



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001

CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA

ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850



Pregio tecnico



Caratteristiche ambientali



Cantierizzazione e fasi di lavoro

OFFERTA TECNICA

ASSE STRADALE PRINCIPALE

PROGETTO STRADALE

ELABORATI GENERALI

Relazione Tecnica - Relazione di sicurezza ai sensi del D.M. del 22.04.2004

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO					SCALA	DATA
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev		
DPCA06	D	1501	T00	PS00	TRA	RE03	A	-	21/04/16

CODICE ELABORATO DI OFFERTA

6.3

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.

SWSTM

Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Paolo Cucino

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Documenti normativi	4
2.2	Documenti tecnici	4
2.3	Elaborati di riferimento per l'analisi di sicurezza	4
3	DATI DI INPUT PER L'ANALISI	5
3.1	Limiti di intervento	5
3.2	Geometria	5
3.2.1	Sezione stradale	5
3.2.2	Andamento planimetrico del tracciato	6
3.3	Dati di traffico	8
3.4	Dati di incidenti della strada esistente	10
4	ANALISI DI SICUREZZA AI SENSI DEL D.M. 22 APRILE 2004	12
4.1	Metodologia di analisi	12
4.2	Modelli previsionali di incidentalità	13
4.3	I fattori di modificazione dell'incidentalità ("crash modification factor" CMF)	15
4.4	Distribuzione dei modelli previsionali lungo il tracciato	20
4.4.1	Tracciato esistente	20
4.4.2	Tracciato di Progetto	21
4.4.3	Calcolo del coefficiente di calibrazione	21
4.5	Risultati dell'analisi	22
4.5.1	Significato delle abbreviazioni degli incidenti dei modelli HSM	22
4.5.2	Stima dell'incidentalità predetta sul tracciato esistente (Ante Operam)	23
4.5.3	Stima dell'incidentalità attesa sul tracciato per il progetto definitivo (Post Operam)	25
4.5.4	Sintesi comparativa	29
5	ANALISI PUNTUALE DI ELEMENTI SPECIFICI DEL PROGETTO	30
5.1	Aspetti puntuali oggetto di analisi	30

Nuova SS 554 "Cagliaritana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 2 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

5.2	Valutazione degli effetti di sicurezza dovuti alle non conformità rispetto al D.M. 5 Novembre 2001 e D.M. 19 Aprile 2006.....	30
5.2.1	Identificazione delle non conformità	30
5.2.2	Anomalie nel diagramma delle velocità di progetto	30
5.2.3	Anomalia nei digrammi di visibilità per l'arresto.....	32
5.2.4	Mancato inserimento di clotoidi nel raccordo di curve con raggi superiori a 3000 metri sull'asse principale 37	
5.2.5	Inserimento di clotoidi con parametro non compatibile con il criterio contraccolpo	38
5.2.6	Lunghezza del rettilo inferiore a quella minima consentita	39
5.2.7	Sviluppo della curva circolare inferiore a quello minimo consentito	39
6	CONCLUSIONI	41

Nuova SS 554 "Cagliaritana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 3 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

1 PREMESSA

Il Progetto di adeguamento della Nuova SS 554 consiste in un adeguamento in sede della strada statale "Cagliaritana" esistente con trasformazione della classe funzionale da "asse attrezzato urbano" a "Tipo B - Strada extraurbana principale" e come tale per esso il D.M. 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" non risulta prescrittivo ma di riferimento come sancito dall'Art. 1 del D.M. 22 aprile 2004. Fino all'emanazione della specifica norma sull'adeguamento delle strade esistenti, i progetti di tali strade dovranno contenere una specifica relazione dalla quale risultino analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza dimostrante che l'intervento nel suo complesso è in grado di produrre un innalzamento del livello di sicurezza dell'infrastruttura, come indicato nell'art. 4 del D.M. 22 aprile 2004.

