup. Tot. (%)	Popolazione	Densità abitativa
Milano	1.576	626	40%	3.038.420	1.928
Brianza	405	216	53%	840.129	2.072
Bergamo	2.746	383	14%	1.086.277	396
Como	1.279	203	16%	586.735	459
Varese	1.198	348	29%	871.886	728

Il contesto produttivo che caratterizza quest'area è rappresentato da un sistema che pur restando sempre uno dei polmoni produttivi del Paese, nell'ultimo ventennio ha subito una profonda trasformazione ed è stato investito dai tipici processi di riconversione industriale che hanno visto il decollo delle economie di piccola impresa.

Il nuovo assetto ha prodotto un'area, caratterizzata da una forte presenza di piccole e medie imprese, artigiani e lavoratori atipici, che alimenta filiere di subfornitura in vari settori con buona propensione all'imprenditoria e all'innovazione di prodotto e di processo.

La presenza di un tessuto misto di piccole e medie imprese in un tessuto produttivo maturo e caratterizzato da forti interazioni è uno dei maggiori vantaggi competitivi di questi sistemi territoriali, che vantano infatti delle filiere più importanti del made in Italy, dal distretto del legno e del mobile, alla meccanica di precisione fino all'high-tech globale e alla net-economy.

Al contrario, la progressiva crisi della manifattura e il conseguente aumento della presenza di lavoratori atipici, lavoro in affitto, emergenza di microimprenditori non organizzati in un sistema di relazioni coeso, rischia di indebolire le capacità del tessuto produttivo dal punto di vista del lungo periodo e della capacità di innovarsi costantemente.

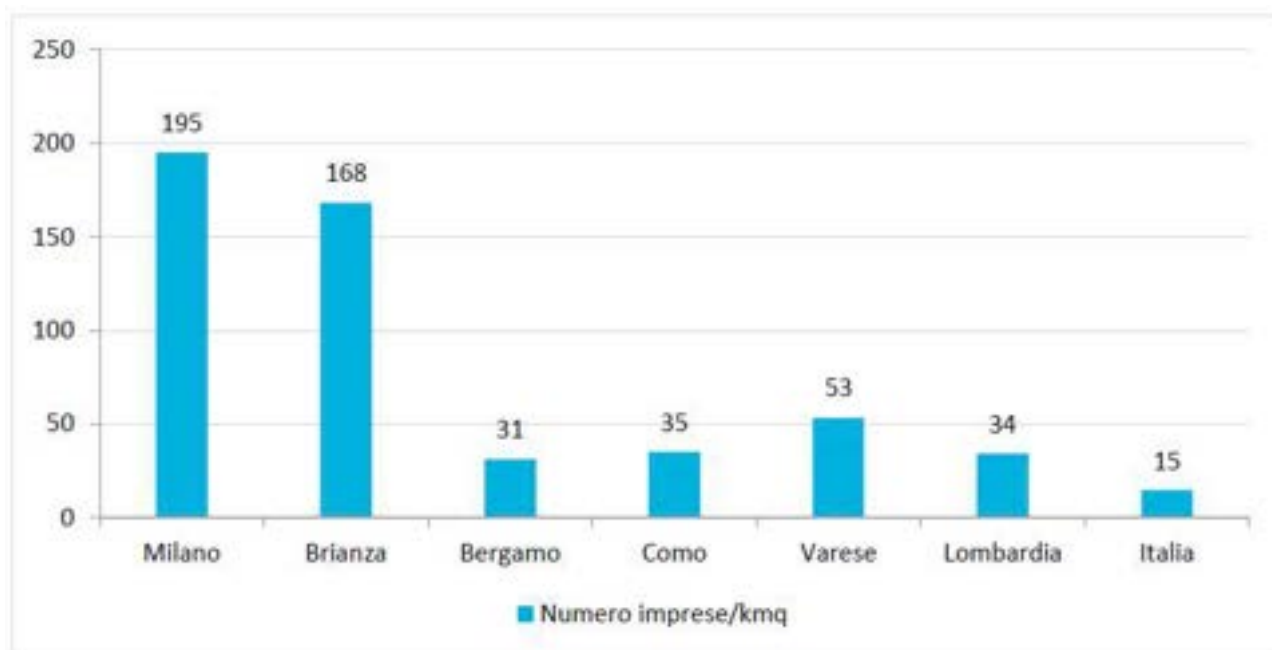
Queste caratteristiche dimensionali e di specializzazione hanno favorito processi di dispersione territoriale con una moltitudine di piccole imprese e attività di piccole e medie dimensioni. Localizzazioni ed insediamenti sono tuttavia avvenuti senza una particolare attenzione alla programmazione o in attuazione di specifiche politiche di settore.

La presenza di imprese che caratterizza questi territori è evidente dagli indici elevati, decisamente superiori al dato medio della regione Lombardia (34 imprese/kmq) e dell'intero territorio nazionale (15 imprese/kmq). La concentrazione maggiore è nella provincia di Milano e di Monza Brianza (rispettivamente 195 imprese/kmq e 168 imprese/kmq) e, a seguire Varese (53 imp./kmq), Como (35 imp./kmq), Bergamo (31 imp./kmq).

Gli addetti si concentrano in modo particolare nella provincia di Milano, dove è presente circa l'11% degli addetti a livello nazionale, corrispondenti a poco meno degli addetti totali regionali.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Provincia	Numero imprese attive	Addetti delle imprese attive	Valore aggiunto [milioni €]	Numero imprese attive/ Tot Italia (%)	Addetti delle imprese attive/ Tot Italia (%)	Numero imprese/kmq
Milano	307.262	1.914.567	146.205	7%	11%	195
Brianza	68.130	272.556	22.383	2%	2%	168
Bergamo	85.391	392.268	30.377	2%	2%	31
Como	44.771	172.076	14.661	1%	1%	35
Varese	63.804	232.113	23.172	1%	1%	53
Lombardia	814.867	3.896.410	329.057	19%	23%	34
Italia	4.390.911	16.684.518	1.508.666	100%	100%	15



10.2 IL PROGETTO

L'Autostrada Pedemontana Lombarda (APL) rappresenta una nuova grande infrastruttura viaria che, una volta ultimato, collegherà 5 province (Como, Varese, Milano, Monza e Brianza, Bergamo). L'opera si sviluppa per complessivi 157Km su un asse principale (A36) di circa 67 chilometri tra Cassano Magnago (interconnessione A8) ed Osio Sotto (interconnessione A4), suddiviso in 5 tratte funzionali:

- Tratta A: inaugurata a gennaio 2015, si sviluppa per 15 km da Cassano Magnago a Lomazzo, tra l'interconnessione con l'Autostrada A8 Milano-Varese e l'Autostrada A9 Milano-Como;
- Tratta B1: aperta al traffico a novembre 2015, si estende per 7,3 km dall'interconnessione con l'Autostrada A9 Milano Como a Lomazzo fino allo svincolo di interconnessione con la tratta B2 a Lentate sul Seveso;
- Tratta B2: prevista per il 1° agosto 2025, è lunga 9,6 km ed è compresa tra l'interconnessione con la tratta B1 a Lentate sul Seveso e lo svincolo di Cesano Maderno, in sovrapposizione all'attuale tratta della SP ex SS 35 Milano-Meda;
- Tratta C: prevista per il 1° agosto 2025, è lunga 16,6 km si estende dalla SP ex SS 35 Milano-Meda a Cesano Maderno all'interconnessione con la Tangenziale Est di Milano (A51) a Vimercate;
- Tratta D: prevista per il 1° luglio 2030, si sviluppa per 18,9 km dall'interconnessione con la Tangenziale Est di Milano (A51) a Vimercate fino all'interconnessione con l'Autostrada A4 a Osio Sotto.

Oltre all'asse principale il progetto include circa 8 Km di Tangenziali di Como e Varese:

- Tangenziale di Varese: inaugurata a gennaio 2015, si sviluppa per 5 km tra l'interconnessione con l'Autostrada A8 Milano-Varese in comune di Gazzada Schianno e lo svincolo di Vedano Olona, al confine con il comune di Varese.
- Tangenziale di Como: inaugurata a maggio 2015, si estende per 3 km dal comune di Villa Guardia fino allo svincolo di Acquanegra, tra i comuni di Como e Casnate con Bernate.

Ad oggi, l'Autostrada Pedemontana Lombarda è in esercizio con circa 30 chilometri di tracciato che include le Tratte A e B1 e i Lotti 1 delle Tangenziali di Como e Varese e che complessivamente rappresentano circa il 31% dell'estesa complessiva del progetto.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'



	Tratte in esercizio	Asse autostradale (Km)	Svincoli (Km)	Opere connesse (Km)
A	Da Cassano Magnago (A8) a Lomazzo (A9)	14,24	8,25	5,80
B1	Da Lomazzo (A9) a Cermenate	7,31	14,65	13,54
B2	Da Cermenate a Lentate sul Seveso	0,60		
A + B1 + B2		22,15	22,90	19,34
A59	Tangenziale Como – Lotto B1	3,05	6,29	4,19
A60	Tangenziale Varese – Lotto 1	4,87	2,47	
A59+A60		7,92	8,76	4,19
Totale		30,07	31,66	23,53

	Tratte da realizzare	Asse autostradale (Km)	Svincoli (Km)	Opere connesse (Km)
B2	Da Lentate a Cesano Maderno	9,60	4,13	
C	Da Cesano Maderno a Usmate (A51)	16,61	25,16	9,50
D	Da Usmate (A51) a Filago (A4)	15,89	13,86	15,18
A36		42,10	43,15	38,44

Il tracciato alternativo prevede, invece, la realizzazione della tratta D fino alla A4 in corrispondenza dell'interconnessione con la A58 (TEEM), come riportato nella figura seguente. Questa alternativa si configura come la chiusura di un anello tangenziale esterno anche a nord di Milano, consentendo al traffico che deve spostarsi tra la zona est e quella nord di Milano di evitare la tratta autostradale della A4 tra l'allacciamento con TEEM e Agrate, che risulta già oggi congestionata durante le ore di punta.

La D corta ha una lunghezza complessiva di 8,9km, molto inferiore ai 15,9km della D lunga (- 50%).



La concessione di esercizio, definita nella Convenzione siglata nel 2007 tra il Concedente (CAL Concessioni Autostradali Lombarde S.p.A.) e il Concessionario, cui hanno fatto seguito l'Atto Aggiuntivo del 2010 e l'Atto Integrativo all'Atto Aggiuntivo del 2011, ha una durata stabilita in 30 anni, a partire dal completamento dell'opera (01/07/2030), e quindi con termine il 30/06/2060.

Tratta	Entrata in esercizio	Pedaggiamento
A	01/01/2015	01/11/2015
Tangenziale di Como	01/07/2015	01/11/2015
Tangenziale di Varese	01/01/2015	01/11/2015
B1	01/11/2015	01/11/2015
B2	01/08/2025	01/08/2025
C	01/08/2025	01/08/2025
D	01/07/2030	01/07/2030

10.3 SISTEMA DI PEDAGGIAMENTO

Autostrada Pedemontana Lombarda è l'unica autostrada italiana ad utilizzare un sistema di esazione Free Flow Multilane che consente di viaggiare senza doversi fermare ai caselli per pagare il pedaggio. Il sistema Free Flow Multilane è dotato di appositi portali che coprono l'intera carreggiata sulle quali sono installate apparecchiature tecnologiche che consentono di rilevare le targhe di tutti i veicoli in transito e di determinarne il relativo importo da pagare. I portali di esazione sono presenti per ogni tratto elementare compreso tra due svincoli ed i veicoli possono essere rilevati anche lungo la corsia di emergenza e gli allargamenti in curva.

Attualmente l'utente può pagare con Telepass o tramite l'attivazione di un sistema di pagamento automatico (Conto targa o Ricaricabile Pedemontana). In alternativa i portali rilevano la targa, il tipo di veicolo e il percorso effettuato e l'utente può pagare successivamente al transito (entro 15 giorni).

Le lunghezze pedaggiate per ogni tratta funzionale sono riportate nella tabella seguente e sono superiori rispetto alle lunghezze effettive sull'asse, in quanto includono anche gli svincoli e le rampe.

I livelli tariffari per ciascuna tratta nel 2020 sono riportati nella tabella successiva, sia in termini di tariffa chilometrica (al Concessionario e all'utente), sia in termini di tariffa per tratta all'utente.

Tratta	Lunghezza Totale (asse + svincoli + opere connesse) (km)	Lunghezza Pedaggiata (km)
A	28,29	20,40
B1	35,50	9,78
B2	14,33	12,77
C	51,27	20,83
D	44,93	23,72
Tang. Como	13,53	4,31
Tang. Varese	7,34	7,03
Altre opere connesse	13,76	
TOTALE	195,19	98,85

Tratta	Concessionario (IVA e Sovracanone esclusi)		Utente (IVA e Sovracanone inclusi)		Utente (IVA e Sovracanone inclusi)	
	Tariffa Auto (€/km)	Tariffa Pesanti (€/km)	Tariffa Auto (€/km)	Tariffa Pesanti (€/km)	Pedaggio Auto (€)	Pedaggio Pesanti (€)
A	0,124	0,197	0,159	0,262	3,25 €	5,35 €
B1	0,139	0,220	0,177	0,291	1,73 €	2,84 €
B2	0,139	0,220	0,177	0,291	2,26 €	3,71 €
C	0,139	0,220	0,177	0,291	3,69 €	6,05 €
D	0,139	0,220	0,177	0,291	4,20 €	6,89 €
Tang. Como	0,119	0,187	0,152	0,251	0,65 €	1,08 €
Tang. Varese	0,119	0,187	0,152	0,251	1,07 €	1,76 €

Tra il 2021 fino al 2024 si prevede un incremento dell'1%, mentre dal 2025 si ipotizza un incremento tariffario attorno al 2% annuo fino al termine della Concessione.

Le tariffe applicate ad APL sono allineate con quelle delle tratte autostradali di nuova generazione, A58 TEEM e A35 Bre.Be.Mi., mentre risultano superiori rispetto alle tariffe medie nazionali sulla rete storica (Tabella 2.8) e, in particolare, sono pari a circa 3 volte le tariffe applicate sul corridoio A4 nell'area milanese.

Tratta	Km	APL A36	TEEM A58	Brebemi A35	SATAP A4	ASPI A4 MI-BS	B5-PD A4	AA.VV. A4	A22 VR-BR
A	20,40	3,25 €	4,25 €	3,95 €	2,68 €	1,49 €	1,38 €	1,59 €	1,53 €
B1	9,78	1,73 €	2,04 €	1,89 €	1,28 €	0,71 €	0,66 €	0,76 €	0,73 €
B2	12,77	2,26 €	2,66 €	2,47 €	1,68 €	0,93 €	0,87 €	1,00 €	0,96 €
C	20,83	3,69 €	4,34 €	4,03 €	2,73 €	1,52 €	1,41 €	1,63 €	1,56 €
D	23,72	4,20 €	4,94 €	4,59 €	3,11 €	1,73 €	1,61 €	1,85 €	1,78 €

10.4 IL TRAFFICO NELL'AREA DI STUDIO

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è localizzata a nord di Milano in una delle zone più ricche e popolate d'Italia. La rete stradale nell'area studio è strutturata in radiali che incidono il sistema Tangenziali di Milano.

L'unico asse principale est-ovest è l'A4 Torino-Milano-Trieste, l'autostrada attualmente più trafficata in Italia, particolarmente congestionata nella sezione a nord di Milano, dove gli spostamenti di lunga distanza si mescolano a quelli di interscambio di corto raggio tra Milano ed il suo hinterland.

APL fornirà un nuovo asse est-ovest, a nord della A4, che determinerà sia una migliore connessione tra i poli presenti nell'area, sia un collegamento alternativo tra le principali radiali, attualmente collegate a livello autostradale solo dall'A4 e dall'A52.

In questo Capitolo vengono presentati i dati di traffico delle sezioni di APL già in esercizio e delle strade e autostrade ritenute rilevanti nell'area di studio. In particolare:

- Tratta A, B1 e Tangenziali Como e Varese gestite da APL;
- Raccolta dati sulla rete stradale locale effettuata dal Concessionario nel 2016;
- Dati di traffico relativi alle autostrade seguenti:
 - ASPI S.p.A.: A4 Milano-Brescia, A8, A9, A1 Milano-Bologna;
 - Milano Serravalle S.p.A.: A51 Tangenziale Est, A52;
 - SATAP S.p.A.: A4 Milano-Torino;
 - Bre.Be.Mi. S.p.A.: A35;
 - TE S.p.A.: A58 TEEM

Tali informazioni sono state integrate con una nuova campagna di indagini appositamente effettuata nell'area di studio durante il mese di maggio 2018.

10.4.1 Traffico autostradale sulle tratte APL in esercizio

In costante e forte crescita fin dall'apertura, il traffico sulla rete gestita da APL nell'ultimo anno sta registrando percentuali di crescita ancora significative.

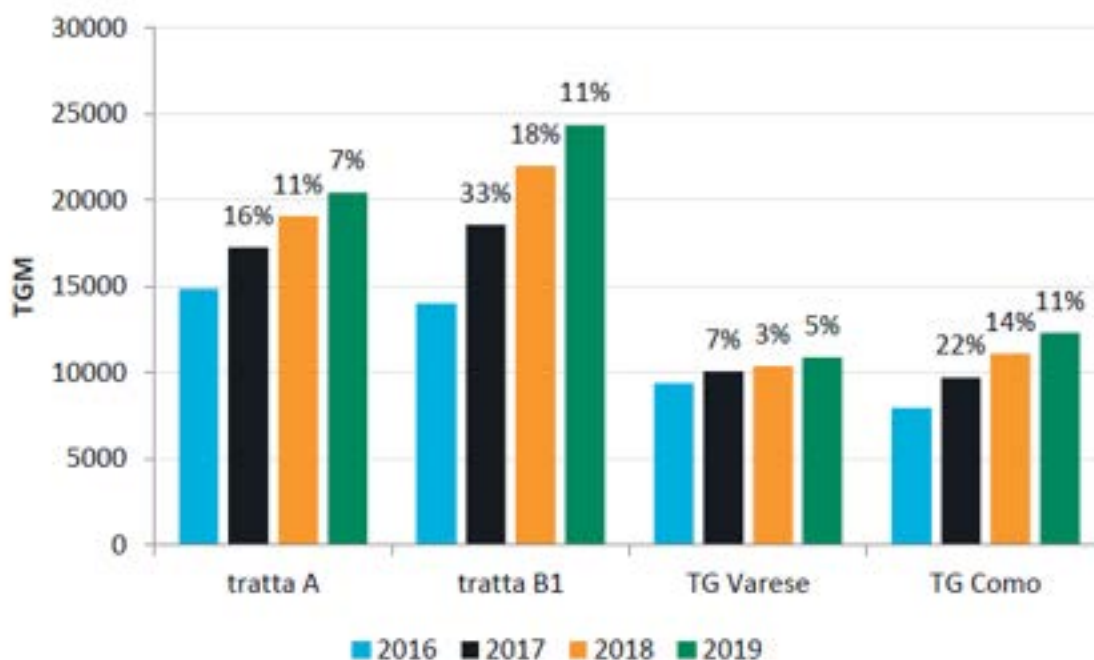
Nel 2019, i Veicoli-km sull'infrastruttura sono stati 286,8 milioni dei quali il 19% relativi ai mezzi pesanti. La Tratta più carica risulta la B1 con oltre 24.000 VTGM, seguita dalla tratta A con circa 20.000 VTGM mentre le Tangenziali di Como e Varese che hanno poco più di 10.000 VTGM.

La percentuale dei veicoli pesanti sulle varie tratte oscilla tra il 14% ed il 20%.

Tratta	VTGM				Veic_km		
	Leggeri	Pesanti	Totali	% Pesanti	Leggeri	Pesanti	Totali
A	16.582	3.886	20.468	19,0%	123,5	28,9	152,4
B1	19.460	4.927	24.387	20,2%	69,5	17,6	87,1
Tg. Como	10.630	1.699	12.328	13,8%	16,7	2,7	19,4
Tg. Varese	8.757	2.132	10.889	19,6%	22,5	5,5	27,9
Totale	15.318	3.607	18.925	19,1%	232,2	54,7	286,8

Nel 2019 si assiste ad una continua crescita del traffico sulle diverse tratte, con il tasso di crescita più significativo sulla tratta B1 che rispetto al 2016 è aumentata di circa il 74%. Le crescite rilevate nel 2019, evidenziano in generale valori inferiori rispetto all'anno precedente, ad indicazione che il periodo di *ramp-up* sembra essere in progressivo esaurimento.

La chiusura dell'aeroporto di Linate, avvenuta per 3 mesi da luglio a ottobre 2019, ha comportato uno spostamento dei voli sull'aeroporto di Malpensa e quindi un incremento di traffico sulla rete APL stimato in circa un +1,3% su base annua.



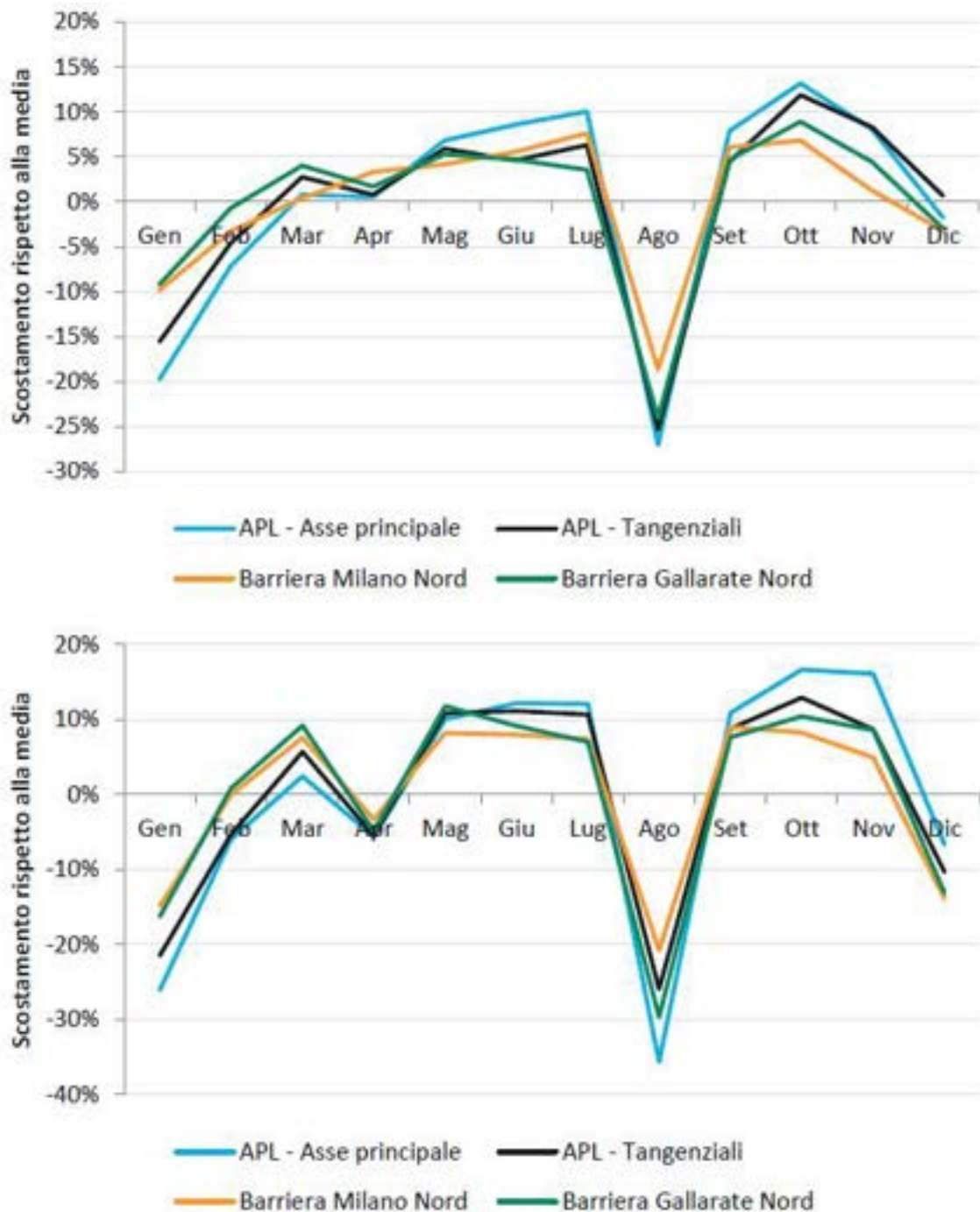
Rispetto a quanto osservato sulla rete storica dell'area di studio (A4, A8-A9) il traffico su APL è cresciuto con tassi di crescita molto superiori, tendenza questa che probabilmente continuerà anche nei prossimi anni una volta terminato l'impatto negativo del diffondersi dell'epidemia di COVID-19, anche in funzione del fatto che i volumi di traffico su APL sono ancora decisamente inferiori rispetto a quelli della rete storica.

