

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento DISTART

Tesi di laurea in Ingegneria Civile – Indirizzo Strutture

Insegnamento: Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti

Titolare dell'insegnamento: Chiar.mo Prof. Ing. Alberto Bucchi

## **Collegamento della secante di Cesena S.S. 9 “Via Emilia” verso Nord**

Candidato: Matteo Brighi

Relatore: Chiar.mo Prof. Ing. Alberto Bucchi

Correlatore: Prof. Ing. Andrea Simone

Anno Accademico 2007/2008

Sessione I

## **INDICE**

|  |         |
|--|---------|
| <b>PREFAZIONE</b>  | pag. 4  |
| <b>CAPITOLO 1</b>  |         |
| <b>INTRODUZIONE</b>  |         |
| 1.1 Inquadramento territoriale dell'opera in esame                     | pag. 6  |
| 1.2 Il Piano Regolatore Generale del Comune di Cesena                  | pag. 9  |
| 1.3 Il Piano di Zonizzazione acustica di Cesena                        | pag. 13 |
| 1.4 Il Piano Generale del Traffico Urbano del Comune di Cesena         | pag. 14 |
| 1.5 Il Piano Infraregionale del Cesenate                               | pag. 16 |
| 1.6 Il Piano Regionale integrato dei trasporti                         | pag. 17 |
| 1.7 Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale                 | pag. 21 |
| 1.8 Valutazioni idrologiche del Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone | pag. 25 |
| <b>CAPITOLO 2</b>  |         |
| <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>  | pag. 37 |
| <b>CAPITOLO 3</b>  |         |
| <b>CRONISTORIA</b>   | pag. 38 |
| <b>CAPITOLO 4</b>  |         |
| <b>ADEGUAMENTO</b>   |         |
| 4.1 Analisi dei flussi di traffico                                     | pag. 41 |
| 4.2 Profilo  | pag. 54 |

## **CAPITOLO 5**

### **SEZIONE**

|   |         |
|---|---------|
| 5.1 Sezioni tipo delle carreggiate  | pag. 56 |
| 5.2 Sezioni tipo barriera antifonica e sezioni tipo barriere di sicurezza | pag. 59 |
| 5.3 Sezione tipo sovrastruttura stradale                                  | pag. 62 |
| 5.4 Analisi delle pendenze stradali                                       | pag. 63 |

## **CAPITOLO 6**

### **GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE**

|  |         |
|--|---------|
| 6.1 Distanze di visibilità   | pag. 64 |
| 6.1.1 Visuali libere   | pag. 64 |
| 6.1.2 Distanza di visibilità per l'arresto                           | pag. 65 |
| 6.1.3 Distanza di visibilità per il sorpasso                         | pag. 71 |
| 6.1.4 Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia | pag. 72 |
| 6.1.5 Applicazioni progettuali                                       | pag. 73 |
| 6.1.6 Conclusioni  | pag. 74 |

## **CAPITOLO 7**

### **SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE**

|  |         |
|--|---------|
| Premessa                               | pag. 75 |
| 7.1 Geometria del tracciato            | pag. 76 |
| 7.1.1 Andamento planimetrico dell'asse | pag. 77 |
| 7.1.2 Andamento altimetrico dell'asse  | pag. 79 |
| 7.2 Svincoli                           | pag. 88 |
| 7.3 Pavimentazione                     | pag. 89 |

## **CAPITOLO 8**

### **MANUFATTI**

|  |         |
|--|---------|
| Premessa   | pag. 90 |
| 8.1 Sovrappasso Via San Cristoforo                   | pag. 91 |
| 8.2 Cavalcavia svincolo San Giuseppe                 | pag. 93 |
| 8.3 Sottopasso della S.P. n°51, Diegaro-Pievesestina | pag. 95 |

## **CAPITOLO 9**

### **DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ**

|   |          |
|---|----------|
| 9.1 Premessa e descrizione del diagramma        | pag. 97  |
| 9.2 Costruzione del diagramma delle velocità    | pag. 98  |
| 9.2.1 Diagramma delle curvature                 | pag. 98  |
| 9.3 Diagramma delle velocità                    | pag. 101 |
| 9.3.1 Ipotesi e semplificazioni                 | pag. 101 |
| 9.3.2 Determinazione delle velocità di progetto | pag. 102 |
| 9.4 Lunghezza di transizione                    | pag. 104 |
| 9.5 Valutazione dei dati emersi dal diagramma   | pag. 105 |
| 9.5.1 Distanza di riconoscimento                | pag. 105 |
| 9.6 Esame del diagramma                         | pag. 106 |
| 9.7 Coordinamento piano altimetrico             | pag. 107 |
| 9.8 Perdita di tracciato                        | pag. 109 |

## **CAPITOLO 10**

### **CONCLUSIONI**

pag. 110

## **CAPITOLO 11**

### **BIBLIOGRAFIA**

pag. 111

### **RINGRAZIAMENTI**

pag. 112

**Mi preoccuperò dei ponti quando arriverò al fiume.**

*Benoit Mandelbrot*

## PREFAZIONE

Prima di parlare di lotto zero, credo sia opportuno inquadrare in modo più preciso il significato che riveste la Secante per Cesena. La Secante è senza dubbio l'opera più rilevante e strategica in assoluto degli ultimi decenni ed è destinata a incidere in modo profondo (almeno così ci auguriamo) sulla vita della città, contribuendo a migliorarla sensibilmente. A questa arteria è affidato il compito di raccogliere tutto il traffico di attraversamento di Cesena, e specialmente quello rappresentato dai mezzi pesanti, che gravita principalmente sulla via Emilia, creando da tempo una situazione difficile, ma che negli ultimi anni è divenuta pressoché insostenibile: sono molte migliaia i veicoli che ogni giorno percorrono questa strada che già dalla fine degli anni Sessanta ha cessato di essere periferica e che ai giorni nostri fa ormai parte del centro urbano. La Secante, una volta completata, porrà un rimedio definitivo a questa situazione: secondo le previsioni, sarà in grado di smaltire in modo efficiente circa 40mila veicoli al giorno e, quindi, di rispondere alle necessità di circolazione della città per almeno i prossimi 20-30 anni.

Proprio per l'importanza che il nuovo asse di collegamento riveste, diventa fondamentale garantirne la massima fruibilità, dedicando estrema attenzione non solo alla funzionalità della struttura in sé ( per altro progettata con criteri d'avanguardia, soprattutto per la parte in galleria, che si configura come il primo eco-tunnel italiano ), ma anche al complesso delle opere di collegamento con la viabilità preesistente: svincoli, nodi stradali, nuove connessioni.

È in questo quadro che si inserisce il cosiddetto "lotto zero", cioè quel tratto stradale che prolungherà il primo lotto della Secante verso Forlì e avrà una lunghezza pari a circa 1 chilometro. Entrando nel dettaglio, questo lotto dovrà portare il traffico in uscita dalla Secante dalla via comunale San Cristoforo alla via Provinciale San Giuseppe, sicuramente più idonea a sopportare l'importante mole di traffico veicolare e meglio collegata alla viabilità principale. Il lotto zero si congiungerà con la via Emilia attraverso la già esistente rotatoria davanti al cimitero di Diegaro. Naturalmente, il nuovo tratto sarà dotato di barriere acustiche: si è pensato a strutture in lamiera di acciaio, con funzioni fonoassorbenti e fonoisolanti, per una lunghezza totale di circa 310 metri. Il costo complessivo dell'opera si aggira intorno ai 25 milioni di euro.

Il Comune di Cesena considera questo intervento irrinunciabile, e per questo si stanno valutando le soluzioni più opportune per una sua realizzazione in tempi ragionevolmente brevi. Non a caso, per accelerare le procedure già nel 2004 l'Amministrazione Comunale di Cesena e l'Amministrazione Provinciale di Forlì – Cesena hanno deciso di finanziare direttamente il progetto, e sono stati avviati contatti con i ministeri delle Infrastrutture e dell'Ambiente per sollecitarne l'approvazione e la conseguente disponibilità di fondi.

D'altro canto, non si può dimenticare che il lotto zero s'inserisce nella necessità più complessiva di un nuovo assetto della viabilità del territorio, che troverà una risposta definitiva con il progetto della cosiddetta via Emilia bis. Si tratta di un intervento prioritario non solo per Cesena, ma per tutta la Romagna, e che acquisisce un significato ancor più rilevante alla luce del recente progetto relativo alla Civitavecchia-Orte-Cesena-Ravenna-Mestre. In quest'ottica, il lotto zero assume una funzione indispensabile per armonizzare la grande circolazione che gravita sul nodo cesenate, destinato a diventare ancora più rilevante nel momento in cui si svilupperà la dorsale autostradale appenninica, la futura E45/E55.

*Arch. Giordano Conti*  
*Sindaco di Cesena*

## **CAPITOLO 1**

### **INTRODUZIONE**

#### *1.1 Inquadramento territoriale dell'opera in esame*

L'ambito territoriale in cui si inserisce l'opera si colloca nel Comune di Cesena in continuità della secante di Cesena e va a collegarsi con la S.S. n°9 in località Diegaro.

Da un primo ampio inquadramento l'ambito è delimitato a sud dalla presenza delle prime colline Romagnole e a nord dal tracciato dell'autostrada A14 Bologna-Rimini.

All'interno di questo corridoio trovano posto la linea ferroviaria Bologna-Ancona, l'attuale sede della S.S. n°9 Emilia ed i centri urbani di Cesena a est.

Gli usi che caratterizzano il corridoio sono misti con una prima zona praticamente a ridosso della E45 e lungo l'attuale San Cristoforo, maggiormente insediata e una zona posta più ad ovest a destinazione agricola con frutteti, zone industriali e residenziali. Queste ultime praticamente localizzate lungo la San Cristoforo frazione Case Scuola Vecchia. L'ambito in generale si presenta fortemente frammentato per la presenza di un fitto reticolo stradale.

In particolare per quanto riguarda la viabilità va fatto notare come la secante sia attualmente già collegata con la San Cristoforo mediante immissione a raso.

Il tracciato in oggetto, c.d. LOTTO 0, è relativo al collegamento fra la Secante di Cesena e la S.S.n°9 in località Diegaro.

Si procede da Cesena verso Forlimpopoli.

A Cesena il tracciato parte dallo svincolo, attualmente esistente, della "Secante" di Cesena con la S.G.C. "E45".

Con una leggera curvatura sinistrorsa si incontra S.C. "S. Cristoforo" che per motivi ambientali e in considerazione dell'elevato tasso di antropizzazione urbana



su detta via, viene sottopassata. Per agevolare il sottopasso al fine di non incidere troppo sullo svincolo con la E45 e per limitare gli sbancamenti e le necessarie opere di sostegno, la S.C. “S. Cristoforo” viene sopraelevata dalla sede attuale di circa un metro.

Dopo circa 500 m, quando la variante è praticamente “a raso”, si ha lo svincolo a “trombetta” con la S.P. n. 51 “S. Vittore-Diegaro-Pievesestina”.

Le principali conseguenze che deriveranno dalla realizzazione del “lotto zero”, oltre che a soddisfare completamente l’obiettivo originale adottando la soluzione di minor impatto ambientale, permette di:

- disimpegnare l’area industriale ad Ovest della E45 in comune di Cesena;
- immettere le attività produttive nel grande sistema della viabilità;
- facilitare l’accessibilità agli addetti ai lavori.

In seguito il tracciato sottopassa la S.P. n. 51 “a raso”, essendo tale strada provinciale in rilevato per avere superato la ferrovia. Il tracciato quindi si avvicina alla ferrovia Bologna-Rimini, mantenendosi da questa distante 30 m come richiesto dalla normativa.

Il tracciato si sviluppa, quindi, in rettilineo senza svincoli, né intersezioni di rilievo od opere d’arte particolari, predisponendosi al futuro collegamento con la “Via Emilia bis”.

La realizzazione del progetto prevede l’esproprio e la demolizione di una parte dei fabbricati compresi all’interno dell’area su cui grava il sottopasso San Cristoforo e l’Asse SV2 della viabilità di servizio, nonché del fabbricato che insiste sullo svincolo a trombetta.

La scelta del tracciato non può prescindere dalle caratteristiche di funzionalità dell’opera e del territorio in cui si viene ad inserire. Il corridoio d’azione che individua il tracciato è infatti delimitato da barriere strutturali e morfologiche fortemente vincolanti traducibili nell’esigenza di creare un collegamento tra infrastrutture già realizzate come la Secante di Cesena e la E45 con la viabilità locale e quindi la presenza di due punti di attacco già fissati per le estremità del

tracciato determinano una diminuzione delle possibilità di sviluppo di ipotesi alternative.

Al di là di questi primi vincoli progettuali ritengo sia utile e necessario inquadrare l'opera anche sotto l'aspetto degli strumenti di pianificazione vigenti.

## *1.2 Il Piano Regolatore Generale del Comune di Cesena*

Le trasformazioni e gli usi del territorio del Comune di Cesena trovano applicazioni e riferimenti normativi all'interno del Piano Regolatore Generale, Variante Generale 2000 approvato con delibera di Giunta Provinciale n. 348/2003 del 29/07/2003.

La pianificazione territoriale, attraverso il Regolamento Edilizio e le Norme Tecniche di Attuazione, detta le disposizioni generali e specifiche per gli interventi di trasformazione fisica e per i modi d'uso del territorio oltre che degli immobili ricadenti entro il territorio comunale, in applicazione delle vigenti disposizioni di legge.

Il PRG è stato elaborato ai sensi della Legge n. 1150/42 e successive modifiche ed integrazioni e della Legge Regionale n. 47/78 e successive modifiche ed integrazioni, con particolare riferimento alla Legge Regionale n. 6/95 e nel rispetto delle altre norme legislative in materia di pianificazione urbanistica, di tutela e uso del territorio.

Le previsioni del PRG si conformano inoltre alle disposizioni e indicazioni della pianificazione regionale e provinciale con particolare riferimento a:

- Piano Territoriale Paesistico dell'Emilia Romagna (P.T.P.R.);
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) per quanto riguarda i contenuti e i vincoli;
- Piano Regionale Integrato dei Trasporti dell'Emilia Romagna '98.

L'approvazione definitiva del Piano Regolatore Generale sancisce inequivocabilmente la conformità dello strumento urbanistico ai disposti del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Forlì-Cesena, piano che, approvato dalla Giunta Regionale con deliberazioni n. 1595 del 31/07/2001 costituisce per l'ambito provinciale specificazione, approfondimento ed attuazione delle previsioni contenute nel Piano Territoriale Paesistico Regionale dell'Emilia Romagna, nonché, ai sensi dell'art. 24 della Legge Regionale 20/00, riferimento,

in materia di pianificazione paesaggistica, per gli strumenti comunali di pianificazione e per l'attività amministrativa attuativa.

All'interno del progetto della realizzazione del modello di "rete di città regionali", delineato all'interno del P.T.R., Cesena si configura come uno dei centri che negli ultimi anni ha avuto un notevole dinamismo sia economico che nell'offerta dei servizi al territorio circostante, da cui è derivata una forte e crescente richiesta insediativi. Il suo ruolo all'interno della realtà regionale è rafforzato dalla rete infrastrutturale presente, caratterizzata da due infrastrutture di livello nazionale (A14 e E45), che si incontrano nel territorio cesenate determinando uno snodo tra il corridoio adriatico e quello della Via Emilia e potenziate attraverso la realizzazione della terza corsia dell'A14 e il completamento dell'E45 tra Sarsina e Bagno di Romagna. La successiva realizzazione del Casello Nord ha messo in collegamento le due arterie con il territorio cesenate.

Alla scala comunale e comprensoriale, la città è di fatto caratterizzata dall'asse viario della Via Emilia. La sua criticità aumenta nel tratto urbano per la concentrazione di attività commerciali, direzionali e di servizi che negli ultimi anni si sono potenziate a fronte di un invariato assetto infrastrutturale.

Nel PRG85 la Secante era individuata come l'elemento ordinatore dell'assetto infrastrutturale urbano in grado di incidere profondamente sul traffico urbano consentendo quindi un diverso uso della Via Emilia. Il primo lotto, dalla Via S. Cristoforo alla Via Togliatti è stato aperto al traffico nei primi mesi del 1990. Successivamente ANAS ha finanziato e appaltato due ulteriori lotti: quello tra la Via Togliatti e lo stadio che comprende un tratto in galleria di 1.600 metri circa di lunghezza, inaugurato lo scorso 29 Febbraio con la presenza, vista l'importanza dell'opera, di personalità di primo ordine su scala locale e nazionale e quello che dallo stadio ritorna sulla Via Emilia in località Case Castagnoli già aperto al traffico dal 2004.

La secante rimane quindi incompleta del c.d. “lotto zero” tra la Via S. Cristoforo e la nuova Via Emilia, la cui realizzazione è confermata nel nuovo piano.

Fino alla realizzazione del nuovo tratto della Via Emilia vanno trovate soluzioni all’attuale sbocco della Secante sulla Via S. Cristoforo con il suo allargamento, fino alla rotonda della Via Diegaro–Pievesestina, da realizzare con l’attuazione dell’area produttiva posta a cavallo della stessa.

Gli interventi suddetti, insieme alla già avvenuta realizzazione del Terzo Ponte sul Savio consentiranno diverse modalità di attraversamento della città di entrata ed uscita dalle principali strade urbane e di movimento all’interno del centro cittadino soprattutto in relazione alla Via Emilia che conferma il ruolo di asse “urbano” attraverso diversi interventi previsti di riqualificazione.

Dal punto di vista della zonizzazione prevista nella Variante PRG2000, l’area interessata dal progetto di collegamento tra secante e nuova Via Emilia, denominato appunto “lotto zero”, è caratterizzata da un uso prevalentemente agricolo e produttivo in cui si distinguono alcuni nuclei residenziali: “Case Scuola Vecchia”, “Diegaro”, “Pievesestina” e “San Cristoforo”.

Nell’area è prevista in particolare l’espansione del settore produttivo favorita dal potenziamento del sistema di interconnessione della rete viabilistica.

Due comparti produttivi denominati “PUA 4-Pievesestina, area Sapro” e “PUA 5-Pievesestina, area Sacim e altre” sono localizzati a cavallo della Via San Cristoforo, già interessati da Piani Urbanistici Attuativi convenzionati e quindi con progetti già approvati e in attesa di attuazione. A nord di tale area sono presenti i comparti “PUA 3-Pievesestina, autoporto sud”, e l’area di nuova trasformazione denominata “12/11-AT 4a Pievesestina-Via Fossalta” che completano l’insediamento della zona industriale di Pievesestina in cui sono presenti in particolare l’autoporto e il nuovo mercato ortofrutticolo.

A ridosso dell'E45 a nord-est dello svincolo tra E45 e secante in località "Case Gentili" sono previsti ulteriori comparti, tra cui "PUA 6-Finsoge" ampia zona produttiva in corso di ristrutturazione e al cui interno sono previste destinazioni polifunzionali e residenziali, completata dalle nuove aree polifunzionali "12-18 e 12-19-AT 4a Case Gentili" e dalle aree prevalentemente residenziali "12-16 e 12-17-AT 3 Case Gentili".

Nelle tavole della zonizzazione una parte del tracciato del c.d. "lotto zero" ricade nell'area di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile da sottoporre a vincoli di uso del territorio ai sensi del Dlgs 152/99. In tali zone sono vietate una serie di attività tra le quali la dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade.

Occorre quindi valutare la sovrapposizione del tracciato alla fascia di tutela delle risorse idriche, prevedendo tutti gli accorgimenti necessari utili a evitare possibili contaminazione delle stesse risorse idriche.

### *1.3 Piano di zonizzazione acustica di Cesena*

Il Piano di zonizzazione acustica del Comune di Cesena è stato approvato con D.C.C. n. 266 del 16/12/2002 e modificato con D.C.C. n. 10 del 27/01/2003.

L'area è classificata in III classe ad esclusione delle aree:

- “PUA 4-Pievesestina, area Sapro” a destinazione artigianale e in parte terziaria e classificata in classe V;
- “PUA 5-Pievesestina, area Sacim” esclusivamente artigianale e classificata in VI classe;
- “PUA 6-Finsoge” a destinazione polifunzionale e classificata in IV classe;
- “PUA 3-Pievesestina, autoporto sud” esclusivamente artigianale e classificata in VI classe.

Considerate attuate in quanto interessate dai Piani urbanistici attuativi progressivi previsti dal PRG 85 con progetti approvati in attesa di attuazione.

Ricadono invece nello stato di progetto:

- 12/11-AT4a Pievesestina –Via Fossalta classificata in V classe;
- 12-18 e 12-19-AT4a Case Gentili classificata in V classe;
- 12-16 e 12-17-AT3 Case Gentili classificata in III classe;

Le infrastrutture viarie hanno invece la seguente classificazione:

- E45, linea ferroviaria, tracciato esistente della secante, Via Diegaro-Pievesestina, Via Dismano sono classificate in IV classe;
- Via S. Cristoforo è classificata in III classe;

#### *1.4 Il Piano Generale del Traffico Urbano del Comune di Cesena*

Il Comune di Cesena in ottemperanza al D.L. n. 285/92 “Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico” si è dotato nel 1997 di un P.G.T.U., approvato con D.C.C. n. 167 del 23/07/98 che interessa tutti i settori di studio della pianificazione dei trasporti: analisi di reti, plurimodalità, trasporto pubblico, trasporto privato, pedaggi, sosta, tariffe, aspetti economici e finanziari.

Il Piano persegue gli obiettivi di migliorare le condizioni generali di circolazione, sosta, trasporto pubblico, ecc. contribuendo alla riduzione degli inquinanti atmosferici, ridurre l'inquinamento acustico, ridurre le barriere e migliorare la mobilità per gli utenti deboli.

Nonostante la realizzazione di buona parte degli interventi infrastrutturali e veicolari previsti dal P.U.T. del 1983, dalla Variante del P.R.G. del 1985 e dal Programma Urbano dei Parcheggi (primo stralcio della Secante, alcuni cavalcaferrovia, i parcheggi a corona del Centro storico e quelli periferici di interscambio, chiusura al traffico veicolare di buona parte del Centro storico, circolazione a stanze e corridoi nelle strade rimaste aperte, regolazione coordinata e attuata di alcune intersezioni della Via Emilia, realizzazione di percorsi ciclopedonali), a causa di dinamiche tipiche di questi anni (decentramento delle attività sul territorio, crescita del trasporto individuale), si è prodotta una fortissima crescita del traffico veicolare (e relativa crescita della incidentalità), accompagnata da un consistente calo di utilizzazione del trasporto pubblico, e dalla conseguente crescita della domanda di parcheggio nel Centro storico tali che appare necessario intervenire con energia per modificare la situazione esistente.

Tra gli interventi previsti dalla Amministrazione Comunale anteriormente alla redazione del P.G.T.U. compaiono il completamento della Secante ed il riassetto urbanistico e funzionale della Via Emilia, che in seguito al completamento della Secante, andrà ad assumere un ruolo di asse primario esclusivamente urbano.



Le proposte di interventi avanzate dal P.G.T.U. riguardano:

- un sistema di azioni sul Centro Storico (estensione delle zone a traffico limitato, mantenimento dell'equilibrio domanda/offerta di aree di sosta, pedonalizzazioni);
- miglioramenti nell'offerta di trasporto pubblico;
- istituzione di zone a "traffico pedonale privilegiato" nei quartieri a maggior caratterizzazione residenziale;
- classificazione e regolamento della viabilità.

Tra gli interventi previsti dal P.G.T.U. per la viabilità sono individuati alcuni interventi infrastrutturali, tra cui compare il completamento della secante, anche se previsto compiuto oltre l'orizzonte di viabilità del Piano, e alcuni interventi di regolazione del traffico che interessano la Via Emilia, che provvisoriamente fino al completamento della Secante, viene considerata "di scorrimento", e riguardano la limitazione delle interferenze con il traffico trasversale, misure per lo scorrimento e le manovre di svolta, il coordinamento semaforico, le possibilità di attraversamento.

