

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA
RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI – INTERPORTO D'ABRUZZO
(LOTTO 3)

NV34 - Viabilità Via Tirino al km 14+250,00

Relazione di sicurezza

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 6 F 0 3 D 2 9 R H NV 3 4 0 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|--------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|--------------------------|
| A | EMISSIONE ESCUTIVA | R. Velotta | 11.10.2023 | E. Leggieri | 11.10.2023 | M. D'Avino | 11.10.2023 | F. Arduini 06.10.2023 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Dott. F. Arduini
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

File: IA6F03D29RHNV3400001A.docx

n. Elab.:

INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | SCOPO DEL DOCUMENTO | 4 |
| 3 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3.1 | CONSIDERAZIONI SUL QUADRO NORMATIVO PER INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DI STRADE ESISTENTI | 6 |
| 4 | ANALISI DELLA CONDIZIONE ESISTENTE | 9 |
| 4.1 | CARATTERISTICHE FUNZIONALI E DIMENSIONI DELLA PIATTAFORMA STRADALE | 9 |
| 4.2 | RICOSTRUZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRACCIATO..... | 10 |
| 4.3 | DATI DI INCIDENTALITÀ..... | 10 |
| 4.4 | POSSIBILI FATTORI CONTRIBUTIVI DEGLI INCIDENTI STRADALI..... | 14 |
| 5 | ANALISI DELLA CONDIZIONE DI PROGETTO | 16 |
| 5.1 | CARATTERISTICHE FUNZIONALI E DIMENSIONI DELLA PIATTAFORMA STRADALE | 16 |
| 5.2 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRACCIATO | 17 |
| 5.3 | INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA STRADA ESISTENTE | 17 |
| 6 | STIMA DELL'INCIDENTALITÀ | 19 |
| 6.1 | IL METODO DELL'HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM) | 19 |
| 6.2 | INDICATORI DI SICUREZZA STRADALE PER STRADE URBANE | 22 |
| 6.2.1 | <i>Frequenza media prevista di incidenti relativa ai veicoli.....</i> | 22 |
| 6.2.2 | <i>Frequenza media prevista di incidenti con pedoni.....</i> | 27 |
| 6.2.3 | <i>Frequenza media prevista di incidenti con ciclisti.....</i> | 27 |
| 6.2.4 | <i>Crash Modification factors (CMF)</i> | 28 |
| 6.2.5 | <i>Stima della frequenza media di progetto nella condizione esistente.....</i> | 30 |
| 6.2.6 | <i>Stima della frequenza media di progetto nella condizione di progetto</i> | 30 |
| 6.2.7 | <i>Confronto degli indicatori di sicurezza stradale</i> | 31 |
| 7 | CONCLUSIONI | 32 |

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione del Progetto del raddoppio ferroviario della tratta Chieti – Interporto d'Abruzzo, riguardante l'intervento di velocizzazione della line Roma – Pescara. Si rammenta come Il progetto di raddoppio della linea, in questo tratto, risulta suddiviso in un unico lotto: il tre, Lotto 3 che riguarda appunto il Raddoppio della Chieti (e) – Interporto d'Abruzzo.



Risulta importante evidenziare come la linea esistente attraversi una moltitudine di poli attrattori e generatori di spostamenti rappresentati per l'appunto da frazioni ed aree antropizzate dislocate tra le province di Pescara e Chieti, ciò conferisce al tracciato delle caratteristiche di linea metropolitana. Il progetto, per quanto concerne in particolare i lotti in oggetto, è volto ad una ulteriore promozione della mobilità sostenibile attraverso un miglioramento delle caratteristiche di capacità dell'esistente linea ferroviaria.

Considerando i caratteri del territorio oggetto dell'intervento (area fortemente antropizzata) il raddoppio ferroviario che verrà realizzato in sede in stretto affiancamento, non è risultato possibile sempre sullo stesso lato rispetto alla linea storica (LS), pertanto il raddoppio della linea verrà realizzato in alcuni tratti sul lato destro ed in altri su quello sinistro rispetto al binario esistente. Per quanto concerne l'aspetto altimetrico il tracciato di progetto ripercorre l'andamento di quello della linea storica.

Oggetto della presente relazione è l'analisi degli aspetti relativi la sicurezza stradale nell'ambito degli interventi di progetto previsti per la viabilità NV34, ricadenti nella casistica di "interventi di adeguamento di strade esistenti".

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Come descritto nel precedente paragrafo, gli interventi di progetto relativi alla viabilità in esame si configurano come "adeguamento di viabilità esistente" per il quale la norma cogente di riferimento è costituita dal D.M. 22/04/2004, 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 ed un miglioramento delle caratteristiche funzionali, fermo restando la necessità di garantire la continuità di esercizio della infrastruttura.

Nel seguito, dopo aver riportato l'analisi dell'infrastruttura esistente in termini di caratteristiche geometrico-funzionali, di traffico e di incidentalità, vengono descritti gli interventi di adeguamento previsti in progetto. Successivamente, viene descritta la metodologia applicata (HSM) 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.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A | FOGLIO 5 di 32 |

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta nel seguito l'elenco delle disposizioni legislative adottate per la definizione geometrico-funzionale delle viabilità.

- D. L.vo 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";
- Bozza 21/03/2006 "Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti";
- D.M. 18/02/1992: "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";
- D.M. 30/11/1999, n. 557 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili";
- 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".

Oltre alla normativa vigente si riporta nel seguito l'elenco delle disposizioni RFI adottate per la geometrizzazione delle viabilità:

- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Manuale di progettazione delle opere civili".
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B del 21.12.2018 - "Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 1 - Ambiente".
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 2 – Ponti e Strutture".
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A | FOGLIO 6 di 32 |

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 esistente 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 di 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, è 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, è 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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A | FOGLIO 8 di 32 |

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 è in grado di produrre un innalzamento del suo livello di sicurezza, sia predisposta con criteri razionali, ovvero sulla base delle conoscenze scientifiche di settore.

All'attualità 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, è 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 in esame, 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 di fattibilità relativi al tratto stradale in esame. Per ulteriori approfondimenti sulla metodologia applicata nel presente caso progettuale si rimanda ai capitoli successivi.

4 ANALISI DELLA CONDIZIONE ESISTENTE

Via Tirino rappresenta un importante collegamento tra le zone Est ed Ovest di Chieti divise dall'attraversamento della linea ferroviaria. Come nel caso della viabilità NV31 proprio in corrispondenza dell'intersezione con la strada il progetto di raddoppio prevede la demolizione del ponticello esistente e la realizzazione di un nuovo assetto dei binari caratterizzato da una configurazione della sezione trasversale costituita da 2 binari affiancati.



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. È possibile sintetizzare l'iter procedurale adottato per l'analisi della strada esistente nelle seguenti fasi operative:

- Caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale;
- Ricostruzione delle caratteristiche geometriche del tracciato;
- Dati di incidentalità;
- Possibili fattori contributivi degli incidenti stradali.