L'andamento del traffico rilevato negli ultimi anni risulta significativo considerando che devono ancora entrare in esercizio le tratte più importanti della rete APL e cioè le Tratte B2, C e D che collegano i bacini di domanda della Brianza e di Bergamo oltre all'interconnessione con le principali direttrici Nord - Sud del territorio e cioè la SS35 Milano - Meda, che verrà sostituita dalla Tratta B2, la SS 36 dello Spluga, la A51 e l'autostrada A4 a Bergamo.

La stagionalità del traffico osservata sulla rete APL rispecchia quanto registrato nelle principali tratte autostradali storiche della zona (A8 e A9) con picchi fortemente negativi nel mese di agosto e nei mesi di gennaio e febbraio.

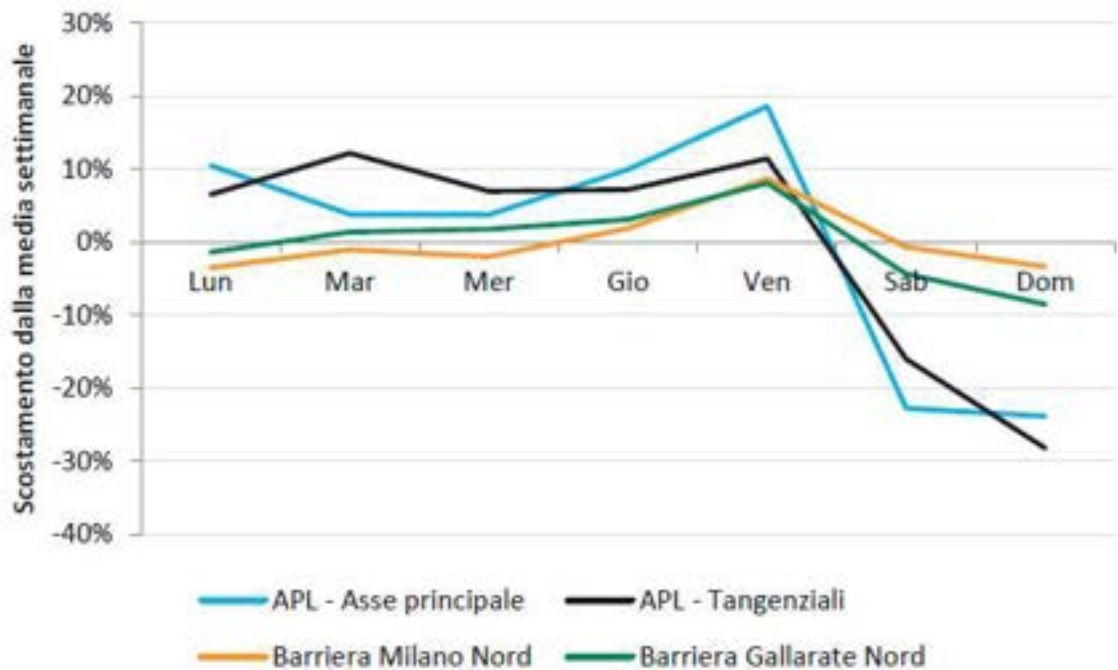
Il calo di traffico del mese di agosto è più marcato su APL (-30% sui Leggeri e -40% sui Pesanti) rispetto alla Barriera di Milano Nord dell'A8 che registra circa un -20% rispetto alla media annuale sia per i Leggeri che per i Pesanti.

La stagionalità osservata su APL è comunque confermata dal profilo mensile rilevato sulle tratte autostradali di nuova generazione, A58 TEEM e A35 Bre.Be.Mi., dove il calo legato ai mesi a minor domanda (agosto, gennaio e febbraio) è più marcato rispetto alla rete storica.

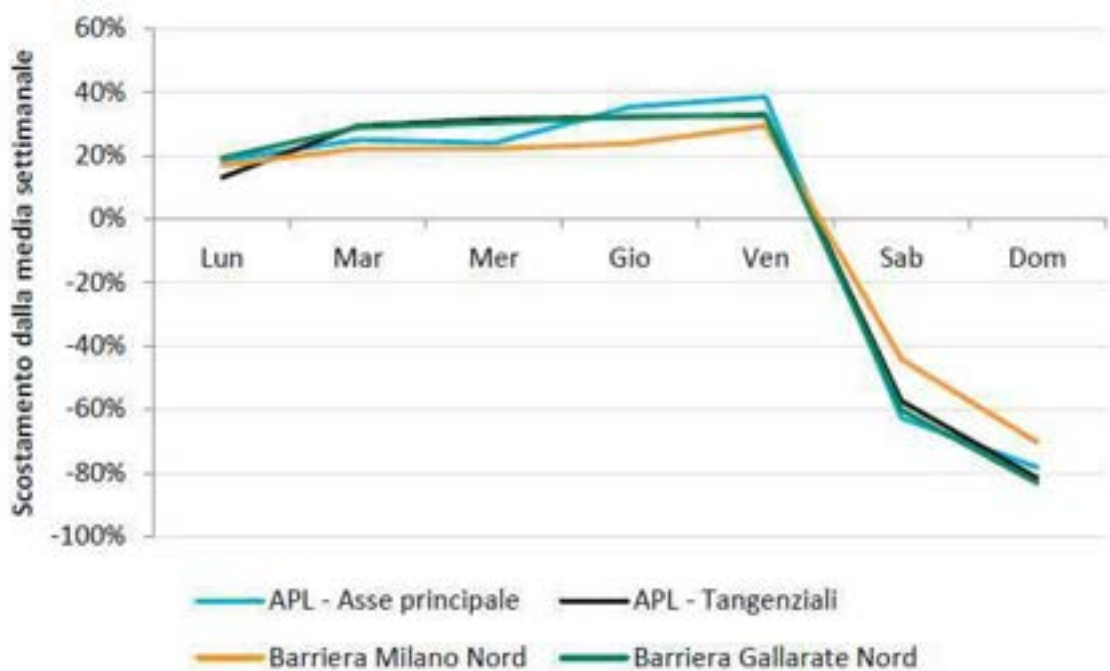


Il profilo della domanda di APL rispetto all'andamento sulla rete storica è confermato anche a livello di andamento settimanale. Durante i giorni lavorativi il traffico rimane pressoché costante, al netto di un picco positivo nella giornata di venerdì. Tuttavia, rispetto a riduzioni dell'ordine del -10% del traffico leggero del fine settimana rispetto al giorno feriale sulle tratte dell'A8 e A9, la rete APL evidenzia riduzioni ben più consistenti il sabato e la domenica, con decrementi che toccano quasi il 30% sui leggeri.

Tale distribuzione del traffico comporta che i volumi di traffico nel giorno feriale medio siano superiori rispetto al giorno medio annuo, per questo motivo negli scenari di previsione sono riportati entrambi i valori.



L'andamento dei veicoli pesanti non mostra differenze significative rispetto alle altre autostrade nell'area: il traffico durante i giorni feriali è pressoché costante, per poi ridursi drasticamente durante il fine settimana.



10.4.2 *Traffico autostradale nell'area di studio*

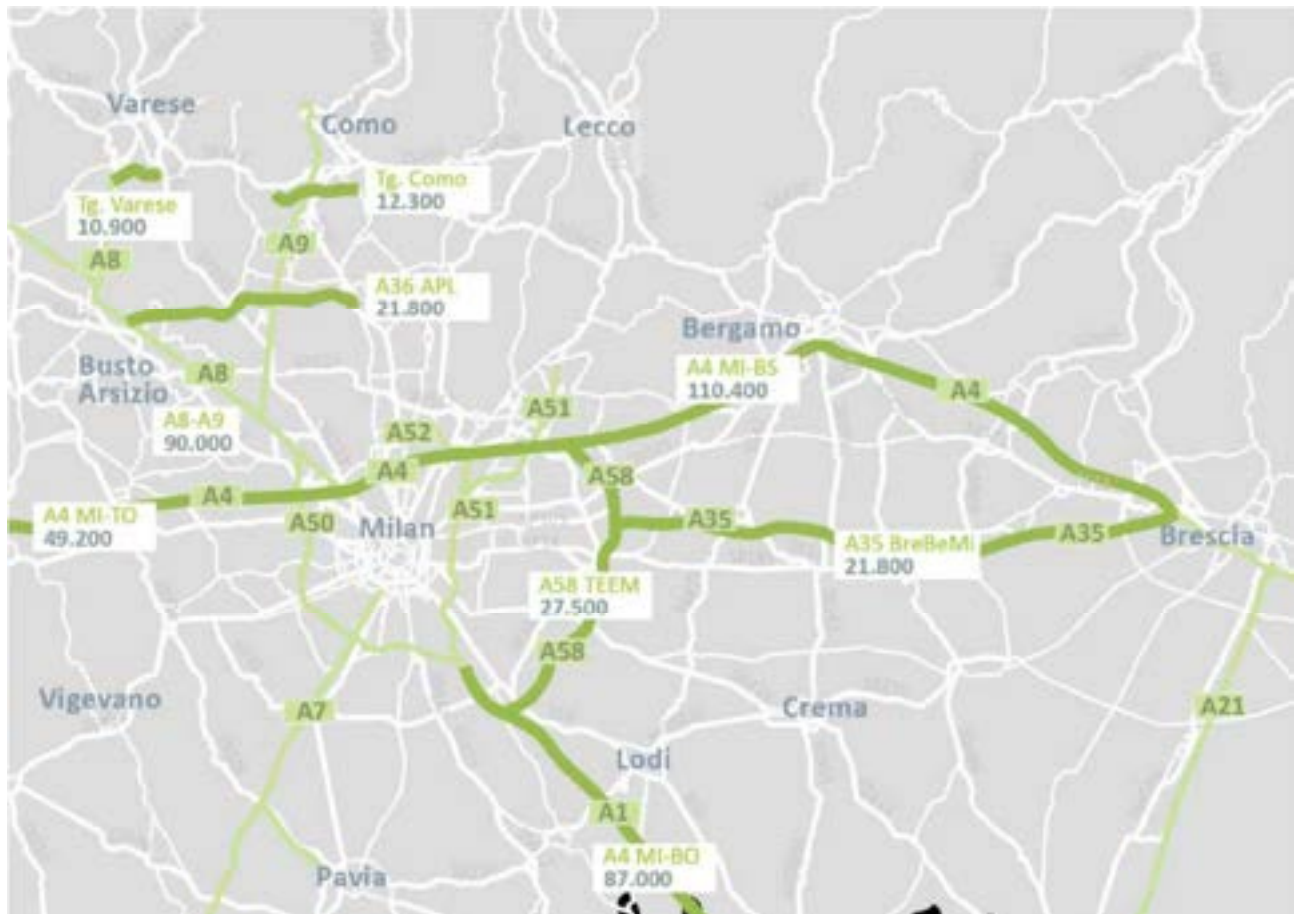
I 560 km di autostrada in Lombardia sono gestiti da 7 diverse concessionarie e rappresentano quasi il 10% dell'estesa dell'intera rete italiana. Oltre un terzo del traffico nazionale circola su questa porzione di rete, con il 25% del traffico costituito da veicoli pesanti.

Per avere un quadro esaustivo della mobilità autostradale nell'area di studio (individuando i profili giornalieri, settimanali e mensili del traffico), sono stati raccolti e analizzati i dati delle seguenti Società Concessionarie:

- ASPI S.p.A.: A4 Milano-Brescia, A8, A9, A1 Milano-Bologna;
- Milano Serravalle S.p.A.: A51 Tangenziale Est, A52;
- SATAP S.p.A.: A4 Milano-Torino;
- Bre.Be.Mi. S.p.A.: A35; e
- TE S.p.A.: A58 TEEM.

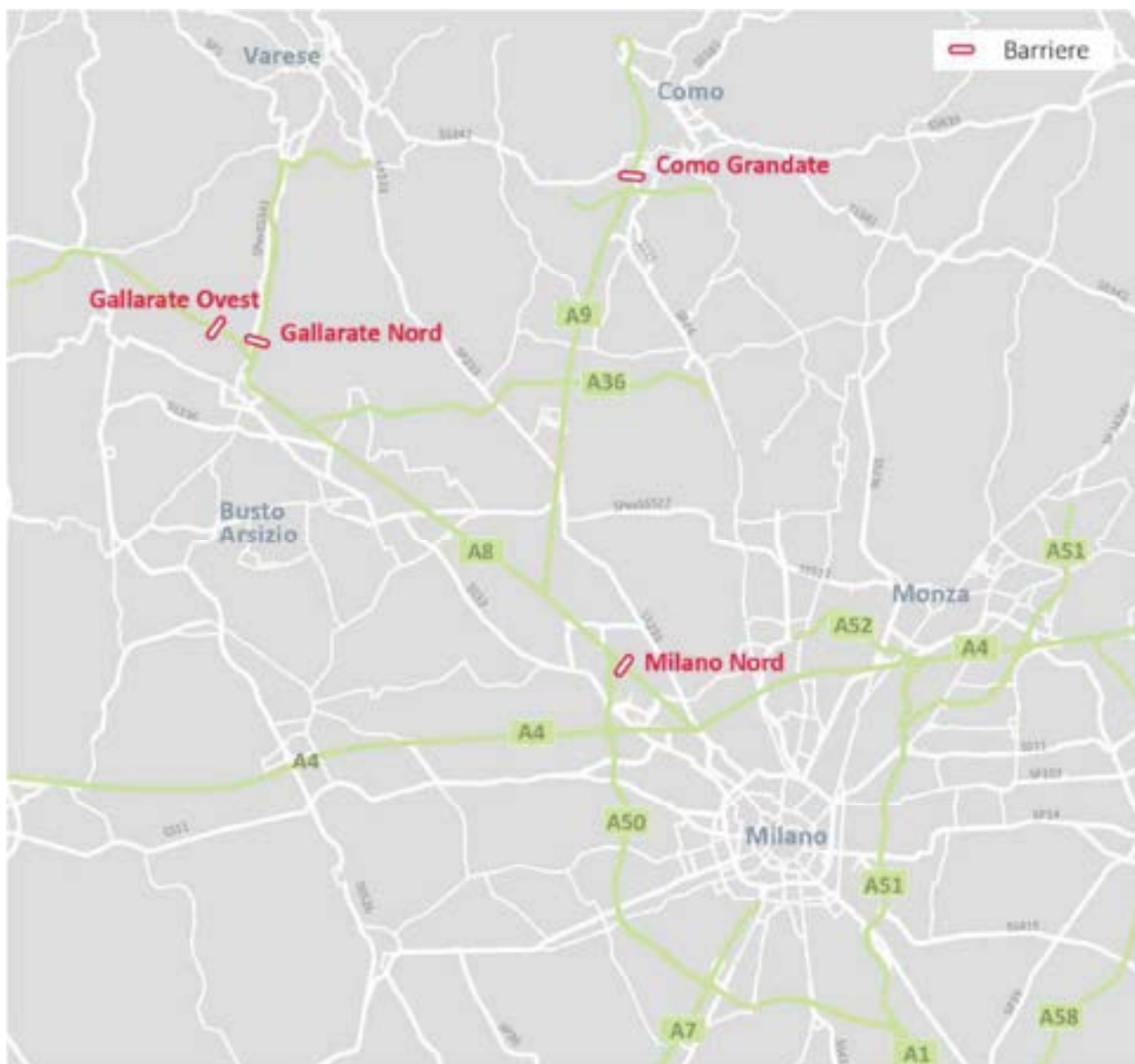
Nel 2018 il traffico giornaliero medio (TGM) sulla A4 tra Brescia e Milano è stato circa 110.000 veicoli, a fronte di oltre 86.000 sulla A1 Milano - Bologna. Il traffico su A4 raggiunge il suo massimo tra Agrate e la A51 Tangenziale Est, con quasi 148.000 veicoli. Ad ovest dell'A51, in corrispondenza della barriera A4 Milano Est, il traffico scende a circa 90.000. Da questa barriera ha inizio la sezione nord della A52, che corre parallelamente alla A4 tra Monza a Branzate, con un traffico giornaliero di circa 70.000 veicoli.

Il traffico sul lato ovest di Milano è in generale inferiore, con un valore medio sulla A4 Milano-Torino pari a 48.000 veicoli e circa 90.000 sull'autostrada A8-A9 con volumi maggiori di 110.000 sulla A8 (prima dell'interconnessione con la A9) e poi attorno ai 50.000 lungo la A9. Il traffico registrato sulle nuove autostrade A58 (TEEM) e A35 (Bre.Be.Mi.) è attualmente inferiore rispetto al traffico osservato sulla rete storica (A4 e A1), con AADT dell'ordine dei 20.000 veicoli sulla A35 e di 25.000 sulla A58. Occorre però evidenziare che la crescita del traffico su questi nuovi asset si sta mostrando significativamente più alto rispetto al resto della rete (nel 2018 il traffico sulla A58 è aumentato di circa il 10%).



Dai dati ASPI relativi alle barriere di Gallarate Ovest, Gallarate Nord, Milano Nord e Como-Grandate è stato possibile ricostruire il traffico attuale, i profili annuali, mensili e settimanali. Nel 2019 i transiti annuali maggiori sono stati registrati alla barriera di Milano Nord, con circa 39,1 milioni di veicoli leggeri e 5,4 milioni di veicoli pesanti. Le altre barriere mostrano valori inferiori ma tra loro paragonabili: con valori dei transiti leggeri compresi tra 13,1 e 15,1 milioni e dei transiti pesanti compresi tra 1,9 e 2,3 milioni.

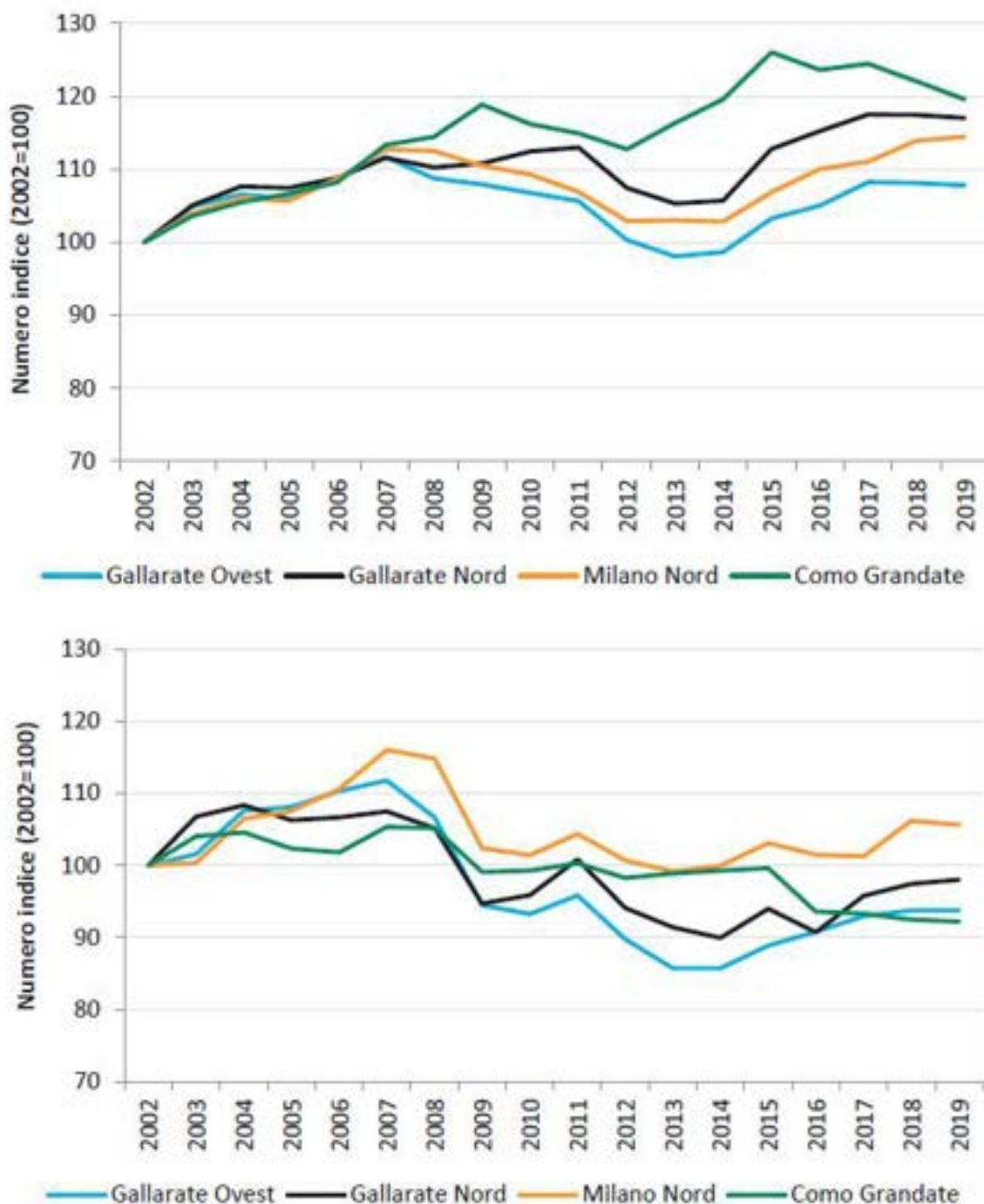
La componente di traffico autostradale che attualmente utilizza la A4 per spostarsi tra le zone a est di Bergamo e quelle servite dalle autostrade A8 e A9 è attualmente quantificabile in circa 18.000 VTGM.



L'andamento del traffico tra il 2002 ed il 2019 mostra una crescita complessiva dei veicoli leggeri inferiore all'1% annuo per Gallarate Ovest, Gallarate Nord e Milano Nord dovuta in parte allo spostamento dell'hub Alitalia da Milano Malpensa a Roma Fiumicino. Maggiore invece la crescita registrata su Como-Grandate che si attesta sull'1,1% annuo, grazie soprattutto al rilascio di capacità conseguente alla realizzazione della terza corsia nel 2012-2013. [Grafico 1]

Il traffico pesante evidenzia nel periodo 2002-2019 una decrescita complessiva dei veicoli pesanti per Gallarate Ovest, Gallarate Nord e Como Grandate, con percentuali comprese tra il -0,1% ed il -0,5%. Solamente Milano Nord mostra una variazione complessiva positiva nello stesso periodo, pari a 0,3%.

Negli anni compresi tra il 2008 ed il 2013, così come registrato su tutta la rete nazionale, si riscontrano variazioni negative a seguito della crisi economica. La crisi ha avuto effetti maggiori nel caso del traffico pesante con cali comprese tra il -4,3% (CAGR 2008-2013) a Gallarate Ovest e il -1,2% (CAGR 2008-2013) a Como Grandate. [Grafico 2]



I profili mensili e settimanali delle diverse barriere sono stati analizzati al fine di individuarne eventuali scostamenti tra le diverse barriere e direttrici di traffico.

10.4.3 *Traffico locale – Raccolta dati 2018*

Ad integrazione e aggiornamento della raccolta dati effettuata da Redas nel 2016 per conto dello Sponsor, si è proceduto ad una nuova campagna di rilevazione del traffico nell'area di studio.

I rilievi sono stati effettuati da Redas tra il 25 maggio ed il 7 giugno 2018 sulla rete stradale nell'area di studio, investigando le 11 localizzazioni riportate nella figura seguente. I rilievi sono stati effettuati in continuo per 7 giorni tramite l'utilizzo di radar e tubi pneumatici.



Il traffico rilevato sulla viabilità ordinaria conferma valori di traffico molto elevati sulla SS36, con oltre 100.000 veicoli leggeri dal lunedì al sabato ed un valore di poco inferiore la domenica; i veicoli pesanti si attestano sulle 21.000 unità nel giorno medio feriali.