### *1.5 Il Piano Infraregionale del Cesenate*

Nel 1995 la Giunta Regionale ha approvato il Piano Infraregionale del cesenate, adottato dall'Assemblea dei Comuni, avente contenuti socio-economici e territoriali. Il piano contiene due approfondimenti tematici sulle aree interessate dal corridoio Via Emilia ed E45. Dal punto di vista infrastrutturale il piano prevede tra gli interventi da realizzare e/o da completare il sistema di attraversamento alternativo alla Via Emilia (secante) e la sua prosecuzione verso Forlì (nuova Via Emilia) e verso Rimini. Alcuni altri interventi risultano strettamente connessi con la realizzazione di questi ultimi quali la riqualificazione dell'attuale sede della Via Emilia come viale urbano con piste ciclabili, marciapiedi e spazi attrezzati per la fermata dei mezzi pubblici.

### *1.6 Il Piano Regionale integrato dei trasporti*

Il Piano regionale integrato dei trasporti fu approvato dalla Regione Emilia - Romagna nel 1998. Le opzioni strategiche del PRIT 98 contemplano i seguenti obiettivi:

- rendere efficiente il sistema economico della Regione E.R.;
- rendere sostenibile la mobilità delle persone e delle merci.

Ciò comporta:

- la necessità di rafforzare la rete dei centri maggiori della Regione, l'asse est-ovest come matrice metropolitana entro cui realizzare una vera città-regionale "funzionale" i cui caratteri metropolitani siano imputabili, in modo particolare all'efficienza della rete dei servizi e di trasporto passeggeri e merci.

- Individuare un assetto di rete capace di servire i vari distretti industriali insediati e di accrescerne la possibilità di sfruttare al meglio la rete di trasporto regionale e nazionale.

- Creare un sistema infrastrutturale interconnesso, strutturato su una rete di corridoi plurimodali-intermodali affiancati tra loro e inseriti all'interno dei centri di interscambio opportunamente razionalizzati e potenziati.

Cesena gode in tal senso di notevoli vantaggi di posizione e di dotazioni infrastrutturali, per la presenza dell'A14, della ferrovia Bologna-Ancona e dell'E45, per la struttura del proprio sistema produttivo e per la particolare forma e distribuzione della sua armatura urbana. Si ritrova quindi nelle migliori condizioni per dare una risposta strategica di innovazione del processo logistico, almeno per quanto attiene all'organizzazione fisica delle reti al suo interno.

Poco meno di un fa, i Presidenti delle Regioni del nord Italia ( Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia, Emilia - Romagna, Veneto, Friuli e le Province autonome di Trento e Bolzano) hanno sottoscritto un patto per rispondere all'emergenza infrastrutturale in questa area del Paese.

Infatti, il deficit infrastrutturale che le regioni del nord scontano ormai da diversi anni rappresenta un ostacolo allo sviluppo dei territori interessati, oltre che un'ipoteca sul futuro dell'Italia.

La gravità della situazione è confermata da un'analisi oggettiva della realtà, che evidenzia come l'attuale dotazione infrastrutturale del nord Italia presenti evidenti ritardi rispetto ai nostri competitori internazionali di riferimento. In particolare, il deficit infrastrutturale è forte per le autostrade ( 1,23 km per 10.000 abitanti contro 1,88 in Baviera, 2,08 in Catalogna e 2,10 in Rhone – Alpes ) e per le ferrovie ( 2,65 km per abitante contro 4,65 del Rhone – Alpes ).

Ad aggravare la situazione contribuiscono le dinamiche di mobilità delle regioni del nord, che sono in linea con gli andamenti registrati in Europa dove, dal 1970 ad oggi, i trasporti sono più che raddoppiati ( +185% per le merci e +145% per le persone ).

Peraltro, l'obiettivo di incremento del livello di interscambio fra cittadini, sistemi economici e Paesi, è ben evidenziato dall'Unione Europea che, con la Conferenza di Lisbona, ha inserito il tema dei corridoi internazionali e delle reti TEN ( Trans European Network ), contenute nel libro bianco dei Trasporti, nei primissimi posti delle proprie azioni.

A livello emiliano-romagnolo, il P.R.I.T. ha fatto propri i seguenti obiettivi:

- Massimizzare l'efficienza interna del trasporto locale e la sua integrazione con quello ferroviario, in modo da dare vita ad un sistema di trasporto integrato passeggeri, di tipo collettivo, che sia in grado di competere al più alto livello.

- Massimizzare la capacità intrinseca del sistema ferroviario di assorbire tutto il traffico possibile delle persone e delle merci, mediante una profonda riorganizzazione dei servizi sull'intera rete. L'obiettivo è

dare una risposta di mercato al continuo incremento dei traffici stradali, rendendo competitiva l'offerta di trasporto collettivo pubblico sul piano dell'efficienza.

- Creare un sistema infrastrutturale fortemente interconnesso, strutturato come rete di corridoi plurimodali-intermodali (strada, ferrovia, vie navigabili) affiancati tra loro e reciprocamente innervati all'interno di centri di interscambio opportunamente razionalizzati e potenziati. Ciò allo scopo di creare le condizioni oggettive per il maggior trasferimento possibile delle merci dalla strada alla ferrovia e alle vie navigabili interne e marittime (progetto di "piattaforma-regione").

- Creare un sistema di infrastrutture stradali altamente gerarchizzato, organizzato a maglie larghe, che permetta di trattenere il più possibile entro una viabilità di standard autostradale i flussi di mezzi pesanti per il trasporto delle merci, siano essi in attraversamento o al servizio della struttura produttiva e del sistema di distribuzione regionale delle merci (ancora il progetto di "piattaforma-regione"). Ciò oltre che per evidenti motivi di funzionalità, anche per proteggere il territorio e le sue componenti sociali ed ambientali dall'impatto provocato dal trasporto pesante su gomma.

- Organizzare il disegno della rete stradale in modo da aumentare la sua efficienza intrinseca, migliorando i suoi indici prestazionali a parità di soddisfazione delle "linee di desiderio". Detto in altri termini, il PRIT 98 disegna la rete stradale in modo che la domanda di spostamento da un punto all'altro della Regione sia soddisfatta mediante una diversa organizzazione del sistema ferroviario e degli itinerari stradali, che permetta:

- un minor consumo di energia e di carburante;
- una minore quantità di emissioni inquinanti in atmosfera;
- una maggiore velocità media, nei limiti di minore emissione di inquinanti atmosferici da parte dei veicoli e, quindi, un certo risparmio di tempo da parte degli utenti;

- una riduzione dei percorsi medi;
- una minore emissione di rumore;
- un recupero di funzionalità di itinerari saturi
- il rispetto e la valorizzazione delle emergenze naturali, paesaggistiche e storico-culturali della Regione.

### *1.7 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*

La Provincia di Forlì-Cesena ha approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 1595 del 31 luglio 2001 il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale per la parte riguardante l'adeguamento al Piano Territoriale Paesistico Regionale. In tal caso, nell'ambito del presente studio il P.T.P.R. è sostituito dal P.T.C.P. per quel che riguarda gli approfondimenti e i vincoli di tipo ambientale. Il P.T.C.P. ha rinviato ad una fase successiva le tematiche socio-economiche, dall'infrastrutturazione del territorio agli insediamenti per le quali quindi risulta vigente il suddetto Piano Infraregionale del Cesenate.

Il P.T.C.P. interviene sul territorio cesenate con alcuni cambiamenti rispetto al PTPR:

- estende su tutta la quinta collinare ad est del fiume Savio e fino alla Via Emilia la "Zona di particolare interesse paesaggistico ambientale" (art. 19 del PTPR);

- ridefinisce le zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 17 del PTCP) e suddivide le medesime in sottozone graduandone i limiti e la tutela;

- inserisce in "zone di tutela della struttura della centuriata" (art. 21B) l'area ad ovest di Cesena compresa tra la ferrovia e la via S.Cristoforo.

Il P.T.C.P., nel perseguimento e approfondimento degli obiettivi e dei disposti del P.T.P.R., ne assume la medesima articolazione:

- zone A, cioè sistemi, zone ed elementi di cui è necessario tutelare i caratteri strutturanti la forma del territorio: Sistema dei crinali e collinare, Sistema forestale e boschivo, costiero, agricolo, delle acque superficiali;

- zone B, cioè gli elementi di specifico interesse storico e naturalistico da tutelare: zone di interesse storico-archeologico, insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane, zone di interesse storico testimoniale, zone di tutela naturalistica, zone di interesse paesaggistico-ambientale;

- zone C, cioè zone a particolare vulnerabilità anche comprese nelle A e B, di cui approfondire la programmazione per limitare le trasformazioni d'uso.

Per l'attuazione delle finalità della pianificazione paesistica, il piano detta:

- indirizzi, cioè norme di orientamento della attività pianificatoria;
- direttive, cioè norme direttamente operative da osservare nella pianificazione e negli atti amministrativi;
- prescrizioni, cioè norme vincolanti relative a sistemi, zone ed elementi specificatamente individuati, che prevalgono sugli altri strumenti di pianificazione.

Il P.T.C.P. individua le Unità di Paesaggio, ambiti territoriali omogenei sotto l'aspetto paesaggistico ambientale. Il tracciato ricade nella unità numero 6 "Paesaggio della Pianura agricola insediativa" e 6a "Paesaggio della Pianura agricola pianificata", costituita prevalentemente da depositi alluvionali. Gli aspetti geologici di maggiore interesse relativamente a questa unità risiedono nella distribuzione e nelle caratteristiche di questi terreni nel sottosuolo. Sono infatti legati a questi aspetti caratteri quali l'utilizzo e la tutela delle risorse idriche sotterranee da un lato e il fenomeno della subsidenza dall'altro. A ridosso della fascia collinare si sviluppa un'estesa area di ricarica degli acquiferi di pianura in sovrapposizione, per ampie porzioni, con le fasce alluvionali dei corpi idrici superficiali mentre, proseguendo verso NE, gli acquiferi sotterranei si approfondiscono man mano andando a costituire il serbatoio di quelle risorse idriche ampiamente sfruttate. Le problematiche ambientali maggiori sono riconducibili alla forte concentrazione insediativa e alle forme di utilizzo e trasformazione del territorio connesse, che hanno causato in particolare subsidenza e perdita di naturalità delle aste fluviali con conseguenti difficoltà di scolo del reticolo secondario.

Il paesaggio della pianura agricola pianificata è caratterizzato dagli elementi della matrice di impianto della quale permangono sia i limiti perimetrali, costituiti dalle strade e dai connettori del sistema scolante, e sia quelli interni, individuati dalla viabilità secondaria (quintane), e dall'insieme delle strutture rappresentate dalla griglia formata dai fossi di scolo e dalla scansione che ne definisce i campi.



Il paesaggio della pianura agricola insediativa è caratterizzato dalle strutture derivate da un processo di stratificazione che ha coinvolto matrici di antica pianificazione (centuriazione), fortemente interessate ed integrate, nel corso dell'antropizzazione, da fenomeni di dissesto di varia natura e ricucite gradualmente con elementi determinati da forme di spontanea assonanza con i vincoli creati dalla natura stessa del dissesto.

In tali unità di Paesaggio si sviluppano maggiormente le reti infrastrutturali dei servizi e della viabilità. L'elevata infrastrutturazione discende dalla presenza delle due principali città (Cesena e Forlì) e della città di Forlimpopoli; dalla presenza dell'agglomerato dei quattro comuni della "Città del Rubicone" (Savignano sul Rubicone, Gatteo, Gambettola, San Mauro Pascoli); dalla presenza di un forte sistema insediativo sparso; dalla presenza del "corridoio Emilia" costituito dalla Via Emilia, dalla linea ferroviaria e dall'autostrada.

L'analisi della zonizzazione del piano relativa all'ambito di indagine ha permesso di individuare le interferenze dell'opera con le diverse aree omogenee. In particolare il tracciato del nuovo asse stradale intercetta:

- zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (art. 28).

Distinte in:

a) area di alimentazione degli acquiferi sotterranei ossia aree caratterizzate da elevata permeabilità dei terreni in cui si verifica una connessione diretta tra il primo corpo tabulare ghiaioso superficiale e i corpi ghiaiosi più profondi;

b) area caratterizzata da ricchezze di falde idriche ossia aree appartenente ai corpi alluvionali dei corsi d'acqua appenninici caratterizzata da ricchezze di falde idriche nel sottosuolo e riconoscibile in superficie per le pendenze ancora sensibili rispetto a quelle della piana alluvionale;

Per tali aree la normativa prescrive che le nuove opere non siano causa di turbamento del regime delle acque sotterranee ovvero della rottura dell'equilibrio tra prelievo e capacità di ricarica naturale degli acquiferi. Sono inoltre vietate attività pericolose nell'ambito dell'inquinamento delle falde, in particolare gli scarichi liberi sul suolo e nel sottosuolo di liquidi e di altre sostanze di qualsiasi genere e provenienza, dunque anche i liquidi di scolo della piattaforma stradale.

- zone di tutela della struttura centuriata (art. 21B, comma 2, punto a). tali aree, possono essere interessate da linee di comunicazione viaria qualora previste da strumenti di pianificazione o programmazione nazionale, regionale o provinciale, fermo restando il rispetto delle disposizioni dettate per tali ambiti. In particolare la normativa prescrive che qualsiasi intervento di realizzazione, ampliamento e rifacimento di infrastrutture viarie debba risultare coerente con l'orientamento degli elementi lineari della centuriazione. Gli interventi che alterano le caratteristiche essenziali delle zone di tutela degli elementi della centuriazione non possono:

- a) sopprimere i tracciati di strade, strade poderali ed interpoderali;
- b) eliminare i canali di scolo e/o irrigazione; su di essi sono consentiti esclusivamente tombamenti puntuali per soddisfare le esigenze di attraversamento.

### *1.8 Valutazioni idrologiche del Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone*

Il tratto stradale in progetto è localizzato a valle dell'area industriale situata a Nord degli abitati di Diegaro e Torre del Moro e prolunga il tracciato esistente della Secante di Cesena per circa 1 Km (Figura 1).

Il nuovo tracciato stradale intercetta gli scoli consorziali S. Cristoforo del Fossalta, S. Giuseppe del Fossalta, Fossalta del Dismano come indicato in Figura 2 e Figura 3. Le modifiche più sostanziali si hanno per lo scolo S. Cristoforo che viene deviato per un tratto di circa 500 m e combinato in due distinti tratti, mentre per gli scoli restanti l'interferenza si esplica nella tombinatura di due tratti per il Fossalta e di un tratto iniziale per il S. Giuseppe. Si rende dunque necessaria, ai fini di un corretto dimensionamento degli interventi di tombinamento ed eventuale risagomatura degli scoli, una valutazione idrologica preliminare per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno e la contestuale verifica idraulica di alcune sezioni trasversali-tipo per il fosso ed i tombini atte a contenere le portate di progetto con un adeguato franco di sicurezza.

I bacini drenati dagli scoli in esame sono rappresentati in Figura 4, sulla base delle indicazioni fornite dal competente Consorzio di Bonifica del Savio e Rubicone (di seguito anche solo Consorzio o C.B.S.R.). Gli scoli drenano aree pianeggianti a valle della Via Emilia, nella zona nord ovest del corso del fiume Savio e le sezioni interessate dall'interferenza con il tracciato stradale sono situate a monte della confluenza dei restanti bacini medesimi nel Fossalta, ragion per cui, per le valutazioni idrologiche, questa ultima è stata presa quale sezione di chiusura di riferimento (Figura 4). Le caratteristiche planoaltimetriche dei bacini, desunte dalle informazioni disponibili presso il Consorzio e dall'esame della cartografia C.T.R. 1:10.000, sono sintetizzate in Tabella 1, dove la lunghezza (L) e pendenza media (i) dell'asta si riferiscono al percorso idraulico più lungo dalla chiusura del bacino principale al punto più lontano.

E' indicata sia l'area  $A_{tot}$  [km<sup>2</sup>] sino alla chiusura considerata, sia l'area effettiva  $A$  [km<sup>2</sup>] drenata sino alle sezioni oggetto di intervento.

|                                  | <b>Atot</b>           | <b>Quota<br/>max<br/>sulla<br/>sezione</b> | <b>L</b>  | <b>i =<br/>pendenza</b> | <b>Quota<br/>media<br/>sulla<br/>sezione</b> | <b>A</b>              |
|----------------------------------|-----------------------|--|-----------|-------------------------|--|-----------------------|
|                                  | <b>Km<sup>2</sup></b> | <b>m</b>                                   | <b>km</b> | <b>( - )</b>            | <b>m</b>                                     | <b>Km<sup>2</sup></b> |
| Fossalta<br>del Dismano          | 0.95                  | 33.4                                       | 2.0       | 0.0030                  | 6.4  | 0.91                  |
| S.<br>Giuseppe del<br>Fossalta   | 0.20                  | 31.4                                       | 1.3       | 0.0030                  | 2.7  | 0.02                  |
| S.<br>Cristoforo<br>del Fossalta | 1.62                  | 36.3                                       | 2.9       | 0.0035                  | 11.7   | 1.58                  |

**Tabella 1 – Caratteristiche principali dei bacini in esame.**

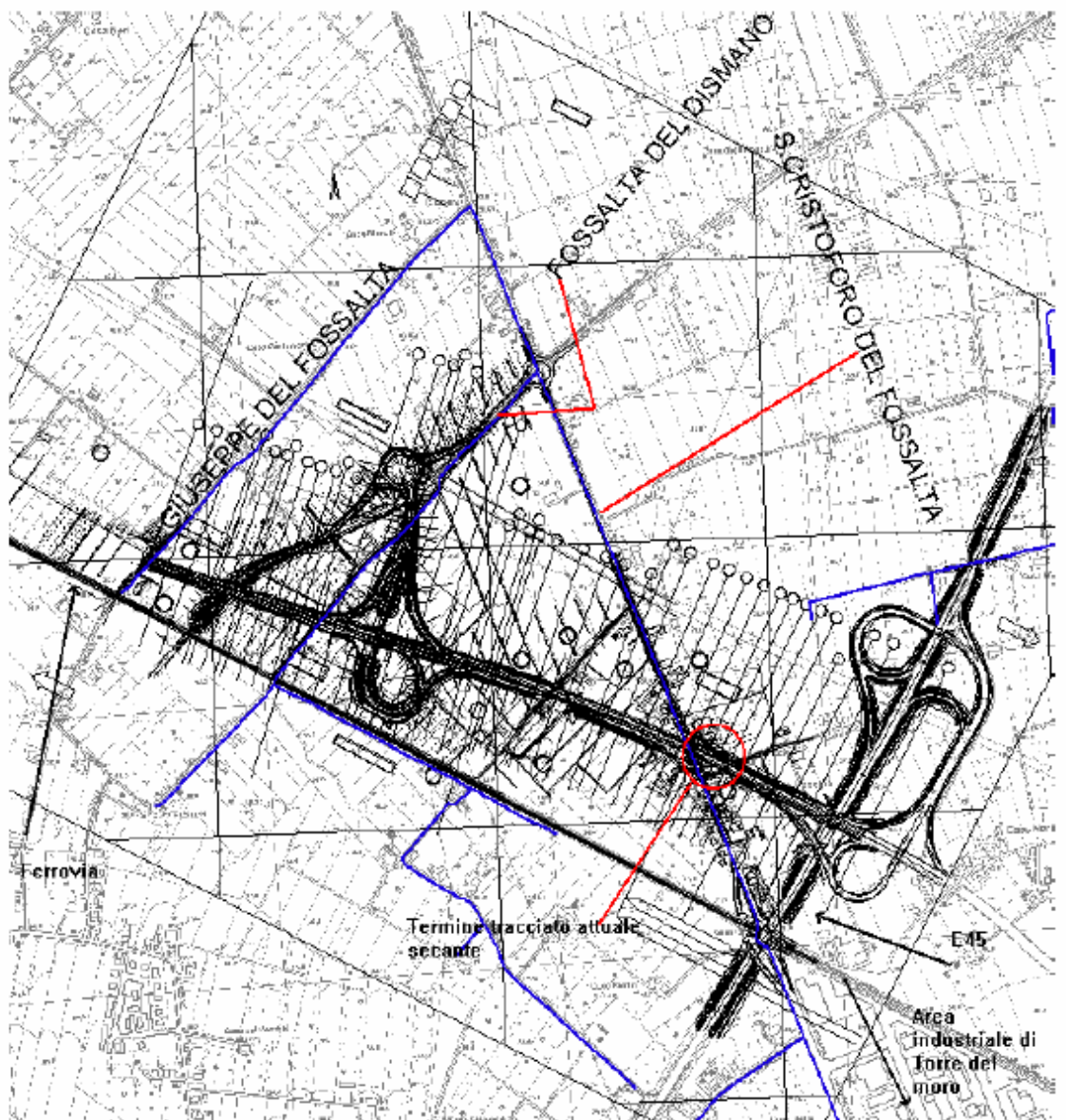


Figura 1 – Ubicazione del tracciato in progetto per la Secante e degli scoli consorziali interessati.

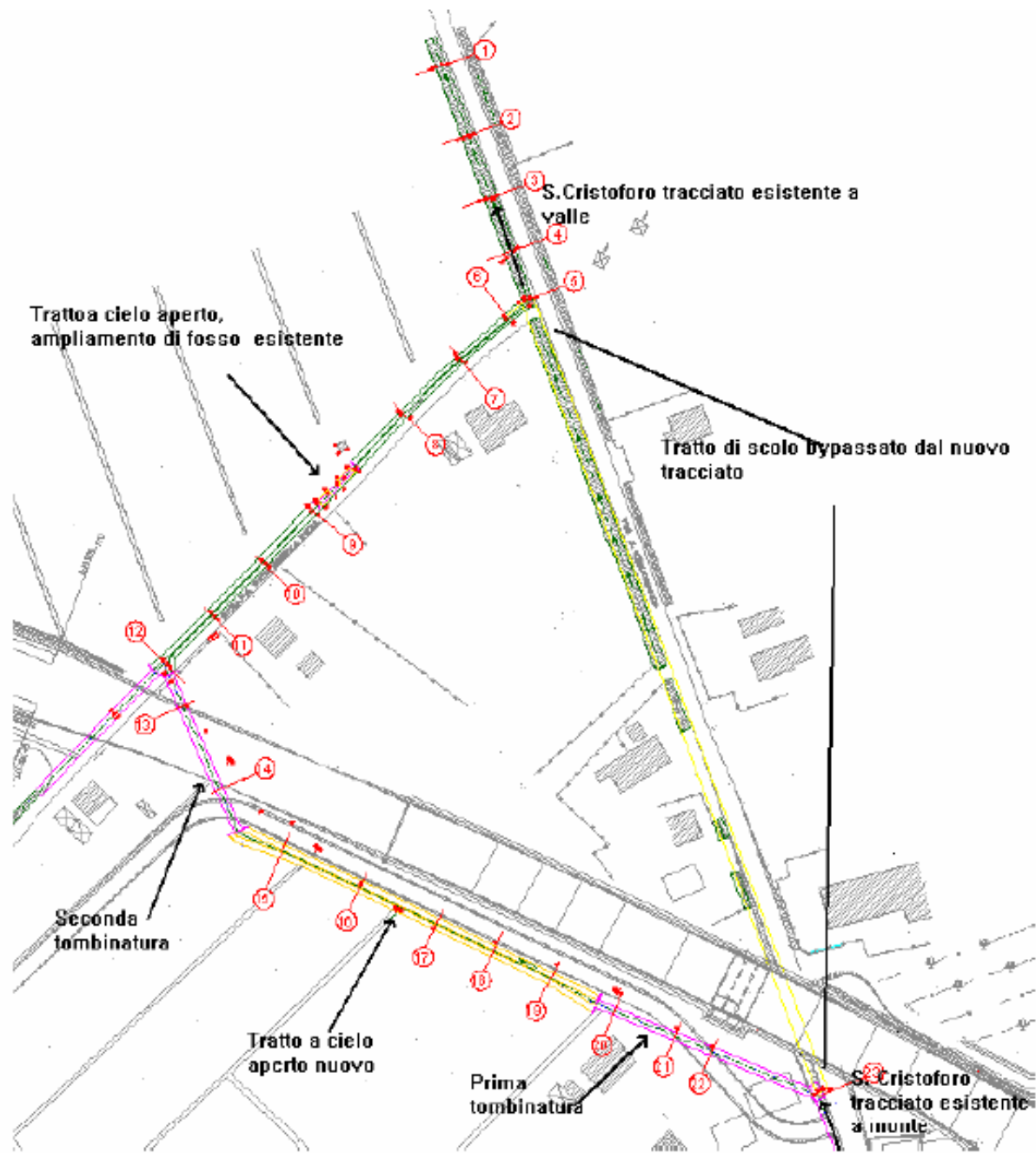


Figura 2 – Ubicazione del nuovo tracciato per lo scolo S. Cristoforo.