La presente "Analisi di sicurezza" ai sensi dell'art. 4 del D.M. 22 aprile 2004 si inserisce tra gli elaborati del progetto definitivo offerto per la gara della Nuova SS 554 "Cagliaritana" – Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850. L'opera è suddivisa in 2 interventi funzionali: Intervento funzionale 1 dal km 1+500 al km 7+100 ed Intervento funzionale 2 dal km 7+100 al km 11+850.

La soluzione progettuale proposta è stata quindi oggetto di una analisi di sicurezza volta a valutarne l'ammissibilità in termini di sicurezza della circolazione. L'analisi della sicurezza è stata condotta parallelamente alle attività di progettazione in modo da individuare l'approccio da condurre nella fase di progettazione definitiva per ottemperare al citato dettato normativo.

L'analisi di sicurezza complessivamente prevede:

- l'analisi quantitativa di sicurezza comprendente l'analisi dell'incidentalità attesa nelle diverse configurazioni (attuale e di progetto) redatta ai sensi del D.M. 22 aprile 2004, n. 67S finalizzata a verificare se l'intervento proposto, nel suo complesso, garantisca un innalzamento del livello di sicurezza;
- l'analisi specifica degli elementi di non conformità alle norme D.M. 5.11.2001 e D.M. 19.4.2006 evidenziati dai progettisti stradali con individuazione dei potenziali fattori di rischio specifico sia con riferimento all'asse principale che con riferimento agli svincoli;

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documenti normativi

- D.M. 22 aprile 2004, n. 67S recante la disciplina in regime transitorio per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- D.M. 5.11.2001 n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";
- D.M. 19.4.2006, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D.Lgs 30 Aprile 1992 n.285, "Nuovo Codice della Strada";
- DPR 16 dicembre 1992 n. 495, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";

2.2 Documenti tecnici

- AASHTO "Highway Safety Manual", 1st Edition, 2010;
- AASHTO "Highway Safety Manual", Supplement 1st Edition, 2014;
- NCHRP Project 17-45 "Safety Prediction Methodology and Analysis Tool for Freeways and interchanges", Final Report, May 2012.

2.3 Elaborati di riferimento per l'analisi di sicurezza

L'elenco degli elaborati dai quali sono state tratte le caratteristiche dell'infrastruttura oggetto dell'analisi di sicurezza è riportato in Tabella 1.

Tabella 1: elaborati di riferimento per l'analisi

Contenuto	Codice elaborato
Planimetria stato attuale	da: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-PP-01_A a: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-PP-13_A
Planimetria di progetto	da: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-PP-14_A a: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-PP-26_A
Sezioni tipo	da: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-ST-01_A a: DPCA06-D-1501-T00-PS-01-TRA-ST-06_A
Relazione tecnica – Parte stradale	DPCA06-D-1501-T00-PS-00-TRA-RE-01-A

3 DATI DI INPUT PER L'ANALISI

3.1 Limiti di intervento

Il progetto di adeguamento alla sezione tipo B della SS 554 interessa per gran parte proprio la SS 554 e un breve tratto anche la SS 125. Pertanto i limiti intervento dell'analisi sono comprendono:

- la SS 554 esistente dal km 1+500 fino al km 11+450;
- la SS 125 esistente dall'intersezione con la SS 554 all'intersezione con Via Mandas tra le progressive 9+000 e 10+000.

3.2 Geometria

3.2.1 Sezione stradale

3.2.1.1 Configurazione dell'infrastruttura esistente

L'infrastruttura attualmente in esercizio della SS 554 si compone di due corsie per senso di marcia nell'intero tratto analizzato. In generale sono previste due corsie per senso di marcia con uno spartitraffico di larghezza 70 cm e banchine di larghezza variabile. In Figura 1 è rappresentata la sezione esistente di larghezza minima senza banchine in destra.