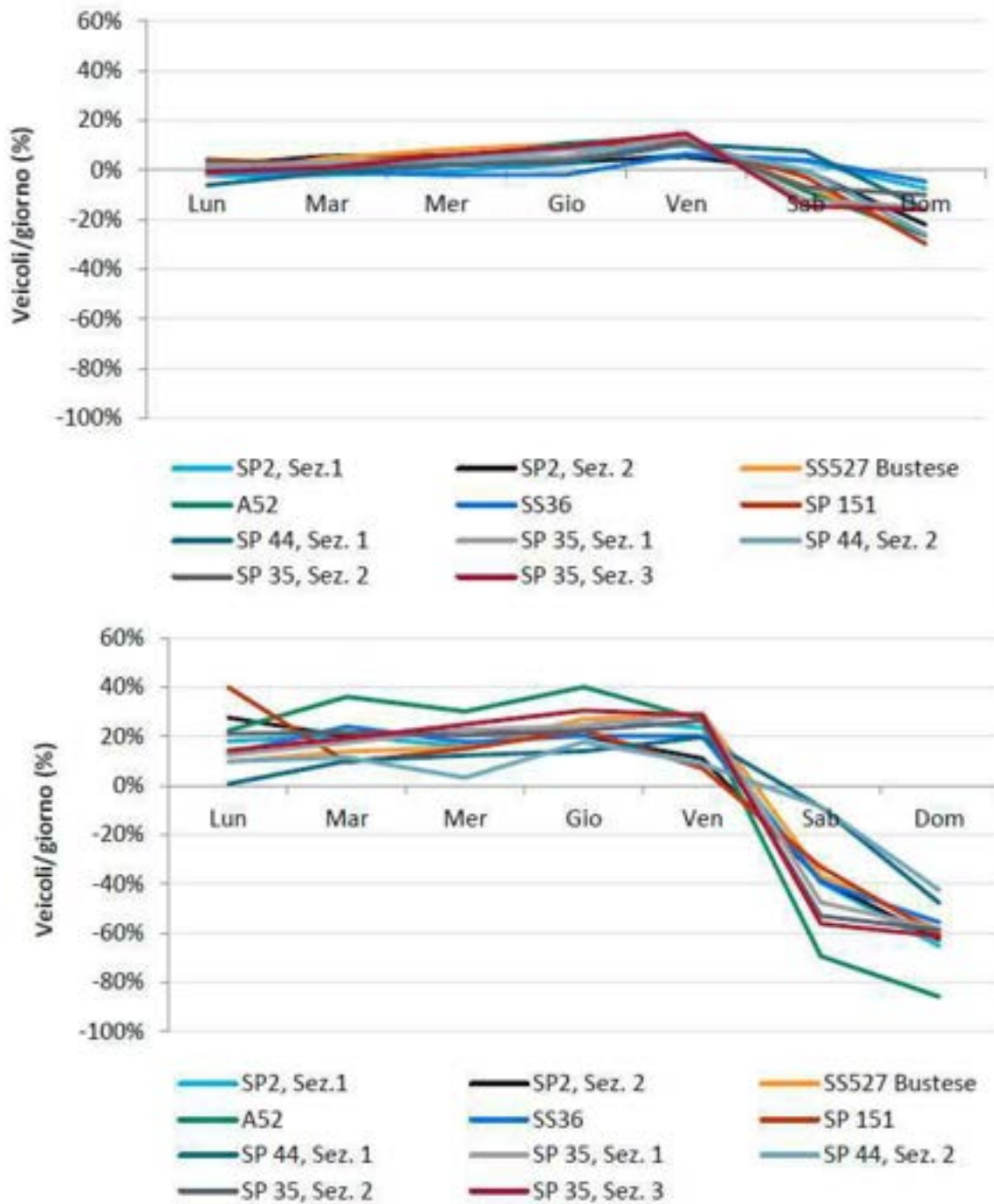
Altre due sezioni presentano volumi di traffico superiori ai 50mila transiti giornalieri: la A52 (con circa 74.000 leggeri e 13.000 pesanti nei giorni feriali) e la SP35 sez.1. (con poco meno di 60.000 leggeri e 17.000 pesanti nei giorni feriali). Nel fine settimana il traffico si riduce notevolmente rispetto al giorno feriali con decrementi del 25% circa il sabato e del 35% circa la domenica.

Le altre sezioni mostrano volumi totali feriali compresi tra i 10.000 (SP 151) ed i 43.000 (SP 35, Sez. 3). La quota di traffico pesante è complessivamente inferiore al 17%, con punte massime del 23% circa per le sezioni SP 35, Sez. 2 e 3, e minime del 6% circa alla sezione SS527 Bustese.

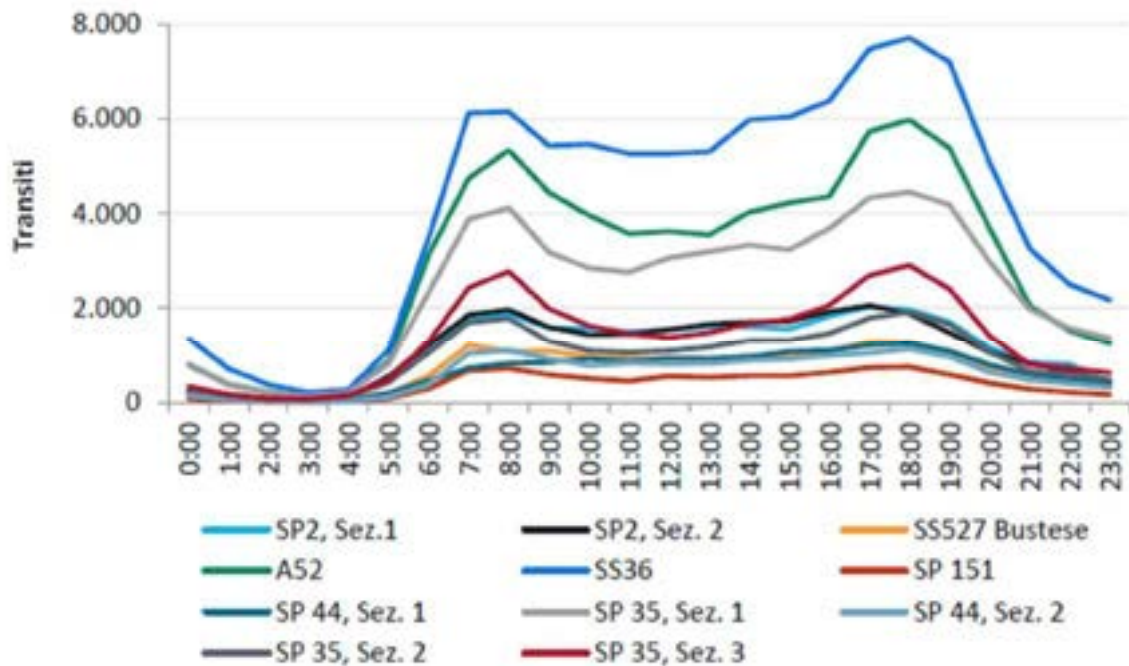
	VTGM Totali			% pesanti		
	Giorno medio feriale	Sabato	Domenica	Giorno medio feriale	Sabato	Domenica
SP2, Sez.1	30.016	29.601	26.081	7,8%	4,0%	2,6%
SP2, Sez. 2	29.676	27.287	21.152	7,8%	4,3%	3,4%
SS527 Bustese	17.633	15.132	11.820	6,2%	3,9%	3,2%
A52	87.507	66.557	52.486	15,2%	4,7%	2,7%
SS36	123.565	117.060	105.218	17,4%	9,4%	7,6%
SP 151	10.253	9.070	6.500	7,8%	5,0%	4,1%
SP 44, Sez. 1	19.611	19.951	14.987	17,6%	14,2%	10,8%
SP 44, Sez. 2	17.925	16.666	12.068	17,0%	15,2%	13,2%
SP 35, Sez. 1	76.963	57.391	54.067	22,5%	13,0%	11,0%
SP 35, Sez. 2	31.072	24.222	23.202	23,3%	11,4%	10,5%
SP 35, Sez. 3	42.767	30.054	29.182	22,8%	11,5%	10,5%

Il profilo settimanale dei veicoli leggeri evidenzia un andamento sufficientemente costante dal lunedì a giovedì (variazioni complessive inferiori al 5% rispetto al giorno medio settimanale), seguito dal picco settimanale del venerdì (+10% rispetto al giorno medio settimanale). Il sabato e la domenica il traffico diminuisce: -3,5% e -15,3% rispettivamente il sabato e la domenica. [Grafico 1]

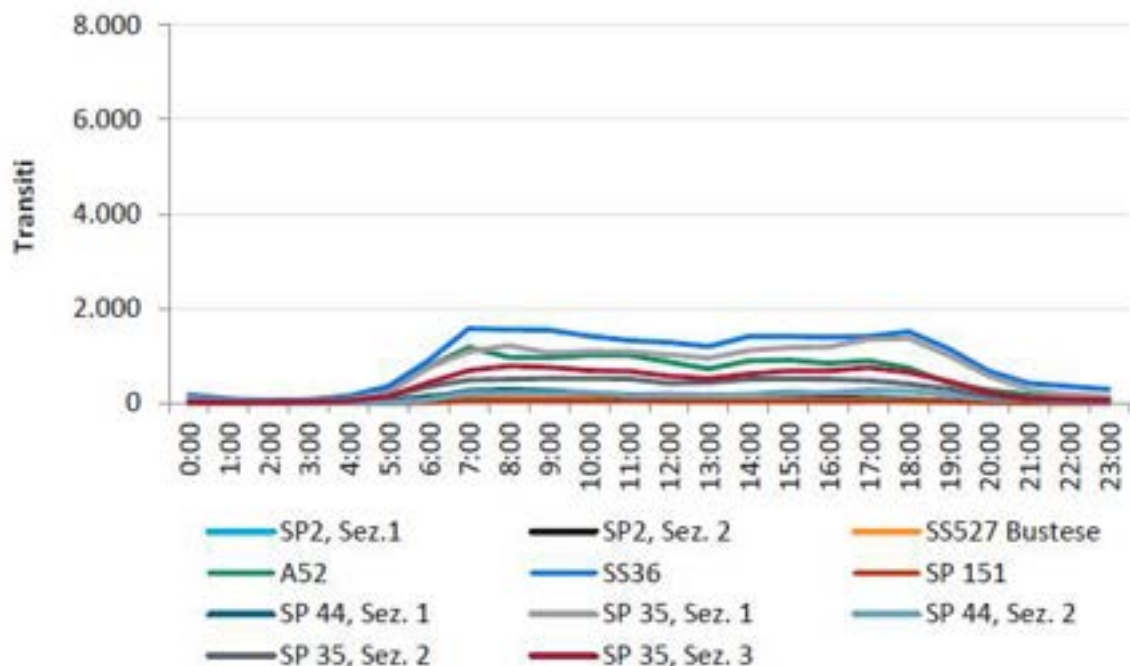
L'andamento dei veicoli pesanti è maggiormente differenziato tra il feriale ed il festivo. Nel periodo martedì-venerdì il traffico è costante (mediamente superiore del 23% rispetto alla media settimanale, con il giorno di maggior carico il giovedì (+25,4%). Il traffico cala drasticamente il sabato (-46% complessivo rispetto alla media settimanale) per poi crollare la domenica (-61% complessivo rispetto alla media settimanale). [Grafico 2]



L'andamento orario dei veicoli leggeri mostra i due classici picchi giornalieri, mattutino e serale. La punta mattutina si concentra, complessivamente, nella fascia oraria 8:00-9:00, con circa il 6,9% della mobilità giornaliera. La punta serale è leggermente più alta: pari al 7,8% del traffico giornaliero complessivo e si manifesta tra le 18:00 e le 19:00.



Il profilo orario dei veicoli pesanti mostra punte giornaliere meno differenziata tra loro se confrontate con quelle dei leggeri. Complessivamente, la punta mattutina si concentra sempre nella fascia oraria 8:00-9:00, con circa il 7,4% della mobilità giornaliera. La punta serale è leggermente più bassa: pari al 7,0% del traffico giornaliero complessivo e si manifesta nell'ora precedente rispetto al traffico leggero, tra le 17:00 e le 18:00.



10.5 CRESCITA DELLA DOMANDA DI MOBILITA'

10.5.1 Il modello econometrico

Le previsioni di crescita della domanda di mobilità nell'area di studio sono state sviluppate utilizzando un modello econometrico che correla la domanda di trasporto e gli indicatori socioeconomici dell'area.

I modelli econometrici di stima del traffico dei veicoli leggeri e pesanti sono stati costruiti sulla base di dataset longitudinali (chiamati anche dataset panel), ovvero serie di dati in cui i valori assunti dalla variabile dipendente si riferiscono a 5 unità statistiche (A8 dir-Gallarate Ovest, A8 Gallarate Nord e Milano Nord, A9 Como Grandate, A4 Milano-Brescia) e sono osservati nella loro evoluzione temporale lungo il periodo 2002-2019. I dataset panel sono quindi serie storiche di banche dati cros-sezionali.

L'utilizzo di dati panel ha ricadute positive sull'accuratezza del modello econometrico: in primo luogo, permette di estendere le dimensioni del dataset e lavorare su un numero maggiore di osservazioni, presupposto che ha di norma un impatto positivo sulla bontà della stima. In secondo luogo, l'utilizzo di dati panel permette al modello econometrico di tenere in considerazione la presenza di eterogeneità tra le unità statistiche, ovvero di controllare effetti che caratterizzano in maniera specifica le diverse unità statistiche (in questo caso le cinque barriere/autostrade) e che sono invarianti nel tempo (effetti fissi).

Variabili dipendenti	Variabili indipendenti	Fonte	Regressore	Arco temporale
Traffico veicoli leggeri VTGM Serie annuale In logaritmi	Consumi per famiglia Serie annuale In termini reali	Istat	Modello Effetti fissi 5 unità statistiche (A8dir-Gallarate Ovest, A8 Gallarate, Gallarate Nord e Milano Nord, A9 Como Grandate, A4 Milano-Brescia)	2002-2019
	Popolazione, Lombardia Serie annuale	Demo-Istat		
	Prezzo del carburante Serie annuale In termini reali	Istat		
Traffico veicoli pesanti VTGM Serie annuale In logaritmi	PIL Serie annuale In termini reali	Istat	Modello Effetti fissi 5 unità statistiche (A8dir-Gallarate Ovest, A8 Gallarate, Gallarate Nord e Milano Nord, A9 Como Grandate, A4 Milano-Brescia)	2002-2019
	Prezzo del carburante Serie annuale In termini reali	Istat		

10.5.2 Ipotesi di crescita macro economica

Le ipotesi assunte alla base dei modelli econometrici per stimare l'evoluzione della domanda di trasporto sono riportate di seguito e fanno riferimenti alle principali e più recenti fonti disponibili.

In particolare, l'evoluzione del PIL e dei consumi deriva dalle pubblicazioni del Consensus Forecasts che raccoglie le previsioni dei principali enti governativi, bancari e finanziari, fornendo mensilmente previsioni a breve termine (2 anni) e semestralmente (aprile ed ottobre) previsioni di lungo termine.

Variabile	Fonte	Periodo
PIL	Consensus Economics, Ottobre e Dicembre 2019	2019-2028
Consumi	Consensus Economics, Ottobre e Dicembre 2019	2019-2028
Popolazione Lombardia	Istat	2019-2055
Prezzo del carburante	EIA, Gennaio 2018	2019-2055

Dopo il 2028, ultimo anno in cui sono disponibili previsioni ufficiali, si ipotizzano tassi di crescita via via decrescenti per tutte le variabili.

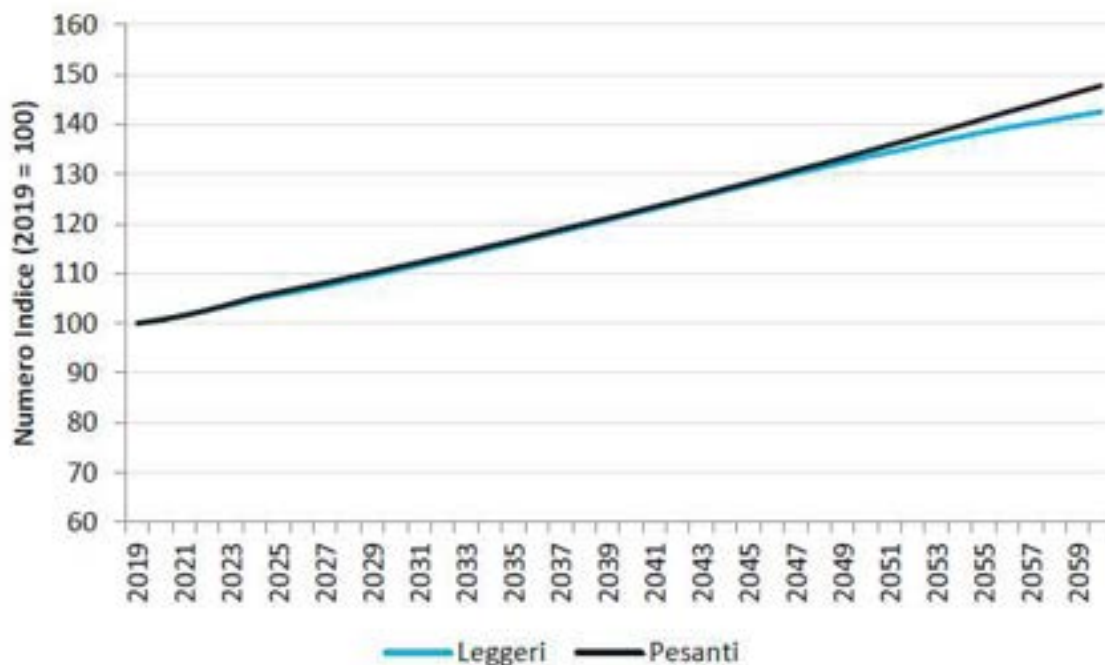
Anno	PIL	Consumi	Popolazione, Lombardia	Prezzo Carburante
2019	0,1%	0,4%	0,2%	-0,6%
2020	0,4%	0,5%	0,2%	4,8%
2021	0,6%	0,5%	0,2%	0,5%
2022	0,7%	0,7%	0,2%	-0,3%
2023	0,8%	0,7%	0,2%	1,2%
2024	0,8%	0,8%	0,2%	1,7%
2025	0,6%	0,6%	0,2%	1,3%
2026	0,6%	0,6%	0,3%	0,8%
2027	0,6%	0,6%	0,3%	2,4%
2028-2035	0,6%	0,6%	0,3%	1,0%
2036-2045	0,6%	0,6%	0,3%	0,4%
2046-2056	0,6%	0,6%	0,1%	0,0%

10.5.3 *Output del modello econometrico di crescita*

Le crescite medie annue dei veicoli leggeri e pesanti ottenute con i modelli econometrici sono state applicate alle matrici O/D per stimare la crescita della domanda di mobilità negli orizzonti temporali futuri (2025, 2030 e 2035).

Complessivamente i veicoli pesanti tendono a crescere di più rispetto al traffico leggero, soprattutto nel lungo termine.

Le crescite nel periodo 2019-2025 sono mediamente dell'1% annuo sia per i veicoli leggeri che per i veicoli pesanti, in linea con l'evoluzione piuttosto conservativa prevista per gli indicatori socioeconomici. Si ipotizzano quindi nel lungo termine tassi di crescita allineati con quelli del breve termine.



Periodo	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti
2020	0,8%	0,6%
2021	0,8%	0,9%
2022	1,0%	1,1%
2023	1,0%	1,2%
2024	1,1%	1,2%
2025	0,9%	0,9%
2026	0,9%	0,9%
2027	0,9%	0,9%
2028	0,9%	0,9%
2029	0,9%	0,9%
2030	1,0%	0,9%
2031	0,9%	0,9%
2032	1,0%	0,9%
2033	1,0%	0,9%
2034	1,0%	0,9%
2035	1,0%	0,9%

10.6 IL MODELLO DI RETE

La stima della domanda futura sulla rete gestita da APL è stata effettuata combinando un'analisi dell'evoluzione della domanda sulle tratte già in esercizio con le previsioni di traffico relative all'apertura delle nuove tratte B2, C e D. Per la stima della domanda sulle nuove tratte è stato implementato un modello di simulazione del traffico privato sull'intera area di studio.

Il modello di simulazione del traffico è uno strumento che permette di riprodurre, allo stato di fatto e negli scenari di previsione futuri, i flussi di traffico sugli assi stradali nel territorio considerato.

Per simulare gli effetti dell'infrastruttura sul sistema viario dell'area di studio e stimare i flussi che percorreranno l'autostrada negli anni futuri, è stato implementato un modello di simulazione utilizzando il software Visum (Ptv AG, Karlsruhe).

L'obiettivo del modello di simulazione del traffico è quello di riprodurre il traffico dell'ora di punta del giorno feriale medio di maggio 2018 e predisporre degli scenari infrastrutturali futuri con orizzonte temporale 2025 (apertura tratte B2 e C), 2030 (completamento del collegamento) e 2035 (scenario di lungo termine).

10.6.1 *Struttura del modello di traffico*

Il modello di traffico implementato con il software Visum che incorpora:

- Un modello di domanda, che consente la schematizzazione della domanda di mobilità su base territoriale;
- Un modello di offerta, che permette di rappresentare la rete di trasporto e le sue caratteristiche prestazionali;
- Un modello di assegnazione, che simula gli equilibri tra domanda di mobilità e offerta di trasporto fornendo una configurazione dei flussi sugli elementi di rete.

La domanda di mobilità è schematizzata nella forma di matrici Origine-Destinazione (O/D) con riferimento alla suddivisione in Zone dell'area di studio. L'offerta stradale è schematizzata nella forma di grafo di rete composto da una successione di archi che vengono descritti in base alle loro caratteristiche fisiche, geometriche e funzionali.

L'assegnazione di rete consiste nel calcolo dell'equilibrio che si instaura tra domanda ed offerta. Tenendo conto delle prestazioni di ciascun elemento del sistema di offerta, il modello individua i possibili itinerari e la relativa probabilità di utilizzazione, definendo di conseguenza una configurazione dei flussi sulla rete.

La procedura utilizzata è l'assegnazione di equilibrio deterministico. Si tratta di un processo iterativo che mira ad ottenere l'equilibrio sulla rete, come enunciato nel principio di Wardrop: "in condizioni di equilibrio il traffico si distribuisce in modo tale che nessun utente possa ridurre il costo dello spostamento cambiando percorso".

Per costo generalizzato dello spostamento si intende la lunghezza dell'itinerario con gli eventuali costi monetari connessi ed il tempo di viaggio. I primi due parametri dipendono esclusivamente dalle caratteristiche fisiche della rete stradale, mentre il tempo di viaggio è influenzato dai flussi di veicoli che utilizzano gli archi. A rete scarica il tempo di percorrenza è unicamente funzione della velocità massima consentita dai limiti di circolazione, mentre in presenza di altri autoveicoli la velocità è inferiore e dipende dal livello di congestione.

La procedura di assegnazione, che presuppone che tutti gli utenti siano perfettamente a conoscenza dello stato della rete e che tutti ne abbiano la stessa percezione, è basata su un algoritmo per la ricerca degli itinerari ottimi.