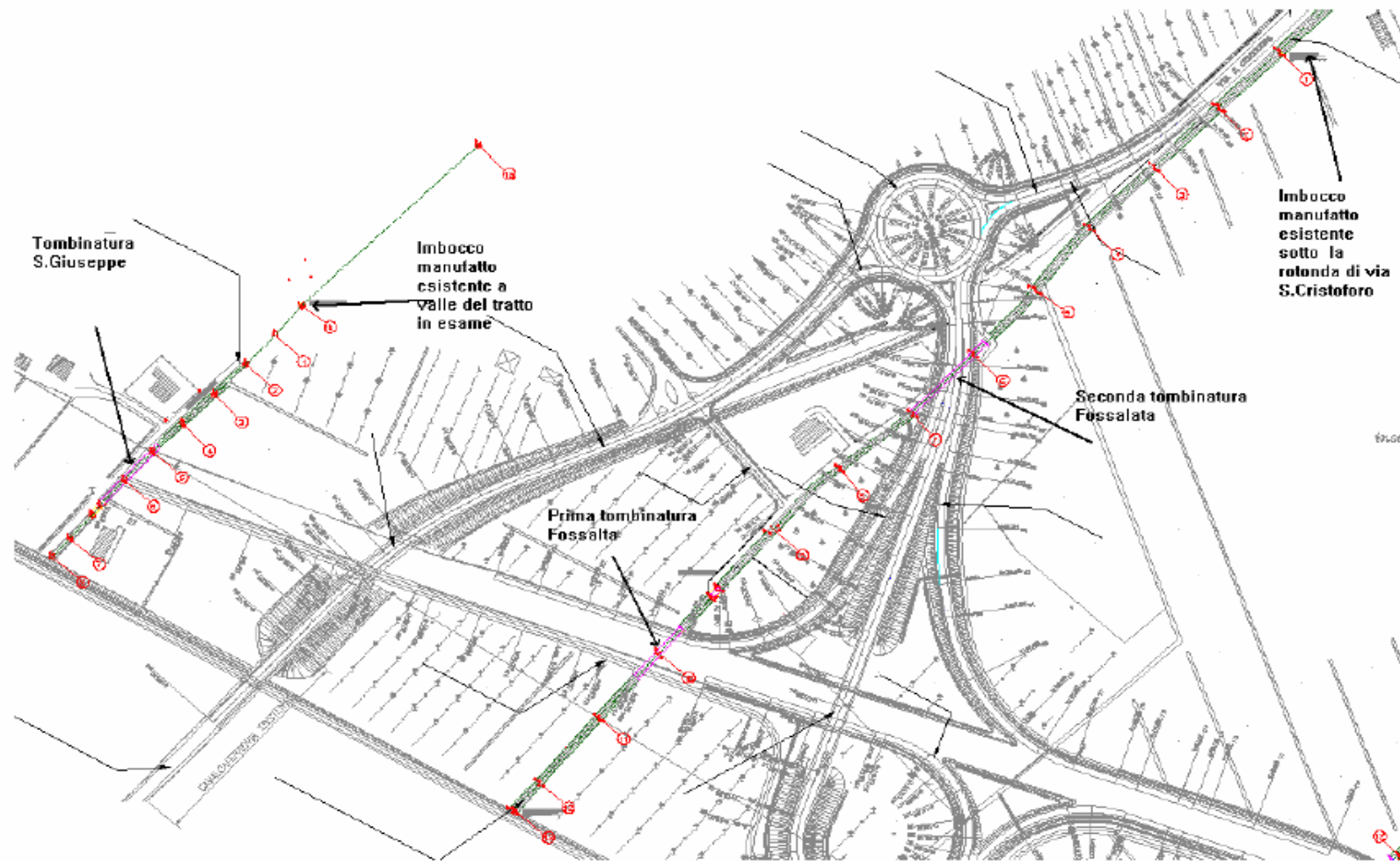


Figura 3 – Ubicazione del nuovo tracciato per gli scoli Fossalata e S. Giuseppe.

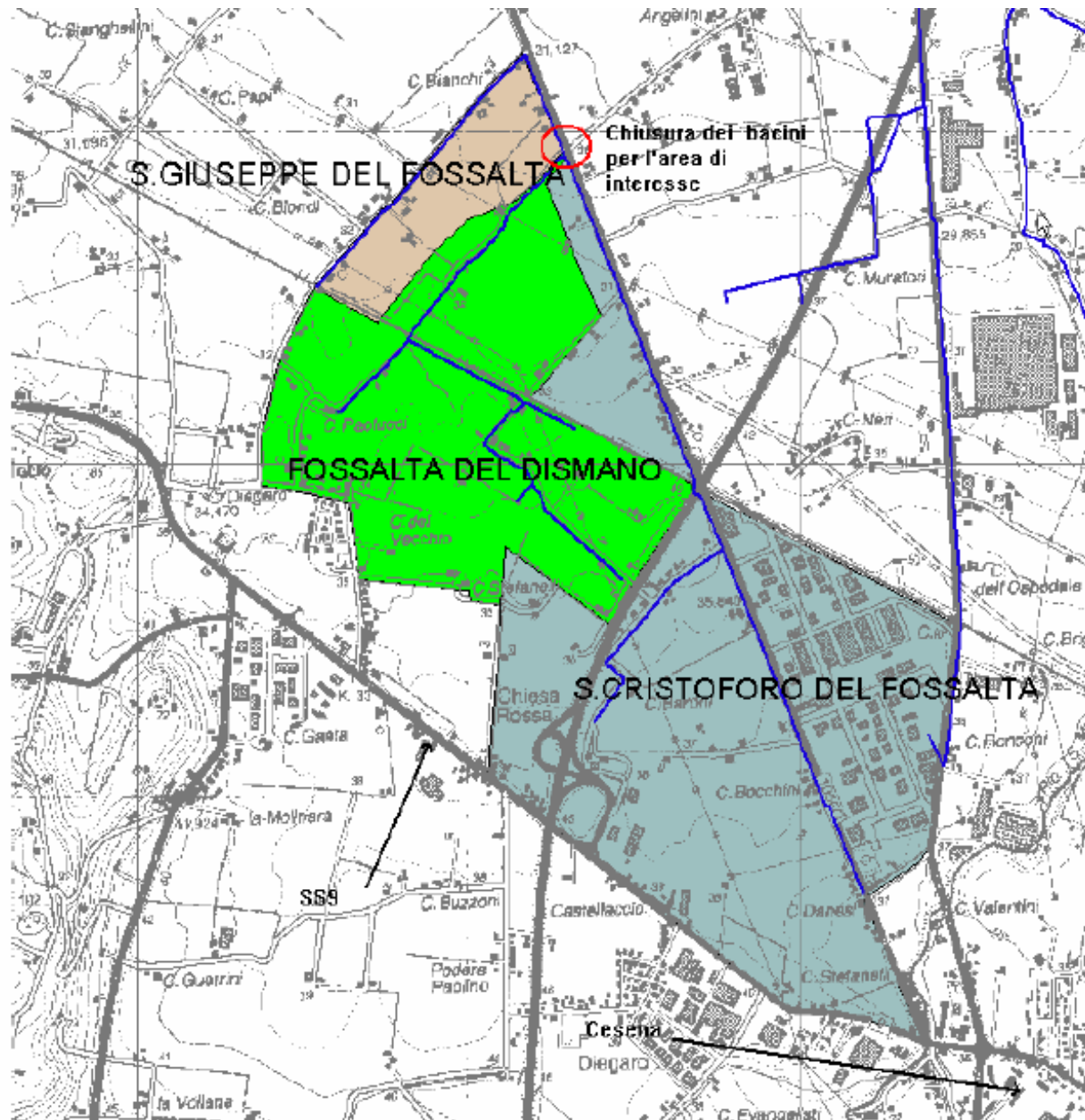


Figura 4 – Estensione dei bacini drenati dagli scoli in esame e dei tracciati planimetrici degli stessi sino alle sezioni di chiusura.



Oltre alle caratteristiche geometriche dei bacini è stato analizzato l'uso dei suoli attraverso la *Carta dell'uso del Suolo, scala 1:25.000-Seconda Edizione del Servizio Cartografico e geologico* della Regione Emilia – Romagna, realizzata sulla base del “Volo Italia” 1994 in scala 1:70.000 circa e della Carta Topografica Regionale in scala 1:25.000.

Le principali tipologie di uso del suolo descritte nella carta sono riportate in Tabella 2 ed in Figura 5, evidenziando in tabella in giallo le categorie assunte nel presente studio come sostanzialmente impermeabili, ai fini della formazione dei deflussi di piena.

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| I  | Zone urbanizzate                      |
| Zi | Zone industriali                      |
| Zf | Reti ferroviarie e stradali           |
| Za | Aeroporti                             |
| Zn | Aree portuali                         |
| Zc | Zone estrattive e discariche          |
| Iv | Zone verdi urbane e impianti sportive |
| S  | Seminativi                            |
| R  | Risaie                                |
| Cv | Vigneti                               |
| Ct | Frutteti                              |
| U  | Uliveti                               |
| C  | Colture specializzate miste           |
| O  | Orti, vivai, colture sotto tunnel     |
| Cp | Colture da legno specializzate        |

|    |  |
|----|--|
| Cf | Castagneti da frutto                           |
| Pp | Prati stabili                                  |
| Pc | Praterie e brughiere cacuminali                |
| Ze | Aree agricole eterogenee                       |
| B  | Formazioni boschive a prevalenza di latifoglie |
| Ba | Formazioni di conifere adulte                  |
| Bm | Boschi misti di conifere e latifoglie          |
| Br | Rimboschimenti recenti                         |
| Zs | Cespuglietti                                   |
| Zp | Zone umide                                     |
| Vs | Valli salmastre                                |
| Sa | Saline   |
| Sp | Spiagge costiere                               |
| Zr | Zone a prevalente affioramento litoide         |
| Zm | Zone non fotointerpretabili                    |
| Al | Corsi d'acqua                                  |
| L  | Corpi d'acqua (laghi,bacini)                   |
| Ma | Mare   |

**Tabella 2 – Tipologie di suolo mappate.**

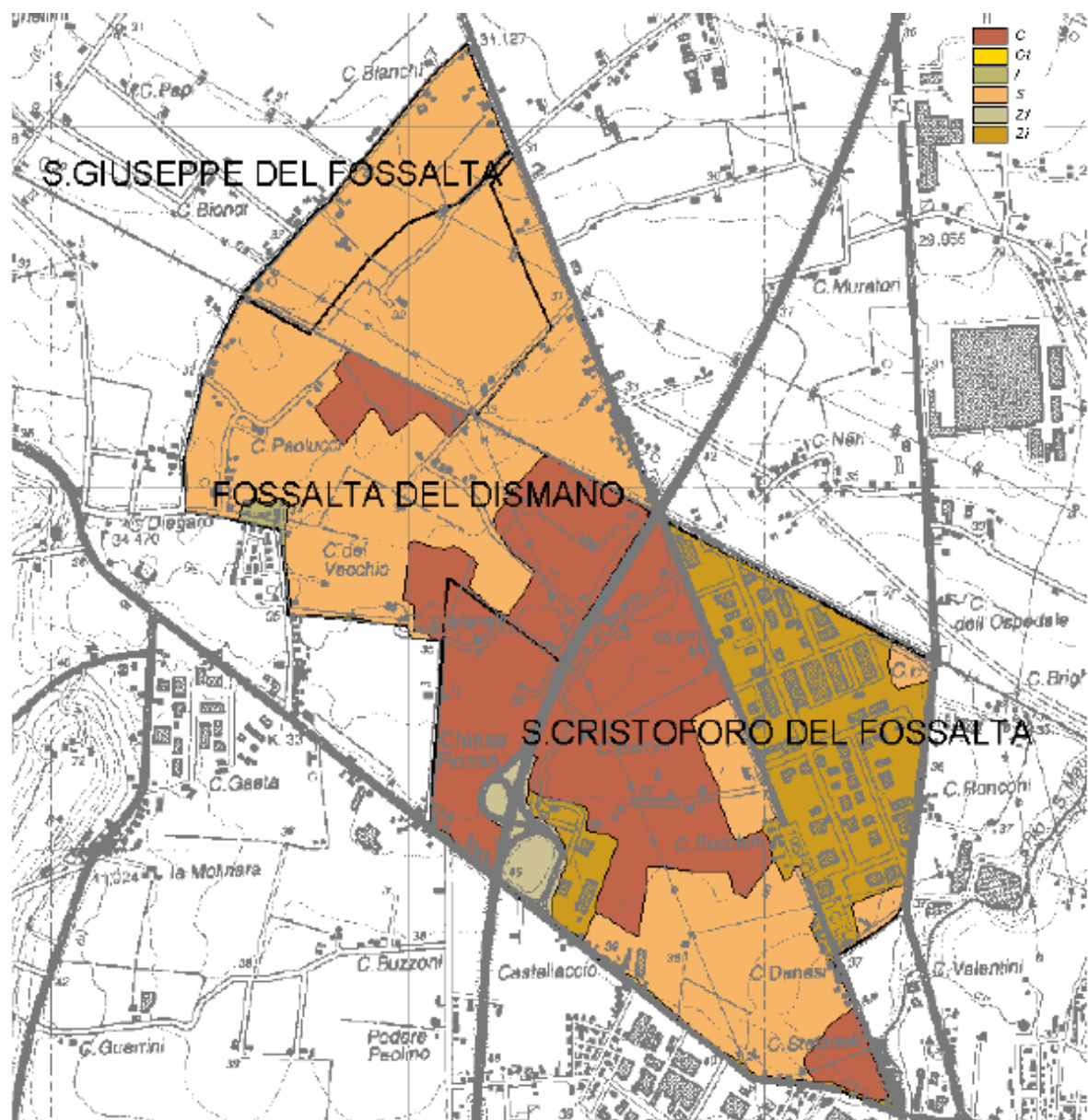


Figura 5 – Uso dei suoli nell'area di interesse.

Le tipologie più frequenti di aree permeabili sono costituite dai seminativi ( S ) e colture specializzate ( C ), mentre la percentuale di aree impermeabili all'interno dei bacini ( rappresentate prevalentemente dalla zona industriale a sud est ) è indicata in Tabella 3. In tale conteggio è stato inserita anche la quota di aree impermeabili legata al tracciato stradale in progetto ( assumendo come impermeabili i tracciati stradali nuovi al netto delle aree inalterate e verdi più significate come rotonde e rilevati di accesso ineriti, secondo lo schema in Figura 6; tale incremento risulta apprezzabile in particolare per Fossalta e S. Giuseppe, ma il bacino più impermeabile, a causa delle aree industriali presenti, resta comunque quello del S. Cristoforo.

| Nome                       | A = area totale | %A impermeabile | Ai = area impermeabile | Quota di Ai dovuta al nuovo tracciato |
|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|---------------------------------------|
|                            | m <sup>2</sup>  | %               | m <sup>2</sup>         | m <sup>2</sup>                        |
| Fossalta del Dismano       | 951.092         | 5               | 48.033                 | 36.668                                |
| S. Giuseppe del Fossalta   | 204.407         | 7               | 14.220                 | 14.220                                |
| S. Cristoforo del Fossalta | 1.616.577       | 31              | 495.604                | 8.080                                 |

**Tabella 3 – Percentuali di aree impermeabili nei bacini in esame.**

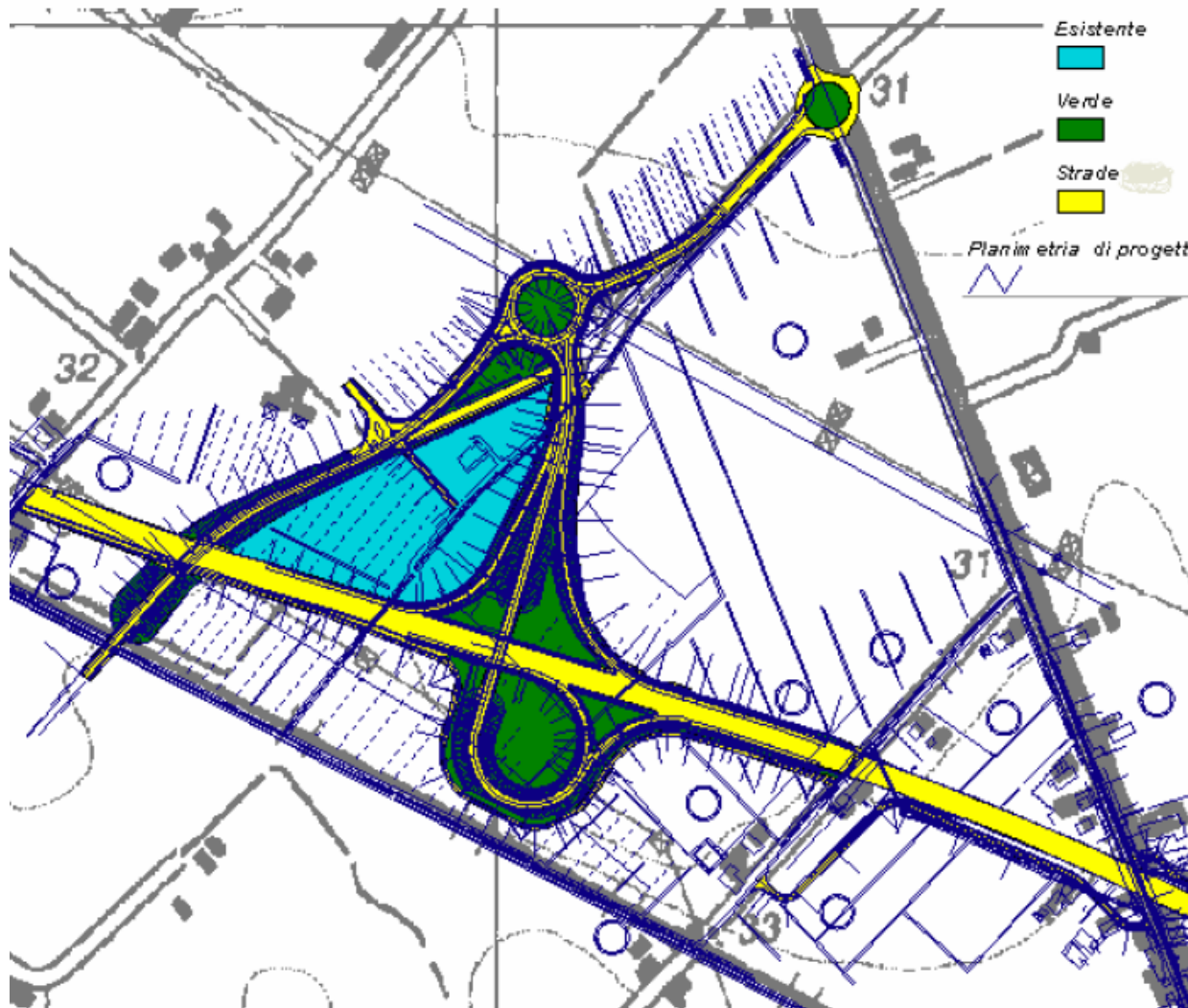


Figura 6 – Ripartizione tra aree permeabili e impermeabili per la zona oggetto di intervento.

Le lunghezze dei tratti oggetto di ipotesi di tombinatura sono pari (da monte a valle) a circa 60 e 88 m per il S. Cristoforo, 40 e 60 m per il Fossalta e 51 m per il S. Giuseppe.

La geometria delle sezioni interessate in corrispondenza dei tratti su cui intervenire è stata ricavata dai rilievi esistenti presso il Consorzio e da un'apposita campagna di rilievo predisposta dal committente nell'intorno delle sezioni di interesse.

*Dai vincoli di tutela del territorio non derivano quindi particolari elementi ostativi alla realizzazione dell'opera; mentre gli indirizzi dei piani indagati evidenziano in più punti la necessità della realizzazione dell'opera a supporto degli sviluppi urbanistici previsti e soprattutto al fine di "alleggerire" il carico veicolare e i conseguenti effetti inquinanti determinati dalla viabilità locale.*

## **CAPITOLO 2**

### **NORMATIVA**

Nella redazione del progetto posto a studio si è fatto riferimento alla seguente normativa:

#### **D.M. 05/11/2001**

*“Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi”.*

#### **D.P.R. 16 Dicembre 1992 n. 495**

*“Nuovo Codice della strada 1 Gennaio 1993”.*

#### **D.M. 19/04/2006**

*“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.*

### **CAPITOLO 3**

#### **CRONISTORIA**

Il 05/01/94 la Provincia di Forlì-Cesena inviò al Compartimento A.N.A.S. di Bologna il progetto di fattibilità relativo alla variante S.S. n. 9 "Emilia" nel tratto fra Forlì e Cesena ( E 45 ).

Furono inviate 2 ipotesi di tracciato:

- a) il tracciato in Comune di Forlì ricalcava la Via Mattei;
- b) il tracciato in Comune di Forlì era in adiacenza alla ferrovia

Il Compartimento A.N.A.S. di Bologna con nota del 21.5.1994 espresse parere favorevole alla soluzione b) chiedendo di procedere alla stesura del progetto definitivo.

La Provincia di Forlì-Cesena con delibera di Consiglio del 03.04.1997 approvò il progetto di fattibilità.

Negli anni seguenti emerse il problema di conflitto del tracciato stradale con il nuovo scalo merci ferroviario previsto in località Villa Selva in area situata sul territorio del Comune di Forlimpopoli e sul territorio del Comune di Forlì.

La Provincia aggiornò il progetto di fattibilità prevedendo lo spostamento a nord del tracciato stradale; il progetto aggiornato, approvato con delibera di Giunta del 10.03.1998 fu inviato al Compartimento A.N.A.S. di Bologna che espresse parere favorevole con nota del 22.09.1998.

In attesa di definire il tracciato in territorio forlivese, col comune di Forlì, la Provincia incaricò il Prof. Alberto Bucchi della facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna per la progettazione definitiva del tratto di S.S. n. 9



compreso fra Cesena ( E 45 ) e Forlimpopoli ( S.P.n. 106 “S. Andrea” ); tale progetto fu inviato al Compartimento A.N.A.S. di Bologna il 15.02.1999.

Il Compartimento A.N.A.S. di Bologna con nota del 23.02.2000 approvò in linea tecnica tale progetto e chiese alla Provincia di procedere al progetto esecutivo del tratto compreso fra la E 45 e lo svincolo con la S.P. n. 140 “Diegaro - S.Egidio” denominato “Lotto Zero”.

Il Lotto Zero permette di dare continuità alla Secante di Cesena poiché la collega all’attuale via Emilia in Località Diegaro tramite la Provinciale n. 140 “Diegaro - S.Egidio”.

Il progetto definitivo è stato redatto con una piattaforma a 4 corsie larga mt. 18,60.

Nel frattempo sono entrate in vigore le nuove norme per la progettazione delle strade, D.M. 05.11.2001, in base alle quali tale piattaforma viene allargata a mt. 22,00; pare pertanto necessario adeguare il progetto definitivo.

