



# ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

## ITINERARIO PALERMO – AGRIGENTO (SS121–SS189) AMMODERNAMENTO DEL TRATTO PALERMO–LERCARA

### STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

RESPONSABILE DI PROGETTO  
Dott. Ing. Fabrizio Arciuli

RESPONSABILI TECNICI

Geom. Michele Pacelli	Tracciati
Dott. Ing. Giampiero Liberati	Geotecnica
Dott. Ing. Fulvio Soccodato	Idraulica
Dott. Ing. Giuseppe Imbraguglio	Strutture
Dott. Geol. Flavio Capozucca	Geologia
Dott. Arch. Barbara Banchini	Ambiente
Dott. Ing. Francesco Bezzi	Impianti
Dott. Ing. Pierluigi Fabbro	Espropri/Interferenze
Dott. Arch. Roberto Roggi	Computi
Dott. Ing. Pier Giorgio D'Armini	Studio Trasportistico

PROGETTISTA: Dott. Ing. M. Averardi  
Ordine Ing. di Roma n. 8770  
Dott. Ing. A. Valente  
Ordine Ing. di Roma n. 20739

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:

Ing. F. Nigrelli – Coordinatore

Responsabile Ing. P.R. Elliott

Ing. F. Amico	Ing. M. Lascari
Ing. D. Anello	Arch. G. Liuzzo
Ing. G. Bicker	Geom. A. Lo Prinzi
Ing. G. Bonincontro	Prof. D. Lo Bosco
Ing. F. Busalacchi	Ing. S. Nigrelli
Ing. V. Canzoneri	Ing. A. Pantalena
Ing. M. Chubb	Ing. V. Plescia
Arch. P. Coniglio	Ing. G. Rosone
Prof. Ing. G. Giambanco	Ing. T. Short
Arch. F. Giambruno	Ing. G. Speciale
Arch. F. Giangreco	Ing. V. Sykes
Arch. G. Graziani	Geol. M. Vallone
Ing. M. Hawley	Ing. H. Woods
Ing. R. Kimber	Ing. M. Wright

Responsabile Ing. S. Di Maio

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

DATA

PROTOCOLLO

### QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE RELAZIONE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

CODICE PROGETTO	CODICE FILE	REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
LO410A P 0301	POO_IA20_GEN_RE00_A.DOC	A		
C				
B				
A	EMISSIONE	SET. 07	BERETTA	ARCIULI VALENTE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

ITINERARIO PALERMO - AGRIGENTO (SS121-SS189)  
Ammodernamento del tratto Palermo - Lercara

**PROGETTO PRELIMINARE**

**RELAZIONE DEL QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

**SOMMARIO**

**0. PREMESSA .....4**

**1. EVOLUZIONE DELLO STUDIO DEL TRACCIATO E DELLA SCELTA DELLA SOLUZIONE PLANO-ALTIMETRICA.....5**

1.1 PRIMA FASE – STUDIO DELLA GEOMETRIA DI BASE DEL TRACCIATO.....5

1.2 SECONDA FASE – APPROFONDIMENTI PLANO-ALTIMETRICI.....5

1.3 TERZA FASE – SCELTA FINALE DELLE ALTERNATIVE.....6

1.4 QUARTA FASE – COMPOSIZIONE DELLE ALTERNATIVE .....6

1.5 ARTICOLAZIONE IN TRONCHI DEL TRACCIATO .....7

1.5.1 Tronco AB .....8

1.5.2 Tronco BC .....8

1.5.3 Tronco CD.....8

1.5.4 Tronco DE .....8

1.5.5 Tronco EF .....9

1.5.6 Tronco FG (fine intervento).....9

1.6 DESCRIZIONE PLANO-ALTIMETRICA DELLE ALTERNATIVE DI TRACCIATO.....9

1.6.1 Alternativa 0 (tracciato attuale) .....9

1.6.2 Alternative 1, 2, 3, 4, A - Generalità.....10

1.6.3 Andamento planimetrico dell'asse stradale.....10

1.6.4 Andamento altimetrico dell'asse stradale.....10

1.6.5 Verifiche della distanza di visibilità per l'arresto Alternative 1,2,3,4.....10

1.6.6 Alternativa 1 .....11

1.6.7 Alternativa 2 .....11

1.6.8 Alternativa 3 .....12

1.6.9 Alternativa 4 .....12

1.6.10 Alternativa A.....13

**2. IL TRACCIATO STRADALE .....14**

2.1 GEOMETRIA DEL TRACCIATO STRADALE FUORI SEDE IN CAT.B (LOTTI 1 E 3B) .....14

2.1.1 Studio planimetrico dell'asse stradale.....14

2.1.2 Studio altimetrico dell'asse stradale.....15

2.1.3 Geometria del tracciato (Lotto 2 e Lotto 3a)- Adeguamento in sede .....15

2.1.3.1 Studio planimetrico dell'asse stradale.....15

2.1.3.2 Studio altimetrico dell'asse stradale.....16

**3. SEZIONI TRASVERSALI TIPO .....16**

3.1 TRACCIATO FUORI SEDE IN CAT.B (LOTTI 1 E 3) .....16

3.1.1 Tracciato in sede (Lotto 2).....17

**4. GLI SVINCOLI.....17**

4.1 PREMESSE .....17

4.1.1 Note sul tracciamento e la geometria delle rampe di svincolo.....18

4.1.2 Note sul dimensionamento dinamico e funzionale delle corsie di accelerazione e decelerazione .....18

4.1.3 Svincoli Tracciato fuori sede in Cat. B (Lotti 1 e 3) .....18

4.1.3.1 Svincolo n°1 - Ficarazzi (pk 0+000) .....18

4.1.3.2 Svincolo n°2 – Misilmeri (pk 6+735).....19

4.1.3.3 Svincolo n°3 - Bolognetta (pk 12+125).....19

4.1.3.4 Svincolo n°8 - Lercara Friddi (pk 48+155).....20

4.1.4 Tracciato in sede (Lotto 2).....20

4.1.4.1 Bolognetta – Rotatoria di disconnessione tra strada tipo B e tipo C.....20

4.1.4.2 Svincolo 2+700 – Tumminia .....20

4.1.4.3 Svincolo 5+300 – Cimminna .....21

4.1.4.4 Svincolo 6+900 – Baucina .....21

4.1.4.5 Svincolo 9+400 – Cefalà Diana .....21

4.1.4.6 Svincolo 13+000 – Mezzojuso .....21

4.1.4.7 Svincolo 15+900 – Villafrati Sud .....21

4.1.4.8 Svincolo 17+800 – Campofelice .....22

4.1.4.9 Svincolo 22+100 – Vicari Nord .....22

4.1.4.10 Svincolo 29+450 – Vicari Sud.....22

4.1.4.11 Svincolo 33+550 – Bivio Manganaro.....22

4.1.5 Caratteristiche geometriche degli svincoli.....23

4.1.5.1 Uscita parallela .....23

4.1.5.2 Uscita ad ago .....23

4.1.5.3 Entrata parallela .....23

4.1.5.4 Intersezioni a raso .....23

**5. OPERE D'ARTE MAGGIORI: PONTI E VIADOTTI.....23**

5.1.1 VIADOTTI NEL TRACCIATO FUORI SEDE IN CAT. B (LOTTI 1 e 3).....23

5.1.2 VIADOTTI NEL TRACCIATO DI ADEGUAMENTO IN SEDE (LOTTO 2) .....24

5.1.2.1 VIADOTTI NUOVI.....24

5.1.2.2 VIADOTTI DA ADEGUARE .....24

5.2 DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI ADOTTATE .....25

5.2.1 Impalcato a conci coniugati di c.a.p. ....25

5.2.2 Impalcato a sezione mista con travi di acciaio a sezione variabile .....25

5.2.3 Impalcato a sezione mista con travi di acciaio a sezione costante.....25

5.2.4 Impalcato a cassoncini di c.a.p.....26

**6. CAVALCAVIA .....26**

**7. LE GALLERIE.....27**

7.1 TRACCIATO PRINCIPALE .....27

7.2 LE SEZIONI ADOTTATE .....27

7.3 DESCRIZIONE DELLE GALLERIE DEL TRACCIATO PRINCIPALE.....28

**8. GESTIONE MATERIE .....28**

**9. INTERVENTI DI MITIGAZIONE E INSERIMENTO PAESAGGISTICO AMBIENTALE .....30**

9.1 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI .....30

9.1.1 Riqualficazione aree sotto i viadotti in corrispondenza di alvei con vegetazione idro – igrofitica 31

9.1.2 Riqualficazione aree sotto viadotti con macchia arbustiva .....31

9.1.3 Riqualficazione aree imbocco e ritombamento gallerie .....32

9.1.4 Rimodellamento morfologico .....32

9.1.5 Opere di presidio idraulico .....32

9.1.6 Interventi antirumore .....32

**10. IMPIANTI TECNOLOGICI .....33**

10.1 IMPIANTI DI SICUREZZA IN GALLERIA .....33

10.2 IMPIANTI DI LUNGA TRATTA .....34

10.2.1 Impianti controllo Ambientale.....34

10.2.2 Impianto S.O.S.....34

10.2.3 Impianto TVCC.....34

10.2.4 Pannelli a Messaggio variabile .....34

10.2.5 Condotture lungo la tratta .....34

10.3 IMPIANTI NEGLI SVINCOLI .....35

10.3.1 Impianti Elettrici di Potenza .....35

10.3.2 Impianto di Illuminazione .....35

**11. LE INTERFERENZE.....36**

**12. LE ESPROPRIAZIONI.....36**

**13. LA VALUTAZIONE DEI COSTI E DELLA REDDITIVITA' ECONOMICA.....38**

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1. Corografia .....	8
Figura 2. Consistenza opere Alternativa 1 .....	11
Figura 3. Consistenza opere Alternativa 2.....	12
Figura 4. Consistenza opere Alternativa 3.....	12
Figura 5. Consistenza opere Alternativa 4.....	13
Figura 6 . Consistenza opere Alternativa A .....	14

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1. Sintesi delle alternative studiate .....	5
Tabella 2. Composizione delle alternative .....	6
Tabella 3. Grafico – Sviluppo delle alternative .....	7
Tabella 4. Ripartizione curvature – Alternativa 1.....	11
Tabella 5. Ripartizione curvature – Alternativa 2.....	11
Tabella 6. Ripartizione curvature – Alternativa 3.....	12
Tabella 7. Ripartizione curvature – Alternativa 4.....	12
Tabella 8. Dati di progetto impianto di illuminazione di svincolo .....	36
Tabella 9. Lista Enti Interferenti.....	36
Tabella 10. Aree da espropriare e/o occupare.....	37
Tabella 11. Somme previste per le espropriazioni .....	38

## 0. PREMESSA

### ITER PROGETTUALE

Il potenziamento dell'itinerario Palermo-Agrigento, per la connessione dei due capoluoghi, dei relativi entroterra e dei relativi versanti costieri, era già inserito nell'APQ per il Trasporto stradale stipulato nel novembre 2001 e prevedeva un adeguamento della sezione stradale a caratteristiche del tipo III del CNR80 (con una previsione di costo di 1.513 miliardi di lire). Successivamente è stato inserito nelle previsioni programmatiche di realizzazione delle infrastrutture strategiche individuate dalla Legge obiettivo di cui alla delibera CIPE del 21.12.2001 n. 121 di approvazione del 1° Programma delle Infrastrutture strategiche (con una previsione di costo di M€ 781). Inoltre, tale potenziamento a tipo III CNR80 era inserito nel Piano Regionale dei Trasporti della Sicilia – Piano Direttore (approvato dalla Giunta di Governo Regionale con Delib. N. 322 del 11.10.2002, contenente indirizzi strategici ed interventi prioritari del sistema di trasporto e della mobilità generale in Sicilia).

Sulla base di questi indirizzi programmatici, nel corso del 2003-04, l'Anas ha redatto un Progetto Preliminare, comprensivo dello Studio di Impatto Ambientale, che prevede una nuova viabilità di collegamento stradale fra la A19 Palermo-Catania ed il Comune di Lercara Friddi (adeguamento a 4 corsie di circa 50km della S.S.121) con prolungamento in direzione di Agrigento (adeguamento a 4 corsie di circa 9 km della S.S.189). Questa nuova infrastruttura, classificata come "Strada Extraurbana Principale – Categoria B" ai sensi del D.M.05/11/2001, è completamente in variante rispetto alle strade statali esistenti ed è connessa funzionalmente alle stesse mediante idonei svincoli e relative bretelle di collegamento.

L'intervento era completato dal Progetto Preliminare, comprensivo dello Studio di Impatto Ambientale, dell'adeguamento di un tratto di circa 10 km della S.S.118, denominato "bypass di Marineo", classificato come "Strada Extraurbana Secondaria – Categoria C2 ai sensi del citato decreto.

L'intervento così definito è stato approvato dal Consiglio di Amministrazione dell'Anas il 13 maggio 2004 (con una previsione di costo di M€ 2239, di cui circa M€ 2070 per la nuova viabilità a 4 corsie).

### 1^ ITER APPROVATIVO

Il 13 dicembre 2004, l'Anas ha avviato la procedura approvativa CIPE (ai sensi dell'art.2,3,5,17 e 18 del D.Lgs. 190/2002 (Legge Obiettivo) sull'intervento denominato:

*Itinerario Palermo – Agrigento: tratto Palermo-Lercara Friddi.*

*Adeguamento a 4 corsie della S.S. 121 dal km 253+000 al km 204+520 e della S.S. 189 dal km 0+000 al km 9+000 con variante di Marineo della S.S. 118 dal km 0+000 al km 10+700.*

Durante l'accertamento della compatibilità ambientale, la Commissione Speciale (CSVIA), nell'ambito dell'istruttoria avviata a giugno 2005, ha richiesto integrazioni progettuali che sono state consegnate dall'Anas al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATT) a dicembre 2005 (ai sensi dell'art. 20, comma 2, del DLgs 190/02).

Le integrazioni richieste riguardavano lo studio di un'alternativa progettuale, denominata "Alternativa A", che prevedeva due tratti con le seguenti caratteristiche stradali:

1. Tratto A: Palermo (nuovo svincolo A19) – Bolognetta, adeguamento a quattro corsie (categoria B);
2. Tratto B: Bolognetta – Lercara, adeguamento a categoria C1 della S.S.121 e della S.S.189, con tratti di adeguamento in sede e tratti di variante, predisposti per un futuro adeguamento alla categoria B.

Tale alternativa progettuale considerava anche i mutati indirizzi programmatici della Regione Sicilia che, nel **Piano Attuativo delle quattro modalità di trasporto** (approvato dalla Regione Sicilia con Delib.GR n.367/04 del 11-11-2004, successivamente alla redazione del progetto su cui sono state

aperte le procedure CIPE), ha precisato meglio il quadro di indirizzo previsto nell'APQ e nel Piano Direttore del Piano Regionale dei Trasporti della Sicilia. Tale piano attuativo per l'itinerario Palermo – Agrigento (cfr. paragrafo 18.3.1 "Interventi sulla rete infrastrutturale") recita "La necessità di una messa in sicurezza dell'asse è fuori discussione. Il Piano propone l'adeguamento di tale itinerario al tipo C1 tra Agrigento e Bolognetta (e non al tipo B come previsto da APQ), predisposto per essere adeguato al tipo B quando l'evoluzione dei carichi sull'asse imporrà un successivo potenziamento..(omissis)..fa eccezione il tratto iniziale sulla SS121 da Palermo a Bolognetta, che il Piano prevede di adeguare da subito al tipo B, alla luce dei carichi gravitanti sul capoluogo. Tale scelta è in linea con quanto previsto dalla programmazione ANAS per la S.S.118, strada di interesse regionale, che si innesta sulla S.S.121 in corrispondenza di Bolognetta."

La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, endoprocedimento della fase autorizzativa prevista dalla vigente normativa per le infrastrutture strategiche, si è conclusa con un parere favorevole della CSVIA del 17 gennaio 2006, (trasmesso dal MATT all'Anas il 27 febbraio 2006 a seguito di formale richiesta dell'Anas).

Il parere favorevole è stato formulato limitatamente al Tratto A della nuova alternativa presentata (alternativa A), relativo all'adeguamento a 4 corsie dalla progressiva km 0+000, in corrispondenza dell'innesto sulla A19 con il nuovo svincolo di Ficarazzi, alla progressiva km 12+200 circa (svincolo Bolognetta).

Nel parere citato la CSVIA ha espresso anche le seguenti determinazioni:

- la Variante di Marineo della S.S.118 dal km 0+000 al km 10+700 viene esclusa dal parere della CSVIA in quanto non risulta far parte del programma iniziale dell'itinerario principale e che non costituisce opera connessa;
- Richiesta di ripubblicazione del progetto per le parti modificate in sede di presentazione delle integrazioni ai sensi dell'art.20, comma 2 del D.Lgs.190/2002 dell'adeguamento della strada esistente (Tratto B).

### ULTERIORI INDIRIZZI PER IL COMPLETAMENTO DELLA REVISIONE PROGETTUALE

Ulteriori indicazioni sono state fornite dalla Regione, nell'ambito dell'**Accordo di Programma Quadro Testo Coordinato ed Integrato per il trasporto Stradale** (APQ 2006), firmato il 28 dicembre 2006, nel quale per l'itinerario Palermo – Agrigento, contenuto nell'elenco delle opere prioritarie, si indica che "Per il tratto, dalla A19 a Bolognetta, dove si hanno flussi di traffico elevati il collegamento avverrà mediante doppia carreggiata e quattro corsie. Per il tratto da Bolognetta (PA) ad Agrigento l'intervento consisterà nell'ammodernamento e potenziamento dell'itinerario esistente con la realizzazione di strade di servizio complanari, al fine di regolamentare le intersezioni che saranno a livelli sfalsati, ed una terza corsia destinata ai mezzi pesanti in corrispondenza ai tratti a maggiore pendenza e rettifiche plano-altimetriche ove necessarie", e nell'ambito degli incontri tecnici promossi dall'Assessorato LL.PP. della Regione Sicilia per monitorare l'attivazione delle procedure per la realizzazione dell'intervento in oggetto.

In particolare, per quanto riguarda l'alternativa progettuale nel tratto Bolognetta – Lercara, da sottoporre a ripubblicazione, la Regione Sicilia ha evidenziato la necessità, con l'obiettivo di ridurre i costi dell'intervento, di procedere ad un miglioramento e aggiornamento della precedente definizione della alternativa A, prevedendo un maggiore utilizzo dell'adeguamento in sede a categoria C1 della strada esistente rispetto a quanto previsto dalla alternativa A per come definita nello studio trasmesso al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATT) a dicembre 2005, sia pure valutando accuratamente le criticità poste dai tratti a forte pendenza compresi tra Vicari nord e Borgo Manganaro, per le quali prevedere corsia supplementare per veicoli lenti, e dalle gallerie di estesa superiore ai 2km di lunghezza, per le quali prevedere gallerie a doppia carreggiata.

Sulla base delle indicazioni ricevute si è proceduto da febbraio 2007 alla revisione sostanziale del Progetto Preliminare, sviluppato in accordo con gli ultimi indirizzi programmatici regionali e condiviso negli incontri tecnici tenutisi presso la Regione Sicilia nel periodo febbraio - maggio 2007, giungendo ad una sostanziale evoluzione del "tratto B" della "Alternativa A" del dicembre 2005, relativa al tratto

di adeguamento a categoria C1, . oggetto della richiesta di ripubblicazione da parte del Ministero dell'Ambiente

L'intervento progettuale, nella sua ultima revisione, oggetto di ripubblicazione, è presentato come *Itinerario Palermo – Agrigento: tratto Palermo-Lercara Friddi*.

Il cui sviluppo complessivo, compreso il 1° tratto dalla A19 (svincolo Ficarazzi) e Bolognetta già approvato dalla CSVIA, è pari a circa 56,1 km, ed è così articolato:

- ammodernamento a categoria B B (sezione a 2+2 corsie di marcia ) dalla progressiva km 0+000, in corrispondenza dell'innesto sulla A19 con il nuovo svincolo di Ficarazzi, alla progressiva km 14+400 (rotatoria Bolognetta) di cui 12,2 km (da km 0+000-svincolo Ficarazzi a km 12+200-svincolo Bolognetta) già oggetto del parere favorevole CSVIA;
- adeguamento in sede a cat. C1 (sezione a 2 corsie di marcia) esteso dalla rotatoria Bolognetta (km 14+400) a dopo lo svincolo Vicari Nord (km 39+200), per una estesa di circa 24,8 km
- adeguamento in sede con piattaforma assimilabile a cat. B (sezione a 2+2 corsie di marcia), dal km 39+200 (dopo lo svincolo Vicari Nord), al km 47+700 (Bivio Manganaro), per una estesa di circa 8,5 km;
- ammodernamento a cat. B in variante, da Bivio Manganaro (km 47+700) a Lercara Freddi (km 56+100-termini intervento), per una estesa di circa 8,4 km;

e presenta complessivamente tra nuovi e ammodernati n. 11 svincoli.

In definitiva, in accordo con la richiesta di ripubblicazione del MATT del tratto da Bolognetta a Lercara Friddi da prevedere a singola carreggiata, si è proceduto alla revisione del progetto di adeguamento a C1 della strada esistente, secondo gli indirizzi della Regione contenuti nell'APQ2006 e condividendo nelle riunioni tecniche le scelte progettuali di tale adeguamento. La ripubblicazione non interessa il tratto progettuale immutato e già oggetto del precedente parere favorevole con prescrizioni della Commissione Speciale VIA, esteso dalla A19 (km 0+000) allo svincolo Bolognetta (km 12+200), previsto a 4 corsie – cat. B, sul quale l'Anas nel corso della procedura aperta il 22/12/2004 non ha ricevuto ufficialmente altri pareri oltre quello del MATT. Tuttavia, pur essendo la procedura di ripubblicazione relativa alle sole parti variate del progetto (tratto da svincolo Bolognetta-escluso a Lercara), la documentazione progettuale acclusa, per garantire completezza di informazioni, comprende anche il tratto dal nuovo svincolo A19 (Ficarazzi) allo svincolo Bolognetta.

## 1. EVOLUZIONE DELLO STUDIO DEL TRACCIATO E DELLA SCELTA DELLA SOLUZIONE PLANO-ALTIMETRICA

### 1.1 Prima fase – Studio della geometria di base del tracciato

Lo studio del tracciato all'interno del corridoio selezionato si è basato su due ipotesi di partenza:

- 1) adeguamento del tracciato ANAS 1999 alla nuova normativa D.M. 5.11.01;
- 2) sviluppo di diverse opzioni mirate alla ricerca della soluzione ottimale sia dal punto di vista tecnico-ambientale sia dal punto di vista economico.

Per lo studio delle alternative di tracciato sono state utilizzate la cartografie di base CTR 1:10.000 aggiornate (per le tavole tematiche) e cartografie in scala 1:25.000 per gli inquadramenti di vasta area.

L'affinamento progettuale per ogni singola alternativa è stato studiato sulla cartografia 1:5.000, mentre per gli svincoli è stata prodotta la cartografia 1:2.000

Nell'ambito dell' adeguamento sono stati previsti gli interventi connessi relativi alla sistemazione delle strade laterali ed alla predisposizione di nuovi svincoli nonché l'ammodernamento degli esistenti ove necessario.

Il nuovo tracciato proposto prevede tratti in variante rispetto all'attuale sede della S.S. 121

I principali studi che hanno poi determinato la scelta finale del tracciato sono sommariamente quelle di seguito riportate nella tabella 1.

N°	Descrizione	Obiettivo
1	Abbassamento generale della livelletta	Ridurre l'altezza dei viadotti soprattutto nel tratto iniziale (vedi successivo punto 4).
2	Modifica piano altimetrica dalla piana di Vicari alla sezione finale	Riduzione della galleria di Lercara. Il termine dell'intervento coincide con il lo svincolo previsto dal progetto ANAS 1999 oltre Lercara.
3	Modifica piano altimetrica da sez. 1 a tutta la valle dell'Eleuterio	La variante è relativa ad uno spostamento planimetrico di circa 50 m verso sx e ad una ricalibrazione del profilo per evitare l'interferenza con il ponte in pietra FFSS.
4	Variante piano altimetrica di Lercara	La variante è relativa al by-pass del tracciato in prossimità di Lercara con un tracciato completamente in galleria
5	Variante di Bolognetta	Consistente in una parziale rettifica dell'andamento planimetrico dalla sez. 170 (in corrispondenza di Casa Savona) alla sez. 290 subito dopo l'abitato di Bolognetta in prossimità di Contrada Pirainazzo.

Tabella 1. Sintesi delle alternative studiate

### 1.2 Seconda fase – Approfondimenti plano-altimetrici

Sulla base di una prima soluzione plano-altimetrica, corretta da un punto di vista geometrico, sono state poi definite le seguenti ulteriori variazioni da apportare al tracciato per la risoluzione di alcune interferenze idrauliche e la riduzione dei costi dell'intervento:

- 1) Spostamento del tracciato verso monte, fra le sez. 247-260 (km 12+300 – 12+900), in modo da evitare le interferenze con il fiume Eleuterio. In questo tratto le verifiche idrauliche (aree di esondazione) sono state condotte tenendo conto anche delle portate dovute alle opere di scarico del serbatoio Scanzano, sito a monte dei vari attraversamenti fluviali presenti nella sezione considerata;
- 2) In alternativa alla proposta del punto 1), è stata studiata una soluzione che ha previsto uno spostamento più consistente del tracciato a partire dalla sez. 220 (km. 11+000) per potersi sovrapporre alla esistente S.S. 121, con il conseguente beneficio di allontanarsi ulteriormente dal fiume Eleuterio. La variante è stata poi accantonata per la difficoltà di derivare da questo tratto il by-pass di Marineo;
- 3) Deviazione planimetrica, fra le sez. 610 – 700 (km 30+400 – 37+100) in modo da evitare i ripetuti attraversamenti del fiume Buffa. Un leggero spostamento verso Ovest comporterebbe soltanto l'attraversamento di un ramo del Buffa e di un suo affluente rispetto alle attuali cinque intersezioni;
- 4) Deviazione planimetrica in prossimità delle sez. 720 – 740 (km 36+100 – 37+100), per evitare l'attraversamento longitudinale del fiume Buffa. In tal caso è stato possibile ridurre il previsto viadotto con l'adozione di alcuni tratti in rilevato;
- 5) Diffuse modifiche altimetriche, prevalentemente con abbassamento delle livellette per minimizzare l'estensione e l'altezza dei viadotti.

Dopo ulteriori affinamenti progettuali e valutazione di ordine economico-ambientale, è stato possibile selezionare fra tutte le ipotesi sopra descritte due tracciati di base sui quali sono stati sviluppati gli ulteriori approfondimenti tecnici.

In particolare il progetto nella sua fase più avanzata di definizione si è articolato essenzialmente in 3 macro alternative:

- 1) l'Alternativa 1 dello sviluppo complessivo di 52.475 m.

- 2) l'Alternativa 2 dello sviluppo di 48.374 m comprendente la variante in Galleria a Villafrati e la variante in Galleria a Lercara.
- 3) Alternativa A dello sviluppo complessivo di 56.100m

Dall'Alternativa 2 è stata stralciata la variante in galleria di Lercara, ritenuta non idonea in quanto, per contenere le pendenze nei limiti di norma, sarebbe risultato necessario introdurre un viadotto prima della galleria (lato Palermo) di notevole lunghezza (circa 8 km).

### 1.3 Terza fase – Scelta finale delle alternative

La scelta finale del tracciato è stata quindi definita sulla base di valutazioni più spinte sia nei riguardi delle questioni geologiche-geotecniche sia sulla base delle interferenze dell'infrastruttura con le aree di esondazione dei principali fiumi e torrenti.

Nell'ambito delle 3 alternative come sopra descritte, sono state studiate due varianti planimetriche (**Opzione 1 e Opzione 2**) sia per la frana di Misilmeri, sia per la frana di Vicari, allo scopo di indagare sulla possibilità di portare il tracciato completamente al di fuori delle suddette frane.

Per la **frana di Misilmeri** sono state studiate le seguenti due Opzioni:

- **Opzione 1:** il tracciato viene spostato verso monte al di fuori del corpo di frana. In questo caso si ha una galleria di circa 2.500 m;
- **Opzione 2:** il tracciato viene traslato verso monte in corrispondenza del tracciato preliminare ANAS 1999 con lo scopo di portare l'estradosso delle gallerie al di sotto del presumibile piano di scorrimento della frana.

E' risultata preferibile l'Opzione 1 anche in considerazione del fatto che per raggiungere l'obiettivo dell'Opzione 2 occorrerebbe iniziare il tratto in galleria subito dopo lo svincolo con l'Autostrada PA-CT, ottenendo in questo caso uno sviluppo eccessivo della galleria (circa 5.000 m) senza alcun vantaggio in termini di riduzione della lunghezza e quindi dei tempi di percorrenza.

Per la **frana di Vicari** sono state studiate le seguenti due Opzioni:

- **Opzione 1:** il tracciato viene spostato verso valle al di fuori del corpo di frana. In questo caso, per superare il dislivello fra la piana di Vicari e Lercara, occorre prevedere un viadotto di circa 2.100 m con altezza media delle pile pari a circa 35 m il cui tracciato ricade prevalentemente nell'area del Fiume S.Leonardo.
- **Opzione 2:** Il tracciato rimane all'interno del corpo di frana ma si interviene con un abbassamento della livelletta al fine di ridurre l'altezza del viadotto Pecoraro, per il quale vengono previste particolari fondazioni profonde di tipo a pozzo, relativamente alle pile e alle spalle che ricadono nell'area in frana. Sulla base dei risultati delle indagini eseguite sul corpo di frana e considerato che per l'opzione 1 occorre prevedere un lungo viadotto con evidente impatto negativo, è risultata preferibile l'Opzione 2 per la quale sono stati condotti studi specialistici per la definizione della tipologia delle fondazioni del viadotto.
- **Opzione 3:** il tracciato esistente viene raddoppiato con la seconda carreggiata a monte del corpo di frana.