4.1 Caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale

Con riferimento alla condizione esistente, la viabilità in esame risulta caratterizzata da una piattaforma stradale costituita dai seguenti elementi:

- Larghezza corsie: 3.50m

- Larghezza banchine: 0.50m
- Marciapiede: 1.50m (ciglio destro)

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, i tratti di strada in cui ricadono gli interventi di progetto sono associabili funzionalmente ad una strada locale urbana di categoria E, secondo il DM 05/11/2001.

4.2 Ricostruzione delle caratteristiche geometriche del tracciato

La ricostruzione dell'andamento plano-altimetrico delle condizioni esistenti del tratto stradale oggetto di intervento è avvenuta sulla base di rilievi, studi ed indagini condotte nell'ambito delle attività di progettazione.

Gli interventi di progetto non prevedono modifiche all'andamento planimetrico dell'asse. Per cui, ai fini dell'applicazione del modello predittivo, le caratteristiche planimetriche associate alla condizione esistente, si sono considerate uguali alla condizione di progetto.

Per quanto concerne l'andamento altimetrico degli assi, invece, sono previste modifiche rispetto alla condizione esistente.

In tabella seguente si riportano le principali caratteristiche planimetriche della condizione esistente, e la pendenza longitudinale massima associata a ciascun elemento planimetrico.

| Elemento | Sviluppo (m) | Raggio / A (m) | Pendenza longitudinale |
|-----------|--------------|----------------|------------------------|
| Rettifilo | 14.25 | - | 5.10% |
| Clotoide | 9.22 | 27.50 | 5.10% |
| Curva | 22.52 | 82.00 | 0.35% |
| Clotoide | 11.34 | 30.50 | 0.35% |
| Rettifilo | 48.62 | - | 6.10% |

4.3 Dati di incidentalità

Relativamente alle strade urbane locali risulta ad oggi non presente un database univoco da cui reperire dati incidentali riferiti alla specifica strada di riferimento. In assenza di dati incidentali specifici del tratto stradale in cui ricadono gli interventi di progetto, si sono macroscopicamente analizzati i dati nazionali riferiti al triennio 2019-2022 riportati nel report ACI/ISTAT – Incidenti Stradali.

Dai dati riportati si evince che la maggior parte degli incidenti registrati sul territorio nazionale avviene in ambito urbano (73.4%), ovvero nel contesto in cui si mette la strada oggetto del presente studio. Relativamente alle conseguenze degli incidenti stradali, sulle strade urbane, inoltre, si registrano anche il maggior numero di feriti (69.8%), e una rilevante proporzione di morti per incidente stradale (42.2%).

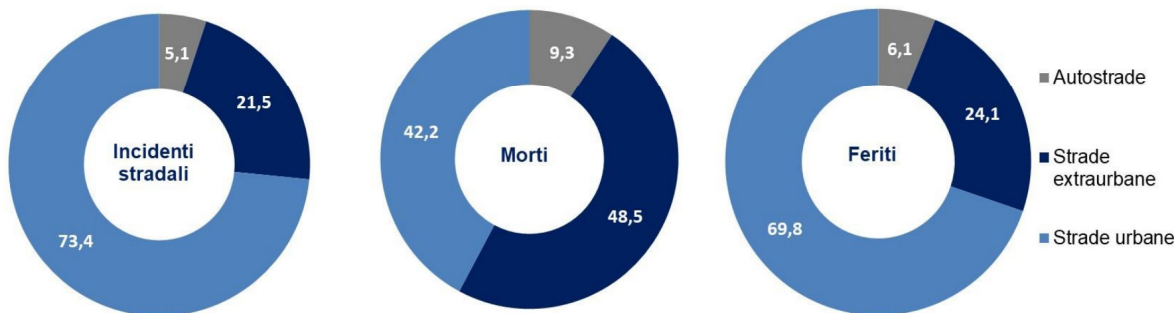
INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE SECONDO LA CATEGORIA DELLA STRADA.

Anni 2022, 2021 e 2019, valori assoluti e variazioni percentuali 2022/2021 e 2022/2019

| CATEGORIA DELLA STRADA | Incidenti 2022 | Incidenti 2021 | Incidenti 2019 | Morti 2022 | Morti 2021 | Morti 2019 | Feriti 2022 | Feriti 2021 | Feriti 2019 | Var.% incidenti 2022/2021 | Var.% morti 2022/2021 | Var.% incidenti 2022/2019 | Var.% morti 2022/2019 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Strade urbane (a) | 121.818 | 110.952 | 127.000 | 1.333 | 1.264 | 1.331 | 155.934 | 142.729 | 168.794 | +9,8 | +5,5 | -4,1 | +0,2 |
| Autostrade e raccordi | 8.375 | 7631 | 9.076 | 295 | 246 | 310 | 13.579 | 12.023 | 15.009 | +9,7 | +19,9 | -7,7 | -4,8 |
| Strade extraurbane (a) | 35.696 | 33.292 | 36.107 | 1.531 | 1.365 | 1.532 | 53.962 | 49.976 | 57.581 | +7,2 | +12,2 | -1,1 | -0,1 |
| Totale | 165.889 | 151.875 | 172.183 | 3.159 | 2.875 | 3.173 | 223.475 | 204.728 | 241.384 | +9,2 | +9,9 | -3,7 | -0,4 |

(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.

INCIDENTI STRADALI, MORTI E FERITI PER CATEGORIA DI STRADA (a). Anno 2022, valori percentuali



Nel complesso, la maggior parte degli incidenti stradali avviene tra veicoli in marcia (67,7%). Il 91,3% coinvolge uno o due veicoli, il 6,7% tre veicoli e il 2,0% quattro e più veicoli. Gli incidenti a veicolo isolato, esclusi gli investimenti di pedone, rappresentano il 21,6%. Gli investimenti di pedone sono invece il 10,7% del totale.

Un'ulteriore analisi incidentale è stata sviluppata su scala regionale sulla base dei dati ACI-ISTAT riferiti all'anno 2021, i cui risultati sono riportati nelle immagini e nelle tabelle seguenti.