Su richiesta del Comune di Cesena fu modificato il tracciato della variante alla S.S. 9 “Emilia” e con nota del 18.12.2002 fu dato incarico al Prof. Alberto Bucchi di procedere alla progettazione esecutiva tenendo conto della formulazione indicata dal Comune di Cesena.

Il progetto esecutivo del Lotto Zero fu trasmesso al Compartimento A.N.A.S. di Bologna con nota del 12.06.2003 unitamente allo studio di compatibilità ambientale.

Con lettera del maggio 2003, il Compartimento A.N.A.S. di Bologna chiedeva al Ministero dell’Ambiente se la valutazione di impatto ambientale potesse considerarsi come estensione di quella già ottenuta per i precedenti lotti, ciò in considerazione della limitata estensione del nuovo tratto.

La Regione Emilia-Romagna, interpellata in merito, tramite lettera del Servizio Valutazione Impatto Ambientale del 22.06.2004, comunicava che “[...] le opere in variante alla secante di Cesena costituite dallo svincolo tra la secante e la S.P. n. 140 Diegaro-Pievesestina non presentano impatti ambientali rilevanti [...]”.

Con nota del 23.07.2004 il Ministero dell’Ambiente chiariva che “[...] le ulteriori verifiche necessarie ai fini del perfezionamento dell’iter autorizzativi debbano essere demandate alla Regione Emilia-Romagna [...]”.

A far data dalla stesura di tale studio la Regione Emilia-Romagna non ha ancora deliberato nessuna decisione in merito alle autorizzazioni necessarie per portare a termine l’iter autorizzativo per l’opera in oggetto.

## **CAPITOLO 4**

### **ADEGUAMENTO**

#### *4.1 Analisi dei flussi di traffico*

In seguito all'entrata in vigore del D.M. 05/11/2001 recante le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" si è stati costretti ad adeguare il progetto del c.d. "Lotto Zero" progettato usando le Norme C.N.R., Tipo III, modificandolo in base a quanto contenuto nel citato Decreto Ministeriale.

Per prima cosa si è definita una piattaforma corrispondente alla categoria B che prevede:

- 2 corsie per senso di marcia di 3.75 mt ciascuna;
- banchina pavimentata in destra di 1.75 mt;
- banchina non pavimentata in destra di 0.75 mt;
- banchina centrale spartitraffico di 2.50 mt.

Quindi la piattaforma stradale risulta essere di 23.50 mt, ovvero più larga di 3.40 mt rispetto alla precedente che risultava essere di 20.10 mt.

Questa scelta è frutto di una valutazione del volume di traffico attuale e futuro sugli assi stradali oggetto di studio.

L'analisi dei flussi veicolari per la costruzione degli scenari attuali e futuri ha fatto riferimento a dati diversi, sia per fonte di provenienza che per epoca di rilevamento ed ha comportato una necessaria opera di elaborazione e di affinamento al fine di ottenere un quadro complessivo omogeneo ed attualizzato.

La determinazione dei volumi di traffico ha dovuto tener conto della variabilità che si manifesta nei flussi veicolari. Più esattamente, modificazioni si

possono riscontrare nell'arco dell'anno in conseguenza del diverso andamento stagionale, del giorno all'interno della settimana e delle diverse fasce orarie considerate. Tali variazioni riguardano sia aspetti quantitativi, che aspetti qualitativi in relazione all'incidenza delle diverse tipologie di veicoli: pesanti ( camion, autobus ) o leggeri ( auto, moto ).

L'intervento in esame prevede modifiche strutturali alla viabilità primaria del settore in cui si inserisce. Le fonti utilizzate per la determinazione dei volumi di traffico sulla rete stradale negli scenari di riferimento sono:

- Rilievi di traffico forniti dalla Provincia di Forlì Cesena, effettuati sulla S.S. n°9 a Diegaro di Cesena e sulla S.P. 140 San Giuseppe sempre in località Diegaro di Cesena;

- Rilievi di traffico effettuati da Airis nel 2003 in occasione dello studio di compatibilità ambientale del collegamento E45-Strada Diegaro/S.Egidio "LOTTO 0" nel Comune di Cesena;

- Rilievi effettuati dallo scrivente nel periodo che intercorre dal 01/11/2006 al 08/11/2006 dalle ore 07:00 alle 09:00, dalle ore 11:00 alle 13:00, dalle ore 15:00 alle ore 17:00, dalle ore 19:00 alle 21:00;

- "Studio di traffico e analisi costi benefici a supporto della progettazione definitiva della variante alla S.S. n°9 "Emilia" nel tratto Forlì'-Cesena" redatto da Sisplan nel novembre 1999.

L'elaborazione dei dati ottenuti da queste fonti ha consentito la definizione dei volumi di traffico relativi ai due scenari attuale e futuro di riferimento di seguito riportati:

| Tratto | Asse stradale                   | 6-22 |      | 22-6 |      | Ora di punta |      |
|--------|---------------------------------|------|------|------|------|--------------|------|
|        |                                 | Leg. | Pes. | Leg. | Pes. | Leg.         | Pes. |
| 1      | Via S. Giuseppe<br>( S.P. 140 ) | 9296 | 808  | 907  | 79   | 714          | 62   |
| 2      | Via S. Cristoforo               | 8754 | 1917 | 959  | 210  | 680          | 149  |
| 3      | Via Andicino                    | 128  | 0    | 32   | 0    | 9            | 0    |
| 4      | Svincolo E45                    | 784  | 136  | 59   | 33   | 56           | 6    |
| 5      | SS E45                          | 6269 | 1091 | 474  | 266  | 447          | 50   |
| 6      | Variante                        | 8754 | 1917 | 959  | 210  | 680          | 149  |

**Tabella 1 – Flussi veicolari nello scenario di riferimento attuale.**

| Tratto | Asse stradale     | 6-22   |       | 22-6  |      | Ora di punta |      |
|--------|-------------------|--------|-------|-------|------|--------------|------|
|        |                   | Leg.   | Pes.  | Leg.  | Pes. | Leg.         | Pes. |
| 1a     | Via S. Giuseppe   | 440    | 38    | 43    | 4    | 34           | 3    |
| 1b     | Via S. Giuseppe   | 19.534 | 1.699 | 679   | 59   | 1.252        | 109  |
| 2      | Via S. Cristoforo | 8.754  | 1.917 | 959   | 210  | 680          | 149  |
| 3      | Via Andicino      | 128    | 0     | 32    | 0    | 9            | 0    |
| 4      | Svincolo E45      | 580    | 101   | 44    | 25   | 41           | 5    |
| 5      | SS E45            | 4.643  | 880   | 351   | 197  | 331          | 37   |
| 6      | Variante          | 9.735  | 2.132 | 1.066 | 233  | 756          | 166  |
| 7      | Svincolo variante | 4.867  | 1.066 | 533   | 117  | 378          | 83   |

**Tabella 2 – Flussi veicolari nello scenario di riferimento futuro.**

La ricostruzione dei flussi di traffico nello scenario attuale su Via S. Giuseppe (SP140), è stata svolta a partire dai flussi nell'ora di punta riportati per tale asse nelle simulazioni effettuate nell'ambito dello studio Sisplan (scenario 1998 senza variante, attualizzate all'anno 2003), utilizzando la distribuzione oraria sulle 24 ore e la suddivisione in veicoli leggeri e pesanti ricavate dai rilievi forniti dalla Provincia.

Su Via S. Cristoforo e su Via Andicino si è invece partiti dai rilievi effettuati da Airis applicando la distribuzione oraria rilevata sulla SP 140, che è risultata predominante anche su tali assi, situazione ampiamente confermata dai rilievi di traffico.

Per quanto riguarda la E45, partendo dai flussi nell'ora di punta riportati nello studio Sisplan ( attualizzati all'anno 2003 ), i flussi nei due periodi diurno e notturno sono stati ottenuti applicando una distribuzione oraria tipica di un asse extraurbano di grande scorrimento quale quello in esame.

Relativamente al tratto di variante esistente, in mancanza di dati specifici, i flussi nella situazione attuale sono stati posti cautelativamente pari a quelli circolanti su Via S. Cristoforo.

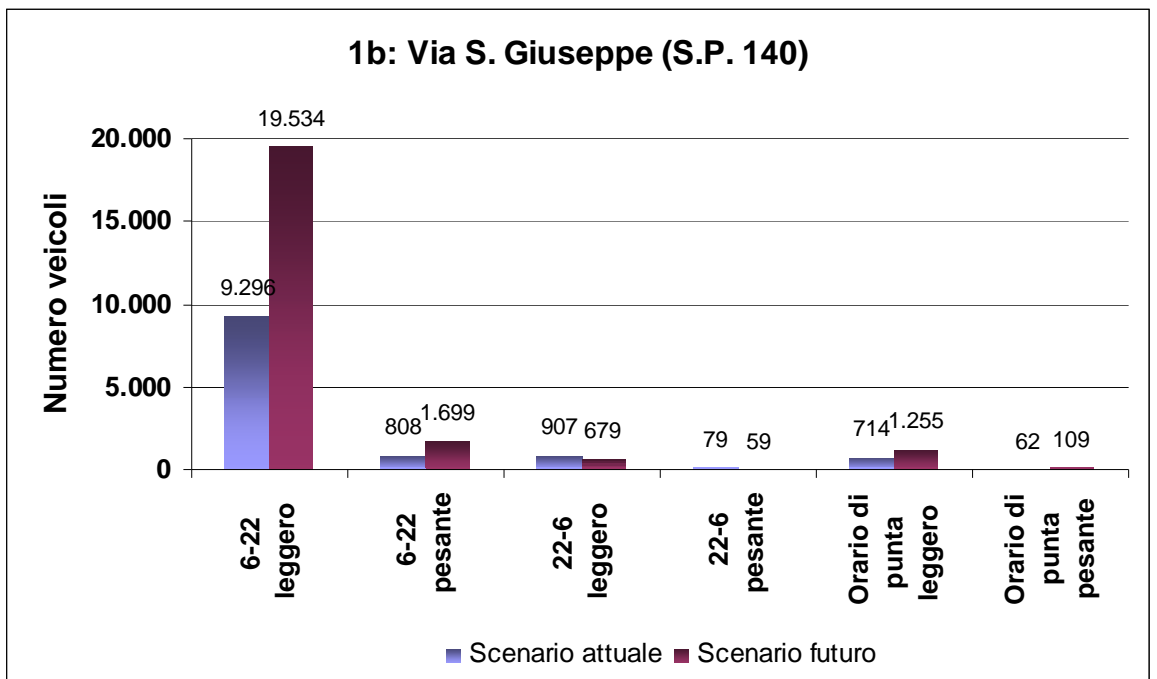
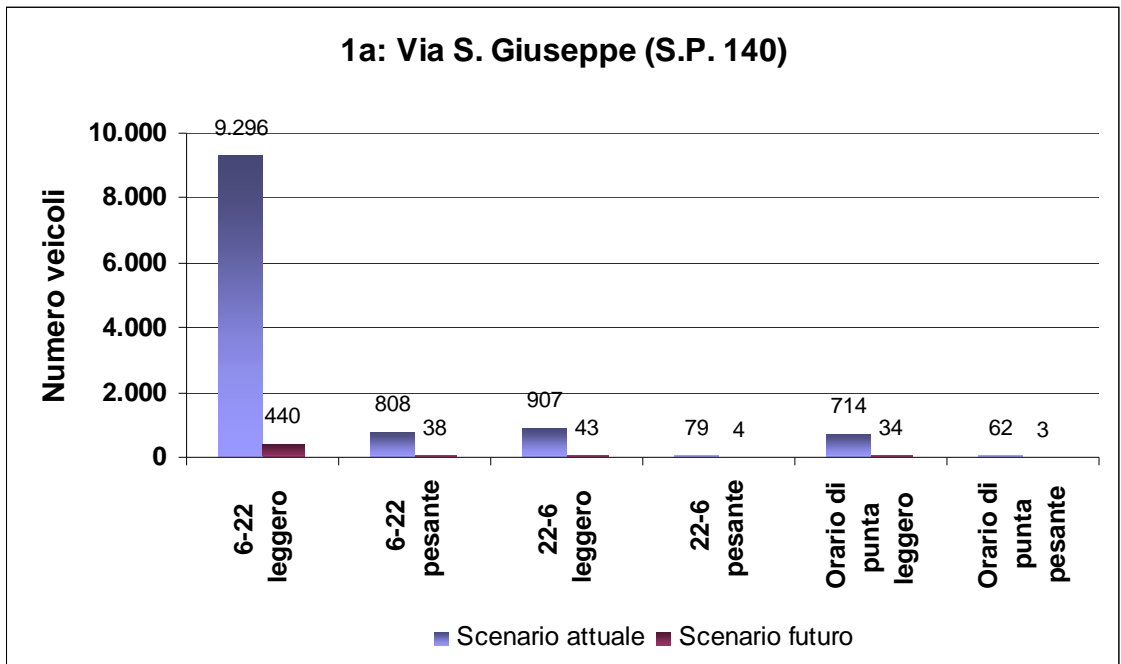
Per quanto riguarda gli scenari di traffico futuri la ricostruzione dei flussi di traffico su Via S. Giuseppe ( SP140 ), è stata svolta a partire dai flussi nell'ora di punta (ora l'asse risulta suddiviso in due tratti grazie all'inserimento della variante di progetto) riportati per tale asse nelle simulazioni effettuate nell'ambito dello studio Sisplan ( attualizzate all'anno 2010 ), utilizzando la stessa distribuzione oraria sulle 24 ore e la suddivisione in veicoli leggeri e pesanti utilizzate nella situazione attuale.

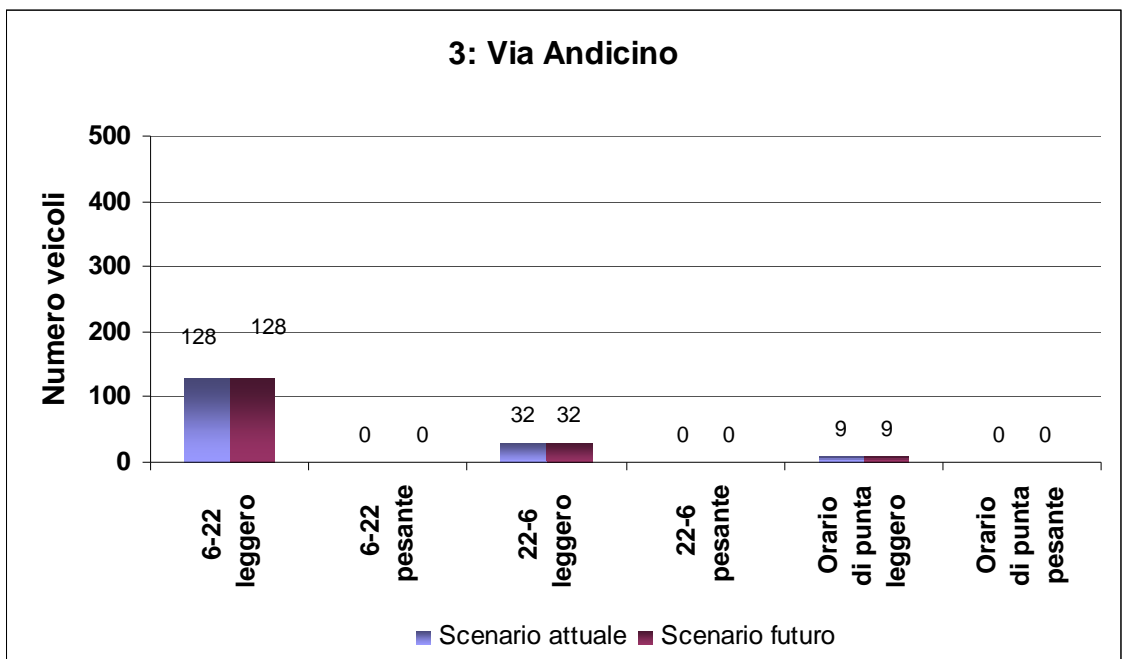
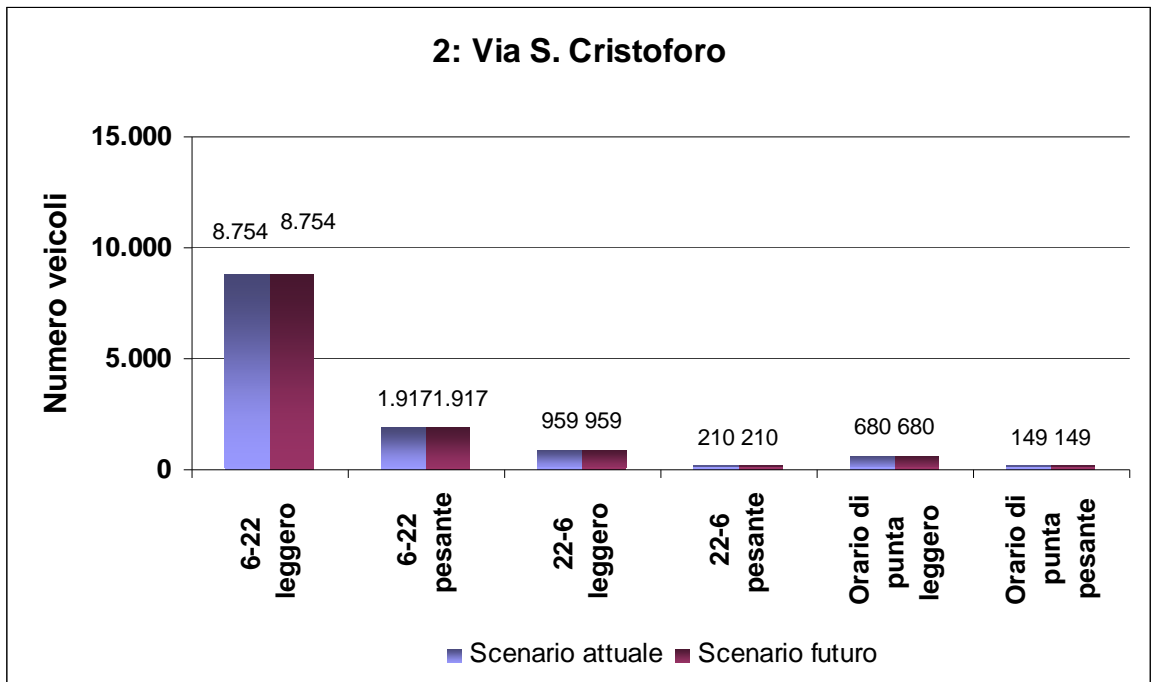
Su Via S. Cristoforo in via cautelativa, si sono mantenuti gli stessi flussi della situazione attuale. La realizzazione del progetto in esame infatti, verosimilmente convoglierà sul nuovo tratto di variante parte dei flussi ora circolanti su Via S. Cristoforo. D'altra parte all'orizzonte temporale fissato al 2010 è comunque previsto un incremento fisiologico del traffico che porterebbe ad un incremento dei flussi anche su tale asse.

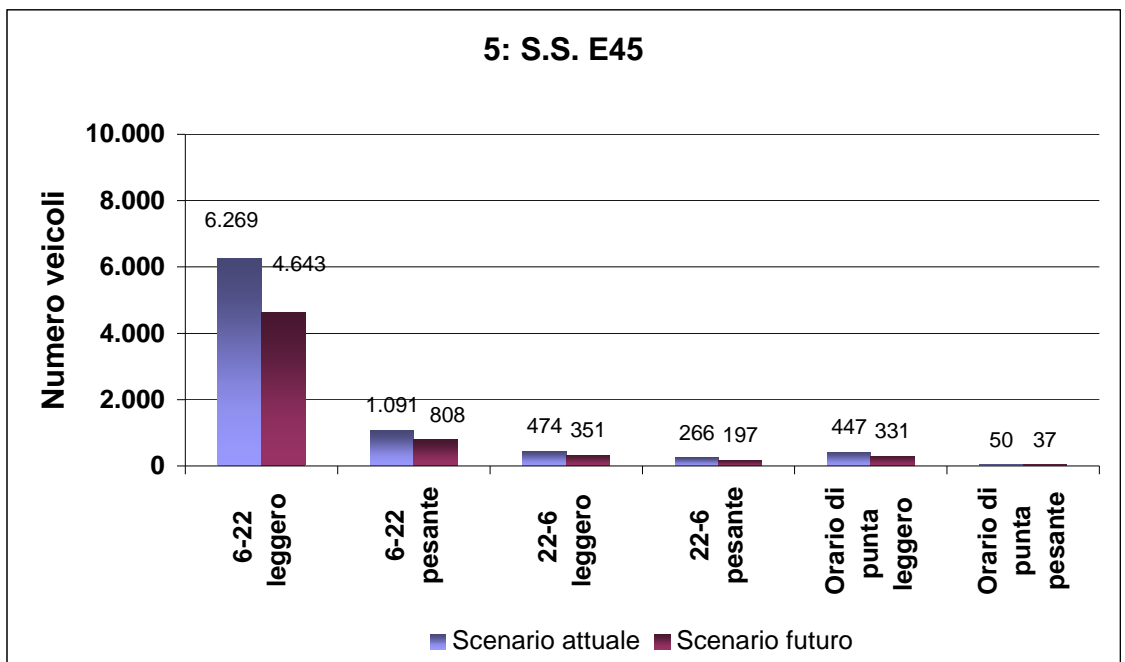
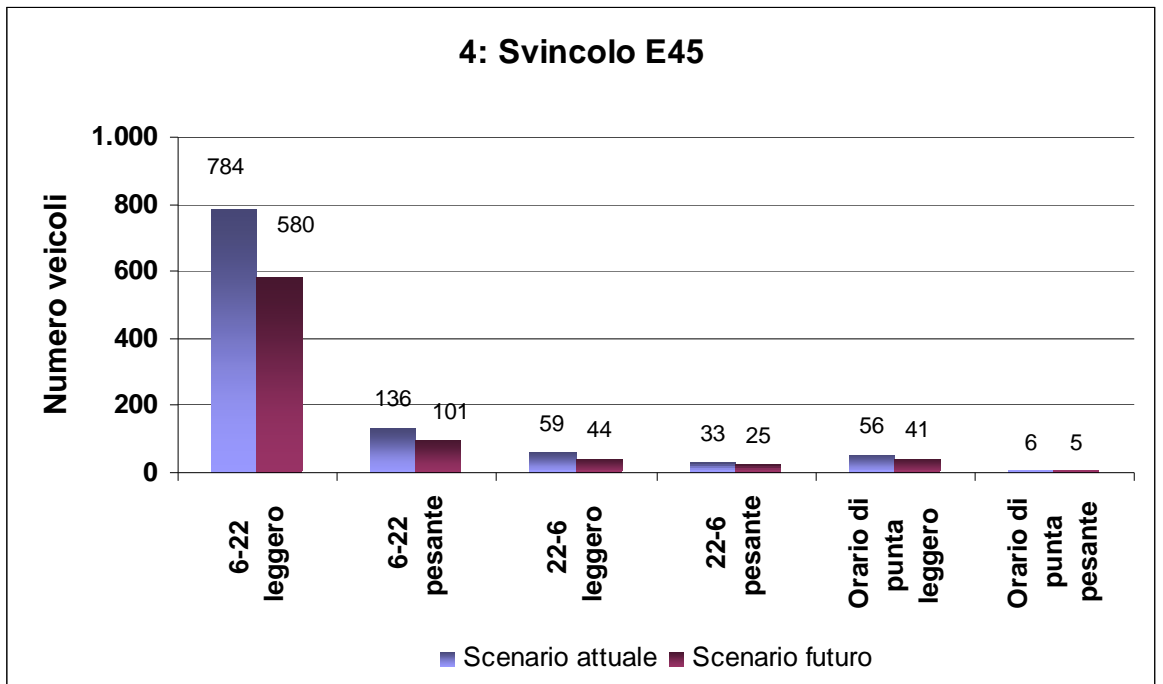
Per quanto riguarda la E45, analogamente a quanto effettuato per lo scenario attuale, partendo dai flussi nell'ora di punta riportati nello studio Sisplan ( attualizzati all'anno 2010 ), i flussi nei due periodi diurno e notturno sono stati ottenuti applicando una distribuzione oraria tipica di un asse extraurbano di grande scorrimento quale quello in esame.