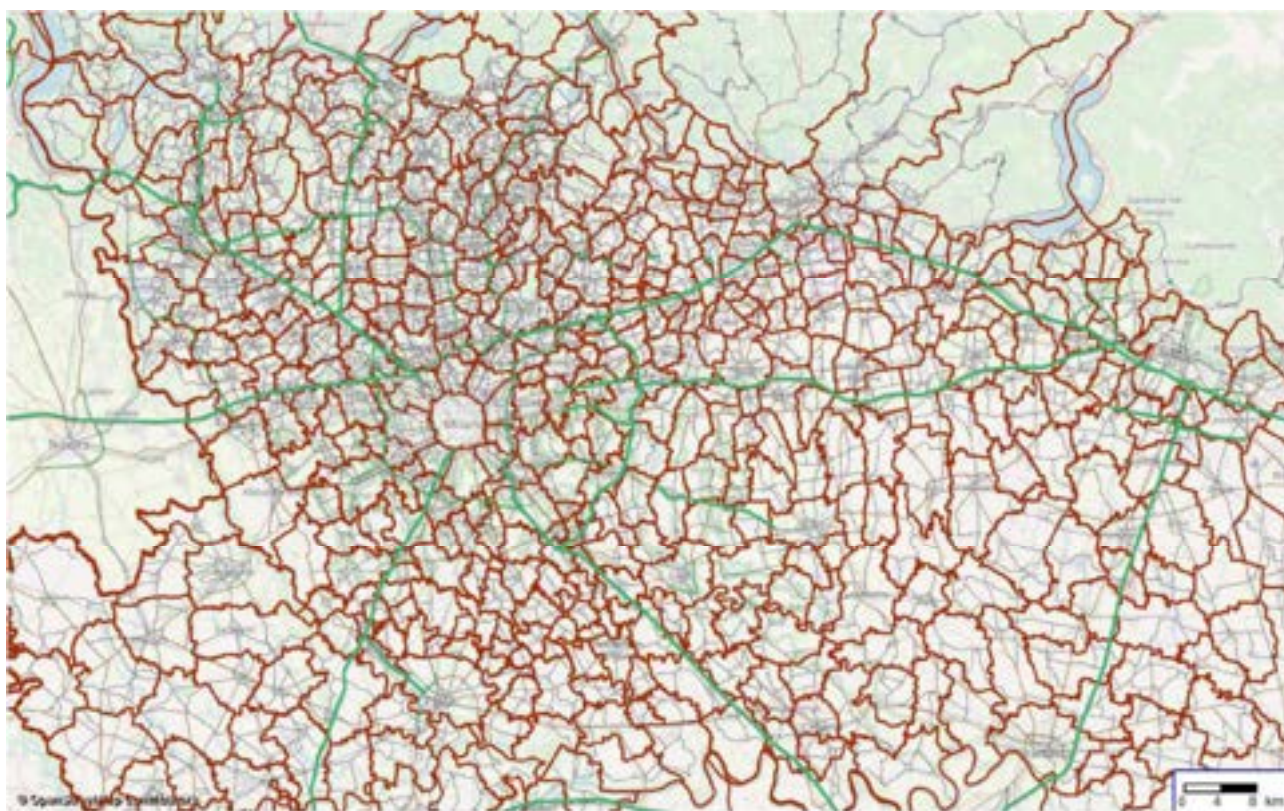
Per simulare la domanda di trasporto sulla rete si è discretizzata l'area di studio in zone di traffico, assumendo che la mobilità rilevante si manifesti solo fra tali zone. Le zone sono quanto più omogenee tra loro dal punto di vista dimensionale e socioeconomico, secondo criteri legati al tipo di analisi da effettuare, alla grandezza dell'area e alla reperibilità dei dati.

Il livello di dettaglio della zonizzazione dipende dalla vicinanza all'infrastruttura oggetto di studio, ed è ovviamente superiore in prossimità di quest'ultima.

Complessivamente l'area di studio è stata suddivisa in 564 zone di traffico, come mostrato nelle figure seguenti.

Le zone sono rappresentate da i nodi centroidi, dai quali gli spostamenti veicolari della zona associata sono originati ed attratti. I centroidi sono collegati alla rete stradale mediante degli archi fittizi detti connettori. La rete stradale è rappresentata da archi stradali tra i connettori dei centroidi. Il modello APL è composto da 564 zone, oltre 32.000 archi e quasi 11.000 nodi. Le caratteristiche degli archi stradali sono state aggiornate grazie alle informazioni raccolte durante il sopralluogo, alla conoscenza del territorio e alle informazioni fornite da Google Map.

I connettori dei centroidi sono stati connessi alla rete stradale in nodo da garantire un caricamento realistico della rete: cercando di evitare il taglio dei link stradali e di connettere le diverse zone a distinti archi stradali, così da assicurare che tutti i viaggi tra zone adiacenti siano effettivamente caricati sulla rete. Infine, i connettori sono sempre caricati in punti lontani dalle sezioni di rilievo, per evitare inconsistenze tra i flussi osservati e quelli modellizzati.



La domanda di trasporto è l'espressione delle esigenze di mobilità e dei comportamenti degli utenti del servizio. È espressa come numero di spostamenti da ciascuna zona di origine ad ogni zona di destinazione in un intervallo di tempo e viene rappresentata come una matrice detta Matrice Origine/Destinazione in relazione alla zonizzazione territoriale adottata.

Le matrici implementate nel modello sono state calibrate utilizzando i conteggi di traffico ed i dati Origine-Destinazione raccolti nell'area di studio tra il 2016 e il 2018. Per la calibrazione i dati più vecchi sono stati aggiornati all'anno 2018 applicando fattori di crescita stimati sulla base delle osservazioni di traffico disponibili.

Sono stati inoltre utilizzati per la calibrazione i tempi di viaggio rilevati durante il sopralluogo e le stime di tempi di viaggio fornite da Google Maps.

Le matrici di domanda sono distinte in base alla classe di utenza, ed in particolare:

- Veicoli leggeri: lunghezza del mezzo inferiore o uguale a 5,0 m;
- Veicoli pesanti: lunghezza del mezzo superiore a 5,0 m.

I veicoli leggeri sono stati ulteriormente disaggregati in 5 classi di utenti in base a parametri comportamentali quali il livello di reddito, la quota di pendolari e la durata del viaggio.

Classificazione autostradale	Descrizione	Classificazione modello di traffico Steer
A	Veicoli leggeri	Veicoli leggeri (LV)
B	Veicoli pesanti a 2 assi	Veicoli pesanti (HV)
3	Veicoli pesanti a 3 assi	
4	Veicoli pesanti a 4 assi	
5	Veicoli pesanti a 5 o più assi	

Le matrici calibrate sono relative all'ora di punta del giorno ferialo medio di maggio 2018. Sulla base dei dati rilevati sulle rete autostradale nel 2019 è stato poi verificato che il modello riproducesse correttamente i volumi di traffico osservati.

Il sistema dell'offerta di trasporto è costituito da quelle componenti fisiche (infrastrutture, veicoli, tecnologie), organizzative e normative (gestione della circolazione, strutture tariffarie) che determinano la produzione del servizio di trasporto e le relative caratteristiche. La rete stradale descritta nel grafo del modello di simulazione è schematizzata come successione di archi che vengono descritti in base alle loro caratteristiche fisico - geometriche.

Ogni arco della rete stradale è stato descritto secondo le caratteristiche geometriche della strada, specificando la tipologia, il numero di corsie, la lunghezza, la capacità di trasporto e la velocità di deflusso a rete scarica.

Per capacità di un sistema di trasporto si intende il flusso massimo che può circolare su una tratta dell'infrastruttura durante un intervallo di tempo fissato, tenendo conto delle caratteristiche geometriche della strada e delle condizioni di circolazione.

Nel grafo del modello di trasporto è stata inserita la viabilità principale relativamente all'area di studio. In particolare, sono state descritte le autostrade, le superstrade, le strade statali, le strade provinciali e le principali strade di interesse per la valutazione trasportistica della nuova infrastruttura. Complessivamente la rete conta oltre 32.000 archi e quasi 11.000 nodi.



Il software Visum utilizza specifici algoritmi per calcolare i volumi di traffico sui singoli archi della rete stradale che permettono di simulare il comportamento degli automobilisti che sono portati a scegliere l'itinerario del viaggio minimizzando il costo generalizzato del trasporto, ovvero, la lunghezza dell'itinerario e gli eventuali costi monetari ed il tempo di viaggio; mentre i primi due parametri dipendono esclusivamente dalle caratteristiche fisiche della rete stradale, il tempo di viaggio è invece influenzato dai flussi di traffico che occupano gli archi.

La procedura di assegnazione è basata su un algoritmo per la ricerca degli itinerari ottimi. Ogni itinerario viene calcolato minimizzando una funzione di costo che sinteticamente può essere espressa dalla formula:

$$Costo_{gen.} = Tempo * Fatt_{tempo} + Costo_i * Fatt_{Costoi} + \dots + Costo_n * Fatt_{Coston}$$

A rete scarica il tempo di percorrenza è unicamente funzione della velocità massima consentita dai limiti di circolazione, mentre in presenza di altri autoveicoli la velocità è inferiore e dipende dal livello di congestione.

Il tempo di percorrenza con un dato flusso di veicoli viene dunque determinato con una funzione detta curva di deflusso o “*capacity restraint*” (funzione CR), che descrive la relazione tra flusso e capacità di una strada. Le formule utilizzate da Visum sono note come funzioni HCM (dal manuale “*Highway Capacity Manual*”).

Il flusso del traffico presente sulla rete viene calcolato con la seguente funzione:

$$q = \sum_{i=1}^{NumSist} q_i + q_{precarico}$$

Dove

- q_i rappresenta il flusso di ogni sistema “i” di trasporto,
- $q_{precarico}$ rappresenta il volume preliminare e rappresentativo di una mobilità non riportata direttamente nella matrice O/D.

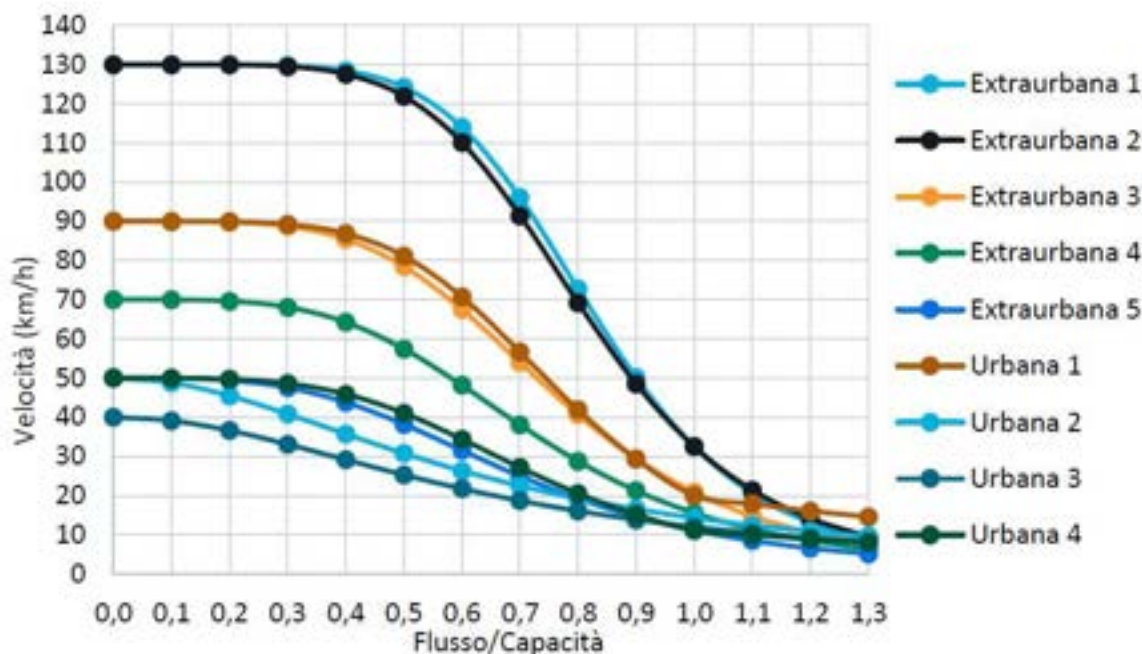
Il tempo di percorrenza viene calcolato per ogni arco con la formula seguente:

$$t_{corr} = t_0 \left(1 + a \left(\frac{q}{q_{max} c} \right)^b \right)$$

Dove

- t_{cor} è il tempo calcolato durante la simulazione;
- t_0 è il tempo di percorrenza a rete scarica;
- q_{max} è la capacità dell’arco stradale;
- a, b, c , sono parametri caratteristici che variano con la tipologia degli archi.

Le curve del deflusso assunte sulle principali strade ed autostrade sono state calibrate in coerenza con la combinazione dei tempi di percorrenza e dei volumi di traffico osservati nell’area del progetto, come riportate nella figura e nella tabella seguente.



	Extraurbana					Urbana			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Applicata a:	Autostrade con 2 o più corsie di marcia per direzione	Autostrada A4 (MI-BS) con 2 o più corsie di marcia per direzione	Strade con 2 o più corsie di marcia per direzione	Strade con 1 corsia di marcia per direzione	Strade con 1 corsia di marcia per direzione	Autostrada urbana (A4 e A51) con 3 corsie di marcia per direzione	Strade con 1 o 2 corsie di marcia per direzione	Strade con 1 corsia di marcia per direzione	Strade con 1 corsia di marcia per direzione
Velocità a flusso libero	130	130	90	70	50	90	50	40	50
a	3,00	3,00	3,32	3,50	3,50	3,50	2,50	2,33	3,50
b	6,00	5,50	4,50	4,00	3,50	5,00	2,00	2,00	4,00

La procedura di calcolo utilizzata è quella detta “assegnazione all’equilibrio”: questa contempla una prima assegnazione incrementale, in modo che il numero di veicoli presenti sulla rete aumenti gradualmente e di conseguenza l’impedenza di ogni tratto di strada possa variare gradualmente in funzione del flusso. In seguito, vengono effettuate diverse iterazioni per ricercare i percorsi con impedenza inferiore e quindi bilanciare i flussi sui nuovi itinerari.

Questa procedura è coerente con il Primo Principio di Wardrop e sottintende l'ipotesi che gli utenti conoscano perfettamente lo stato del traffico sulla rete e decidano di conseguenza l'itinerario migliore.

10.6.2 *Valore del tempo (VOT)*

Il Valore del Tempo (VOT) è il parametro utilizzato a livello modellistico per valutare la disponibilità a pagare per un determinato risparmio di tempo offerto da una nuova infrastruttura a pedaggio. Tale parametro è differente per tipologia di utenza e per motivo di spostamento.

Il VOT utilizzato nel modello è stato ricavato applicando una metodologia di calcolo consolidata che si fonda su specifiche relazioni tra VOT ed altri indicatori economici stimati dalla letteratura di riferimento.

In base alle informazioni disponibili la domanda è stata suddivisa in diverse classi di utenza in funzione del reddito e del motivo di spostamento:

- Veicoli leggeri:
 - Affari/Lavoro
 - Reddito alto
 - Reddito medio-alto
 - Reddito medio
 - Reddito basso

- Veicoli Pesanti.

Il calcolo del VOT riferito ai viaggi effettuati per motivi d'affari e lavoro si basa sul presupposto che qualsiasi perdita di tempo lavorativo generi una perdita nella produzione di beni e servizi, perdita il cui valore può essere approssimato dal costo del lavoro. In questo caso, dunque, il valore del tempo è pari al salario medio lordo più eventuali costi aggiuntivi che sono stati posti pari al 15% del salario medio lordo.

Per le altre categorie di utenza con diversi motivi di spostamento, il VOT può essere stimato sulla base dei redditi medi orari. I salari medi lordi orari sono invece stati utilizzati come proxy dei redditi medi orari, per i quali non si dispone di informazioni puntuali.

I dati relativi ai salari medi lordi sono stati calcolati utilizzando i Conti Economici Regionali (Lombardia) Istat che forniscono i dati sui redditi interni le unità di lavoratori dipendenti (valori lordi annuali) suddivisi per attività economiche.

Il valore medio ponderato del VOT/individuale sulla base delle percentuali delle diverse segmentazioni della domanda Auto risulta pari a 19,3 €/ora.

Questi valori sono leggermente superiori ai VOT applicati generalmente alle autostrade del Nord Italia, ciò è dovuto al reddito più elevato rilevato nell'area di studio.

La stessa metodologia è stata applicata a numerosi studi di traffico relativi ad autostrade del Nord Italia, incluso lo studio allegato alla documentazione per l'emissione del Project Bond per il Passante di Mestre, approvato dalla Banca Europea per gli Investimenti.

Motivo spostamento	% classe	VOT (€2018/h)
Affari/Lavoro	10%	29,9
Reddito alto	18%	25,7
Reddito medio	37%	19,3
Reddito medio/basso	14%	16,2
Reddito basso	21%	10,7
Media veicoli leggeri		19,3

Sulla base di una consolidata correlazione tra VOT e Consumi a livello sia nazionale che internazionale, i valori relativi all'anno base sono stati poi incrementati, con un aumento pari all'80% di crescita dei consumi.

Per applicare i VOT alle diverse classi di veicoli leggeri è stata effettuata un'ulteriore differenziazione della domanda sulla base della distanza di spostamento, individuando due classi:

- Spostamenti maggiori di 80 km, pari al 2,8% del totale;
- Spostamenti inferiori a 80 km, pari al 97,2% del totale.

Alla classe di spostamento maggiore di 80 km è stato associato il valore più alto del VOT, pari a 29,9 €/h (equivalente a spostamenti per affari e lavoro).

La classe di spostamenti inferiori a 80 km è stata invece segmentata nelle quattro classi di reddito, come riportato nella tabella seguente.

Motivo spostamento	% classe	VOT (€2018/h)
Reddito alto	20%	25,7
Reddito medio	41%	19,3
Reddito medio/basso	16%	16,2
Reddito basso	23%	10,7
Media (distanza < 80 km)	100%	18,1

Il Valore del Tempo assunto per i mezzi pesanti si basa sulla stima del valore del tempo assegnata alle merci dallo studio europeo HEATCO (2005 e successivi aggiornamenti), che individua un valore medio di circa 4,81€/ton/km all'ora per i veicoli pesanti (attualizzato).

Applicando tale valore al carico medio trasportato dalle diverse categorie di veicoli pesanti che transitano nell'area di interesse e tenendo conto del diverso peso delle classi di veicoli pesanti sul traffico merci complessivo, è stato stimato un valore del tempo medio orario dei veicoli pesanti nell'area di studio pari a 32,9 €/ora.

Anche per i veicoli pesanti, sulla base della correlazione tra VOT e PIL, si è inoltre ipotizzato un aumento del VOT per tutte le classi veicolari pari all'80% di crescita del PIL negli anni di previsione.

Per stimare i costi operativi dei veicoli, sono stati utilizzati gli attuali prezzi della benzina per auto e del diesel per i mezzi pesanti. Il prezzo medio del carburante è stato successivamente diviso per un consumo medio in base alla tipologia veicolare.

Sono stati assunti i seguenti valori, rispettivamente per auto e veicoli pesanti:

- Veicoli leggeri: 0,12 €/km;
- Veicoli pesanti: 0,29 €/km.

10.7 PREVISIONI DI TRAFFICO

In questo Capitolo vengono riportate le previsioni di traffico relative allo Scenario di Convenzione (D lunga) e allo scenario Alternativo (D corta) nell'ipotesi di Base (P50).

Entrambi gli Scenari adottano per le nuove tratte C e D la stessa tariffa applicata alle tratte B.

La stima degli scenari base è avvenuta mediante la simulazione modellistica dei seguenti orizzonti temporali: 2019, 2025, 2030 e 2035.

10.7.1 Scenario base P50 – Tracciato da Convenzione (D lunga)

Lo scenario base analizzato ipotizza l'applicazione della tariffa della Tratta B alle tratte di nuova realizzazione e il completamento dell'infrastruttura come da figura seguente.



A seguire si riportano i risultati dello scenario base P50 in termini di:

- VTGMA e TGM del giorno feriale medio relativamente agli orizzonti temporali: 2019, 2025, 2030 e 2035 (occorre sottolineare che gli anni 2025 e 2030 rappresentano gli anni di apertura delle tratte B, C e D);

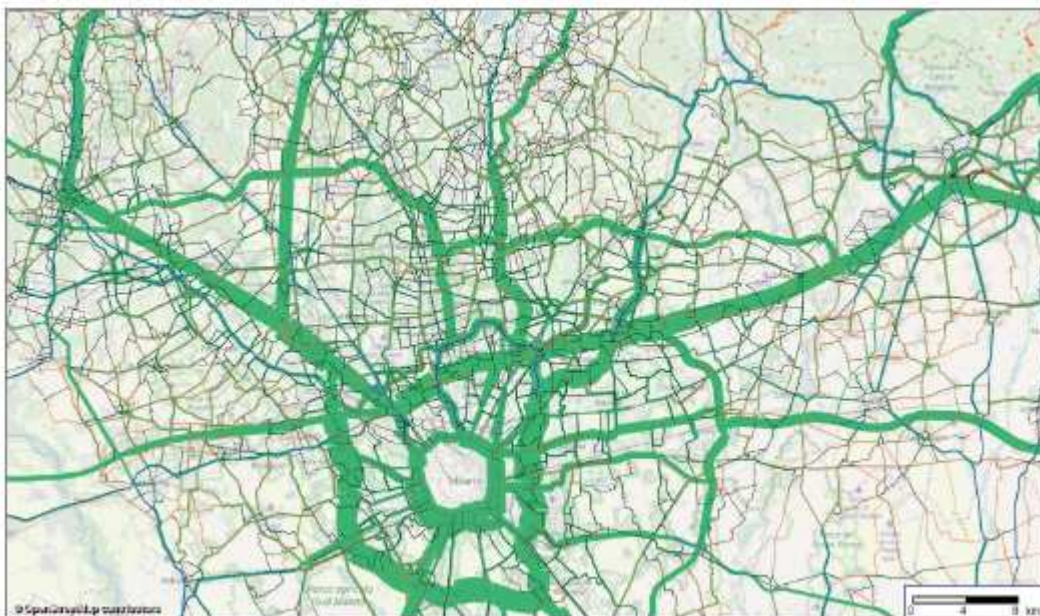
- Profili annui di previsione del traffico per il periodo 2020-2060 in termini di Volumi e Veicoli-km.

I risultati sono suddivisi per tratte e per classe veicolare (leggeri e pesanti).

I VTGM stimati complessivamente sull'infrastruttura sono pari a circa 19.000 unità nel 2019 e crescono fino a oltre 36.500 veicoli nel 2035. Il peso della componente pesante passa dal 19% del traffico totale nel 2019 a quasi il 27% nel 2035.

Tratta	Veicoli	VTGMA				Giorno medio feriale			
		2019	2025*	2030*	2035	2019	2025*	2030*	2035
A	Leggeri	16.625	19.612	24.043	27.077	19.111	22.544	27.637	31.126
	Pesanti	3.894	4.765	6.186	6.975	5.685	6.956	9.031	10.182
	Totali	20.519	24.377	30.229	34.052	24.796	29.500	36.668	41.308
B1	Leggeri	19.455	22.952	28.355	32.225	22.869	26.979	33.330	37.879
	Pesanti	4.928	6.127	8.972	10.892	7.312	9.091	13.312	16.161
	Totali	24.383	29.079	37.327	43.117	30.180	36.070	46.642	54.040
B2	Leggeri	-	22.266	32.486	37.564	-	25.884	37.764	43.668
	Pesanti	-	9.546	14.294	16.644	-	14.050	21.038	24.496
	Totali	-	31.812	46.780	54.208	-	39.934	58.802	68.164
C	Leggeri	-	12.085	23.080	30.823	-	14.049	26.830	35.832
	Pesanti	-	4.043	8.795	13.303	-	5.951	12.945	19.579
	Totali	-	16.129	31.876	44.126	-	20.000	39.776	55.411
D	Leggeri	-	-	14.332	21.263	-	-	16.661	24.718
	Pesanti	-	-	5.522	9.096	-	-	8.127	13.387
	Totali	-	-	19.854	30.358	-	-	24.788	38.105
Asse Principale	Leggeri	17.542	18.197	22.895	28.499	20.328	21.118	26.584	33.094
	Pesanti	4.229	5.695	8.122	10.905	6.212	8.375	11.948	16.045
	Totali	21.771	23.892	31.017	39.403	26.541	29.494	38.532	49.139
Tang. Como	Leggeri	10.629	12.109	12.985	13.853	13.141	14.970	16.053	17.127
	Pesanti	1.698	2.021	2.261	2.500	2.536	3.019	3.378	3.735
	Totali	12.327	14.130	15.246	16.353	15.677	17.989	19.431	20.862
Tang. Varese	Leggeri	8.756	9.463	9.852	10.236	9.627	10.404	10.833	11.255
	Pesanti	2.132	2.458	2.718	2.975	3.236	3.732	4.126	4.517
	Totali	10.888	11.921	12.570	13.212	12.864	14.136	14.958	15.772
Totale APL	Leggeri	15.338	17.031	21.536	26.562	24.445	23.276	28.244	34.841
	Pesanti	3.612	5.182	7.482	9.975	7.328	8.990	12.446	16.591
	Totali	18.949	22.212	29.018	36.536	31.773	32.266	40.690	51.433

Scenario Base P50, tracciato da Convenzione – Flussogramma 2035:



Nelle tabelle seguenti sono riportati i profili annuali delle previsioni di traffico per lo scenario base P50.

I dati fino al 2019 sono consolidati e mostrano ancora incrementi sostenuti del traffico in confronto alla rete storica autostradale che nel 2019 ha avuto un traffico allineato con quello dell'anno precedente. Ciò è dovuto in parte al ramp-up e in parte all'effetto della chiusura per tre mesi (luglio-ottobre) dell'aeroporto di Linate, che stimiamo abbia comportato un aumento sulla rete APL di circa l'1,3%.

Negli anni dal 2020 al 2022 si ipotizza ancora un ramp-up residuale del traffico, per poi ipotizzare crescite in linea con quelle della rete storica.