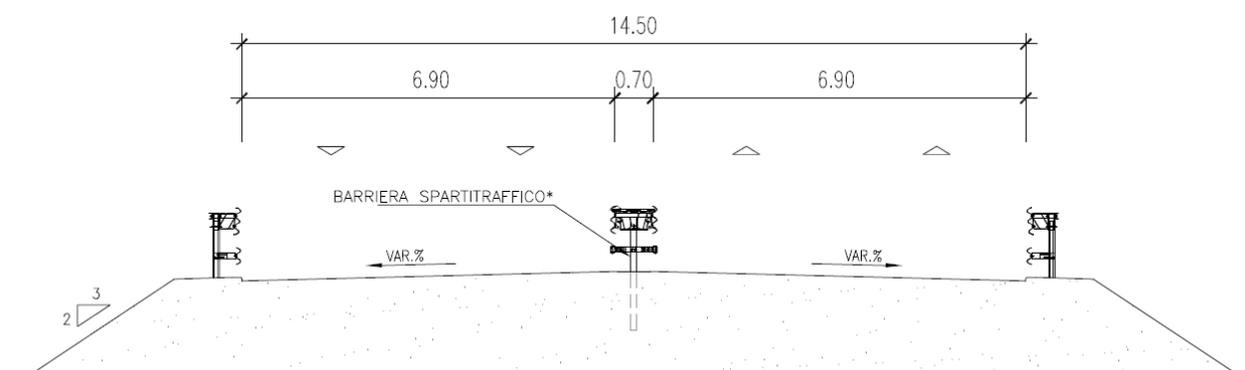


Figura 1: Configurazione della piattaforma esistente

La sezione della SS 125 esistente all'interno dei limiti di intervento si configura invece come una strada la cui sezione può essere assimilata ad una strada di categoria "C" ai sensi del D.M. 5.11.2001.

Le rampe di interconnessione tra la SS 554 e la SS 125 nella configurazione esistente sono state caratterizzate mediante una sezione con corsia larga 4 m e due banchine da 1 m di larghezza.

3.2.1.2 Configurazione dell'infrastruttura di progetto

L'infrastruttura di progetto è composta da due corsie per senso di marcia come mostrato in Figura 2. Trattandosi di un intervento di adeguamento di una strada esistente e non essendoci in vigore alcuna norma specifica sulle caratteristiche geometriche del tracciato si è fatto riferimento al D.M. 5.11.2001 valido per le nuove infrastrutture, ammettendo la possibilità di deviazioni dalle prescrizioni del suddetto D.M. come indicato nella relazione del Progetto a Base di Gara (nel

seguito PBG) e dalla bozza di normativa denominata "Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" del 21.03.2006. Per questo motivo la sezione è organizzata nel modo seguente:

- larghezza delle corsie di 3.5 m (ridotta rispetto al D.M. 5.11.2001, come da PBG);
- banchina in destra da 1.75 m;
- banchina in sinistra da 0.5 m;
- spartitraffico di larghezza pari a 1.80 m (ridotta rispetto al D.M. 5.11.2001, come da PBG).