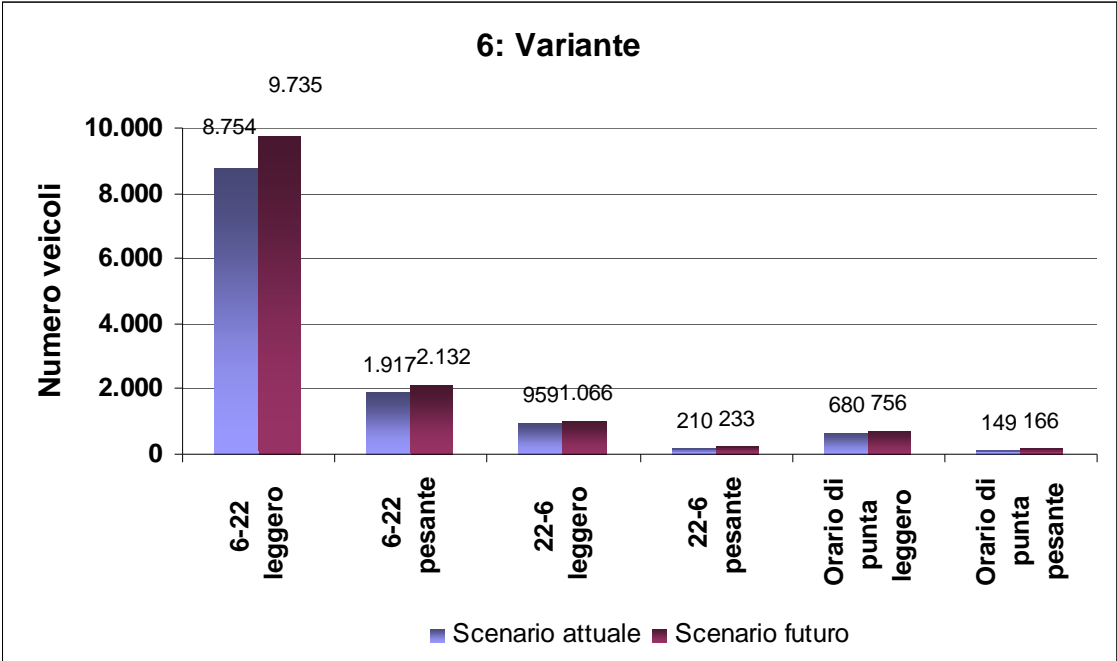
Relativamente alla variante di progetto, poiché le simulazioni dello scenario futuro nello studio Sisplan si riferiscono all'opera completa ovvero la realizzazione di tutta la variante da Forlì a Cesena denominata "Via Emilia Bis", si è scelto di utilizzare i dati riportati in tale studio relativamente allo scenario 1998 con variante, attualizzandoli all'anno 2010, data probabile di inizio dei lavori per la realizzazione del "Lotto Zero".











In seguito allo studio sulla possibile mole di traffico che potrebbe riversarsi sulle strade oggetto di studio, lo scrivente ha valutato la pendenza massima che, come noto, dipende dal tipo di strada e dalle caratteristiche del veicolo.

Infine si sono valutati i raggi minimi delle curve le quali dipendono dalle velocità di progetto.

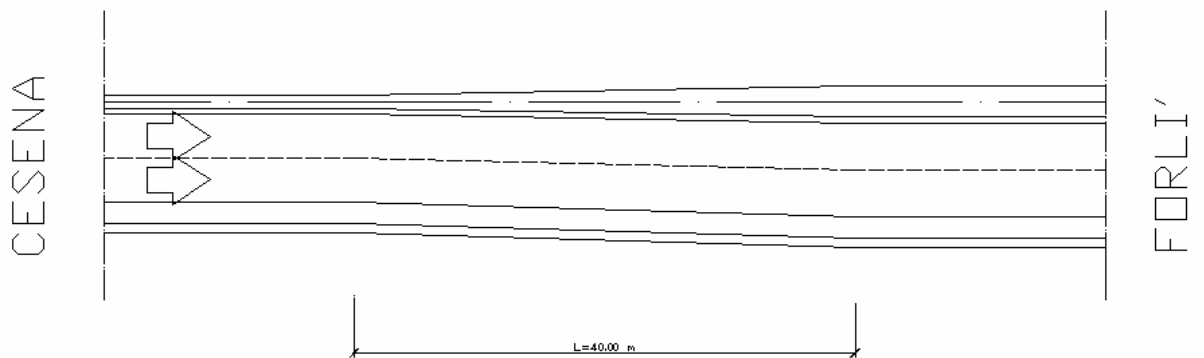
Queste prime scelte hanno comportato la riformulazione della planimetria di progetto, la quale ha evidenziato, come facilmente intuibile, numerosi problemi progettuali:

- a) un maggiore quantitativo di terreno da sottoporre ad esproprio;
- b) un incremento del numero di edifici da espropriare e successivamente demolire;
- c) una riprogettazione completa e totale degli svincoli ancora da realizzare e una modifica sostanziale di quelli esistenti;
- d) lo studio e la realizzazione, prima non necessarie, di corsie di transizione per il passaggio dal tratto in oggetto di analisi al tratto di secante tuttora esistente.

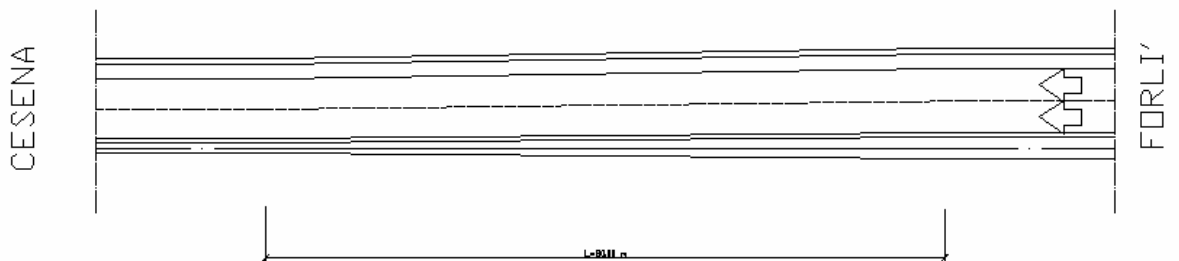
Si vuole far notare che per quanto riguarda i punti a) e b) essi non saranno oggetto approfondito di studio.

Per quanto riguarda il punto c) ovvero la rimodulazione del passaggio tra il vecchio e il nuovo tracciato esso non può essere inserito all'interno dell'area denominata "Lotto Zero" in quanto la morfologia della sede stradale non permette tale inserimento. Esso dovrà essere inserito obbligatoriamente in un tratto antecedente della Secante tuttora esistente, ovvero prima dell'inizio del tratto denominato "Lotto Zero".

A titolo esemplificativo tali inserimenti sono riportati nelle figure sottostanti.



**Fig. 1 – Tratto di transizione tra Secante esistente e inizio tratta di competenza Lotto Zero in direzione Forlì con provenienza Cesena.**



**Fig. 2 – Tratto di transizione tra Lotto Zero e tratto di competenza Secante in direzione Cesena con provenienza Forlì.**

Da questi primi schemi progettuali è facilmente intuibile come la modifica delle normative in vigore durante la stesura del primo progetto e l'entrata in vigore

successivamente del D.M. 05/11/2001 recante le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” ha portato cambiamenti strutturali anche alla rete viaria già esistente. Si è dovuto procedere infatti all’allargamento in maniera armonica per favorire gli innesti tra vecchia e nuova rete viaria perdendo quindi quella linearità che la vecchia normativa permetteva. Per quanto riguarda il tratto in direzione Forlì con provenienza Cesena lotto 1 questa armonizzazione ha una lunghezza di 40 metri con relativo adeguamento delle barriere spartitraffico, mentre per quanto riguarda il tratto in direzione Cesena con provenienza Forlì la lunghezza di transizione ha uno sviluppo di circa 80 metri.

Questa differenza è dovuta al fatto

## *4.2 Profilo*

Si è poi proceduto alla realizzazione del profilo sfruttando le quote già rilevate per la stesura del progetto precedente.

È importante rilevare che la modifica della piattaforma non ha influito sulla costruzione del profilo che è rimasto sostanzialmente invariato rispetto al precedente.





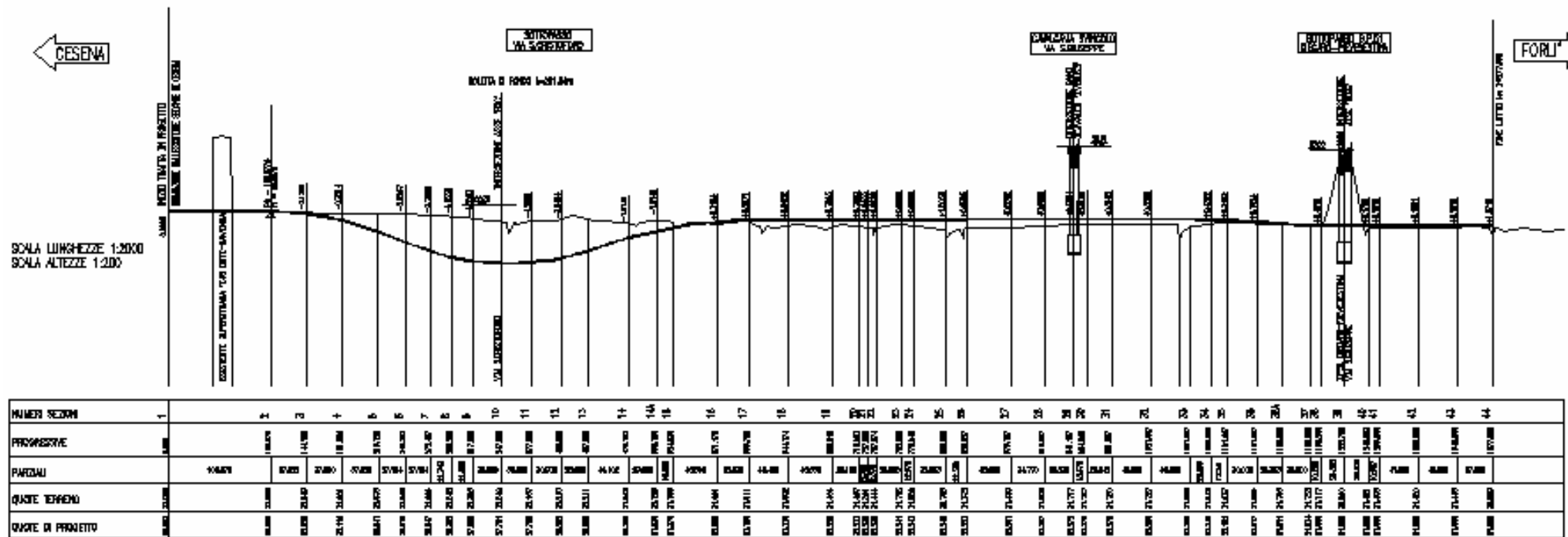


Fig. 3 – Profilo longitudinale.

## CAPITOLO 5

### SEZIONE

#### 5.1 Sezioni tipo delle carreggiate

La sezione è stata dimensionata in relazione alle risultanze delle indagini di traffico e dell'assegnazione del traffico alla rete come evidenziato al Capitolo 4.

È risultata una sezione tipo categoria B del D.M. 05/11/2001 così costituita:

- 2 corsie per senso di marcia di 3.75 m ciascuna;
- banchina pavimentata in destra di 1.75 m;
- banchina non pavimentata in destra di 0.75 m;
- banchina centrale spartitraffico di 2.50 m.

Quindi la piattaforma stradale risulta di 23.50 m.

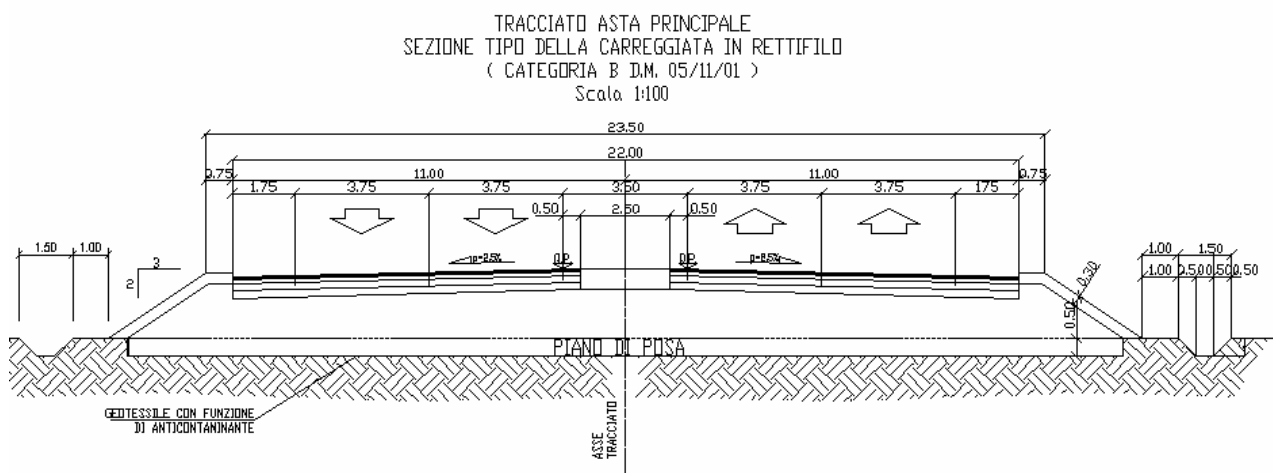
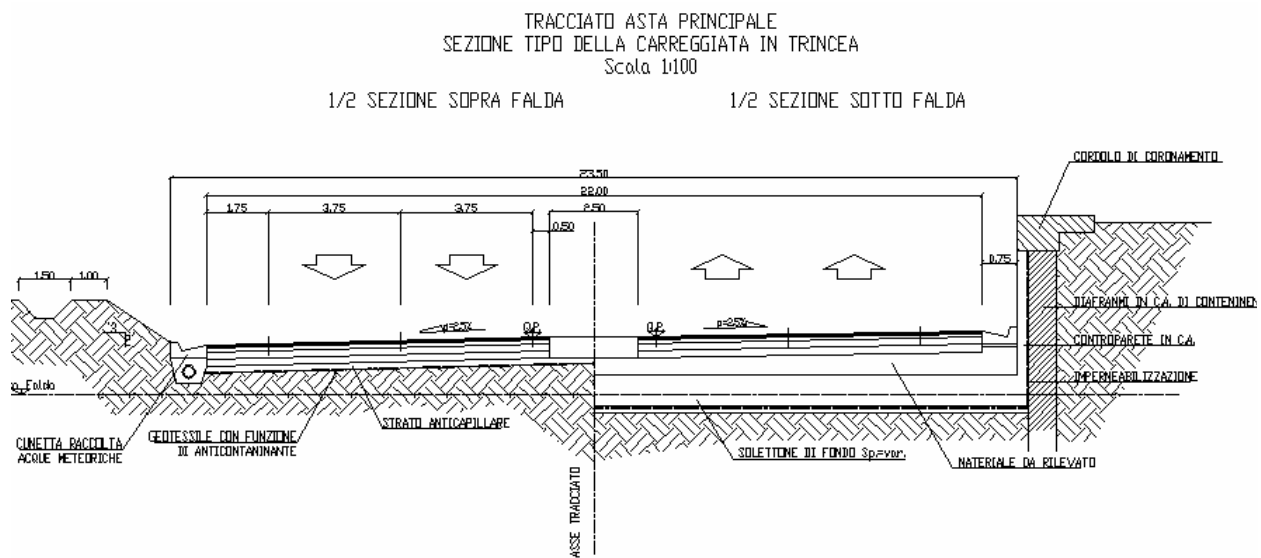


Figura 1 – Sezione tipo carreggiata in rettifilo; scala 1:100.



**Figura 2 – Sezione tipo carreggiata in trincea; scala 1:100.**

SEZIONE TIPO DELLA CARREGGIATA IN CURVA  
( CATEGORIA B D.M. 05/11/01 )  
Scala 1:100

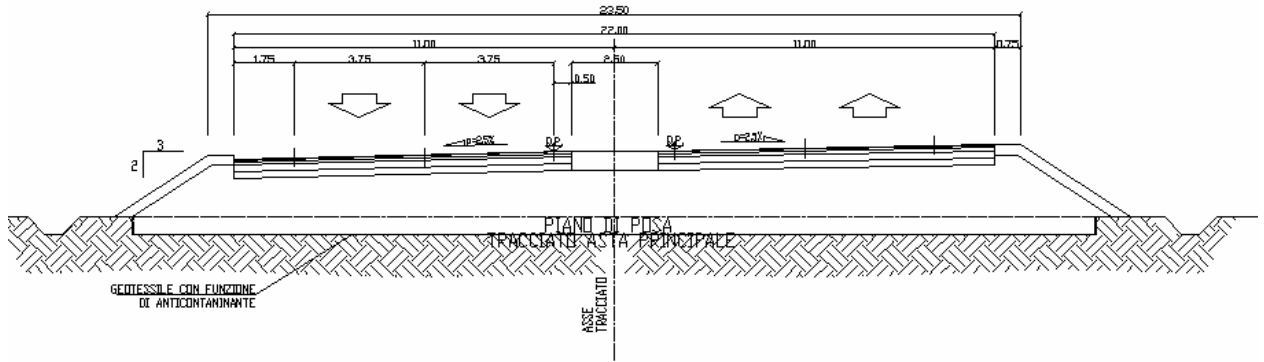


Figura 3 – Sezione tipo carreggiata in curva; scala 1:100.

## 5.2 Sezione tipo barriera antifonica e sezioni tipo barriere di sicurezza

Lungo il tracciato si prevede la realizzazione di barriere antifoniche nel tratto viario che interessa l'opera in trincea al Sovrappasso San Cristoforo a contatto diretto con il territorio naturale e antropizzato.

Facendo riferimento al "Capitolato Speciale D'Appalto Protezione Antifonica" dell'ANAS, 1999, si prevedono Barriere Acustiche in lamiera di acciaio, con funzione fonoassorbente e fonoisolante. Tali barriere, rappresentate in figura 4, hanno uno sviluppo di 132 m in destra e 174 m in sinistra, come illustrato nella tavola progettuale corrispondente.

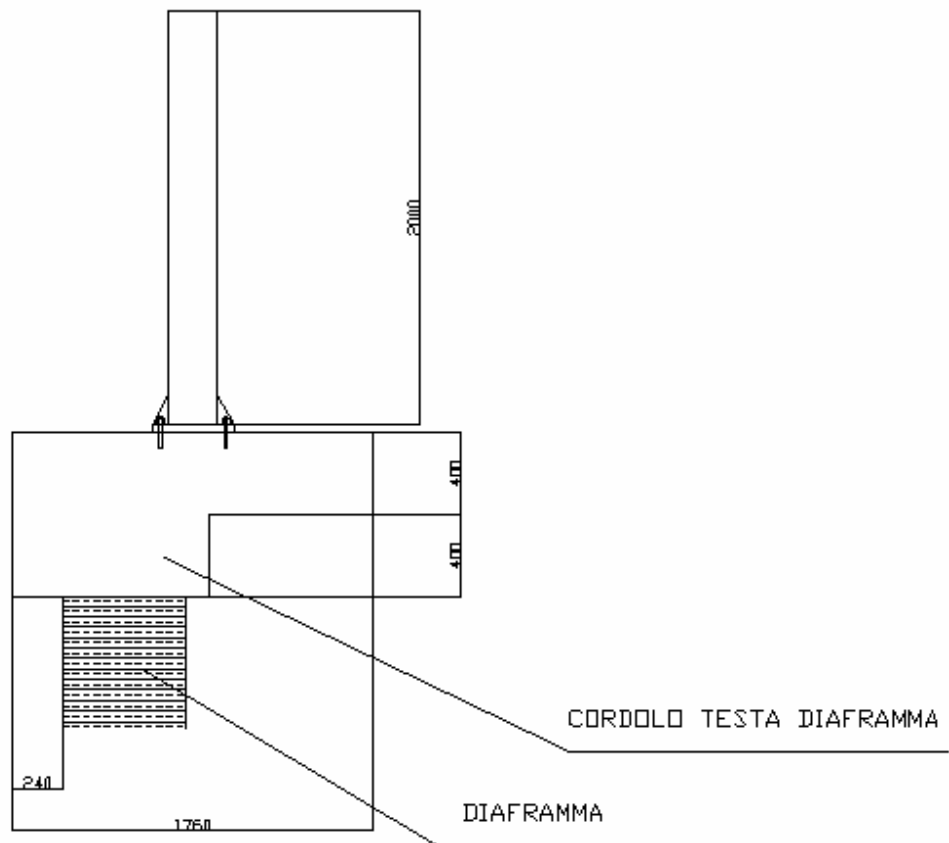
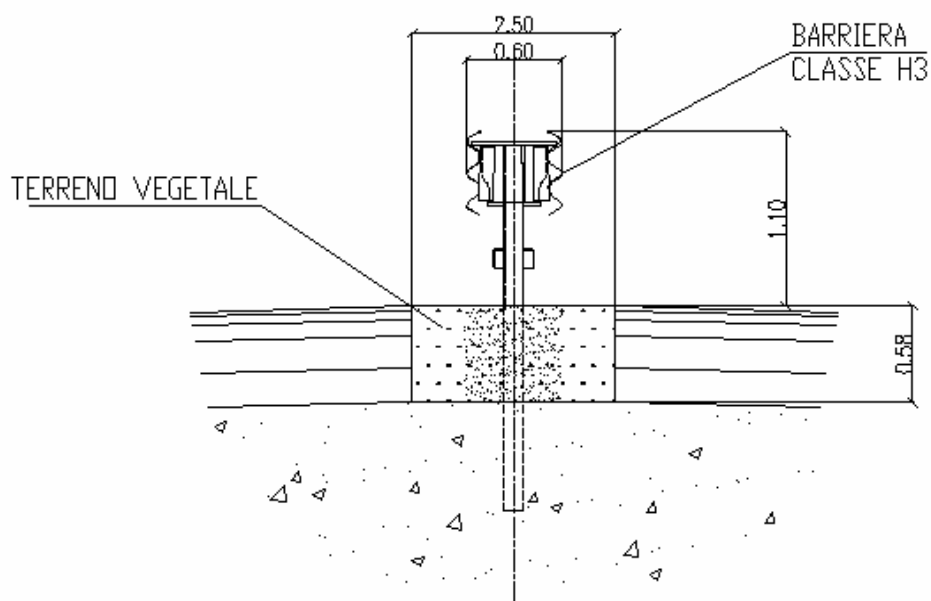


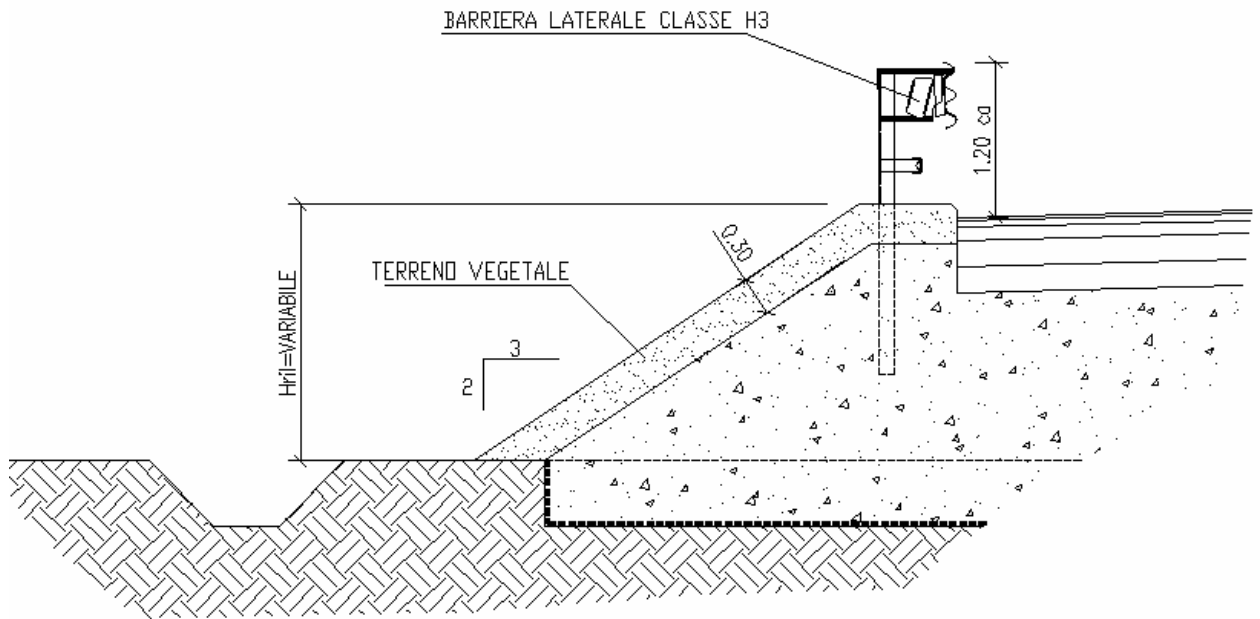
Figura 4 – Sezione barriera antifonica.