L'apertura delle tratte B2 e C ad agosto 2025 comporta un incremento di VTGM pari a circa il 20% su due anni, mentre in termini di veicoli_km è pari a quasi il 100%, grazie all'aumento della lunghezza pedaggiata (+81%). Nei primi anni di apertura delle tratte B2 e C si prevede inoltre un periodo di ramp-up.

L'apertura della tratta D a luglio 2030 comporta un incremento in termini di VTGM visibile dal 2031 (+12%), a causa del periodo di ramp up sulla nuova tratta, mentre ha un impatto più rilevante in termini di veicoli_km (+22% per due anni), grazie alla maggiore lunghezza pedaggiata (+20%). Dal 2035 in avanti si ipotizzano crescite via via decrescenti fino a circa uno 0,4% annuo.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

	VTGM			Veicoli_km (milioni)			diff.%		
	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali
2019	15.338	3.612	18.949	232,5	54,7	287,2	-	-	-
2020	15.855	3.746	19.601	241,0	56,9	297,9	3,7%	4,0%	3,7%
2021	16.197	3.842	20.040	245,5	58,2	303,7	1,9%	2,3%	2,0%
2022	16.478	3.924	20.403	249,7	59,5	309,2	1,7%	2,1%	1,8%
2023	16.695	3.990	20.686	253,0	60,5	313,5	1,3%	1,7%	1,4%

	VTGM			Veicoli_km (milioni)			diff.%		
	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali
2024	16.889	4.040	20.929	256,7	61,4	318,1	1,4%	1,5%	1,5%
2025	17.031	5.182	22.212	353,3	98,4	451,7	37,7%	60,2%	42,0%
2026	19.562	6.257	25.820	536,4	171,6	708,0	51,8%	74,4%	56,7%
2027	20.809	6.760	27.569	570,6	185,4	756,0	6,4%	8,0%	6,8%
2028	21.271	6.906	28.177	584,9	189,9	774,7	2,5%	2,4%	2,5%
2029	21.745	7.055	28.800	596,3	193,4	789,7	1,9%	1,9%	1,9%
2030	21.536	7.482	29.018	715,4	246,2	961,7	20,0%	27,3%	21,8%
2031	23.934	8.674	32.608	863,5	313,0	1.176,4	20,7%	27,1%	22,3%
2032	24.923	9.124	34.047	901,6	330,1	1.231,7	4,4%	5,5%	4,7%
2033	25.456	9.398	34.854	918,4	339,1	1.257,5	1,9%	2,7%	2,1%
2034	26.002	9.682	35.684	938,1	349,3	1.287,4	2,1%	3,0%	2,4%
2035	26.562	9.975	36.536	958,3	359,9	1.318,2	2,2%	3,0%	2,4%
2036	26.862	10.086	36.948	971,8	364,9	1.336,7	1,4%	1,4%	1,4%
2037	27.167	10.199	37.366	980,1	368,0	1.348,1	0,9%	0,8%	0,9%
2038	27.473	10.315	37.788	991,2	372,1	1.363,3	1,1%	1,1%	1,1%
2039	27.784	10.433	38.217	1.002,4	376,4	1.378,8	1,1%	1,1%	1,1%
2040	28.100	10.554	38.654	1.016,6	381,8	1.398,4	1,4%	1,4%	1,4%
2041	28.423	10.676	39.099	1.025,5	385,2	1.410,6	0,9%	0,9%	0,9%
2042	28.748	10.800	39.549	1.037,2	389,6	1.426,8	1,1%	1,2%	1,1%
2043	29.074	10.927	40.000	1.048,9	394,2	1.443,1	1,1%	1,2%	1,1%
2044	29.402	11.055	40.458	1.063,7	399,9	1.463,6	1,4%	1,5%	1,4%
2045	29.707	11.179	40.886	1.071,8	403,3	1.475,1	0,8%	0,8%	0,8%
2046	29.991	11.297	41.288	1.082,0	407,6	1.489,6	1,0%	1,1%	1,0%
2047	30.254	11.411	41.664	1.091,5	411,7	1.503,2	0,9%	1,0%	0,9%
2048	30.497	11.519	42.017	1.103,3	416,7	1.520,0	1,1%	1,2%	1,1%
2049	30.723	11.624	42.346	1.108,4	419,4	1.527,8	0,5%	0,6%	0,5%
2050	30.932	11.723	42.655	1.116,0	423,0	1.538,9	0,7%	0,9%	0,7%
2051	31.125	11.819	42.944	1.122,9	426,4	1.549,3	0,6%	0,8%	0,7%
2052	31.304	11.910	43.214	1.132,5	430,9	1.563,3	0,8%	1,0%	0,9%
2053	31.469	11.997	43.466	1.135,3	432,8	1.568,2	0,3%	0,5%	0,3%
2054	31.622	12.081	43.702	1.140,8	435,8	1.576,7	0,5%	0,7%	0,5%
2055	31.763	12.160	43.923	1.145,9	438,7	1.584,7	0,4%	0,7%	0,5%
2056	31.893	12.236	44.130	1.153,8	442,7	1.596,5	0,7%	0,9%	0,7%
2057	32.014	12.309	44.323	1.155,0	444,1	1.599,1	0,1%	0,3%	0,2%
2058	32.125	12.379	44.503	1.159,0	446,6	1.605,6	0,3%	0,6%	0,4%
2059	32.227	12.445	44.672	1.162,7	449,0	1.611,7	0,3%	0,5%	0,4%
2060	32.322	12.508	44.830	581,5	225,0	806,5	-50,0%	-49,9%	-50,0%

10.7.2 Scenario Base P50 – Traccao Alternativo (D Corta)

Il tracciato alternativo prevede, invece, la realizzazione della tratta D fino alla A4 in corrispondenza dell'interconnessione con la A58 (TEEM), come riportato nella figura seguente.



I VTGM stimati complessivamente sull'infrastruttura sono pari a circa 19.000 unità nel 2019 e crescono fino a circa 36.800 veicoli nel 2035. Il peso della componente pesante passa da poco meno del 19% del traffico totale nel 2019 a quasi il 24% nel 2035.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Tratta	Veicoli	VTGMA				Giorno medio feriale			
		2019	2025*	2030*	2035	2019	2025*	2030*	2035
A	Leggeri	16.625	19.612	22.986	25.887	19.111	22.544	26.422	29.758
	Pesanti	3.894	4.765	5.854	6.601	5.685	6.956	8.547	9.637
	Totali	20.519	24.377	28.840	32.488	24.796	29.500	34.969	39.394
B1	Leggeri	19.455	22.952	28.556	32.454	22.869	26.979	33.566	38.148
	Pesanti	4.928	6.127	7.636	9.270	7.312	9.091	11.329	13.753
	Totali	24.383	29.079	36.192	41.723	30.180	36.070	44.895	51.902
B2	Leggeri	-	22.266	32.604	37.700	-	25.884	37.901	43.826
	Pesanti	-	9.546	13.081	15.231	-	14.050	19.253	22.418
	Totali	-	31.812	45.685	52.932	-	39.934	57.154	66.244
C	Leggeri	-	12.085	23.938	31.970	-	14.049	27.828	37.164
	Pesanti	-	4.043	6.678	10.100	-	5.951	9.828	14.865
	Totali	-	16.129	30.616	42.069	-	20.000	37.656	52.029
D	Leggeri	-	-	18.479	27.414	-	-	21.481	31.869
	Pesanti	-	-	4.848	7.985	-	-	7.135	11.752

Tratta	Veicoli	VTGMA				Giorno medio feriale			
		2019	2025*	2030*	2035	2019	2025*	2030*	2035
	Totali	-	-	23.326	35.399	-	-	28.616	43.621
Asse Principale	Leggeri	17.542	18.197	24.881	30.642	20.328	21.118	27.891	35.084
	Pesanti	4.229	5.695	7.372	9.582	6.212	8.375	10.342	13.780
	Totali	21.771	23.892	32.253	40.225	26.541	29.494	38.233	48.864
Tang. Como	Leggeri	10.629	12.109	12.985	13.853	13.141	14.970	16.053	17.127
	Pesanti	1.698	2.021	2.261	2.500	2.536	3.019	3.378	3.735
	Totali	12.327	14.130	15.246	16.353	15.677	17.989	19.431	20.862
Tang. Varese	Leggeri	8.756	9.463	9.852	10.236	9.627	10.404	10.833	11.255
	Pesanti	2.132	2.458	2.718	2.975	3.236	3.732	4.126	4.517
	Totali	10.888	11.921	12.570	13.212	12.864	14.136	14.958	15.772
Totale APL	Leggeri	15.338	17.031	23.078	28.163	24.445	23.276	29.551	36.831
	Pesanti	3.612	5.182	6.743	8.698	7.328	8.990	10.840	14.326
	Totali	18.949	22.212	29.821	36.862	31.773	32.266	40.391	51.157

Scenario Base P50, tracciato alternativo– Flussogramma 2035



L'evoluzione dei VTGM e dei veicoli_km è del tutto analoga allo scenario con tracciato da Convenzione mentre dal 2030, l'apertura della tratta D alternativa, a luglio 2030 comporta un incremento in termini di VTGM visibile dal 2031 (+11%), a causa del periodo di ramp up sulla nuova tratta, mentre ha un impatto più rilevante in termini di veicoli_km. Anche in questo caso dal 2035 in avanti si ipotizzano crescite via via decrescenti fino a circa uno 0,4% annuo.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

	VTGM			Veicoli_km (milioni)			diff.%		
	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali
2019	15.338	3.612	18.949	232,5	54,7	287,2	-	-	-
2020	15.855	3.746	19.601	241,0	56,9	297,9	3,7%	4,0%	3,7%
2021	16.197	3.842	20.040	245,5	58,2	303,7	1,9%	2,3%	2,0%
2022	16.478	3.924	20.403	249,7	59,5	309,2	1,7%	2,1%	1,8%
2023	16.695	3.990	20.686	253,0	60,5	313,5	1,3%	1,7%	1,4%
2024	16.889	4.040	20.929	256,7	61,4	318,1	1,4%	1,5%	1,5%
2025	17.031	5.182	22.212	353,3	98,4	451,7	37,7%	60,2%	42,0%
2026	19.562	6.257	25.820	536,4	171,6	708,0	51,8%	74,4%	56,7%
2027	20.809	6.760	27.569	570,6	185,4	756,0	6,4%	8,0%	6,8%
2028	21.271	6.906	28.177	584,9	189,9	774,7	2,5%	2,4%	2,5%
2029	21.745	7.055	28.800	596,3	193,4	789,7	1,9%	1,9%	1,9%
2030	23.078	6.743	29.821	693,3	203,8	897,1	16,3%	5,3%	13,6%
2031	25.523	7.693	33.216	810,8	244,4	1.055,2	16,9%	19,9%	17,6%
2032	26.421	8.003	34.424	841,6	254,9	1.096,6	3,8%	4,3%	3,9%
2033	26.988	8.228	35.216	857,3	261,4	1.118,7	1,9%	2,5%	2,0%
2034	27.569	8.459	36.028	875,8	268,7	1.144,5	2,2%	2,8%	2,3%
2035	28.163	8.698	36.862	894,7	276,3	1.171,0	2,2%	2,8%	2,3%
2036	28.478	8.792	37.270	907,2	280,1	1.187,2	1,4%	1,4%	1,4%
2037	28.799	8.887	37.685	914,9	282,3	1.197,2	0,8%	0,8%	0,8%
2038	29.118	8.985	38.103	925,0	285,4	1.210,4	1,1%	1,1%	1,1%
2039	29.444	9.084	38.528	935,4	288,6	1.223,9	1,1%	1,1%	1,1%
2040	29.775	9.185	38.960	948,5	292,6	1.241,1	1,4%	1,4%	1,4%
2041	30.114	9.288	39.402	956,7	295,0	1.251,7	0,9%	0,8%	0,9%
2042	30.454	9.392	39.846	967,5	298,3	1.265,8	1,1%	1,1%	1,1%
2043	30.795	9.498	40.292	978,3	301,7	1.280,0	1,1%	1,1%	1,1%
2044	31.139	9.605	40.744	991,9	306,0	1.297,9	1,4%	1,4%	1,4%
2045	31.458	9.709	41.167	999,3	308,4	1.307,8	0,8%	0,8%	0,8%
2046	31.755	9.808	41.563	1.008,8	311,6	1.320,4	0,9%	1,0%	1,0%
2047	32.030	9.904	41.934	1.017,5	314,6	1.332,1	0,9%	1,0%	0,9%
2048	32.286	9.996	42.282	1.028,4	318,4	1.346,9	1,1%	1,2%	1,1%
2049	32.522	10.084	42.606	1.033,2	320,3	1.353,5	0,5%	0,6%	0,5%
2050	32.742	10.168	42.910	1.040,1	323,0	1.363,1	0,7%	0,8%	0,7%
2051	32.945	10.249	43.194	1.046,6	325,6	1.372,2	0,6%	0,8%	0,7%
2052	33.133	10.327	43.460	1.055,4	329,0	1.384,4	0,8%	1,0%	0,9%
2053	33.306	10.401	43.708	1.058,1	330,4	1.388,5	0,2%	0,4%	0,3%
2054	33.467	10.473	43.940	1.063,2	332,7	1.395,9	0,5%	0,7%	0,5%
2055	33.616	10.541	44.157	1.067,9	334,9	1.402,8	0,4%	0,7%	0,5%
2056	33.753	10.607	44.360	1.075,2	337,9	1.413,1	0,7%	0,9%	0,7%
2057	33.880	10.669	44.549	1.076,3	338,9	1.415,2	0,1%	0,3%	0,2%
2058	33.997	10.729	44.726	1.080,0	340,8	1.420,8	0,3%	0,6%	0,4%
2059	34.106	10.786	44.892	1.083,5	342,7	1.426,1	0,3%	0,5%	0,4%
2060	34.206	10.841	45.047	541,8	171,7	713,6	-50,0%	-49,9%	-50,0%

10.7.3 Mancata realizzazione della tratta D

Per quantificare l'impatto del completamento della Tratta D sull'intero asse si è testato inoltre uno scenario senza la realizzazione della tratta D. In questo caso si assume che la Concessione termini a luglio 2055, ossia 30 anni dopo il completamento delle tratte B2 e C. Senza la tratta D viene a mancare il collegamento diretto tra Bergamo e la Brianza che comporta una diminuzione di traffico di lunga percorrenza sulla tratta C di circa il 30% e, in minor misura sulle tratte B2 e B1 (circa 10%).

Le previsioni in termini di VTGM e veicoli_km sono riportate nelle tabelle seguenti. In termini di veicoli_km la differenza rispetto allo scenario con realizzazione della tratta è di circa il 30% dal 2031 in avanti.

	VTGM			Veicoli_km (milioni)			diff.%		
	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali
2019	15.338	3.612	18.949	232,5	54,7	287,2	-	-	-
2020	15.855	3.746	19.601	241,0	56,9	297,9	3,7%	4,0%	3,7%
2021	16.197	3.842	20.040	245,5	58,2	303,7	1,9%	2,3%	2,0%
2022	16.478	3.924	20.403	249,7	59,5	309,2	1,7%	2,1%	1,8%
2023	16.695	3.990	20.686	253,0	60,5	313,5	1,3%	1,7%	1,4%
2024	16.889	4.040	20.929	256,7	61,4	318,1	1,4%	1,5%	1,5%
2025	17.031	5.182	22.212	353,3	98,4	451,7	37,7%	60,2%	42,0%
2026	19.562	6.257	25.820	536,4	171,6	708,0	51,8%	74,4%	56,7%
2027	20.809	6.760	27.569	570,6	185,4	756,0	6,4%	8,0%	6,8%
2028	21.271	6.906	28.177	584,9	189,9	774,7	2,5%	2,4%	2,5%
2029	21.745	7.055	28.800	596,3	193,4	789,7	1,9%	1,9%	1,9%
2030	22.190	7.193	29.384	608,5	197,2	805,7	2,0%	2,0%	2,0%
2031	22.671	7.343	30.014	621,7	201,3	823,0	2,2%	2,1%	2,1%
2032	23.165	7.496	30.661	636,9	206,1	843,0	2,5%	2,4%	2,4%
2033	23.672	7.652	31.324	649,1	209,8	858,9	1,9%	1,8%	1,9%
2034	24.193	7.812	32.004	663,4	214,2	877,6	2,2%	2,1%	2,2%

	VTGM			Veicoli_km (milioni)			diff.%		
	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali	Leggeri	Pesanti	Totali
2035	24.727	7.975	32.702	678,0	218,7	896,7	2,2%	2,1%	2,2%
2036	24.989	8.056	33.044	687,1	221,5	908,6	1,3%	1,3%	1,3%
2037	25.254	8.138	33.392	692,5	223,1	915,6	0,8%	0,7%	0,8%
2038	25.519	8.223	33.741	699,7	225,5	925,2	1,0%	1,0%	1,0%
2039	25.788	8.308	34.096	707,1	227,8	934,9	1,1%	1,0%	1,1%
2040	26.062	8.395	34.457	716,6	230,8	947,4	1,3%	1,3%	1,3%
2041	26.341	8.484	34.825	722,3	232,6	954,9	0,8%	0,8%	0,8%
2042	26.622	8.573	35.195	730,0	235,1	965,1	1,1%	1,1%	1,1%
2043	26.902	8.664	35.566	737,7	237,6	975,2	1,1%	1,1%	1,1%
2044	27.185	8.757	35.941	747,5	240,8	988,2	1,3%	1,3%	1,3%
2045	27.423	8.840	36.263	751,9	242,4	994,3	0,6%	0,7%	0,6%
2046	27.636	8.918	36.554	757,8	244,5	1002,3	0,8%	0,9%	0,8%
2047	27.828	8.992	36.819	763,0	246,6	1009,6	0,7%	0,8%	0,7%
2048	27.999	9.062	37.060	769,8	249,2	1019,0	0,9%	1,1%	0,9%
2049	28.152	9.127	37.279	771,9	250,3	1022,2	0,3%	0,4%	0,3%
2050	28.289	9.189	37.478	775,7	252,0	1027,7	0,5%	0,7%	0,5%
2051	28.412	9.247	37.659	779,1	253,6	1032,6	0,4%	0,6%	0,5%
2052	28.521	9.302	37.823	784,2	255,8	1040,0	0,7%	0,9%	0,7%
2053	28.619	9.353	37.972	784,7	256,5	1041,2	0,1%	0,3%	0,1%
2054	28.706	9.402	38.108	787,1	257,8	1044,9	0,3%	0,5%	0,4%
2055	28.784	9.447	38.231	460,6	151,2	611,8	-41,5%	-41,4%	-41,5%

10.8 BENEFICI PER LA COLLETTIVITÀ – INDICATORI TRASPORTISTICI

Per valutare come la nuova autostrada APL, ed in particolare la realizzazione della tratta D, possa modificare le dinamiche della circolazione nell'area di studio ed apportare benefici alla collettività derivanti dal diverso assetto della mobilità, sono stati comparati lo scenario di progetto (con il completamento dell'autostrada) e lo scenario di non completamento dell'infrastruttura (mancata realizzazione della tratta D), nel quale si ipotizzano realizzate, quindi, solamente le tratte B2 e C. Per la definizione, invece, del quadro infrastrutturale programmatico si rimanda ai capitoli precedenti.

I benefici che derivano dalla costruzione della nuova infrastruttura sono stati valutati mediante indicatori trasportistici estratti dal modello di traffico, relativi a:

- Veicoli-km, ottenuti come sommatoria, su tutti gli archi dell'area sottoposta ad analisi, del prodotto tra il flusso di traffico e la lunghezza dell'arco;
- Veicoli-ore, ottenuti come sommatoria, su tutti gli archi dell'area sottoposta ad analisi, del prodotto tra il flusso di traffico e il tempo medio di percorrenza dell'arco.

L'analisi è stata condotta in relazione agli orizzonti temporali per i quali si prevede realizzata la tratta D, in particolare:

- 2030: apertura tratta D;
- 2035: scenario di lungo termine.

Sono state analizzate entrambe le ipotesi di tracciato della tratta D: lunga e corta.
Per entrambi gli orizzonti temporali di previsione è stato, inoltre, implementato lo scenario di non realizzazione della tratta D.

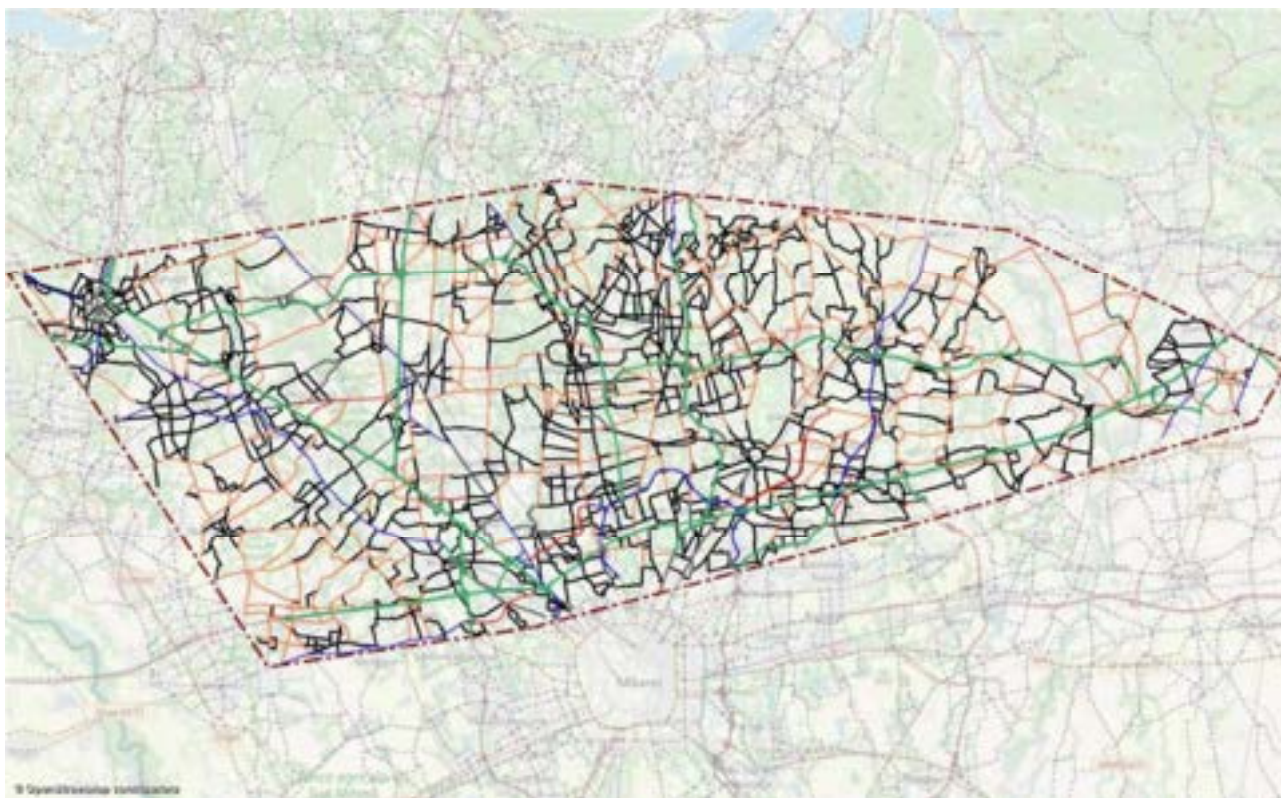
10.8.1 *Area di analisi*

Il confronto tra scenario di progetto e scenario programmatico senza la realizzazione della tratta D è stato condotto in riferimento al tracciato di APL ed alla restante rete infrastrutturale (autostradale ed ordinaria) in un'area delimitata, indicativamente, dalla zona di Cantù a Nord, dal tracciato dell'A4 a Sud, dall'A8 ad Ovest e da Bergamo a Est, come riportato nella figura a pagina seguente.

Le dimensioni dell'area all'interno della quale effettuare i confronti, sono state individuate tenendo in considerazione i seguenti due fattori:

- Un'area troppo limitata comporterebbe l'esclusione dall'analisi di quelle infrastrutture i cui flussi veicolari sono influenzati dalla realizzazione della nuova autostrada;
- Un'area troppo ampia attenuerebbe oltremodo i reali impatti (siano essi positivi o negativi) di APL sul territorio circostante.

L'impatto dell'infrastruttura viene infatti valutato per mezzo di macro-indicatori, che non tengono conto della vicinanza delle diverse infrastrutture stradali alla viabilità di progetto, ma forniscono valutazioni di tipo globale e non pesato sull'area in esame.



