

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE
LOTTO 1 + 2**

VIABILITA'

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara

Relazione di sicurezza stradale

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	RH	NV2100	002	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Settembre 2021	L. STOPPINI	Settembre 2021	A. BARILECA	Settembre 2021	F. SACCHI Settembre 2021

ITALFERR - UC INFRASTRUTTURE NORD
Doc. Inv. - Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo
n. 2017/Sig. A

File: RS3Z00D26RHN2100002A

n. Elab.:

INDICE

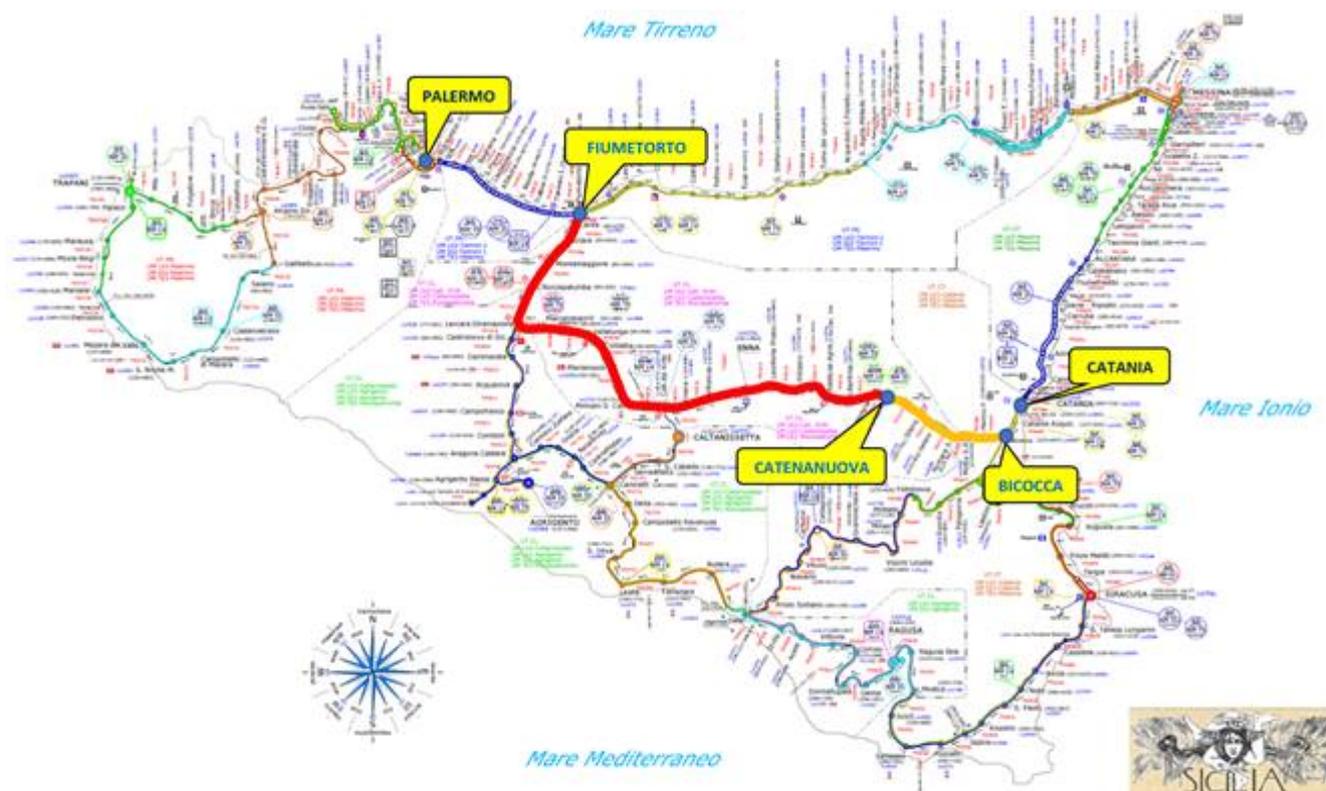
1.	PREMESSA	2
2.	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.1	CONSIDERAZIONI SUL QUADRO NORMATIVO PER INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SULLE STRADE ESISTENTI	6
4.	ANALISI DELLA CONDIZIONE ESISTENTE	9
4.1	RICOSTRUZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRACCIATO ESISTENTE	10
4.2	CARATTERISTICHE FUNZIONALI E DIMENSIONI DELLA PIATTAFORMA STRADALE ESISTENTE	12
4.3	ANALISI DEI FLUSSI DI TRAFFICO ASSOCIATI ALL'INFRASTRUTTURA	12
4.4	DATI DI INCIDENTALITÀ.....	13
4.5	FATTORI CONTRIBUTIVI DEGLI INCIDENTI STRADALI	17
5.	ANALISI DELLE CONDIZIONI DI PROGETTO	20
5.1	CARATTERISTICHE FUNZIONALI E DIMENSIONI DELLA PIATTAFORMA STRADALE DI PROGETTO.....	20
5.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....	20
5.3	ANALISI DEI FLUSSI DI TRAFFICO ASSOCIATI ALLA CONDIZIONE DI PROGETTO.....	20
5.4	INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA STRADA ESISTENTE	21
6.	STIMA DELL'INCIDENTALITÀ	22
6.1	IL METODO DELL'HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM).....	22
6.2	FUNZIONE DI PRESTAZIONE DELLA SICUREZZA STRADALE (SPF).....	25
6.3	CRASH MODIFICATION FACTORS CONSIDERATI (CMF)	26
6.3.1	<i>CMF Larghezza corsie</i>	26
6.3.2	<i>CMF Larghezza banchine</i>	28
6.3.3	<i>CMF Curvatura orizzontale (sviluppo, raggio e presenza/assenza di clotoidi)</i>	30
6.3.4	<i>CMF Pendenza Longitudinale</i>	31

6.3.5	<i>CMF Pavimentazione</i>	31
6.3.6	<i>CMF Segnaletica orizzontale</i>	33
6.4	FATTORE DI CALIBRAZIONE LOCALE (C).....	34
6.5	FREQUENZA MEDIA PREVISTA DI INCIDENTI (NPRED)	35
6.5.1	<i>Frequenza media prevista di incidenti in condizione esistente</i>	35
6.5.2	<i>Frequenza media prevista di incidenti in condizione di progetto</i>	35
6.5.3	<i>Confronto degli indicatori di sicurezza stradale</i>	36
7.	Conclusioni	37

1. PREMESSA

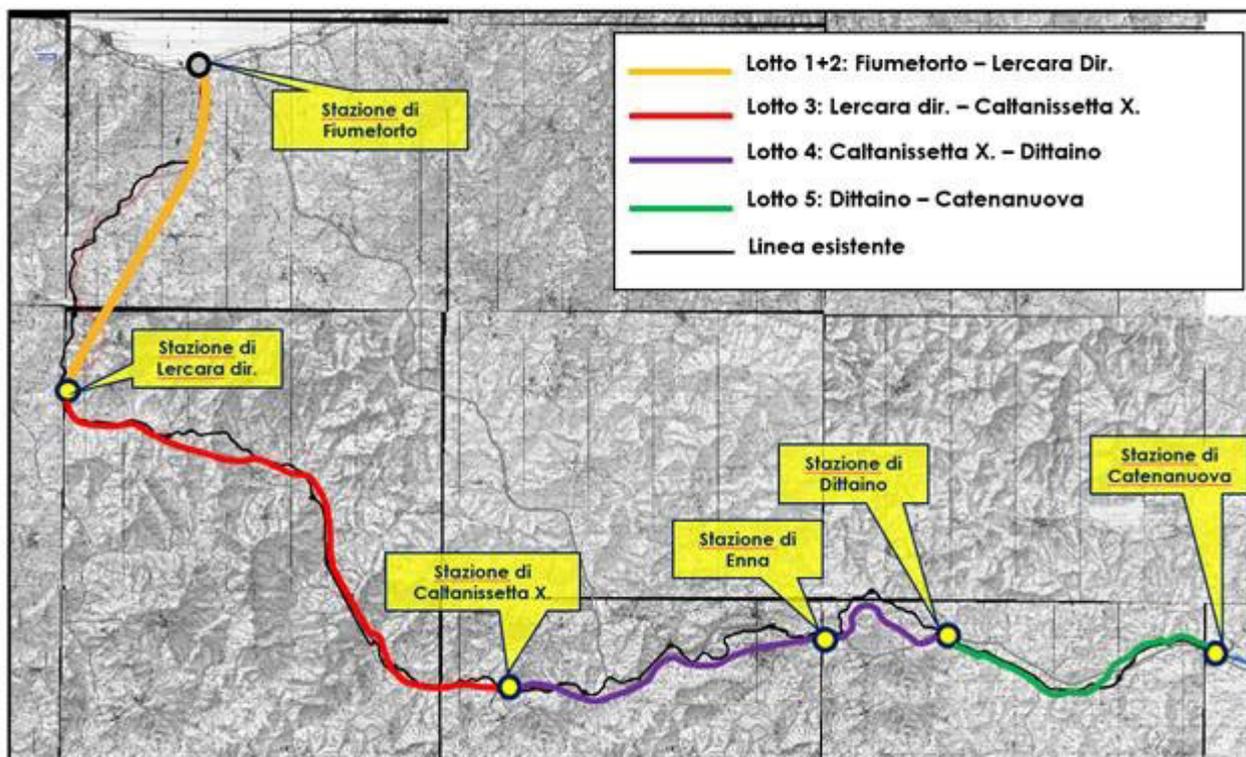
La linea ferroviaria Palermo – Catania, facente parte del Corridoio n.5 “Helsinki – La Valletta” della Rete Trans-Europea di trasporto, è interessata da un ampio progetto di investimento denominato “Nuovo Collegamento Palermo – Catania” che prevede una serie di interventi sulla tratta Fiumetorto – Bicocca.

Allo stato attuale sono già in corso i lavori finalizzati al raddoppio della tratta Catenanuova – Bicocca mentre la restante tratta, Fiumetorto – Catenanuova (tratto rosso nella figura), è oggetto di appositi incarichi di progettazione definitiva, affidati ad Italferr dalla Committente RFI.



La tratta suddetta Fiumetorto – Catenanuova risulta suddivisa nei seguenti lotti funzionali come meglio si evince dalla corografia più avanti:

- Lotto “1+2”: tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione di circa 30 km;
- Lotto 3: tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi di circa 47 km;
- Lotto 4a: tratta Caltanissetta Xirbi – Enna Nuova di circa 27 km;
- Lotto 4b: tratta Enna Nuova - Dittaino di circa 15 km;
- Lotto 5: tratta Dittaino – Catenanuova di circa 22 km.



La presente relazione descrive la viabilità NV21 (Nuova viabilità di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara dir.) relativa al lotto funzionale **Lotto “1+2”**: tratta **Fiumetorto – Lercara Diramazione** appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

La viabilità descritta in questa relazione fa parte della provincia di Palermo e ricade nei seguenti comuni:

- Lercara Freddi
- Castronuovo di Sicilia

2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Come descritto nel precedente paragrafo, gli interventi di progetto relativi alla viabilità NV05 si configurano come “adeguamento di strada esistente” per il quale la norma cogente di riferimento è costituita dal D.M. 22/04/2004 (“Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”) secondo cui le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001 sono limitate alle sole strade di nuova costruzione, ed indicate quale riferimento per l’adeguamento di quelle esistenti (art. 1 del D.M. 22/04/2004).