Incidenti stradali, morti e feriti per provincia in Abruzzo. Anno 2021

| Territorio | Totale incidenti | | | di cui incidenti mortali | | |
|----------------|------------------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------------|-----------|
| | N | Persone infortunate | | N | Persone infortunate | |
| | | Morti | Feriti | | Morti | Feriti |
| L'Aquila | 568 | 26 | 835 | 24 | 26 | 18 |
| Teramo | 744 | 15 | 1.088 | 13 | 15 | 6 |
| Pescara | 745 | 9 | 984 | 9 | 9 | 5 |
| Chieti | 672 | 30 | 915 | 27 | 30 | 12 |
| Abruzzo | 2.729 | 80 | 3.822 | 73 | 80 | 41 |

Incidenti stradali a veicoli isolati per tipo e provincia in Abruzzo. Anno 2021

| Province | Investimento di pedone | Urto del veicolo in marcia con | | Fuoriuscita sbandamento o altro | Infortunio per frenata improvvisa | Infortunio per caduta da veicolo | Totale |
|----------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------|
| | | Veicolo in sosta | Ostacolo accidentale o fisso | | | | |
| L'Aquila | 66 | 8 | 61 | 67 | 0 | 7 | 209 |
| Teramo | 60 | 22 | 54 | 47 | 3 | 11 | 197 |
| Pescara | 94 | 18 | 48 | 33 | 1 | 10 | 204 |
| Chieti | 59 | 11 | 55 | 62 | 2 | 14 | 203 |
| Abruzzo | 279 | 59 | 218 | 209 | 6 | 42 | 813 |

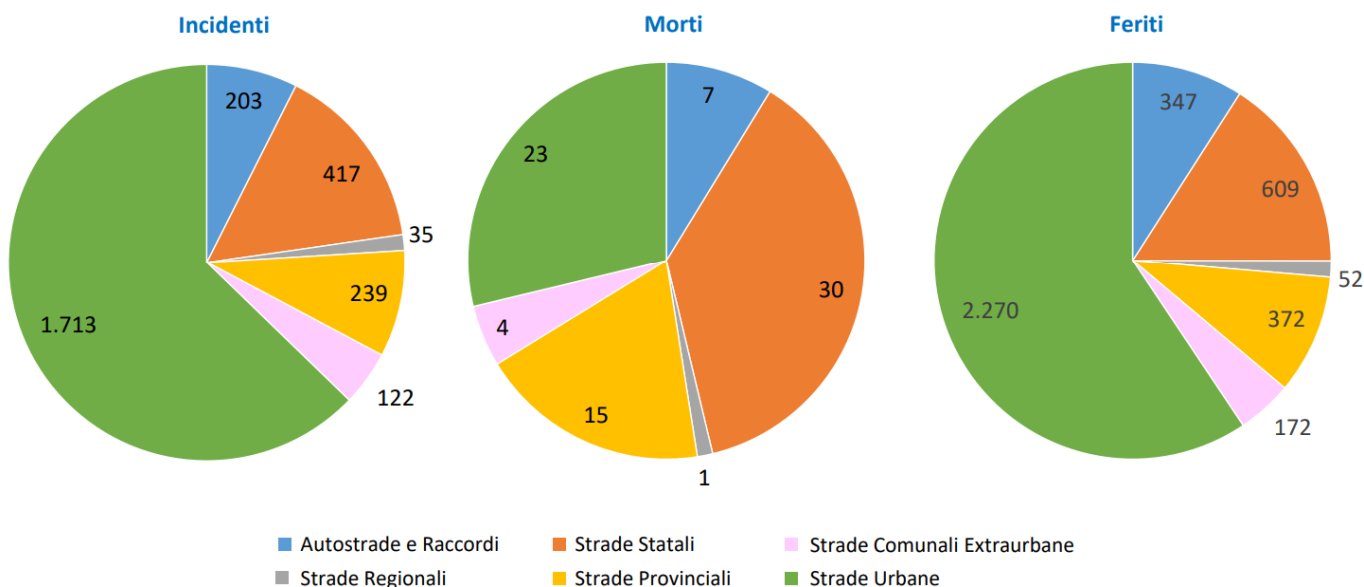
Incidenti stradali tra veicoli in marcia per tipo e provincia in Abruzzo. Anno 2021

| PROVINCE | Scontro frontale | Scontro frontale-laterale | Scontro laterale | Tamponamento | Veicolo in fermata o arresto | Totale |
|----------------|------------------|---------------------------|------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| L'Aquila | 35 | 182 | 44 | 82 | 16 | 359 |
| Teramo | 54 | 262 | 75 | 127 | 29 | 547 |
| Pescara | 38 | 307 | 71 | 99 | 26 | 541 |
| Chieti | 40 | 211 | 57 | 135 | 26 | 469 |
| Abruzzo | 167 | 962 | 247 | 443 | 97 | 1.916 |

Incidenti stradali, morti e feriti per categoria di strada in Abruzzo . Anno 2021

| Territorio | Autostrade e Raccordi | Strade Statali | Strade Regionali | Strade Provinciali | Strade Comunali Extraurbane | Strade Urbane | Totale |
|------------------|-----------------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| Incidenti | | | | | | | |
| L'Aquila | 36 | 149 | 26 | 36 | 33 | 288 | 568 |
| Teramo | 69 | 101 | - | 77 | 22 | 475 | 744 |
| Pescara | 24 | 70 | 9 | 28 | 21 | 593 | 745 |
| Chieti | 74 | 97 | - | 98 | 46 | 357 | 672 |
| Abruzzo | 203 | 417 | 35 | 239 | 122 | 1.713 | 2.729 |
| Morti | | | | | | | |
| L'Aquila | 0 | 15 | 1 | 2 | 2 | 6 | 26 |
| Teramo | 2 | 3 | 0 | 4 | 0 | 6 | 15 |
| Pescara | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 | 9 |
| Chieti | 4 | 11 | 0 | 8 | 1 | 6 | 30 |
| Abruzzo | 7 | 30 | 1 | 15 | 4 | 23 | 80 |
| Feriti | | | | | | | |
| L'Aquila | 64 | 216 | 42 | 72 | 43 | 398 | 835 |
| Teramo | 130 | 153 | - | 122 | 33 | 650 | 1.088 |
| Pescara | 33 | 96 | 10 | 43 | 36 | 766 | 984 |
| Chieti | 120 | 144 | - | 135 | 60 | 456 | 915 |
| Abruzzo | 347 | 609 | 52 | 372 | 172 | 2.270 | 3.822 |

Incidenti stradali, morti e feriti per categoria di strada in Abruzzo. Anno 2021



4.4 Possibili fattori contributivi degli incidenti stradali

Nell'ambito dell'analisi della condizione esistente, si sono rilevate alcune criticità che caratterizzano lo stato attuale infrastruttura. Tali criticità possono ritenersi possibili fattori contributivi di incidenti stradali. Ovvero, condizioni dell'infrastruttura esistente che influiscono sulla probabilità di collisione. Nel seguito vengono descritti gli elementi critici rilevati, e successivamente correlati alla tipologia di collisione probabile.

Relativamente allo stato della pavimentazione esistente, come si evince dall'immagine seguente, l'infrastruttura in esame è caratterizzata da uno stato di degrado dello stato di usura e dalla presenza di ormaie. L'attuale stato della pavimentazione non garantisce requisiti prestazionali adeguati alla sicurezza stradale degli utenti, in quanto da un'analisi visiva si ritiene che le caratteristiche di aderenza dello strato di usura possono contribuire all'aumento della probabilità di incidenti per tamponamento.



Per quanto concerne la segnaletica orizzontale lungo il tratto stradale oggetto di intervento si rileva uno stato di degrado della stessa, con caratteristiche di luminosità e riflettenza che non rispondono ai requisiti prestazionali minimi tali da garantire un adeguato livello di sicurezza dell'infrastruttura.