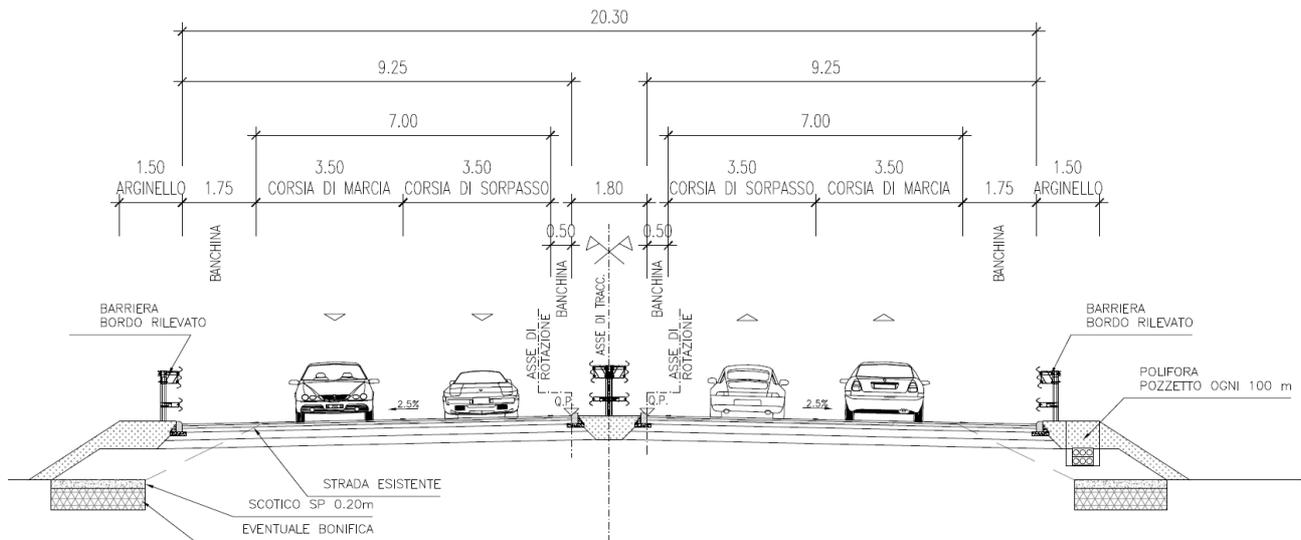


Figura 2: Configurazione della piattaforma di progetto

Le rampe di interconnessione tra la SS 554 e la SS 125 nella configurazione di progetto sono caratterizzate da una sezione con corsia larga 4 m e due banchine da 1 m di larghezza.

3.2.2 Andamento planimetrico del tracciato

L'andamento planimetrico dell'attuale infrastruttura in esercizio è rappresentato in Tabella 2 in termini di sequenza degli elementi planimetrici, loro estensione e parametro caratteristico.

Le caratteristiche del tracciato di progetto sono invece sintetizzate in Tabella 3.

Tabella 2. Andamento planimetrico del tracciato esistente

N° Elemento	Tipo di Elemento	Lunghezza elemento (km)	progressiva iniziale (km)	progressiva finale (km)	Parametro /Raggio
1	Rettifilo	226	1500	1726	
2	Curva	253	1726	1979	285
3	Rettifilo	519	1979	2498	
4	Curva	118	2498	2616	155
5	Rettifilo	126	2616	2742	
6	Curva	107	2742	2849	165
7	Rettifilo	364	2849	3213	
8	Curva	109	3213	3322	161
9	Rettifilo	172	3322	3494	

N° Elemento	Tipo di Elemento	Lunghezza elemento (km)	progressiva iniziale (km)	progressiva finale (km)	Parametro /Raggio
10	Curva	90	3494	3584	117
11	Rettifilo	511	3584	4095	
12	Curva	50	4095	4145	485
13	Rettifilo	524	4145	4669	
14	Curva	151	4669	4820	4700
15	Rettifilo	2497	4820	7317	
16	Curva	134	7317	7451	410
17	Rettifilo	2763	7451	10214	
18	Curva	231	10214	10445	510
19	Rettifilo	1405	10445	11850	

Tabella 3. Andamento planimetrico del tracciato di progetto

N° Elemento	Tipo di Elemento	Lunghezza elemento (km)	progressiva iniziale (km)	progressiva finale (km)	Parametro /Raggio
1	Rettifilo	0.161	1.500	1.661	
2	Clotoide	0.142	1.661	1.804	210
3	Curva	0.163	1.804	1.967	-310
4	Clotoide	0.142	1.967	2.109	210
5	Rettifilo	0.371	2.109	2.480	
6	Clotoide	0.109	2.480	2.589	140
7	Curva	0.019	2.589	2.607	180
8	Clotoide	0.109	2.607	2.716	140
9	Rettifilo	0.000	2.716	2.716	
10	Clotoide	0.109	2.716	2.825	140
11	Curva	0.031	2.825	2.856	-180
12	Clotoide	0.109	2.856	2.965	140
13	Rettifilo	0.197	2.965	3.162	
14	Clotoide	0.109	3.162	3.271	140
15	Curva	0.055	3.271	3.326	-180
16	Clotoide	0.109	3.326	3.435	140
17	Rettifilo	0.000	3.435	3.435	
18	Clotoide	0.109	3.435	3.544	140
19	Curva	0.066	3.544	3.610	180
20	Clotoide	0.109	3.610	3.719	140
21	Rettifilo	0.334	3.719	4.052	
22	Clotoide	0.085	4.052	4.137	253.5
23	Curva	0.056	4.137	4.193	760
24	Clotoide	0.085	4.193	4.277	253.5
25	Rettifilo	0.455	4.277	4.732	
26	Curva	0.107	4.732	4.839	-3000
27	Rettifilo	0.849	4.839	5.689	
28	Curva	0.008	5.689	5.697	10000
29	Rettifilo	1.525	5.697	7.221	
30	Clotoide	0.104	7.221	7.325	250
31	Curva	0.173	7.325	7.498	600
32	Clotoide	0.104	7.498	7.602	250
33	Rettifilo	0.234	7.602	7.837	