Con riferimento ai contenuti dell’art.4 del DM 22/04/2004, nella presente relazione sono analizzati gli aspetti connessi alle esigenze di sicurezza, attraverso la dimostrazione che l’intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre un innalzamento del livello di sicurezza, fermo restando la necessità di garantire la continuità di esercizio della infrastruttura. Nel seguito, dopo aver riportato l’analisi delle condizioni esistenti in termini di caratteristiche geometrico funzionali, di traffico e di incidentalità (Cap. 4), vengono descritti gli interventi di adeguamento previsti in progetto (Cap. 5). Successivamente, viene descritta metodologia applicata al fine di valutare, attraverso indicatori quantitativi, gli effetti che gli interventi di progetto previsti comportano rispetto alla condizione esistente, in termini di sicurezza stradale (Cap. 6).

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del seguente studio sono stati considerati i seguenti riferimenti normativi:

- D.Lgs.30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- D.M. 05/11/2001: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/2004: “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”;
- D.M. 19/04/2006: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- D. L.vo n.35/11: “Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali”;
- D.M. 02/05/2012: “Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell’articolo 8 del Decreto Legislativo 15 marzo 2011, n.35”.
- D.M. 18/02/1992: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- D.M. 03/06/1998: “Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale”;
- D.M. 21/06/2004: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”;
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/2010: “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: “Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’installazione e la manutenzione”;
- CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - Anno XXIX – N.178: “Catalogo delle pavimentazioni stradali”.
- UNI EN 1317-1-2-3-4 Barriere di sicurezza stradali
- Direttiva Ministeriale Prot. 3065 del 25/08/2004 “Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI;

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

Ad integrazione dei riferimenti normativi di cui sopra, sono stati presi in considerazione i contenuti riportati nei seguenti documenti tecnici:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) – Highway Safety Manual 1st edition – Supplement 2014;
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) – Highway Capacity Manual fourth edition (HCM2000);
- PIARC – World Road Association – Road Safety Manual – Update 2019;
- Autoroads publications and guide – Guide to Road Safety;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Dipartimento per I trasporti, la navigazione ed I sistemi informative e statistici – Direzione Generale per la Sicurezza Stradale – Monitoraggio del PNSS – Linee Guida per la valutazione dei risultati degli interventi di sicurezza stradale – ID Documento: Rapporto –PA3.3 – Data: 15/05/2012;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche – Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade (D.P. CNR N. 13465 del 11/09/1995) – Criteri per la classificazione della rete delle strade esistenti ai sensi dell'art.13, comma 4 e 5 del nuovo codice della strada – Roma, 13 marzo 1998.

3.1 Considerazioni sul quadro normativo per interventi di adeguamento sulle strade esistenti

L'atto di regolamentazione normativa per la costruzione delle strade, che trova le sue origini nell'art. 13 del D.Lgs. 30 aprile 1992 n.285, e il D.M. 05/11/2001 con le allegate "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade". Tali norme, inizialmente predisposte, come recita l'art. 2 dello stesso D.M. 05/11/2001, sia per la costruzione di nuovi tronchi stradali sia per l'adeguamento di tronchi stradali esistenti, sono state limitate, con il successivo D.M. 22/04/2004 ("Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»"), alle sole strade di nuova costruzione, ed indicate quale riferimento per l'adeguamento di quelle esistenti, prevedendo l'emanazione di specifiche norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti (art. 1 del D.M. 22/04/2004).

Nonostante il D.M. 22/04/2004 prevedesse che nell'arco temporale di sei mesi venissero emanate le specifiche norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, ad oggi non è stato emanato alcun Decreto in merito.

Ad oggi continua, quindi, a valere quale disciplina transitoria quanto previsto dall'art. 4 del D.M. 22/04/2004, ovvero che "i progetti di adeguamento delle strade esistenti devono contenere una specifica relazione dalla quale risultino analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza, attraverso la dimostrazione che l'intervento, nel suo complesso, e in grado di produrre, oltre che un miglioramento funzionale della circolazione, anche un innalzamento del livello di sicurezza dell'infrastruttura". Si evidenzia che tale disposizione, derivante dalla necessità di coprire il periodo necessario per l'emanazione delle specifiche norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, essendo di carattere generale, non fornisce regole utili per la dimostrazione richiesta.

Tuttavia, nel Marzo 2006 è stata predisposta una bozza delle "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (Bozza di "Norma per gli interventi delle strade esistenti", Ministero Infrastrutture e Trasporti – Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale – 21 marzo 2006). Tale bozza del Marzo 2006 non ha conseguito il previsto parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, il quale ha affermato che in assenza della formale emanazione delle "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti", la suddetta bozza può assumere unicamente valore di letteratura tecnica e pertanto, a legislazione vigente, i riferimenti normativi per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti rimangono il D.M. 05/11/2001 e l'art. 4 del D.M. del 22/04/2004 (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, parere del 7 marzo 2013).

Più recentemente è stato emanato il D.M. 02/05/2012 "Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo 15 marzo 2011, n.35", il quale introduce azioni e procedure finalizzate al miglioramento della sicurezza delle infrastrutture stradali. In linea con il principio generale delle Direttive dell'Unione Europea, il D.M. 02/05/2012 ha previsto che tali procedure si applichino da subito sulla rete stradale transeuropea, e poi si estendano progressivamente a tutte le altre strade con i tempi previsti dall'art. 1 del Decreto Legislativo 15 marzo 2011, n.35.

Si evidenzia che il nuovo corpo normativo introdotto dal D.M. 02/05/2012, non va a modificare in alcun modo quanto previsto dal precedente D.M. 22/04/2004 che quindi mantiene la sua piena validità. Ne consegue che i progetti di interventi di adeguamento di strade esistenti devono comunque contenere la specifica relazione di sicurezza stradale prevista dall'art. 4 del D.M. 22/04/2004.

Alla luce dell'attuale quadro normativo che disciplina gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, si ritiene che in linea con l'art. 1 del D.M. 22/04/2004, la definizione di un intervento di adeguamento sia il

risultato del giusto equilibrio tra il pieno rispetto delle norme del D.M. 05/11/2001 e l'adozione di soluzioni tecniche diverse dovute a vincoli di natura oggettiva (riutilizzo di manufatti esistenti, presenza di vincoli ambientali/antropici non facilmente eliminabili, costi di costruzione, dilazioni temporali dovute alle procedure approvative, ecc.).

Inoltre, in linea con l'art. 4 del D.M. 22/04/2004, il progetto di adeguamento di una strada esistente deve contenere, attraverso una specifica relazione, una analisi degli aspetti di sicurezza stradale con dimostrazione che l'intervento complessivo di adeguamento comporta un innalzamento del livello di sicurezza dell'infrastruttura di progetto rispetto all'infrastruttura esistente.

In merito alla relazione richiesta dall'art. 4 de D.M. 22/04/2004, si evidenzia che il regime transitorio, definito dallo stesso Decreto, non fornisce al progettista regole e metodologie per la redazione della relazione richiesta. Si ritiene, pertanto, che la relazione di sicurezza stradale che deve dimostrare che l'intervento sulla strada esistente e in grado di produrre un innalzamento del suo livello di sicurezza, sia predisposta con criteri razionali, ovvero sulla base delle conoscenze scientifiche di settore.

Ad oggi in Italia non esiste un metodo univoco di valutazione della sicurezza stradale. Tuttavia, un approccio, che può essere utilmente applicato nell'adeguamento delle reti stradali, inteso anche come miglioramento delle condizioni di sicurezza, e quello che fa uso di modelli predittivi di incidentalità.

I modelli predittivi correlano il numero di incidenti a parametri geometrici e funzionali delle strade, consentendo di stimare in termini numerici i benefici, intesi come riduzione del numero di incidenti, che i differenti interventi possibili possono apportare.

Nel presente studio, la metodologia HSM è stata adottata per valutare la frequenza media prevista di incidenti nella condizione esistente della viabilità esistente (NV21), e nella condizione di progetto. La frequenza media prevista di incidenti è stata assunta quale indicatore di sicurezza stradale al fine di valutare, in maniera quantitativa, gli effetti provocati

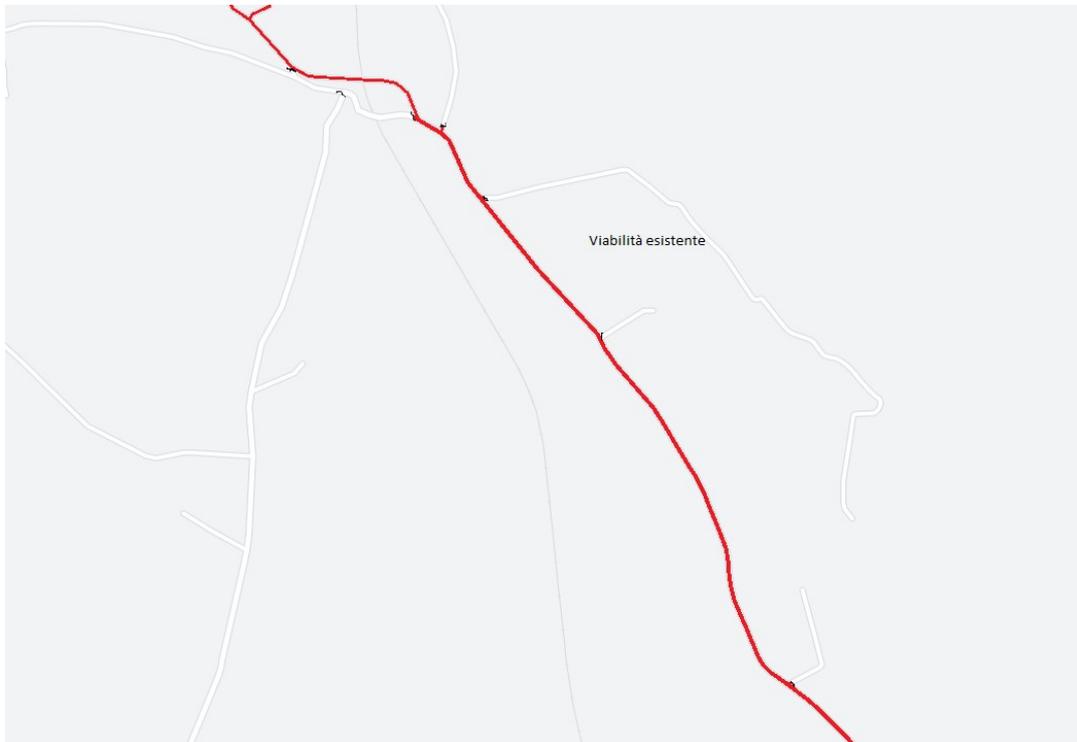
dagli interventi di adeguamento previsti nell'ambito del presente progetto definitivo relativi al tratto stradale in esame. Per ulteriori approfondimenti sulla metodologia applicata nel presente caso progettuale si rimanda al Capitolo 6.