10.8.2 *Indicatori trasportistici*

Gli indicatori trasportistici (veicoli-km e veicoli-ora) sono stati estratti per gli orizzonti temporali 2030 e 2035 e differenziati per tipologia di infrastruttura e classe veicolare (leggeri e pesanti). Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori riferiti all'ora di punta mattutina simulata mediante modello trasportistico.

10.8.2.1 *Ipotesi D Lunga – Orizzonte temporale 2030*

Nello scenario 2030 con realizzazione della D lunga, APL attrae volumi di traffico a seguito sia della maggior attrattività dell'infrastruttura una volta completa sia dei maggiori km di infrastruttura rispetto allo scenario programmatico di non realizzazione della tratta D (solo adeguamento della tratta B e realizzazione della tratta C); ne consegue un incremento rilevante dei veicoli-km (+51,4%) e dei veicoli-ora (+54,9%). La rete complessiva mostra benefici rispetto allo scenario di non realizzazione con un decremento del -2,7% dei veicoli-ora, mentre i veicoli-km complessivi crescono del +1,1% a causa della maggiore estensione di APL, si nota infatti una riduzione di tale indicatore su tutte le altre categorie stradali.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

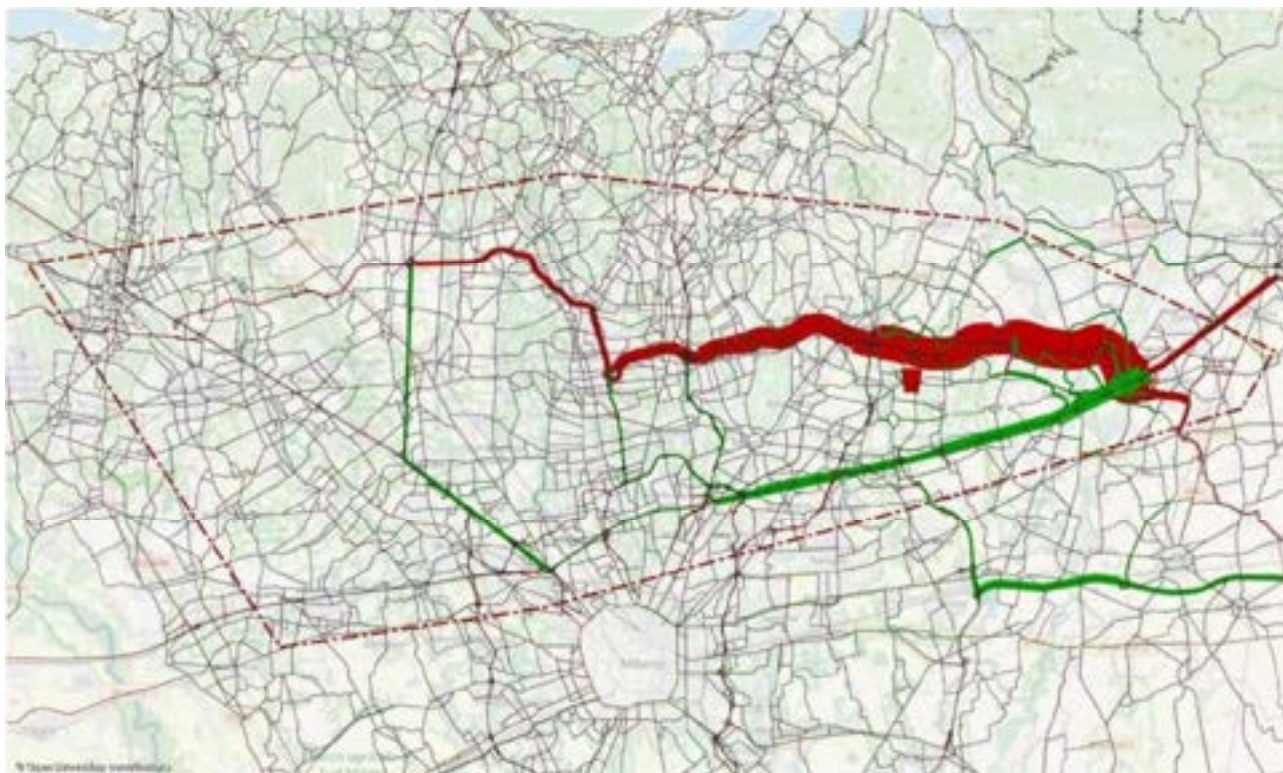
Veicoli-km	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D lunga			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	147,5	44,6	192,1	217,9	72,8	290,8	47,8%	63,4%	51,4%
Autostrade	910,9	251,5	1.162,4	892,0	239,4	1.131,4	-2,1%	-4,8%	-2,7%
Extraurbane	1.316,3	202,1	1.518,3	1.303,0	196,7	1.499,7	-1,0%	-2,7%	-1,2%
Urbane	753,1	99,6	852,7	746,2	98,5	844,8	-0,9%	-1,1%	-0,9%
Totale	3.127,8	597,7	3.725,5	3.159,1	607,5	3.766,6	1,0%	1,6%	1,1%

Veicoli-ora	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D lunga			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	1,6	0,5	2,1	2,4	0,9	3,2	51,5%	65,2%	54,9%
Autostrade	16,1	4,4	20,5	14,5	3,8	18,3	-9,7%	-13,5%	-10,6%
Extraurbane	39,1	6,1	45,2	38,0	5,8	43,8	-2,9%	-4,3%	-3,1%
Urbane	38,4	5,7	44,1	37,9	5,6	43,5	-1,3%	-1,3%	-1,3%
Totale	95,2	16,7	111,9	92,8	16,1	108,9	-2,5%	-3,6%	-2,7%

In riferimento alla principale viabilità ordinaria in competizione con la tratta D, si riportano nella tabella seguente gli indicatori trasportistici per la SP02, che corre parallela alla A4 collegando Monza a Trezzo sull'Adda. La D lunga si estende lungo la stessa fascia territoriale della SP02 in direzione est-ovest, rappresentando una valida alternativa di percorso. Ne consegue una riduzione marcata sia dei veicoli-km (-9,9%) che dei veicoli-ora (-20,3%) sulla SP02 nello scenario di progetto, in particolare per i veicoli pesanti, in quanto la tratta D lunga cattura più facilmente il traffico pesante di media-lunga percorrenza, meno sensibile al pagamento del pedaggio rispetto a quello leggero.

SP02	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D lunga			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
Veicoli-km	25,8	2,9	28,7	23,5	2,4	25,9	-9,0%	-18,3%	-9,9%
Veicoli-ora	0,9	0,1	1,1	0,8	0,1	0,8	-19,5%	-27,2%	-20,3%

Nella figura a pagina seguente è riportato il confronto tra i flussi veicolari stimati per lo scenario progettuale e quelli stimati per lo scenario programmatico senza realizzazione della tratta D (in rosso gli archi con un incremento di volume ed in verde quelli con una riduzione) dalla quale si osserva l'incremento di traffico su APL, in particolare sulla tratta C e D, accompagnato da riduzioni sull'A4, sull'A8-A9 ed in parte su BreBeMi.



10.8.2.2 Ipotesi D Breve – Orizzonte temporale 2030

Lo scenario 2030 con D corta mostra andamenti simili a quello con D lunga ma con effetti più smorzati, dovuti alla minore estensione della tratta D in questa seconda ipotesi. Rispetto allo scenario programmatico senza realizzazione della tratta D, l'incremento dei veicoli-km è del +37,8% e quello dei veicoli-ora del +37,9%. Anche la rete complessiva mostra benefici lievemente più contenuti in termini di veicoli-ora rispetto a quanto visto per lo scenario con D lunga: -2,5% rispetto allo scenario senza realizzazione. I veicoli-km complessivi crescono del +0,6% rispetto allo scenario con sole tratte B2 e C; anche in questo caso l'incremento di chilometri è legato ad APL, le altre tipologie stradali sono interessate da riduzioni di percorrenze.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

Veicoli-km	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	147,5	44,6	192,1	208,5	56,1	264,6	41,4%	25,8%	37,8%
Autostrade	910,9	251,5	1.162,4	890,3	252,5	1.142,8	-2,3%	0,4%	-1,7%
Extraurbane	1.316,3	202,1	1.518,3	1.300,4	196,6	1.497,0	-1,2%	-2,7%	-1,4%
Urbane	753,1	99,6	852,7	743,8	98,4	842,2	-1,2%	-1,2%	-1,2%
Totale	3.127,8	597,7	3.725,5	3.143,0	603,6	3.746,6	0,5%	1,0%	0,6%

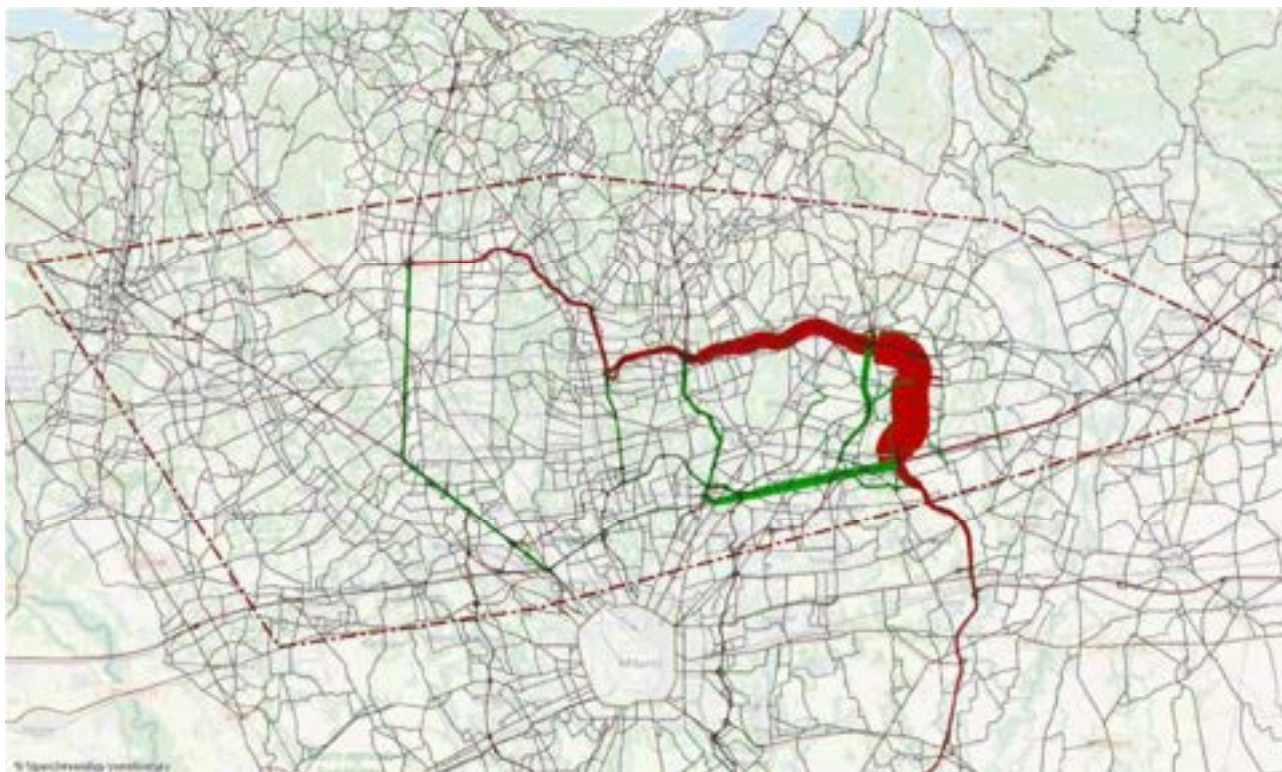
Veicoli-ora	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	1,6	0,5	2,1	2,2	0,7	2,9	41,8%	26,4%	37,9%
Autostrade	16,1	4,4	20,5	15,1	4,2	19,3	-6,4%	-4,1%	-5,9%
Extraurbane	39,1	6,1	45,2	37,6	5,8	43,4	-3,7%	-4,9%	-3,9%
Urbane	38,4	5,7	44,1	37,9	5,6	43,5	-1,4%	-1,4%	-1,4%
Totale	95,2	16,7	111,9	92,8	16,3	109,0	-2,5%	-2,6%	-2,5%

La realizzazione della tratta D corta ha anch'essa un impatto positivo sulla SP02 in quanto determina una riduzione dei veicoli-km del 3,6%, mentre i veicoli-ora si riducono del 6,8%; tra Vimercate e Trezzo sull'Adda non vi sono, infatti, nuove infrastrutture in competizione con la SP02.

Al contrario di quanto visto per la D lunga, le variazioni rispetto allo scenario di non realizzazione della D corta riguardano per la quasi totalità i veicoli leggeri; mentre i veicoli pesanti presenti non sono influenzati in modo significativo dalla realizzazione della D corta che serve prevalentemente gli spostamenti nord-sud piuttosto che quelli sulla direttrice est-ovest.

SP02	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
Veicoli-km	25,8	2,9	28,7	24,8	2,9	27,7	-3,9%	-0,3%	-3,6%
Veicoli-ora	0,9	0,1	1,1	0,9	0,1	1,0	-7,5%	-0,2%	-6,8%

Nello scenario progettuale si incrementano i flussi di traffico sulle nuove tratte di APL ed in parte della A58, a discapito dei percorsi nord-sud (A8-A9, SS36, SP41) e di una tratta concentrata dell'A4 (figura seguente).



10.8.2.3 *Ipotesi D Lunga – Orizzonte temporale 2035*

Lo scenario 2035 non presenta modifiche infrastrutturali rispetto a quanto analizzato al 2030, ma solo un incremento tendenziale della domanda di mobilità; per tale motivo il confronto degli indicatori trasportistici tra scenario progettuale e scenario in assenza di realizzazione della tratta D evidenzia andamenti simili a quanto osservato nell'orizzonte temporale precedente.

Gli incrementi di traffico attratti da APL con l'ipotesi di D lunga determinano un aumento di veicoli-km (+52,4%) e di veicoli-ora (+56,9%) rispetto allo scenario senza tratta D. La rete complessiva mostra benefici lievemente amplificati rispetto al 2030, con una riduzione del -2,9% dei veicoli-ora. I veicoli-km complessivi crescono del +1,3% a causa della maggiore estensione di APL, quando invece tutte le altre categorie stradali mostrano valori in riduzione.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

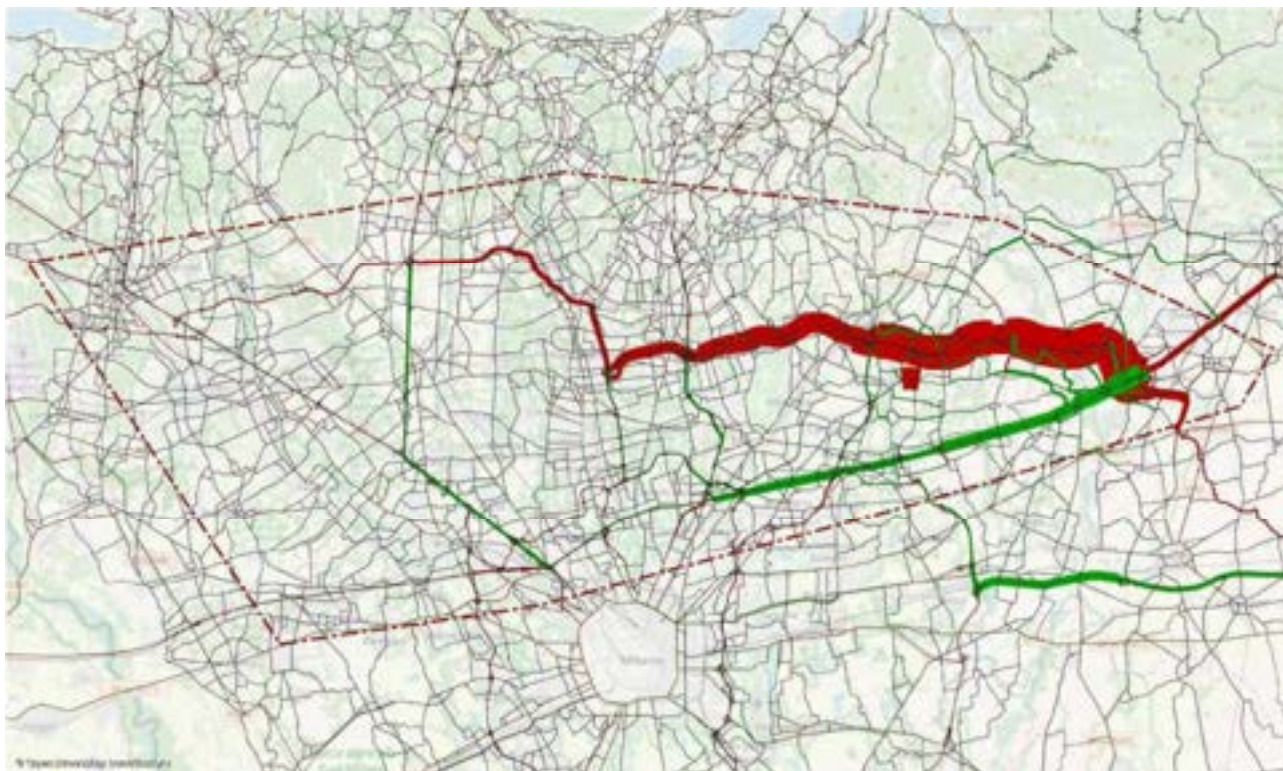
Veicoli-km	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	165,5	49,7	215,2	245,4	82,5	327,9	48,3%	65,9%	52,4%
Autostrade	948,7	260,1	1.208,8	931,8	246,2	1.178,0	-1,8%	-5,3%	-2,5%
Extraurbane	1.364,2	210,7	1.574,8	1.349,6	204,4	1.554,1	-1,1%	-3,0%	-1,3%
Urbane	800,8	106,6	907,4	792,6	105,3	897,9	-1,0%	-1,2%	-1,0%
Totale	3.279,2	627,0	3.906,2	3.319,4	638,4	3.957,8	1,2%	1,8%	1,3%

Veicoli-ora	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	1,9	0,6	2,5	2,9	1,0	3,9	53,5%	67,3%	56,9%
Autostrade	18,0	4,9	22,9	16,2	4,2	20,3	-10,1%	-15,0%	-11,2%
Extraurbane	42,7	6,7	49,4	41,3	6,4	47,7	-3,3%	-4,7%	-3,5%
Urbane	42,3	6,3	48,5	41,7	6,2	47,9	-1,3%	-1,6%	-1,4%
Totale	104,8	18,5	123,3	102,0	17,7	119,8	-2,7%	-4,0%	-2,9%

In riferimento alla viabilità ordinaria in competizione, l'impatto sulla SP02 è analogo a quello riscontrato nello scenario 2030: veicoli-km -9,7%, veicoli-ora -20,3%, con riduzioni nettamente più marcate per i veicoli pesanti rispetto ai leggeri.

SP02	2035 No Tratta D			2035 Progettuale – D lunga			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
Veicoli-km	26,2	3,1	29,3	24,0	2,5	26,5	-8,5%	-19,3%	-9,7%
Veicoli-ora	1,0	0,1	1,1	0,8	0,1	0,9	-19,5%	-26,8%	-20,3%

Dal confronto tra scenario progettuale e scenario programmatico senza D, in analogia a quanto osservato per il 2030, si osserva l'incremento di carico attratto da APL, accompagnato da riduzioni sull'A4, l'A8-A9 ed in parte su BreBeMi (figura a pagina seguente).



10.8.2.4 Ipotesi D Breve – Orizzonte temporale 2035

In analogia a quanto descritto per il 2030, anche per il 2035 l'ipotesi con D corta mostra andamenti simili a quello con D lunga ma con effetti più smorzati, dovuti alla minore estensione di tale ipotesi di tracciato. Nel confronto con lo scenario senza realizzazione, l'incremento dei veicoli-km è del +38,0% e quello dei veicoli-ora del +40,8%. La rete complessiva mostra benefici rispetto allo scenario programmatico non molto differenti rispetto allo scenario con D lunga: -2,7% veicoli-ora; mentre i veicoli-km complessivi crescono del +0,7% (crescita su APL, accompagnata da riduzioni su tutte le altre categorie stradali considerate).

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Studio di fattibilità delle opere della Tratta D
STUDIO DI FATTIBILITA'

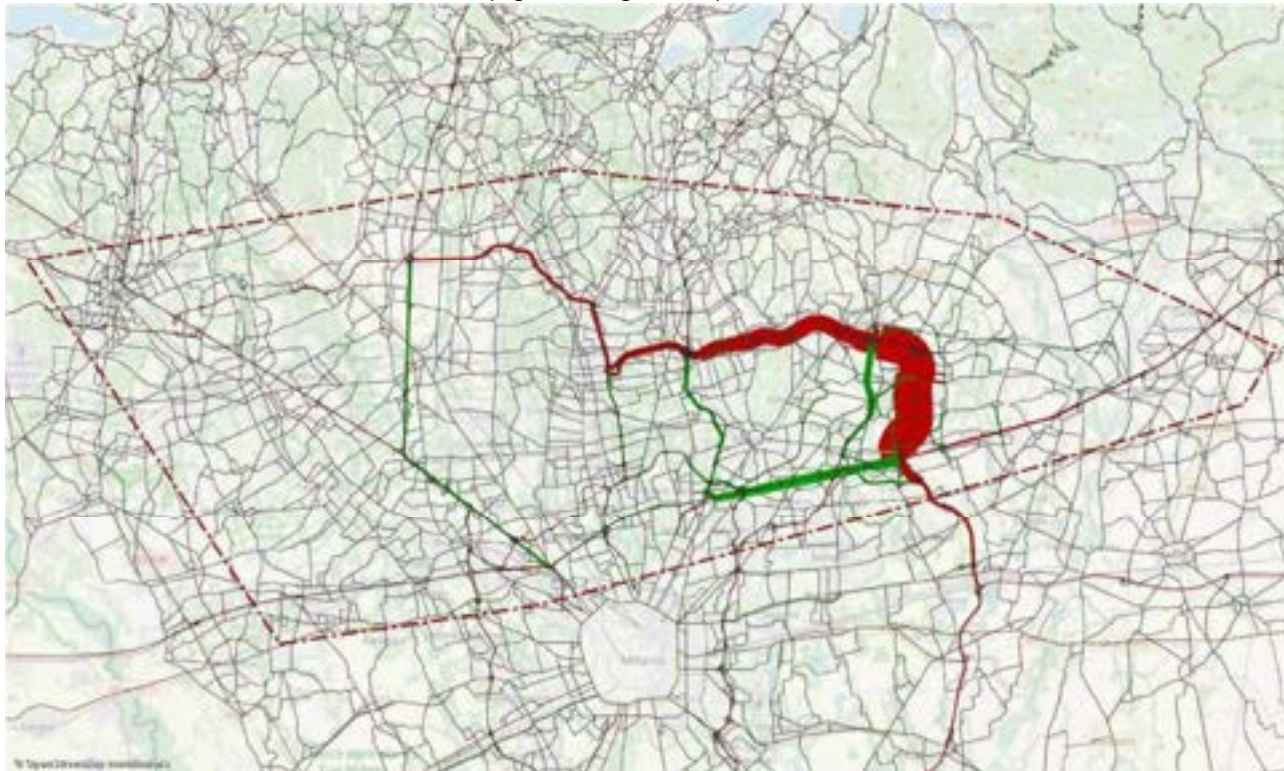
Veicoli-km	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	165,5	49,7	215,2	232,7	64,4	297,1	40,6%	29,5%	38,0%
Autostrade	948,7	260,1	1.208,8	928,0	260,3	1.188,3	-2,2%	0,1%	-1,7%
Extraurbane	1.364,2	210,7	1.574,8	1.349,8	203,8	1.553,6	-1,1%	-3,3%	-1,3%
Urbane	800,8	106,6	907,4	790,5	104,9	895,4	-1,3%	-1,6%	-1,3%
Totale	3.279,2	627,0	3.906,2	3.300,9	633,4	3.934,4	0,7%	1,0%	0,7%

Veicoli-km	2030 No Tratta D			2030 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
APL	1,9	0,6	2,5	2,7	0,8	3,5	43,9%	31,2%	40,8%
Autostrade	18,0	4,9	22,9	16,7	4,6	21,4	-7,0%	-5,3%	-6,6%
Extraurbane	42,7	6,7	49,4	41,0	6,3	47,3	-3,9%	-5,7%	-4,2%
Urbane	42,3	6,3	48,5	41,6	6,2	47,8	-1,6%	-1,8%	-1,6%
Totale	104,8	18,5	123,3	102,0	17,9	119,9	-2,7%	-3,0%	-2,7%

In analogia allo scenario 2030, la realizzazione della D corta determina un impatto positivo sulla SP02. I veicoli-km si riducono del 3,5%, mentre i veicoli-ora si riducono del 7,5%. Valgono pertanto le stesse considerazioni presentate per lo scenario 2030.