N° Elemento	Tipo di Elemento	Lunghezza elemento (km)	progressiva iniziale (km)	progressiva finale (km)	Parametro /Raggio
34	Curva	0.175	7.837	8.011	5000
35	Rettifilo	0.178	8.011	8.189	
36	Curva	0.209	8.189	8.398	-12000
37	Rettifilo	1.791	8.398	10.190	
38	Clotoide	0.098	10.190	10.288	210
39	Curva	0.108	10.288	10.395	450
40	Clotoide	0.098	10.395	10.493	210
41	Rettifilo	0.006	10.493	10.499	
42	Clotoide	0.078	10.499	10.577	150
43	Curva	0.528	10.577	11.105	-290
44	Clotoide	0.063	11.105	11.168	135
45	Rettifilo	0.672	11.168	11.840	

Nella colonna "parametro" è indicato per le curve il raggio (+ se destrorse nel verso delle progressive crescenti) e per le clotoidi il parametro A della clotoide.

3.3 Dati di traffico

I dati di traffico sono stati forniti sia per lo stato attuale che per la configurazione di progetto. Per il primo sono relativi all'anno 2016 mentre per la configurazione di progetto corrispondono all'anno 2025. L'elaborato di riferimento è lo studio di traffico del progetto offerto (cod. DPCA06-D-1501-T00-CA-00-CAN-RE-02-A).

In linea di principio il confronto tra la configurazione attuale e di progetto andrebbe fatta a parità di scenari di traffico al fine di isolare gli effetti sulla sicurezza dalle realizzazioni del nuovo progetto. Poiché però il nuovo progetto modifica in modo sostanziale l'assetto della rete, il confronto diretto fra le due configurazioni non è risultato possibile. Si è pertanto, cautelativamente, proceduto ad un confronto tra lo scenario di progetto all'orizzonte futuro 2025 e lo scenario attuale al 2016 (comunque caratterizzato da un traffico minore).

Qui di seguito si riportano le tabelle riassuntive del Traffico Giornaliero Medio annuo (TGM), inteso come bidirezionale per le viabilità di interesse per l'analisi. In particolare:

- la Tabella 4 contiene i valori di TGM dell'asse principale compresi tra le varie intersezioni che caratterizzano lo sviluppo del tracciato esistente. È inserito in tabella anche il valore relativo alla parte iniziale dell'attuale SS 125 inclusa nei limiti di intervento;
- la Tabella 5 contiene i valori di TGM delle strade che intersecano l'asse principale della SS 554 formando intersezioni a raso semaforizzate allo stato attuale;
- la Tabella 6 contiene i valori di TGM delle rampe di svincolo dell'attuale interconnessione tra la SS 554 e la SS 125;
- la Tabella 7 contiene i valori di TGM dell'asse principale della SS 554 riqualificato. Dal momento che il progetto prevede l'eliminazione delle intersezioni a raso con le rotonde, i valori di TGM indicati sono da intendersi compresi tra due intersezioni esistenti riqualificate nella configurazione di progetto;
- la Tabella 8 contiene i valori di TGM delle rampe della nuova interconnessione tra la SS 554 e la SS 125 nella configurazione di progetto.