4. ANALISI DELLA CONDIZIONE ESISTENTE

La viabilità esistente (NV21) nel quale ricadono gli interventi di progetto fa parte della provincia di Palermo e ricade nei seguenti comuni:

- Lercara Freddi
- Castronuovo di Sicilia

Si sviluppa tra il cavalcavia sopra l'attuale linea ferroviaria storica (di recente realizzazione) ed un altro nodo di diramazione verso il sito che accoglierà la nuova stazione, adeguamento considerato quanto più possibile una strada locale extraurbana di categoria F1.

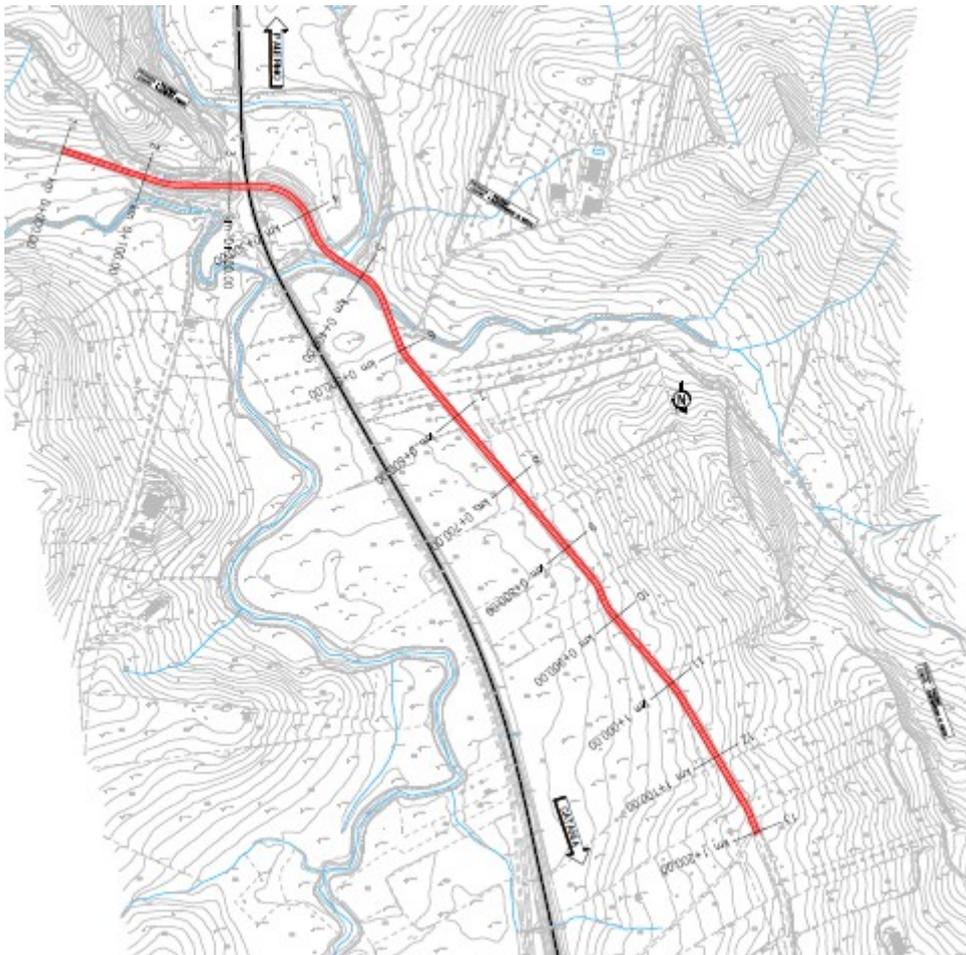


Gli interventi di adeguamento della viabilità esistente sono relativi ad un tratto di sviluppo pari a 1200m circa interferente con la linea ferroviaria di progetto “Nuova Linea ferroviaria PA-CT” e si rendono necessari al fine di mantenere i collegamenti stradali a seguito della realizzazione della nuova linea ferroviaria. Tali interventi interessano prevalentemente una modifica planimetrica dell'infrastruttura esistente. Nei seguenti paragrafi, relativamente al tratto stradale in cui ricadono gli interventi di progetto, si descrivono le caratteristiche geometriche, funzionali e prestazionali della strada in oggetto. E' possibile sintetizzare l'iter procedurale adottato per l'analisi della strada esistente nelle seguenti fasi operative:

- Ricostruzione delle caratteristiche geometriche del tracciato;
- Analisi delle caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale;
- Analisi dei flussi di traffico associati all'infrastruttura;
- Dati di incidentalità;
- Possibili fattori contributivi degli incidenti stradali.

4.1 Ricostruzione delle caratteristiche geometriche del tracciato esistente

La ricostruzione dell'andamento plano-altimetrico delle condizioni esistenti dell'infrastruttura in cui ricadono gli interventi di progetto e avvenuta in considerazione di rilievi, studi ed indagini condotte nell'ambito delle attività di progettazione.



L'andamento planimetrico delle condizioni esistenti del tratto in cui ricadono gli interventi di progetto si compone di curve circolari e rettifili senza la presenza di curve di transizione. Le curve circolari presentano valori compresi tra 60m e 200m, mentre il rettifilo più lungo si sviluppa per un'estensione pari a 332m circa. Altimetricamente, l'infrastruttura esistente è caratterizzata da pendenze longitudinali contenute tra lo 2.39% e il 8.83%, con la pendenza massima in corrispondenza del cavalcavia sulla linea esistente PA-CT.

Si riporta nella seguente tabella la successione degli elementi planimetrici della condizione esistente dell'infrastruttura oggetto di interventi, con i rispettivi valori di pendenza longitudinale massima.

Elemento planimetrico	Sviluppo	Clotoide	Raggio	P Long. Max
	(m)	A	(m)	%
RETTIFILO	114.184	0	0	-3.61
ARCO	30.038	0	100	4.57
RETTIFILO	91.804	0	0	4.57
ARCO	69.464	0	60	-8.83
RETTIFILO	20.026	0	0	-8.83
ARCO	35.741	0	60	-8.83
RETTIFILO	40.067	0	0	2.39
ARCO	37.615	0	60	2.39
RETTIFILO	54.789	0	0	2.39
ARCO	19.82	0	60	2.39
RETTIFILO	332.197	0	0	2.39
ARCO	19.448	0	60	2.39
RETTIFILO	8.016	0	0	5.70
ARCO	19.589	0	60	5.70
RETTIFILO	101.822	0	0	5.70
ARCO	32.399	0	200	5.70
RETTIFILO	131.641	0	0	5.70
ARCO	22.002	0	150	5.70
RETTIFILO	21.95	0	0	5.70

4.2 Caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale esistente

Allo stato esistente, il tratto di strada in cui ricadono gli interventi di progetto è caratterizzato da una singola carreggiata con doppio senso di marcia, senza la presenza di marciapiedi pedonale.

Si riportano di seguito le dimensioni degli elementi costituenti la piattaforma stradale esistente:

- Larghezza Corsie = 2.50m;
- Larghezza Banchine = 0.50m;

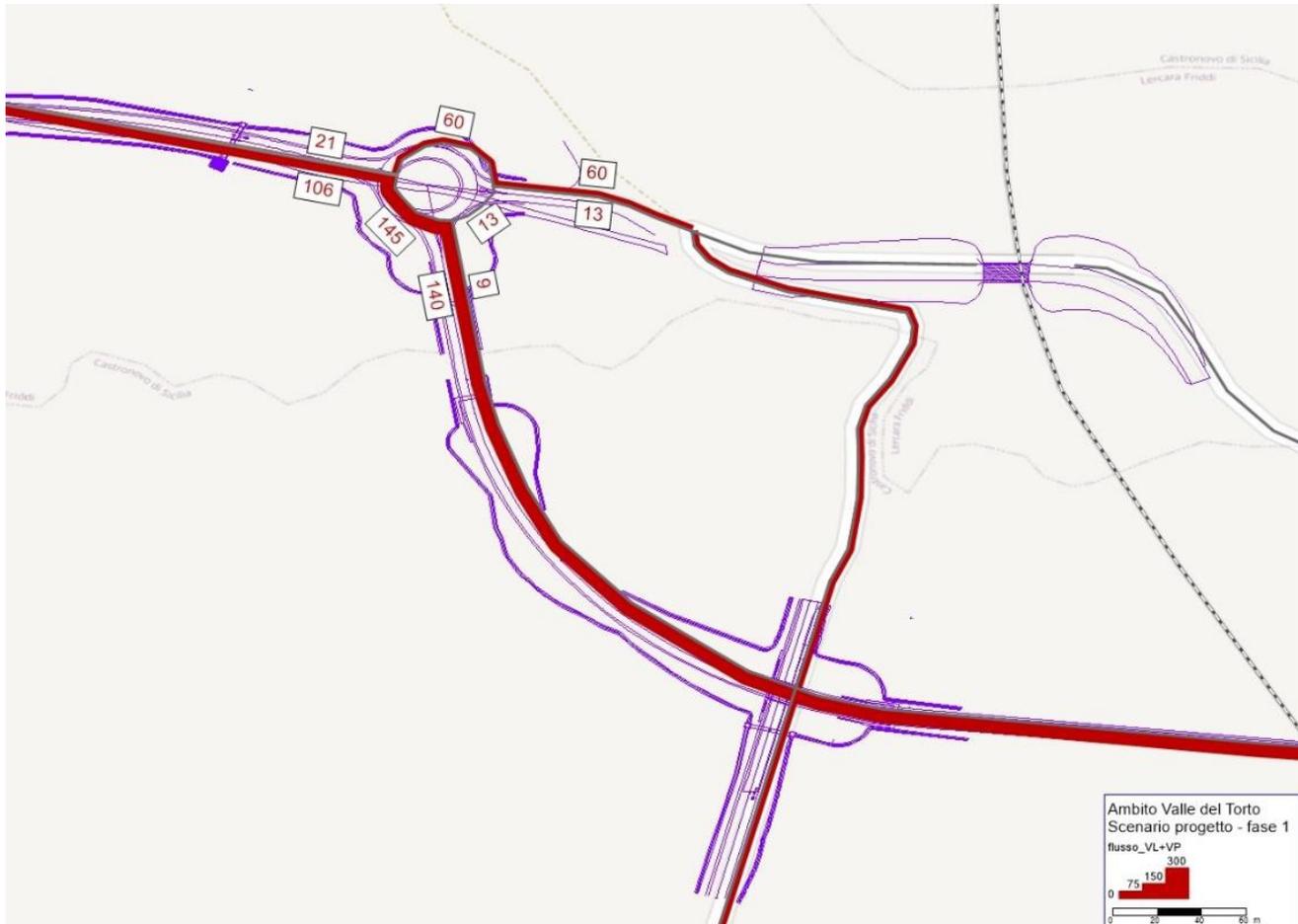
In considerazione al contesto di rete stradale in cui la viabilità in esame si inserisce, e tenuto conto delle dimensioni degli elementi caratteristici che compongono la piattaforma stradale, il tratto di strada in cui ricadono gli interventi di progetto è associabile funzionalmente ad una strada di categoria F1 Extraurbana locale, secondo il DM 05/11/2001.

4.3 Analisi dei flussi di traffico associati all'infrastruttura

Per quanto concerne i dati di traffico relativi alla condizione esistente e di progetto, si è tenuto conto dei dati contenuti nella relazione “Studio di trasporto e analisi delle viabilità” (elaborato RS3Z00D16RGTS0003001) redatto da U.O. Esercizio nell’ambito del presente progetto. Nel documento sono presentati gli studi di trasporto finalizzati a ricostruire e verificare gli scenari attuale (senza nessun intervento) e futuri (“di progetto”, ossia con gli interventi realizzati) della viabilità veicolare nell’intera area di studio.