### 1.4 Quarta fase – composizione delle alternative

In definitiva le alternative di progetto poste alla base dello studio sono le seguenti:

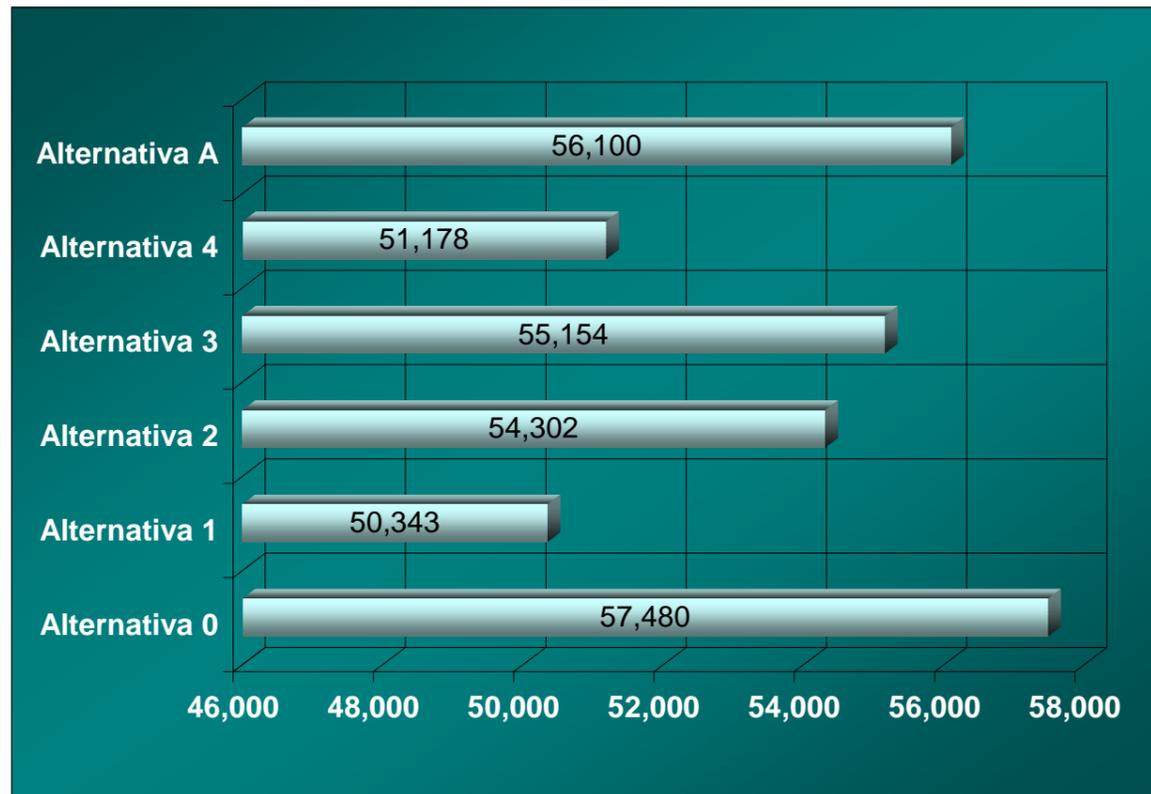
DENOMINAZIONE	COMPOSIZIONE	LUNGHEZZA (m)
ALTERNATIVA 0	S.S. 121 – S.S. 189 – S.S. 118 esistenti	57.480,00

<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>Opzione 1 - Frana Misilmeri</b> (tracciato a monte al di fuori della frana) <b>Tracciato in Galleria Scalilli (Villafrati)</b> <b>Opzione 2 - Frana di Vicari</b> (tracciato all'interno della frana di Vicari)	50.343,44(*)
<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>Opzione 1 - Frana Misilmeri</b> (tracciato a monte al di fuori della frana) <b>No Galleria Scalilli (Villafrati)</b> <b>Opzione 2 - Frana di Vicari</b> (tracciato all'interno della frana di Vicari)	54.301,88
<b>ALTERNATIVA 3</b>	<b>Opzione 1 - Frana Misilmeri</b> (tracciato a monte al di fuori della frana) <b>No Galleria Scalilli (Villafrati)</b> <b>Opzione 1 - Frana di Vicari</b> (a valle della frana di Vicari)	55.153,72
<b>ALTERNATIVA 4</b>	<b>Opzione 1 - Frana Misilmeri</b> (tracciato a monte al di fuori della frana) <b>Galleria Scalilli (Villafrati)</b> <b>Opzione 1 - Frana di Vicari</b> (a valle della frana di Vicari)	51.177,65
<b>ALTERNATIVA A</b>	<b>Opzione 1 - Frana Misilmeri</b> (tracciato a monte al di fuori della frana) <b>Opzione 3 - Frana di Vicari</b> (a monte della frana di Vicari)	56.100

(\*) ricavata dalla media delle due lunghezze del tracciato dir. AG (50.364,82 m) e dir. PA (50.322,06 m)

**Tabella 2.** Composizione delle alternative

Il grafico illustra la distribuzione degli sviluppi per ognuna delle alternative valutate.



**Tabella 3.** Grafico – Sviluppo delle alternative

La descrizione della geometria di ogni alternativa studiata è riportata nel paragrafo 1.6.

### 1.5 Articolazione in tronchi del tracciato

Per ogni alternativa studiata, sono stati individuati tronchi omogenei per i quali è possibile sviluppare separatamente analisi di confronto economico e ambientale.

La selezione dei tronchi si basa sulle due seguenti considerazioni:

- 1) tronchi nei quali vi è sostanziale coincidenza delle alternative;
- 2) tronchi nei quali si ha possibilità di alternativa (Galleria di Villafrati e Frana di Vicari per il tracciato principale). La descrizione del tracciato, per ognuno dei tronchi selezionati, è riportata nel seguito.

Le progressive sono sempre riferite al tracciato dell'Alternativa 1.

Nella figura 1 alla pagina seguente è riportata la corografia con la individuazione dei singoli tronchi.

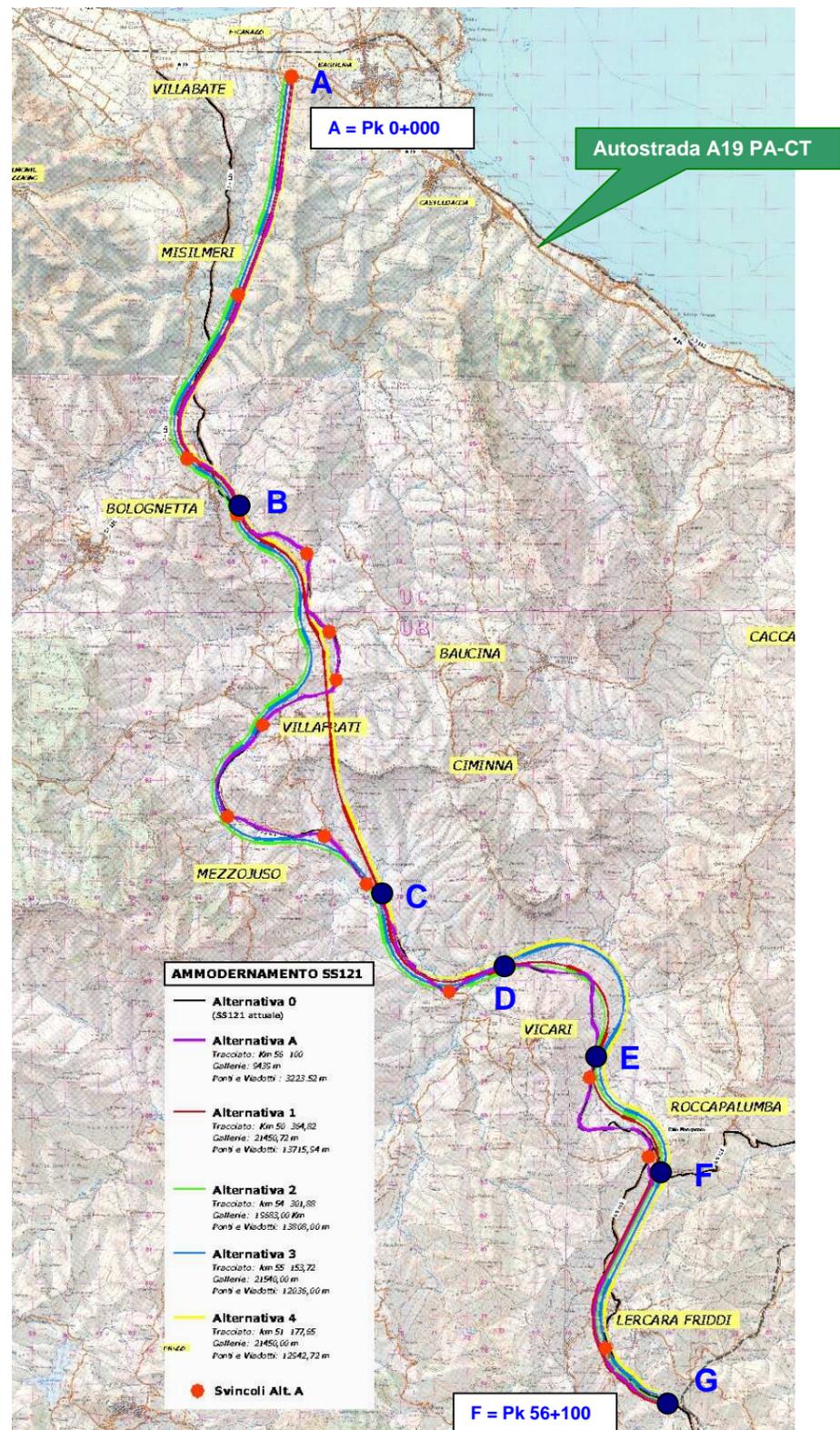


Figura 1. Corografia

### 1.5.1 Tronco AB

Il tronco A-B si sviluppa dal km 0+000 al km 14+400. La prog.0+000 (inizio dell'intervento) è in corrispondenza del km. 4+000 sull'Autostrada A19 PA-CT.

Nel primo tratto dalla prog.0+000 alla prog.11+100, il nuovo tracciato corre in destra lungo la valle dell'Eleuterio in variante rispetto alla S.S. 121 esistente, per proseguire quasi in affiancamento sino alla fine del tronco a circa 2+000 chilometri dallo svincolo N.4 di Villafrati.

Nel tronco A-B i tracciati delle cinque alternative hanno lo stesso andamento planimetrico poiché la scelta del tracciato più idoneo è obbligata da vincoli orografici e ambientali.

Il tracciato, nel tratto in esame, ricade nei comuni di Bagheria, Misilmeri, Bolognetta e Villafrati.

Sono previsti 3 svincoli: Ficarazzi, Misilmeri e Bolognetta.

### 1.5.2 Tronco BC

Il tronco B-C si sviluppa dal km 14+400 al km 27+450.

Nel suddetto tratto, le alternative 2 e 3, di lunghezza complessiva pari a 9.750 m, prevedono un andamento planimetrico prossimo all'attuale S.S. 121.

I tracciati alternativi 1 e 4, di lunghezza complessiva pari a 9.750 m, determinano una riduzione di circa 4.000 m mediante la realizzazione di una variante in corrispondenza dell'abitato di Villafrati che si sviluppa prevalentemente in galleria (Gallerie Scalilli).

I benefici delle alternative 1 e 4 sono principalmente:

- riduzione dei tempi di percorrenza;
- riduzione del rumore nelle zone urbanizzate di Villafrati

L'alternativa A si sviluppa sull'attuale tracciato della SS121 e prevede la sistemazione di tutte le intersezioni a raso presenti in questo tratto con soluzioni a livelli sfalsati.

Il tracciato in questo tratto attraversa i comuni di Villafrati-Mezzojuso e Ciminna.

Sono previsti 2 svincoli: Villafrati e Mezzojuso.

### 1.5.3 Tronco CD

Il tronco C-D si sviluppa dal km 27+450 al km 31+950, per una lunghezza complessiva pari a 4.500 m.

Nel tratto C-D, il nuovo tracciato ha un andamento planimetrico prossimo all'attuale S.S. 121.

In questo tratto la scelta del tracciato è obbligata da vincoli orografici e ambientali, pertanto non sono proponibili alternative differenti. I tracciati delle varie alternative si sviluppano pressoché parallelamente all'attuale S.S. 121 e in particolare il tracciato dell'alt. A mantiene l'andamento plano-altimetrico della sede attuale.

Il tratto è caratterizzato dalla presenza della "piana di Vicari" dalla quale risalire per scavalcare il "valico di Manganaro" che rappresenta il punto di massima quota (700 m. slm) dell'intero itinerario Palermo-Agrigento.

Nel tronco CD ricade lo svincolo di Vicari

### 1.5.4 Tronco DE

Il tronco D-E si sviluppa dal km 31+950 al km 38+125, per una lunghezza complessiva pari a circa 6.175 m.

Il tronco DE risulta il più complesso dal punto di vista plano-altimetrico, geotecnico (frana di Vicari) e ambientale (interferenze idrauliche).

I vincoli altimetrici (piana di Vicari prima e valico di Manganaro dopo) confinano le scelte progettuali all'interno di un micro corridoio dove la presenza della frana di Vicari e della confluenza del fiume Azziriolo con il S.Leonardo rendono la scelta planimetrica obbligata.

Al fine di evitare il pendio interessato parzialmente da fenomeni di frana (cosiddetta frana di Vicari), dove si sviluppa l'attuale SS 121, sono stati studiati tracciati (Alternativa 3 e 4, L= 7.000 m) che si sviluppano sul fondo alveo del Fiume S.Leonardo.

Tali alternative comportano la realizzazione di un viadotto molto lungo (circa 2.500 m) e alto (pile superiori a 35 m).

Per evitare il danno ambientale e contenere i costi, si è preferito non adottare tale soluzione e mantenersi a fianco dell'attuale SS 121, prevedendo il raddoppio della carreggiata esistente e adeguandola la stessa ad una categoria di strada B.

### 1.5.5 Tronco EF

Il tronco E-F si sviluppa dal km **38+125** al km **43+100**, per una lunghezza complessiva pari a 4.975 m.

Nel tronco EF la scelta del tracciato è obbligata da vincoli orografici, ambientali e urbanistici (centro abitato e zona di espansione del Comune di Vicari), pertanto non sono proponibili alternative di tracciato. La soluzione adottata è stata quella dell'adeguamento in sede della attuale SS121 alla categoria B.

Infatti l'andamento plano-altimetrico del tronco DE precedente obbliga un allineamento verso Borgo Manganaro fortemente vincolato da esigenze altimetriche, mentre la presenza del vicino centro abitato di Lercara e la necessità di funzionalità dell'intervento (esigenza di collegare la nuova arteria sulla esistente SS 189 coniugata alla opportunità di prevedere uno svincolo a livelli sfalsati che colleghi contemporaneamente Roccapalumba e Alia sulla S.S. 121 e la provinciale SP 188 per Trapani) vincola l'asse planimetrico all'interno di un unico e possibile corridoio.

### 1.5.6 Tronco FG (fine intervento)

In quest'ultimo tratto, e precisamente a partire dalla dal km 49+700 sino alla fine dell'intervento, il tracciato è in sovrapposizione con la esistente S.S. 189.

Nel tronco FG ricadono gli svincoli n. 8 di Lercara.

## 1.6 Descrizione plano-altimetrica delle alternative di tracciato

### 1.6.1 Alternativa 0 (tracciato attuale)

L'iniziativa 0 corrisponde al mantenimento dello *status quo*. Mantenere invariato l'itinerario Palermo-Agrigento, nel tratto costituito dal tronco Palermo-Roccapalumba della strada statale 121 (Catanese) e dal tronco Roccapalumba-Lercara della SS 189 il cui sviluppo complessivo è pari 57.480 m.

Il primo tronco è identificato come SS 121 e si sviluppa dalla progressiva km 253+000, corrispondente allo svincolo di Villabate, alla progressiva km 203+520, presso il bivio di Manganaro. Questo primo tratto ha oggi uno sviluppo di 48.480 m.

Il secondo tronco, identificato come SS 189, inizia (km. 0+000) in corrispondenza della SS 121 al km 204+520 e termina a valle dell'abitato di Lercara al chilometro 9+000. Questo secondo tratto ha oggi uno sviluppo di 9.000 m.

#### Analisi del tracciato esistente

Il tracciato attuale, ammodernato nel corso degli anni sessanta, ha le caratteristiche di una sezione stradale assimilabile ad una tipo V n°78/80.

La strada è una delle statali con il più alto numero di incidenti (mortalità, gravi e leggeri) dell'intera viabilità siciliana.

Ciò come conseguenza delle caratteristiche geometriche e di traffico, in quanto la larghezza della banchine ridotta o assente, la frequenza delle intersezioni e loro caratteristiche non conformi alle norme, la distanza di visibilità per il sorpasso minima, le caratteristiche geometriche di curve e rettilinei, influenzano, insieme al comportamento non corretto degli utenti, l'incidentalità della strada.

Le carenze del tracciato riguardano i raggi di curvatura molto bassi (inferiori ad 80 metri) spesso planimetricamente posti in successione di curve e controcurve. Il tracciato risulta particolarmente pericoloso anche per la presenza di numerosi innesti a raso di viabilità minore ed accessi privati. Questi ultimi molto frequenti nel tratto Palermo-Villafrati.

Nel tratto in considerazione (SS 121 sino a Bivio Manganaro, SS 189 sino al Km 9,000 dopo Lercara), sono collocate 22 intersezioni stradali di cui 10 a raso con carenze sia dal punto di vista geometrico che funzionale. Le rimanenti intersezioni a livelli sfalsati sono spesso non conformi alle norme.

Tali insufficienze sono principalmente dovute alla mancanza di quegli elementi costruttivi, quali, in special modo, le corsie di accelerazione e decelerazione o i requisiti di visibilità planimetrica, che in genere diminuiscono considerevolmente il rischio di incidenti.

Sulle due statali SS 121 ed SS 189, sono presenti moltissimi accessi privati (circa 250 sulla SS 121 e 35 sulla porzione di SS 189 in adeguamento) i quali risultano potenziali punti di conflitto soprattutto di attraversamento (il più grave per questo tipo di tracciati).

#### Difetti esistenti

Dal punto di vista geometrico-funzionale, possono rilevarsi delle anomalie nell'andamento plano-altimetrico del tracciato in quanto a **perdita di tracciato** (km 239+400 della SS 121), **larghezza delle banchine** (dal km 235+000 al km 216+000 della SS 121 e dal km 0+000 al km 4+000 della SS 189, tali banchine risultano inferiori a 1,25 m). Le altezze delle **barriere di sicurezza di bordo laterale** (parzialmente in corso di rifacimento) hanno per quasi tutto il loro sviluppo altezza inferiore a quella definita dalle norme. I **raggi delle curve**, come riscontrato visivamente, hanno valori inferiori a quelli che la norma impone. Si riscontra inoltre la mancanza di **corsie di immissione ed uscita** nelle intersezioni e **corsie di decelerazione** sulla strada principale lungo quasi la totalità degli svincoli presenti e la non adeguata dimensione delle **piazzole di sosta** (laddove presenti).

Per quanto riguarda i difetti derivanti dal traffico, si è notato, soprattutto, l'eccesso di velocità da parte degli utenti, l'inosservanza dei divieti, della distanza e dei franchi di sicurezza da parte dei veicoli.

#### Difetti possibili

In genere l'incidente isolato è causato, con manto stradale bagnato, dall'alta velocità accompagnata alla **perdita di aderenza**. Queste cause sono attribuibili sia alla circolazione, sia all'ambiente che al tracciato per scarsa qualità del piano viabile e della geometria d'asse (**tratti in rettilineo estesi** raccordati con **curve di piccolo raggio**).

Gli incidenti causati da manovra di sorpasso o quelli frontali sono spesso causati dalla eccessiva velocità di marcia, al **distanziamento tra i veicoli** oltre che alla **geometria della strada** nei tratti in cui è presente un'intersezione (ad esempio gli incidenti per sorpasso avvenuti lungo l'intersezione al km 246+950 per Misilmeri).

Gli incidenti da tamponamento avvengono in genere a causa della elevata velocità di marcia dei veicoli, accompagnata dalla **distanza di visibilità**. Tali difetti sono da imputare sia alla circolazione sia al tracciato stradale per la sua **non omogeneità**.

In corrispondenza delle intersezioni, si hanno incidenti tra più veicoli causati oltre che dall'alta velocità anche dalla geometria dell'intersezione e dal non rispetto della segnaletica esistente.

Si sottolineano infine gli incidenti avvenuti a causa di collisioni tra veicoli e pedoni o animali. In questi casi i difetti possibili sono dovuti al numero eccessivo di ingressi privati non segnalati o protetti, alla circolazione per il non rispetto dei limiti di velocità imposti sul tracciato e all'ambiente circostante (scarsa o nulla illuminazione di alcuni tratti).

#### Conclusioni

Sulla base delle considerazioni sin qui svolte risulta chiaro come **non sia possibile adeguare in sede l'attuale tracciato alla Categoria B del D.M. 05/11/2001**, considerato che buona parte del tracciato attraversa zone densamente urbanizzate (Villabate, Misilmeri, Bolognetta, Villafrati e Lercara) con notevoli problemi di sovrapposizione dei traffici locali con quelli di attraversamento ed inoltre che la nuova normativa, per tale categoria stradale, impone limiti sulla geometria e sulle distanze di visibilità di fatto assolutamente incompatibili con l'asse esistente.

L'adeguamento invece risulta possibile se si considera una categoria inferiore laddove questa soddisfi la domanda di traffico, intervenendo per quanto possibile sulla geometria stradale, sugli svincoli e eliminando tutti gli accessi privati che si innestano direttamente sulla sede attuale.

### 1.6.2 Alternative 1, 2, 3, 4, A - Generalità

La fase di definizione degli elementi compositivi dell'asse stradale ha seguito le norme ed i criteri fissati dal D.M. 05/11/2001 - *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade* (di seguito indicato come D.M.) e relativamente al lotto 2 e lotto 3a, che riguarda un adeguamento in sede, si è fatto riferimento alle "*Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti*" (bozza al 25.04.2005).

Per la definizione delle alternative si è scelto di assumere come asse di tracciamento l'asse stradale della sezione trasversale, considerata come se questa fosse quella di una strada a carreggiata unica. La soluzione prescelta è stata inoltre studiata a carreggiate separate, come si descriverà nel relativo paragrafo.

In accordo con la progettazione stradale classica la definizione del tracciato è avvenuta in due fasi omogenee- studio planimetrico ed altimetrico - ed in una successiva terza fase per il coordinamento plano-altimetrico. Detta suddivisione, tuttavia, non ha costituito impedimento allo studio integrato del tracciato, visto che la terza fase ha prodotto *feedback* di retroazione positiva sulle prime due, generando soluzioni per successive approssimazioni via via che le decisioni sulle diverse alternative venivano prese.

Gli aspetti di maggiore importanza, tralasciando in questa fase quelli di carattere economico-sociale, di cui si è tenuto conto nello studio dei tracciati sono:

- il rispetto dei vincoli fisici, ambientali e naturalistici;
- la caratterizzazione del regime idrico superficiale e profondo;
- la presenza lungo il tracciato di aree adibite a discarica o di aree di interesse archeologico;
- la presenza di aree interessate da evoluzione geomorfologia o da fenomeni sismici;
- l'esistenza di problemi di stabilità e di cedimento legati all'attraversamento di terreni molli;
- la ricerca di soluzioni plano-altimetriche finalizzate alla riduzione dell'estensione e delle altezze dei viadotti;
- i vincoli geometrici derivanti dal nuovo D.M. e per quanto attiene le pendenze longitudinali il vincolo del 4% max in salita nei tratti in galleria.
- la presenza di interferenze sopra e sotto il suolo nell'area di occupazione e pertinenza.

Per il lotto 2 e 3a dell'alternativa A :

- Tutte le valutazioni tecnico geometriche intraprese per un adeguamento in sede dell'attuale S.S.121
- Presenza di numerosi accessi che attualmente si innestano sulla SS121
- Presenza di intersezioni a raso da ammodernare

### 1.6.3 Andamento planimetrico dell'asse stradale

Il primo dei principi informatori per lo studio planimetrico dell'asse stradale è stato quello della *geometrizzazione basata su tratti a curvatura non nulla* (curve a raggio costante e curve a raggio variabile), in accordo con la moderna progettazione stradale che tende a ridurre la predominante rettilinea del tracciato ereditata in passato dalla progettazione ferroviaria. Il secondo principio informatore è stato quello della *scelta del raggio minimo delle curve circolari in funzione dei criteri geometrici*, fondati sul rispetto delle distanze di visuale libera ed in funzione dei criteri dinamici di equilibrio del veicolo.

Tenendo sempre presenti i suddetti principi informatori, la definizione planimetrica del tracciato è avvenuta per successive approssimazioni allo scopo di ottimizzare la soluzione preliminare (Progetto preliminare 1999), introducendo modifiche laddove è stata rilevata la presenza di frane o l'eccessiva vicinanza delle rive di corsi d'acqua di una certa importanza od ancora il numero eccessivo di attraversamenti degli stessi fiumi in alveo.

Lo studio ha riguardato quattro tracciati alternativi - indicati rispettivamente con i numeri **1, 2, 3, 4, A** - dei quali di seguito si descrivono le caratteristiche salienti

### 1.6.4 Andamento altimetrico dell'asse stradale

Il principio informatore per la definizione dell'andamento altimetrico dell'asse stradale è stato quello che ha consentito di minimizzare il numero dei viadotti e ponti, necessari per superare gli ostacoli rappresentati dai corsi d'acqua e dalle valli naturali, nonché dalla viabilità esistente. Il tutto nel rispetto della normativa, che per questo tipo di strada prescrive una pendenza massima del 6%.

La morfologia del territorio attraversato ha imposto alcuni tratti in galleria sui quali la pendenza massima delle livellette è stata limitata la 4% come prescritto dal D.M. all'art. 5.3.1. .

I raccordi verticali convessi e concavi sono stati calcolati secondo le prescrizioni del D.M. all'art. 5.3.2 e segg.

Per il lotto 2 e 3a sul quale l'intervento è relativo ad un adeguamento in sede, la normativa prescrive una pendenza massima del 7% per una strada di categoria C1. Anche se i lotti 2 e 3a vengono progettati per una sezione tipo B, le verifiche sono state eseguite con riferimento ad una strada di Cat. C1.

### 1.6.5 Verifiche della distanza di visibilità per l'arresto Alternative 1,2,3,4

In accordo con l'art. 5.1.2. del D.M. 05/11/2001, la distanza di visibilità per l'arresto  $D_{arr}$  si valuta con l'espressione integrale composta dalla somma dello spazio di frenatura e dello spazio percorso nel tempo complessivo di reazione dal veicolo, che si muove alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità.

Nello specifico, il calcolo è stato condotto considerando un coefficiente di aderenza longitudinale  $f_l$  per la velocità di 120 km/h in presenza di un piano viabile di qualità autostradale, ossia un coefficiente pari a 0,36 come desumibile dalla tabella di normativa. Il tempo complessivo di reazione è stato calcolato in 1.6 s.

**Ogni curva è stata verificata con le Distanze di arresto calcolate in funzione della propria pendenza longitudinale e considerando l'esatto raggio della corsia di marcia.**

L'analisi della visibilità per l'arresto del tracciato stradale in progetto parte dalla considerazione che la sezione tipo di una strada di tipo B, secondo normativa, presenta due carreggiate di 7.50 m ciascuna, affiancate in destra da banchine di 1.75 m e separate da un margine interno di 3.50 m (banchine in sinistra di 0.50 m e spartitraffico di 2.50 m). In tale situazione il raggio di curvatura minimo dell'asse di piattaforma ( $R_{min}$ ) - necessario per garantire la visibilità per l'arresto senza il bisogno di allargamenti - varrebbe **1923.62 m** (raggio asse corsia interna di **1920 m**).

In realtà, poiché per migliorare la visibilità nelle curve sinistrorse è stata scelta una sezione di tipo B con margine interno "maggiorato" a 4,50 m, si ha a disposizione un ulteriore franco di 0.50 m per la visibilità. Tale soluzione ha consentito di limitare il numero dei raccordi che necessitano di un ulteriore allargamento, come meglio specificato nei successivi paragrafi.

Lungo tutto il tracciato e per tutte le alternative è stata prevista una barriera spartitraffico metallica bifilare (H4 W8). Esclusivamente nell'ultimo raccordo (di 1300 m di raggio), a causa della impossibilità a procedere ad allargamenti del margine interno oltre i 4.50 m (tale tratto è in sovrapposizione alla SS 189 e, pertanto, la geometria è pressoché imposta) si deve ricorrere ad una barriera monofilare (tipo H4b-W7 o H4-W7) che, avendo un ingombro di soli 80 cm contro i 250 cm della barriera bifilare, garantisce il necessario ulteriore franco per la visibilità.