Tabella 4: dati di traffico dell'asse principale della SS 554 allo stato attuale

Strada	DA	A	TGM 2016
SS 554	km 1+500	INT. SS131	40334
SS 554	INT. SS 131	SP 8/ V. S.Fulgenzio	68546
SS 554	SP 8/ V. S.Fulgenzio	SS 387/V. Giulio Cesare	68546
SS 554	SS 387/V. Giulio Cesare	SP 93/V. P.Nenni	54418
SS 554	SP 93/V. P.Nenni	V. Roma/V.Del Lavoro	36074
SS 554	V. Roma/V.Del Lavoro	Via Mandas	32252
SS 554	Via Mandas	INT SS 125	23021
SS 125	INT SS 554	V. Mandas/SP 94	8435

Tabella 5: dati di traffico delle strade secondarie intersecanti a raso la SS 554 allo stato attuale

Strada	TGM 2016
Via Is Corrias dir. Sud	n.d. (*)
Via Is Corrias dir. Nord	n.d. (*)
SS 387	19953
Via Giulio Cesare	13774
SP 93	4365
Via P.Nenni	13774
Via Roma	16237
V.Del Lavoro	26575
Via Mandas dir. Est	13096
Via Mandas dir. Ovest	9542

(*) in assenza del valore noto di TGM si è ipotizzato un valore medio tra quelli riportati in letteratura (v. § 2.2)

Tabella 6: traffico delle rampe dell'interconnessione tra SS 554 e SS 125 allo stato attuale

Rampa	DA	A	TGM 2016
1	SS 125 dir. Sud	SS 554 dir. Ovest	310
2	SS 554 dir. Est	SS 125 dir. Nord	3407
3	SS 125 dir. Sud	SS 554 dir. Est	3495
4	SS 554 dir. Ovest	SS 125 dir. Nord	1489

Tabella 7: dati di traffico dell'asse principale della SS 554 nella configurazione di progetto

Strada	DA	A	TGM 2025
SS 554	km 1+500	INT. SS 131	55615
SS 554	INT. SS 131	SP 8/ V. S.Fulgenzio	64818
SS 554	SP8/ V. S.Fulgenzio	SS 387/V. Giulio Cesare	69221
SS 554	SS 387/V. Giulio Cesare	SP 93/V. P.Nenni	45456
SS 554	SP 93/V. P.Nenni	V. Roma/V.Del Lavoro	34995
SS 554	V. Roma/V.Del Lavoro	Via Mandas	37407
SS 554	Via Mandas	INT SS 125	31586
SS 125	INT SS 554	V. Mandas/SP 94	11228

Tabella 8: traffico delle rampe dell'interconnessione tra SS 554 e SS 125 nella configurazione di progetto

Rampa	DA	A	TGM 2025
1	Ex SS 554 dir. Ovest	SS 125 dir. Nord.	1068
2	Ex SS 554 dir. Est (rotatoria)	SS 125 dir. Nord.	3257
3	Unione Rampa 1 e 2	SS 125 dir. Nord.	4325
4	Fine Rampa 3	SS 125 dir. Nord.	4325
5	SS 554 dir. Est	Ex SS 554 dir. Est	14083
6	SS 554 dir. Est	Ex SS 554 dir. Est	15220
7	SS 554 dir. Est	Ex SS 554 dir. Est	13422

3.4 Dati di incidenti della strada esistente

I dati degli incidenti sulle strade di interesse sono stati estratti dal database ISTAT tra gli anni 2010 e 2014. In Tabella 9 e in Tabella 10 sono riportati gli incidenti gravi, con feriti e morti, anno per anno rispettivamente per la SS 554 e la SS 125.