I flussi veicolari che interessano la viabilità nello scenario di progetto (prima macro-fase funzionale) sono stati determinati attraverso il modello di simulazione dei trasporti.

La seguente figura mostra i flussi veicolari complessivi, in veicoli equivalenti, che interessano in ora di punta la rotatoria di progetto.



Si riportano di seguito i dati relativi ai flussi di traffico considerati nell'intervento della presente relazione.

TGM leggeri	TGM pesanti	TGM (tot)
$TGMl = fl * 13,154$	$TGMp = fp * 11,544$	$TGMt = TGMl + TGMp$
[Veq]	[Veq]	[Veq]
1966	87	2053

L'intervento consiste in un adeguamento di una viabilità esistente, tra il cavalcavia sopra l'attuale linea ferroviaria storica (di recente realizzazione) ed un altro nodo di diramazione verso il sito che accoglierà la nuova stazione, adeguamento considerato quanto più possibile una strada locale extraurbana di categoria F1.

4.4 Dati di incidentalità

In assenza di dati incidentali specifici del tratto stradale in cui ricadono gli interventi di adeguamento, si sono

analizzati i dati nazionali, regionali e provinciali relativi alle strade extraurbane.

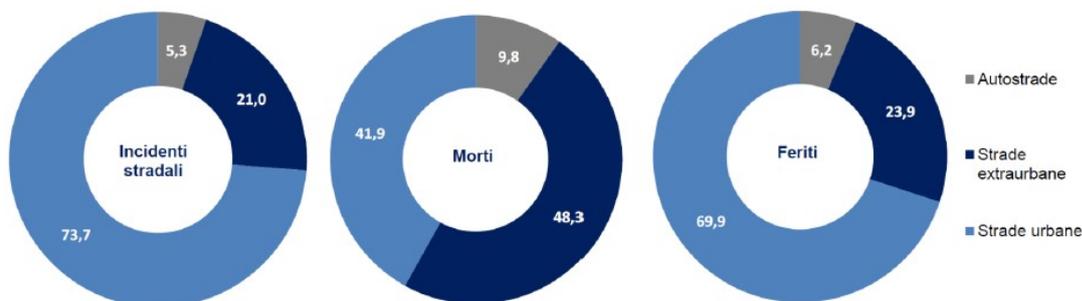
Dai dati riportati nel report ACI/ISTAT – Incidenti Stradali 2019, che fa riferimento al triennio 2017-2019, si evince che la maggior parte delle morti per incidente stradale sul territorio nazionale avviene in ambito extraurbano (48.3%). Ovvero, nel contesto in cui si inseriscono gli interventi di adeguamento oggetto del presente studio.

PROSPETTO 3. INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE SECONDO LA CATEGORIA DELLA STRADA. Anni 2019, 2018 e 2017, valori assoluti e variazioni percentuali 2019/2018

CATEGORIA DELLA STRADA	Incidenti 2019	Incidenti 2018	Incidenti 2017	Morti 2019	Morti 2018	Morti 2017	Feriti 2019	Feriti 2018	Feriti 2017	Var.% incidenti 2019/2018	Var.% morti 2019/2018	Var.% feriti 2019/2018
Strade urbane (a)	127.000	126.744	130.461	1.331	1.401	1.467	168.794	169.607	174.612	+0,2	-5,0	-0,5
Autostrade e raccordi	9.076	9.437	9.395	310	330	296	15.009	15.545	15.844	-3,8	-6,1	-3,4
Strade extraurbane (a)	36.107	36.372	35.077	1.532	1.603	1.615	57.581	57.767	56.294	-0,7	-4,4	-0,3
Totale	172.183	172.553	174.933	3.173	3.334	3.378	241.384	242.919	246.750	-0,2	-4,8	-0,6

(a) Sono incluse nella categoria "Strade urbane" anche le Provinciali, Statali e Regionali entro l'abitato. Sono incluse nella categoria "Strade extraurbane", le strade Statali, Regionali e Provinciali fuori dall'abitato e Comunali extraurbane.

FIGURA 8. INCIDENTI STRADALI, MORTI E FERITI PER CATEGORIA DI STRADA (a). Anno 2019, valori percentuali



Un ulteriore approfondimento è stato condotto sulla base del Report ISTAT Incidenti stradali in Sicilia – Anno 2018, del 15 Novembre 2019, da cui si evince che relativamente all'anno 2018, anche su scala regionale, il maggior numero di morti per incidente stradale è avvenuto in ambito extraurbano (Rif. Tabella seguente).

Relazione di sicurezza stradale

COMMESSA RS3Z LOTTO 00 FASE-ENTE D 26 DOCUMENTO RHN2100002 REV. A FOGLIO 15 di 39

AMBITO STRADALE	Incidenti	Morti	Feriti	Indice di mortalità (a)	Indice di lesività (b)
Strade urbane	8'563	96	12'230	1.1	142.8
Autostrade e raccordi	711	12	1'199	1.7	168.6
Altre strade (c)	1'745	102	2'989	5.9	171.3
Totale	11'019	210	16'418	1.9	149.0

(a) Rapporto percentuale tra il numero dei morti e il numero degli incidenti stradali con lesioni a persone, moltiplicato 100.

(b) Rapporto percentuale tra il numero dei feriti e il numero degli incidenti stradali con lesioni a persone, moltiplicato 100.

(c) Sono incluse nella categoria 'Altre strade' le strade Statali, Regionali, Provinciali fuori dell'abitato e Comunali extraurbane.

Si riportano di seguito i dati incidentali registrati in regione Sicilia nell'anno 2018, ripartiti in funzione della composizione di piattaforma stradale, da cui si evince che le strade a carreggiata unica a doppio senso di marcia, ovvero la tipologia di infrastruttura riconducibile alla strada oggetto di analisi, risultano quelle caratterizzate dal maggior numero di incidenti e dall'indice di mortalità più alto.

TIPO DI STRADA	Incidenti	Morti	Feriti	Indice di mortalità (a)
Una carreggiata a senso unico	3'278	47	4'718	1.4
Una carreggiata a doppio senso	6'586	149	9'970	2.3
Doppia carreggiata, più di due carreggiate	1'155	14	1'730	1.2
Totale	11'019	210	16'418	1.9

(a) Rapporto tra il numero dei morti e il numero degli incidenti stradali con lesioni a persone, moltiplicato 100.

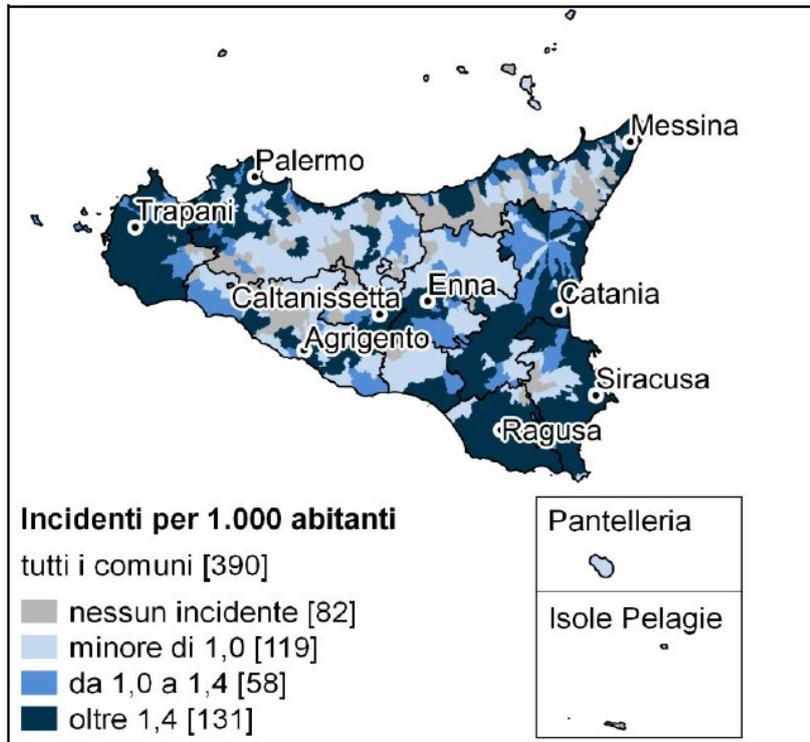
Per la corretta applicazione del metodo predittivo HSM è opportuno stabilire la ripartizione degli incidenti per tipologia di collisione. Si riporta di seguito la distribuzione per natura dell'incidente relativa alla Regione Sicilia, con riferimento all'anno 2018.

NATURA DELL'INCIDENTE	Valori assoluti			Composizione percentuale			Indice di mortalità (a)
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti	
Scontro frontale	727	38	1'327	6.6	18.1	8.1	5.2
Scontro frontale-laterale	4'111	36	6'392	37.3	17.1	38.9	0.9
Scontro laterale	1'512	11	2'147	13.7	5.2	13.1	0.7
Tamponamento	1'536	11	2'644	13.9	5.2	16.1	0.7
Urto con veicolo in momentanea fermata o arresto	315	11	507	2.9	5.2	3.1	3.5
Totale incidenti tra veicoli	8'201	107	13'017	74.4	51.0	79.3	1.3
Investimento di pedone	1'118	41	1'254	10.2	19.5	7.6	3.7
Urto con veicolo in sosta	210	2	249	1.9	1.0	1.5	1.0
Urto con ostacolo accidentale	590	22	786	5.4	10.5	4.8	3.7
Urto con treno	-	-	-	-	-	-	-
Fuoriuscita	724	35	911	6.6	16.7	5.6	4.8
Frenata improvvisa	19	-	21	0.2	-	0.1	-
Caduta da veicolo	157	3	180	1.4	1.4	1.1	1.9
Totale incidenti a veicoli isolati	2'818	103	3'401	25.6	49.1	20.7	3.7
Totale	11'019	210	16'418	100.0	100.0	100.0	1.9

(a) Rapporto tra il numero dei morti e il numero degli incidenti stradali con lesioni a persone, moltiplicato 100.

Con riferimento al Report ISTAT Incidenti stradali in Sicilia – Anno 2018, si riporta di seguito la distribuzione degli incidenti stradali registrati in Sicilia nel biennio 2017-2018, suddivisi per Provincia.

PROVINCE	2018			2017			Tasso mortalità 2018 (a)
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti	
Trapani	1'027	16	1'512	1'229	32	1'807	1.6
Palermo	2'883	38	4'115	2'935	47	4'213	1.3
Messina	1'504	35	2'236	1'429	16	2'129	2.3
Agrigento	438	6	659	471	14	757	1.4
Caltanissetta	496	16	814	511	10	863	3.2
Enna	186	9	341	184	6	322	4.8
Catania	2'810	49	4'166	2'640	58	3'821	1.7
Ragusa	749	23	1'166	795	12	1'225	3.1
Siracusa	926	18	1'409	862	13	1'320	1.9
Sicilia	11'019	210	16'418	11'056	208	16'457	1.9
Italia	172'553	3'334	242'919	174'933	3'378	246'750	1.9



La provincia di Palermo, in cui ricadono gli interventi di adeguamento della viabilità in esame, risulta la provincia siciliana caratterizzata dal più alto numero di incidente stradale. Tuttavia, il tasso di mortalità stradale relativo alla provincia di Palermo (1.3), risulta minore di quello calcolato su scala regionale e nazionale (Sicilia = 1.9, Italia = 1.9).