Si prevede, inoltre, l'inserimento di barriere di sicurezza situate come da tavola progettuale corrispondente.

In base alle prescrizioni della normativa, D.M. 05/11/2001, che riporta in funzione del tipo di traffico, del tipo della strada e della destinazione della barriera le classi minime di barriere da impiegare, sono state individuate le seguenti tipologie di barriera di sicurezza, collocate come da tavole progettuali corrispondenti:



**Figura 5 – Barriera di sicurezza.**



**Figura 6 – Sezione barriera laterale.**

Inoltre, nei punti in cui ha inizio la barriera, si prevede che la stessa venga inclinata ed immersa nel terreno al fine di non presentare la sezione orizzontale nella direzione opposta al moto.

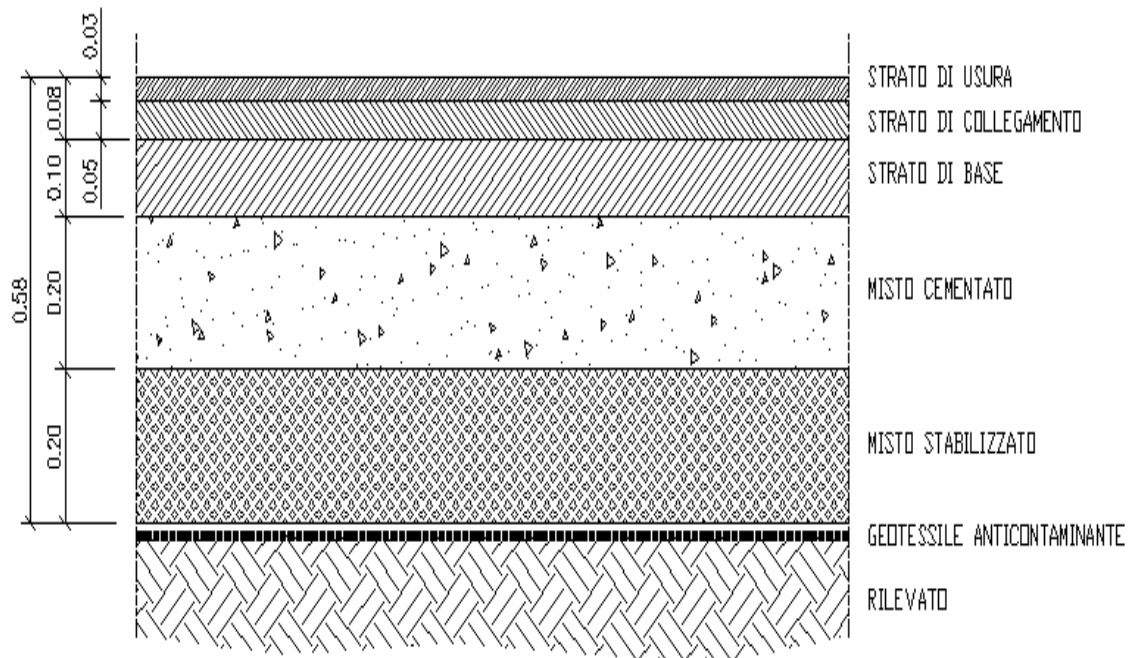
Tutte le barriere di sicurezza, così come gli attenuatori per punti singolari, dovranno essere di tipo omologato.



### 5.3 Sezione tipo sovrastruttura stradale

La sovrastruttura stradale, rappresentata in figura 7 sarà composta dai seguenti strati:

- a) c.b. modificato di usura e collegamento: 30+50 mm;
- b) c.b. modificato di base: 100 mm;
- c) misto cementato: 200 mm;
- d) stabilizzato granulometrico: 200 mm.



**Figura 7 – Sovrastruttura stradale.**

#### *5.4 Analisi delle pendenze stradali*

L'asta principale ha un tracciato pressoché pianeggiante, escludendo il tratto coincidente con Via S.Cristoforo dove si riscontrano pendenze massime di 3.78%

Le pendenze trasversali sono pari al 2,5%.

I raccordi altimetrici sono caratterizzati da un raggio minimo variabile fra i 3.000 e i 12.000 m per i convessi, di 2.600 m per i concavi.

Lo svincolo di Via S.Giuseppe presenta una pendenza massima di 4.5%, pendenze trasversali variabili fra 2,5% e 4,0% e raccordi altimetrici convessi massimi di 2.300 m, concavi fra 2.500 e 11.000 m.

In coincidenza dell'adeguamento S.P.51, Diegaro-Pievesestina, si riscontrano pendenze trasversali costanti di 2,5% e una pendenza longitudinale massima di 4.8%

I raccordi altimetrici massimi sono di 3.000 m per i convessi e 3.500 m per i concavi.

Infine, in coincidenza dell'adeguamento del ramo di ingresso alla E45-Asse E45- e del rialzo in sede Via S.Cristoforo- Asse RSC- si hanno pendenze massime di 3.76% e pendenza trasversale costante di 2,5%.

## CAPITOLO 6

### GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE

#### 6.1 Distanze di visibilità

##### 6.1.1. Visuali libere

Come è noto l'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione.

La normativa intende per distanza di visuale libera 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.).

### 6.1.2. Distanza di visibilità per l'arresto

Si valuta con la seguente espressione:

$$D_a = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau + \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^0 \frac{V}{\left[ g \times (V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + f_0(V)} dV [m]$$

dove:

$D_1$  = spazio percorso nel tempo  $\tau$

$D_2$  = 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 [%]

$\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

$g$  = accelerazione di gravità [ $m/s^2$ ]

$Ra$  = resistenza aerodinamica [N]

$f_1$  = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

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

dove la resistenza aerodinamica  $R_a$  si valuta con la seguente espressione:

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

dove:

$C_x$  = coefficiente aerodinamico

$S$  = superficie resistente [ $m^2$ ]

$\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard [ $kg/m^3$ ]

Per  $f_1$  possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa alle autostrade e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade. Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm).

| <b>VELOCITÀ<br/>Km/h</b>                 | 25   | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  | 140  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| <b><math>f_1</math><br/>Autostrade</b>   | -    | -    | -    | 0.44 | 0.40 | 0.36 | 0.34 |
| <b><math>f_1</math><br/>Altre strade</b> | 0.45 | 0.43 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | -    |

**Tabella 6.1**

Per le autostrade sono stati adottati valori di  $f_1$  maggiori in considerazione del fatto che su tale tipo di vie, caratterizzata da standard geometrici elevati nonché da piani viabili di qualità, l'utente tende ad impegnare l'aderenza disponibile in misura maggiore.

È importante notare che per il calcolo delle distanze di visibilità per l'arresto per il progetto del tratto del Lotto Zero si sono utilizzati i valori di  $f_1$  riferiti alle autostrade poiché la normativa prevede di poter adottare per le strade extraurbane principali (tipo B) qualora le qualità del piano viabile risultino paragonabili a quelle delle strade di tipo A e siano mantenute tali nel tempo.

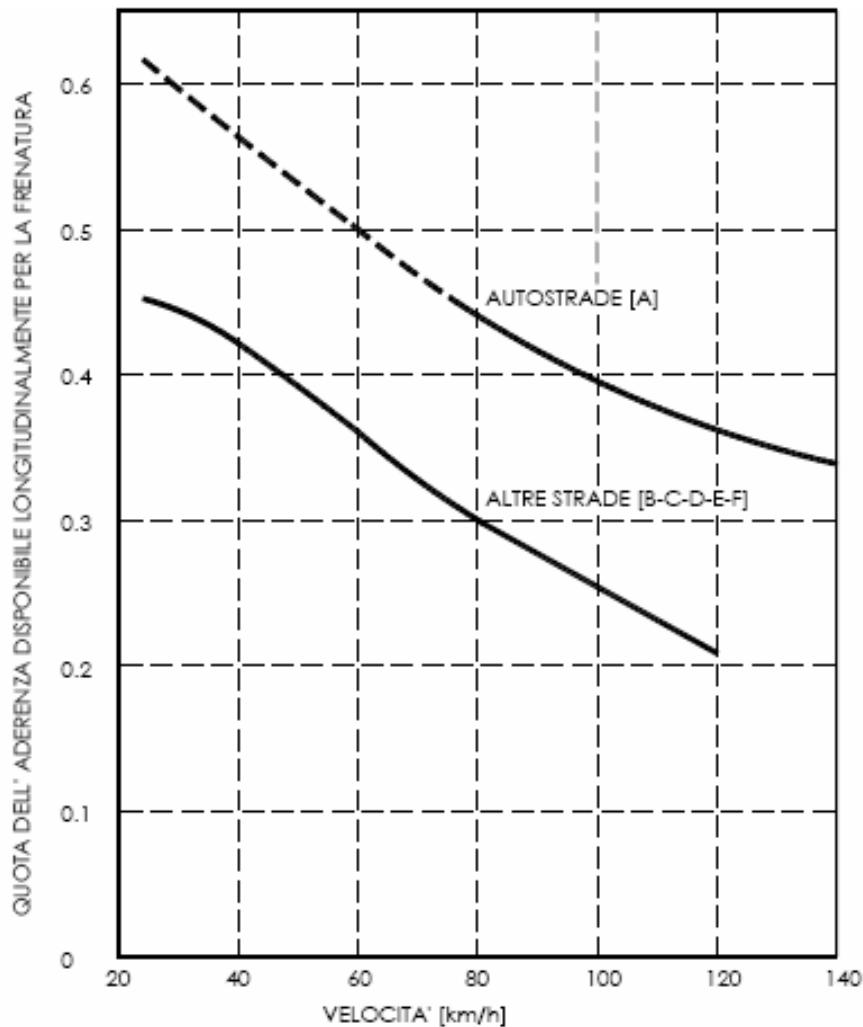


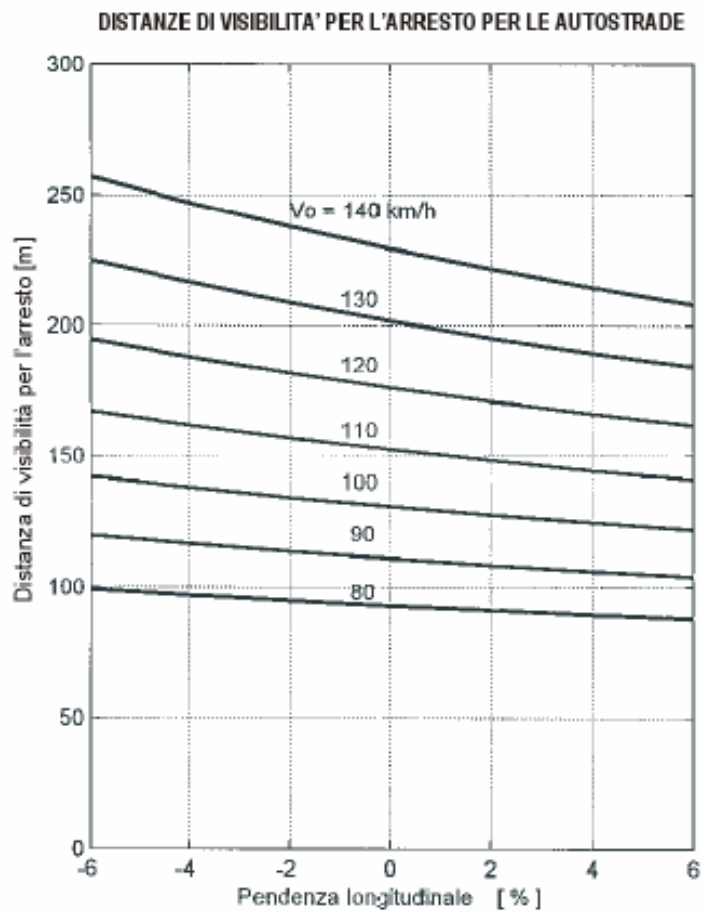
Figura 6.1

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità.

$$\tau = (2,8 - 0,01 V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

Le figure 6.2 e 6.3 riportano le distanze di visibilità per l'arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante.



**Figura 6.2**

### PER LE ALTRE STRADE

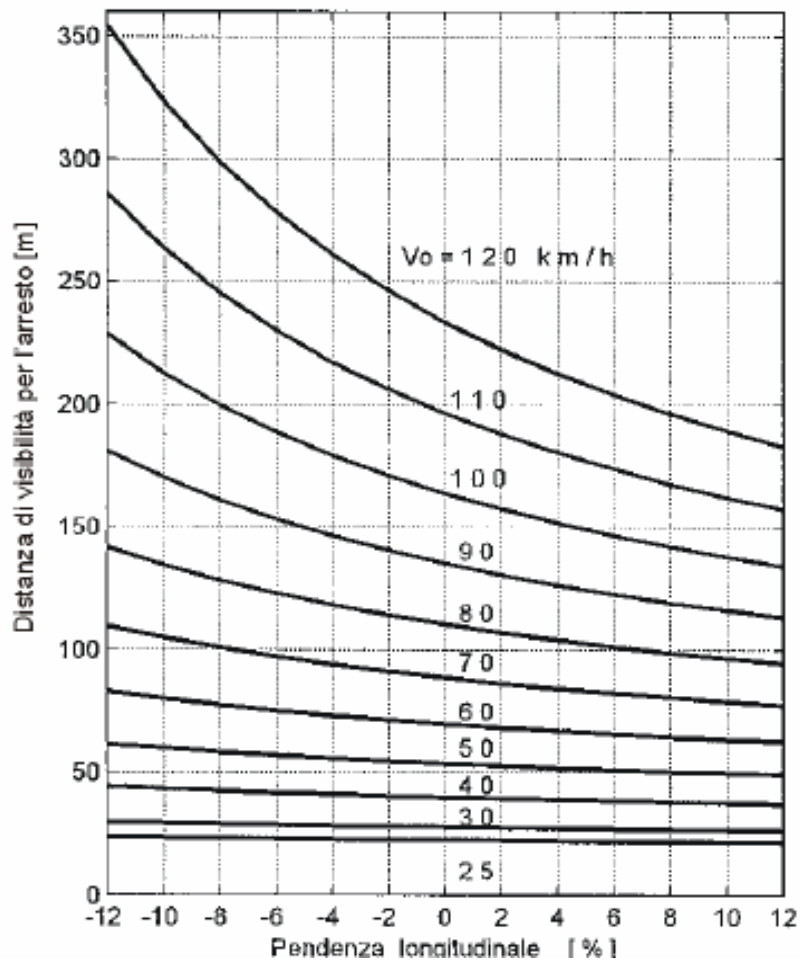


Figura 6.3

È importante far rilevare che tali diagrammi in figura sono calcolati per il caso di arresto di una autovettura le cui caratteristiche di resistenza aerodinamica ( con riferimento ad una autovettura media ) sono precisate di seguito:

$C_x$  = coefficiente aerodinamico = 0,35

$S$  = superficie resistente = 2,1 [m<sup>2</sup>]

$m$  = massa del veicolo = 1250 [kg]

$\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard = 1,15 [kg/m<sup>3</sup>]



Con queste condizioni e V espressa in km/h

$$\frac{Ra}{m} = 2,61 \times 10^{-5} \times V^2 \quad [N/kg]$$

Da ciò ne risulta un valore pari a:

$$D_A = 140 \text{ metri}$$

### *6.1.3 Distanza di visibilità per il sorpasso*

La normativa prevede la verifica della distanza di visibilità per il sorpasso se si è in presenza di veicoli marcianti in senso opposto, ma considerando che questo non ricade nel caso oggetto di studio tale verifica non sarà condotta.

#### 6.1.4. Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia

Si valuta lo spazio necessario con la seguente espressione:

$$D_C = 9,5 \times v = 2,6V \text{ [m]}$$

nella quale i 9,5 secondi comprendono i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia

e

$v$  = velocità del veicolo in [m/s]

ovvero:

$$D_C = 9,5 * 90000/3600 = 237,5 \text{ metri}$$

#### *6.1.5. Applicazioni progettuali*

La normativa prevede esplicitamente che sia verificata lungo tutto il tracciato la distanza di visibilità per l'arresto in condizioni ordinarie o con tempi di reazione maggiorati.

Inoltre in presenza di più corsie per senso di marcia nonché in corrispondenza di punti singolari quali intersezioni, deviazioni, uscite, occorre assicurare la distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia.

Ai fini delle verifiche delle visuali libere la normativa impone che la posizione del conducente sia sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata, con l'altezza del suo occhio a m. 1,10 dal piano viabile. Nella valutazione della distanza di visibilità per l'arresto, l'ostacolo va collocato a m. 0,10 dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente. Nel caso della distanza di visibilità per il sorpasso, l'ostacolo mobile va collocato nella corsia opposta, con altezza pari a m. 1,10. Nel caso della manovra di cambiamento di corsia, deve venir verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente.

#### *6.1.6. Conclusioni*

In seguito ai calcoli svolti si può affermare con certezza che sia la distanza di visibilità per l'arresto sia la distanza di visibilità per il cambiamento di corsia che, è bene sottolinearlo, riguarda la possibilità di cambiamento di corsia in prossimità di uno svincolo o di una intersezione, sono abbondantemente garantite.

## **CAPITOLO 7**

### **SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE**

#### *Premessa*

Garantire un adeguato livello di sicurezza è la prima condizione che deve essere perseguita dal progettista dell'infrastruttura viaria.

In relazione alla simulazione di progettazione della Variante della S.S.9 "Via Emilia", si può affermare che, nell'espressione più ampia, la sicurezza della circolazione deve essere perseguita mediante la razionale progettazione dei seguenti elementi:

- geometria del tracciato;
- svincoli;
- pavimentazioni.

## 7.1. Geometria del tracciato

Certamente la geometria del tracciato rappresenta il complesso di elementi fondamentale per la sicurezza della circolazione. Occorre, infatti, che la progettazione dell'asse comporti una consequenzialità degli elementi geometrici in modo da avere un tracciato facile da percorrere, sempre presente e senza insidie, e fondamentalmente nella condizione di conferire all'utente la percezione immediata e continuativa di quello che deve avvenire, soprattutto per un tratto come la Variante della S.S. "Via Emilia" in cui il traffico sarà intenso e veloce.

### *Criteria di composizione dell'asse*

La normativa prevede che nelle strade a due carreggiate complanari e ad una unica piattaforma, l'asse si collochi a metà del margine interno.

Inoltre nella definizione dell'asse di una strada, tradizionalmente si studia separatamente l'andamento planimetrico da quello altimetrico.

Secondo tale schema il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali i rettili, le curve e raggio circolari ed i raccordi a raggio variabile, mentre quello altimetrico si articola in una successione di livellette e raccordi concavi e convessi.

Ai fini di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, è necessario adottare per la planimetria e l'altimetria, soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto.

### *7.1.1. Andamento planimetrico dell'asse*

#### *Elementi del tracciato planimetrico*

Tra due elementi a raggio costante deve essere inserita una curva a raggio variabile, lungo la quale generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza.

La definizione di questi elementi e la loro combinazione è connessa soprattutto ad esigenze di sicurezza.

#### **- Rettifili**

La normativa prevede espressamente che per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano una lunghezza  $L_r$  contenuta nel seguente limite:

$$L_r = 22 \times V_{P_{Max}} \quad [m]$$

dove  $V_{P_{Max}}$  è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in km/h

Considerando che nel caso in esame i valori risultano:

$$V_{P_{Max}} = 120 \text{ km/h}$$

ne consegue :

$$L_r = 22 \times 120 = 2640 \text{ m}$$



*Risulta quindi verificata la prescrizione in esame essendo la lunghezza del tratto in esame  $L = 1.377$  metri.*

Inoltre, in genere, l'adozione dei rettifili di lunghezza limitata favorisce l'inserimento della strada nell'ambiente.

La normativa prescrive poi che un rettifilo, per essere percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati in tabella; dove per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

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

**Tabella 7.1**

#### - **Curve circolari**

Considerando lo sviluppo del tratto oggetto di studio è facile notare l'assenza di curve in quanto lo sviluppo è sostanzialmente rettilineo.

#### *Pendenze trasversali della piattaforma nei rettilinei*

La pendenza trasversale in rettifilo nasce prevalentemente dall'esigenza di allentamento dell'acqua superficiale.

Indipendente dal tipo di strada, la normativa prevede che la pendenza minima delle falde della carreggiata,  $i_c$ , sia del 2.5% ( $q=0.025$ ).

Per quanto riguarda il tracciato in esame l'asta principale presenta pendenze trasversali pari al 2.5%.

### 7.1.2. Andamento altimetrico dell'asse

#### Elementi del profilo altimetrico

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

Le pendenze massime adottabili per i diversi tipi di strada sono indicati nella tabella seguente:

| <b>TIPO DI STRADA</b>         | <b>AMBITO URBANO</b> | <b>AMBITO EXTRAURBANO</b> |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Autostrada</b>             | 6%                   | 5%                        |
| <b>Extraurbano principale</b> | -                    | 6%                        |
| <b>Extraurbano secondaria</b> | -                    | 7%                        |
| <b>Urbana di scorrimento</b>  | 6%                   | -                         |
| <b>Urbana di quartiere</b>    | 8%                   | -                         |
| <b>Locale</b>                 | 10%                  | 10%                       |

**Tabella 7.2**

La normativa ha previsto che per strade di tipo A,B e D è opportuno, per 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 quanto riguarda il tracciato in esame si può notare che l'asta principale presenta un tracciato pressoché costante, se si esclude il tratto coincidente con la Via S. Cristoforo dove si sono trovate pendenze massime di 3.78%.