Per il lotto 2 e 3a (adeguamento in sede), il calcolo delle distanze di arresto sono state effettuate per una velocità massima di 80 km/h considerando un coefficiente di aderenza longitudinale  $f_t$  in presenza di un piano viabile di qualità "per le altre strade". A causa dei vincoli imposti non è stato possibile tener conto del tempo di reazione maggiorato di 1 s così come suggerito dalle Norme in situazioni particolari (presenza di numerosi incroci, ecc.), poiché ciò avrebbe portato ad inaccettabili allargamenti per la visibilità (in termini di espropri, movimenti di materie, opere d'arte ecc...).

### 1.6.6 Alternativa 1

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa 1)

L'alternativa 1 ha uno sviluppo di 50355,22 m così ripartiti:

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
<b>23504,26 m</b>	<b>13629,45 m</b>	<b>13221,51 m</b>
<b>(46,68%)</b>	<b>(27,07%)</b>	<b>(26,26%)</b>

Tabella 4. Ripartizione curvature – Alternativa 1

Le curve sinistrorse sono in numero di 9, quelle destrorse sono 10 per un totale di 19 raccordi planimetrici. I rettifili sono in numero di 6.

Il raggio di curvatura minimo è di 1300 m (V17 e V19), quello massimo è di 6141m (V1 e V2).

In 3 raccordi (nn. 15, 17 e 19) è necessario aumentare la larghezza del franco corrente in sinistra da 0.50 m fino ad un massimo di 1.00 m per poter garantire lungo tutto il tracciato la verifica della distanza di arresto.

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa 1)

Il profilo dell'Alternativa 1 è composto da 19 livellette e 18 raccordi, dei quali 11 convessi e 7 concavi. La livelletta con lunghezza minima (n°15) misura 766.51 m, mentre quella di lunghezza massima (n°16) è di 6866.53 m. Le pendenze vanno da un mini mo dello 0,2% (liv. n° 18) ad un massimo del 5,94 % (liv. n° 15).

Il raccordo convesso minimo risulta avere raggio di 25000 m (V15), quello concavo di 10000 m (V14).



Figura 2. Consistenza opere Alternativa 1

### 1.6.7 Alternativa 2

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa 2)

il tracciato planimetrico dell'Alternativa 2 presenta uno sviluppo di 54304,34 m così ripartiti:

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
<b>30336,56 m</b>	<b>15543,58 m</b>	<b>8422,20 m</b>
<b>(55,87%)</b>	<b>(28,62%)</b>	<b>(15,51%)</b>

Tabella 5. Ripartizione curvature – Alternativa 2

Le curve sinistrorse sono in numero di 10, mentre quelle destrorse sono 11, per un totale di 21 raccordi planimetrici. I rettifili sono in numero di 4.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1300 m (V19 e V21), quello massimo di 6141 m (V1 e V2).

In 5 raccordi (8, 11, 17, 19 e 21) è necessario aumentare la larghezza della franco corrente in sinistra da 0.50 m fino ad un massimo di 1.00 m per poter garantire lungo tutto il tracciato la verifica della distanza di arresto.

Essendo ancora  $R_v = 667$  m inferiore al valore del raggio minimo di 1.350 m, la velocità di progetto per l'intero tratto stradale è pari al massimo, ossia a 120 km/h.

Anche per l'Alternativa 2 il calcolo della distanza di arresto è stato condotto nell'ipotesi ordinaria (tempo di reazione complessivo non maggiorato) e con piano viabile di tipo autostradale.

Le verifiche relative alla lunghezza minima e massima dei rettifili hanno dato esito positivo, come anche le verifiche sui raggi di due raccordi circolari consecutivi, il cui rapporto cade sempre nella zona dell'abaco di Koppel definita "Buona".

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa 2)

Il profilo dell'Alternativa 2 è composto da 20 livellette e 19 raccordi, dei quali 11 convessi e 8 concavi. La livelletta con lunghezza minima (n°16) misura 704.89 m, mentre quella di lunghezza massima

(n°13) è di 8348.17 m. Le pendenze vanno da un mini mo dello 0,19% (liv. n° 19) ad un massimo del 5,94% (liv. n° 16).

Il raccordo convesso minimo risulta avere raggio di 25000 m (V16), quello concavo di 10000 m (V15).

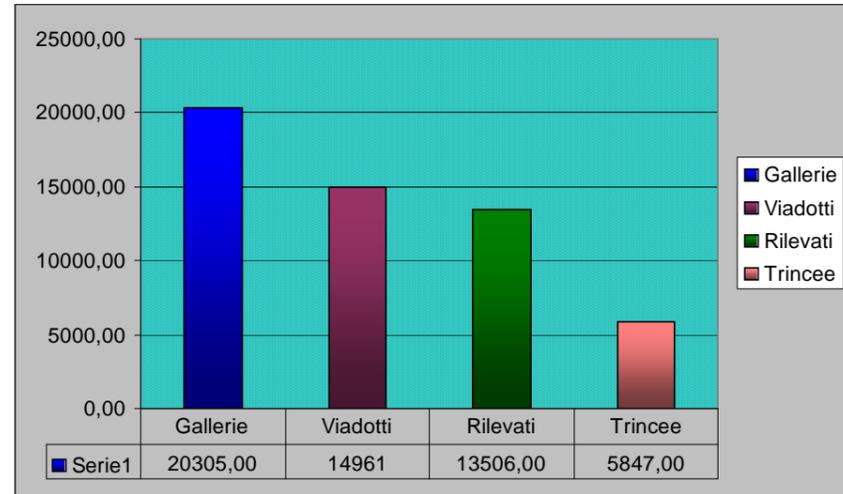


Figura 3. Consistenza opere Alternativa 2

### 1.6.8 Alternativa 3

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa 3)

Il tracciato planimetrico dell'Alternativa 3 presenta uno sviluppo di 55153,76 m così ripartiti:

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
29622,88 m	15498,74 m	10032,14 m
(53,71%)	(28,1%)	(18,19%)

Tabella 6. Ripartizione curvature – Alternativa 3

Le curve sinistrorse sono in numero di 10, mentre quelle destrorse sono 10, per un totale di 20 raccordi planimetrici. I rettifili sono in numero di 4.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1330 m, quello massimo di 6141 m.

In 5 raccordi è necessario aumentare la larghezza della franco corrente in sinistra da 0.50 m fino ad un massimo di 1.00 m per poter garantire lungo tutto il tracciato la verifica della distanza di arresto.

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa 3)

Le curve sinistrorse sono in numero di 10, mentre quelle destrorse sono 10, per un totale di 20 raccordi planimetrici. I rettifili sono in numero di 4.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1300 m (V18 e V20), quello massimo di 6141 m (V1 e V2).

In 5 raccordi (8, 11, 16, 18 e 20) è necessario aumentare la larghezza della franco corrente in sinistra da 0.50 m fino ad un massimo di 1.00 m per poter garantire lungo tutto il tracciato la verifica della distanza di arresto.

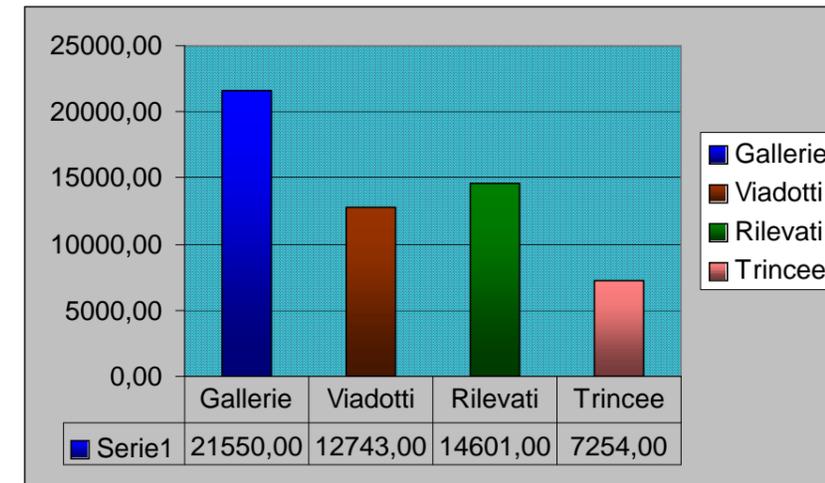


Figura 4. Consistenza opere Alternativa 3

### 1.6.9 Alternativa 4

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa 4)

il tracciato planimetrico dell'Alternativa 4 presenta uno sviluppo di 51.177,67 m così ripartiti:

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
22243,88 m	14648,23 m	14285,56 m
(43,46%)	(28,62%)	(27,91%)

Tabella 7. Ripartizione curvature – Alternativa 4

Le curve sinistrorse sono in numero di 9, mentre quelle destrorse sono 9, per un totale di 18 raccordi planimetrici. I rettifili sono in numero di 7.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1300 m (V16 e V18), quello massimo di 6141 m (V1 e V2).

In 4 raccordi (8, 14, 15 e 18) è necessario aumentare la larghezza della franco corrente in sinistra da 0.50 m fino ad un massimo di 1.00 m per poter garantire lungo tutto il tracciato la verifica della distanza di arresto.

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa 4)

Il profilo dell'Alternativa 4 è composto da 16 livellette e 17 raccordi, dei quali 11 convessi e 9 concavi. La livelletta con lunghezza minima misura 1240.95 m (n°8), mentre quella di lunghezza massima 5649.45 m (n°13). Le pendenze vanno da un minimo dello 0,13% (liv. n° 16) ad un massimo del 4,19% (liv. n° 4).

Il raccordo convesso minimo risulta avere raggio di 30000 m (V17), quello concavo di 20990m (V13).

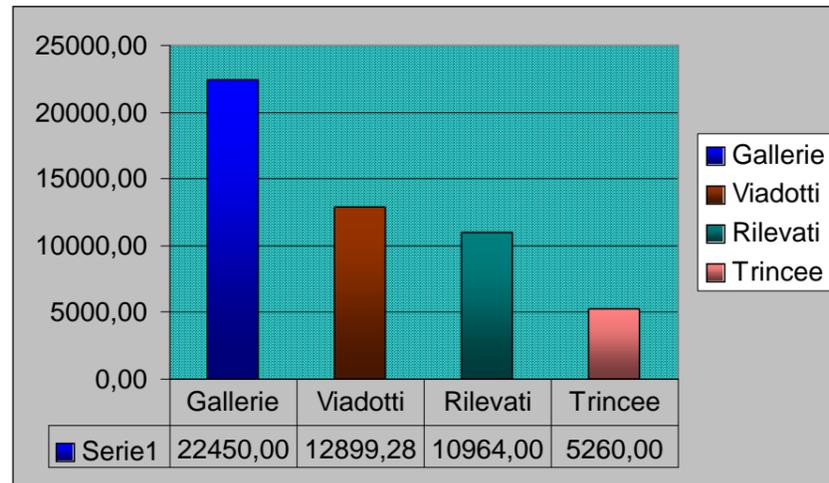


Figura 5. Consistenza opere Alternativa 4

### 1.6.10 Alternativa A

il tracciato planimetrico dell'Alternativa A, diviso in 3 lotti, presenta uno sviluppo 56.100 m suddiviso secondo la seguente tabella :

LOTTO	Sviluppo (metri)	Tipo di intervento
1	14.400	Ammodernamento fuori sede
2	33.300	Adeguamento in sede
3	8.400	Ammodernamento fuori sede

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa A – Lotto 1 e 3b)

Il tracciato planimetrico relativo al lotto 1 ed al lotto 3b (Categoria B) presenta le seguenti caratteristiche geometriche :

Le curve sinistrorse sono in numero di 6, quelle destrorse sono 6 sia per la carr. Dir. AG che per la carr. Dir. PA, per un totale rispettivamente di 12 raccordi planimetrici per ciascuna direzione

I rettifili sono in numero di 7.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1306 m lungo la dir. AG e di 1293 m lungo la dir. PA e si ha esclusivamente in corrispondenza dei raccordi planimetrici 23 e 25.

La necessità di aumentare la dimensione del franco interno corrente oltre 50 cm per garantire la distanza di visibilità per l'arresto si presenta in un solo raccordo e precisamente in corrispondenza dei vertici:

- V21 in direzione PA in cui è necessario un franco di 69 cm

- V23 in direzione AG in cui è necessario un franco di 99 cm

entrambi ricadenti nel Lotto 3a. In quest'ultimo raccordo, e precisamente a partire dalla sezione 992, come già detto nel paragrafo relativo alla descrizione delle alternative di tracciato, l'impossibilità di aumentare il margine interno oltre i 4.50 m comporta la necessità di adottare uno spartitraffico di tipo monofilare. Poiché l'ingombro della barriera spartitraffico monofilare è di circa 80 cm, si ha un aumento del franco per la visibilità di 85 cm, che sommati ai 50 cm correnti coprono il necessario allargamento di 99 cm.

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa A – Lotto 1 e 3b)

L'andamento altimetrico in dir. AG è composto da 9 livellette e 10 raccordi, dei quali 6 convessi e 4 concavi. La livelletta con lunghezza minima misura 655,80 m, mentre quella di lunghezza massima 3767,05 m. Le pendenze vanno da un minimo dello 0.2% ad un massimo del 4.43%

Il raggio verticale minimo convesso inserito è pari a 20.000 m, quello concavo è risultato pari a 20.000 m

L'andamento altimetrico in dir. PA è caratterizzato da 10 livellette e 11 raccordi, dei quali 6 convessi e 5 concavi. La livelletta con lunghezza minima misura 466,90 m, mentre quella di lunghezza massima 3366,26 m. Le pendenze vanno da un minimo dello 0.2% ad un massimo del 4,55%

Il raggio verticale minimo convesso è risultato pari a 20.000 m, quello concavo è risultato pari a 20.000 m

#### Studio planimetrico dell'asse stradale (Alternativa A – Lotto 2 e 3a)

L'intervento progettuale prevede l'adeguamento alla sezione C1 per il tratto compreso fra le progr. 0+000 e 25+100 (lotto 2a) e l'adeguamento alla sezione B per il tratto compreso fra le progr. 25+100 e 34+851 (lotto 2b e 3a).

#### Lotto 2a da km 0+000 a km 25+100 (CAT C1):

Le curve sinistrorse sono in numero di 19, mentre quelle destrorse sono in numero di 20, per un totale di 39 elementi planimetrici.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 185 m e si presenta esclusivamente in corrispondenza del vertice planimetrico A8. Il raggio planimetrico massimo è di 5300 m e si presenta in corrispondenza del vertice A17 al fine di mantenere il più possibile l'allineamento con il tracciato esistente.

#### Lotto 2b e lotto 3a da km 25+100 a km 34+851 (CAT B):

La sezione utilizzata per questo tronco è di Tipo B, ma il progetto e la verifica, considerando che si tratta di un ammodernamento, la verifica è stata svolta per una strada di categoria inferiore di tipo C1. La carreggiata direzione Palermo è stata mantenuta il più possibile sulla sede attuale mentre la carreggiata in direzione Agrigento risulta essere ad essa parallela.

Le curve sinistrorse sono in numero di 6, mentre quelle destrorse sono in numero di 9, per un totale di 15 elementi circolari.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 200 m e si presenta in corrispondenza del vertice planimetrico A52. Il raggio planimetrico massimo è di 2520 m in corrispondenza del vertice A49

#### Studio altimetrico dell'asse stradale (Alternativa A – Lotto 2 e 3a)

##### Lotto 2a (CAT C1):

La pendenza più elevata che si ha nel tratto in oggetto è pari 4.71% che comunque si sviluppa per una lunghezza irrisoria (300m circa). La pendenza media invece varia tra il 2-3%

Il raggio verticale minimo convesso adottato è risultato pari a 7683.101 in corrispondenza dello svincolo Vicari Sud in modo da mantenere la livelletta della strada esistente. Il raggio minimo concavo adottato è risultato pari a 9200.000 in corrispondenza dello svincolo di Mezzojuso.

**Lotto 2b e lotto 3a (CAT B):**

La pendenza longitudinale più elevata nel tratto in questione è pari al 6.88 % per un breve tronco e necessaria per poter raccordare il lotto 3a al lotto3b.

Il raggio verticale minimo convesso adottato è pari a 8700m mentre il raggio minimo concavo adottato è risultato pari a 4100m che si è reso necessario per collegare i lotti 3a e 3b.

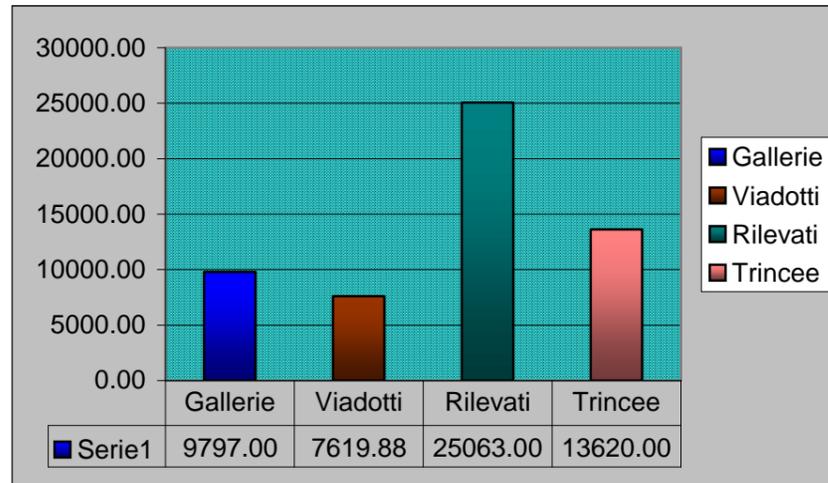


Figura 6 . Consistenza opere Alternativa A

**2. IL TRACCIATO STRADALE**

**2.1 Geometria del tracciato stradale fuori sede in Cat.B (Lotti 1 e 3b)**

Contrariamente a quanto consigliato dalle norme, che prevedono in caso di spartitraffico di larghezza inferiore ai 4 m di far ruotare i cigli attorno alle estremità interne delle carreggiate, si è scelto come asse di tracciamento, e quindi di rotazione dei cigli, l'asse della singola carreggiata, ossia l'asse della piattaforma corrente pari a 9.75 ; tale scelta è stata adottata al fine di contenere il dislivello tra i cigli.

Rispetto alla estremità dx della banchina esterna l'asse risulta pertanto ubicato a 4.875 m.

Poiché la piattaforma della sezione cat. B adottata è costituita dai seguenti elementi:

- banchina in dx da 1.75 m
- n° due corsie da 3.75 m per senso di marcia
- banchina in sx da 0.50 m
- franco da 0.50 tra banchina e spartitraffico per favorire la visibilità
- spartitraffico da 2.50 m

in sezione corrente gli assi delle due carreggiate distano 13.25 m.

In corrispondenza delle gallerie invece, poiché per ragioni geotecniche è necessario distanziare i fornic, la distanza tra gli assi è stata portata ad un minimo di 31 m.

Il passaggio dalla geometrizzazione monoasse a quella biasse ha pertanto comportato un dettaglio di studio proprio di un progetto esecutivo. Infatti il passaggio tra i tratti all'aperto e a quelli in galleria è stato realizzato gli assi nel seguente modo:

- in rettilineo mediante "flessi" costituiti da curve circolari di raggio 7500 m (al fine di non variare le pendenze trasversali in rettilineo)
- in curva mediate opportune calibrazioni della curva interna fino ad avere agli imbocchi delle gallerie gli assi distanziati della quantità necessaria.

Per evitare eccessive pendenze trasversali dello spartitraffico causate dalla scelta di far ruotare i cigli attorno all'asse delle singole piattaforme, si è inoltre dovuto calibrare la livelletta di una carreggiata rispetto all'altra per contenere il dislivello entro 20-30 cm.

**2.1.1 Studio planimetrico dell'asse stradale**

Il primo dei principi informatori per lo studio planimetrico dell'asse stradale è stato quello della *geometrizzazione basata su tratti a curvatura non nulla* (curve a raggio costante e curve a raggio variabile), in accordo con la moderna progettazione stradale che tende a ridurre la predominante rettilinea del tracciato ereditata in passato dalla progettazione ferroviaria. Il secondo principio informatore è stato quello della *scelta del raggio minimo delle curve circolari in funzione dei criteri geometrici*, fondati sul rispetto delle distanze di visuale libera ed in funzione dei criteri dinamici di equilibrio del veicolo.

Tenendo sempre presenti i suddetti principi informatori, la definizione planimetrica del tracciato è avvenuta per successive approssimazioni allo scopo di ottimizzare la soluzione preliminare (Progetto preliminare 1999), introducendo modifiche laddove è stata rilevata la presenza di frane o l'eccessiva vicinanza delle rive di corsi d'acqua di una certa importanza od ancora il numero eccessivo di attraversamenti degli stessi fiumi in alveo.

Il tracciato planimetrico dell'Alternativa A presenta uno sviluppo di 14.400 m per il lotto 1 e di 7.200 per il Lotto 3a, così ripartiti:

Tabella 2.1– Ripartizione curvature – Lotti 1 e 3b dir. Agrigento

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
9629.7 m (43,64%)	5008.81 m (22,70%)	7428.49 m (33,66%)

Tabella 2.2 – Ripartizione curvature – Lotti 1 e 3b dir. Palermo

Tratti a curvatura costante (curve circolari)	Tratti a curvatura variabile (clotoidi)	Tratti a curvatura nulla (rettifili)
8131.38 m (36,98%)	5952.45 m (27,07%)	7906.12 m (35,95%)

Le curve sinistrorse sono in numero di 6, quelle destrorse sono 6 sia per la carr. Dir. AG che per la carr. Dir. PA, per un totale rispettivamente di 12 raccordi planimetrici per ciascuna direzione

I rettifili sono in numero di 7.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 1306 m lungo la dir. AG e di 1293 m lungo la dir. PA e si ha esclusivamente in corrispondenza dei raccordi planimetrici 23 e 25.

La necessità di aumentare la dimensione del franco interno corrente oltre 50 cm per garantire la distanza di visibilità per l'arresto si presenta in un solo raccordo e precisamente in corrispondenza dei vertici:

- V21 in direzione PA in cui è necessario un franco di 69 cm
- V23 in direzione AG in cui è necessario un franco di 99 cm

entrambi ricadenti nel Lotto 3b. In quest'ultimo raccordo, e precisamente a partire dalla sezione 992, come già detto nel paragrafo relativo alla descrizione delle alternative di tracciato, l'impossibilità di aumentare il margine interno oltre i 4.50 m comporta la necessità di adottare uno spartitraffico di tipo monofilare. Poiché l'ingombro della barriera spartitraffico monofilare è di circa 80 cm, si ha un aumento del franco per la visibilità di 85 cm, che sommati ai 50 cm correnti coprono il necessario allargamento di 99 cm.

Si ribadisce che il calcolo della distanza di arresto è stato condotto puntualmente sia in dir. AG che in dir. PA, considerando le esatte pendenze longitudinali, secondo le prescrizioni dell'art. 5.1.2 del D.M., nell'ipotesi di piano viabile di qualità paragonabile a quello autostradale e con tempo di reazione non maggiorato, data l'assenza di intersezioni a raso e tratti di difficile lettura ed interpretazione. I risultati del calcolo sono riportati nelle tabelle allegate.

Essendo il raggio minimo sempre maggiore del raggio  $R_v = 667$  m, corrispondente alla pendenza trasversale massima del 7% (vedasi l'abaco di fig. 5.2.4.a di cui all'art. 5.2.4 del D.M.), la velocità di progetto dell'intero tronco stradale è costante e sempre pari a quella massima, ossia 120 km/h (onde il valore di 0,36 assunto per il coefficiente di aderenza  $f_r$ ).

Per quanto riguarda i tratti planimetrici in rettilineo si è proceduto alla verifica del rispetto delle lunghezze massima e minima secondo quanto prescritto dall'art. 5.2.2. del D.M., verifica positiva essendo  $L_{min} = 250$  m e  $L_{max} = 22 \times 120 = 2640$  m.

In relazione all'abaco di fig. 5.2.2.a del D.M. citato si è verificato che, tra due elementi circolari consecutivi si avesse sempre un rapporto tra i raggi ricadente nella zona "Buona".

I tratti a curvatura variabile, per il raccordo tra elementi a diversa curvatura, sono stati geometrizzati con la clotoide avente parametro di forma  $n$  unitario. La scelta del parametro di scala  $A$  è avvenuta in modo da assicurare il rispetto del campo di validità imposto dalla norma.

### 2.1.2 Studio altimetrico dell'asse stradale

Il principio informatore per la definizione dell'andamento altimetrico dell'asse stradale è stato quello che ha consentito di minimizzare il numero dei viadotti e ponti, necessari per superare gli ostacoli rappresentati dai corsi d'acqua e dalle valli naturali, nonché dalla viabilità esistente. Il tutto nel rispetto della normativa, che per questo tipo di strada prescrive una pendenza massima del 6%.

La morfologia del territorio attraversato ha imposto alcuni tratti in galleria sui quali la pendenza massima delle livellette è stata limitata la 4% come prescritto dal D.M. all'art. 5.3.1.

I raccordi verticali convessi e concavi sono stati calcolati secondo le prescrizioni del D.M. all'art. 5.3.2 e segg.

L'andamento altimetrico in dir. AG è composto da 9 livellette e 10 raccordi, dei quali 6 convessi e 4 concavi. La livelletta con lunghezza minima misura 655,80 m, mentre quella di lunghezza massima 3767,05 m. Le pendenze vanno da un minimo dello 0.2% ad un massimo del 4.43%

Il raggio verticale minimo convesso inserito è pari a 20.000 m, quello concavo è risultato pari a 20.000 m

L'andamento altimetrico in dir. PA è caratterizzato da 10 livellette e 11 raccordi, dei quali 6 convessi e 5 concavi. La livelletta con lunghezza minima misura 466,90 m, mentre quella di lunghezza massima 3366,26 m. Le pendenze vanno da un minimo dello 0.2% ad un massimo del 4,55%

Il raggio verticale minimo convesso è risultato pari a 20.000 m, quello concavo è risultato pari a 20.000 m

Per il calcolo dei raggi dei raccordi verticali si è proceduto in prima battuta imponendo il rispetto delle regole di coordinamento piano-altimetrico suggerite dal D.M. all'art. 5.5.1., ossia imponendo la lunghezza del raccordo come *input* di progetto. In seconda battuta si è fatta la verifica del rispetto della distanza di visuale libera per l'arresto attraverso l'abaco di fig. 5.3.3.a con altezza dell'ostacolo fisso  $h_2 = 0,10$  m - per quanto riguarda i dossi - ed attraverso l'abaco di fig. 5.3.4.a per quanto attiene alle sacche in mancanza di illuminazione naturale.

### 2.1.3 Geometria del tracciato (Lotto 2 e Lotto 3a)- Adeguamento in sede

I lotti denominati 2 e 3a riguardano un adeguamento in sede della attuale SS 121.

Tra il lotto 1 ed il lotto 2 con l'obiettivo di rallentare i flussi veicolari e passare da una doppia carreggiata (categoria B) ad una singola carreggiata (categoria C), si è inserita una rotatoria di disconnessione di raggio esterno  $R=50$ m

#### 2.1.3.1 Studio planimetrico dell'asse stradale

L'intervento progettuale prevede l'adeguamento alla sezione C1 per il tratto compreso fra le progr. 0+000 e 25+100 (lotto 2a) e l'adeguamento alla sezione B per il tratto compreso fra le progr. 25+100 e 34+851 (lotto 2b e 3a).

Poiché l'obiettivo dell'intervento riguarda un adeguamento in sede dell'attuale strada, si è proceduto migliorando le condizioni di sicurezza, per quanto possibile, intervenendo su diversi fattori. Di seguito, sono descritte le condizioni dello stato di fatto e gli interventi migliorativi adottati.

La definizione planimetrica del tracciato è avvenuta sulla base dei due principi informativi dell'intero progetto, ossia:

- 1) geometrizzazione basata sul tracciato esistente;
- 2) scelta del raggio minimo delle curve circolari in funzione dei criteri geometrici, fondati sul rispetto delle distanze di visuale libera ed in funzione dei criteri dinamici di equilibrio del veicolo.
- 3) Presenza di accessi diretti sulla attuale sede
- 4) Presenza di intersezioni a raso da ammodernare

La maggior parte delle curve, sia planimetriche che altimetriche, sono state aumentate di valore per quanto possibile, con l'obiettivo di migliorare sia la visibilità che la fluidità del tracciato cercando, quanto più possibile, di rispettare il D.M. 5.11.2001.

Tutti gli accessi, che prima si innestavano direttamente e pericolosamente sulla SS121, sono stati chiusi realizzando a tal proposito delle complanari di raccordo agli svincoli di progetto.

Sia la progettazione che l'ammodernamento degli svincoli ha permesso di aumentare notevolmente la sicurezza e di evitare la presenza di punti di conflitto.

Il tracciato planimetrico presenta uno sviluppo complessivo di 34.851 m così ripartiti:

Lotto 2a da km 0+000 a km 25+100

Le curve sinistrorse sono in numero di 19, mentre quelle destrorse sono in numero di 20, per un totale di 39 elementi planimetrici.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 185 m e si presenta esclusivamente in corrispondenza del vertice planimetrico A8. Il raggio planimetrico massimo è di 5300 m e si presenta in corrispondenza del vertice A17 al fine di mantenere il più possibile l'allineamento con il tracciato esistente.