Relativamente agli incidenti registrati nella regione Sicilia con riferimento alla tipologia di strada, si sono considerati riportati nel *Report ISTAT Incidenti stradali in Sicilia – Anno 2018, del 15 Novembre 2019*.

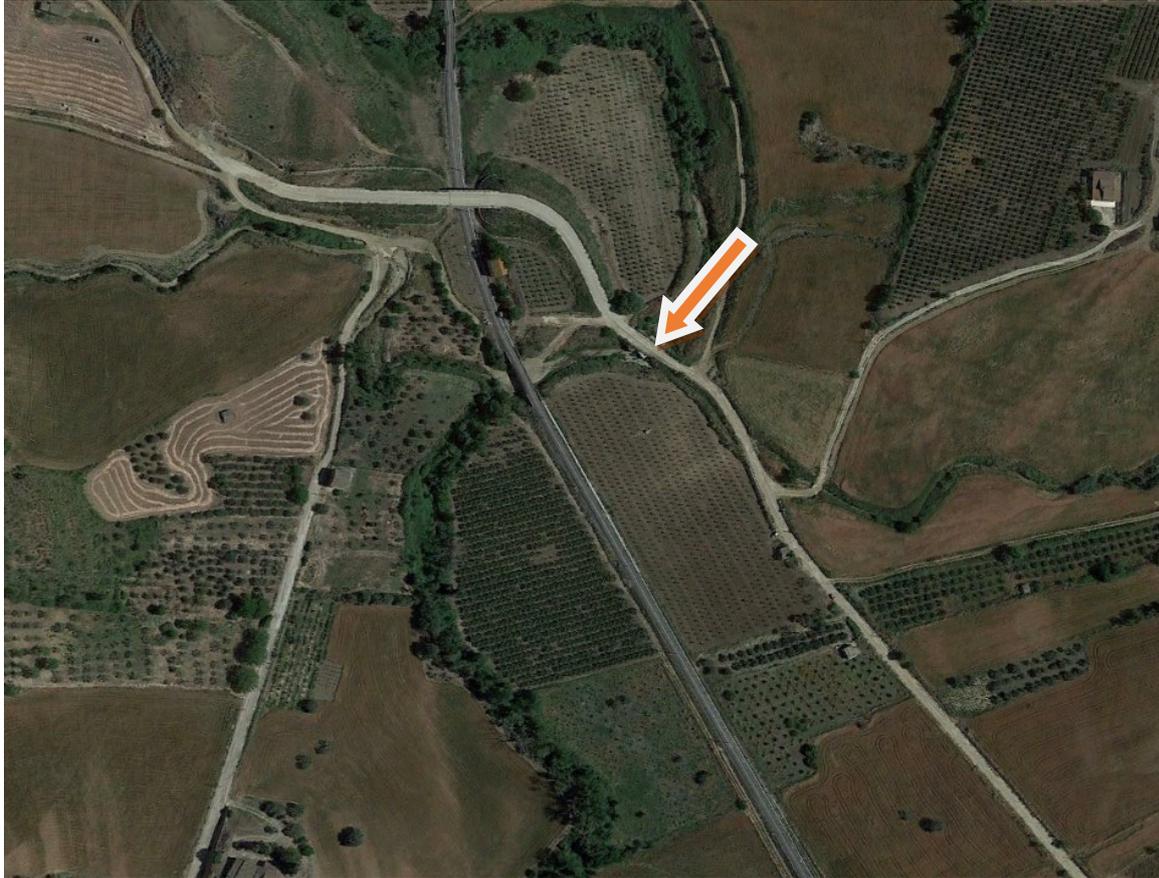
4.5 Fattori contributivi degli incidenti stradali

A seguito di sopralluoghi in sito, si sono rilevate alcune criticità che caratterizzano lo stato attuale viabilità. Tali criticità possono ritenersi possibili fattori contributivi di incidenti stradali. Nel seguito vengono descritti gli elementi critici rilevati, e successivamente correlati alla tipologia di collisione probabile.

Lungo lo sviluppo di infrastruttura in cui ricadono gli interventi di progetto si rileva la mancanza di barriere di sicurezza su entrambi i lati della piattaforma stradale.

Relativamente allo stato della pavimentazione esistente, come si evince dall'immagine seguente, risulta essere non asfaltata.

L'attuale stato della pavimentazione della viabilità non garantisce requisiti prestazionali adeguati alla sicurezza stradale degli utenti.



Non è presente in loco segnaletica orizzontale e verticale.

Sulla base di studi scientifici, statistici e letteratura tecnica di riferimento, si riporta una tabella riassuntiva che indica per ciascuna criticità rilevata nella condizione attuale, le tipologie di collisione ad essa correlate.

Fattori contributivi	Tipologia di incidente	Fonti
Segnaletica orizzontale inadeguata	Incidenti con pedoni	AASHTO, HSM Austroads, AGRS08
	Scontri frontali	AASHTO, HSM Austroads, AGRS08, PIARC
	Scontri Fronto-Laterali	AASHTO, HSM Austroads, AGRS08, PIARC
Caratteristiche prestazionali della pavimentazione inadeguate	Fuoriuscite	AASHTO, HSM Austroads, AGRS08, PIARC
	Tamponamenti	Austroads, AGRS08, PIARC

5. ANALISI DELLE CONDIZIONI DI PROGETTO

5.1 Caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale di progetto

Nel presente capitolo si descrivono, focalizzando gli aspetti relativi la sicurezza stradale, gli interventi previsti nell'ambito del presente Progetto Definitivo.

Gli interventi di adeguamento della viabilità esistente previsti in progetto, si rendono necessari al fine di mantenere i collegamenti stradali a seguito della realizzazione della nuova linea ferroviaria di progetto **Lotto "1+2": tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione** appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo, per cui gli elementi costituenti il tracciato si modificano, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, per uno sviluppo complessivo di circa 1280m.

Si riporta nella seguente tabella la successione degli elementi planimetrici della configurazione di progetto, con i rispettivi valori di pendenza longitudinale massima.

Elemento planimetrico	Sviluppo	Clotoide	Raggio	P Long. Max
	(m)	A	(m)	%
RETTIFILO	87.69351	0	0	-0.30
CLOTOIDE	32	80	0	-0.30
ARCO	229.5492	0	200	-0.30
CLOTOIDE	32	80	0	-0.30
RETTIFILO	173.9147	0	0	-0.30
CLOTOIDE	45.5625	135	0	-0.30
ARCO	406.2923	0	400	5.30
CLOTOIDE	45.5625	135	0	0.30
RETTIFILO	226.6795	0	0	4.30

5.2 Caratteristiche geometriche del tracciato di progetto

Gli interventi previsti per l'adeguamento della viabilità in esame (NV21) prevedono modifiche delle dimensioni degli elementi costituenti la piattaforma stradale. Ovvero, le dimensioni della piattaforma stradale in condizione di progetto risultano associabili a quelle di strada Extraurbana locale di categoria F1, secondo il D.M. 05/11/2001.

Si riportano di seguito le dimensioni degli elementi costituenti la piattaforma stradale di progetto.

- Larghezza Corsie = 3.50m;
- Larghezza Banchine = 1.00m;

5.3 Analisi dei flussi di traffico associati alla condizione di progetto

I dati di traffico associati alla condizione di progetto dell'infrastruttura in esame, sono stati desunti dallo Studio di Trasporto redatto nell'ambito del presente Progetto Definitivo, e riportati al Paragrafo 4.3.

5.4 Interventi di adeguamento della strada esistente

Alla luce dell'analisi delle criticità rilevate (Rif. Cap. 4.5), nella presente fase progettuale sono previsti interventi di adeguamento relativi a:

- Adeguamento delle caratteristiche prestazionali della pavimentazione;
- Installazione di barriere di sicurezza adeguate alle normative vigenti;
- Adeguamento della segnaletica orizzontale e verticale.
- Modifica plano-altimetrica del tracciato
- Adeguamento della sezione trasversale

L'adeguamento delle caratteristiche prestazionali della pavimentazione, ed in particolare il miglioramento degli aspetti legati all'aderenza, contribuisce alla riduzione di probabilità di incidenti per tamponamento.

Lungo il tratto in cui ricadono gli interventi di progetto e prevista l'installazione di barriere di sicurezza in corrispondenza del ciglio pavimentato, al fine di incrementare i livelli di sicurezza e tutelare l'incolumità degli utenti che percorrono la viabilità. La posa delle barriere di sicurezza risponde alle normative vigenti (D.M. n° 223 del 18/2/1992 e successive modificazioni ed integrazioni) e la scelta delle classi minime da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, con riferimento alla classe funzionale a cui appartiene la strada, alla classe di traffico e alla destinazione delle protezioni.

Per quanto concerne la segnaletica orizzontale, l'adeguamento della stessa prevede migliori caratteristiche prestazionali, sia in termini di luminosità che di riflettenza. Tali caratteristiche aumentano la percezione del tracciato soprattutto in condizioni notturne e/o di scarsa luminosità, intervenendo sulla riduzione di probabilità di incidenti per fuoriuscita, scontri frontali e fronto-laterali.

6. STIMA DELL'INCIDENTALITÀ

6.1 Il Metodo dell'Highway Safety Manual (HSM)

Nel presente paragrafo vengono descritti gli aspetti teorici ed analitici del metodo predittivo dell'Highway Safety Manual (HSM), utilizzato per confrontare, in termini di sicurezza stradale, la condizione esistente e la condizione di progetto.

Il metodo predittivo utilizzato nell'ambito del presente studio, presentato nella parte C del manuale HSM, fornisce una metodologia strutturata per stimare la frequenza media prevista di incidenti di un sito, una infrastruttura o una rete stradale, per un dato periodo di tempo, per date caratteristiche geometriche di progetto e di controllo del traffico, e per dati volumi di traffico (TGM).

La frequenza media prevista di incidenti e un indicatore del livello di sicurezza stradale, utilizzato per rappresentare la previsione o la stima del numero di incidenti relativo ad una infrastruttura stradale in un determinato insieme di condizioni geometriche e di traffico, in un periodo di tempo definito.

Nell'ambito del presente studio, il metodo predittivo dell'HSM è stato utilizzato per calcolare il suddetto indicatore di sicurezza stradale in due condizioni:

- Condizione di esistente (Caratteristiche geometriche e funzionali relative all'infrastruttura esistente)
- Condizione di progetto (Caratteristiche geometriche e funzionali relative alla configurazione sviluppata nell'ambito delle attività di progettazione)

Al fine della corretta applicazione del metodo predittivo dell'HSM, l'infrastruttura stradale, sia nella condizione di progetto che nella condizione di non intervento, è stata suddivisa in tratti stradali omogenei, ovvero tratti stradali le cui condizioni geometriche, funzionali e di circolazione possono ritenersi costanti nel rispettivo sviluppo.

Successivamente, la somma cumulata delle frequenze medie attese di incidenti relative ai singoli tratti stradali omogenei che costituiscono l'infrastruttura, è stata utilizzata quale indicatore di sicurezza stradale relativo alla specifica condizione.