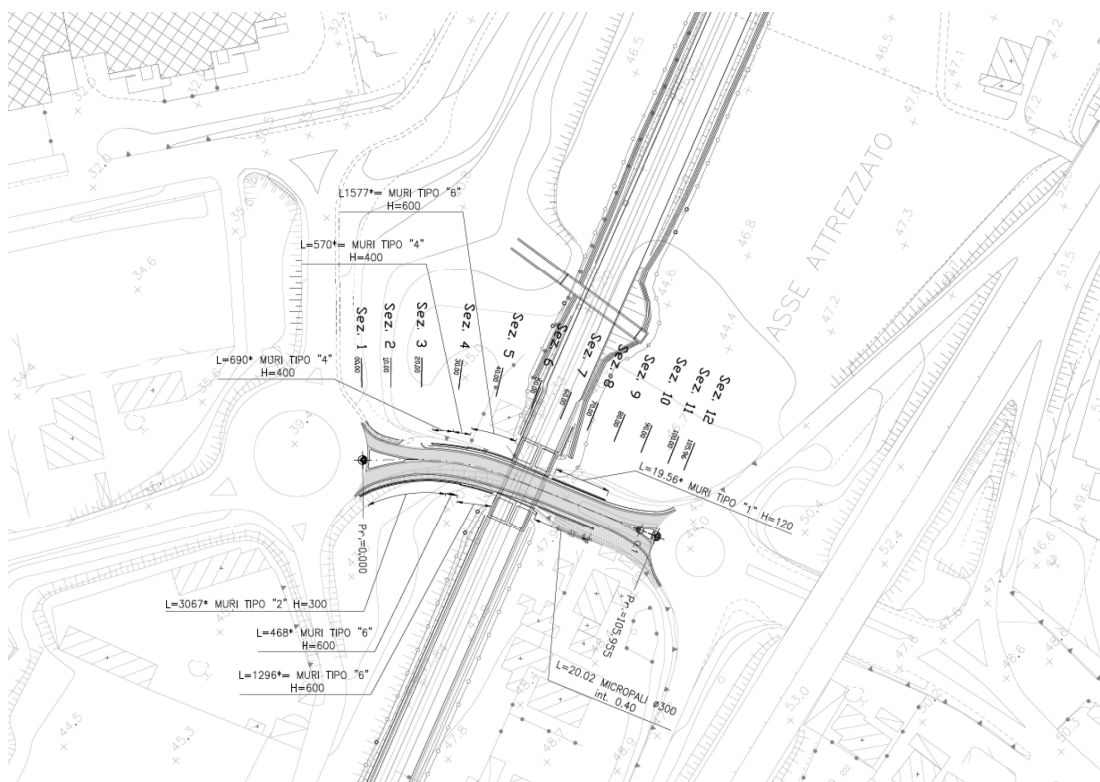
Sulla base di studi scientifici, statistici e letteratura tecnica di riferimento, si riporta una tabella riassuntiva che indica per ciascuna criticità rilevata nella condizione attuale, le tipologie di collisione ad essa correlate.

| 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 DELLA CONDIZIONE DI PROGETTO

Come riportato nei paragrafi precedenti, via Tirino rappresenta un importante collegamento tra le zone Est ed Ovest di Chieti divise dall'attraversamento della linea ferroviaria. Come nel caso della viabilità NV31 proprio in corrispondenza dell'intersezione con la strada il progetto di raddoppio prevede la demolizione del ponticello esistente e la realizzazione di un nuovo assetto dei binari caratterizzato da una configurazione della sezione trasversale costituita da 2 binari affiancati.

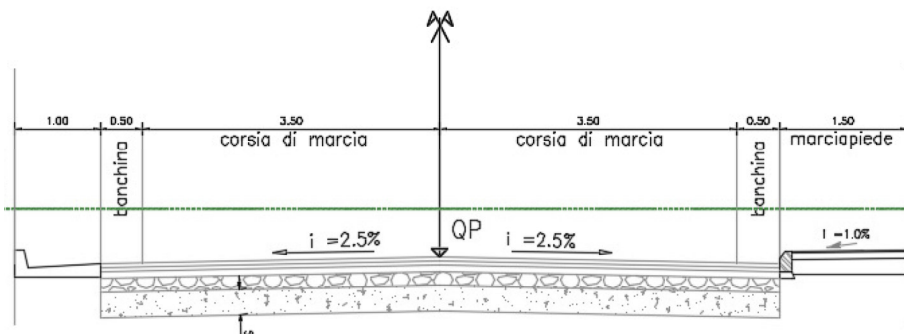
Per continuare a garantire quindi la continuità di Via Tirino ed al contempo migliorarne le caratteristiche geometriche si è scelto di modificare l'andamento plano altimetrico dell'asse esistente; in tal modo è risultato possibile ampliare l'altezza libera tra intradosso opera e pavimentazione della strada da 4,65 m a 5,00 m, inserire curve di transizione, inserire gli opportuni allargamenti per iscrizione in curva per garantire il passaggio dei mezzi pesanti, nonché di adeguare la geometria dei rami di entrata e uscita in corrispondenza delle due rotatorie presenti all'inizio e alla fine del tracciato della NV34, adeguando la viabilità alla normativa sulla progettazione delle strade DM 2001 e alla normativa sulla progettazione delle intersezioni stradali DM2006.



5.1 Caratteristiche funzionali e dimensioni della piattaforma stradale

Con riferimento alla condizione di progetto, la viabilità in esame risulta caratterizzata da una piattaforma stradale costituita dai seguenti elementi:

- Larghezza corsie: 3.50m
- Larghezza banchine: 0.50m
- Marciapiede: 1.50m (ciglio destro)



L'intervento di progetto non prevede modifiche alle caratteristiche funzionali della viabilità in esame. Pertanto, come per la condizione esistente, anche nella condizione di progetto la viabilità in esame è funzionalmente associabile ad una strada locale urbana di categoria E, secondo il DM 05/11/2001.

5.2 Caratteristiche geometriche del tracciato

Dal punto di vista planimetrico, gli interventi di progetto non prevedono una modifica degli elementi costituenti il tracciato esistente.

Dal punto di vista altimetrico, invece, sono previste modifiche al profilo delle viabilità al fine di aumentare il franco verticale del sottovia.

In tabella seguente si riportano le principali caratteristiche planimetriche della condizione esistente, e la pendenza longitudinale massima associata a ciascun elemento planimetrico.

| Elemento | Sviluppo (m) | Raggio / A (m) | Pendenza longitudinale |
|-----------|--------------|----------------|------------------------|
| Rettifilo | 14.25 | - | 5.10% |
| Clotoide | 9.22 | 27.50 | 0.35% |
| Curva | 22.52 | 82.00 | 0.35% |
| Clotoide | 11.34 | 30.50 | 0.35% |
| Rettifilo | 48.62 | - | 6.10% |

5.3 Interventi di adeguamento della strada esistente

Oltre alle modifiche altimetriche descritte nei paragrafi precedenti, gli interventi di adeguamento previsti per la viabilità in esame sono relativi a:

- Miglioramento delle caratteristiche prestazionali della pavimentazione;
- Miglioramento della segnaletica stradale.