Essendo il raggio minimo sempre maggiore del raggio  $R=118$  m, corrispondente alla pendenza trasversale massima del 7% (vedasi l'abaco di fig. 5.2.4.a di cui all'art. 5.2.4 del D.M.), la velocità

massima di progetto dell'intero tronco stradale in oggetto, a causa delle caratteristiche geometriche stradali della attuale strada, è stata stabilita pari a 80km/h in accordo le "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti (bozza al 25.04.2005)". Inoltre, seguendo questa norma, sia la lunghezza massima e minima dei rettifili che la lunghezza minima dello sviluppo delle curve circolari, qualora non sia possibile applicare i valori minimi, non saranno soggette a verifica.

In relazione all'abaco di Koppel, di fig. 5.2.2.a del D.M. 5.11.2001, si prestata attenzione affinché due elementi circolari consecutivi avessero un rapporto tra i raggi ricadente nella zona "Buona", ciò non si è verificato solo in corrispondenza dei vertici V8,V11,V18,V26,V28,V34 che ricadono nella zona "Accettabile". L'unica non conformità si ha nei vertici V14 in corrispondenza dello svincolo di Ciminna e V37 in corrispondenza dello svincolo Vicari Sud

I tratti a curvatura variabile, per il raccordo tra elementi diversa curvatura, sono stati geometrizzati con la clotoide avente parametro di forma  $n$  unitario. La scelta del parametro di scala  $A$  è avvenuta in modo da assicurare il rispetto del campo di validità imposto dalla norma.

Il calcolo della distanza di arresto è stato condotto puntualmente per ogni raccordo nell'ipotesi di piano viabile standard.

Con una velocità costante di 80 km/h, gli allargamenti necessari per garantire una adeguata visibilità per l'arresto in sicurezza risultano essere di notevole entità e pertanto, per limitare gli interventi sulla infrastruttura esistente, si è scelto limitare la velocità a 70 km/h per quelle curve che necessitano di allargamenti superiori al metro.

Al fine di mantenere una velocità non inferiore a 70km/h verrà applicato un allargamento alla curva di vertice V8 (185 m) in destra di 1.82m per di garantire la distanza di visibilità per l'arresto.

La percentuale di visibilità per il sorpasso è garantita per circa il 25% del tracciato sia nella direzione Agrigento che nella direzione Palermo e pertanto verifica la normativa, che ne prescrive almeno il 20%.

#### **Lotto 2b e lotto 3a da km 25+100 a km 34+851:**

La sezione utilizzata per questo tronco è di Tipo B, ma il progetto e la verifica, considerando che si tratta di un ammodernamento, la verifica è stata svolta per una strada di categoria inferiore di tipo C1. La carreggiata direzione Palermo è stata mantenuta il più possibile sulla sede attuale mentre la carreggiata in direzione Agrigento risulta essere ad essa parallela.

Le curve sinistrorse sono in numero di 6, mentre quelle destrorse sono in numero di 9, per un totale di 15 elementi circolari.

Il raggio planimetrico minimo risulta di 200 m e si presenta in corrispondenza del vertice planimetrico A52. Il raggio planimetrico massimo è di 2520 m in corrispondenza del vertice A49

Essendo il raggio minimo sempre maggiore del raggio  $R=118$  m, corrispondente alla pendenza trasversale massima del 7% (vedasi l'abaco di fig. 5.2.4.a di cui all'art. 5.2.4 del D.M.), la velocità massima di progetto dell'intero tronco stradale in oggetto, a causa delle caratteristiche geometriche stradali della attuale strada, è stata stabilita paria a 80km/h in accordo le "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti (bozza al 25.04.2005)". Inoltre, sia la lunghezza massima e minima dei rettifili che la lunghezza minima dello sviluppo delle curve circolari, qualora non sia possibile applicare i valori minimi, non saranno soggette a verifica.

In relazione all'abaco di Koppel, di fig. 5.2.2.a del D.M. 5.11.2001, si prestata attenzione affinché due elementi circolari consecutivi avessero un rapporto tra i raggi ricadente nella zona "Buona", ciò non si è verificato solo in corrispondenza dei vertici V42, V44, V45, V47, V50, V51, V52, V53, V54, V55 che ricadono nella zona "Accettabile". Non sono presenti curve consecutive ricadenti in zone da "evitare".

I tratti a curvatura variabile, per il raccordo tra elementi a curvatura diversa, sono stati geometrizzati con la clotoide avente parametro di forma  $n$  unitario. La scelta del parametro di scala  $A$  è avvenuta in modo da assicurare il rispetto del campo di validità imposto dalla norma.

Il calcolo della distanza di arresto è stato condotto puntualmente per ogni raccordo nell'ipotesi di piano viabile standard.

Con una velocità costante di 80 km/h, gli allargamenti necessari per garantire una adeguata visibilità per l'arresto risultano essere di notevole entità e pertanto al fine di limitare gli interventi sulla infrastruttura esistente, si è scelto limitare la velocità a 70 km/h per quelle curve che necessitano di allargamenti superiori al metro.

#### **2.1.3.2 Studio altimetrico dell'asse stradale**

Per il calcolo dei raggi dei raccordi verticali si è proceduto in prima battuta imponendo il rispetto delle regole di coordinamento plano-altimetrico suggerite dal D.M. all'art. 5.5.2., ossia imponendo la lunghezza del raccordo come *input* di progetto. In seconda battuta si è fatta la verifica del rispetto della distanza di visuale libera attraverso gli abachi di fig. 5.3.3.a e 5.3.3.b (preferenza alla situazione più favorevole) - per quanto riguarda i dossi - ed attraverso l'abaco di fig. 5.3.4.a per quanto attiene alle sacche in mancanza di illuminazione naturale.

Il principio informatore per la definizione dell'andamento altimetrico dell'asse stradale è stato quello di rispettare per quanto possibile le livellette esistenti minimizzando le interferenze con gli attuali accessi nel rispetto del coordinamento plano-altimetrico. Il tutto nel rispetto della normativa, che per il tipo di strada C1 prescrive una pendenza massima del 7%.

I raccordi verticali convessi e concavi sono stati calcolati secondo le prescrizioni del D.M. all'art. 5.3.2 e segg.

#### **Lotto 2a**

La pendenza più elevata che si ha nel tratto in oggetto è pari 4.71% che comunque si sviluppa per una lunghezza irrisoria (300m circa). La pendenza media invece varia tra il 2-3%

Il raggio verticale minimo convesso adottato è risultato pari a 7683.101 in corrispondenza dello svincolo Vicari Sud in modo da mantenere la livelletta della strada esistente. Il raggio minimo concavo adottato è risultato pari a 9200.000 in corrispondenza dello svincolo di Mezzojuso.

#### **Lotto 2b e lotto 3a :**

La pendenza longitudinale più elevata nel tratto in questione è pari al 6.88 % per un breve tronco e necessaria per poter raccordare il lotto 3a al lotto3b.

Il raggio verticale minimo convesso adottato è pari a 8700m mentre il raggio minimo concavo adottato è risultato pari a 4100m che si è reso necessario per collegare i lotti 3a e 3b.

### **3. SEZIONI TRASVERSALI TIPO**

#### **3.1 Tracciato fuori sede in Cat.B (Lotti 1 e 3)**

La piattaforma della sezione **cat. B** adottata è costituita dai seguenti elementi:

- banchina in dx da 1,75 m
- n° due corsie da 3,75 m per senso di marcia
- banchina in sx da 0,50 m
- franco da 0,50 tra banchina e spartitraffico per favorire la visibilità
- spartitraffico da 2,50 m
- larghezza complessiva minima di 22,50 m

in sezione corrente gli assi delle due carreggiate distano 13,25 m.

In corrispondenza delle gallerie la distanza tra gli assi è stata portata ad un minimo di 31 m.

Sono state sviluppate le sezioni tipo in rilevato, trincea, viadotti e gallerie.

Gli elaborati di progetto comprendono:

- gradonature e bonifiche;
- particolare smaltimento acque di piattaforma;
- sezioni tipo in corrispondenza delle barriere fonoassorbenti;
- sezioni tipo in corrispondenza delle opere d'arte;
- particolare delle polifora.
- dimensionamento della pavimentazione

### 3.1.1 Tracciato in sede (Lotto 2)

Per il lotto 2a la sezione adottata è la tipo C1 (D.M. 5.11.2001) con corsie da 3.75 e banchine 1.50.

L'attuale piattaforma è composta da 2 corsie da 3.75 m e da banchine di larghezza variabile da un minimo di 0.50 m ad un massimo di 1.5 m.

Sarà necessario, quindi, un allargamento della sede attuale per garantire le dimensioni della sezione trasversale della strada tipo C1. Tale intervento prevede la demolizione della pavimentazione stradale esistente fino allo strato di fondazione e la realizzazione della nuova costituita da un pacchetto dello spessore complessivo di 63 cm. Nei tratti in rilevato, si provvederà a realizzare uno scavo a gradoni per l'ammorsamento del nuovo rilevato mentre per gli allargamenti che avverranno in trincea si procederà alla demolizione delle opere esistenti e alla successiva realizzazione delle opere necessarie. (Vedi elaborato P00\_PS00\_TRA\_ST14)

La nuova pavimentazione prevista per il nuovo intervento, è del tipo flessibile con tappeto di usura tipo splittmastix. Tale pavimentazione oltre a migliorare l'aderenza longitudinale e trasversale, riducendo gli spazi di frenatura dei veicoli, mitiga notevolmente i problemi acustici generati dal traffico circolante.

Le barriere esistenti verranno rimosse e sostituite da barriere di sicurezza omologate tipo H2 con destinazione bordo laterale per i tratti ricadenti in rilevato e tipo H3 con classe di larghezza utile W6 nei tratti in viadotto.

Per il lotto 2b la sezione adottata è la tipo B (D.M. 5.11.2001) costituita da due carreggiate aventi i seguenti elementi:

- banchina in dx da 1,75 m
- n° due corsie da 3,75 m per senso di marcia
- banchina in sx da 0,50 m
- franco da 0,20 tra banchina e spartitraffico per favorire la visibilità
- spartitraffico da 2,50 m
- larghezza complessiva minima di 22,40 m

Il tracciato di progetto, segue l'andamento della strada esistente, in particolare la carreggiata direzione Palermo, si sviluppa sull'attuale sede stradale e quindi l'intervento sarà analogo a quello descritto per il lotto a unica carreggiata: per gli allargamenti in rilevato, si realizza uno scavo a gradoni per l'ammorsamento del nuovo rilevato mentre per gli allargamenti in trincea si prevede la demolizione delle opere esistenti e la successiva realizzazione delle opere necessarie.

## 4. GLI SVINCOLI

### 4.1 Premesse

Come noto, in attuazione dell'art. 13 del Decreto Legislativo 30.04.1992 n. 285 "Nuovo codice della strada" e successive modifiche e integrazioni, il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, emana le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi".

Nell'ambito di questo compito legislativo sono state già preparate e licenziate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Consiglio superiore dei lavori pubblici le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", le quali attualmente costituiscono la normativa cogente in campo stradale secondo le direttive del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001.

Poiché per quanto detto poc'anzi l'Ispettorato per la circolazione e la sicurezza stradale, cui sono state demandate le competenze del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti relative all'attuazione del D.Leg.vo 285/92, ha stipulato una convenzione con il Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade dell'Università di Roma "La Sapienza" per lo studio e per la "Ricerca delle indicazioni progettuali per le caratteristiche geometriche, funzionali, di traffico e di illuminazione delle intersezioni stradali urbane", ed una convenzione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Trieste per lo studio per la "Ricerca delle indicazioni progettuali per le caratteristiche geometriche, funzionali, di traffico e di illuminazione delle intersezioni stradali extraurbane".

Sulla base degli studi pre-normativi predisposti in conformità con le due convenzioni citate è stato redatto un "Rapporto di sintesi" a carattere normativo intitolato "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali", che è stato approvato, con prescrizione di emendamenti, dalla "Commissione di studio per le norme tecniche relative ai materiali stradali, alla progettazione, costruzione e manutenzione delle infrastrutture stradali" del CNR nella riunione del 10 settembre 2001.

La progettazione funzionale e geometrica degli svincoli ha seguito le Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali, Decreto del 19 aprile 2006 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

La progettazione funzionale e geometrica degli svincoli ha seguito le indicazioni delle suddette norme in itinere in particolare assumendo per le velocità di progetto quelle riportate nella tabella 14.1.1 e per le caratteristiche plano-altimetriche delle rampe quelle riportate nella tabella 14.1.2.

Laddove vincoli locali di diversa natura non diversamente superabili non consentivano soluzioni alternative fattibili, si è derogato parzialmente dal documento normativo citato progettando soluzioni comunque compatibili con le esigenze di funzionalità e sicurezza della circolazione e con i vincoli di carattere ambientale, sociale ed economico.

Tabella 4.1 - Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

Tipi di rampe	Incroci A/A, A/B, B/A	Incroci A/C, B/B, C/A, C/B
Curvilinea diretta	50-80 km/h	Autostrada A19 – PA-CT
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	SS. 121
Curvilinea indiretta	In uscita da A 40 km/h In entrata su A 30 km/h	In uscita 40 km/h In entrata 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

La elaborazione dei parametri fondamentali per il disegno geometrico della rampe viene sviluppata nella tabella 14.1.2 che si informa sostanzialmente ai criteri di correlazione plano-altimetrica delle norme sulla viabilità extra-urbana, pur con uno specifico adattamento alla fattispecie delle

intersezioni. I raggi planimetrici variano da un minimo di 25 e un massimo di 250 m, mentre i raggi verticali di raccordo vengono assunti seguendo i tradizionali criteri di visibilità diurna e notturna.

**Tabella 4.2 – Caratteristiche planoaltimetriche delle rampe**

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

#### 4.1.1 Note sul tracciamento e la geometria delle rampe di svincolo

Nel caso di rampe monodirezionali, la larghezza della corsia è di 4,00 m con banchina in sx di 1,00 m e in dx di 1,50 m, per una larghezza totale della piattaforma pari a 6,50 m. Nei tratti in affiancamento all'asse principale (corsie di accelerazione/decelerazione) la larghezza delle corsie di immissione/diversione è stata fissata pari a 3.75 m.

Come asse di tracciamento si è adottata la linea di margine destro della corsia; il tracciamento ed il relativo profilo sono sviluppati nel verso di percorrenza di ciascuna rampa.

Nel caso di rampe bidirezionali 1 corsia/senso, le corsie hanno una larghezza di 3,75 m con banchine in dx di 1,00 m, per una larghezza totale della piattaforma pari a di 9,50 m.

Il tracciamento ed il relativo profilo è in questo caso è stato fatto in asse, all'interfaccia tra ramo bidirezionale e rampe monodirezionali, si è curata la continuità del profilo longitudinale (pendenza o tangente), tenendo in conto il salto di quota dovuto alla pendenza trasversale.

#### 4.1.2 Note sul dimensionamento dinamico e funzionale delle corsie di accelerazione e decelerazione

In merito a tale argomento si è fatto riferimento agli schemi che esemplificano i metodi di calcolo cinematico e dinamico riportati dal documento a carattere normativo sulle intersezioni stradali.

Per quanto concerne la manovra di uscita si è privilegiata quella parallela, limitando l'uscita "ad ago" solo a quelle situazioni dove gli spazi per una uscita parallela non sono disponibili.

#### 4.1.3 Svincoli Tracciato fuori sede in Cat. B (Lotti 1 e 3)

Il progetto prevede la realizzazione di **quattro** intersezioni a livelli sfalsati "disomogenee" per il collegamento del tracciato principale con la viabilità secondaria esistente. Si tratta di otto opere che consentono di disimpegnare i flussi di traffico provenienti da, e diretti a, tutte le direzioni interessate.

Si tratta come già detto di svincoli del tipo "a trombetta" (ad esclusione del secondo che è un "semiquadrifoglio" con rampe che si sviluppano su due quadranti adiacenti) opportunamente adattati alla morfologia locale, alla disposizione della viabilità secondaria esistente ed a vincoli di varia natura. La trombetta rappresenta, infatti, la soluzione più efficace dal punto di vista dei costi di costruzione per una intersezione a T e dal punto di vista funzionale e della facilità di lettura da parte dell'utente della strada.

I quattro svincoli prendono il nome delle principali località servite. La loro distribuzione è riportata nella seguente tabella:

**Tabella 4.3– Localizzazione Svincoli**

N°	Nome	Progressiva	Tipo	Innesto
1	Ficarazzi	km 0 + 000	Trombetta	Autostrada A19 – PA-CT
2	Misilmeri	Km 6 + 735	Semiquadrifoglio	SP 77
3	Bolognetta	km 12 + 125	Trombetta	SS 121
8	Lercara Friddi	km 48 + 155	Trombetta	SS 189

La progettazione degli svincoli sull'asse principale ha potuto esplicarsi definitivamente soltanto dopo che è stato completato l'iter di definizione geometrica del tracciato scelto (Alternativa 1) secondo le due carreggiate in dir. AG ed in dir. PA. Infatti, sulla base del tracciato "monoasse" erano stati praticamente definiti solamente gli *schemi funzionali* di massima (con ipotesi di tracciamento in asse di tutte le rampe) e le localizzazioni più opportune in relazione alle necessità di integrazione con la viabilità locale ed alla massimizzazione della accessibilità ai centri urbani serviti, rimandando la più precisa e puntuale geometrizzazione e verifica del rispetto delle norme ad una successiva fase del lavoro.

A tal proposito gli otto svincoli sono stati inizialmente localizzati per quanto possibile in prossimità delle sezioni previste dal Progetto preliminare 1999, per poi subire degli spostamenti più o meno marcati lungo l'asse dell'infrastruttura secondo le situazioni locali che via via ne determinavano la necessità/opportunità.

Di seguito si descrivono sinteticamente i quattro svincoli come risultano dopo le varie fasi decisionali che hanno portato alla loro definizione conclusiva.

##### 4.1.3.1 Svincolo n°1 - Ficarazzi (pk 0+000)

Lo svincolo di Ficarazzi rappresenta il nodo fondamentale di interconnessione tra l'asse viario nord-sud in progetto - Palermo-Lercara-Agrigento - e l'asse viario costiero ovest-est più importante della Sicilia - costituito dall'Autostrada A19 Palermo-Catania che viene sovrappassata. Esso si localizza alla progressiva chilometrica 3+800 della A19 in località Ficarazzi e costituisce di fatto la progressiva km 0+000 della nuova SS 121.

Ipotizzato con schema a quadrifoglio completo nel progetto preliminare del 1999, tale svincolo è stato infine progettato come uno svincolo "a trombetta" (con la rampa indiretta posta in modo che l'uscita dall'Autostrada avvenga prima l'attraversamento del manufatto di sovrappasso), con il "cappio" nel quadrante nord-est dalla parte di Bagheria.

Tale scelta funzionale è stata dettata dalla possibilità che in futuro (a seguito di aumentate esigenze di livello di servizio conseguenti ad incremento di traffico ed alla opportunità di connessione con la viabilità costiera locale a nord dell'A19) lo svincolo si possa trasformare in quadrifoglio completo con demolizione parziale della trombetta e senza rifacimenti del manufatto di attraversamento, limitando così al massimo le possibili interferenze con la viabilità principale durante i lavori.

La geometria dello svincolo di Ficarazzi è condizionata dal fatto che le carreggiate della nuova SS 121 sono separate di circa 30 m in asse nel punto in cui interferiscono con l'A19. In particolare, la rampa 1 monodirezionale semidiretta esce "ad ago" in destra dall'Autostrada servendo i flussi di traffico provenienti da Catania e diretti verso Agrigento, trasformandosi poi gradualmente nella carreggiata destra a due corsie della nuova strada. La rampa 2 monodirezionale indiretta (cappio) non è altro che la continuazione a sezione gradualmente ridotta della carreggiata sinistra della nuova SS 121 che serve i flussi provenienti da Agrigento e diretti verso Palermo, innestandosi in destra con uscita parallela sulla A19. Le rampe di interallacciamento 3 e 4 sono quelle dirette che servono le

relazioni Palermo-Agrigento e, rispettivamente, Agrigento-Catania, uscendo "ad ago" in destra la prima, ed innestandosi in destra con corsia parallela di entrata la seconda.

La scelta delle uscite ad ago dalla A19 è stata adottata in considerazione del fatto che corsie di uscita parallele avrebbero interferito pesantemente con due opere di scavalco esistenti, poste a distanza inferiore a quella necessaria per lo sviluppo completo delle corsie di decelerazione e relativi raccordi.

Occorre notare che per aumentare la funzionalità e la sicurezza dell'intersezione (che connette una strada di tipo B con una di tipo A), la rampa 1 e la rampa 2 sono totalmente separate da uno spartitraffico lungo tutto il tratto in cui esse si affiancano in complanarità.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella seguente tabella:

**Tabella 4.4 – Caratteristiche Svincolo N.1**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Semidiretta in uscita	401,70	85,00	3,26%
2	Indiretta in entrata	671,23	64,00	-5,20%
3	Diretta in entrata	526,43	100,00	7,00%
4	Diretta in uscita	666,98	100,00	-8,00%
5	Raccordo con rampa 1	264,38	112,62	3,24%

#### 4.1.3.2 Svincolo n°2 – Misilmeri (pk 6+735)

Lo svincolo di Misilmeri rappresenta il nodo di interconnessione tra l'asse Palermo-Lercara e la S.P 77 che viene sovrappassata dal viadotto "Giulia". Esso si localizza alla progressiva chilometrica pk 6+735 della nuova SS 121.

Nel progetto preliminare del 1999 tale svincolo era stato funzionalmente definito a trombetta sfruttando parzialmente la viabilità locale al fine di ricavarne alcune rampe. Nella versione definitiva, invece, è stata adottata lo schema "a semiquadrifoglio" o "quadrifoglio parziale", con rampe di interallacciamento che si sviluppano sui due quadranti adiacenti posti sul lato a nord della SP 77, la quale per parte sua è stata opportunamente rettificata allo scopo di consentire l'inserimento plan-altimetrico delle rampe di svincolo, altrimenti non possibile data la pendenza oltremodo elevata della SP 77 in corrispondenza dell'intersezione con la nuova SS 121, ed il poco spazio a disposizione per garantire uno sviluppo lineare sufficiente alle rampe.

Proprio l'eccessiva pendenza della SP 77 ha condizionato la scelta della geometria dello svincolo, che si articola secondo due rampe bidirezionali che si innestano a raso sulla strada provinciale (opportunamente allargata per inserire le corsie di accumulo per la svolta a sinistra) servendo i flussi da tutte le direzioni verso Palermo e Agrigento e da queste città verso tutte le altre direzioni. In particolare, i flussi diretti verso Agrigento possono uscire in parallelo attraverso la rampa 3 diretta monodirezionale ed immettersi sulla rampa bidirezionale n. 2 che si innesta a raso a T sulla SP 77, e da qui proseguire per tutte le direzioni. I flussi, invece, provenienti da Agrigento possono uscire in destra parallelamente alla carreggiata sinistra della nuova SS 121 immettendosi sulla rampa 1 monodirezionale diretta, proseguendo sulla bidirezionale n. 5 che si innesta a raso con incrocio a T sulla SP 77 e da qui svoltare a destra o a sinistra. I flussi di traffico che interessano la SP 77 e che volessero entrare sulla nuova strada possono attraversare l'incrocio a raso, immettersi sulle rampe bidirezionali - la rampa 6 per andare verso Agrigento e la rampa 5 per dirigersi verso Palermo - ed uscire in parallelo attraverso le rampe dirette 6 e 4 rispettivamente.

In accordo con le prescrizioni del documento pre-normativo, la rettifica della SP 77 dovrà avvenire adeguando la sezione di quest'ultima ad una tipologia C, in modo che l'intersezione in progetto sia una disomogenea tra categorie adiacenti, ossia una tipo B/C.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella seguente tabella:

**Tabella 4.5 – Caratteristiche svincolo N.2**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Indiretta in uscita	282,06	45,00	7,00%
2	Bidirezionale	231,96	45,00	6,05%
3	Diretta in uscita	361,44	50,00	-6,05
4	Diretta in entrata	315,96	45,00	-7,00%
5	Bidirezionale	293,77	48,50	+/-7,00%
6	Indiretta in entrata	359,42	45,00	6,05%

#### 4.1.3.3 Svincolo n°3 - Bolognetta (pk 12+125)

Lo svincolo di Bolognetta interconnette la nuova 121 con l'attuale strada statale SS 121 e, quindi, serve tutti i centri e le località collegate dall'attuale collegamento. Lo schema di svincolo previsto nel preliminare del 1999 era quello a trombetta e tale è praticamente rimasto anche nella sua versione definitiva.

La localizzazione e la geometria dello svincolo sono state fortemente condizionate dalla presenza di due gallerie consecutive ("Balestrieri" e "Cipodduzza") i cui imbocchi distano meno di 600 m l'uno dall'altro. Tra le due è inserito il viadotto "Acqua di Pioppo" che contribuisce a complicare non poco la situazione. In un primo momento lo svincolo avrebbe dovuto interconnettere la nuova SS 121 con la SP 77 di Bolognetta e Misilmeri, in seguito, stante le difficoltà incontrate durante lo studio per la geometrizzazione definitiva, si sono verificate diverse soluzioni, tra le quali è stata scelta quella di seguito descritta, che interconnette direttamente la nuova 121 con l'attuale.

I flussi diretti verso Agrigento possono uscire in destra su corsia parallela per immettersi nella rampa 3 monodirezionale e di seguito nella rampa 1 bidirezionale che sovrappassa in viadotto le due carreggiate della nuova 121 (a loro volta in viadotto in quella sezione); proseguendo in bidirezionale attraversano un tratto in galleria (di lunghezza pari a 242.20 m) e si innestano, infine, a raso con incrocio a T sull'attuale SS 121. I veicoli provenienti da Agrigento, invece, possono uscire in destra ad ago sulla rampa monodirezionale diretta n. 5 ed immettersi così nella rampa 1 bidirezionale, dopo aver effettuato praticamente una svolta di 180°. I flussi provenienti dall'attuale SS 121 vengono svincolati dall'intersezione a T sulla rampa bidirezionale n. 1, dopo di che - percorso il breve tratto in galleria - possono: uscire in destra per immettersi nella rampa diretta monodirezionale n. 4 e proseguire per Palermo dopo l'innesto in uscita parallela con la nuova SS 121; oppure sovrappassare la nuova strada in viadotto ed immettersi nella rampa monodirezionale indiretta a cappio n. 2 per proseguire verso Agrigento, dopo essersi innestati in uscita parallela con la carreggiata destra della nuova strada.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella seguente tabella:

**Tabella 4.6 – Caratteristiche svincolo N.3**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale	990,31	48,75	-7,00%
2	Indiretta in entrata	362,55	45,00	-4,84%
3	Diretta in uscita	329,36	75,00	4,84%
4	Diretta in entrata	567,97	99,00	-7,00%
5	Diretta in uscita	332,00	45,00	7,00%

#### 4.1.3.4 Svincolo n°8 - Lercara Friddi (pk 48+155)

Lo svincolo di Lercara Friddi connette la nuova SS 121 con l'attuale SS 189 e, di fatto, costituisce l'ultimo svincolo per l'entrata/uscita dalla 4 corsie di nuova realizzazione. Lo schema è quello di una classica trombetta, in cui però la rampa bidirezionale di interallacciamento con la SS 189 sovrappassa quest'ultima con un viadotto prima di connettersi a raso, dopo aver fatto un "giro" di 180° per recuperare pendenza, causa gli spazi di localizzazione ridotti.

La scelta localizzativa e funzionale è variata rispetto al progetto preliminare del 1999 ed è scaturita dopo attenta analisi di diverse soluzioni, tutte scartate per incompatibilità con l'orografia del terreno o con gli strumenti urbanistici vigenti nel comune di Lercara.

Lo svincolo è posizionato tra i viadotti "Friddi" e "Solfara" che ne hanno condizionato la struttura funzionale e geometrica. In particolare, i flussi di traffico provenienti da Palermo potranno uscire per mezzo della rampa diretta n. 2 e dopo aver percorso la rampa n. 1 bidirezionale (che sottopassa il viadotto "Friddi") immettersi a raso sulla SS 189. I flussi provenienti da Agrigento, invece, percorrono l'attuale SS 189 fino all'innesto con la nuova SS 121 alla progressiva pk 50 + 364.82 - dove inizia la 4 corsie in sovrapposizione con l'esistente - e poi possono uscire dalla rampa diretta n. 3 che li convoglia sulla bidirezionale e quindi nuovamente sulla 189. Il traffico proveniente dall'attuale strada statale viene svincolato a raso sulla rampa bidirezionale n. 1 e da questa sulla rampa indiretta n. 2 a cappio per i flussi diretti verso Agrigento, e sulla rampa diretta n. 4 per quelli diretti verso Palermo.

La rampa 4, in particolare, è costruita quasi interamente in viadotto e si sviluppa parallelamente alla nuova SS 121. Questa soluzione si è resa necessaria a causa dei vincoli di pendenza in salita e del ristretto spazio disponibile per lo sviluppo della rampa.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella seguente tabella:

**Tabella 4.7 – Caratteristiche Svincolo N.8**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale	472,27	45,00	7,00%
2	Semidiretta in uscita	347,76	45,00	-2,50%
3	Diretta in uscita	520,00	52,00	-8,00%
4	Diretta in entrata	642,95	69,75	7,00%
5	Indiretta in entrata	363,69	45,00	-3,98%

#### 4.1.4 Tracciato in sede (Lotto 2)

In questo paragrafo si descrivono gli interventi previsti per la realizzazione di nuove intersezioni stradali e per la sistemazione delle esistenti. L'attuale 121 presenta numerose intersezioni a raso che nel presente intervento si propone di sostituire con soluzioni a livelli sfalsati.