Nell'HSM, vengono utilizzati alcuni modelli di previsione per stimare la frequenza media prevista di incidenti, $N_{predicted}$, per una particolare tipologia di infrastruttura stradale, utilizzando un modello di regressione sviluppato con dati di un determinato numero di siti simili. Questi modelli di regressione, chiamati Funzioni di prestazione della Sicurezza (SPF), sono stati sviluppati per una specifica tipologia di sito e per "condizioni base", quali le specifiche caratteristiche del progetto geometrico dell'asse stradale.

Le Funzioni di Prestazione della Sicurezza (SPF) sono equazioni di regressione che stimano la frequenza media di incidentalità per una specifica tipologia di infrastruttura (con specifiche condizioni di base) in

funzione del traffico giornaliero medio annuo (AADT) ed in funzione della lunghezza del tratto stradale. Le condizioni base vengono specificate per ciascuna SPF e possono includere varie caratteristiche geometriche del tratto stradale sulla base del quale sono state sviluppate.

Le SPF previste dal metodo predittivo dell'HSM sono sviluppate sulla base di dati statistici di incidenti registrati relativi ad una serie di infrastrutture stradali con caratteristiche simili, negli USA. Tali SPF sono generalmente funzione di poche variabili, principalmente dipendono dai dati di traffico (AADT).

Si riporta di seguito, a titolo esemplificativo, la forma canonica delle SPF relative ai segmenti stradali:

$$a = \exp(\beta_0) \cdot AADT^\beta \cdot L \cdot \exp(b_1 \cdot X_1 + \dots + b_n \cdot X_n)$$

I parametri riportati nella relazione precedente assumono differenti valori ed espressioni in funzione della categoria di infrastruttura oggetto della procedura.

Le SPF sono sviluppate con tecniche statistiche di regressione multipla utilizzando i dati di incidenti osservati raccolti nel corso di un certo numero di anni su siti con caratteristiche geometriche e funzionali simili. Tali SPF, presenti nel manuale HSM, devono necessariamente essere calibrate alle condizioni locali, ovvero alle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura stradale al quale si applica il metodo.

Tale calibrazione avviene attraverso l'utilizzo di alcuni coefficienti chiamati Fattori di Modificazione degli Incidenti (CMF-Crash Modification Factors) che rappresentano la variazione relativa della frequenza di incidentalità prevista a causa di una variazione di una specifica condizione. Ovvero, i CMF rappresentano il rapporto tra le frequenze di incidentalità di un sito in due condizioni diverse, pertanto un CMF può considerarsi quale stima dell'effetto di una particolare caratteristica geometrica o di controllo del traffico, o come stima dell'efficacia di un particolare trattamento.

Di fatti:

$$CMF = \frac{\text{Frequenza media di incidenti stimata nella condizione B}}{\text{Frequenza media di incidenti stimata nella condizione A}}$$

Per cui:

- $CMF = 1 \rightarrow$ La frequenza media di incidenti non cambia;
- $CMF < 1 \rightarrow$ La frequenza media di incidenti diminuisce, quindi la configurazione esaminata rappresenta un miglioramento della sicurezza stradale rispetto alla condizione base (SPF);

- $CMF > 1 \rightarrow$ La frequenza media di incidenti aumenta, quindi la configurazione esaminata rappresenta un peggioramento della sicurezza stradale rispetto alla condizione base (SPF).

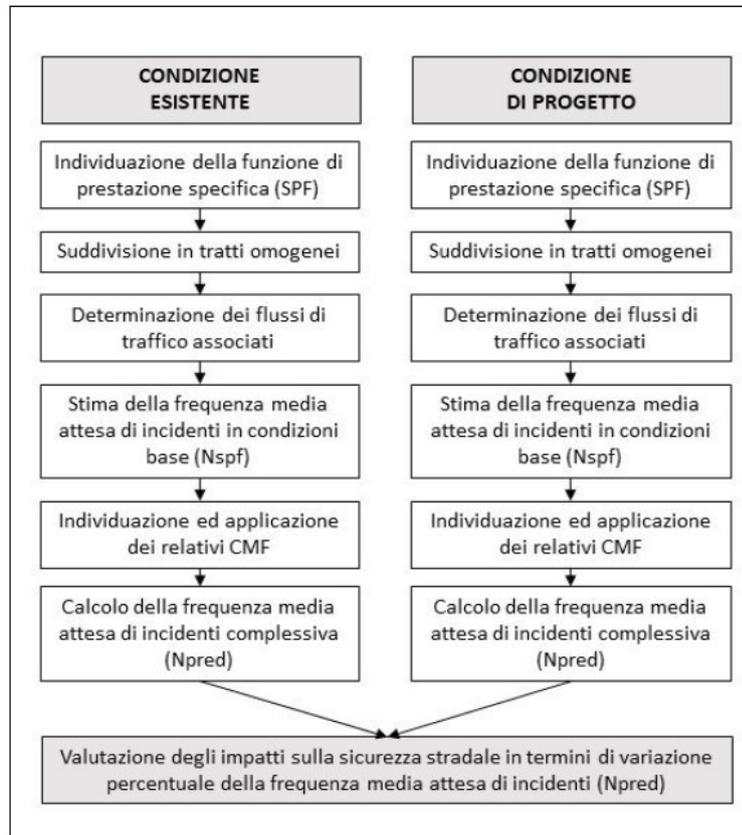
Pertanto, la frequenza media prevista di incidenti dell'infrastruttura considerata può ritenersi pari alla frequenza media prevista calcolata attraverso la relativa SPF, moltiplicata per la produttoria dei CMF che tengono conto delle variazioni tra le condizioni base relative alla suddetta SPF e le condizioni dell'infrastruttura esaminata. Per cui, il modello di previsione utilizzato per stimare la frequenza media prevista di incidentalità assume la seguente forma:

$$N_{predicted} = N_{SPF} \cdot (CMF_1 \cdot CMF_2 \cdot \dots \cdot CMF_n) \cdot C$$

- $N_{predicted}$ = frequenza media prevista di incidenti per uno specifico anno e per un determinato tratto omogeneo (inc/anno);
- N_{SPF} = frequenza media prevista di incidenti determinata per le condizioni base attraverso la Funzione di prestazione della sicurezza (SPF) rappresentativa del tratto omogeneo in esame (incidenti/anno);
- CMF_i = Crash Modification Factors – fattori di Modificazione degli incidenti, specifici delle condizioni locali del tratto omogeneo in esame.
- C = coefficiente di calibrazione del modello posto pari ad 1.

La metodologia dell'HSM descritta e stata applicata al caso in esame, per calcolare la frequenza media prevista di incidenti, quale indicatore di sicurezza stradale, nella condizione di non intervento (condizione esistente) e nella condizione di progetto. I valori degli indicatori sono stati successivamente confrontati al fine di valutare gli effetti quantitativi in termini di sicurezza stradale, che gli interventi previsti nell'ambito del presente progetto definitivo comportano sulla strada oggetto di intervento.

Si riporta di seguito il diagramma di flusso della procedura strutturata nell'ambito dell'applicazione del modello HSM utilizzato per il calcolo della frequenza media prevista di incidenti, sia nella condizione esistente che nella condizione di progetto.



6.2 Funzione di prestazione della sicurezza stradale (SPF)

Sia nella condizione esistente che nella condizione di progetto, le caratteristiche geometriche della porzione di tracciato della viabilità in esame (NV05), in cui ricadono gli interventi di progetto, sono riconducibili ad una strada extraurbana di categoria C, secondo il D.M.05/11/2001. In entrambe le condizioni si è adottata la categoria “Rural Two-Lane, Two-Way Roads”, secondo il manuale HSM.

A tale categoria di infrastruttura, corrisponde la seguente SPF:

$$N_{SPF} = AADT \cdot L \cdot 365 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(-0.312)$$

Dove:

N_{SPF} = numero atteso di incidenti per anno in condizioni base dell’HSM;

$AADT$ = traffico giornaliero medio annuo (veic/giorno);

L = lunghezza del tratto omogeneo considerato espresso in miglia.

Le condizioni base dell'HSM relative a tale categoria di infrastruttura sono le seguenti:

- Larghezza delle corsie = 3.60m;
- Larghezza delle banchine in destra = 2.40m;
- Tipo di banchina = pavimentata;
- Andamento planimetrico = rettilineo;
- Pendenza longitudinale = 0%

6.3 Crash Modification Factors considerati (CMF)

Per tener conto delle differenze tra le caratteristiche geometriche delle condizioni base dell'HSM e le condizioni riferite alla strada oggetto di analisi, nell'ambito del modello intervengono diversi CMF che tengono conto di varie condizioni.

Nell'ambito di tutti i CMF previsti dall'HSM, nella presente analisi sono stati presi in considerazione i fattori contributivi degli incidenti relativi a:

- Larghezza delle corsie;
- Larghezza delle banchine;
- Curve orizzontali – Sviluppo, raggio e presenza di clotoidi;
- Pendenza longitudinale;
- Miglioramento delle caratteristiche della pavimentazione;
- Miglioramento della segnaletica orizzontale.

Di seguito vengono riportati gli aspetti analitici di ciascun CMF applicato alla condizione esistente e di progetto della strada oggetto di analisi.

6.3.1 CMF Larghezza corsie

Il CMF relativo alla larghezza delle corsie costituisce una stima dell'efficacia, in termini di sicurezza stradale, a seguito della variazione della larghezza della corsia di marcia. Tale CMF, funzione della larghezza delle corsie e del TGM, è applicabile alle seguenti tipologie di collisione.

Il presente CMF è applicabile alle seguenti tipologie di collisione:

- Fuoriuscite (6.6%);
- Laterali (13.7%);
- Fronto-Laterali (37.3%);
- Frontali (6.6%).

Le percentuali relative alla tipologia di collisione sono state desunte dai dati incidentali riportati al Paragrafo 4.4.

Si riporta di seguito un estratto dell’HSM relativo al CMF applicabile per la larghezza delle corsie, nell’ambito della categoria “Rural Two-Lane Roadway”.

Table 13-2. CMF for Lane Width on Rural Two-Lane Roadway Segments (16)

Lane Width	Average Annual Daily Traffic (AADT) (vehicles/day)		
	< 400	400 to 2000	> 2000
9 ft or less	1.05	$1.05 + 2.81 \times 10^{-4}(\text{AADT}-400)$	1.50
10 ft	1.02	$1.02 + 1.75 \times 10^{-4}(\text{AADT}-400)$	1.30
11 ft	1.01	$1.01 + 2.5 \times 10^{-5}(\text{AADT}-400)$	1.05
12 ft or more	1.00	1.00	1.00

NOTE: The collision types related to lane width to which these CMFs apply are single-vehicle run-off-the-road and multiple-vehicle head-on, opposite-direction sideswipe, and same-direction sideswipe crashes. Standard error of the CMF is unknown.

To determine the CMF for changing lane width and/or AADT, divide the “new” condition CMF by the “existing” condition CMF.