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.

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.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|--------------------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A | FOGLIO 19 di 32 |

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 è 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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| | RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A |

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

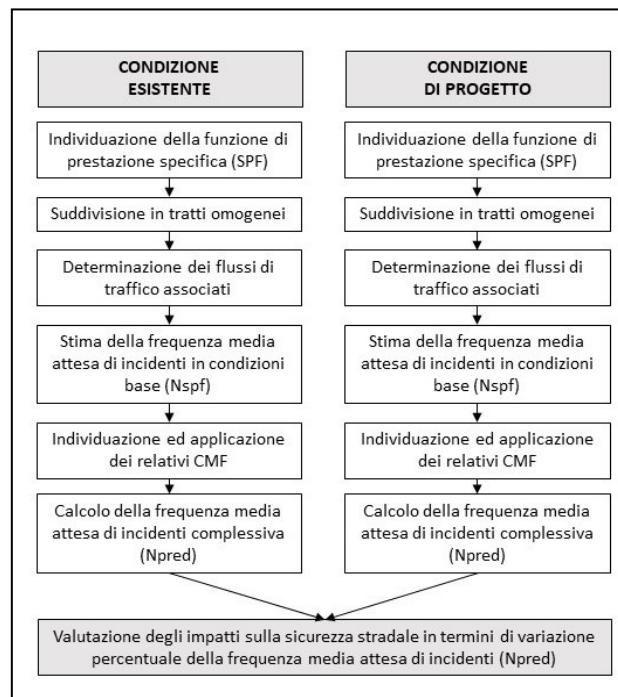
dell'infrastruttura esaminata. Per cui, il modello di previsione utilizzato per stimare la frequenza media prevista di incidentalità assume la seguente forma:

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

- $N_{predicted}$ = 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 è 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 di fattibilità 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.



| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|--------------------|
|  | VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA - PESCARA. RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI - - INTERPORTO D'ABRUZZO (LOTTO 3) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA | | | | | |
| RELAZIONE DI SICUREZZA | COMMESSA IA6F | LOTTO 03 D 29 | CODIFICA RH | DOCUMENTO NV3400 001 | REV. A | FOGLIO 22 di 32 |

6.2 Indicatori di sicurezza stradale per strade urbane

Sia nella condizione esistente che nella condizione di progetto, le caratteristiche geometriche della viabilità in esame, in cui ricadono gli interventi di progetto, sono riconducibili ad una strada Locale Urbana di Categoria F. In entrambe le condizioni si è adottata la categoria “Urban and Suburban Arterials”, secondo il manuale HSM

Come anticipato nei paragrafi precedenti, si è adottato quale indicatore della sicurezza stradale la frequenza media prevista di incidenti ($N_{predicted}$). Nel caso in esame, con riferimento alla categoria di infrastruttura “Urban and Suburban Arterials”, il suddetto indicatore è stato calcolato seguendo la procedura indicata dall’HSM, di seguito descritta.

$$N_{predicted} = C_r \cdot (N_{BR} + N_{pedr} + N_{biker})$$

Dove:

- C_r = fattore di calibrazione locale;
- N_{BR} = Frequenza media prevista di incidenti relativi ai veicoli (ad esclusione di incidenti con pedoni);
- N_{pedr} = Frequenza media prevista di incidenti con pedoni;
- N_{biker} = Frequenza media prevista di incidenti con ciclisti.

6.2.1 Frequenza media prevista di incidenti relativa ai veicoli

Nell’ambito della metodologia HSM, la frequenza media prevista di incidenti relativa ai veicoli (ad esclusione di incidenti con pedoni e ciclisti), è calcolata come la frequenza media prevista di incidenti in condizioni base (SPF) moltiplicata per i CMF applicabili al caso specifico. I CMF applicati nella seguente fase della procedura applicativa sono esclusivamente relativi agli incidenti con veicoli, e riportati ai paragrafi seguenti.

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

La frequenza media prevista di incidenti in “condizioni base” relativi ai veicoli è a sua volta pari alla somma di tre componenti:

$$N_{SPF} = N_{brmv} + N_{brsv} + N_{brdwy}$$

Dove:

RELAZIONE DI SICUREZZA

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| IA6F | 03 D 29 | RH | NV3400 001 | A | 23 di 32 |

- N_{brmv} = frequenza media prevista di incidenti tra veicoli;
- N_{brsv} = frequenza media prevista di incidenti a veicolo isolato;
- N_{brdwy} = frequenza media prevista di incidenti relativi agli accessi.

Le “condizioni base” relative al caso in esame tengono conto di una pendenza longitudinale pari a 0%.

La frequenza media prevista di incidenti tra veicoli è stata calcolata con la seguente espressione.

$$N_{brmv} = \exp(a + b \cdot \ln(AADT) + \ln(L))$$

Dove:

- $AADT$ =Traffico giornaliero medio annuo (veic/g)
- L = sviluppo del tratto omogeneo espresso in miglia
- a, b = coefficienti di regressione (Tab. 12-3 HSM)

Relativamente ai coefficienti di regressione a, b necessari al calcolo nella frequenza media prevista di incidenti tra veicoli, si riportano i relativi valori riportati nell’HSM. Nel caso in esame sono stati considerati i valori dei coefficienti di regressione relativi alle strade a due corsie e a carreggiata unica (2U – 2 Lane Undivided), ed in riferimento agli incidenti totali.

Table 12-3. SPF Coefficients for Multiple-Vehicle Nondriveway Collisions on Roadway Segments

| Road Type | Coefficients Used in Equation 12-10 | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|------------------------------|
| | Intercept (a) | AADT (b) | Overdispersion Parameter (k) |
| Total crashes | | | |
| 2U | -15.22 | 1.68 | 0.84 |
| 3T | -12.40 | 1.41 | 0.66 |
| 4U | -11.63 | 1.33 | 1.01 |
| 4D | -12.34 | 1.36 | 1.32 |
| 5T | -9.70 | 1.17 | 0.81 |
| Fatal-and-injury crashes | | | |
| 2U | -16.22 | 1.66 | 0.65 |
| 3T | -16.45 | 1.69 | 0.59 |
| 4U | -12.08 | 1.25 | 0.99 |
| 4D | -12.76 | 1.28 | 1.31 |
| 5T | -10.47 | 1.12 | 0.62 |
| Property-damage-only crashes | | | |
| 2U | -15.62 | 1.69 | 0.87 |
| 3T | -11.95 | 1.33 | 0.59 |
| 4U | -12.53 | 1.38 | 1.08 |
| 4D | -12.81 | 1.38 | 1.34 |
| 5T | -9.97 | 1.17 | 0.88 |