### *Raccordi verticali*

Sono stati eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

$$L = R_v \times \frac{\Delta_i}{100} \text{ [m]}$$

dove  $\Delta_i$  è la variazione di pendenza in percento delle livellette da raccordare ed  $R_v$  è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola, determinato come segue:

- l'arco di parabola da inserire tra due livellette ha, rispetto al riferimento cartesiano indicato in figura, la seguente equazione:

$$y = bx - ax^2$$

dove:

$$a = \text{parametro della parabola} = \frac{\Delta_i}{100 \times 2L} = \frac{1}{2R_v} \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

$$b = \frac{i_1}{100}$$

$$R_v = \frac{1}{2a} = \text{raggio del cerchio osculatore nel vertice A della parabola [m]}$$

$$L = \frac{\Delta_i}{100 \times 2A} = R_v \frac{\Delta_i}{100} = \text{lunghezza dell'arco di parabola [m]}$$

$$x_a = \frac{i_1}{\Delta_i} \times L = \frac{i_1}{100} \times R_v = \text{ascissa del punto a tangente orizzontale e (punto più alto del dorso o più basso della sacca)[m]}$$

$$y_a = \frac{i_1}{100} \times x_a - ax_a^2 = a \text{ [m]}$$

$$r = \frac{R_v}{8} \left( \frac{\Delta_i}{100} \right)^2 \quad [\text{m}]$$

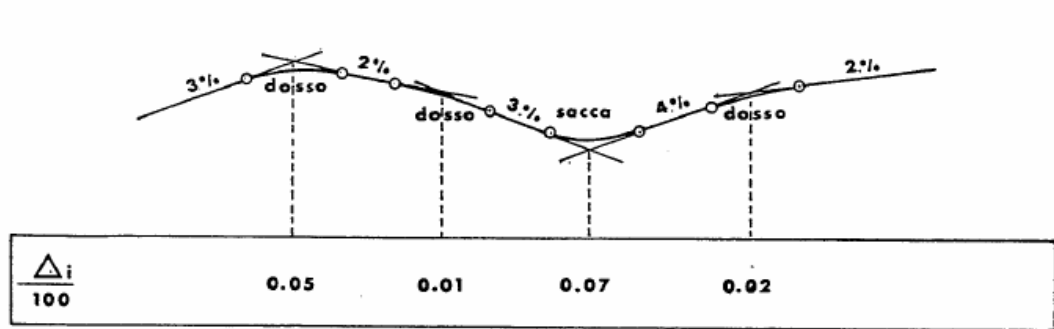


Figura 7.1

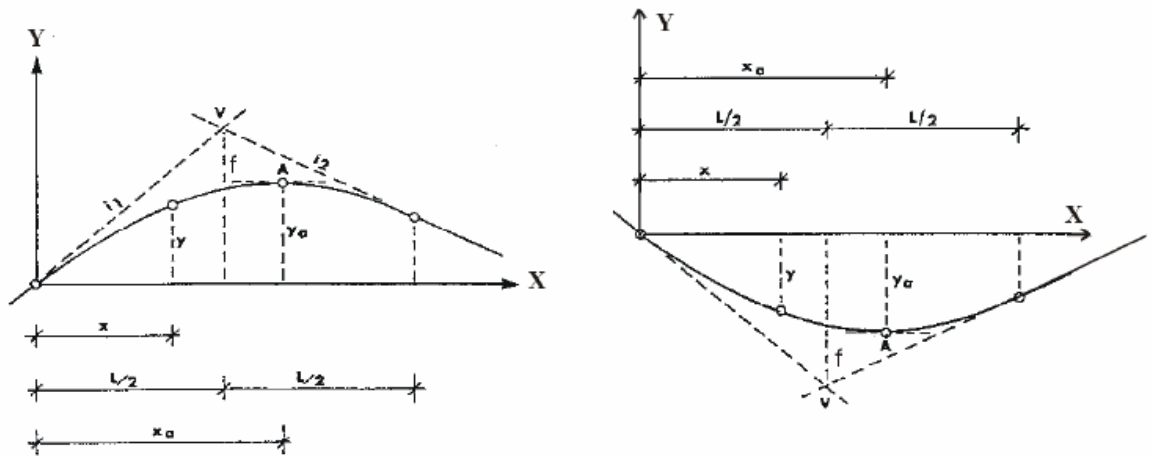


Figura 7.2

Il valore minimo del raggio  $R_v$ , che definisce la lunghezza del raccordo, è stato determinato in modo da garantire:

- che nessuna parte del veicolo ( eccetto le ruote ) abbia contatti con la superficie stradale; ciò comporta:

$$R_v \geq R_v \text{ min} = 20 \text{ m} \quad \text{nei dossi}$$

$$R_v \geq R_v \text{ min} = 20 \text{ m} \quad \text{nelle sacche}$$

- che per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale  $a_v$  non superi il valore  $a_{\text{lim}}$ ; si ha:

$$a_v = v_p^2 / R_v \leq a_{\text{lim}}$$

dove:

$v_p$  = velocità di progetto della curva [ m/s ], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità

$R_v$  = raggio del raccordo verticale [m]

$$a_{\text{lim}} = 0,6 \text{ m/s}^2$$

- che vengano garantite le visuali libere.

*Raccordi verticali convessi (dossi)*

Con riferimento alle distanze di visibilità da verificare in relazione alle situazioni progettuali assunte il raggio minimo del raccordo viene determinato come segue.

Siano:

$R_v$  = raggio del raccordo verticale convesso [m]

$D$  = distanza di visibilità da realizzare [m]

$\Delta_i$  = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

$h_1$  = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

$h_2$  = altezza dell'ostacolo [m]

Si distinguono due casi:

- 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 è soliti porre  $h_1 = 1.10$  m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone  $h_2 = 0.10$  m. In caso di visibilità necessaria per il sorpasso si pone  $h_2 = 1.10$  m.

Le figure seguenti mostrano, per diversi valori di  $D$ , le lunghezze di  $R_v$  quando  $h_1 = 1.10$  m. e  $h_2 = 0.10$  m. oppure  $h_1 = h_2 = 1.10$  m.

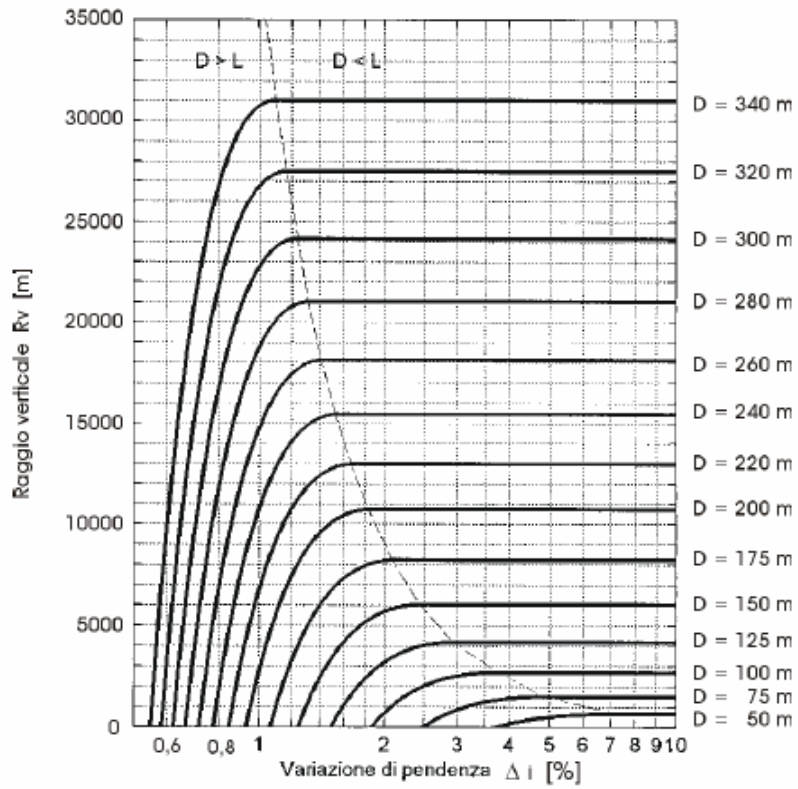


Figura 7.3

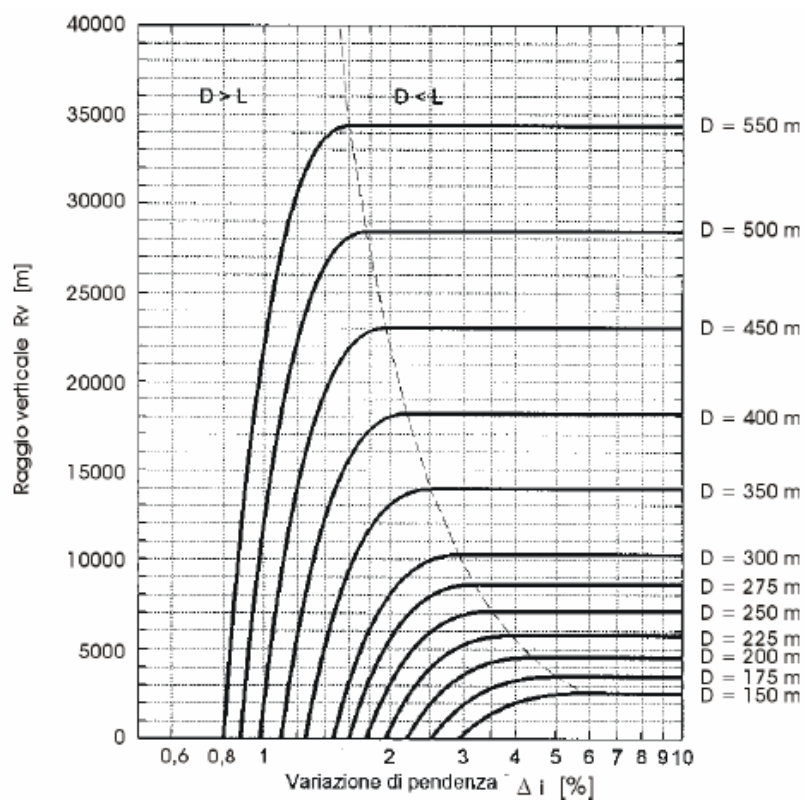


Figura 7.4



*Raccordi verticali concavi (sacche)*

Con riferimento alla sola distanza di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, ed in mancanza di luce naturale, la normativa prevede che il raggio minimo del raccordo sia calcolato come:

- se  $D$  è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha:

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

- se invece  $D > L$

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

dove:

$R_v$  = raggio del raccordo verticale concavo [m]

$D$  = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]

$\Delta_i$  = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

$h$  = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

$\vartheta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo

avendo posto:

$h = 0,5$  m.

$$\theta = 1^\circ$$

si ottengono i valori di  $R_v$  come si evince dal grafico seguente:

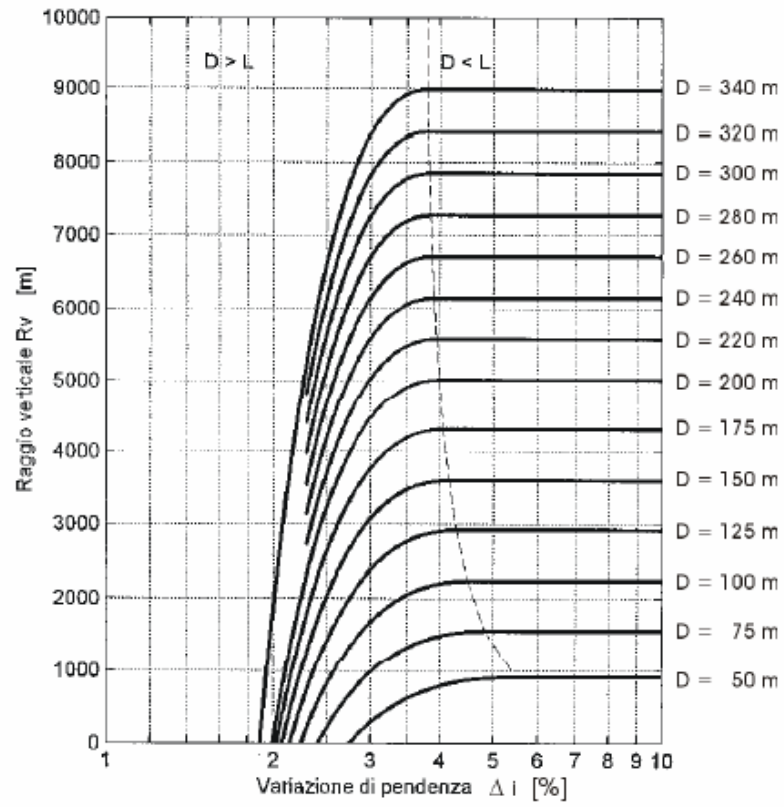


Figura 7.5

## **7.2. Svincoli**

Gli svincoli rappresentano l'elemento di rottura della continuità del flusso di traffico e vanno particolarmente curati in modo che possano assolvere alla loro funzione nel migliore dei modi contemperando la necessità delle diversioni e delle immissioni con quelle della marcia normale.

Ecco allora che lo svincolo viene ad assumere un'altra funzione oltre a quella di distribuzione del traffico: la funzione di controllo della velocità. Uno svincolo del quale non ci si accorge a meno della segnaletica è certamente motivo di pericolosità.

Chiaramente gli elementi geometrici degli svincoli, in particolare ai fini di un armonioso inserimento ambientale, devono essere organicamente rapportati a quelli del tracciato principale.

### **7.3 Pavimentazioni**

Per quanto riguarda le pavimentazioni, le caratteristiche superficiali devono essere caratterizzate in funzione dei luoghi nelle quali esse vanno posate affinché la circolazione avvenga sempre in condizioni di sicurezza. Nel caso della Variante della S.S. n. 9 “Via Emilia”, si tratta di una strada che si svolge a quote basse; tuttavia si dovranno considerare la piovosità, i giorni di gelo, le effettive possibilità di carenze di sicurezza. Oggi la tecnica stradale in questo campo ha fatto grandi passi approntando materiali che possono essere dimensionati in funzione della macro e microtessitura superficiale che le condizioni locali richiedono, e delle necessità di smaltimento delle acque.

## **CAPITOLO 8**

### **MANUFATTI**

#### *Premessa*

Ritengo utile ricordare, come richiamato in precedenza, che questo studio oggetto di tesi non ha e non vuole avere la pretesa di essere uno studio esecutivo dei vari manufatti presenti all'interno dell'opera denominata "Lotto zero". Allo stesso tempo però ritengo utile, se non indispensabile, avere perlomeno un inquadramento progettuale delle singole opere che via via si sviluppano lungo il tracciato.

I manufatti che interessano le strade e gli svincoli interferenti sono:

- Sovrappasso Via S. Cristoforo, Prog. 0+347;
- Cavalcavia svincolo Via S. Giuseppe, Prog. 0+941.187;
- Sottopasso della S.P. n. 51, Diegaro-Pievesestina, Prog. 1+222.768+347.

La costruzione dei manufatti è, in generale, prevista con impalcati di travi prefabbricate su pile e spalle in opera con sistemi fondali su pali. Per gli impalcati a tre luci è prevista la solidarizzazione in opera al fine di ottenere una struttura continua.

Costituisce un'eccezione il rialzo insistente su via S. Cristoforo, manufatto in struttura metallica a via inferiore.

### **8.1. Sovrappasso Via San Cristoforo**

Il Sovrappasso in Via S. Cristoforo, situato alla Prog. 0+347, è costituito da un manufatto in struttura metallica a via inferiore disposto obliquo rispetto al rettifilo. Tale struttura sarà a campata unica di luce pari a 27.50 m.

Il ponte in esame, riportato in figura, ha un impalcato a piastra ortotropa di tipo tradizionale, formato da una lamiera piana superiore irrigidita da costole longitudinali e da travi trasversali (o traversi) ad esse saldate.

La zona in cui verranno realizzate le opere è classificata sismica, con grado di sismicità  $S = 9$ . Sono stati pertanto previsti ritegni antisismici trasversali e longitudinali in corrispondenza testa travi.

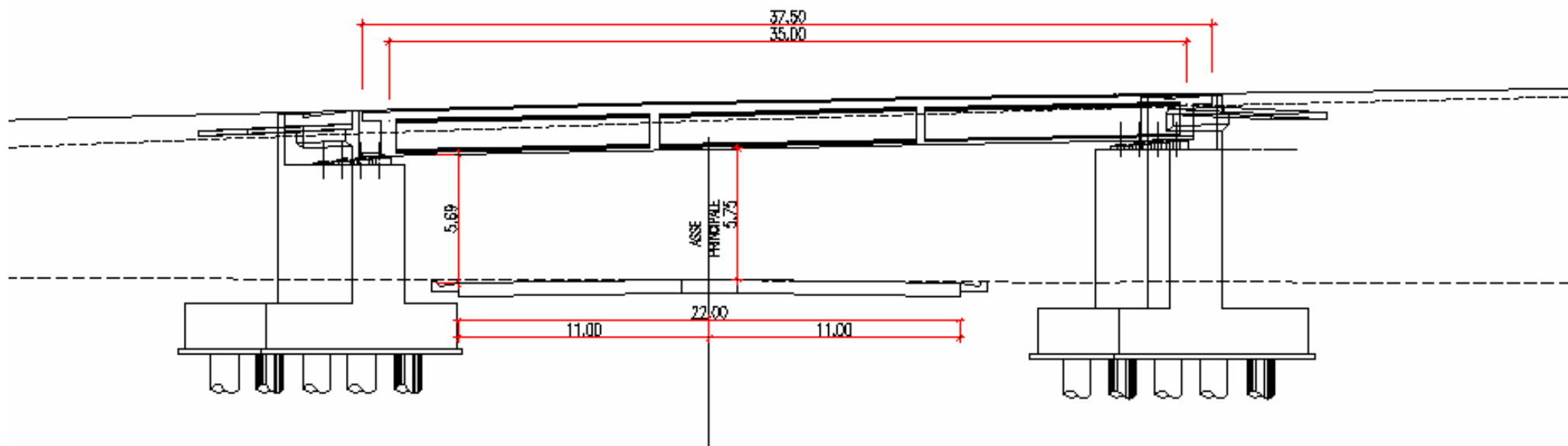


Figura 8.1 – Sovrappasso Via San Cristoforo

## 8.2. Cavalcavia svincolo Via S. Giuseppe

Il cavalcavia situato allo svincolo di Via S. Giuseppe, Prog. 0+941.187, presenta una lunghezza complessiva pari a 85.00 m su tre campate rispettivamente 26.00 m, 33.00 m, 26.00 m.

La sezione è di 11.00 m con banchina di 1.75 m in rettilineo.

Per l'opera a tre luci, rappresentata in figura, si considera un impalcato a tre campate iperstatiche rispettivamente di 26.00+33.00+26.00 m con pile di altezza pari a 7.50 m e spalle di altezza pari a 10.00 m circa.

L'impalcato sarà realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo, travi in c.a.p. pretese a cassone.

Sulle pile verrà realizzata una post-tensione.

La zona in cui verranno realizzate le opere è classificata sismica, con grado di sismicità  $S = 9$ , e sono stati previsti pertanto ritegni antisismici trasversali e appoggi in acciaio-teflon, fissi, multidirezionali e unilaterali.



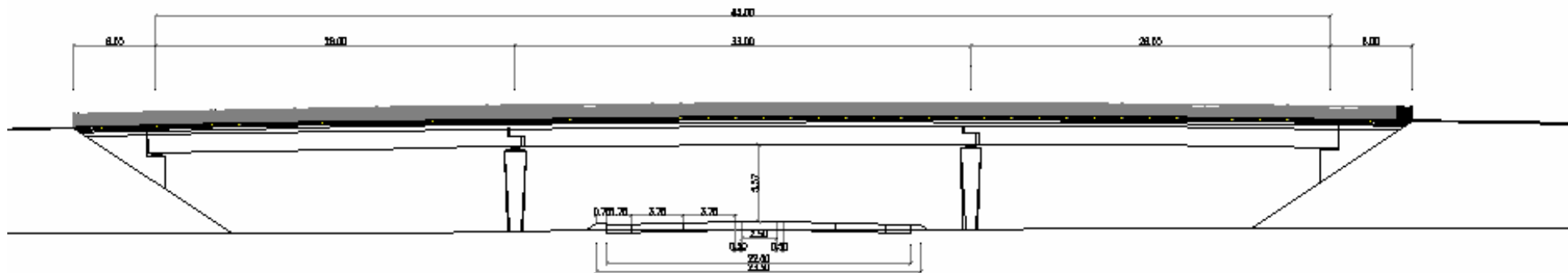


Figura 8.2 - Cavalcavia svincolo Via S. Giuseppe

### **8.3. Sottopasso della S.P. n. 51, Diegaro-Pievesestina**

Il sottopasso della S.P. n. 51, Diegaro-Pievesestina, collocato alla Prog. 1+222.768+347,

presenta una lunghezza complessiva pari a 35.00 m a unica campata. Tale struttura è rappresentata in figura.

L'impalcato sarà realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo travi in c.a.p. pretese a doppia T.

La zona in cui verranno realizzate le opere è classificata sismica, con grado di sismicità  $S = 9$ , e sono stati previsti pertanto ritegni antisismici.

Il sostegno dei terreni necessari alla realizzazione del sottopasso di Via S. Cristoforo viene garantito da diaframmi in c.a., che si sviluppano lungo l'asse del tracciato in varie altezze e con diverse caratteristiche statiche. Caratteristica comune di tutti i diaframmi è lo spessore di 0.8-1 m mentre è diverso il numero e il tipo degli ancoraggi provvisori utilizzati.

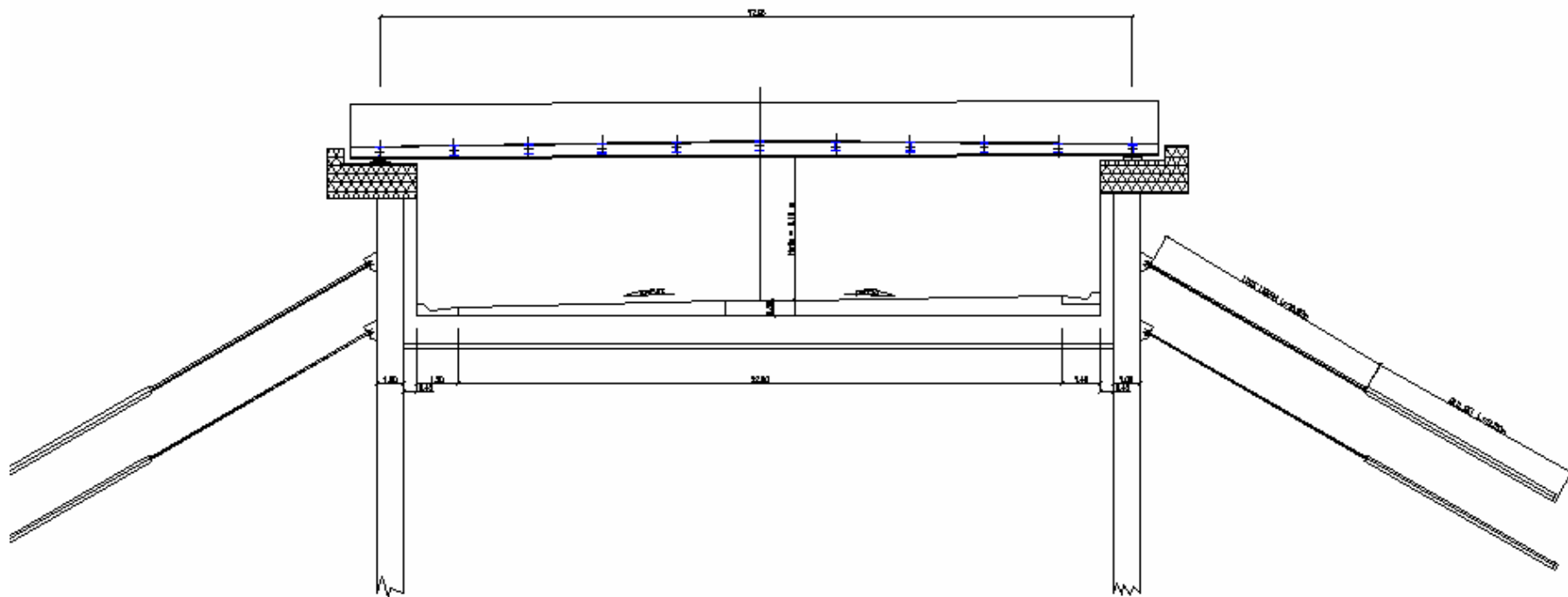


Figura 8.3 - Sottopasso della S.P. n. 51, Diegaro-Pievesestina

## **CAPITOLO 9**

### **DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ**

#### **9.1. Premessa e descrizione del diagramma**

Il D.M. 05/11/2001 recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” richiede esplicitamente che il progetto di ogni tratto stradale comprenda anche la redazione del “Diagramma delle Velocità”. Tale diagramma mostra quale sia l’andamento delle velocità di progetto lungo la strada che si deve realizzare.