##### 4.1.4.1 Bolognetta – Rotatoria di disconnessione tra strada tipo B e tipo C

Il passaggio fra il lotto a due carreggiate e quello di adeguamento a una carreggiata è stato risolto con una rotatoria di grande diametro.

Dopo una accurata analisi dell'intersezione e delle tipologie di intervento possibili per la soluzione del problema, si è optato per la suddetta soluzione che si ritiene (in base ai calcoli effettuati sulla capacità della rotatoria) migliore rispetto ad altre soluzioni esaminate, non solo in termini di sicurezza stradale ma anche di inserimento dell'opera nel contesto esistente.

E' importante evidenziare che la rotatoria è stata inserita utilizzando la superficie occupata dall'intersezione stradale esistente.

Sulla rotatoria confluiscono quattro bracci che garantiscono il collegamento della nuova 121 sia alla viabilità già servita dall'infrastruttura esistente nell'attuale configurazione dello svincolo (braccio A), e alla viabilità alternativa (braccio B), in parte esistente ed in parte da realizzare, necessaria alla canalizzazione di tutti gli accessi, non più consentiti con il nuovo intervento.

I tracciati dei vari bracci e della rotatoria stessa si sviluppano prevalentemente in rilevato, con altezze variabili fra 1 e 5 m. In particolare per la rotatoria si adottano opere di sostegno in terra rinforzata. Per il "braccio A" che attraversa il fiume Milicia si è adottato un ponte in acciaio a sezione costante, di lunghezza 50 m.

Dal punto di vista planimetrico, la rotatoria presenta un diametro esterno pari a 100 m, la larghezza dell'anello di circolazione è di 9 m e sono previste due corsie. Per il dimensionamento di tutti gli elementi di progetto della rotatoria si è fatto riferimento alle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (Decreto 19 aprile 2006).

##### 4.1.4.2 Svincolo 2+700 – Tumminia

L'intersezione è ubicata in corrispondenza di una curva planimetrica verso destra (in direzione Agrigento), che costituisce elemento di grande pericolo per la funzionalità dell'intersezione. L'opera esistente è inoltre sprovvista delle corsie di accelerazione, decelerazione e di accumulo.

Il progetto prevede la realizzazione di una intersezione alla progr. 2+700 a livelli sfalsati.

Esso si compone di 4 rampe dirette monodirezionali: due di entrata (rampe 3 e 4) e due di uscita (rampe 2 e 5) che si innestano a raso sulla strada secondaria.

L'attraversamento dell'arteria principale da parte della rampa bidirezionale n°1, avviene mediante un cavalcavia di dimensioni trasversali 10.50 ed uno sviluppo di circa 40.00 m. L'altezza libera della strada principale rispetto all'opera di scavalco a partire da qualsiasi punto risulta non inferiore a 5.00 m.

Gli assi delle rampe, come si evince dagli elaborati allegati al progetto, presentano raggio planimetrico minimo pari a 35 m e massimo 90 m. La pendenza longitudinale massima utilizzata è del 8.00% (in discesa) ed interessa la rampa 4 di entrata alla 121 in direzione Palermo. La stessa pendenza si presenta sulla rampa 5 di uscita da Palermo. I valori adottati sono in accordo con i valori indicati dalla normativa sulle intersezioni stradali (Decreto 19 aprile 2006) che prescrivono il valore massimo in salita del 7% e in discesa del 8%. Sempre in accordo con le norme citate l'innesto delle rampe di immissione sulla strada principale viene realizzato con un angolo che risulta sempre inferiore a 70° eliminando in tal modo la corsia specializzata di accelerazione. Per le rampe di uscita, sono previste le corsie di decelerazione.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella tabella A.14.

**Tabella 4.8 - Caratteristiche Svincolo Tumminia**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale di raccordo	501.22	45	-0.07
2	Diretta in uscita	224.93	67	-0.012
3	Diretta in entrata	60.67	37	0.001
4	Diretta in entrata	141.83	90	-0.08
5	Diretta in uscita	179.92	60	-0.08

#### 4.1.4.3 Svincolo 5+300 – Cimminna

Dal punto di vista geometrico l'intersezione si presenta in discrete condizioni di funzionalità pertanto nel presente intervento mantiene lo schema funzionale attuale. L'intervento in questo caso è consistito nella regolamentazione dei flussi di traffico provenienti dalle rampe esistenti attraverso l'inserimento di una rotatoria.

La rotatoria presenta un diametro pari a 50 m e si inserisce sull'area occupata dall'intersezione stradale esistente, attualmente regolata da segnaletica.

#### 4.1.4.4 Svincolo 6+900 – Baucina

L'intersezione attuale è sprovvista delle corsie di accelerazione, decelerazione e di accumulo. Inoltre l'isola direzionale attualmente esistente non appare sufficiente a canalizzare correttamente i flussi.

Il progetto prevede la realizzazione di una intersezione alla progr. 6+900 a livelli sfalsati.

Lo schema utilizzato è quello di "svincolo a trombeta" con la particolarità di aver situato il cappio, elemento caratteristico di questo schema, in una zona distante circa 270m dall'asse della strada secondaria, per evitare l'interferenza con l'asta fluviale del fiume Buffa.

Lo svincolo si compone di 4 rampe dirette monodirezionali: due di entrata (rampe 3 e 4) e due di uscita (rampe 2 e 5) che si innestano a raso sulla strada secondaria.

L'attraversamento dell'arteria principale da parte della rampa bidirezionale n°1 avviene mediante un cavalcavia di dimensioni trasversali 10.50 ed uno sviluppo di circa 40.00 m. L'altezza libera della strada principale rispetto all'opera di scavalco a partire da qualsiasi punto risulta non inferiore a 5.00 m.

Gli assi delle rampe, come si evince dagli elaborati allegati al progetto, presentano raggio planimetrico minimo pari a 35 m e massimo 90 m. La pendenza longitudinale massima utilizzata è del 8.00% (in discesa) ed interessa la rampa 4 di entrata alla 121 in direzione Palermo. La stessa pendenza si presenta sulla rampa 5, uscita dalla direzione Palermo. I valori adottati sono in accordo con i valori indicati dalla normativa sulle intersezioni stradali (Decreto 19 aprile 2006) che prescrivono il valore massimo in salita del 7% e in discesa del 8%. Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella tabella A.15.

**Tabella 4.9 - Caratteristiche Svincolo Baucina**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale di raccordo	488.66	30	-0.07
2	Diretta in uscita	148.08	40	-0.012
3	Diretta in entrata	43.73	-	-0.07

4	Diretta in entrata	146.44	106.5	0.000
5	Diretta in uscita	176.43	65	-0.07

#### 4.1.4.5 Svincolo 9+400 – Cefalà Diana

Lo svincolo attuale si potrebbe configurare nello schema di incrocio a quadrifoglio parziale con rampe in due quadranti opposti. Tuttavia non sono presenti corsie di accelerazione e di decelerazione. Le isole triangolari, inoltre, sono realizzate esclusivamente tramite segnaletica orizzontale, e ciò non regola i flussi veicolari di svolta in modo corretto ed in condizioni di sicurezza.

L'intervento consiste nel miglioramento dello schema funzionale. Viene eliminata l'attuale entrata dir pa e riproposta con una rampa (braccio A) che parte da una nuova rotatoria situata nell'area in cui l'attuale rampa di uscita AG si collega con la strada attraversata dall'arteria principale. Tale rotatoria presenta un diametro esterno di 50 m e vi confluiscono 4 bracci di cui tre esistenti ed uno di progetto (braccio A).

Nei quadranti opposti lo schema attuale presenta una rampa bidirezionale che consente manovre di uscita ed entrata rispettivamente da e per AG. Con la nuova soluzione, tale rampa si mantiene solo per le manovre di uscita dalla dir AG, quindi viene adeguata ad una rampa monodirezionale. Le manovre di entrata per AG vengono garantite da una nuova rampa (braccio B) che si sviluppa sul quadrante adiacente. Le due rampe quindi, quella da realizzare e quella da adeguare, si collegano ad un rotatoria di progetto nella quale confluisce la strada secondaria. Questa rotatoria, data la ridotta area disponibile è prevista con un diametro pari a 25 m con isola sormontabile (minirotaoria).

Il braccio A si sviluppa prevalentemente in rilevato con opere in terra rinforzata, il braccio B in trincea con muri in c.a. di altezza variabile fra 1 e 4 m.

#### 4.1.4.6 Svincolo 13+000 – Mezzojuso

Dal punto di vista geometrico l'intersezione si presenta in discrete condizioni di funzionalità. Tuttavia si è ritenuto opportuno intervenire su alcuni elementi per migliorare le condizioni di sicurezza.

L'attuale entrata dir pa viene eliminata per essere spostata su una nuova rampa (rampaA) realizzata in una zona con più ampia visibilità. La rampa di entrata in direzione AG è stata modificata dal punto di vista planimetrico per consentire l'innesto sull'asse principale non più parallelo ma ortogonale in accordo alle nuove norme in materia di intersezioni stradali. Infine è stata inserita una rotatoria (diametro esterno pari a pari 28 m) per migliorare l'intersezioni fra le strade esistenti e le rampe di uscita dalla direzione AG e di entrata direzione AG.

#### 4.1.4.7 Svincolo 15+900 – Villafraati Sud

L'intersezione attuale si trova in corrispondenza di una curva planimetrica destrorsa in direzione Agrigento, e ciò determina un elevato rischio di incidentalità. La visibilità, infatti, risulta notevolmente ridotta per i conducenti che viaggiano sulle correnti principali. Le manovre di svolta a sinistra risultano, inoltre, estremamente pericolose.

Data la criticità del tratto, il tracciato di progetto abbandona per uno sviluppo di circa 800 m, la sede attuale della 121, migliorando le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato.

Il progetto prevede la realizzazione di una intersezione alla progr. 15+900 a livelli sfalsati.

Lo schema utilizzato è quello di "svincolo a trombeta" con la particolarità di aver utilizzato i tratti della sede attuale abbandonata, per inserire la rampa di uscita direzione Palermo e quella di entrata nella medesima direzione.

Lo svincolo si compone di 4 rampe dirette monodirezionali: due in entrata (rampe 3 e 4) e due in uscita (rampe 2 e 5) che si innestano a raso sulla strada secondaria.

L'attraversamento dell'arteria principale da parte della rampa bidirezionale n°1 avviene mediante un cavalcavia di dimensioni trasversali 10.50 ed uno sviluppo di circa 40.00 m. L'altezza libera della strada principale rispetto all'opera di scavalco a partire da qualsiasi punto risulta non inferiore a 5.00 m.

Gli assi delle rampe, come si evince dagli elaborati allegati al progetto, presentano raggio planimetrico minimo pari a 35 m e massimo 90 m. La pendenza longitudinale massima utilizzata è del 8.00% (in discesa) ed interessa la rampa 4 di entrata alla 121 in direzione Palermo. La stessa pendenza si presenta sulla rampa 5, uscita dalla direzione Palermo. I valori adottati sono in accordo con i valori indicati dalla normativa sulle intersezioni stradali (Decreto 19 aprile 2006) che prescrivono il valore massimo in salita del 7% e in discesa del 8%. Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella tabella A.16.

**Tabella 4.10 - Caratteristiche Svincolo Villafrati Sud**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale di raccordo	488.66	30	-0.07
2	Diretta in uscita	148.08	40	-0.012
3	Diretta in entrata	43.73	-	-0.07
4	Diretta in entrata	146.44	106.5	0.000
5	Diretta in uscita	176.43	65	-0.07

#### 4.1.4.8 Svincolo 17+800 – Campofelice

Attualmente l'intersezione, nel suo complesso, appare estremamente pericolosa, per la concomitanza di due fattori potenzialmente ad alto rischio: l'ubicazione dell'intersezione in curva e la mancanza di sistemazione e canalizzazione dei veicoli sulla corsia di sinistra (in direzione Agrigento). La manovra di attraversamento della sede stradale della S.S. 121, attualmente possibile, costituisce inoltre elemento di estremo pericolo. La collocazione in curva del punto singolare di intersezione compromette notevolmente la visibilità e, quindi, determina un abbassamento delle condizioni di sicurezza. Ciò è aggravato dalla totale mancanza di corsie di canalizzazione sul ramo di sinistra, che interseca l'asse principale ortogonalmente.

Il progetto prevede la realizzazione di una intersezione alla progr. 17+800 a livelli sfalsati.

Lo schema utilizzato è quello a quadrifoglio parziale con rampe situate in due quadranti adiacenti. Tale soluzione consente di eliminare tutti i punti di conflitto sulla strada principale. Lo svincolo si compone di 2 rampe bidirezionali che nel tratto di innesto all'asse principale diventano quattro rampe monodirezionali (rampe 5,6 e 2,3).

L'attraversamento dell'arteria principale da parte della rampa bidirezionale n°1 avviene mediante un sottopasso di dimensioni trasversali 9.50 ed uno sviluppo di circa 25.00 m.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella tabella A.17.

**Tabella 4.11 - Caratteristiche Svincolo Campofelice**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale	118.55	35	0.07
2	Diretta in uscita	180.08	30	0.028
3	Diretta in entrata	32.88	30	-
4	Bidirezionale	109.31	30	0.07
5	Diretta in entrata	33.37	30	-
6	Diretta in uscita	169.59	30	-0.03
Asse A	Bidirezionale	-	-	0.059

#### 4.1.4.9 Svincolo 22+100 – Vicari Nord

L'intersezione attuale presenta caratteristiche soddisfacenti sia da un punto di vista funzionale che geometrico. L'intervento in questo caso è limitato all'inserimento di una rotatoria in corrispondenza dell'area in cui confluiscono la rampe di uscita direzione AG, la rampa di entrata direzione AG, la rampa bidirezionale e la strada locale esistente. La rotatoria in questo caso presenta una forma ellittica con asse maggiore pari a 50 m.

#### 4.1.4.10 Svincolo 29+450 – Vicari Sud

Lo svincolo fa parte del tratto in adeguamento a doppia carreggiata. Pertanto è stato necessario adeguare lo svincolo per consentire il funzionamento in questa nuova configurazione.

Lo svincolo, mantiene lo stesso schema funzionale attuale ma vengono adeguati gli elementi dello svincolo, in particolare:

- le rampe monodirezionali esistenti n°5 e 6 vengono prolungate
- un tratto della SP10 di Vicari di circa 315 m (rampa 1) viene dimesso e realizzato a monte dell'attuale tracciato
- l'opera di scavalco esistente viene sostituita con un cavalcavia con campata singola avente lunghezza pari a 40 m.

La geometria dello svincolo presenta 4 rampe dirette monodirezionali: due in entrata (rampe 3 e 6) che si collegano alla rampa bidirezionale di raccordo n°4 e due in uscita (rampe 2 e 5) che si collegano alla rampa bidirezionale di raccordo n°1. L'attraversamento dell'arteria principale da parte della rampa bidirezionale n°4 avviene mediante un cavalcavia di dimensioni trasversali 10.50 ed uno sviluppo di 40.00 m. L'altezza libera della strada principale rispetto all'opera di scavalco a partire da qualsiasi punto risulta non inferiore a 5.00 m.

Le caratteristiche geometriche salienti delle componenti dello svincolo sono riassunte nella tabella A.18.

**Tabella 4.12 - Caratteristiche Svincolo Vicari Sud**

Rampa	Tipo	Lunghezza [m]	R plan min [m]	Pendenza max
1	Bidirezionale di raccordo	350.89		-0.07
2	Diretta in uscita	183.88		-0.017
3	Diretta in entrata	190.30		0.028
4	Bidirezionale di raccordo	143.18		-0.05
5	Diretta in uscita	207.15		0.01
6	Diretta in entrata	247.86		-0.05

#### 4.1.4.11 Svincolo 33+550 – Bivio Manganaro

L'attuale svincolo rappresenta un importante nodo di connessione con la viabilità in direzione Trapani e Catania.

Lo schema attuale dello svincolo, del tipo a quadrifoglio, non presenta caratteristiche soddisfacenti sia da un punto di vista funzionale che geometrico. Inoltre il raddoppio della carreggiata proposto, occupa parte della rampe di uscita ed entra direzione AG, e quindi si rende necessario un intervento sull'intera area di svincolo.

Le attuali rampe di uscita indirette dir Ag e Pa sono state sostituite da rampe di uscita dirette (rampe 2 e 3), eliminando così le corrispondenti rampe a cappio. La manovre di entrata, attualmente garantite dalle rampe a cappio, vengono esercitate da due rami diretti. Il primo (rampa 4) è

sostanzialmente il ramo esistente adeguato, il secondo (rampa 5) viene anticipato rispetto all'attuale posizione.

Per migliorare il funzionamento dello svincolo e garantire tutte le direzioni già servite dalla infrastruttura esistente, la soluzione proposta prevede l'inserimento di due rotatorie. Sulla rotatoria n°1, con diametro pari a 60 m, confluiscono quattro bracci che garantiscono il collegamento del nuovo itinerario con il tronco di proseguimento della SS121 in direzione Catania. L'altra rotatoria, presenta un diametro pari a 40 m e consente la regolazione dei flussi in entrata e in uscita dal nuovo tracciato verso la SP 84 che prosegue in direzione Trapani

Le due rotatorie sono collegate attraverso una rampa bidirezionale (rampa1), in parte coincidente con l'ingombro attuale, che attraversa l'asse principale Pa-AG in corrispondenza dell'attuale sovrappasso. L'opera esistente, non più compatibile con la soluzione plano-altimetrica proposta nel presente intervento, viene sostituita da un nuovo cavalcavia in acciaio a sezione costante, di lunghezza pari a 40 m.

Gli assi delle rampe, presentano raggio planimetrico minimo pari a 35 m. La pendenza longitudinale massima utilizzata è del 7.00% (in discesa) ed interessa la rampa 1 bidirezionale. I valori adottati sono in accordo con i valori indicati dalla normativa sulle intersezioni stradali (Decreto 19 aprile 2006) che prescrivono il valore massimo in salita del 7% e in discesa del 8%.

#### 4.1.5 Caratteristiche geometriche degli svincoli

Il dimensionamento delle caratteristiche geometriche delle intersezioni a livelli sfalsati ha riguardato i raggi planimetrici minimi delle rampe, la lunghezza e la conformazione dei tronchi di manovra e dei tronchi di accelerazione e decelerazione, le dimensioni e la composizione trasversale delle rampe a senso unico e a doppio senso.

Alcuni elementi sono stati dimensionati con criteri di tipo geometrico, altri con criteri cinematici e di traffico.

Le ipotesi poste a base dei calcoli sono state le seguenti:

- l'entrata e l'uscita dalla strada in progetto deve avvenire in parallelo ad essa rispettivamente su appositi tronchi di attesa e di manovra;
- la portata di servizio della strada principale è pari a 1000 veic/h, corrispondente ad un livello di servizio B, mentre la portata sulle rampe si ipotizza pari a 600 veic/h, corrispondente ad un livello di servizio C su una strada di tipo C;
- le corsie di uscita e di immissione avranno una larghezza di 3,75 m, mentre le corsie nelle rampe monodirezionali avranno una larghezza di 4,00 m (con banchine destra e sinistra di larghezza rispettiva 1,50 e 1,00 m) e quelle bidirezionali saranno considerate come due rampe monodirezionali affiancate;
- le velocità di progetto sulle rampe sono definite nella tabella 5.6.1 del documento a carattere pre-normativo sopra citato, in relazione al tipo di intersezione ed al tipo di rampa;
- le caratteristiche plano-altimetriche delle rampe sono fornite dalla tabella 5.6.2 del documento stesso, in funzione della velocità di progetto sulle rampe medesime;
- l'asse di tracciamento sarà corrispondente al margine destro delle rampe in corrispondenza della linea bianca.

##### 4.1.5.1 Uscita parallela

L'uscita dalla strada principale inizia con un tronco di manovra di lunghezza pari a 95 m, di cui una parte di raccordo ad andamento lineare, tra la sezione corrente e la corsia di decelerazione, avente una lunghezza pari a 60 m, e l'altra un tronco parallelo di 35 m. Segue un tronco (di decelerazione) percorso con una decelerazione di  $2m/s^2$ , in maggior parte parallelo all'asta principale, e la restante

parte a raggio variabile. La lunghezza complessiva del tronco di decelerazione è calcolata in funzione della velocità di entrata, desunta dal diagramma delle velocità nella sezione corrispondente, ed in funzione del raggio della curva circolare della rampa, ossia della velocità di percorrenza della stessa.

Le peculiarità dei siti di localizzazione delle singole intersezioni, consigliano di lasciare inalterata la possibilità di variare il raggio planimetrico minimo delle rampe in modo da adattare al meglio le stesse alla situazione della viabilità secondaria esistente e non modificabile.

##### 4.1.5.2 Uscita ad ago

L'uscita dalla strada principale non avviene in presenza di una corsia parallela di decelerazione, bensì mediante un tronco di manovra (detto "ad ago" perché rappresentato da un allargamento progressivo della corsia in destra per una lunghezza pari a 170 m con  $V_p = 120$  km/h) alla fine del quale la larghezza  $b_i$  della corsia di uscita è pari a 4,00 m. A partire da questo punto inizia il tronco di decelerazione, costituito da una curva a raggio variabile, che si dimensiona con gli stessi criteri del caso precedente. La rampa di uscita prosegue poi in curva circolare. L'uscita ad ago ha un impiego utile nelle uscite a velocità elevata e laddove problemi di spazio (dovuti principalmente alla presenza di opere d'arte quali cavalcavia esistenti o gallerie in progetto) non consentono la realizzazione della corsia di uscita parallela.

##### 4.1.5.3 Entrata parallela

L'entrata sulla strada principale è costituita da un tronco iniziale di accelerazione a raggio variabile, che ha inizio alla fine del tratto di curva circolare della rampa; segue un tratto di immissione (o attesa), parallelo e di larghezza 3,75 m, la cui lunghezza è stata dimensionata in funzione della portata di servizio sulle rampe pari a 600 veic/h. Dal nomogramma del documento a carattere pre-normativo si deduce che per una portata di servizio sull'asta principale di 1000 veic/h, la lunghezza del tratto di immissione è 125 m. Tale tratto è, infine, raccordato con la strada principale da un tronco di raccordo di 60 m come quello visto nel caso dell'uscita parallela.

Negli svincoli che interessano l'adeguamento in sede alla categoria C1, non sono state realizzate corsie specializzate di immissione, in accordo con la normativa sulle intersezioni stradali (Decreto 10 Aprile 2006).

##### 4.1.5.4 Intersezioni a raso

Le intersezioni a raso in corrispondenza delle connessioni tra la viabilità esistente e gli svincoli sulla nuova SS 121, saranno realizzate in conformità a quanto indicato dal documento a carattere pre-normativo citato inizialmente. In particolare i raggi di svolta, le aree d'ingombro dinamico, le isole direzionali, di canalizzazione e di divisione, la conformazione dei cigli ed i triangoli di visibilità, sono stati definiti secondo le indicazioni e le prescrizioni del detto documento.

Nei limiti del possibile gli innesti a raso sulla viabilità secondaria sono stati realizzati in punti che fossero sufficientemente dotati di visibilità ed in tratti di rettilineo. Peraltro, si è sempre cercato di intersecare le rampe provenienti dalla nuova SS 121 ad angolo retto con l'asse della viabilità secondaria interlacciata, così da ottimizzare le manovre di ingresso/uscita dall'intersezione ai fini della rapidità di disimpegno e quindi della maggiore sicurezza.

## 5. OPERE D'ARTE MAGGIORI: PONTI E VIADOTTI

### 5.1.1 VIADOTTI NEL TRACCIATO FUORI SEDE IN CAT. B (LOTTI 1 e 3)

Il tracciato della nuovo tratto della Palermo – Agrigento, fino alla cittadina di Lercara Friddi, prevede una notevole percentuale di percorso sviluppata in ponti e viadotti. In particolare, nella carreggiata in Direzione Palermo sono previste 11 opere per un complessivo sviluppo pari a circa il 22% del tracciato mentre nella carreggiata Direzione Agrigento sono previste 12 opere per uno sviluppo complessivo anche in questo caso del 24 %.

Le opere sono elencate nelle tabb. 15.1.1 e 15.1.2 per le due distinte carreggiate, dove viene anche riportata la collocazione sul tracciato, lo sviluppo parziale e la tipologia di opera adottata.

**Tabella 5.1 – Tabella Viadotti Carreggiata Direzione Palermo**

Opera N°	Denominazione	pK inizio	pK fine	Lunghezza	tipo
1	Lanzirotti	2.070,00	2.227,00	157,00	c.a.p. conci
2	Scaniglia	5.086,00	5.316,00	230,00	c.a.p. conci
3	Bizzolelli	5.947,00	6.283,00	336,00	Acciaio sez var
4	Giulia	6.808,00	6.984,00	176,00	Acciaio sez var
5	Braschi	8.434,00	9.321,00	887,00	c.a.p. conci
6	Recupero	9.902,00	10.935,00	1.033,00	c.a.p. conci
7	Acqua di Pioppo	Solo nella dir. Agrigento			
8	Testa Montata	13.586,00	14.002,00	416,00	Acciaio sez var
Ponte 1	Grassorelli	14.177,00	14.307,00	130,00	Acciaio sez cost
	Ficuzza	43.431,00	43.807,00	376,00	c.a.p. conci
21	Friddi	47.736,00	47.992,00	256,00	Acciaio sez var
22	Solfara	47.117,00	48.931,00	814,00	c.a.p. conci
<b>Sviluppo Complessivo Viadotti dir. PA</b>				<b>4811</b>	

**Tabella 5.2 – Tabella Viadotti Carreggiata Direzione Agrigento**

Opera N°	Denominazione	pK inizio	pK fine	Lunghezza	tipo
1	Lanzirotti	2.070,00	2.227,00	157,00	c.a.p. conci
2	Scaniglia	5.079,00	5.309,00	230,00	c.a.p. conci
3	Bizzolelli	5.940,00	6.276,00	336,00	Acciaio sez var
4	Giulia	6.801,00	6.977,00	176,00	Acciaio sez var
5	Braschi	8.423,00	9.310,00	887,00	c.a.p. conci
6	Recupero	9.835,00	10.941,00	1.106,00	c.a.p. conci
7	Acqua di Pioppo	11.770,00	12.186,00	416,00	Acciaio sez var
8	Testa Montata	13.611,00	14.027,00	416,00	Acciaio sez var
Ponte 1	Grassorelli	14.179,00	14.309,00	130,00	Acciaio sez cost
	Ficuzza	43.428,00	43.731,00	303,00	c.a.p. conci
21	Friddi	47.775,00	47.951,00	176,00	Acciaio sez var
22	Solfara	48.125,00	49.012,00	887,00	c.a.p. conci
<b>Sviluppo Complessivo Viadotti dir. AG</b>				<b>5220.00</b>	

Le tipologie di viadotto adottate sono quattro e vengono illustrate nel seguito. La loro collocazione è stata sviluppata seguendo un preciso processo di analisi della morfologia del territorio, dell'altezza della livelletta e delle interferenze possibili.

### 5.1.2 VIADOTTI NEL TRACCIATO DI ADEGUAMENTO IN SEDE (LOTTO 2)

Lo studio del tracciato nei tratti in viadotto, per tutto il lotto 2, è stato condotto cercando di seguire il più possibile l'andamento della strada esistente in modo da mantenere le opere esistenti laddove queste presentano le caratteristiche geometriche e strutturali adeguate al nuovo intervento.

### 5.1.2.1 VIADOTTI NUOVI

Nei tratti della 121 che attualmente si sviluppano in viadotto, per tutto il lotto 2b, si presenta il problema di dover inserire, per la nuova carreggiata, dei nuovi viadotti in affiancamento agli esistenti.

Con riferimento alla tab A.22, ad esclusione del viadotti Agliastro e S. Giorgio, i viadotti si trovano in corrispondenza di viadotti esistenti e presentano caratteristiche geometriche e strutturali simili. Per questi viadotti si è ritenuto opportuno scegliere la tipologia in c.a.p. a cassoncini.

I viadotti denominati Agliastro e S. Giorgio, invece sono dei nuovi viadotti, previsti sempre nel lotto di adeguamento in sede, ma riguardano dei tratti che, per ragioni di miglioramento di tracciato, si allontanano dalla sede attuale. Anche per questi viadotti, la tipologia strutturale impiegata è quella in c.a.p. a cassoncini.

**Tabella 5.3 – Tabella Viadotti LOTTO 2**

Opera N°	Denominazione	pK inizio	pK fine	Lunghezza	Tipologia	Lotto	CAT
1	Agliastro	3.782,12	4.005,04	222,92	c.a.p a cassoncini	2a	C1
2	S. Giorgio	30.812,01	31.272,58	462,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. PA	B
3	Ferruzze 1	25.940,14	26.643,06	702,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
4	S. Maria 2a	29.026,97	29.129,90	102,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
5	S. Maria 2 b	29.243,60	29.346,52	102,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
6	S. Giorgio	30.832,12	31.255,04	422,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
7	Pettine	31.674,85	31.897,77	222,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
8	Montagnola 2	32.280,74	32.543,66	262,92	c.a.p a cassoncini	2b dir. AG	B
<b>Sviluppo Complessivo Viadotti</b>				<b>2503.36 m</b>			

### 5.1.2.2 VIADOTTI DA ADEGUARE

Dalla verifica delle opere d'arte esistenti, si è constatato che la piattaforma stradale presenta dimensioni variabili da 9.50m a 10.50m con cordoli anch'essi variabili da 0.40 a 0.50 m.