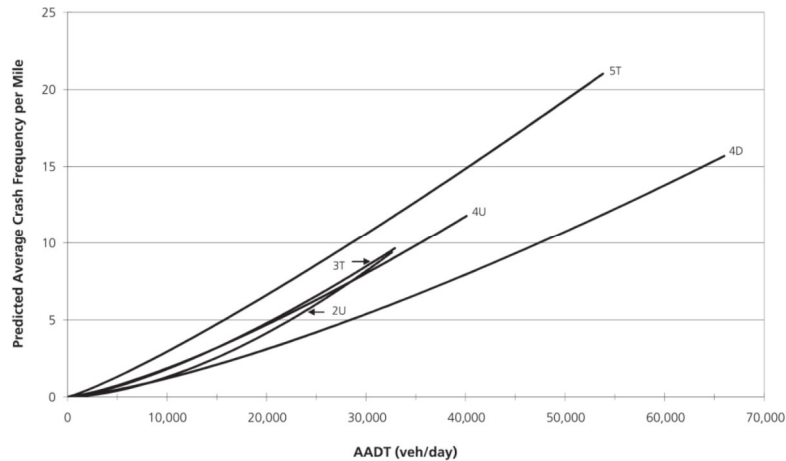


Figure 12-3. Graphical Form of the SPF for Multiple Vehicle Nondriveway collisions (from Equation 12-10 and Table 12-3)

La frequenza media prevista di incidenti relativi a veicoli isolati è stata calcolata con la seguente espressione

$$N_{brsv} = \exp(a + b \cdot \ln(AADT) + \ln(L))$$

Dove:

- $AADT$ = Traffico giornaliero medio annuo (veic/g)
- L = sviluppo del tratto omogeneo espresso in miglia
- a, b = coefficienti di regressione (Tab. 12-5 HSM)

Relativamente ai coefficienti di regressione a, b necessari al calcolo nella frequenza media prevista di incidenti relativi a veicoli isolati, si riportano i relativi valori riportati nell'HSM. Nel caso in esame sono stati considerati i valori dei coefficienti di regressione relativi alle strade a due corsie e a carreggiata unica (2U – 2 Lane Undivided), ed in riferimento agli incidenti totali.

Table 12-5. SPF Coefficients for Single-Vehicle Crashes on Roadway Segments

| Road Type | Coefficients Used in Equation 12-11 | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|------------------------------|
| | Intercept (a) | AADT (b) | Overdispersion Parameter (k) |
| Total crashes | | | |
| 2U | -5.47 | 0.56 | 0.81 |
| 3T | -5.74 | 0.54 | 1.37 |
| 4U | -7.99 | 0.81 | 0.91 |
| 4D | -5.05 | 0.47 | 0.86 |
| 5T | -4.82 | 0.54 | 0.52 |
| Fatal-and-injury crashes | | | |
| 2U | -3.96 | 0.23 | 0.50 |
| 3T | -6.37 | 0.47 | 1.06 |
| 4U | -7.37 | 0.61 | 0.54 |
| 4D | -8.71 | 0.66 | 0.28 |
| 5T | -4.43 | 0.35 | 0.36 |
| Property-damage-only crashes | | | |
| 2U | -6.51 | 0.64 | 0.87 |
| 3T | -6.29 | 0.56 | 1.93 |
| 4U | -8.50 | 0.84 | 0.97 |
| 4D | -5.04 | 0.45 | 1.06 |
| 5T | -5.83 | 0.61 | 0.55 |

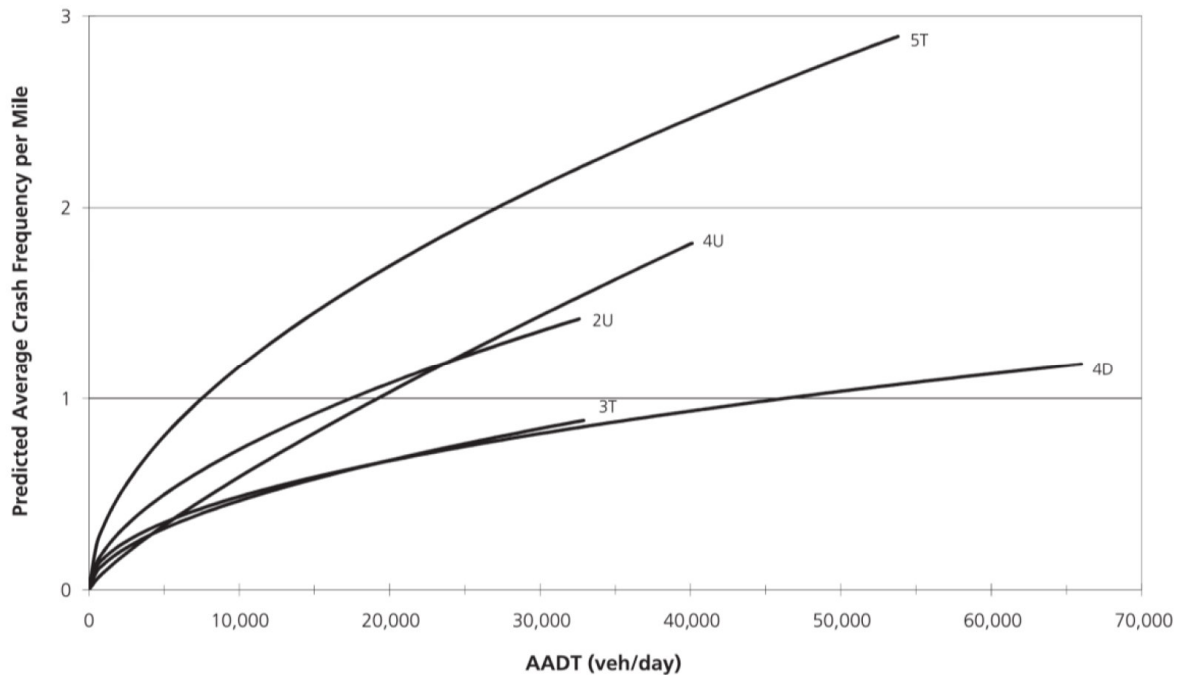


Figure 12-4. Graphical Form of the SPF for Single-Vehicle Crashes (from Equation 12-13 and Table 12-5)

La frequenza media prevista di incidenti relativi agli accessi è stata calcolata con la seguente espressione:

$$N_{brdwy} = \sum n_j \cdot N_j \cdot \left(\frac{AADT}{15000} \right)^t$$

Dove:

- $AADT$ = Traffico giornaliero medio annuo (veic/g);
- n_j =numero di accessi;
- N_j =Coefficiente relativo alla tipologia di accessi (Tab. 12-7 HSM);
- t = coefficiente relativo ai flussi di traffico (Tab 12.7 HSM)

Relativamente ai coefficienti di regressione a , b necessari al calcolo nella frequenza media prevista di incidenti relativi a veicoli isolati, si riportano i relativi valori riportati nell'HSM. Nel caso in esame sono stati considerati i valori dei coefficienti di regressione relativi alle strade a due corsie e a carreggiata unica (2U – 2 Lane Undivided). Mentre, gli accessi presenti lungo la strada oggetto di intervento si sono considerati quali strade secondarie commerciali (Minor commercial).