Oltre ad essere uno strumento finalizzato ad un’analisi più approfondito delle modalità di percorrenza del tratto stradale in esame, esso diventa anche un metro di valutazione per l’effettiva correttezza del progetto: il D.M. 05/11/2001, richiede che i dati che emergono dal diagramma soddisfino requisiti che verranno illustrati successivamente; qualora tali requisiti non venissero soddisfatti, il codice impone che si apportino modifiche al progetto.

Da questa ultima considerazione si evince l’importanza che la normativa attribuisce allo strumento in questione.

## 9.2. Costruzione del diagramma delle velocità

### 9.2.1. Diagramma delle curvature

Il primo passo necessario è la realizzazione di un grafico che riporti in ascissa lo sviluppo dell'asse stradale ed in ordinata la curvatura  $\chi$  dell'asse in ogni sezione, secondo la formula:

$$\chi = 1/R \text{ in curva}$$

$$\chi = 0 \text{ in rettilineo}$$

con R= raggio di curvatura e con la convenzione di positività qualora si tratti di curve sinistrorse.

Nella seguente tabella sono riportate le lunghezze dei vari tratti stradali ed i relativi valori di curvatura.

| TRATTI<br>[m] | CURVATURA<br>[10 <sup>4</sup> m] |
|---------------|----------------------------------|
| 0             | 0                                |
| 100           | 0                                |
| 200           | 0                                |
| 300           | 0                                |
| 400           | 0                                |
| 500           | 0                                |
| 600           | 0                                |

| <b>TRATTI<br/>[m]</b> | <b>CURVATURA<br/>[10<sup>4</sup> m]</b> |
|-----------------------|---|
| 700                   | 0                                       |
| 800                   | 0                                       |
| 900                   | 0                                       |
| 1000                  | 0                                       |
| 1100                  | 0                                       |
| 1200                  | 0                                       |
| 1300                  | 0                                       |
| 1377                  | 0                                       |

**Tabella 9.1**

Utilizzando tali dati si può facilmente costruire il diagramma delle curvature.

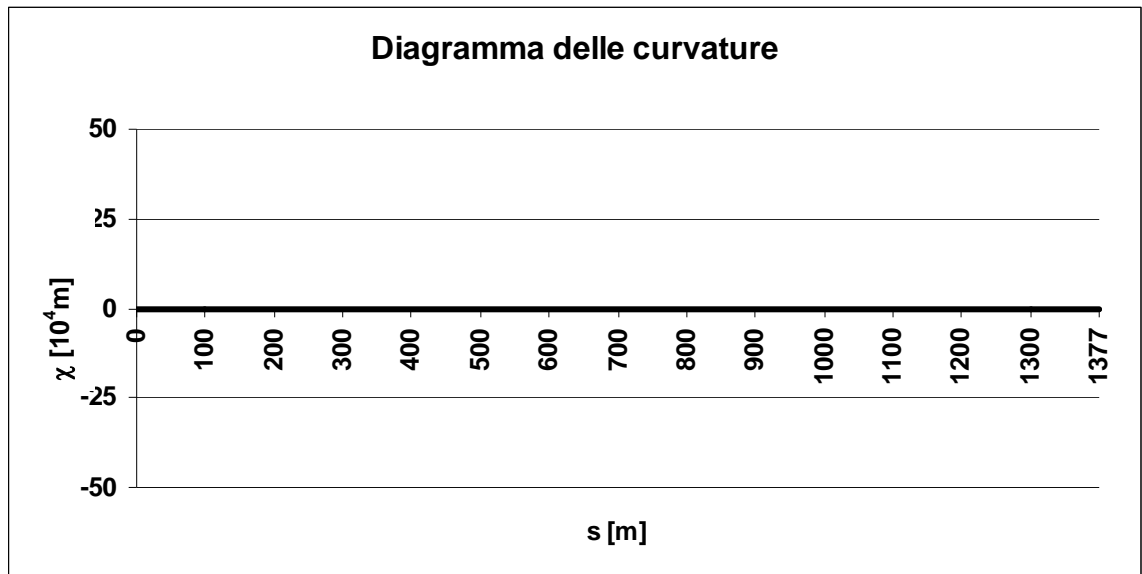


Tabella 9.2 – Diagramma delle curvature

È da notare che la curvatura è costante poiché come si evince dalla planimetria il progetto in esecuzione è sostanzialmente rettilineo.

### 9.3. Diagramma delle velocità

La velocità di progetto e, naturalmente, un valore ideale che scaturisce da un modello interpretativo che deve essere abbastanza semplice da non richiedere al progettista troppo tempo per realizzarla e sufficientemente complesso da essere adeguato a descrivere l'andamento reale delle velocità di percorrenza del tratto stradale con una approssimazione accettabile. Come per l'utilizzo di ogni modello, dunque, è necessario premettere le ipotesi sulle quali si basa.

#### 9.3.1 Ipotesi e semplificazioni

- in rettilineo, sugli archi di cerchio con raggio non inferiore a  $R_{2,5}$  e nelle clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare, e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva, ricadono soltanto negli elementi considerati (rettilineo, curve ampie con  $R > R_{2,5}$  e clotoidi);
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a  $R_{2,5}$ , e si determina dagli abachi;

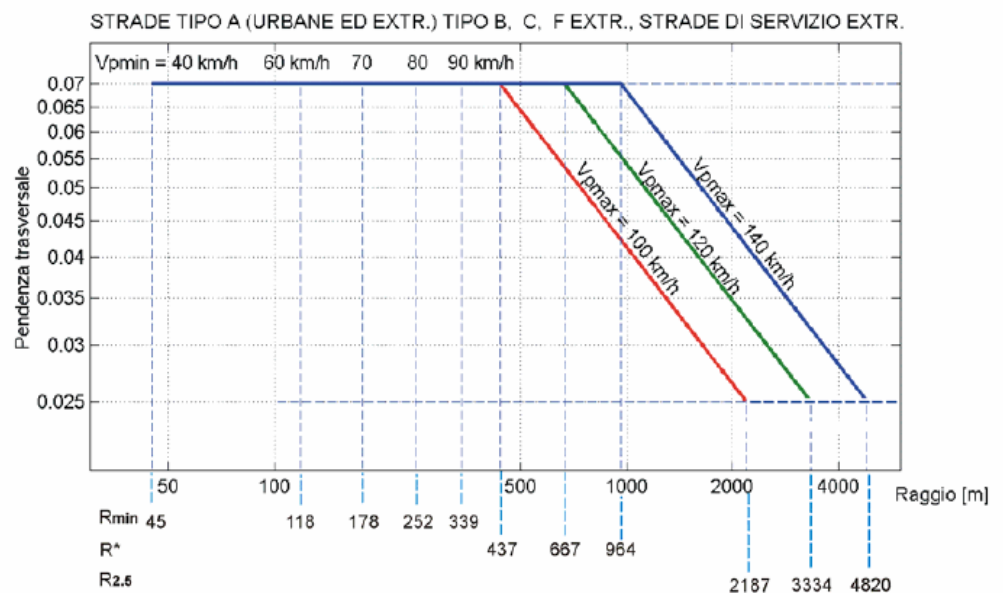
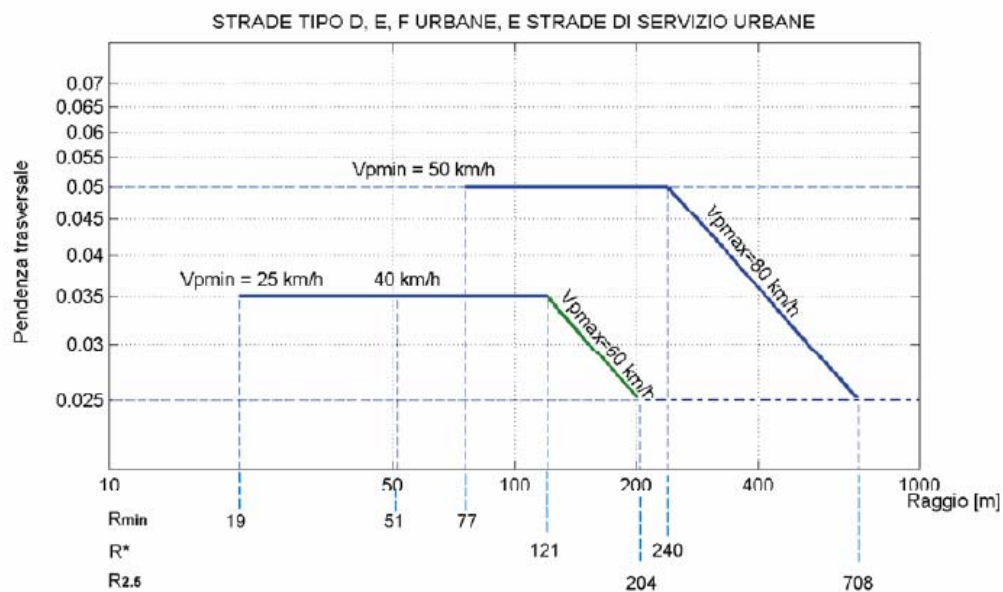


Figura 9.1





**Figura 9.2**

- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati in  $0.8 \text{ m/s}^2$ ;
- si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

### 9.3.2 Determinazione delle velocità di progetto

Ricordando che per le strade di tipo Cat. B come quella in esame valgono le regole generali definite dalla normativa.

$$V_{p,\max} = 120 \text{ Km/h}$$

$$V_{p,\min} = 70 \text{ Km/h}$$

Considerando inoltre che il tracciato ha sostanzialmente sviluppo rettilineo il diagramma delle velocità avrà un andamento costante e rettilineo.

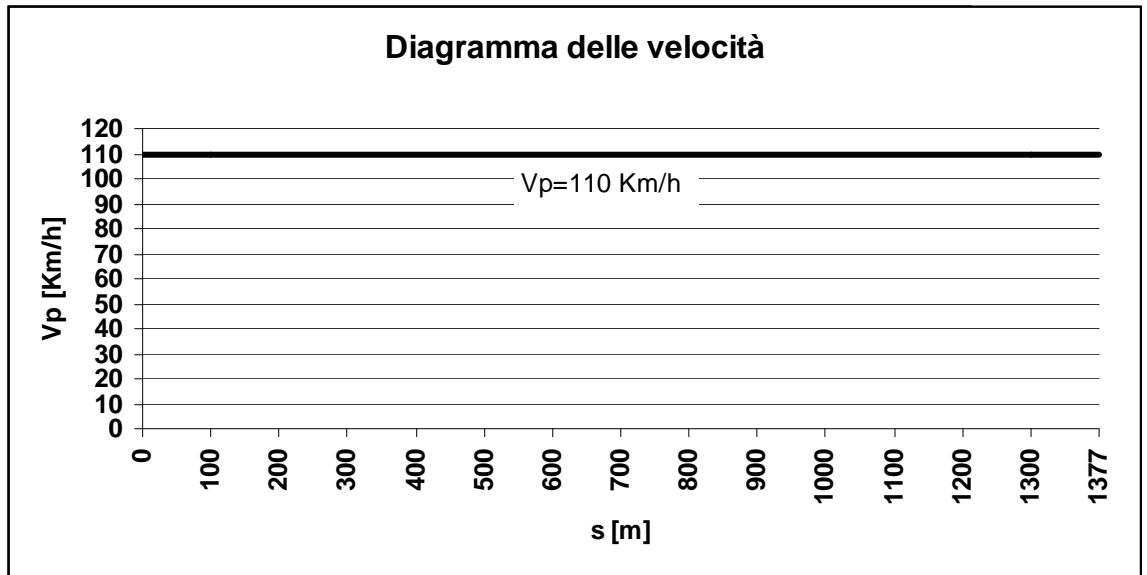


Tabella 9.3 – Diagramma delle velocità.

#### 9.4. Lunghezza di transizione

La lunghezza di transizione  $D_T$  è la lunghezza in cui la velocità passa dal valore  $V_{Pn}$  al valore  $V_{P(n+1)}$ , competenti a due tratti che si succedono.

Fisicamente tale valore dovrebbe essere ricavato usando le leggi della cinematica valide per il moto uniformemente accelerato o decelerato:

$$V_{P(n+1)} = a \cdot t + V_{Pn}$$

$$D_T = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + V_{Pn} \cdot t$$

Dalla prima delle quali è agevole ricavare  $t$  che, sostituito nella seconda, permette di trovare  $D_T$ .

Il metodo definito dalla normativa per trovare  $D_T$ , però, è più semplice: si usa la formula approssimata

$$D_T = \frac{\Delta V \times V_m}{12,96 \times a}$$

In cui:  $\Delta V$  = differenza di velocità ( $V_{Pn} - V_{P(n+1)}$ ) in Km/h

$V_m$  = velocità media tra i due elementi in Km/h

Inoltre l'approssimazione suggerita dalla normativa è di considerare costante il rapporto  $V_p/s$  nei tratti a velocità variabile.

Tali approssimazioni contrastano con il modello fisico rigoroso, ma per la determinazione del diagramma si sono seguite le direttive della normativa.

Considerando che nel caso in oggetto non c'è variazione di velocità nel passaggio dalla secante esistente al "Lotto zero" ne risulta quindi:

$$D_T = 0$$

## 9.5. Valutazione dei dati emersi dal diagramma

Dopo la realizzazione del diagramma la normativa impone alcune verifiche per stabilire se il progetto sia corretto o meno.

### 9.5.1 Distanza di riconoscimento

Per distanza di riconoscimento si intende la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti.

Essa ovviamente è funzione della velocità e può essere calcolata in metri con la relazione:

$$D_r = t * V_p$$

in cui il tempo  $t$  è fissato in 12 secondi, e quindi per ottenere  $D_r$  in metri la velocità  $V_p$  va espressa in m/s e deve essere riferita all'elemento di raggio maggiore.

Affinché la manovra di decelerazione possa essere compiuta nel modo corretto, è necessario che il conducente percepisca la variazione di curvatura dell'asse ad una distanza maggiore di  $D_T$ , inoltre, ovviamente,  $D_T$  deve essere minore della distanza di visibilità libera nel tratto che precede la curva circolare.

In questa relazione l'ultima condizione verrà trascurata poiché non si è in possesso di dati sufficienti per determinare  $D_v$

$$D_T \leq D_r$$

Nel caso in esame risulta:

$$D_r = t * V_p = 12 * (90 * 1000) / (60^2) = 300 \text{ metri} > D_T$$

**Da tale verifica risultano soddisfatte le prescrizioni della normativa.**

## 9.6. Esame del diagramma delle velocità

Una volta ottenuto il diagramma di velocità e verificato che le condizioni precedentemente indicate sulle distanze di transizione  $D_T$ , sono soddisfatte, occorre assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo per entrambi i sensi di circolazione.

A questo scopo devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

Per  $V_{pmax} \geq 100$  km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{pmax}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

Per gli altri tipi di strade ( $V_{pmax} \leq 80$  km/h) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{pmax}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 10 km/h.

Poiché si tratta di una verifica globale sulle scelte puntuali dei vari elementi di un tracciato, nel caso le condizioni sopra esposte non siano verificate, anche solo in singole parti, occorrerà riprendere la geometria di interi tratti.

## 9.7. Coordinamento piano-altimetrico

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre coordinare opportunamente l'andamento planoaltimetrico dell'asse con il profilo longitudinale. Un valido strumento di controllo di tale coerenza fornito dalla rappresentazione prospettica del tracciato.

### 9.7.1 Posizione del raccordo verticale

Quando un raccordo verticale è situato in un tratto ad andamento rettilineo ed è sufficientemente distante dai punti di tangenza delle curve planimetriche, la percezione del tracciato è corretta. Se non è possibile evitare la sovrapposizione dei due elementi curvilinei, è opportuno far coincidere il vertice del raccordo verticale con quello della curva planimetrica. In tal caso, il risultato ottimale dal punto di vista ottico lo si ottiene se la lunghezza dei due raccordi è dello stesso ordine.

Nei tratti con andamento planimetrico sinuoso è opportuno evitare cambiamenti di pendenza longitudinale.

### 9.7.2 Difetti di coordinamento fra elementi planimetrici ed altimetrici

- Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria.

Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.

- Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.

Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale  $R_v$  ed il raggio della curva planimetrica  $R$  sia  $\geq 6$ .

- Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità.

Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto  $R_v/R$  in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.

- Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato.

Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.

- Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale.

Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

## 9.8. Perdita di tracciato

Quando un raccordo concavo segue un raccordo convesso, nel quadro prospettico dell'utente può rimanere mascherato un tratto intermedio del tracciato. Si definisce questa situazione come «perdita di tracciato» (vedi figura). Questa perdita può disorientare l'utente quando il tracciato ricompare ad una distanza inferiore a quella riportata nella tabella seguente.

|                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Velocità [Km/h]</b>            | 25  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| <b>Distanza di ricomparsa [m]</b> | 150 | 180 | 220 | 280 | 350 | 420 | 500 | 560 | 640 | 720 | 800 | 860 |

Tabella 9.4

Occorre evitare queste situazioni, in particolare, quando mascherano intersezioni o cambiamenti di direzione.

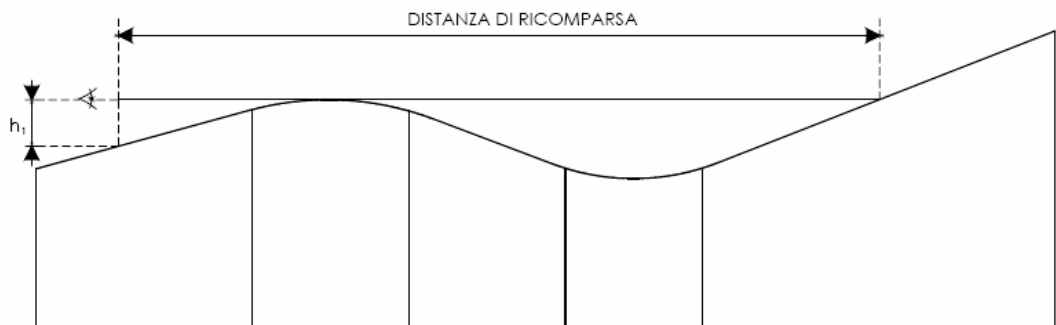


Figura 9.4

**Per quanto riguarda il caso in esame tutte le norme sopra richiamate sono verificate come si evince dalla lettura del profilo longitudinale.**



## **CAPITOLO 10**

### **CONCLUSIONI**

Alla fine di questo studio si può concludere che a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 05/11/2001 recante le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" la nuova redazione del progetto ha portato modifiche importanti e sostanziali rispetto alla precedente stesura.

Tali modifiche hanno riguardato principalmente due aspetti.

Il primo inerente un cambiamento sostanziale della piattaforma stradale che in sede finale risulta essere di 23.50 mt rispetto alla precedente che risultava essere di 20.10 mt in base alle Norme C.N.R., Tipo III.

Tale modifica ha comportato quindi la riprogettazione degli svincoli per adeguarli alla nuova piattaforma e contemporaneamente la riprogettazione totale e parziale dei manufatti sia per quelli già esistenti come il Cavalcavia di Via San Giuseppe e il Sovrappasso di Via San Cristoforo sia per quello ex novo come il Sottopasso della S.P. n°51, Diegaro-Pievesestina.

Il secondo aspetto, dopo l'entrata in vigore del D.M. 05/11/2001, riguarda principalmente il maggiore terreno da sottoporre ad esproprio, un numero maggiore di abitazioni da espropriare e successivamente demolire ed infine una completa ed esauriente analisi delle nuove disposizioni in materia di sicurezza della circolazione come ampiamente descritto nel Cap. 7.

Per dovere di sintesi si richiama all'attenzione del lettore che tutte le nuove verifiche di sicurezza e di progettazione del cosiddetto "Lotto Zero" soddisfano ampiamente tali prescrizioni così come descritto nei capitoli precedenti di questo studio.

## **CAPITOLO 10**

### **BIBLIOGRAFIA**

*D.M. 05/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e dei servizi”*

*D.P.R. 16/12/1992 N. 495 “Nuovo Codice della strada 1 Gennaio 1993”*

*D.M. 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”*

*LE STRADE 9/2002 “Visibilità nelle curve sinistrorse di strade a carreggiate separate”*

*Delibere di giunta della Provincia Forlì-Cesena (n. 20556/1654 del 11/10/88, n. 25749/768 del 22/07/97, n. 10349/214 del 18/04/2000. )*

*Delibere di Consiglio Comunale del Comune di Cesena (n. 2426 del 21/10/2000)*

*Delibere Ministeriali del Ministero delle Infrastrutture*

*Manuale del Corso di Costruzioni di strade ferrovie ed aeroporti del corso di laurea in ingegneria civile, Università di Bologna, anno 2001/2002*

*“Capitolato speciale di appalto protezione antifoniche”, ANAS 1999*

*“Studio di traffico e analisi costi benefici a supporto della progettazione definitiva della variante alla SS 9 «Emilia» nel tratto Forlì Cesena” redatto da Sisplan nel novembre 1999*

*“Studio di compatibilità Ambientale del collegamento E45-Strada Diegaro/S.Egidio «LOTTO 0» nel Comune di Cesena” redatto da AIRIS*

## RINGRAZIAMENTI

**Ad Ersilia,  
nei cui occhi ho scrutato l'infinito.**

Vorrei premettere che questa pagina è sicuramente la più sentita (come ovvio...) ma, allo stesso tempo, certamente la più difficile da scrivere.

Il primo ringraziamento, il più sentito, è rivolto alla mia famiglia (compresa ovviamente la Manu!), per avermi permesso di arrivare a questo traguardo, finanziando i miei studi, sostenendomi nelle difficoltà e gioendo con me nei momenti felici.

Il secondo è ancora più facile perché va alla mia seconda famiglia ovvero a “quei ragazzi”, Marchino, il Mister, Ponchia, Mone.

Ho provato a cercare le parole da usare ma come ben sanno il mio silenzio esprime già tutto quello che provo per loro.

Un grazie particolare al “compagno Bu“ per aver espresso tutto il mio estro in formato Power Point.

Non intendo assolutamente ringraziare i miei compagni di viaggio, ovvero i miei compagni di appartamento, perché in tutti questi anni mi hanno obbligato a cucinare per loro ottimi pranzetti a base di ruote, zucchine e pomodorini piccoli “quelli tondi”, oppure cenette con salame di quaglia, la salama da sugo, le patate alla “non lo so”, il tutto accompagnato da San Zveis e pida fat in cà.

Mi corre l'obbligo però ringraziare Cava e Ricci per aver finanziato i miei lunghi viaggi in treno perdendo una marea di “eurini” a maraffa. Grazie ragazzi!!!

Il mio compagno di camera preferito, credente instancabile di San Giorgio, tanto da inginocchiarsi a lui ogni 15 maggio con in spalla un pesante Cero di legno durante una fantastica corsa.

Inoltre un saluto particolare va a tutte quelle persone che, in questi anni, si sono succedute in casa, a Mau e Laura, a Dave, a Luca ma soprattutto a Paolo di Gubbio che anche se formalmente non pagava l'affitto era sempre pronto ad accamparsi in salotto portando in cambio la birra (1 birra!!!).

Un saluto all'appartamento delle ragazze, Marta e Giu, la Manu, e la Sà...un'oasi di bellezza e simpatia in una valle di lacrime. Un saluto sentito a tutte quelle strane

persone che mi hanno accompagnato in questo lungo cammino, il Conte, Giggi, la splendida Mariavincenza e tutti gli altri di cui purtroppo mi rimane solo il ricordo.

Infine un grazie e un bacio ad una persona particolare che da “qualche anno” mi sopporta in maniera eroica....grazie cucciolo!

PS : mi sia permesso un ultimo saluto e ringraziamento, in fondo la tesi è la mia e quindi saluto chi voglio io! Vorrei infatti dedicare l'ultimo ricordo al mio letto, un compagno instancabile con il quale ho condiviso molto del mio tempo trascorso a Bologna. Non Ti Dimenticherò Mai!