La sezione tipo adottata per i viadotti in Cat. C1 (lotto 2a) presenta una sezione pari a 12 m costituita da 10.50 m di piattaforma bitumata e da due cordoli di 0.75m per lato. Tale scelta comporta l'allargamento della sede stradale fino ad un massimo di 1.50 m (1 m per la sezione bitumata e 0.50 per i cordoli). Ciò si traduce, per i viadotti, in un aumento della larghezza dell'impalcato che passa da 10.5 m a 12.0 m con incremento della luce degli sbalzi della soletta e, conseguentemente, delle sollecitazioni sulla stessa e sulle travi principali.

La sezione tipo adottata per i viadotti in Cat. B presenta una sezione pari a 11.30 m costituita da 9.80 m di piattaforma bitumata e da due cordoli di 0.75m per lato.

Dato che in questo tratto (lotto 2b) i viadotti presentano la larghezza sufficiente, non sarà necessario ricorrere all'allargamento dei viadotti ma semplicemente ad una diversa organizzazione della sede stradale che consenta di inserire i cordoli della dimensione adeguata ad installare i nuovi guard-rail (cfr. elab. P00\_PS00\_TRA\_ST12).

**Tabella 5.41 – Tabella Viadotti LOTTO 2**

Opera N°	Denominazione	pK inizio	pK fine	Lunghezza	Tipologia	Lotto	CAT
	<b>Scorciavacca 2</b>	11.110	11.695	585.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Scorciavacca 1</b>	11.903	12.107	204.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Frattina 2</b>	13.386	13.590	204.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Frattina 1</b>	14.230	14.810	580.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Frattina</b>	15.125	15.158	33.18	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Ponte esistente</b>	19.772	19.789	17.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Ponte esistente</b>	20.050	20.064	14.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>San Leonardo</b>	24.055	24.187	132.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Pecoraro 2</b>	24.643,50	24.739,50	96.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Pecoraro 1</b>	24.830	24894	64.00	travi in c.a.p	2a	C1
	<b>Ferruzze 1</b>	25.910,00	26.680,00	770.00	Travi in c.a.p.	2b dir. PA	B
	<b>Ferruzze 2</b>	25.285,90	25.383,90	98.00	Travi in c.a.p.	2b dir. PA	B
	<b>Comune</b>	27.970,00	28.934,20	64.20	Travi in c.a.p.	2b dir. PA	B
	<b>S. Maria 2</b>	28.978,00	29.368,80	390.80	Travi in c.a.p.	2b dir. AG	B
	<b>S. Maria 1</b>	29.660,00	29.956,04	296.04	Travi in c.a.p.	2b dir. AG	B
	---	31.670,00	31.910,00	240.00	Travi in c.a.p.	2b dir. AG	B
	<b>Montagnola 2</b>	32.264,00	32.528,00	264.00	Travi in c.a.p.	2b dir. AG	B
<b>Sviluppo Complessivo Viadotti</b>				<b>2123.04 m</b>			

Per ciò che riguarda l'altimetria ai viadotti più bassi, con livelletta posta a meno di 15÷20 m dal p.c., si è assegnato un viadotto di luce media che presenta una sezione trasversale più bassa rispetto a quelli di grande luce. Fra questi si è preferito un viadotto con impalcato di c.a.p. per i viadotti più lunghi e quello a sezione mista per quelli più corti o a singola campata. Tale scelta è motivata dalla necessità di ridurre gli spostamenti orizzontali dei viadotti per variazioni termiche. Per i viadotti di altezza superiore ai 15÷20 m dal p.c. si sono adottate le tipologie a grandi luce con profilo longitudinale ad arco ribassato. Anche in questo caso si è preferito il viadotto di c.a.p. per le opere più lunghe con le motivazioni già esposte.

Le situazioni geotecniche hanno in alcuni casi determinato la scelta del tipo di opera, soprattutto in presenza di condizioni di instabilità e di terreni con parametri meccanici scadenti è stato necessario utilizzare i viadotti di luce media per minimizzare le azioni concentrate trasferite al terreno dalle spalle e dalle pile.

Infine, a seguito della definizione delle interferenze del tracciato con viabilità esistente o futura da prevedere si sono dovute apportare modifiche alla tipologia scelta principalmente a causa dell'interazione delle pile e delle spalle con tale viabilità e in altri casi a causa di ridotte distanze dell'intradosso delle strutture dal piano di transito di vie secondarie.

Nel seguito si riporta una breve descrizione degli impalcati, delle pile, delle spalle, dei dispositivi di vincolo e delle fondazioni.

### 5.2.1 Impalcato a concetti coniugati di c.a.p.

Il viadotto è dal punto di vista strutturale una trave continua con profilo ad arco ribassato poggiato sulle spalle iniziale e finale e su pile intermedie. Per ciò che riguarda le lunghezze, le campate centrali sono della lunghezza di 73 m e quelle terminali di 42 m. Lo spessore della trave in corrispondenza degli appoggi è di 380 cm mentre in chiave è di 245 cm. L'arco ha dunque una freccia di 135 cm, il suo raggio è di 423,8 m e l'ampiezza angolare è di 9°.

Il viadotto è di ampio utilizzo nelle recenti opere stradali e autostradali e la metodologia di costruzione è sufficientemente consolidata.

### 5.2.2 Impalcato a sezione mista con travi di acciaio a sezione variabile

L'impalcato del viadotto è costituito da due travi continue di acciaio con soletta superiore di c.a.. Le travi hanno sezione a doppio T e altezza variabile, in maniera tale che il loro intradosso segua un profilo ad arco ribassato. Le campate centrali del viadotto hanno luce di 80 m mentre le campate terminali sono di 48 m di luce. Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi a telaio disposti ad interasse di 5 m e costituiti da due profilati a doppio T. Il profilato disposto in sommità delle travi longitudinali è del tipo IPE 750x147 mentre il profilato prossimo all'ala inferiore delle medesime travi è di tipo variabile lungo la campata.

L'anima delle travi a sezione variabile sono nervate con piatti saldati sia longitudinalmente che in altezza. In corrispondenza degli appoggi è disposto un traverso di testata costituito da una parete di acciaio a doppia nervatura con due fori centrali per il passaggio degli operatori della manutenzione.

La soletta di c.a. ha spessore 30 cm. Le travi di acciaio hanno altezza di 453 cm in appoggio e di 220 cm in chiave. L'arco ha, dunque, freccia di 233 cm, il raggio è di 306.8 m mentre l'ampiezza angolare è di 14°. Il peso proprio medio della struttura per la campata intermedia è stimabile in 15 t/m.

### 5.2.3 Impalcato a sezione mista con travi di acciaio a sezione costante

L'impalcato è costituito da tre travi continue di acciaio con sezione a doppio T ed altezza costante completato con soletta di c.a. dello spessore di 30 cm. Le travi in acciaio sono collegate trasversalmente da traversi reticolari di acciaio, disposti ad interasse di 5 m. Le anime delle travi sono nervate con due piatti longitudinali equidistanti dalle ali. Il peso proprio medio della struttura per la

## 5.2 DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI ADOTTATE

La prima fase dello studio dei ponti e dei viadotti ha riguardato il loro posizionamento lungo il tracciato. Tale fase è risultata assai onerosa per le caratteristiche altimetriche della livelletta che in molti casi corre ad un'altezza di circa 10 m dal piano campagna. Tale quota rappresenta una sorta di soglia di passaggio fra il viadotto e il rilevato, due opere che in quanto a costi e tempi realizzativi sono assai differenti. Pertanto, lo studio è consistito essenzialmente nell'ottimizzazione delle lunghezze dei viadotti tramite la parziale o integrale sostituzione con rilevati compatibilmente con le situazioni geotecniche ed idrauliche. Si è trattato dunque di un problema di ottimizzazione vincolata che è stato possibile risolvere soltanto a seguito della definizione completa dei vincoli. Infatti, a seguito del completamento degli studi geotecnici, dove sono stati individuati fenomeni di instabilità, e dopo aver completato gli studi idraulici che hanno definito i bacini di esondazione dei fiumi e dei torrenti vicini al tracciato, si è proceduto alla collocazione definitiva delle opere, si è stabilita la lunghezza complessiva e si è assegnata la tipologia.

La scelta della tipologia di viadotto ha costituito una ulteriore fase della progettazione. Sono stati individuate quattro diverse tipologie, di cui due di grande luce e due di media luce. Fra i viadotti di grande luce una tipologia utilizza una sezione composta acciaio-calcestruzzo mentre l'altra utilizza il calcestruzzo armato precompresso. Entrambi sono viadotti realizzati a concetti. Anche per i viadotti di media luce si sono scelte le tipologie a sezione mista e in calcestruzzo armato precompresso, ma la tecnologia realizzativa è di singole travi disposte sugli appoggi, successivamente assemblate in opera e completate con la soletta superiore.

L'assegnazione della tipologia di viadotto a ciascuna opera si è svolta sulla base di semplici criteri che hanno riguardato la configurazione plano-altimetrica, il rapporto dell'opera con il terreno e le altre interferenze con la viabilità presente e futura.

campata intermedia è stimabile in 15 t/m. Questo impalcato è utilizzato nella versione a singola o a tripla campata. Nella versione a singola campata la luce massima è di 50 m, nel caso di tripla campata le campate terminali sono di 40 m e quella centrale di 50 m.

Questo viadotto è anch'esso di ampio utilizzo nelle recenti progettazioni stradali.

#### 5.2.4 Impalcato a cassoncini di c.a.p..

L'impalcato è costituito da tre travi di c.a.p. prefabbricate, a sezione a C, appoggiate alle spalle e alle pile su dispositivi provvisori, accostate e successivamente rese solidali trasversalmente attraverso barre post-tese. L'impalcato viene completato con il getto della soletta superiore dello spessore di 30 cm e degli sbalzi a spessore variabile. La continuità longitudinale è realizzata, in corrispondenza delle pile, con la soletta superiore e con bielle in acciaio disposte in corrispondenza delle solette inferiori delle travi. La sezione trasversale dell'impalcato avrà una forma finale di tipo trapezoidale.

Per questa tipologia di viadotto, le campate centrali hanno luce di 38.1 m mentre le campate terminali sono di 30.5 m di luce. Il peso proprio della struttura medio è di 22 t/m.

In merito alla larghezza complessiva dell'impalcato, questa è stata ricavata sulla base delle indicazioni della normativa relative alla strada in oggetto e tenendo conto delle due seguenti circostanze:

- per tutti gli impalcati si è ritenuto di prevedere in destra la possibilità dell'inserimento delle barriere antirumore, in maniera tale da installare tali barriere anche nel corso della vita utile dell'opera qualora sorgesse un recettore sensibile nelle sue prossimità;
- la larghezza deve tenere conto degli allargamenti in sinistra per le opere in curva. A tale proposito si sono suddivise le opere in tre classi aventi allargamenti nulli, pari a 50 cm e pari a 1m.

Sulla base delle sopraccitate circostanze si sono ottenute tre larghezze B degli impalcati pari a 13.10 m, 13.60 m e 14.10 m.

**Le pile** da utilizzare con i precedenti impalcati sono di tre tipologie.

Una prima tipologia è a forma piramidale con sezione trasversale ottagonale a lati disuguali. L'ingombro in sommità è di 9 m nella direzione trasversale e di 7 m nella direzione longitudinale rispetto all'impalcato. Nel caso in cui i due impalcati corrono accostati si può immaginare di utilizzare una unica pila ottenuta dall'accoppiamento di due pile simili. Queste pile sono state progettate per l'accoppiamento con l'impalcato a conci coniugati.

La pila progettata per per l'impalcato a cassoncini è di forma molto semplice con pulvino di forma a V e fusto scatolare.

Infine, per gli impalcati con travi di acciaio è stata prevista una pila costituita da un pulvino con sagoma frontale trapezia appeso tra due pareti di forma prismatica.

In merito agli **appoggi** e alle **condizioni di vincolo** è possibile ipotizzare ovunque appoggi di tipo multidirezionale con vincoli fissi ottenuti attraverso il collegamento dell'impalcato alle pile e alle spalle con smorzatori sismici a ricentrimento automatico. Gli smorzatori saranno disposti in direzione longitudinale in corrispondenza delle spalle mentre per ogni pila sarà disposto uno smorzatore in direzione trasversale.

Le **fondazioni** saranno di tipo indiretto, con pali di grosso diametro, lì dove la struttura interagisce con i terreni incoerenti e con le argille. In presenza di rocce anche tenere sarà necessario un miglioramento dei terreni con iniezioni cementizie armate.

## 6. CAVALCAVIA

Sono state studiate le interferenze con la viabilità locale con l'obiettivo di mantenere inalterate le attuali condizioni di connessione tra la viabilità esistente a destra e a sinistra della SS 121.

In buona parte le strade intersecanti mantengono invariata la loro posizione plano-altimetrica quando l'attraversamento della strada in progetto può avvenire al di sotto dei nuovi viadotti o in corrispondenza delle gallerie.

Negli altri casi riscontrati, la ricucitura della viabilità locale è assicurata da cavalcavia e sottovia scatolari.

Nelle due tabelle sotto riportate sono elencati i manufatti previsti per la SS 121-189

Per la SS 121 Lotto 1 e 3 sono previsti 3 cavalcavia e 2 sottovia scatolari riportati nella tabella seguente mentre per il lotto 2 (adeguamento in sede) sono previsti 9 cavalcavia da realizzare, 1 sottopasso da realizzare ed uno esistente da prolungare.

**Tabella 6.1 – SS 121 : Cavalcavia e Sottovia Lotto 1 e 3b**

N°	Denominazione	pK	Lunghezza	nota
1	Cavalcavia	0+000	n°2 da 40 m	Autostrada A 19
2	Cavalcavia	4+966	25 m	RT 323 (solo carr. AG)
1	Sottovia Scatolare	8+282	55 m	Strada locale
3	Viadotto/Cavalcavia	12+138	140m (40+60+40)	nuova ss 121
2	Sottovia Scatolare	48+347.8	30 m	SS 121 SV, N°8

**Tabella 6.2 – SS 121 : Cavalcavia e Sottovia Lotto 2 e 3a**

N°	Denominazione	pK	Lunghezza	nota
1	Cavalcavia	1+539.70	25m	Collegam. complanari
2	Cavalcavia	2+638	40m	SV Tumminia
3	Cavalcavia	6+850	40m	SV Baucina
4	Cavalcavia	15+875	40m	SV Villafrati Sud
1	Sottovia Scatolare	17+730	25m	SV Campofelice
5	Cavalcavia	21+104	25 m	Collegam. complanari
6	Cavalcavia	22+983	25 m	Collegam. complanari
2	Sottovia Scatolare	27+670	34m	Da prolungare
8	Cavalcavia	28+855	40m	Collegam. complanari
9	Cavalcavia	29+450	40m	SV Vicari Sud
10	Cavalcavia	33+350	40m	SV Manganaro

I cavalcavia sono tutti con impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo e per tipologia ricadono in qualche forma nelle precedenti tipologie dei viadotti. In particolare, si hanno due tipi di cavalcavia: a tre travi e a due travi. L'impalcato a tre travi è del tipo già illustrato con i traversi reticolari. L'impalcato a due travi è con sezione trasversale simile a quella adottata per il viadotto in acciaio ad arco ribassato solo che in questo caso la sezione è mantenuta costante.

## 7. LE GALLERIE

### 7.1 Tracciato principale

Il progetto in esame, nell'ipotesi di **Alternativa A** di tracciato, è caratterizzato da 6 gallerie a doppia canna monodirezionali:

- **2 gallerie**, a doppia canna, monodirezionali di lunghezza compresa **tra 500 e 1000 m**,
- **2 gallerie** a doppia canna, monodirezionali di lunghezza compresa **tra 1000 e 2000 m**,
- **2 gallerie**, a doppia canna, sono di lunghezza **superiore a 2000 m**.

Le tabelle che seguono riportano la lista delle gallerie nella due direzioni: Palermo-Agrigento e Agrigento-Palermo, riferite all'asse delle due carreggiate.

**Tabella 7.1 – Consistenza gallerie nella direzione Agrigento**

Opera N°	denominazione	pk inizio imbocco	pk fine imbocco	lunghezza
1	Specchiale	595,00	1.625,00	1.030,00
2	Molinazzo	2.315,00	4.891,00	2.576,00
3	Don Cola	7.511,00	8.068,00	557,00
4	Balestrieri	11.182,00	11.733,00	551,00
5	Cipodduzza	12.402,00	13.527,00	1.125,00
13	Friddi	44.036,00	47.636,00	3.600,00
<b>Sviluppo Complessivo Gallerie dir. AG</b>				<b>9439.00</b>

**Tabella 7.2 – Consistenza gallerie nella direzione Palermo**

Opera N°	denominazione	pk inizio imbocco	pk fine imbocco	lunghezza
1	Specchiale	535,00	1.715,00	1.180,00
2	Molinazzo	2.315,00	4.968,00	2.653,00
3	Don Cola	7.419,00	8.079,00	660,00
4	Balestrieri	11.161,00	11.764,00	603,00
5	Cipodduzza	12.320,00	13.480,00	1.160,00
13	Friddi	44.108,00	47.649,00	3.541,00
<b>Sviluppo Complessivo Gallerie dir. Pa</b>				<b>9797.00</b>

### 7.2 Le sezioni adottate

**Sezione tipo A:** in formazioni lapidee (calcari, doloareniti e doloruditi C, radiolariti RA, quarzareniti Qz, arenarie A).

**Sezione tipo B:** in terreni a grana fina (argille, argille marnose e argilliti AS, AT, AM, FN, AC, AL).

**Sezione tipo C:** in terreni a grana medio fina (sabbie limose SL) ed in rocce lapidee debolmente cementate (conglomerati CG).

Nel seguito, con riferimento agli elaborati grafici P00GN00STRDT00 ÷ P00GN00STRDT09 si descrivono le caratteristiche strutturali di ciascuna sezione tipo.

#### Sezioni tipo A

Viene adottata nelle formazioni lapidee o comunque ben cementate e pertanto non necessita di interventi di preconsolidamento o di presostegno.

In dipendenza del grado di fatturazione dell'ammasso, possono verificarsi tuttavia fenomeni di distacco dalla calotta di porzioni limitate di roccia. Pertanto, nei casi di roccia maggiormente fratturata si prevede di porre in opera un rivestimento di prima fase costituito da centine metalliche, rete e betoncino proiettato (sez. tipo A1). Di contro, nelle condizioni migliori si effettueranno interventi di consolidamento della calotta mediante chiodature disposte radialmente, seguite dalla posa in opera di un priverivestimento costituito soltanto da rete e spritz-beton di spessore 10 cm (sez. tipo A2).

Il sistema di impermeabilizzazione del cavo sarà costituito da uno strato di geosintetico non tessuto fissato al priverivestimento e da una successiva guaina di PVC applicata e termosaldata. Su quest'ultima viene gettato direttamente il rivestimento definitivo. Questo sarà di calcestruzzo dello spessore di 70 cm per la sez. A1, mentre per la sez. A2 sarà di c.a. di spessore 80 cm nell'arco rovescio e 70 cm in calotta.

#### Sezioni tipo B

Il sistema di presostegno in calotta è costituito da un ombrello di infilaggi metallici suborizzontali lunghi 12 m, eseguiti in avanzamento a partire dal fronte di ciascun campo di scavo di circa 8 m. Gli infilaggi, con interasse minimo di 96 cm (sez. tipo B1), o di 48 cm (sez. tipo B2), sono costituiti da tubi di acciaio di diametro 114,1 mm e spessore 7,3 mm, inseriti in prefiori e valvolati per consentire la successiva iniezione con boiaccia di cemento.

Nella successiva fase di scavo del singolo campo, vengono poste in opera, ad interasse di 1 m, centine metalliche costituite da doppio profilato IPN 180. Il priverivestimento viene completato con la posa di rete metallica elettrosaldata e il getto di uno strato di calcestruzzo proiettato dello spessore medio di 20 cm.

Nel caso in cui si dovessero verificare fenomeni di rigonfiamento del fronte di scavo, si prevede di preconsolidare quest'ultimo mediante tubi di VTR lunghi 12 m, iniettati con boiaccia di cemento (sez. tipo B3).

Il sistema di impermeabilizzazione è del tutto analogo a quello della Sezione tipo A.

Per la realizzazione del rivestimento definitivo si procederà in una prima fase al getto delle murette di c.a., quindi allo scavo di ribasso ed al getto dell'arco rovescio di c.a. dello spessore di 80 cm. Successivamente sarà eseguito, mediante casseforme "a carro ponte", il rivestimento definitivo su piedritti e calotta, anch'esso di c.a. dello spessore minimo di 70 cm.

#### Sezioni tipo C

Il sistema di preconsolidamento e di presostegno in calotta è costituito da un ombrello di colonne di jet-grouting sub-orizzontali della lunghezza di 12 m, eseguito in avanzamento a partire dal fronte di ciascun campo di scavo di circa 8 m. Le colonne, con interasse minimo di 50 cm in modo da essere compenstrate, sono successivamente riperforate per l'inserimento dell'armatura costituita da tubi di acciaio  $\phi$  114,1 mm e spessore 7,3 mm, inseriti nei fori e valvolati per consentire la successiva iniezione con boiaccia di cemento (sez. tipo C1).

Nel caso in cui si dovessero verificare fenomeni di instabilità del fronte di scavo, si prevede di preconsolidare quest'ultimo mediante l'esecuzione di ulteriori colonne di jet-grouting non armate distribuite sullo stesso fronte (sez. tipo C2).

Il sistema di impermeabilizzazione ed il rivestimento definitivo sono del tutto analoghi a quelli della Sezione tipo A.

In presenza di terreni e rocce di elevata permeabilità, ovvero al passaggio tra formazioni di differente natura geologica dove è possibile ipotizzare venute d'acqua, si procederà all'esecuzione di fori drenanti in avanzamento.

### 7.3 Descrizione delle Gallerie del tracciato principale

Con riferimento ai risultati delle indagini esposti nel paragrafo 4 ed alle sezioni tipo prima definite, si descrivono nel seguito per ciascuna galleria in progetto i rapporti tra l'opera ed i terreni ed il tipo di rivestimento adottato

#### Galleria Specchiale

La lunghezza complessiva della canna direzione Palermo risulta pari a 1180 m, di cui 155 m in artificiale. La seconda canna si sviluppa per 1030 m di cui 420 m in artificiale. La copertura in calotta è compresa tra qualche m e 22 m circa.

Il tratto in naturale interessa il calcare dolomitico (C) della formazione Crisanti. Solo agli imbocchi lato Agrigento si rinvencono argille marnose scagliettate FN del Flysch Numidico, mentre sul fronte opposto sono presenti modesti spessori di *terre rosse* LR.

Sulla base delle caratteristiche meccaniche dei terreni, il tratto in galleria naturale verrà realizzato utilizzando le sezioni tipo A1, A2, B1, B3.

#### Galleria Molinazzo

La lunghezza della canna direzione Palermo risulta pari a 2653 m, di cui 215 m in artificiale. La seconda canna si sviluppa per 2576 m (145 m in artificiale). Il ricoprimento è compreso tra 8 m e 60 m circa.

La galleria naturale attraversa argille marnose scagliettate FN. Gli imbocchi lato Agrigento saranno aperti all'interno di detrito di falda (DT).

Il tratto in galleria naturale verrà realizzato utilizzando le sezioni tipo B2 e B3.

#### Galleria Don Cola

Le due canne hanno lunghezza complessiva rispettivamente pari a 660 m (direzione Palermo) e 557 m (direzione Agrigento). La copertura varia tra 5 m e 30 m circa.

La galleria sarà scavata per l'intero sviluppo all'interno delle di marne dure (FN), di conseguenza si adotteranno le sezioni di scavo tipo B1 e B2.

#### Galleria Balestrieri

La canna lato Palermo è lunga 603 m (137 m in artificiale); la seconda canna si sviluppa per 551 m, di cui 156 m in artificiale. La copertura in calotta risulta variabile da un minimo di 5 m circa ad un massimo di 45 m.

Il tratto in naturale interesserà terreni del Flysch Numidico. A partire dagli imbocchi è presente l'argilla marnosa scagliettata FN (sezione di scavo tipo B2), mentre la parte centrale della galleria interessa la quarzarenite Qz (sezione tipo A1).

#### Galleria Cipodduzza

In direzione Palermo la galleria è lunga 1160 m, di cui 107 m in artificiale, mentre in direzione Agrigento l'opera è lunga 1125 m (93 m in artificiale). La copertura in calotta è compresa tra qualche metro ed un massimo di 45 m circa.

L'opera insiste nelle argille scagliettate FN. Per valori di ricoprimento inferiori a 20 m si adotterà la sezione tipo B2, nei rimanenti casi la sezione tipo B1.

#### Galleria Friddi

La galleria Friddi, seconda tra quelle in progetto per sviluppo, ha una lunghezza complessiva di 3541 m in corrispondenza della canna direzione Palermo e di 3600 m nella canna direzione Agrigento. La copertura in calotta risulta variabile da un minimo di 6 m ad un massimo di 120 m circa.

Partendo dall'imbocco lato Palermo, la galleria naturale sarà scavata per oltre il 70 % nelle argille marnose AL, utilizzando le sezioni tipo B2 e B3. Nel tratto finale è presente la sabbia limosa SL (sezioni tipo C1 e C2).

## 8. GESTIONE MATERIE

La realizzazione della sede stradale di progetto e di tutte le opere ad essa connessa implica la gestione di volumi di materiale proveniente dagli scavi, dovuti a sbancamenti, bonifiche, fondazioni e gallerie. Parte del materiale di scavo, con caratteristiche fisiche e meccaniche corrispondenti a quelle richieste dal capitolato d'onere, può essere impiegato per rilevati e per l'approvvigionamento di inerti pregiati (cls) e non pregiati (stabilizzati, drenaggi, ecc.), mentre la restante parte di materiale non reimpiegabile rappresenta materiale da smaltire, destinato quindi alle cave di deposito. Inoltre, nel materiale da smaltire vi rientra anche il materiale reimpiegabile che risulta in eccesso rispetto ai corrispondenti fabbisogni da soddisfare.

In particolare il materiale utilizzato per i rilevati deve appartenere ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>. Possono, però, essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A<sub>2-6</sub> e A<sub>2-7</sub> e/o materiali appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> e A<sub>7</sub> previa correzione con calce e/o cemento se provenienti dagli scavi.

Invece i materiali impiegati per la bonifica devono appartenere ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> se provenienti da cave di prestito mentre possono appartenere ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub> se provenienti dagli scavi.

Data la complessità del bilanciamento di materie delle infrastrutture stradali nella loro interezza, al fine di migliorare la capacità di gestione e controllo, sia in fase di progettazione che di esecuzione, l'opera è stata suddivisa in *aree di lavoro*, non in relazione ad una priorità d'intervento, ma in funzione soltanto delle progressive di riferimento.

Per l'infrastruttura stradale in progetto sono stati individuate, e quindi proposte, tre aree di lavoro.

Le suddette aree sono di seguito elencate e schematicamente individuate in Fig. 3-1:

1. **Area di lavoro 1** (dal km 0+000 al km 14+400): parte dell'infrastruttura stradale compresa dallo svincolo Ficarazzi (incluso) alla rotonda di disconnessione tra la strada tipo B e C (inclusa) compreso lo svincolo Bolognetta.
2. **Area di lavoro 2** (dal km 0+300 al km 33+600): parte dell'infrastruttura stradale compresa dalla rotonda di disconnessione (esclusa) al Bivio Manganaro (incluso).
3. **Area di lavoro 3** (dal km 33+600 al km 34+851 e dal km 43+100 al km 50+300): parte dell'infrastruttura stradale compresa dal Bivio Manganaro (escluso) allo svincolo Lercara (incluso).

In linea generale, per quanto riguarda il materiale reimpiegabile dagli scavi nei tratti all'aperto lungo tutto il tracciato stradale di progetto, in base alle proprietà dei terreni incontrati, il 4% è destinato a soddisfare i fabbisogni dei rilevati, l'93% è riutilizzabile come materiale per ritombamenti e rinterrati e solo il 3% è

adatto a ricavare inerti pregiati per calcestruzzo (cfr **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Invece, del volume complessivo degli scavi delle gallerie l'8% è adatto per l'approvvigionamento di inerti pregiati, il 2% per quelli non pregiati, il 10% è idoneo per i rilevati e il restante 80% può essere reimpiegato per ritombamenti e rinterri (cfr. Tabella 3-3).

Come si può osservare da un esame delle Tab. 3-2 / 3-3, il materiale idoneo a ricavare inerti pregiati proviene dallo scavo della galleria Specchiata e dagli scavi in trincea della prima area di lavoro, dove si incontra la formazione calcarea Crisanti.

Quindi le esigenze di materiale da approvvigionare da cava, per la realizzazione di rilevati e per l'acquisizione di inerti pregiati e non pregiati, sono determinate al netto dei volumi riutilizzabili dagli scavi.

I volumi degli scavi stimati per i tratti all'aperto e in galleria si riferiscono al materiale in banco, mentre la stima dei fabbisogni si riferisce al materiale compattato, di conseguenza i volumi di materiale reimpiegabile dagli scavi e le eccedenze sono stati determinati, per uniformità, come materiale compattato secondo un rapporto tra volume di materiale compattato e volume di materiale in banco di 1,2. Ciò equivale a dire che un determinato volume di materiale in banco dopo lo scavo e la successiva posa in opera e compattazione subisce un incremento di volume pari al 20 %. Inoltre, si considera che lo smaltimento delle eccedenze nelle cave di deposito, e quindi il ripristino ambientale di tali aree, avvenga con lo stesso grado di costipamento adottato per la realizzazione dei rilevati.