Table 12-7. SPF Coefficients for Multiple-Vehicle Driveway Related Collisions

| Driveway Type (j) | Coefficients for Specific Roadway Types | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|
| | 2U | 3T | 4U | 4D | 5T |
| Number of Driveway-Related Collisions per Driveway per Year (N_j) | | | | | |
| Major commercial | 0.158 | 0.102 | 0.182 | 0.033 | 0.165 |
| Minor commercial | 0.050 | 0.032 | 0.058 | 0.011 | 0.053 |
| Major industrial/institutional | 0.172 | 0.110 | 0.198 | 0.036 | 0.181 |
| Minor industrial/institutional | 0.023 | 0.015 | 0.026 | 0.005 | 0.024 |
| Major residential | 0.083 | 0.053 | 0.096 | 0.018 | 0.087 |
| Minor residential | 0.016 | 0.010 | 0.018 | 0.003 | 0.016 |
| Other | 0.025 | 0.016 | 0.029 | 0.005 | 0.027 |
| Regression Coefficient for AADT (t) | | | | | |
| All driveways | 1.000 | 1.000 | 1.172 | 1.106 | 1.172 |
| Overdispersion Parameter (k) | | | | | |
| All driveways | 0.81 | 1.10 | 0.81 | 1.39 | 0.10 |
| Proportion of Fatal-and-Injury Crashes (f_{drwy}) | | | | | |
| All driveways | 0.323 | 0.243 | 0.342 | 0.284 | 0.269 |
| Proportion of Property-Damage-Only Crashes | | | | | |
| All driveways | 0.677 | 0.757 | 0.658 | 0.716 | 0.731 |

Note: Includes only unsignalized driveways; signalized driveways are analyzed as signalized intersections. Major driveways serve 50 or more parking spaces; minor driveways serve less than 50 parking spaces.

6.2.2 Frequenza media prevista di incidenti con pedoni

Nell'ambito dell'applicazione della metodologia HSM, la frequenza media prevista di incidenti con pedoni è calcolata come prodotto tra la frequenza media prevista di incidenti relativi ai veicoli ed un coefficiente funzione della tipologia di strada e del limite di velocità imposto.

$$N_{pedr} = N_{BR} \cdot f_{pedr}$$

Dove:

- N_{BR} = Frequenza media prevista di incidenti relativi ai veicoli (ad esclusione di incidenti con pedoni e ciclisti);
- f_{pedr} = Fattore di calibrazione per incidenti con pedoni (Tab. 12-8 HSM)

Table 12-8. Pedestrian Crash Adjustment Factor for Roadway Segments

| Road Type | Pedestrian Crash Adjustment Factor (f_{pedr}) | |
|-----------|---|----------------------------------|
| | Posted Speed 30 mph or Lower | Posted Speed Greater than 30 mph |
| 2U | 0.036 | 0.005 |
| 3T | 0.041 | 0.013 |
| 4U | 0.022 | 0.009 |
| 4D | 0.067 | 0.019 |
| 5T | 0.030 | 0.023 |

Note: These factors apply to the methodology for predicting total crashes (all severity levels combined). All pedestrian collisions resulting from this adjustment factor are treated as fatal-and-injury crashes and none as property-damage-only crashes.
Source: HSIS data for Washington (2002–2006)

Nel caso in esame sono stati considerati il valore del suddetto coefficiente relativo alle strade a due corsie e a carreggiata unica (2U – 2 Lane Undivided), con un limite di velocità minore di 30mph (50Km/h).

6.2.3 Frequenza media prevista di incidenti con ciclisti

Come riportato nella metodologia HSM, la frequenza media prevista di incidenti con ciclisti è calcolata come prodotto tra la frequenza media prevista di incidenti relativi ai veicoli ed un coefficiente funzione della tipologia di strada e del limite di velocità imposto.

$$N_{biker} = N_{BR} \cdot f_{biker}$$

Dove:

- N_{BR} = Frequenza media prevista di incidenti relativi ai veicoli (ad esclusione di incidenti con pedoni e ciclisti);

- f_{biker} = Fattore di calibrazione per incidenti con ciclisti (Tab. 12-9 HSM)

Table 12-9. Bicycle Crash Adjustment Factors for Roadway Segments

| Road type | Bicycle Crash Adjustment Factor (f_{biker}) | |
|-----------|---|----------------------------------|
| | Posted Speed 30 mph or Lower | Posted Speed Greater than 30 mph |
| 2U | 0.018 | 0.004 |
| 3T | 0.027 | 0.007 |
| 4U | 0.011 | 0.002 |
| 4D | 0.013 | 0.005 |
| 5T | 0.050 | 0.012 |

Note: These factors apply to the methodology for predicting total crashes (all severity levels combined). All bicycle collisions resulting from this adjustment factor are treated as fatal-and-injury crashes and none as property-damage-only crashes.
Source: HSIS data for Washington (2002-2006)

Nel caso in esame sono stati considerati il valore del suddetto coefficiente relativo alle strade a due corsie e a carreggiata unica (2U – 2 Lane Undivided), con un limite di velocità minore di 30mph (50Km/h).

6.2.4 Crash Modification factors (CMF)

Per tener conto delle differenze tra le caratteristiche geometriche delle “condizioni base” dell’HSM e le condizioni riferite alla strada oggetto di analisi, ed al fine di confrontare gli effetti in termini di sicurezza stradale degli interventi di adeguamento di progetto, nell’ambito del modello intervengono diversi Fattori di modificazione degli incidenti (CMF) che tengono conto di varie condizioni.

In considerazione alla descrizione degli interventi di progetto, vengono descritti di seguito i CMF adottati.

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 rappresenta pendenza longitudinale della livelletta relativa al tratto omogeneo considerato, espressa in valori percentuali. Le “condizioni base” dell’HSM, rispetto alle quali è stata calcolata N_{spf} , sono relative ad una pendenza longitudinale pari a 0%. Per cui, i CMF applicati assumono un valore maggiore di 1 sia nella condizione esistente che nella condizione di progetto.

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 di "assenza di strisce di margine e striscia centrale. 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, contenuto nell'HSM.

Table 13-40. Potential Crash Effects of Installing Edgelines, Centerlines, and PMDs (8)

| Treatment | Setting (Road Type) | Traffic Volume | Crash Type (Severity) | CMF | Std. Error |
|--|--|----------------|--------------------------|-------------|------------|
| Install edgelines, centerlines, and PMDs | Urban/Rural (Two-lane/multilane undivided) | Unspecified | All types (Injury) | 0.55 | 0.1 |

Base Condition: Absence of markings.

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.

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.

$$\text{CMF} = 0.799$$



CMF / CRF DETAILS

CMF ID: 2259

IMPROVE PAVEMENT FRICTION (INCREASE SKID RESISTANCE)

DESCRIPTION:

PRIOR CONDITION: SECTIONS OF PAVEMENT WITH BOTH A HIGH PROPORTION (35-40%) OF WET-ROAD CRASHES AND LOW FRICTION NUMBERS (< 32).