SP02	2035 No Tratta D			2035 Progettuale – D corta			Differenza % Progettuale vs No Tratta D		
	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT	LV	HV	TOT
Veicoli-km	26,2	3,1	29,3	25,2	3,1	28,3	-3,8%	-1,0%	-3,5%
Veicoli-ora	1,0	0,1	1,1	0,9	0,1	1,0	-8,3%	-0,8%	-7,5%

Come per il 2030, lo scenario progettuale vede l'incremento dei flussi di traffico sulle nuove tratte di APL ed in parte della A58, a discapito dei percorsi nord-sud (A8-A9, SS36, SP41) e di una tratta concentrata dell'A4 (figura seguente).



10.9 CONSIDERAZIONI FINALI

L'Autostrada Pedemontana Lombarda (APL), il cui tracciato complessivo è di circa 157 chilometri, si sviluppa con un asse principale (A36) di circa 67 chilometri di collegamento autostradale tra Cassano Magnago (interconnessione A8) ed Osio Sotto (interconnessione A4), suddiviso in 5 tratte funzionali a cui si aggiungono circa 8 Km di Tangenziali di Como e Varese.

Ad oggi, l'Autostrada Pedemontana Lombarda è in esercizio con circa 30 chilometri di tracciato che include le Tratte A e B1 e i Lotti 1 delle Tangenziali di Como e Varese e che complessivamente rappresentano circa il 31% dell'estesa complessiva del progetto.

Le nuove stime sul traffico potenziale di APL tengono conto dei dati consolidati fino a dicembre 2019, del traffico sulla viabilità locale rilevato a maggio 2018 e delle nuove tempistiche di completamento della rete APL.

Il presente studio non tiene in considerazione gli impatti derivanti dal diffondersi dell'epidemia del COVID-19 in Italia, in quanto al momento della redazione del presente documento la situazione è in rapida evoluzione e non vi sono evidenze per stimare la durata dell'emergenza e gli impatti sull'economia e il sistema produttivo.

Nel 2019 il traffico rilevato sulle tratte in esercizio continua ad essere in costante e forte crescita, sebbene in diminuzione rispetto all'anno precedente. Il tasso di crescita più significativo si rileva sulla tratta B1 che, rispetto al 2016, è aumentata di circa il 74%, mentre la tratta A e la Tangenziale di Varese hanno avuto crescite più contenute e in diminuzione rispetto all'anno precedente, ad indicazione che il ramp-up sembra essere meno accentuato e in progressiva diminuzione.

L'apertura delle tratte B2 e C, prevista ad agosto 2025, dovrebbe consentire di catturare la maggior parte del traffico che oggi percorre la SS35 (circa 40.000 VTGM). La riqualificazione ad autostrada garantirà, infatti, una maggior capacità dell'infrastruttura grazie all'ampliamento a 3 corsie della tratta tra Meda e Cesano Maderno con un risparmio nel tempo di viaggio grazie alle velocità di percorrenza più elevate.

Il completamento della tratta D, nell'ipotesi di tracciato lunga, previsto a luglio 2030, dovrebbe catturare circa il 40% del traffico in-scope lunga percorrenza (stimato attorno ai 18.000 VTGM nel 2018), quota questa fortemente influenzata dalla tariffa su APL che, per le relazioni di attraversamento da Dalmine sulla A4 alla A8 è circa 3 volte più alta rispetto al percorso attuale A4-A8. I VTGM stimati sulla nuova tratta, all'apertura, si attesterebbero attorno a 19.800 veicoli/gg con un incremento di veicoli km complessivi sull'infrastruttura rispetto allo scenario di non completamento di oltre il 40%.

Nell'ipotesi invece di tracciato alternativo, i VTGM sulla nuova tratta sarebbero superiori allo scenario con D lunga di circa il 17% (23.300 VTGM al 2030) ma vista la lunghezza inferiore di questa tratta (-50%) i veicoli km sull'infrastruttura a regime sarebbero circa il 10%-11% inferiori rispetto al tracciato da convenzione.

Gli indicatori per l'analisi costi-benefici, in termini di veicoli-km e veicoli-ora, sono stati calcolati relativamente ad un'area di studio all'interno della quale si ipotizzano conclusi gli effetti derivanti dalla nuova infrastruttura. Nello scenario 2030 la realizzazione della D lunga comporta un aumento su APL di veicoli-km del 51,4% e di veicoli-ora del 54,9%, a seguito sia della maggior attrattività dell'infrastruttura una volta completa sia della maggiore lunghezza dell'infrastruttura rispetto allo scenario di non realizzazione della tratta. La rete complessiva mostra benefici rispetto allo scenario di non realizzazione con un decremento del -2,7% dei veicoli-ora.

Lo scenario con D corta mostra andamenti simili a quello con D lunga ma con effetti più contenuti, dovuti alla minore estensione della tratta D. Rispetto allo scenario di mancata realizzazione della tratta D, l'incremento dei veicoli-km è del 37,8% e quello dei veicoli-ora del +37,9%. Anche la rete complessiva mostra benefici lievemente più contenuti in termini di veicoli-ora, -2,5% rispetto allo scenario senza realizzazione della tratta D.

11 ANALISI COSTI BENEFICI

L'obiettivo dello studio è quello di valutare e confrontare la fattibilità sociale ed economica dei due tracciati alternativi della Tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda (APL), individuando, tra le soluzioni proposte, quello che ottimizza il rapporto benefici–costi. La metodologia adottata è quella dell'analisi costi benefici (ACB).

L'analisi costi benefici segue le linee guida regionali, italiane ed europee, tenendo conto delle caratteristiche specifiche del progetto.

I costi considerati nell'analisi includono sia i costi d'investimento che di esercizio e manutenzione, mentre i benefici rappresentano il valore economico degli impatti legati alle variazioni di veicoli ora e veicoli km negli scenari di progetto.

L'analisi tiene conto dei benefici diretti sia per gli utenti dell'autostrada che per quelli della rete viaria regionale.

Lo studio include un'analisi di sensitività alla variazione degli input fondamentali del modello, e un'analisi qualitativa del rischio per entrambe le tratte.

Entrambe le soluzioni analizzate sono state progettate con l'obiettivo di rispondere al meglio ad esigenze quali: garantire il miglioramento della qualità della vita della collettività, minimizzare gli impatti ambientali, ottimizzare i costi d'investimento ed esercizio o manutenzione, e contenere al minimo il consumo del territorio.

Come sarà esplorato in questa analisi, le due soluzioni contribuiscono però in modo diverso al raggiungimento di benefici per la società, nello specifico, riguardo ai risparmi di tempo, di costi di gestione dei veicoli e impatti sulle esternalità ambientali e sociali.

11.1 DEFINIZIONE DELLE OPZIONI DI PROGETTO

L'analisi costi benefici si basa sul confronto dei valori economici tra uno scenario di riferimento, o stato di fatto, e uno (o più) scenari di progetto. Nello specifico di questo studio, lo scenario di riferimento include, in aggiunta alle tratte esistenti di APL, il completamento delle seguenti opere:

- Tratta B2 di APL
- Tratta C di APL

I due scenari di progetto, vedono, in aggiunta al completamento delle opere sopra elencate la realizzazione di una delle due soluzioni della tratta D, definite come:

- Tratta D Lunga
- Tratta D Breve

Questo approccio consente di isolare e confrontare gli impatti delle due alternative progettuali della Tratta D di APL, e neutralizzare l'influenza sul traffico regionale di altri progetti programmati, come, ad esempio, il completamento della tangenziale di Varese.

11.2 COSTI E BENEFICI INCLUSI NELL'ANALISI

Sulla base delle linee guida adottate, l'analisi include i seguenti costi:

- Costi d'investimento, al netto di tasse;
- Costi di esercizio e manutenzione, al netto di tasse

Ed elabora una stima dei seguenti benefici per gli utenti:

- Risparmio del tempo di viaggio;
- Riduzioni del costo operativo del veicolo (VOC), dirette ed indirette

L'analisi include inoltre il calcolo del valore economico delle esternalità ambientali e sociali del progetto, che comprendono le variazioni di:

- Inquinamento atmosferico;
- Inquinamento acustico;
- Emissioni di gas serra;
- Incidentalità;
- Congestione del traffico.

L'analisi include infine un Valore Residuo del progetto, che rappresenta il valore attuale dei benefici economici, al netto dei costi economici, nei restanti anni di vita della Tratta D.

La variazione del surplus del produttore (ricavi meno costi sostenuti) sono stati esclusi dall'analisi economica. Questo è dovuto all'assenza di variazioni del volume di traffico totale nella rete regionale su cui si basa l'analisi trasportistica.

Il modello dell'analisi costi benefici fa uso di un flusso di cassa scontato (Discounted Cash Flow), dove i valori annuali sono attualizzati al presente utilizzando un tasso di sconto sociale. Ai fini dell'analisi, è stato adottato un saggio di sconto del 3%, come raccomandato dalle linee guida regionali e della Commissione Europea per le aree europee (come la Lombardia) che non hanno accesso ai Fondi di Coesione.

La performance economica dei due scenari di progetto è infine espressa tramite i seguenti indicatori:

- Il Valore Attuale Netto Economico (VANE), che rappresenta la somma dei benefici netti scontati;
- Il Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE);

Il VANE è ottenuto tramite la seguente formula:

$$VANE = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

Dove B_t rappresenta la somma dei benefici nell'anno t , C_t è la somma dei costi economici (costi d'investimento, costi d'esercizio e manutenzione) nell'anno t , r è il saggio di sconto sociale e n è la durata del progetto (orizzonte temporale dell'analisi).

Il Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE) è il saggio di attualizzazione per il quale il VAN del progetto si azzera, e viene ottenuto tramite la seguente formula:

$$0 = VANE = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + EIRR)^t}$$

L'analisi combinata di questi due valori permette di individuare l'alternativa progettuale più sostenibile dal punto di vista economico e sociale.

11.3 PRINCIPALI LINEE GUIDA UTILIZZATE

L'analisi è stata strutturata coerentemente con le seguenti linee guida:

- Regione Lombardia (2014) “Interventi infrastrutturali: linee guida per la redazione di studi di fattibilità;
- Commissione Europea (2014) Guide to CBA of Investment Projects;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2017) “Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Parametri per la stima economica degli impatti”.

Si fa infine notare che le linee guida della Regione Lombardia sono ampiamente allineate e coerenti con quelle nazionali ed europee. Le eventuali differenze tra le varie metodologie per l'analisi economica sono principalmente legate alla nomenclatura di benefici (o indicatori) e al loro raggruppamento al fine della presentazione dei risultati, e non influiscono sul confronto tra le due tratte.

11.4 I COSTI DI PROGETTO

11.4.1 Costi d'investimento

La tabella di seguito riporta i costi d'investimento per le due tratte. Questi sono espressi in valori nominali e sono suddivisi nelle seguenti voci:

- Lavori
- Oneri sicurezza
- Servizi
- Somme a disposizione

A parità di durata dei lavori, i costi d'investimento della tratta Lunga sono più del doppio (+120%) rispetto a quelli stimati per la tratta Breve.

La differenza di costo, che non risulta essere proporzionale alla differenza di lunghezza fra i due tracciati, è riconducibile ad una serie di fattori e caratteristiche. In particolare:

- Attraversamento di aree con gradi di antropizzazione differenti;
- Maggior numero di strutture complesse nella Tratta Lunga;
- Complessità delle soluzioni tecniche per superare quanto di cui sopra.

In assenza di un programma costruttivo di dettaglio e associata curva degli investimenti, i costi di costruzioni sono stati distribuiti in modo uniforme sui quattro anni di durata dei lavori (2026-2030). E' importante osservare come una diversa distribuzione dei costi avrebbe un impatto rilevante sul VANE e SRIE, andando a modificare i valori del flusso di cassa più vicini nel tempo.

Le linee guida per l'analisi costi benefici (sia regionali che europee) richiedono la conversione dei prezzi finanziari (di mercato) in prezzi economici (o prezzi ombra), tramite la rimozione di tasse e l'applicazione di fattori di conversione per i materiali importati e il costo della manodopera.

Mentre i costi sono al netto di tasse e imposte, non sono al momento disponibili voci separate relative al costo della manodopera. I costi utilizzati nell'analisi sono quindi da considerarsi leggermente più conservativi rispetto ai reali prezzi ombra per la Tratta D.

Voce	Tratta D Breve (€m)	Tratta D Lunga (€m)
Lavori	241.94	700.67
Oneri Sicurezza	28.33	39.51
Servizi (incluso monitoraggio ambientale)	6.75	8.92
Somme a disposizione	139.15	176.37
Totale costi d'investimento	416.17	925.48

Nel campo della valutazione economica, l'optimism bias è definito come la tendenza sistematica nel sovrastimare i parametri positivi, e sottostimare i fattori che possono avere un impatto negativo sui risultati dell'analisi. Per controbilanciare questo effetto, si ricorre nelle analisi costo beneficio all'utilizzo di fattori di correzione, basati su benchmark esistenti e valutazioni empiriche.

Nel caso in analisi, è stato ritenuto opportuno ipotizzare un incremento dei costi d'investimento per entrambe le alternative progettuali. Il fine di questo incremento è quello

di controbilanciare eventuali sottostime dei costi, ma anche di esprimere i rischi legati a ritardi nella conclusione dei lavori e nell'apertura dell'autostrada.

Sulla base delle valutazioni espresse nell'analisi del rischio, di benchmark suggeriti da linee guida esistenti (UK Department for Transport, e in accordo con il Cliente è stato applicato un incremento del 44% ai costi per la Tratta D Lunga e del 15% a quelli della Tratta D Breve.

11.4.2 Costi di esercizio

L'ammontare annuale dei costi di esercizio e manutenzione per le due tratte è basato su un costo medio di 412,000 EUR al km, indicato da APL sulla base delle tratte attualmente eserciti e in linea con quanto incluso nel PEF di progetto.

I costi al km utilizzati sono da ritenere dei valori medi calcolati sul totale della rete di APL. In quanto tali, non è stato possibile determinare un incremento annuale o periodico dovuto:

- Alla progressiva obsolescenza della Tratta D e quindi la necessità di un progressivamente maggiore sforzo manutentivo;
- Ai lavori di manutenzione straordinaria su entrambe le tratte per tutta la durata del periodo di analisi. Si ipotizza quindi che i costi di esercizio e manutenzione rimangano costanti nel tempo.

In modo analogo a quanto avvenuto per i costi d'investimento, il livello di dettaglio disponibile non consente una conversione dei prezzi di mercato in prezzi ombra.

Voce	Tratta D Breve	Tratta D Lunga
Costi annuali di esercizio e manutenzione (€/m/anno)	3.65	6.54

11.5 I BENEFICI TRATTATI NELL'ANALISI

11.5.1 *Benefici per gli utenti: risparmio del tempo di viaggio e riduzioni del costo operativo del veicolo*

Tra gli obiettivi principali di APL, vi sono quelli di alleggerire il sistema tangenziale di Milano, e riorganizzare l'intero sistema stradale del territorio migliorandone i livelli di qualità e di servizio. E' quindi evidente come i risparmi di tempo siano un beneficio chiave nell'analisi della sostenibilità economica e sociale delle due opzioni progettuali della Tratta D.

La monetizzazione di questo beneficio viene ottenuta moltiplicando i risparmi di tempo cumulativi annuali su tutta la rete (ottenuti tramite i veicoli_ora, o vehiclehours travelled) per un parametro definito come "valore del tempo" (VOT). Il VOT è il parametro utilizzato a livello modellistico per valutare la disponibilità a pagare per un determinato risparmio di tempo offerto da una nuova infrastruttura a pedaggio.

È importante sottolineare che il VOT svolge un ruolo determinante sia nella modellazione del traffico (in quanto influisce sulla scelta dei veicoli di percorrere una tratta o meno), che nel calcolo dei benefici legati ai risparmi di tempo. Per questo motivo, è indispensabile che l'analisi costi benefici utilizzi lo stesso VOT scelto per il modello del traffico.

Nello studio di traffico, sono stati definiti diversi VOT in base alla:

- Categoria del veicolo
- Motivo di viaggio
- Reddito

È stato inoltre applicato un incremento annuale, in base al tipo di veicolo, secondo le seguenti ipotesi:

- Per i veicoli leggeri: crescita annuale consumi * 0.8
- Per i veicoli pesanti: crescita annuale PIL * 0.8

- Per una descrizione più approfondita delle ipotesi, input e risultati del modello trasportistico si rimanda allo Studio di traffico.

Tipologia di veicolo	Motivo di viaggio	Reddito	Valore del tempo (EUR/h veicolo) 2030
Veicoli leggeri	Affari / lavoro		31.68
	non di lavoro	Reddito alto	27.17
		Reddito medio	20.49
		Reddito medio/basso	17.21
		Reddito basso	11.28
Veicoli pesanti	-	-	34.62

I costi operativi del veicolo (Vehicle Operating Costs –VOC) includono sia costi diretti o “percepiti” dall’utente (per es. legati al consumo del carburante) che quelli legati all’usura dei pneumatici, manutenzione, deprezzamento del veicolo e costi di assicurazione, definiti come “costi non percepiti” dalle linee guida regionali.

Al netto dei costi assicurativi, che vengono esclusi dall’analisi perché rappresentano un valore puramente finanziario, quello che accomuna tutte queste voci di costo è la loro proporzionalità rispetto alle percorrenze chilometriche (vehiclekm travelled), oltre che ad alcune caratteristiche specifiche a diverse tipologie veicolari, quali il consumo medio di carburante.

Nel contesto di APL, è ragionevole dunque ipotizzare che una rete più efficiente, grazie al completamento della Tratta D, comporti un’ottimizzazione delle distanze percorse, con un conseguente risparmio di costi operativi.

L’interpretazione dei risultati non è però sempre univoca, dato che una rete più connessa potrebbe generare un volume maggiore di viaggi a lunga percorrenza, o, nel caso di un’autostrada, incrementare i viaggi compiuti da veicoli con costi operativi più alti, quali i mezzi pesanti.

Gli input utilizzati nell’analisi costi benefici per il calcolo dei costi operativi sono:

- I vehicle km travelled annuali per tipologia di veicolo;
- Il costo operativo unitario (km-veicolo), legato al consumo di carburante;
- I costi operativi unitari (km-veicolo), legati all'usura dei pneumatici, deprezzamento e manutenzione;

Tipologia di veicolo	Tipologia di costo operativo	Valore (EUR/km veicolo, 2020)
Veicoli leggeri	VOC carburante	0.12
	VOC totale	0.20
Veicoli pesanti	VOC carburante	0.29
	VOC totale	0.37

11.5.2 Esternalità e Valore Residuo

L'analisi di fattibilità economica e sociale include, oltre ai benefici per gli utenti, il calcolo della variazione delle esternalità, ovvero gli effetti esterni indotti dal progetto, in questo caso il completamento di APL, sull'ambiente o la sicurezza.

Le fonti utilizzate per selezionare i parametri per il calcolo delle esternalità sono Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2017) "Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Parametri per la stima economica degli impatti", il quale fa riferimento ai parametri contenuti nel testo "Handbook on External Costs of Transport", pubblicato da DG MOVE (Commissione Europea) nel 2014. Questi sono stati preferiti rispetto ai valori contenuti nelle linee guida regionali in quanto più dettagliati ed esaustivi.

L'approccio metodologico al calcolo delle esternalità ha prediletto la selezione di parametri proporzionali alle percorrenze chilometriche totali sulla rete (vehiclekm travelled), per garantire il massimo allineamento possibile con i risultati dello studio di traffico. Di seguito, si elencano le diverse esternalità e come sono state monetizzate nell'analisi:

- **Inquinamento atmosferico**

Nel caso della stima dei costi dovuti all'inquinamento atmosferico, i costi marginali variano in funzione del contesto territoriale in cui avvengono le emissioni (zona urbana, suburbana, rurale) oltre che alla classe Euro del veicolo. Per la stima della ripartizione tra queste ultime, sono state utilizzate medie nazionali basate su dati ACI.

- **Inquinamento acustico**

Le emissioni sonore determinano impatti sociali in funzione del luogo e della durata delle emissioni, del tipo di veicolo e delle sue caratteristiche. I valori di costo marginale utilizzati per l'analisi sono valori medi che utilizzano ipotesi sulla distribuzione di traffico tra ore diurne e notturne.

- **Cambiamento climatico**

Le emissioni di gas serra sono state monetizzate utilizzando costi marginali che variano in funzione del contesto territoriale in cui avvengono le emissioni (zona urbana, suburbana, rurale) oltre che alla classe Euro del veicolo. Per la stima della ripartizione tra queste ultime sono state utilizzate medie nazionali basate su dati ACI.

- **Riduzione dell'incidentalità**

Tra i vari approcci disponibili, è stato scelto quello che utilizza stime aggregate in funzione delle percorrenze chilometriche (vehicle km travelled).

- **Decongestione del traffico (fluidificazione del traffico)**

Gli impatti sulla decongestione o fluidificazione del traffico sono espressi in funzione delle percorrenze chilometriche e a costi marginali legati sia al tipo di strada che al rapporto volume/capacità di queste ultime (v/c ratio).

L'analisi economica di un progetto include infine il valore residuo dell'investimento. Questo viene ottenuto calcolando il valore attuale dei benefici economici, al netto dei costi economici, nei restanti anni di vita dell'opera, ipotizzati come 20 anni aggiuntivi dopo la fine della concessione nel 2060.

11.6 RISULTATI DELL'ANALISI COSTI BENEFICI

Dal confronto degli indicatori SRIE e VANE, emerge che la Tratta D Breve ha una migliore performance economica rispetto alla Tratta D Lunga.

Quest'ultima, infatti, produce benefici di poco (+1.6%) maggiori rispetto alla Tratta Breve, a fronte di costi (attualizzati) più che doppi (+166%).

In valore assoluto, i benefici principali generati da entrambe le tratte rispetto allo scenario di riferimento sono principalmente associati ai risparmi sul tempo di viaggio, e, in misura minore, da una riduzione delle esternalità.

Nonostante il lieve incremento totale di vehicle km travelled sulla rete nello scenario Tratta D Lunga (+0.1%), le esternalità registrano una diminuzione grazie alla capacità da parte di APL di attrarre traffico dalle strade suburbane e urbane, per le quali esistono costi marginali più alti, dovuti alla densità di popolazione nelle aree circostanti. Questo è particolarmente evidente nel caso della riduzione dell'incidentalità e nella decongestione del traffico.

Al contrario, i costi operativi del veicolo sono puramente legati al tipo e classe di veicolo. Questo giustifica un lieve incremento globale dei costi operativi nel caso dello scenario Tratta D Lunga.

	Scenario D Lunga	Scenario D Breve	Confronto Lunga - Breve
BENEFICI*	(in milioni di EUR)	(in milioni di EUR)	
Benefici per gli utenti	3,962	3,790	+4.5%
<i>Risparmio del tempo di viaggio</i>	3,964	3,745	
<i>Riduzioni del costo operativo del veicolo</i>	(22)	45	
Riduzione esternalità	761	863	-11.7%
<i>Riduzione dell'incidentalità</i>	194	127	
<i>Inquinamento atmosferico</i>	19	20	
<i>CO2 / cambiamento climatico</i>	4	11	
<i>Decongestione del traffico – Fluidificazione del traffico</i>	530	687	
<i>Inquinamento acustico</i>	15	18	
Valore Residuo	1,877	1,844	+1.8%
Totale benefici	6,601	6,496	+1.6%
COSTI*,**	(in milioni di EUR)	(in milioni di EUR)	
Costi di investimento	1,068	384	
Costi gestione e manutenzione	98	55	
Totale costi	1,167	439	+166%
Indicatori Economici			
Saggio di Rendimento Economico Interno (SRIE)	15.66%	29.76%	-47.4%
Valore Attuale Netto Economico (VANE), (in milioni di EUR)	5,434	6,058	-10.3%

11.7 VALUTAZIONE DEL RISCHIO: ANALISI DI SENSITIVITÀ

L'analisi di sensitività consente di individuare i fattori critici del progetto, in base alla variazione che l'incremento o la diminuzione di alcuni input generano sul VANE. Per ottenere risultati affidabili, l'analisi richiede inoltre di testare variabili deterministicamente indipendenti, in modo tale da evitare distorsioni e doppi conteggi.