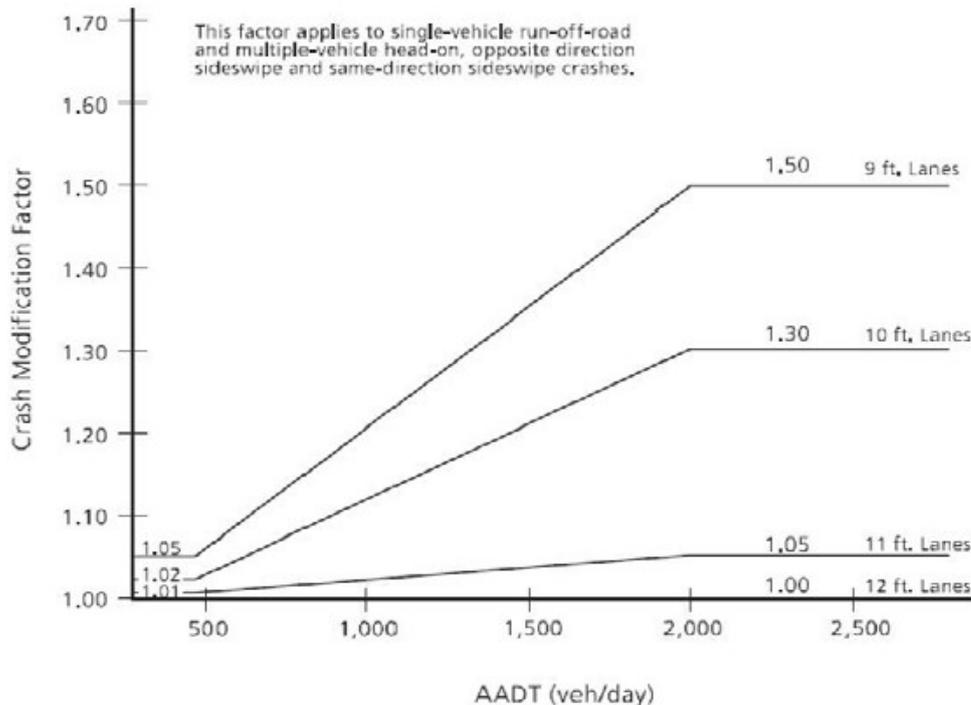
$$CMF = (CMF_m - 1.0) \times p_m + 1.0 \quad (13-3)$$

Where:

CMF = crash modification factor for total crashes;

CMF_m = crash modification factor for related crashes, i.e., single-vehicle run-off-the-road crashes and multiple-vehicle head-on, opposite-direction sideswipe, and same-direction sideswipe collisions; and

p_m = related crashes expressed as a proportion of total crashes.



Nel caso in esame, sia nella condizione esistente della strada in esame che in quella di progetto, le corsie hanno una minore della condizione base dell'HSM (3.60 m). Tuttavia, con riferimento al traffico giornaliero medio, ed alla distribuzione per tipologia di collisione considerata, il CMF relativo alla larghezza delle corsie assume un valore minore nella condizione di progetto. Ciò può ritenersi rappresentativo di un miglioramento della sicurezza stradale.

Si riportano di seguito i valori dei CMF relativi alla larghezza delle corsie, calcolati in entrambe le condizioni:

- Condizione esistente: CMF=1.083
- Condizione di progetto: CMF=1.009

6.3.2 CMF Larghezza banchine

Il CMF relativo alla larghezza delle banchine costituisce una stima dell'efficacia, in termini di sicurezza stradale, a seguito della variazione della larghezza della banchina in destra. Tale CMF, funzione della larghezza delle banchine e del TGM, è applicabile alle seguenti tipologie di collisione.

Il presente CMF è applicabile alle seguenti tipologie di collisione:

- Fuoriuscite (6.6%);

- Laterali (13.7%);
- Fronto-Laterali (37.3%);
- Frontali (6.6%).

Le percentuali relative alla tipologia di collisione sono state desunte dai dati incidentali riportati al Paragrafo 4.4.

Si riporta di seguito un estratto dell'HSM relativo al CMF applicabile per la larghezza delle banchine, nell'ambito della categoria "Rural Two-Lane Roadway".

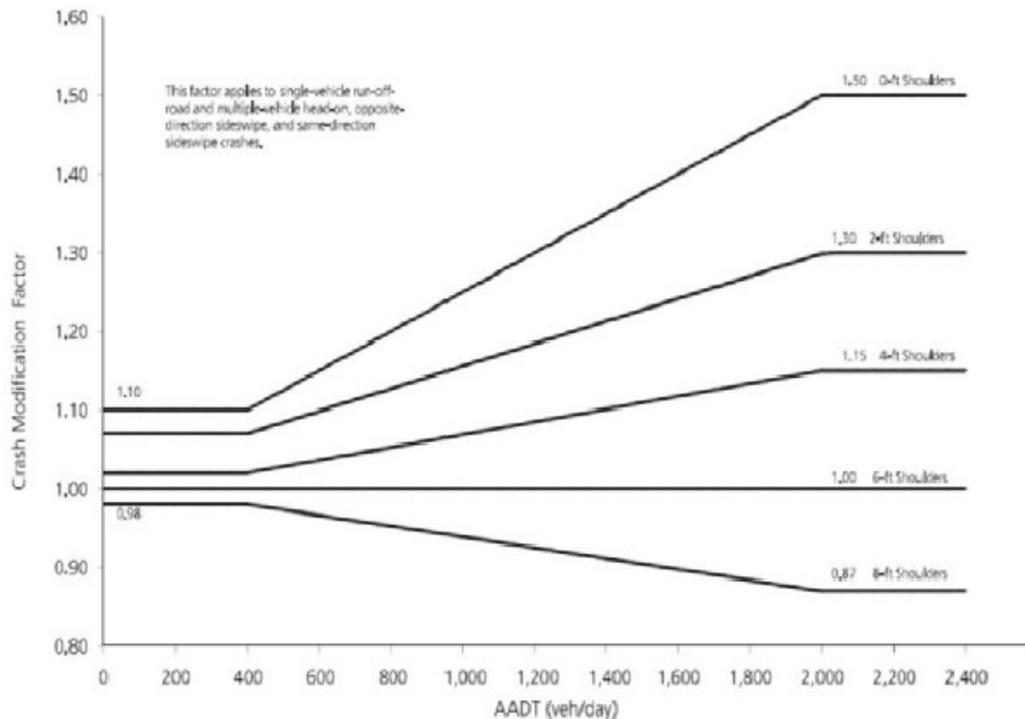
Table 13-7. CMF for Shoulder Width on Rural Two-Lane Roadway Segments

Shoulder Width	Average Annual Daily Traffic (AADT) (vehicles/day)		
	< 400	400 to 2000	> 2000
0 ft	1.10	$1.10 + 2.5 \times 10^{-4} (\text{AADT} - 400)$	1.50
2 ft	1.07	$1.07 + 1.43 \times 10^{-4} (\text{AADT} - 400)$	1.30
4 ft	1.02	$1.02 + 8.125 \times 10^{-5} (\text{AADT} - 400)$	1.15
6 ft	1.00	1.00	1.00
8 ft or more	0.98	$0.98 - 6.875 \times 10^{-5} (\text{AADT} - 400)$	0.87

NOTE: The collision types related to shoulder width to which this CMF applies include single-vehicle run-off-the-road and multiple-vehicle head-on, opposite-direction sideswipe, and same-direction sideswipe crashes.

Standard error of the CMF is unknown.

To determine the CMF for changing paved shoulder width and/or AADT, divide the "new" condition CMF by the "existing" condition CMF.



Nel caso in esame, sia nella condizione esistente della strada in esame che in quella di progetto, le banchine hanno una minore della condizione base dell'HSM (1.80 m). Tuttavia, con riferimento al traffico giornaliero medio, ed alla distribuzione per tipologia di collisione considerata, il CMF relativo alla larghezza delle banchine assume un valore minore nella condizione di progetto. Ciò può ritenersi rappresentativo di un miglioramento della sicurezza stradale.

Si riportano di seguito i valori dei CMF relativi alla larghezza delle banchine, calcolati in entrambe le condizioni:

- Condizione esistente: CMF=1.102
- Condizione di progetto: CMF=1.074

6.3.3 CMF Curvatura orizzontale (sviluppo, raggio e presenza/assenza di clotoidi)

Il CMF relativo alle curve orizzontali costituisce una stima dell'efficacia, in termini di sicurezza stradale, a seguito della variazione del raggio planimetrico delle curve, del rispettivo sviluppo e della presenza o assenza

di curve di transizione tra la curva esaminata e gli elementi planimetrici a curvatura fissa successivi e precedenti.

Tale CMF è applicabile a tutti gli incidenti, indipendentemente dalla distribuzione degli stessi in funzione della tipologia di collisione. Con riferimento ai contenuti dell'HSM, il CMF corrispondente alle curve orizzontali è calcolato con la seguente relazione:

$$CMF = \frac{(1.55 \cdot L_c) + \left(\frac{80.2}{R}\right) - (0.012 \cdot S)}{(1.55 \cdot L_c)}$$

Dove:

- L_c = Sviluppo della curva espresso in miglia, comprese le clotoidi.
- R = Raggio della curva espresso in piedi (ft);
- S = presenza/assenza di clotoidi (1 se presente, 0 se assente).

6.3.4 CMF Pendenza Longitudinale

Il CMF relativo alla pendenza longitudinale costituisce una stima dell'efficacia, in termini di sicurezza stradale, a seguito della variazione della pendenza longitudinale rispetto alle condizioni base dell'HSM. Tale CMF è applicabile a tutti gli incidenti, indipendentemente dalla distribuzione degli stessi in funzione della tipologia di collisione.

Con riferimento ai contenuti dell'HSM, il CMF corrispondente alla pendenza longitudinale, si è calcolato con la seguente relazione:

$$CMF = 1 + 0.02 \cdot G$$

Dove:

- G = pendenza longitudinale della livelletta relativa al tratto omogeneo considerato (%).

6.3.5 CMF Pavimentazione

All'interno dell'Highway Safety Manual non si fa riferimento a CMF applicabili a miglioramenti della pavimentazione. Tuttavia, la metodologia dell'HSM rimanda alla letteratura tecnica di settore e studi di ricerca

per tematiche non affrontate nell'attuale versione del manuale. In tali casi, l'HSM autorizza l'utilizzo di CMF derivanti da studi pubblicati su "CMF Clearinghouse del U.S. Department of Transportation Federal".

Nell'ambito della condizione esistente, si è tenuto conto di un valore del CMF relativo alla pavimentazione unitario. Ovvero, rappresentativo delle "condizioni base dell'HSM". Mentre, per tener conto del miglioramento delle caratteristiche prestazionali della pavimentazione previsto negli interventi di progetto, in considerazione alla tipologia di strada esaminata, si è considerato un valore di CMF riportato di seguito.

$$\text{CMF} = 0.776$$

Fonte: *Evaluation of Pavement Safety Performance, Merritt et al., 2015*



CMF / CRF Details

CMF ID: 7229

Improve pavement friction (grooving)

Description:

Prior Condition: Portland cement concrete pavement without grooves

Category: Roadway

Study: [Evaluation of Pavement Safety Performance, Merritt et al., 2015](#)

Star Quality Rating:		★★★★☆ [View score details]
Crash Modification Factor (CMF)		
Value:	0.776	
Adjusted Standard Error:		
Unadjusted Standard Error:	0.087	

Come riportato nella tabella precedente, il CMF in esame assume un valore minore di 1, per cui è rappresentativo di una riduzione della frequenza media prevista di incidenti rispetto alla condizione esistente.