Il volume totale di materiale in eccedenza da portare a deposito, nelle tre aree di lavoro, è costituito da terreni di natura argillosa, riutilizzabili per rinterri e ritombamenti. In particolare, nella prima area di lavoro, i terreni argillosi presenti fanno parte della formazione del "Flysch Numidico", nell'area di lavoro 2 invece, i terreni a grana fina sono costituiti in parte dalle argille della formazione del "Flysch Numidico", in parte da quelle della formazione "Terravecchia" ed in parte dalle argille della formazione "Mufara". I materiali in eccedenza della 3<sup>a</sup> area di lavoro sono in parte costituiti dalle argille della formazione "Lercara", dalle argille della formazione "Terravecchia", dalle argille marnose, marne varicolori della formazione delle "Argille Scagliose", dalle argille del "Flysch Numidico" e dalle marne e argille marnose di "San Cipirello".

Avendo suddiviso il tracciato stradale in tre aree funzionali si riportano nelle **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, 3-5 e 3-6 i volumi totali di scavo, di reimpiego, dei fabbisogni e delle eccedenze su ciascuna area di lavoro, determinate come precedentemente descritto. Inoltre nelle stesse tabelle, si riporta anche il bilanciamento dei volumi di terra nei tratti elementari omogenei per tipologia, ciò consente di evidenziare i tratti nei quali si hanno i maggiori movimenti di terra e i più elevati fabbisogni. In particolare si evince che i maggiori movimenti terra e quindi anche di eccedenze si hanno nell'area di lavoro 1.

In sintesi, la realizzazione della sede stradale nel suo complesso comporta un movimento di materie le cui aliquote vengono riportate nella seguente tabella.

	Area di lavoro 1	Area di lavoro 2	Area di lavoro 3	TOTALE
SCAVI (m <sup>3</sup> )	3.157.674	1.386.788	1.639.264	6.183.726
FABBISOGNO lordo (m <sup>3</sup> )	3.339.317	1.066.083	483.512	4.888.912
REIMPIEGATO (m <sup>3</sup> )	1.022.945	84.220	260.991	1.368.156
FABBISOGNO netto (m <sup>3</sup> )	2.316.372	981.864	222.520	3.520.756
ECCEDENZE (m <sup>3</sup> )	2.818.098	1.571.985	1.706.125	6.096.208

Tabella 3-1 – Volumi complessivi per il bilanciamento materie nelle varie aree di lavoro del progetto stradale

Dal confronto dei dati riportati nella **Tabella 2-1** e nella **Tabella 3-1** si evince che la richiesta di materiale per rilevati e per inerti da approvvigionare da cava è soddisfatta, in quanto la somma della cubatura residua del giacimento di ogni cava di prestito individuata, pari a 15.000.000 m<sup>3</sup>, è di gran lunga superiore ai fabbisogni di 3.520.756 m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i volumi in eccedenza, se le necessità temporali per il trasporto a deposito non risultano compatibili con i tempi di autorizzazione per i piani di recupero delle cave indicate, non sarà possibile fare totalmente riferimento alle capacità di deposito finali individuate in **Tabella 2-2**. In tal caso, si provvederà allo stoccaggio provvisorio dei materiali in esubero nelle aree indicate negli elaborati P00\_SG00\_GEN\_CT00\_A e P00\_SG00\_GEN\_CT01\_A.

In particolare, per l'area di lavoro 1, ripartendo le eccedenze tra le aree di deposito individuate e l'area di stoccaggio provvisoria in corrispondenza della cava Consona di Bagheria, si cerca anche di evitare forti aggravii ai flussi di traffico su strade locali a grande traffico e limitata larghezza.

Il materiale in esubero relativamente all'area di lavoro 1 è pari a 2.800.000 mc circa. In questa fase, si prevede di conferire:

- 100.000 mc di materiale al deposito di Monte Catalfano (capacità = 124.000 mc);
- 1.000.000 mc all'area di deposito della cava Valle Rena di Altofonte (capacità attuale = 2.000.000 mc);
- i rimanenti 1.700.000 mc circa all'area di stoccaggio provvisoria individuata nei terreni limitrofi alla Cava Consona di Bagheria.

La maggior parte del fabbisogno dell'area di lavoro 1 risulta soddisfatta mediante approvvigionamento dalla cava Consona (capacità di prestito = 1.000.000 mc) e da quella di Bolognetta (capacità di prestito = 2.700.000 mc).

Ipotizzando che i viaggi verso la cava per l'approvvigionamento di materiale consentano anche, nel percorso di ritorno, il trasporto a deposito, è possibile affermare che, per un periodo approssimativamente pari a tre anni (800 giorni utili) siano necessari circa 180 viaggi al giorno in andata e ritorno (sulla strada provinciale S.P. 127) che corrispondono al transito di un mezzo pesante in entrambe le direzioni ogni 3 minuti circa.

Analogamente, per quanto riguarda il trasporto per l'approvvigionamento di materiale e per il deposito presso l'area di Altofonte, si ricava che, per lo stesso periodo di riferimento, sono necessari circa 100 viaggi al giorno in andata e ritorno, ovvero un mezzo pesante ogni 5 minuti circa.

Nello stesso periodo di riferimento, per l'approvvigionamento dalla cava Casachella di Bolognetta, che si trova a modesta distanza dal tracciato di progetto, saranno necessari 130 viaggi al giorno, corrispondenti al transito di un mezzo pesante ogni 4 minuti circa.

Il volume complessivo delle eccedenze relativamente alle aree di lavoro 2 e 3 risulta pari a 3.278.110 mc circa, mentre il fabbisogno netto da cava è di 1.204.384 mc. I materiali in esubero potranno in parte essere recapitati nei siti delle cave Riena e Troccola, necessitanti di materiali inerti per il rimodellamento a seguito dell'approvvigionamento.

Alla capacità recettiva totale dello stato attuale dei siti di deposito individuati, pari a 1.000.000 mc, va aggiunto un incremento di deposito per effetto dell'approvvigionamento di materiale durante le fasi esecutive del progetto, che conduce ad una capacità di deposito finale di 2.200.000 m<sup>3</sup> circa.

Ciononostante, la capacità recettiva risulta inferiore al volume totale delle eccedenze; pertanto, in questa fase, si potrà fare riferimento alle aree di stoccaggio provvisorie individuate nei terreni limitrofi alla cava Giardinello di Trabia.

In particolare, per quanto riguarda l'**area di lavoro 2**, si considera che il fabbisogno netto da cava, pari a 981.864 mc, sia soddisfatto mediante approvvigionamento dalla cava Giardinello, raggiungibile con la S.P. 6b, che dista 25 km circa dall'area di cantiere generale.

Il volume di materiale in eccesso, pari a 1.571.985 mc, potrebbe essere depositato provvisoriamente nell'area di stoccaggio individuata nei terreni limitrofi alla cava.

In questo modo, considerando che metà dei viaggi verso l'area di stoccaggio provvisoria consenta, nel percorso di ritorno, l'approvvigionamento del materiale necessario da cava, è possibile dedurre che, sulla strada provinciale di collegamento individuata tra l'area di cantiere e la cava, si verifichi il transito di un mezzo pesante ogni 3 minuti circa in entrambe le direzioni.

Per quanto riguarda l'**area di lavoro 3**, il fabbisogno netto da cava (222.520 mc circa) potrà essere soddisfatto mediante approvvigionamento dalla cava Troccola, che dista 22 km circa dalla relativa area di cantiere generale, raggiungibile con la S.P. 123 e la S.P. 189. In questo caso il flusso di traffico in entrata risulta pari a 22 viaggi al giorno, corrispondenti al transito di un mezzo pesante ogni 21 minuti circa.

Il materiale in esubero pari a 1.706.125 mc, potrà essere recapitato, come sopra citato, nei siti delle cave Riena e Troccola. Pertanto, il flusso totale di traffico in uscita risulta pari a 171 viaggi al giorno circa. Ipotizzando di ripartire uniformemente il materiale in eccedenza tra le due aree di deposito, si ricava che, su ciascuna strada di collegamento, avvenga il transito di un mezzo pesante ogni 6 minuti circa.

## 9. INTERVENTI DI MITIGAZIONE E INSERIMENTO PAESAGGISTICO AMBIENTALE

Il progetto prevede tutte le misure di mitigazione necessarie ed idonee al contenimento degli impatti generati dall'infrastruttura. Le opere di mitigazione sono concentrate dove il livello degli impatti previsti sul sistema antropico e sull'ambiente naturale registrerà valori più elevati.

Per il contenimento delle ripercussioni ambientali del progetto in esame sono state previste le seguenti tipologie di intervento:

- Opere a verde e di inserimento paesaggistico
- Interventi antirumore
- Opere di presidio idraulico e di difesa degli acquiferi

L'integrazione con il paesaggio circostante viene attuata mediante opere a verde, quinte vegetali di mascheramento, rimodellamenti morfologici, che hanno l'ulteriore intento di potenziare la macchia mediterranea, unica espressione rimasta delle aree naturali. Tali interventi oltre alla funzione di qualificare un paesaggio in molti tratti attualmente degradato e monotematico, determinando una condizione di qualità percettiva per gli utenti della strada e per la collettività interessata dall'opera, sono funzionali anche alla qualità dell'atmosfera in termini di rumore e di inquinamento.

Per quanto attiene gli interventi di mitigazione acustica questi risultano concentrati lungo i lotti I e III che si sviluppano in variante rispetto alla sede esistente; anche le opere di trattamento delle acque di prima pioggia e dei liquidi accidentalmente sversati sulla pavimentazione stradale sono state, sulla base di valutazioni inerenti la vulnerabilità dei sistemi ambientali presenti ed il rischio di incidenti ed in relazione alle caratteristiche dell'infrastruttura, ubicate in corrispondenza dei suddetti lotti.

Per la definizione e caratterizzazione degli interventi antirumore e di presidio idraulico si rimanda agli appositi capitoli componenti rumore ed ambiente idrico, contenuti nel Quadro di Riferimento Ambientale.

### 9.1 Definizione degli interventi

Considerate le caratteristiche di non particolare pregio del territorio in esame, si sono volute estendere il più possibile le aree da impiantare così da accrescere la copertura vegetale attuale, interessando tutta l'area espropriata, per compensare la mancanza di boschi e macchia dovuta all'azione antropica che ha reso il territorio piuttosto spoglio, tendendo più allo sfruttamento agricolo intensivo piuttosto che ad una copertura vegetale naturale.

L'obiettivo degli interventi mitigatori è quello di accorciare i tempi di risposta degli ecosistemi coinvolti. Nel caso specifico l'intervento ha il duplice vantaggio di rappresentare una esternalità positiva anche nella percezione del paesaggio.

Le porzioni di territorio coinvolto saranno oggetto di reimpianti volti ad assecondare la vocazione della vegetazione potenziale che dovrebbe coincidere, in un perfetto equilibrio, con quella reale.

La scelta ed il numero delle specie da impiantare rientrano quindi in questa precisa volontà.

L'approccio seguito è a carattere naturalistico, svolgendo varie funzioni come:

- la ricucitura con le formazioni vegetali di tipo naturale esistente, anche se in nessun caso adiacenti all'infrastruttura, e la riqualificazione ecologico-funzionale delle aree di intervento;
- l'arredo verde in corrispondenza delle aree intercluse, rotatorie e svincoli;
- l'inserimento ambientale dell'opera mediante la costituzione di quinte verdi con funzione di schermo, filtro e mascheramento percettivo.

I criteri seguiti per la scelta delle essenze avendo seguito l'approccio naturalistico, sono fondati sul considerare il tipo e gli stadi seriali delle formazioni presenti al contorno individuando in tal modo le specie maggiormente idonee all'impianto. I fattori che hanno determinato la scelta delle specie vegetali da utilizzare per gli interventi di mitigazione ambientale possono essere così sintetizzati:

- fattori ecologici: le specie prescelte sono state individuate tra quelle autoctone, sia per motivi ecologici (dinamismo vegetazionale) che per capacità di attecchimento.
- criteri ecosistemici: si è tenuto conto della potenzialità delle specie vegetali nel determinare l'arricchimento della complessità biologica, anche al fine di incrementare la disponibilità di rifugio e di fonti alimentari per l'avifauna e la fauna terrestre.
- fattori logistici: si è tenuto conto della reperibilità sul mercato del materiale vivaistico.
- criteri agronomici ed economici: in generale gli interventi sono calibrati in modo da contenere gli interventi e le spese di manutenzione (potature, sfalci, irrigazione, concimazione, diserbo).
- criteri di sicurezza stradale.

Le specie suggerite sono quindi:

- *Arundo pliniana*
- *Ceratonia siliqua*
- *Chamaerops humilis*
- *Euphorbia dendroides*
- *Hedera helix*
- *Jumiperus macrocarpa*
- *Laurus nobilis*
- *Myoporum tenuifolium*
- *Myrtus communis*
- *Nerium oleander*

- *Olea europaea var. sylvestris*
- *Pistacia lentiscus*
- *Pistacia terebinthus*
- *Phragmites australis*
- *Phillyrea latifolia*
- *Populus nigra*
- *Quercus cerris*
- *Quercus pubescens*
- *Quercus ilex**Rhamnus alaternus*
- *Salix caprea*
- *Salix purpurea*
- *Spartium junceum*
- *Tamerix africana*
- *Tamerix canariensis*
- *Ulmus minor*
- *Viburnum tinus*

La metodologia che ha portato alla definizione degli interventi a verde analizza i seguenti principali aspetti: la finalità e la funzione svolta di “mitigare” le criticità indotte dal tracciato di progetto; ottimizzare l’inserimento del progetto nel contesto di intervento.

Entrando più in dettaglio, le misure di mitigazione sono tese a perseguire l’eliminazione/contenimento delle potenziali interferenze rilevate nel corso delle analisi, al fine di perseguire nuove strategie di organizzazione e strutturazione ambientale e paesistica. Gli interventi di ottimizzazione svolgono la funzione di integrare l’infrastruttura di progetto e gli interventi di mitigazione definiti all’interno del contesto di intervento. Tali interventi infatti riguardano aree anche non direttamente interessate dalle opere, che manifestano potenzialità e vocazioni di riqualificazione.

Le scelte progettuali effettuate in merito agli interventi di mitigazione previsti sono state così classificate:

- filtro verde a filare;
- filtro verde a siepe;
- filtro verde a macchia;
- rimodellamento morfologico
- riqualificazione aree imbocchi e ritombamenti gallerie
- riqualificazione aree sotto viadotti in corrispondenza alvei con vegetazione idro-igrofitica
- riqualificazione aree sotto viadotti con macchia arbustiva

In generale il criterio adottato è quello che prevede sotto i viadotti e nei rilevati o trincee più ampi la piantagione di macchia (*Oleo-Ceratonion*, *Oleo Lentiscetum*) con le rispettive specie *Ceratonia siliqua*, *Olea europaea var. sylvestris*, *Pistacia lentiscus*. Nelle parti più ampie di terreno, sopra i ritombamenti

delle gallerie, nelle zone limitrofe agli svincoli la piantagione di formazioni forestali miste con dominanza di leccio e di roverella, *Quercus ilex*, *Quercus pubescens*.

Alla base di tutti i muri di sottoscarpa e capostrada, ai piedi delle spalle dei viadotti ed attorno alle pile dei viadotti, nei portali d’imbocco delle gallerie, è prevista l’edera che ben si accosta al rivestimento di pietra locale.

I cespugli di ginestra, lentisco, viburno, oleandro, mirto, alterno ecc. sono da preferire nelle parti più ristrette (aree di pertinenza degli svincoli, trincee o rilevati più modesti) e in ogni caso un po’ dappertutto sotto gli impianti arborei in modo da creare la fascia bassa della macchia, sempre ed anche con funzione di filtro e disposizione variabile (filare, siepe e macchia).

#### 9.1.1 Riqualificazione aree sotto i viadotti in corrispondenza di alvei con vegetazione idro – igrofitica

Un’attenzione particolare si è prestata attorno alle pile dei viadotti che interessano, se pur non direttamente, gli alvei delle fiumare attraversate; in particolare sotto le pile dei viadotti Testa Montata, Ponte Grassorelli, Scorciavacca 2, Frattina, Ficuzza, gli interventi comprendono la piantagione delle specie erbacee, arbustive ed arboree che caratterizzano il popolamento vegetale autoctono delle fiumare. Si provvederà così a migliorare lo status della vegetazione ripariale naturale che attualmente è quasi inesistente. Le specie idro - igrofite suggerite sono:

- *Arundo pliniana* (cannuccia)
- *Nerium oleander* (oleandro)
- *Phragmites australis* (cannuccia di palude)
- *Populus nigra* (pioppo nero)
- *Salix caprea* (salicone)
- *Salix purpurea*
- *Tamerix africana*
- *Tamerix canariensis*
- *Ulmus minor* (olmo)

#### 9.1.2 Riqualificazione aree sotto viadotti con macchia arbustiva

Sotto tutti i viadotti non interessati dal passaggio dei fiumi e dei torrenti si prevede la piantagione di macchia (*Oleo-Ceratonion*, *Oleo Lentiscetum*) con le rispettive specie *Ceratonia siliqua*, *Olea europaea var. sylvestris*, *Pistacia lentiscus*. Attorno alle pile e alle spalle (quest’ultime generalmente rivestite di pietra locale), la sistemazione d’esemplari di *Hedera helix*. Man mano che l’altezza dei viadotti diminuisce, si planteranno i cespugli di alloro, mioporo, alterno lentisco e palma nana in ogni caso sempre frammisti agli impianti arborei, in modo da creare una fascia bassa di macchia, previo apporto di terreno vegetale ed idrosemina.

La riqualificazione ecologico-funzionale delle aree di intervento tende così ad incrementare le formazioni vegetali di tipo naturale ed integrare l’infrastruttura di progetto, seguendo un approccio naturalistico.

Le specie suggerite sono quindi:

- *Ceratonia siliqua*
- *Chamaerops humilis*
- *Euphorbia dendroides*

- *Hedera helix*
- *Jumiperus macrocarpa*
- *Laurus nobilis*
- *Myoporum tenuifolium*
- *Olea europaea var. sylvestris*
- *Phillyrea latifolia*
- *Pistacia lentiscus*
- *Pistacia terebinthus*
- *Rhamnus alaternus*

### 9.1.3 Riqualificazione aree imbocco e ritombamento gallerie

Gli imbocchi delle gallerie si inseriscono sempre nell'unica unità paesaggistica che caratterizza il sito costituita dai paesaggi agricoli con dominanza di vegetazione sinantropica (coltivi saturi di vegetazione infestante) caratteristica prevalente lungo tutto il tracciato. Non si riscontrano pertanto contesti paesaggisticamente dissimili o fortemente caratterizzanti un certo tipo di vegetazione. Poiché le colture in genere sono molto frazionate, si è ritenuto inutile rimandarsi alla condizione limitrofa; si è invece scelto il criterio progettuale opposto che predilige la scelta di specie naturali in contrapposizione ai paesaggi antropizzati attigui per poter arricchire la flora naturale, perseguendo al contempo la definizione di un nuovo spazio che, non occultando il manufatto stradale, caratterizzi il contesto attraversato. Gli interventi di compensazione e mitigazione sono misure finalizzate alla possibilità di cogliere il potenziale di riqualificazione ambientale insito in ogni intervento di modificazione umana del territorio, che oltre ad essere subordinato al massimo rispetto dell'ambiente, deve tendere alla determinazione degli effetti di recupero e valorizzazione delle risorse ambientali e culturali. La scelta si è orientata verso le specie autoctone, insediatesi spontaneamente nel territorio in esame, che maggiormente si adattano alle condizioni pedoclimatiche della zona e, grazie alla maggiore capacità di attecchimento, assicurano una più facile riuscita dell'intervento. Esse inoltre risultano più resistenti verso gli attacchi esterni (gelate improvvise, siccità, parassitosi) e necessitano in generale di una minore manutenzione consentendo di ridurre al minimo, in fase di impianto, l'utilizzo di concimi chimici, fertilizzanti od antiparassitari.

Tutti i portali delle gallerie sono progettati a "becco di flauto" e rivestiti di pietra locale anche per evitare più tipologie disparate interpretando come unico il nastro stradale, con proprie peculiarità ben determinate. Gli interventi di mitigazione quindi si replicano per tutti gli imbocchi: alla base dei coronamenti si è prevista l'edera, sopra i ritombamenti delle gallerie, con materiale di scavo rimodellando morfologicamente il terreno per ripristinare un profilo quasi naturale, la piantagione di formazioni forestali miste con dominanza di leccio e di roverella, *Quercus ilex*, *Quercus pubescens*, insieme ai cespugli di mirto, ginestra, viburno, limitrofi agli impianti arborei nelle parti più ristrette o con maggiore pendenza, in modo da creare una fascia bassa di macchia, previo apporto di terreno vegetale ed idrosemina.

Le specie suggerite sono quindi:

- *Hedera helix*
- *Myrtus communis*
- *Quercus cerris*
- *Quercus pubescens*
- *Quercus ilex*
- *Rhamnus alaternus*

- *Viburnum tinus*

### 9.1.4 Rimodellamento morfologico

Oltre al rimodellamento volto a ricostituire un adeguato profilo morfologico il più naturale possibile, tale da ricucire (ad esempio nei ritombamenti delle gallerie) il profilo originario del terreno, sono stati inseriti, ove possibile, anche degli elementi di rimodellamento, piccole colline, profilate con opportuna pendenza, volte a definire un nuovo spazio che, non occultando il manufatto stradale, caratterizzi il contesto attraversato. Queste colline artificiali hanno anche la funzione di reimpiego in loco di materiale non pregiato abbattendo in tal modo i costi del trasporto a discarica. Generalmente sono ubicate nella fascia compresa fra le due carreggiate nei tratti in cui queste sono distanziate fra loro, ed anche ai lati delle carreggiate quando il terreno adiacente è quasi allo stesso livello dell'infrastruttura, o ancora nelle aree di pertinenza degli svincoli con maggiore estensione. E' comunque una precisa scelta progettuale paesaggistica al fine di marcare l'andamento collinare che qualifica tutto il corridoio preso in esame, per l'inserimento ambientale dell'opera mediante la costituzione di quinte verdi con funzione di schermo, filtro e mascheramento percettivo.

### 9.1.5 Opere di presidio idraulico

Sulla base di valutazioni inerenti la vulnerabilità dei sistemi ambientali presenti ed il rischio di incidenti, ed in relazione alle caratteristiche dell'infrastruttura, si è pervenuti alla definizione di un sistema di controllo, smaltimento e trattamento delle "acque di prima pioggia" e dei liquidi accidentalmente sversati sulla pavimentazione stradale a seguito di possibili incidenti ad autocisterne contenenti idrocarburi e liquidi infiammabili.

L'inserimento, lungo il tracciato stradale, di tali vasche permetterà di disporre delle capacità necessarie allo stoccaggio degli oli e degli idrocarburi eventualmente sversati, che dovranno poi essere rimossi meccanicamente da operatori addetti alla manutenzione e trasportati ad impianti specifici di trattamento e depurazione.

Per le acque di pioggia, invece, le vasche sono state progettate con l'obiettivo di immagazzinare temporaneamente le acque ricadenti sulla pavimentazione stradale, nei tratti di afferenza delle vasche stesse (circa 1,50 km per i tratti con sezione stradale di tipo B e circa 3 km per i tratti con sezione di tipo C1), favorendo la separazione tra oli ed acqua, e restituendo infine le acque depurate nei ricettori idonei presenti nei territori attraversati dall'infrastruttura in progetto. Gli oli e gli idrocarburi, separati dalle acque all'interno delle vasche, dovranno essere trasportati successivamente agli impianti di trattamento secondo le modalità sopra richiamate.

### 9.1.6 Interventi antirumore

L'impatto acustico prodotto dall'arteria stradale in progetto non è sempre trascurabile e pertanto sono stati introdotti degli interventi di mitigazione. In particolare si riscontra che i limiti non vengono rispettati principalmente nel primo e terzo lotto dell'opera a causa dei più restrittivi livelli di rumore ammessi per strade di nuova costruzione. A seguito della scelta degli interventi di mitigazione è stata effettuata una successiva simulazione che evidenziava il rispetto dei limiti di legge in corrispondenza dei ricettori significativi e sensibili. In ogni caso, soprattutto nei primi anni di entrata in esercizio del progetto in esame, dovrà essere predisposta una rete di monitoraggio per evidenziare la coerenza dei dati forniti dalla simulazione con quelli reali. Si ricorda che i dati di traffico introdotti nel modello di simulazione sono cautelativi.

Lotto	Ubicazione	Direzione	Progressiva		Tipo di barriera	Lungh. (m)	Altezza (m)	Area (m <sup>2</sup> )
			da	a				
I	Viadotto Braschi	Palermo	9+321	8+434	fonoassorbente	887	3	2661
I	Viadotto Acqua di Pioppo	Agrigento	11+950	11+770	traslucido	180	3	540
I	Viadotto Testa Montata	Agrigento	13+611	14+027	traslucido	416	3	1248
I		Palermo	14+002	13+586	traslucido	416	3	1248
I	Ponte Grassorelli	Palermo	14+307	14+177	traslucido	130	3	390

Lotto	Ubicazione	Direzione	Progressiva		Tipo di barriera	Lungh. (m)	Altezza (m)	Area (m <sup>2</sup> )
			da	a				
I		Agrigento	14+191	14+321	translucido	130	3	390
I	Viadotto Pianazzo -1	Agrigento	14+408	14+711	translucido	303	3	909
I	Viadotto Pianazzo -1	Palermo	14+711	14+408	translucido	846	3	2538
III	Viadotto Friddi	Palermo	47+950	47+743	translucido	207	3	768
III	Viadotto Solfara	Palermo	48+942	48+400	translucido	542	3	330
III			48+250	48+126	translucido	124	5	1074

## 10. IMPIANTI TECNOLOGICI

### 10.1 Impianti di sicurezza in galleria

Di seguito vengono descritti sinteticamente gli impianti tecnologici previsti nel progetto preliminare del collegamento stradale Palermo-Agrigento nel tratto sino a Lercara (gallerie monodirezionali) e dell'ammodernamento della SS 118 nel tratto Bolognetta sino a dopo l'abitato di Marineo (gallerie bidirezionali).

Nella progettazione si sono adottati principi che avessero come obiettivo:

- La sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- La semplicità ed economia di manutenzione
- La scelta di apparecchiature improntata a criteri di uniformità, elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- Il risparmio energetico
- L'affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio
- La cura dei vincoli ambientali e paesaggistici, in modo da non interferire negativamente con il contesto ambientale circostante

Gli impianti saranno definiti in funzione dei dati iniziali di progetto (direzione, velocità e volume del traffico, lunghezza dei forni delle gallerie, ecc...), e saranno comunque conformi alle seguenti disposizioni legislative e normative:

- Prescrizioni applicabili contenute nelle disposizioni legislative specifiche per la materia
- Prescrizioni applicabili contenute nelle Circolari Ministeriali specifiche per la materia
- Prescrizioni delle Norme UNI e CEI
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ANAS
- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco, degli Enti preposti a vigilare sulla sicurezza e delle Autorità locali
- Raccomandazioni CIE
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ENEL e TELECOM
- Raccomandazioni della Commissione Europea Direzione Generale per l'Energia e i Trasporti
- Raccomandazioni PIARC (Permanent International Associations of Road Congress)

Nello specifico, per quanto riguarda le gallerie gli impianti tecnologici previsti gallerie si possono così suddividere:

- Alimentazione e distribuzione elettrica in MT e BT
- Impianti di illuminazione ed adeguamento pareti
- Impianto di ventilazione e controllo fumi
- Percorsi di emergenza
- Impianto idrico antincendio
- Impianti speciali di sicurezza, comunicazione e controllo

Per i dettagli riguardo ai punti di cui sopra si rimanda alla relazione Impianti tuttavia l'approccio che si è adottato nel progetto è stato quello di determinare, in funzione dei suddetti parametri di scelta, gli elementi strutturali specifici, con la relativa impiantistica, quali le vie di fuga, l'accesso per i mezzi servizio, le piazzole di sosta ed il drenaggio dei liquidi e gli impianti caratteristici delle gallerie quale l'illuminazione, la ventilazione, le stazioni di emergenza, l'erogazione idrica e la segnaletica.

Si ritiene, inoltre, che possa assumere un ruolo importante per la sicurezza, tenuto conto del numero elevato di gallerie e della loro tipologia, un'apposita centrale di controllo sulla quale fare convergere le informazioni acquisite dagli impianti di rilevamento e monitoraggio ed attraverso la quale comandare i dispositivi di sicurezza.

Il dimensionamento delle strutture sarà effettuato in modo tale da garantire una resistenza al fuoco per due ore con un incendio di progetto per le strutture di 100 MW (valore da confermare).

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione sarà effettuato assumendo un incendio di progetto di 30 MW con una produzione di 80 mc/s di fumi.

Le vie di fuga saranno realizzate mediante collegamenti pedonali posti ogni 300 m atti a porre in comunicazione le due canne della galleria.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 1000 m i collegamenti pedonali, saranno dotati di una porta tagliafuoco di tipo REI 120, di larghezza pari a due moduli, con doppia anta per complessivi 1,20 m x 2,10 m, posta a metà del collegamento (vedi schema funzionale).

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m, nelle quali è previsto un impianto di ventilazione meccanica, i collegamenti pedonali saranno compartimentati mediante due porte tagliafuoco REI 120, di larghezza pari a due moduli, con doppia anta per complessivi 1,20 m x 2,10 m, poste ad una distanza di almeno 2,00 m dal bordo della carreggiata (vedi schema funzionale).