Nel contesto di questo studio, sono state selezionate le seguenti variabili:

- Costi d'investimento
- Costi di esercizio e manutenzione
- Valore del tempo (VOT)
- Costi operativi dei veicoli (VOC)

Come mostrato dalla tabella di seguito, non si rilevano elementi di criticità in nessuna delle soluzioni alternative per la Tratta D, nonostante il VANE della variante Lunga sia significativamente più sensibile ad incrementi dei costi d'investimento.

Infine, è utile osservare che i valori soglia per i costi d'investimento sono estremamente elevati (+1576%) per la Tratta D Breve, ed elevati per la Tratta D Lunga (+508%).

Variabile	Variazione	Tratta D Lunga		Tratta D Breve	
		Variazione del VANE (%)	Giudizio di criticità	Variazione del VANE (%)	Giudizio di criticità
Costi di investimento	+1%	-0.20%	Bassa	-0.06%	Bassa
Costi di esercizio e manutenzione	+1%	-0.03%	Bassa	-0.01%	Bassa
VOT	-1%	-1.03%	Bassa	-0.87%	Bassa
VOC	+1%	-0.01%	Bassa	0.01%	Bassa

L'analisi qualitativa del rischio comporta:

- L'individuazione di eventi avversi (o categorie di rischio) a cui il progetto è esposto;
- L'assegnazione di una stima quantitativa della probabilità che l'evento si concretizzi, e la gravità dell'impatto sul progetto;

- La definizione del livello di rischio (ottenuto tramite moltiplicazione dei due parametri).

Nel complesso, la Tratta D Lunga mostra un profilo di rischio più elevato rispetto alla Tratta Breve, specialmente per quanto riguarda variabili legate alle caratteristiche geologiche, di insediamento e ambientali delle aree attraversate dalla tratta autostradale, e dalle conseguenti complessità tecniche di progettazione e costruzione.

Questi rischi hanno un'alta probabilità di causare incrementi significativi dei costi d'investimento, di esercizio e manutenzione, ritardi nella consegna dei lavori, e variazioni in fase di esecuzione.

Di contro, la Tratta D Breve mostra criticità più elevate per quanto riguarda rischi di tipo amministrativo, legati all'iter di approvazione, e incertezze dovute al livello di dettaglio del progetto esistente.

Categoria di rischio	Variabile	Probabilità		Impatto		Rischio	
		Tratta D Breve	Tratta D Lunga	Tratta D Breve	Tratta D Lunga	Tratta D Breve	Tratta D Lunga
Normativo	Variazioni di normativa (es. Ambientale)	1	1	2	2	Basso	Basso
Amministrativo	Autorizzazioni	2	1	3	2	Elevato	Basso
Politico / sociale	Opposizioni locali	3	3	1	2	Medio	Elevato
Espropri		2	1	2	1	Medio	Basso
Approvazione	Approvazione del progetto (CIPE) - nazionale e regionale	2	1	3	1	Elevato	Basso
Finanziario	Non ottenimento dei finanziamenti	2	3	3	3	Elevato	Critico
Assegnazione dei lavori		*	*	*	*	*	*
Progettazione	Indagini inadeguate / livello di dettaglio	2	2	2	2	Medio	Medio
	Errori di stima dei costi di investimento	2	2	2	3	Medio	Elevato
Analisi della domanda	Volumi di traffico diversi da quelli ipotizzati	1	1	1	1	Basso	Basso
Costruzione	Incrementi di costo	1	3	3	3	Medio	Critico
	Tempi di costruzione	1	2	1	2	Basso	Medio
	Ritardi nella data di apertura	1	2	1	1	Basso	Basso
	Disastri ambientali	1	2	2	2	Basso	Medio
	Archeologia	2	1	1	1	Basso	Basso
	Rischi legati al costruttore	*	*	*	*	*	*
	Rischio geologico / geomorfologico	2	3	3	3	Elevato	Critico
	Rischi ambientali (incl. discariche)	1	2	2	2	Basso	Medio
	Rischio idrogeologico	1	2	2	2	Basso	Medio
	Ricavi dai pedaggi più bassi del previsto	**	**	**	**	**	**
O&M	O&M più alti del previsto	2	3	1	2	Basso	Elevato

La tabella sottostante riporta le variabili che rappresentano un rischio elevato o critico per una delle due tratte analizzate.

La Tratta D Lunga è particolarmente soggetta a rischi legati alla situazione idrogeologica lungo il tracciato. Rispetto alla Breve, infatti, la Tratta Lunga attraversa diversi corsi d'acqua e bacini idrografici (l'Adda). Questo espone maggiormente la Tratta Lunga a disastri ambientali, quali alluvioni, che avrebbero un impatto sia sui costi d'investimento che quelli di manutenzione.

L'elevata criticità idrogeologica della Tratta D Lunga è anche dovuta alla presenza di cavità da occhi pollini lungo tutto il tracciato, problematica che è invece stata riscontrata in modo ridotto per la Tratta Breve.

Categoria di rischio	Variabile	Probabilità		Impatto		Rischio	
		Tratta D Breve	Tratta D Lunga	Tratta D Breve	Tratta D Lunga	Tratta D Breve	Tratta D Lunga
Amministrativo	Autorizzazioni	2	1	3	2	Elevato	Basso
Politico / sociale	Opposizioni locali	3	3	1	2	Medio	Elevato
Approvazione	Approvazione del progetto (CIPE) - nazionale e regionale	2	1	3	1	Elevato	Basso
Finanziario	Non ottenimento dei finanziamenti	2	3	3	3	Elevato	Critico
Progettazione	Errori di stima dei costi di investimento	2	2	2	3	Medio	Elevato
Costruzione	Incrementi di costo	1	3	3	3	Medio	Critico
	Rischio geologico / geomorfologico	2	3	3	3	Elevato	Critico
O&M	O&M più alti del previsto	2	3	1	2	Basso	Elevato

11.8 CONSIDERAZIONI FINALI

La Tratta D Lunga prevede un costo d'investimento doppio rispetto alla tratta breve attribuibile, oltre alla lunghezza, alle complessità tecniche.

In base alla valutazione degli elementi di rischio, e come buona prassi nell'ACB, è stato applicato un optimism bias ai costi d'investimento, rispettivamente, 44% per la lunga, e 15% per la variante breve.

I costi annuali di esercizio e manutenzione, assunti uguali a km, per la Tratta D Lunga sono dell'80% superiori rispetto a quelli della Tratta Breve a causa della lunghezza maggiore.

I risparmi di tempo rappresentano uno degli obiettivi principali di APL, e un fattore determinante della definizione del VANE.

Il completamento della Tratta D avrà un impatto anche sull'ottimizzazione delle distanze percorse nei viaggi stradali, con una variazione relativa dei costi operativi del veicolo.

La variazione di percorrenze chilometriche totali sulla rete genererà inoltre variazioni di esternalità ambientali, espresse dalla monetizzazione dell'inquinamento atmosferico, acustico, emissione di gas serra, riduzioni della congestione e dell'incidentalità.

Infine, l'analisi include il valore residuo per entrambi gli scenari progettuali, che rappresenta i costi e benefici associati all'infrastruttura negli anni successive al termine della concessione.

Entrambe le soluzioni hanno performance economiche tali da giustificare la realizzazione dell'opera. L'alternativa Breve risulta tuttavia avere la performance migliore, sia dal punto di vista dei benefici attuali netti (VANE) che del Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE).

La Tratta D Lunga produce benefici di poco (+1.6%) maggiori rispetto alla Tratta Breve, a fronte di costi (attualizzati) più che doppi (+166%).

Entrambe le soluzioni producono benefici sostanziali per gli utenti legati ai risparmi sul tempo di viaggio, e, in misura minore, ad una riduzione delle esternalità.

Variazioni di costo e delle principali assunzioni non portano ad una modifica materiale della performance economica per entrambe le tratte.

I valori soglia per i costi d'investimento sono estremamente elevati (+1576%) per la Tratta D Breve, ed elevati per la Tratta D Lunga (+508%).

La Tratta D Lunga è esposta ad un profilo di rischio più alto rispetto alla Tratta Breve.

Le criticità della Tratta Lunga sono principalmente dipendenti da variabili legate alle caratteristiche geologiche, di insediamento e ambientali delle aree attraversate dalla tratta autostradale, e dalle conseguenti complessità tecniche di progettazione e costruzione.

La Tratta D Breve mostra criticità più elevate per quanto riguarda rischi di tipo amministrativo, legati all'iter di approvazione, e incertezze dovute al livello di dettaglio del progetto esistente.

12 CONCLUSIONI

Gli approfondimenti e le considerazioni trattate nella presente relazione sono volte all'individuazione dell'ipotesi progettuale che, tra le soluzioni alternative proposte, ottimizza il rapporto benefici – costi.

Nella presente relazione sono state individuate le seguenti differenti soluzioni progettuali:

- **Alternativa progettuale 1 - Opzione “0”**: nessun intervento.
- **Alternativa progettuale 2 - Tratta D “Lunga”**. Tale scenario di intervento prevede la realizzazione dell'intero collegamento autostradale secondo il progetto definitivo approvato dal CIPE, con prescrizioni e raccomandazioni, mediante la delibera n. 97 del 6 novembre 2009 e, a seguito dei recepimenti alle osservazioni, approvato da CAL in data 3 agosto 2010.
- **Alternativa progettuale 3 - Tratta D “Breve”**. Tale scenario di intervento prevede un tracciato che, nella prima parte, ricalca l'andamento del progetto definitivo del 2010 sopra citato, per circa 2 km, per poi piegare verso sud, traguardando l'interconnessione esistente tra l'Autostrada A4 Milano - Bergamo e la A58 – Tangenziale Est Esterna di Milano (TEEM), localizzata tra i comuni di Caponago e Agrate.

L'opzione “0” di non intervento che prevede di fermarsi alla realizzazione della Tratta C terminante con lo svincolo sulla Tangenziale Est nel comune di Usmate, considerato come scenario di stato di fatto al momento della realizzazione della Tratta D (in qualunque delle sue configurazioni), come emerso poi dalle analisi di traffico e successive analisi costi benefici, **non è una soluzione percorribile**.

Le argomentazioni di seguito sintetizzate si riferiscono agli ambiti tematici e puntuali trattati nella presente relazione tecnico illustrativa ovvero:

- Aspetti territoriali, paesaggistici ed ambientali;
- Aspetti tecnici stradali, idraulici e strutturali (opere d'arte);
- Studi di base: idrologia, geologia e geotecnica, idrogeologia, geomorfologia e sismica;

- Aspetti legati alle analisi di traffico;
- Analisi costi benefici.

Per quanto riguarda le valutazioni relative al sistema insediativo e alla rete della viabilità primaria:

- La Tratta D “Breve” espone a un minor impatto il sistema urbano-policentrico del vimercatese e del trezzese, oltre ad escludere i territori dell’Isola bergamasca e il nodo urbano di Osio Sotto.
- La Tratta D “Breve” riduce le interferenze con le porzioni territoriali della Brianza orientale e della provincia bergamasca, riduce il consumo di suolo generato dai trasporti, lasciando aperte possibilità di interventi di razionalizzazione e miglioramento della mobilità locale, mantenendo le occasioni di riqualificazione/rigenerazione urbana e territoriale.
- La Tratta D “Breve” non produce elementi di frattura del modello policentrico maggiori rispetto alla Tratta D “Lunga” nei Comuni di Aicurzio e Sulbiate, di Mezzago e di Cornate d’Adda, anche se viene introdotta una frattura dell’organizzazione territoriale in direzione nord-sud tra Vimercate ed Agrate Brianza.

Per quanto riguarda le valutazioni relative al sistema ambientale dei corsi d’acqua:

- La Tratta D “Breve” riduce significativamente gli elementi di impatto. La soluzione della Tratta D “Breve”, riprendendo nella sola parte iniziale la soluzione della Tratta D “Lunga”, si relaziona unicamente con il corso d’acqua del Torrente Molgora. In altri termini la soluzione progettuale che sviluppa l’ultimo tratto del sistema viabilistico pedemontano nel Comune di Agrate Brianza, esclude l’interazione con i corsi d’acqua del Rio Vallone, del Fiume Adda e del Fiume Brembo.
- La Tratta D “Breve”, nel ricondurre al solo Torrente Molgora il suo potenziale impatto sui corsi d’acqua superficiali, assicura un intervento meno invasivo con le diverse componenti ambientali e di sicurezza idraulica legata al sistema idrografico superficiale.

Per quanto riguarda le valutazioni relative al sistema paesistico/ambientale:

- La Tratta D “Breve”, non introduce, rispetto alla Tratta D “Lunga”, ulteriori elementi di complessità sotto il profilo paesistico e ambientale. Pur non resolvendo completamente le problematiche legate alla riduzione della continuità delle reti verdi

e al consumo di suolo e mantenendo le criticità legate alle fonti di inquinamento e senza introdurre significative innovazioni nell'orientamento verso la conservazione delle risorse, questa soluzione, riduce le interferenze con aree oggetto di tutela di scala sovralocale come i PLIS, (ad eccezione del PLIS PANE) ma anche con ambiti di rango regionale come il Parco del Fiume Adda e la rete ecologica primaria connessa all'elemento fluviale.

- La Tratta D “Breve”, oltre a non interessare questi sistemi ambientali legati principalmente ai corsi d'acqua superficiali, assicura, grazie alla minore lunghezza del tratto autostradale rispetto alla soluzione Tratta D “Lunga”, un minor impatto sul sistema agricolo interferendo con il progetto PANE (Parco Agricolo Nord Est).
- La Tratta D “Breve”, invertendo per una porzione significativa di territorio la sua direzione da est/ovest a nord/sud, elimina gli impatti sul sistema rurale-paesistico-ambientale della porzione più orientale della Provincia di Monza e Brianza e del territorio della Provincia di Bergamo.
- La Tratta D “Breve” se da un lato introduce fratture nel corridoio ecologico con andamento est-ovest indicato dalla provincia di Monza e della Brianza come il corridoio mediano Lambro Adda e riduce il corrispondente corridoio ecologico trasversale, dall'altro non interferisce come la Tratta D “Lunga”, con i corridoi ecologici compresi tra la parte est della provincia di Monza e della Brianza e la provincia di Bergamo.

Per quanto riguarda le valutazioni relative al sistema delle principali tutele ambientali:

- La Tratta D “Breve” presenta una minore interferenza con aree caratterizzate da tutele paesistico-ambientali. Infatti, come si evince dalla DB regionale non sono presenti monumenti naturali, riserve naturali, zone di protezione speciale (ZPS) e zone speciali di conservazione e siti di importanza comunitaria (ZSC e SIC).

Da un punto vista della tecnica stradale come si evince dal paragrafo dedicato le soluzioni alternative individuate, Tratta D “Breve” e Tratta D “Lunga”, sono entrambe conformi alle normative vigenti e di riferimento. Le soluzioni alternative individuate possono considerarsi entrambe valide dal punto di vista della tecnica stradale.

Come per la parte stradale, gli aspetti idraulici, per entrambe le soluzioni sono stati trattati nel pieno rispetto delle normative vigenti al momento della progettazione (Tratta D “Lunga” anno di riferimento per le normative 2010, Tratta D “Breve” anno di riferimento per le normative 2020) e risultano essere valide dal punto di vista dell'ingegneria idraulica. Si fa notare che l'andamento della Tratta D “Breve” in direzione nord-sud, parallelo al reticolo

idrografico principale di fatto riduce i corpi ricettori per lo smaltimento delle acque di piattaforma.

La Tratta D “Lunga” prevede la realizzazione di 16 diverse opere d’arte maggiori e 33 opere d’arte minori, alcune delle quali permettono l’attraversamento dei vari corsi d’acqua principali (fiume Molgora, Rio del Vallone, fiume Adda e fiume Brembo) e secondari che il tracciato incontra lungo il suo sviluppo. Si sottolinea l’elevata criticità del viadotto previsto sul fiume Adda, sia dal punto di vista realizzativo (la luce dell’opera è pari a 500 metri e in approccio al fiume stesso sono previste due gallerie naturali di lunghezza complessiva di 3000 metri), sia dal punto di vista degli alti impatti sul sistema fluviale generati dall’opera stessa.

La Tratta D “Breve” riduce notevolmente il numero complessivo delle opere d’arte (2 opere d’arte maggiori e 16 opere d’arte minori) e la lunghezza totale del tracciato. Gli svincoli previsti in questa soluzione si riducono a due in corrispondenza dell’interconnessione SP2 e dell’interconnessione TEEM–A4.

Per quanto sopra descritto la Tratta D “Breve” risulta essere costruttivamente più “semplice” grazie alla minore lunghezza dell’itinerario rispetto alla Tratta D “Lunga” che permette di ridurre le opere d’arte necessarie e alla minore complessità del territorio attraversato che riduce notevolmente le difficoltà realizzative delle opere d’arte con particolare riferimento alle gallerie e ai viadotti.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici si rileva che:

- La Tratta D “Lunga” mette in evidenza la presenza di cavità da occhi pollini lungo il tracciato, principalmente all’interno della formazione del Ceppo del Brembo (CR) ad una profondità generalmente compresa tra i 15m e 30m dal p.c.. Si indicano “a rischio” tutte quelle zone in cui sono presenti depositi alterati sovrapposti a unità conglomeratiche. Sostanzialmente tale criticità ad alto rischio è ricompresa lungo tutto il tracciato.
- La Tratta D “Breve” mette in evidenza la presenza di una sequenza conglomeratica alla base di una successione costituita da limi - limi sabbiosi e sabbie - sabbie ghiaiose a vari gradi di alterazione. La presenza di tali litologie, non solo crea le condizioni per la formazione dell’occhio pollino, ma ne favorisce il processo di risalita per collasso quando soggetto a variazioni della circolazione idrica sotterranea.
- L’interferenza della problematica dell’occhio pollino tra le soluzioni proposte risulta ridotta per la nuova soluzione progettuale “Breve”. Riducendo l’estensione della tratta non solo diminuisce l’esposizione al fenomeno, ma il confronto con la tavola

dell'assetto idrogeologico del P.T.C.P ha permesso di definire in modo più specifico le aree di particolare interesse di cui tenere conto nelle successive fasi progettuali.

- La Tratta D “Lunga” intercetta il conglomerato (Ceppo del Brembo) in corrispondenza della realizzazione della Galleria naturale “Dei Preti” tra le progressive km 8+500 e km 10+100, la consecutiva Galleria naturale “Roccolo” tra le progressive km 11+400 e km 12+400 e in corrispondenza della progressiva km 15+000.
- La Tratta D “Breve” mette in evidenza la presenza sempre più superficiale del ceppo procedendo lungo la direzione di sviluppo della tratta. Questo raggiunge profondità anche superficiali (5m dal p.c.), interessando le aree designate alla realizzazione dell'opera in esame. Le principali criticità si riscontrano dalla seconda metà del tracciato dove il conglomerato è più superficiale.

Il completamento della Tratta D, nell'ipotesi della Tratta D “Lunga”, previsto a luglio 2030, dovrebbe catturare circa il 40% del traffico in-scope lunga percorrenza (stimato attorno ai 18.000 VTGM nel 2018), quota questa fortemente influenzata dalla tariffa su APL che, per le relazioni di attraversamento da Dalmine sulla A4 alla A8 è circa 3 volte più alta rispetto al percorso attuale A4-A8. I VTGM stimati sulla nuova tratta, all'apertura, si attesterebbero attorno a 19.800 veicoli/gg con un incremento di veicoli km complessivi sull'infrastruttura rispetto allo scenario di non completamento di oltre il 40%.

Nell'ipotesi invece di tracciato alternativo, Tratta D “Breve”, i VTGM sulla nuova tratta sarebbero superiori allo scenario della Tratta D “Lunga” di circa il 17% (23.300 VTGM al 2030) ma vista la lunghezza inferiore di questa tratta (-50%) i veicoli km sull'infrastruttura a regime sarebbero circa il 10%-11% inferiori rispetto al tracciato da convenzione.

Nello scenario 2030 la realizzazione della Tratta D “Lunga” comporta un aumento su APL di veicoli-km del 51,4% e di veicoli-ora del 54,9%, a seguito sia della maggior attrattività dell'infrastruttura una volta completa sia della maggiore lunghezza dell'infrastruttura rispetto allo scenario di non realizzazione della tratta. La rete complessiva mostra benefici rispetto allo scenario di non realizzazione con un decremento del -2,7% dei veicoli-ora.

Lo scenario della Tratta D “Breve” mostra andamenti simili a quello della Tratta D “Lunga” ma con effetti più contenuti, dovuti alla minore estensione. Rispetto allo scenario di mancata realizzazione della Tratta D, l'incremento dei veicoli-km è del 37,8% e quello dei veicoli-ora del +37,9%. Anche la rete complessiva mostra benefici lievemente più contenuti in termini di veicoli-ora, -2,5% rispetto allo scenario senza realizzazione della Tratta D.

Dall'analisi costi benefici emerge quanto di seguito riportato:

- La Tratta D Lunga prevede un costo d'investimento doppio rispetto alla tratta breve attribuibile, oltre alla lunghezza, alle complessità tecniche.
- I costi annuali di esercizio e manutenzione, assunti uguali a km, per la Tratta D "Lunga" sono dell'80% superiori rispetto a quelli della Tratta D "Breve" a causa della lunghezza maggiore.
- Entrambe le soluzioni hanno performance economiche tali da giustificare la realizzazione dell'opera.
- La Tratta D "Breve" risulta avere la performance migliore, sia dal punto di vista dei benefici attuali netti (VANE) che del Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE).
- La Tratta D Lunga produce benefici di poco (+1.6%) maggiori rispetto alla Tratta Breve, a fronte di costi (attualizzati) più che doppi (+166%).
- Entrambe le soluzioni producono benefici sostanziali per gli utenti legati ai risparmi sul tempo di viaggio, e, in misura minore, ad una riduzione delle esternalità.
- I valori soglia per i costi d'investimento sono estremamente elevati (+1576%) per la Tratta D "Breve", ed elevati per la Tratta D "Lunga" (+508%).
- La Tratta D "Lunga" è esposta ad un profilo di rischio più alto rispetto alla Tratta D "Breve" per via delle maggiori complessità tecniche, progettuali e costruttive, conseguenti alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche ed ambientali dei territori attraversati.

Concludendo sulla base di quanto sopra riassunto emerge che:

- Seppure la Tratta D "Lunga" risulti essere già presente in tutti i documenti pianificatori ai diversi livelli per via della fase progettuale avanzata (Progetto Definitivo approvato nel 2010), la Tratta D "Breve" grazie al suo andamento nord-sud e alla ridotta lunghezza del suo itinerario interferisce con il territorio in misura notevolmente minore rispetto alla Tratta D "Lunga";
- Entrambe le soluzioni sono valide dal punto di vista tecnico e normativo con riferimento all'anno di progettazione sia per la parte stradale che per la parte idraulica;
- Seppure la progettazione delle opere d'arte è valida da un punto di vista tecnico e normativo, con riferimento all'anno di progettazione, la Tratta D "Lunga" risulta essere maggiormente complessa a causa del suo itinerario che obbliga alla realizzazione di un maggior numero di opere d'arte, peraltro foriere di maggiore impatto (gallerie e viadotti);

- L'itinerario della Tratta D "Breve" interferisce con il reticolo idrografico principale in misura minore rispetto all'itinerario della Tratta D "Lunga" grazie al suo andamento nord-sud.
- Entrambe le soluzioni sono soggette al fenomeno dell'occhio pollino, ma grazie ad un itinerario ridotto, per la Tratta D "Breve", l'esposizione a tale fenomeno è ridotta. Per entrambe le soluzioni si evidenzia l'interferenza con il ceppo;
- I veicoli teorici giornalieri medi per la Tratta D "Breve" risultano essere superiori del 17% rispetto alla Tratta D "Lunga";
- Lo scenario con la Tratta D "Breve" mostra andamenti simili a quelli della Tratta D "Lunga" ma con effetti più contenuti a causa della minore lunghezza (-50%).

Dall'analisi costi benefici condotta e descritta nello specifico capitolo, sulla base del confronto tra gli indicatori SRIE e VANE, la Tratta D "Breve" rappresenta l'alternativa progettuale individuata che meglio ottimizza il rapporto costi benefici presentando una migliore performance economica rispetto alla Tratta D "Lunga".