6.3.6 CMF Segnaletica orizzontale

Come riportato nell'analisi dalla strada esistente, si evidenzia una carenza di requisiti prestazionali della segnaletica orizzontale, soprattutto in termini di visibilità. Per cui, nella stima della frequenza media prevista di incidenti nella relativa condizione di non intervento si è assunto un valore del CMF unitario. Ovvero, rappresentativo della condizione base dell'HSM. Mentre, per valutare gli effetti in termini di sicurezza stradale della condizione di progetto, che prevede l'utilizzo di segnaletica orizzontale con standard qualitativi idonei alla normativa di settore, si è applicato il CMF relativo alla condizione installazione di strisce di margine e striscia centrale, desunto dal database "CMF Clearinghouse del U.S. Department of Transportation Federal".

Nel caso in esame, il CMF rappresentativo del miglioramento della segnaletica orizzontale è il seguente:

$$\text{CMF} = 0.76$$

Fonte: Handbook of Road Safety Measures, Elvik, R. And Vaa,



CMF / CRF DETAILS

CMF ID: 101

PLACE EDGELINE AND CENTERLINE MARKINGS

DESCRIPTION:

PRIOR CONDITION: NO PRIOR CONDITION(S)

CATEGORY: DELINEATION

STUDY: [HANDBOOK OF ROAD SAFETY MEASURES, ELVIK, R. AND VAA, T., 2004](#)

Star Quality Rating: ★★★★★

Crash Modification Factor (CMF)

Value: 0.76

Adjusted Standard Error: 0.11

Unadjusted Standard Error: 0.06

Come riportato nella tabella precedente, il CMF in esame assume un valore minore di 1, per cui è rappresentativo di una riduzione della frequenza media prevista di incidenti rispetto alla condizione esistente.

6.4 Fattore di calibrazione locale (C)

In assenza di SPF sviluppate con riferimento al contesto nazionale italiano, nell'ambito dell'applicazione della metodologia HSM, risulta opportuno avere a disposizione dei coefficienti di calibrazione per i vari contesti locali e per diverse tipologie di infrastrutture stradali.

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati di diversi studi di calibrazione condotti in Italia per diversi scopi e per diverse tipologie di strada, a seguito della concomitanza della pubblicazione dell'Highway Safety Manual (2010). Sono stati oggetto di studio sia diversi segmenti a due corsie a carreggiata unica (Rural Two-Lane Roads) che i segmenti di autostrade ed extraurbane a carreggiate separate (Rural Divided Freeways).

Tipologia di tronchi stradali	Area Geografica	Autori	Dataset	Periodo di riferimento	Fattore di Calibrazione (C)
Autostrade	Sicilia	Cafiso et al. (2012)	47 segmenti (58Km), 314 incidenti con morti e feriti	2005 -2008	1.26
Autostrade	Italia	La Torre et al. (2014)	56 segmenti (700Km)	2005 -2009	1.52 (MV, FI) 1.19 (MV, PDO) 0.36 (SV, FI) 0.64 (SV, PDO)
Strade extraurbane a due corsie (statali, provinciali e locali)	Toscana (Provincia di Arezzo)	Martinelli et al. (2009)	938 Km, 402 incidenti	2002 - 2004	0.37
Strade extraurbane a due corsie (statali, provinciali e locali)	Piemonte (Provincia di Torino)	Sacchi et al. (2012)	242 segmenti (115 Km), 236 incidenti con morti e feriti	2005 - 2008	0.44
Strade extraurbane a due corsie (statali e provinciali)	Italia	Colonna et al. (2016)	398 segmenti (220 Km), 422 incidenti con morti e feriti	2008 - 2012	1.44

Con riferimento alla tipologia di strada in esame ed all'area geografica, si è considerato un valore del fattore di calibrazione locale C pari a 1.44.

6.5 Frequenza media prevista di incidenti (Npred)

6.5.1 Frequenza media prevista di incidenti in condizione esistente

Si riporta di seguito il calcolo della frequenza media prevista di incidenti (Npred) per la condizione esistente (condizione di non intervento), sviluppato applicando la metodologia HSM descritta nei paragrafi precedenti.

CONDIZIONE ESISTENTE																
ID	Elemento	Sviluppo	R	R	L tratto omogeneo	L tratto omogeneo	Pend. Long	Nspf	CMF						Fattore di calibrazione locale	Npred
		(m)	(m)	(ft)	(m)	(mi)	(%)	inc/anno	Curva	Corsia	Banch.	Pend. Long.	Pavim.	Segnaletica orizzontale	(C)	inc/anno
1	Rettilineo	114.18	0.00	-	114.18	0.07	-3.61	0.04	1	1.083	1.102	0.928	1.000	1.000	1.44	0.06
2	Curva	30.04	100.00	328.08	30.04	0.02	4.57	0.01	9.449	1.083	1.102	1.091	1.000	1.000	1.44	0.18
3	Rettilineo	91.80	0.00	-	91.80	0.06	4.57	0.03	1	1.083	1.102	1.091	1.000	1.000	1.44	0.06
4	Curva	69.46	60.00	196.85	69.46	0.04	-8.83	0.02	7.090	1.083	1.102	0.823	1.000	1.000	1.44	0.24
5	Rettilineo	20.03	0.00	-	20.03	0.01	-8.83	0.01	1	1.083	1.102	0.823	1.000	1.000	1.44	0.01
6	Curva	35.74	60.00	196.85	35.74	0.02	-8.83	0.01	12.835	1.083	1.102	0.823	1.000	1.000	1.44	0.22
7	Rettilineo	40.07	0.00	-	40.07	0.02	2.39	0.01	1	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.02
8	Curva	37.62	60.00	196.85	37.62	0.02	2.39	0.01	12.246	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.28
9	Rettilineo	54.79	0.00	-	54.79	0.03	2.39	0.02	1	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.03
10	Curva	19.82	60.00	196.85	19.82	0.01	2.39	0.01	22.343	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.27
11	Rettilineo	332.20	0.00	-	332.20	0.21	2.39	0.11	1	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.20
12	Curva	19.45	60.00	196.85	19.45	0.01	2.39	0.01	22.751	1.083	1.102	1.048	1.000	1.000	1.44	0.27
13	Rettilineo	8.02	0.00	-	8.02	0.00	5.70	0.00	1	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.01
14	Curva	19.59	60.00	196.85	19.59	0.01	5.70	0.01	22.595	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.29
15	Rettilineo	101.82	0.00	-	101.82	0.06	5.70	0.03	1	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.07
16	Curva	32.40	200.00	656.17	32.40	0.02	5.70	0.01	4.917	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.10
17	Rettilineo	131.64	0.00	-	131.64	0.08	5.70	0.04	1	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.09
18	Curva	22.00	150.00	492.13	22.00	0.01	5.70	0.01	8.690	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.12
19	Rettilineo	21.95	0.00	-	21.95	0.01	5.70	0.01	1	1.083	1.102	1.114	1.000	1.000	1.44	0.01
Npred =																2.54

6.5.2 Frequenza media prevista di incidenti in condizione di progetto

Si riporta di seguito il calcolo della frequenza media prevista di incidenti (Npred) per la condizione di progetto (con riferimento agli interventi di adeguamento previsti), sviluppato applicando la metodologia HSM descritta nei paragrafi precedenti.

CONDIZIONE DI PROGETTO																
ID	Elemento	Sviluppo	R	R	L tratto omogeneo	L tratto omogeneo	Pend. Long	Nspf	CMF						Fattore di calibrazione locale	Npred
		(m)	(m)	(ft)	(m)	(mi)	(%)	inc/anno	Curva	Corsia	Banch.	Pend. Long.	Pavim.	Segnaletica orizzontale	(C)	inc/anno
1	Rettilineo	87.69	0	-	87.69	0.05	-0.30	0.03	1	1.009	1.074	0.994	0.776	0.760	1.44	0.03
2	Clotoidi	32.00	0	-	293.55	0.18	-0.30	0.10	1.390	1.009	1.074	0.994	0.776	0.760	1.44	0.13
3	Arco	229.55	200	656.17												
4	Clotoidi	32.00	0	-	497.42	0.31	5.30	0.17	1.103	1.009	1.074	1.106	0.776	0.760	1.44	0.19
5	Rettilineo	173.91	0	-												
6	Clotoidi	45.56	0	-	226.68	0.14	4.30	0.08	1	1.009	1.074	1.086	0.776	0.760	1.44	0.08
7	Arco	406.29	400	1312.34												
8	Clotoidi	45.56	0	-	226.68	0.14	4.30	0.08	1	1.009	1.074	1.086	0.776	0.760	1.44	0.08
9	Rettilineo	226.68	0	-												
Npred =																0.48

6.5.3 Confronto degli indicatori di sicurezza stradale

Nell'ambito degli interventi di adeguamento previsti per la viabilità in esame (NV05), è prevista una variazione dello sviluppo planimetrico del tratto stradale in esame. Pertanto, al fine di confrontare in termini di sicurezza stradale gli effetti che gli interventi di progetto determinano rispetto alla condizione esistente, si è adottato quale indicatore di sicurezza stradale la frequenza media prevista di incidenti per Km (Npred/Km).

I valori degli indicatori di sicurezza calcolati attraverso la metodologia HSM, sono riportati in tabella seguente.

RISULTATI DEL METODO HSM				
Indicatori		Condizione		Miglioramento della Sicurezza Stradale
		Esistente	Progetto	
Sviluppo	(m)	1202.61	1279.25	
Npred	(inc/anno)	2.54	0.48	
Npred/Km	(inc/anno per Km)	2.12	0.37	82%

Confrontando tali indicatori, si evince che complessivamente, gli interventi previsti nell'ambito dell'adeguamento della viabilità in esame (NV21), comportano una riduzione della frequenza media prevista di incidenti per Km pari al 82%. Per cui, tali interventi possono considerarsi migliorativi, in termini di sicurezza stradale, rispetto alla condizione esistente.

7. CONCLUSIONI

A seguito delle analisi e valutazione di sicurezza stradale effettuata con riferimento alla porzione di tracciato della viabilità NV21 in cui ricadono gli interventi previsti nell'ambito del Progetto Definitivo, ed al fine di quantificare gli effetti benefici, in termini di sicurezza stradale, associati a tali interventi, si è adottato il metodo predittivo contenuto nel manuale HSM. Pertanto, si è scelto quale indicatore rappresentativo della sicurezza stradale, la frequenza media prevista di incidenti per Km (N_{pred}/Km).

Attraverso la procedura HSM si stima che gli interventi di progetto riconducono ad una riduzione dell'incidentalità pari al 82%. Pertanto, relativamente alla viabilità in esame, gli interventi previsti nell'ambito del presente progetto definitivo possono ritenersi migliorativi, in termini di sicurezza stradale, rispetto alla condizione esistente.

Inoltre, con riferimento all'aumento della larghezza delle dimensioni degli elementi costituenti la piattaforma stradale (corsie e banchine), ed ai risultati riportati nello studio di trasporto redatto nell'ambito del Progetto Definitivo, si ritiene che gli interventi di adeguamento previsti per la viabilità in esame siano migliorativi rispetto in termini di condizione funzionale, rispetto allo scenario esistente.