Lo spazio tra le porte tagliafuoco e la carreggiata sarà protetto dal profilo ridirettivo opportunamente sagomato per permettere il passaggio a piedi ed al contempo garantire la continuità della protezione.

Il collegamento pedonale sarà posto in sovrappressione mediante un sistema locale di ventilazione che estrae aria dalla galleria non interessata dall'evento incidentale che viene considerata sicura.

Il sistema di ventilazione sarà atto ad assicurare una sovrappressione di almeno 40 Pa ed una velocità dell'aria in uscita, quanto la porta tagliafuoco è aperta, pari a 3 m/s.

Gli impianti elettrici di potenza a servizio delle gallerie sono stati concepiti in accordo alle seguenti ipotesi di base:

L'alimentazione ordinaria dell'impianto sarà derivata dalla rete MT o BT dell'ente fornitore (ENEL) in corrispondenza di una cabina.

Tuttavia Per le gallerie aventi lunghezza superiore a 500m si prevede la realizzazione di un sistema di alimentazione di emergenza costituito da gruppo/i elettrogeno/i in grado di alimentare contemporaneamente tutte le utenze elettriche di galleria in caso di black out della rete del distributore.

Per le gallerie dotate di ventilazione di tipo trasversale, viste le potenze considerevoli installate, si prevede di realizzare un sistema di emergenza in grado di alimentare gli impianti di ventilazione necessari per gestire il caso di incendio in un punto all'interno della galleria e di far funzionare, in condizioni ordinarie, tutti gli impianti di ventilazione a regime ridotto (ad esempio al 50%). Resta inteso che anche per queste gallerie il sistema di emergenza sarà comunque idoneo ad alimentare, sia in condizioni ordinarie sia in caso di incendio, anche tutte le rimanenti utenze previste (illuminazione, impianti speciali di sicurezza, ecc...). Ciascun gruppo sarà dotato di serbatoio a bordo (capienza 120 litri) e di un serbatoio giornaliero interrato.

Per le gallerie aventi lunghezza superiore a 3000m si prevede la realizzazione di un'unica stazione di emergenza in corrispondenza di una delle due cabine agli imbocchi (dove viene realizzata la consegna da parte dell'Ente distributore) e si distribuirà la rete di emergenza utilizzando lo stesso anello in MT impiegato per l'alimentazione ordinaria. Inoltre per ciascuna galleria si prevede un

sistema di alimentazione in continuità assoluta costituito da gruppo/i statico/i (UPS) con autonomia pari a circa 60 min (ovvero 10 min se è presente il gruppo elettrogeno). Il sistema garantirà l'alimentazione contemporanea in caso di "black-out", in attesa dell'entrata in funzione dell'eventuale gruppo elettrogeno, degli impianti speciali di sicurezza, della segnaletica luminosa, di metà dei circuiti dell'illuminazione permanente e di un terzo dell'illuminazione di rinforzo (la riaccensione delle lampade a scarica anche a seguito di brevi interruzioni dell'alimentazione richiederebbe infatti 4-5 min).

## 10.2 Impianti di lunga tratta

Lungo la tratta oggetto del presente lavoro si prevedono i seguenti impianti/apparecchiature:

- Impianto controllo ambientale
- Impianto SOS (predisposizione)
- Impianto TVCC (predisposizione)
- Pannelli a messaggio variabile (PMV)

Predisposizione delle condutture per impianti in bassa tensione (BT), media tensione (MT) e a servizio degli impianti di telecomunicazione

### 10.2.1 Impianti controllo Ambientale

Il progetto prevede l'installazione di centraline di controllo dei parametri ambientali atte a rilevare la velocità del vento, la presenza di nebbia, neve o pioggia.

L'informazione che si ottiene tramite questi dispositivi consente di verificare eventuali condizioni di pericolo che verranno date ai viaggiatori tramite i Pannelli a Messaggio Variabile, nella tratta immediatamente precedente quella in cui è stata rilevata la situazione di pericolo.

Per il rilevamento della velocità del vento in itinere si prevede l'utilizzo di anemometri a coppe installati su palo in corrispondenza dei viadotti più significativi, in versione riscaldata con scaldiglie, basati su tecnologia a microprocessore. Per il rilevamento delle condizioni atmosferiche si prevede l'utilizzo di centraline di controllo meteorologiche, da installare su palo ad una altezza di 2-2.5 m. Tale sistema è in grado di determinare la presenza di nebbia, pioggia e neve, con la possibilità di distinzione tra alta o bassa precipitazione per queste ultime.

Tutti questi dispositivi saranno interfacciati al sistema di controllo (PLC) della galleria più vicina al loro punto di installazione.

### 10.2.2 Impianto S.O.S.

Il progetto prevede la sola predisposizione dei cavidotti e pozzetti per un sistema di chiamata di emergenza SOS, sistema che si baserà sul fondamento che esso sarà dedicato alla sicurezza degli utenti della strada e pertanto dovrà essere caratterizzato da un'elevata affidabilità a fronte di interventi minimi di manutenzione e dovrà essere basato sull'impiego di supporti di trasmissione fisici indipendenti, sicuri ed affidabili.

L'impianto SOS lungo la tratta stradale sarà analogo a quello all'interno delle stesse gallerie, a differenza che non saranno installati gli armadi SOS, bensì delle colonnine SOS in vetroresina con una interdistanza di 1500-2000 m.

Le predisposizioni riguarderanno cavidotti e pozzetti per:

- Colonnine SOS in itinere con interdistanza 1500-2000m
- Dorsale di comunicazione/alimentazione

Per quanto concerne la funzionalità del sistema SOS si rinvia al relativo paragrafo riferito alle gallerie.

### 10.2.3 Impianto TVCC

Il progetto prevede la predisposizione dei cavidotti e pozzetti per la futura realizzazione di un impianto TVCC per la video sorveglianza delle postazioni SOS collocate in itinere.

Le predisposizioni riguarderanno cavidotti e pozzetti per garantire la gestione di:

- Telecamere brandeggiabili a colori installate delle postazioni SOS in itinere (ogni 1500-2000m circa) complete di alimentatore ed unità di conversione analogico/ottico
- Cavi di connessione al nodo TVCC più vicino (cavo coassiale, in fibra ottica e/o con cavo in rame schermato e twistato)

Per quanto concerne la funzionalità dell'impianto TVCC si rinvia al relativo paragrafo riferito alle gallerie.

### 10.2.4 Pannelli a Messaggio variabile

Il progetto prevede la fornitura e la posa in opera di un sistema a pannelli a messaggio variabile (PMV) a servizio della tratta stradale prima delle gallerie dotate di ventilazione, ad una distanza di almeno 150 m dagli imbocchi e comunque non inferiore allo spazio di arresto di un veicolo in corsa. Il sistema ha lo scopo di informare l'utenza in transito sulla tratta stradale circa le eventuali condizioni di turbativa alla fluidità del traffico onde poter pianificare il proprio viaggio.

I PMV saranno rispondenti in particolare a tutto quanto è riportato nella norma CEI214-2/1 e CEI 214-2/2.

I pannelli a messaggio variabile a servizio della tratta stradale possono essere di tipo "A" e/o "B" già descritti con riferimento agli impianti di svincolo.

I pannelli a messaggio variabile, sulla carreggiata stradale e/o in prossimità delle gallerie, informano il viaggiatore su:

- Condizioni della viabilità nel tratto seguente
- Condizioni nella prossima galleria
- Eventuali incidenti nel tratto seguente
- Vento forte, nebbia, pioggia o neve nel tratto seguente

In base alle informazioni ricevute il viaggiatore può, per esempio, regolare la velocità del proprio mezzo o fermarsi su una piazzola in attesa di condizioni migliori

### 10.2.5 Conduiture lungo la tratta

Le condutture lungo la tratta stradale necessarie per l'alimentazione degli impianti in itinere saranno realizzate con tubi in polietilene (PE) di tipo corrugato a doppia parete. I cavidotti saranno collocati entro scavo ad almeno 1.00 m di profondità e negli attraversamenti stradali, previsti circa ogni 2000 m in corrispondenza delle piazzole SOS, saranno annegati in getto di cls dello spessore minimo di 10 cm. Essi avranno diametro interno almeno pari ad 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti.

Il progetto prevede n.2 cavidotti separati, collocati sulle due carreggiate, per gli impianti elettrici di potenza (Energia) e per gli impianti speciali (Telecomunicazione).

Si prevedono, in accordo alle prescrizioni ANAS, i seguenti cavidotti:

- *Sezione Telecomunicazioni (T): n.3 tribubi (2 per gestori reti telecomunicazioni e 1 per ANAS) e 1 tubo in PE a doppia parete di diametro almeno 160 mm (per ANAS).*
- *Sezione Energia (E): n.3 tubi in PE a doppia parete di diametro almeno 160 mm (2 per impianti del Gestore Distribuzione Elettrica MT/BT e 1 per ANAS).*

Circa ogni 50 m e comunque in corrispondenza di ogni cambio direzione, inizio e/o fine di viadotti e/o apparecchiatura terminale da servire (colonnina SOS, PMV, ecc...), verranno realizzati dei pozzetti rompitratta onde facilitare la posa delle linee elettriche e speciali.

Ogni 1000m e comunque in corrispondenza di ogni inizio e/o fine di viadotti e/o di apparecchiatura da servire (colonnina SOS, PMV, ecc...), verranno realizzati dei pozzetti di derivazione onde facilitare l'alimentazione terminale delle apparecchiature in itinere.

In entrambi i casi (rompitratta e derivazione) trattasi di pozzetti in c.a.v. prefabbricati delle dimensioni interne nette adeguate al numero dei cavidotti che ad essi fanno capo e dotati di chiusini in ghisa pesante. Anche per i pozzetti si manterrà la medesima distinzione proposta per i cavidotti (Energia ed impianti di Telecomunicazione)

### 10.3 Impianti negli Svincoli

In corrispondenza degli svincoli si prevedono i seguenti impianti:

- Impianti elettrici di potenza
- Impianto di illuminazione
- Impianto TVCC (predisposizione)

Pannelli a messaggio variabile (PMV)

#### 10.3.1 Impianti Elettrici di Potenza

Di seguito per impianti elettrici di potenza si intendono gli impianti di alimentazione (quadri elettrici ed apparecchiature varie) ed i sistemi di distribuzione (cavidotti) a servizio degli impianti di svincolo.

Gli impianti elettrici di potenza a servizio dello svincolo si possono così riassumere:

- La cabina di alimentazione degli impianti di svincolo sarà posizionata nell'ambito della sua area di competenza e prevedrà la presenza di tre locali, uno dedicato ad impianti ed apparecchiature dell'Ente fornitore, uno dedicato ai quadri ed apparecchiature BT ed una sala controllo/magazzino, aventi superficie complessiva pari a circa 20m<sup>2</sup>
- L'intero impianto a servizio dello svincolo (impianto di illuminazione ed impianti speciali) sarà alimentato da un unico quadro generale (Q\_BT) collocato entro il manufatto dedicato sopra descritto. Tale quadro sarà allacciato direttamente alla rete di bassa tensione dell'ENEL, in quanto la modesta potenza totale richiesta non giustifica la necessità di una trasformazione dalla media tensione. Dal quadro saranno derivate le linee di alimentazione dei vari circuiti, protetti ciascuno da un interruttore automatico magnetotermico differenziale. Dal quadro saranno alimentati anche tutti i servizi ausiliari di cabina (impianti luce, FM, estrattori per ventilazione, ausiliari quadri elettrici,...)
- L'accensione e lo spegnimento di ciascun impianto saranno comandati da un sistema regolabile a fotocellula; la regolazione della luminosità dell'impianto sarà effettuata con programmazione oraria/settimanale attraverso l'impiego di regolatore di potenza installato entro il manufatto sopra menzionato
- Si prevede altresì l'installazione di un gruppo di continuità assoluta avente potenza nominale idonea per alimentare i vari servizi ausiliari che necessitano di tale tipo di alimentazione (ad es. eventuali PLC)
- Per l'alimentazione dei punti luce si impiegheranno cavi unipolari di tipo FG7R 0.6/1kV aventi sezioni tali da contenere la caduta di tensione entro il 4%
- La distribuzione sarà realizzata con linee interrato e protette da tubi in polietilene di tipo corrugato a doppia parete mentre negli eventuali sottopassi le linee saranno contenute in tubo in acciaio inox. La derivazione agli apparecchi illuminanti sarà realizzata entro morsettiera collocata a base palo in esecuzione classe II
- I cavidotti saranno collocati entro scavo ad almeno 0.60 m di profondità. Sarà posato inoltre un ulteriore cavidotto per contenere le linee di alimentazione ad impianti speciali (e.g. Pannelli a

Messaggio Variabile) e/o di riserva per ogni evenienza. Ogni 25/35m, e comunque in corrispondenza di ogni cambio di direzione, verrà realizzato un pozzetto di interruzione della tratta onde facilitare la posa delle linee elettriche. Tali interruzioni saranno dislocate comunque in corrispondenza di ogni punto luce al fine di permettere la derivazione del cavo di alimentazione al punto luce stesso (armatura stradale o proiettore)

- L'impianto di terra sarà realizzato con corda di rame nudo da 35 mmq e dispersori in acciaio ramato nell'area della cabina elettrica, per garantire la sicurezza degli impianti in caso di guasto. Per gli impianti in campo (impianti di illuminazione) non sono previste dorsali di terra in quanto si prevede un impianto in classe II

#### 10.3.2 Impianto di Illuminazione

L'illuminazione stradale deve permettere agli automobilisti di circolare di notte con la massima sicurezza ed il comfort più elevato possibile; l'obiettivo è quello di percepire distintamente, localizzandolo con certezza ed in tempo utile, i punti singolari della strada e gli ostacoli eventuali, per quanto possibile, senza l'aiuto dei fanali dell'autoveicolo.

La percezione sicura e rapida è possibile grazie al contrasto degli oggetti sul fondo; questo fondo è esteso alla totalità del campo visivo del conducente, che comprende, in ordine di importanza decrescente:

- La carreggiata ed i suoi bordi
- Le piazzole di sosta
- Il cielo, ivi compresi i punti luminosi formati dalla superficie visibile dei corpi illuminanti e delle lampade
- Più frequentemente, la percezione degli ostacoli si ottiene con l'effetto silhouette: l'ostacolo si distacca come ombra scura su fondo chiaro costituito dal rivestimento chiaro; poiché non si conosce a priori la natura dell'ostacolo, è auspicabile di prendere tutti i provvedimenti utili affinché il contrasto sia sufficiente. La possibilità di percepire questo contrasto è influenzata da:
  - Il livello medio della luminanza del manto stradale
  - L'uniformità di detta luminanza
  - L'illuminazione dei bordi e dei dintorni della strada
  - La limitazione dell'abbagliamento causato dall'installazione

Il livello di illuminamento è un'indicazione della quantità di luce ricevuta dalla carreggiata; si tratta di un'informazione utile, ma senza importanza pratica per l'apprezzamento della qualità visuale dell'impianto di illuminazione. Ciò che conta è l'aspetto della carreggiata illuminata, percepita dall'utente della strada; questo aspetto dipende dalla quantità di luce riflessa verso il conducente dalle diverse parti della carreggiata, ossia dalla luminanza del suo rivestimento.

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale sono indicati dalla Norma UNI 10439; essi sono espressi in termini di livello ed uniformità di luminanza del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata, limitazione dell'abbagliamento, guida ottica.

Le prescrizioni ivi formulate sono quelle minime per manti asciutti; tuttavia, se l'impianto soddisfa tali condizioni, la sicurezza della circolazione risulta ragionevolmente soddisfacente anche in condizioni di pioggia.

Le prestazioni richieste per una strada di tipo B, come classificata dal codice della strada, sono le seguenti:

Dati di progetto	Valore di riferimento
Luminanza media mantenuta (Lm) valore minimo	2 cd/m <sup>2</sup>
Uniformità U <sub>0</sub> = L <sub>min</sub> / L <sub>med</sub>	≥ 0,4
Uniformità U <sub>I</sub> = L <sub>min</sub> /L <sub>max</sub>	≥ 0,7
TI	≤ 10

**Tabella 8.** Dati di progetto impianto di illuminazione di svincolo

L'impianto di illuminazione deve soddisfare, inoltre, le esigenze di guida visiva, in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa; affinché tali esigenze siano soddisfatte, si eviterà ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali sarà necessario richiamare l'attenzione degli automobilisti.

Nello specifico, il progetto preliminare prevede l'illuminazione dell'area di svincolo con l'utilizzo predominante di armature stradali con lampada a vapori di sodio ad alta pressione, dotate di telaio e calotta in pressofusione di alluminio, ottica ad elevato rendimento (fino a a 99,85%) e coppa in policarbonato. Grado di protezione IP65-Classe II.

Infine, i sottopassi saranno illuminati con proiettori asimmetrici ai vapori di sodio alta pressione, con corpo in acciaio Inox e riflettore ottico in alluminio ad elevato rendimento (fino a a 99,85%) e vetro temperato di chiusura. Grado di protezione IP65-Classe II.

La scelta di utilizzare lampade a vapori di sodio alta pressione, di tipo tubolare chiara, è dovuta all'ottima resa di queste. Tali lampade, inoltre, assicurano un'ottima resa cromatica ed un ottimo rapporto lumen/costo.

## 11. LE INTERFERENZE

Per la risoluzione delle principali interferenze (sopra e sottosuolo) che interessano il tracciato in progetto si è condotto uno studio finalizzato alla loro individuazione e alla possibile risoluzione.

Il tracciato in progetto, con inizio sull'autostrada PA-CT e termine poco oltre il centro abitato di Lercara Friddi, attraversa il territorio di 13 comuni nella provincia di Palermo e per il suo sviluppo, prevalentemente in direzione Nord-Sud, intercetta importanti infrastrutture di servizio quali gli acquedotti di approvvigionamento idrico della città di Palermo e importanti linee di distribuzione di energia elettrica.

Lo studio si è articolato secondo le seguenti fasi di lavoro:

- 1 - Analisi della cartografia disponibile (rilievo aerofotogrammetrico scala 1:5000 e alla scala 1:2000 per le zone di svincolo – fotopiano e foto aeree) ;
- 2 - Screening degli Enti interessati e presa contatti per acquisizione ulteriori informazioni e/o maggiori dettagli ;
- 3 - Invio comunicazione da parte dell'Anas (con allegate planimetrie di progetto) a tutti gli Enti interessati per la segnalazione di eventuali sottoservizi interferenti non riportati in cartografia ufficiale.
- 4 - Visite di sopralluogo (anche congiunte con i responsabili degli Enti Gestori) e realizzazione servizio fotografico dei siti interessati dalle principali interferenze;

5 - Analisi preliminare dei singoli sottoservizi interferenti ed attivazione con Enti Gestori della fase di studio per eventuali spostamenti ;

6 - Relazione finale e stima dei costi.

Le planimetrie generali con le interferenze (scala 1:5.000) riportano l'ubicazione di tutte le interferenze, distinte da apposita simbologia grafica a colori, individuate sulla base delle foto aeree, dei sopralluoghi effettuati e delle informazioni assunte dalle interviste con Enti – Amministrazioni - e Gestori interessati.

Nella tabella sono riportati gli Enti le cui opere sono interessate dal tracciato in progetto.

2	ENEL - Distribuzione Palermo
3	SNAM - Rete Gas (Catania)
4	TELECOM Italia (Palermo)
6	E.S.A. - Ente Sviluppo Agricolo -Sede Centrale (Palermo)
7	AMAP S.p.A. (Palermo)

**Tabella 9.** Lista Enti Interferenti

## 12. LE ESPROPRIAZIONI

Il tracciato stradale oggetto del presente studio ricade tutto nella Provincia di Palermo, nel territorio di nove comuni, e precisamente: Bagheria, Misilmeri, Bolognetta, Villafrati, Ciminna, Mezzojuso, Campofelice di Fitalia, Vicari.

Gli elaborati relativi le espropriazioni sono essenzialmente due:

- 1) Il piano particellare del lotto in esame, costituito da tavole di planimetria catastale in scala 1:2.000, ove sono stati indicati i limiti degli ingombri stradali, le aree di cantiere, gli ingombri delle vasche di prima pioggia, le strade di accesso provvisorie, le condotte di adduzione e scarico;
- 2) La relazione e stima dei terreni soggetti ad espropriazione e/o occupazione, ove è stata prevista la somma necessaria al pagamento delle indennità. Per la valutazione delle stime e delle indennità sono state adottate le ipotesi delle fattispecie più gravose per l'ANAS.

Per poter eseguire le valutazioni si è proceduto ad effettuare un sommario sopralluogo sui terreni oggetto di occupazione, al fine di individuarne le colture e gli eventuali manufatti e/o fabbricati rurali, ma soprattutto ci si è avvalsi delle fotografie stereoscopiche e, con l'aiuto di uno stereoscopio, si sono individuate, con sufficiente approssimazione, le colture esistenti,

Le località su cui ricade l'opera in esame, sono in genere comprese in zona agricola, tranne qualche piccola area su cui si nota qualche piccolo insediamento industriale e residenziale (Bolognetta,

Ciminna); i terreni agricoli sono per la maggior parte costituiti da orti irrigui e agrumeti con impianti irrigui soprachioma o sottochioma o, in diversi casi, interrati sottotraccia, con peduncoli fuoriuscenti per l'irrigazione su ogni pianta per i comuni di Bagheria, Misilmeri e in parte Bolognetta, seminativi irrigui, seminativi semplici, sporadici uliveti, per i restanti comuni.

L'espropriazione dei beni immobili oggetto della presente relazione di stima sarà impostata secondo il disposto del DPR n. 327 del 08/6/2001 e sue successive modifiche ed integrazioni.

Le aree da espropriare e/o occupare suddivise per comuni sono le seguenti:

N°	COMUNE	INGOMBRO STRADALE m <sup>2</sup>	AREE DI CANTIERE m <sup>2</sup>	INGOMBRO VASCHE m <sup>2</sup>	STRADE DI ACCESSO PROVVISORIE m <sup>2</sup>	CONDOTTE ADDUZIONE E SCARICO m <sup>2</sup>
1	BAGHERIA	120832	40665 (Cant. Generale)	630,00	1986,00	1998,00
					798,00	126,00
		47682	3383 (Cant.imb/sbocco)			
		7936	7485 (Cant.imb/sbocco)			
			4929 (Cant.imb/sbocco)			
	<b>totale = 176450</b>	<b>totale = 56462</b>	<b>totale = 630</b>	<b>totale = 2784</b>	<b>totale = 2124</b>	
2	MISILMERI	200227	11497 (Cant.imb/sbocco)	3X 630	1470,00	558,00
		107056	2615 (Cant.imb/sbocco)		1122,00	132,00
		307283	5940 (Cant.imb/sbocco)			720,00
		55360	20052 (Cant.imb/sbocco)			138,00
		90489	9466 (Cant.imb/sbocco)			138,00
		4165				834,00
		457297				
		17952				
			<b>Totale = 475249</b>	<b>totale = 29518</b>	<b>totale = 1890</b>	<b>totale = 2592</b>
3	BOLOGNETTA	3136	4875 (Cant.imb/sbocco)		984,00	
		21690				
		58443				
		23838				
			<b>totale = 107107</b>	<b>totale = 4875</b>		<b>totale = 984</b>
4	VILLAFRATI	36925	2871 (Cant.imb/sbocco)		966,00	
		184634	14340 (Cant.imb/sbocco)		1734,00	
		19735	9311 (Cant.imb/sbocco)		3222,00	
			5968 (Cant.imb/sbocco)		1140,00	
			<b>totale = 241294</b>	<b>totale = 32490</b>		<b>totale = 7062</b>

N°	COMUNE	INGOMBRO STRADALE M <sup>2</sup>	AREE DI CANTIERE m <sup>2</sup>	INGOMBRO VASCHE m <sup>2</sup>	STRADE DI ACCESSO PROVVISORIE m <sup>2</sup>	CONDOTTE ADDUZIONE E SCARICO m <sup>2</sup>	
5	CIMINNA	209182	9014 (Cant.imb/sbocco)	630 X 2	2538,00	192,00	
		11605	42351 (Cant.Generale)		306,00	120,00	
		23784				390,00	
		12578				756,00	
						678,00	
						138,00	
			<b>totale = 257149</b>	<b>totale = 51365</b>	<b>totale = 1260</b>	<b>totale = 2844</b>	<b>totale = 2274</b>
6	MEZZOJUSO	89041	7499 (Cant.imb/sbocco)	630,00		138,00	
		42856				1308,00	
			<b>totale = 131897</b>	<b>totale = 7499</b>	<b>totale = 630</b>		<b>totale = 1446</b>
7	CAMPOFELICE DI FITALIA	1291					
			<b>totale = 1291</b>				
8	VICARI	159415	4670 (Cant.imb/sbocco)		1794,00		
		74201	10665 (Cant.imb/sbocco)		2016,00		
		82996	8866 (Cant.imb/sbocco)		3912,00		
		68646	9131 (Cant.imb/sbocco)		1332,00		
					840,00		
		180821	42269 (Cant.Generale)				
					4356,00		
		1232 (strada di ricucitura)					
					2274,00		
					3828,00		
			<b>totale = 567311</b>	<b>totale = 75601</b>		<b>totale = 20352</b>	

Tabella 10. Aree da espropriare e/o occupare

Vengono inoltre interessati fabbricati per 37975 mc di e mq, 7.000 mq di serre (soprattutto in Comune di Misilmeri).

Per la valutazione delle stime e delle indennità sono state adottate le ipotesi delle fattispecie più gravose per l'ANAS.

I valori riscontrati sono i seguenti:

COMUNE	ESPROPRI	MANUFATTI	OCCUPAZIONI	TOTALI
BAGHERIA	1.498.799,69	3.309.380,04	1.732.509,83	6.540.689,56
MISILMERI	2.210.439,91	2.436.480,50	1.433.356,23	6.080.276,64
BOLOGNETTA	266.866,00	930.355,49	501.555,55	1.698.777,04
VILLAFRATI	1.679.539,13	453.027,62	309.112,95	2.441.679,7
CIMINNA	442.387,50	11.796,75	231.159,39	685.343,64
MEZZOJUSO	654.240,00	371.156,05	207.935,88	1.233.331,93

CAMPOF.DI FITALIA	224.072,50	0,00	317,37	224.389,87
VICARI	1.445.955,00	945.565,56	678.498,09	3.070.018,65
CEFALA DIANA	707.721,30	0,00	0,00	707.721,30
<b>Totale Indennità</b>				<b>22.682.228,33</b>

**Tabella 11.** Somme previste per le espropriazioni

Le planimetrie catastali, allegate al progetto, sono state redatte attraverso la **georeferenziazione** nonché la relativa **vettorializzazione** dei fogli catastali interessati e la loro sovrapposizione con ortofoto e/o aerofotogrammetria con l'ingombro progettuale.

Le aree impegnate dall'intervento sono costituite da:

- aree espropriate
- aree occupate temporaneamente
- fasce di rispetto

### 13.LA VALUTAZIONE DEI COSTI E DELLA REDDITIVITA' ECONOMICA

L'importo totale lavori del tracciato selezionato (alternativa A) è pari a 825 M€.

La convenienza economica dell'intervento in oggetto è stata valutata mediante l'analisi Costi/Benefici, ossia dal punto di vista della collettività; l'analisi costi/benefici è lo strumento correntemente usato come supporto per il "decisore" che ha come obiettivo la allocazione ottima della risorse disponibili.

Le grandezze determinanti all'interno dell'analisi sono: i costi di investimento economici, i costi di esercizio economici, gli effetti positivi (Benefici) e negativi (Non Benefici); tutti valutati in termini monetari ed economici, al netto cioè di tasse e trasferimenti ad ogni titolo. La trasformazione da valori finanziari in valori economici è stata effettuata mediante opportuni fattori di conversione.

Tutte le grandezze poste in gioco come "effetti" degli interventi sono state contabilizzate considerando la differenza tra situazione "con intervento" e situazione "senza intervento". In tal modo la redditività economica del Progetto/Intervento è stata valutata in termini di miglioramento differenziale della situazione esistente e dei livelli di servizio che ne derivano.

La Valutazione – Base della fattibilità economica è stata effettuata mediante il calcolo del Saggio di Rendimento Interno.

I risultati dell'Analisi Costi-Benefici sono riportati nella tabella seguente; il Saggio di Rendimento Interno – S.R.I. – è pari al 4,7%. Con un tasso di attualizzazione del 3% il Valore Attualizzato Netto dell'opera è pari a 130.529.111€.

Nella figura seguente è riportata la curva di variazione del valore del VAN.E al variare del tasso di attualizzazione: si nota VAN.E = 0 x SRI.E = 4,7%.

<b>TASSO DI ATTUALIZZAZIONE</b>	<b>r = 4,7%</b>
<b>BENEFICI ATTUALIZZATI</b>	
Variatione Percorrenze	-40.512.375
Variatione Tempo	429.437.433
Inquinamento Stradale	39.057.335
SICUREZZA Rete "Urbana"	36.877.649
<b>TOTALE BENEFICI ATTUALIZZATI</b>	<b>464.860.042</b>
<b>COSTI ATTUALIZZATI</b>	
COSTRUZIONE	449.618.699
MANUTENZIONE	15.241.342
<b>TOTALE COSTI ATTUALIZZATI</b>	<b>464.860.042</b>
<b>VALORE ATTUALE NETTO</b>	<b>0</b>