CATEGORY: ROADWAY

STUDY: SAFETY EFFECTS OF A TARGETED SKID RESISTANCE IMPROVEMENT PROGRAM, LYON AND PERSAUD, 2008

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Star Quality Rating: | ★★★★☆ (VIEW SCORE DETAILS) |
| Crash Modification Factor (CMF) | |
| Value: | 0.799 |
| Adjusted Standard Error: | 0.028 |
| Unadjusted Standard Error: | 0.028 |

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.

6.2.5 Stima della frequenza media di progetto nella condizione esistente

In assenza di specifici dati di traffico, l'analisi predittiva di incidentalità è stata effettuata nell'ipotesi di diversi range di volumi di traffico (da 1000 veic/g a 50000 veic/g). A titolo esemplificativo, nel seguente tabulato è riportata la stima dell'incidentalità effettuata attraverso l'applicazione del modello HSM nell'ipotesi di TGM pari a 20000veic/g. Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati ottenuti nelle diverse ipotesi di traffico veicolare.

| Stima dell'incidentalità nella condizione Esistente - NV34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------------|------------|-----------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|--------|----------|----------|---------------|--------------|
| ID | Elemento | Sviluppo (m) | n. accessi | L tratto omog (mi) | Pend. Long (%) | Nbrmv | Nbrsv | Nbrdwy | NSPF | CMF | | | Nbr | Npedr | Nbiker | Npred |
| | | | | | | inc/anno | inc/anno | inc/anno | inc/anno | Pend Long | Segnal. | Pavim. | inc/anno | inc/anno | inc/anno | inc/anno |
| 1.0 | Rettifilo | 14.25 | 0 | 0.01 | 5.10 | 0.037 | 0.010 | 0.000 | 0.046 | 1.102 | 1.000 | 1.000 | 0.051 | 0.002 | 0.001 | 0.054 |
| 2.0 | Clotoide | 9.22 | 0 | 0.01 | 5.10 | 0.024 | 0.006 | 0.000 | 0.030 | 1.102 | 1.000 | 1.000 | 0.033 | 0.001 | 0.001 | 0.035 |
| 3.0 | Curva | 22.52 | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.058 | 0.015 | 0.000 | 0.073 | 1.007 | 1.000 | 1.000 | 0.073 | 0.003 | 0.001 | 0.077 |
| 4.0 | Clotoide | 11.34 | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.029 | 0.008 | 0.000 | 0.037 | 1.007 | 1.000 | 1.000 | 0.037 | 0.001 | 0.001 | 0.039 |
| 5.0 | Rettifilo | 48.62 | 0 | 0.03 | 6.10 | 0.125 | 0.033 | 0.000 | 0.157 | 1.122 | 1.000 | 1.000 | 0.176 | 0.006 | 0.003 | 0.186 |
| | | | | | | | | | | | | | | | Npred= | 0.390 |

6.2.6 Stima della frequenza media di progetto nella condizione di progetto

In assenza di specifici dati di traffico, l'analisi predittiva di incidentalità è stata effettuata nell'ipotesi di diversi range di volumi di traffico (da 1000 veic/g a 50000 veic/g). A titolo esemplificativo, nel seguente tabulato è riportata la stima dell'incidentalità effettuata attraverso l'applicazione del modello HSM

nell'ipotesi di TGM pari a 20000veic/g. Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati ottenuti nelle diverse ipotesi di traffico veicolare.

| Stima dell'incidentalità nella condizione Progetto - NV34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----------|------------|-------------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|--------|----------|----------|---------------|--------------|
| ID | Elemento | Sviluppo | n. accessi | L tratto omogeneo | Pend. Long | Nbrmv | Nbrsv | Nbrdwy | NSPF | CMF | | | Nbr | Npedr | Nbiker | Npred |
| | | (m) | | (mi) | (%) | inc/anno | inc/anno | inc/anno | inc/anno | Pend Long | Segnal. | Pavim. | inc/anno | inc/anno | inc/anno | inc/anno |
| 1.0 | Rettilifo | 14.25 | 0 | 0.01 | 5.10 | 0.037 | 0.010 | 0.000 | 0.046 | 1.102 | 0.550 | 0.799 | 0.022 | 0.001 | 0.000 | 0.024 |
| 2.0 | Clotoide | 9.22 | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.024 | 0.006 | 0.000 | 0.030 | 1.007 | 0.550 | 0.799 | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.014 |
| 3.0 | Curva | 22.52 | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.058 | 0.015 | 0.000 | 0.073 | 1.007 | 0.550 | 0.799 | 0.032 | 0.001 | 0.001 | 0.034 |
| 4.0 | Clotoide | 11.34 | 0 | 0.01 | 0.35 | 0.029 | 0.008 | 0.000 | 0.037 | 1.007 | 0.550 | 0.799 | 0.016 | 0.001 | 0.000 | 0.017 |
| 5.0 | Rettilifo | 48.62 | 0 | 0.03 | 6.10 | 0.125 | 0.033 | 0.000 | 0.157 | 1.122 | 0.550 | 0.799 | 0.078 | 0.003 | 0.001 | 0.082 |
| | | | | | | | | | | | | | | | Npred= | 0.170 |

6.2.7 Confronto degli indicatori di sicurezza stradale

In tabella seguente si riporta il valore della frequenza media di incidenti stimata attraverso l'applicazione del modello HSM, per la condizione di progetto e per la condizione esistente, in diverse ipotesi di scenario di traffico.

| | Condizione esistente Npred (inc/anno) | Condizione di progetto Npred (inc/anno) | Riduzione di incidentalità stimata |
|-----------------|--|--|---------------------------------------|
| TGM (Veic/g) | TOT | TOT | |
| 1000 | 0.017 | 0.007 | -59% |
| 5000 | 0.067 | 0.029 | -57% |
| 10000 | 0.151 | 0.066 | -56% |
| 20000 | 0.390 | 0.170 | -56% |
| 50000 | 1.578 | 0.688 | -56% |

7 CONCLUSIONI

A seguito delle analisi e valutazioni di sicurezza stradale effettuata con riferimento alla viabilità in esame, ed al fine di quantificare gli effetti benefici, in termini di sicurezza stradale, associati agli interventi di progetto, 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.

Preliminarmente è stata condotta un'analisi della strada esistente, al fine di identificare i possibili fattori contributivi degli incidenti stradali, correlandoli alle specifiche tipologie di collisione.

Sulla base della letteratura tecnica di settore, si ritiene che gli interventi di adeguamento proposti consistenti nel miglioramento delle caratteristiche prestazionali della segnaletica e della pavimentazione possano ritenersi migliorativi in termini di sicurezza stradale.

Inoltre, sulla base dell'analisi predittiva di incidentalità sviluppata con riferimento alla metodologia HSM, indipendentemente dai volumi di traffico, gli interventi di adeguamento previsti comportano una significativa riduzione dell'incidentalità stimata.

In conclusione, si ritiene che gli interventi di adeguamento previsti possano ritenersi migliorativi in termini di sicurezza stradale.