Tabella 9: incidenti della SS 554 tra il 2010 e il 2014 (fonte: ISTAT)

Progressive		2010		2011		2012		2013		2014	
km inizio	km fine	Totali	Mortali								
0	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0
1	2	3	0	2	0	1	0	2	0	1	0
2	3	5	0	2	0	3	0	0	0	0	0
3	4	2	0	10	0	5	0	3	0	5	0

Progressive		2010		2011		2012		2013		2014	
km inizio	km fine	Totali	Mortali								
4	5	4	0	2	0	1	0	2	1	3	0
5	6	2	0	5	0	3	0	2	0	5	1
6	7	4	0	1	0	2	0	2	0	2	0
7	8	0	0	3	0	2	0	7	1	2	0
8	9	7	1	6	0	1	0	2	0	2	0
9	10	6	2	3	0	1	0	5	0	1	0
10	11	1	1	2	0	2	0	4	1	1	0
11	12	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
12	13	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
13	14	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
14	15	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
TOTALE		36	4	42	0	25	0	34	3	24	1

Tabella 10: incidenti della SS 125 tra il 2010 e il 2014 (fonte: ISTAT)

Progressive		2010		2011		2012		2013		2014	
km inizio	km fine	Totali	Mortali								
9.2	10	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0

La conoscenza dei dati degli incidenti gravi nel periodo storico verrà utilizzata per la calibrazione dei modelli previsionali trattati al § 4.2.

Nuova SS 554 "Cagliariatana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 12 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

4 ANALISI DI SICUREZZA AI SENSI DEL D.M. 22 APRILE 2004

4.1 Metodologia di analisi

Ogni tracciato stradale, in relazione alle sue caratteristiche costruttive ed al traffico che lo percorre, ha una sua propria fisionomia nei riguardi del rischio per l'utenza che lo attraversa.

Il rischio (R), come è noto, è esprimibile mediante la relazione:

$$R = P \cdot G^\alpha$$

in cui:

- P rappresenta la probabilità di accadimento degli eventi critici che possono verificarsi durante il funzionamento del sistema (incidenti);
- G rappresenta la gravità delle conseguenze generate dagli eventi critici (incidenti con solo danni alle cose, con feriti e con vittime);
- α è un coefficiente con il quale si tiene conto della maggiore o minore sensibilità con cui la gravità delle conseguenze degli eventi è percepita dalla società.

È statisticamente accertato che la probabilità P di accadimento degli incidenti lungo un tracciato stradale è influenzata dalle caratteristiche di questo. È cioè direttamente legata al volume di traffico che lo impegna, al suo sviluppo, alle caratteristiche del suo andamento planimetrico ed altimetrico, all'organizzazione della sua piattaforma stradale, alla presenza, frequenza ed organizzazione delle intersezioni, al regime di circolazione adottato, alla qualità della circolazione, esprimibile in termini di livello di servizio, ed ai sistemi di gestione e di controllo del traffico e delle velocità di cui l'infrastruttura è dotata.

Le procedure possibili per definire la probabilità di accadimento degli incidenti che possono avvenire in una infrastruttura stradale sono di tre tipi:

- analisi dei dati storici di letteratura relativi all'incidentalità che caratterizza il tipo di strada in esame. L'analisi in questo caso consente di definire un quadro di pericolosità avente una valenza generale ma non consente di valutare l'influenza che le specifiche caratteristiche dell'opera in esame hanno sull'incidentalità;
- analisi storica dell'incidentalità accaduta negli ultimi 3 – 5 anni nell'infrastruttura in esame (possibile se l'infrastruttura è esistente). In questo caso l'analisi consente di tener conto dell'influenza che le specifiche caratteristiche della strada in esame hanno sulla sicurezza della circolazione e quindi sul numero di incidenti che in essa accadono;
- utilizzo di modelli previsionali di incidentalità. Questi modelli consentono di valutare la sicurezza di una infrastruttura in progetto o gli effetti sulla sicurezza di una modifica delle caratteristiche fisiche, funzionali o delle dotazioni impiantistiche di una infrastruttura esistente mettendo in relazione le caratteristiche progettuali dell'intervento con il numero di incidenti potenzialmente attesi.

Il caso specifico in esame riguarda la riqualifica di un'infrastruttura esistente che prevede l'adeguamento alla sezione stradale di una strada di categoria B.

Per valutare la frequenza attesa di accadimento degli eventi incidentali che potranno caratterizzare l'infrastruttura adeguata (analisi probabilistica) si è fatto ricorso alla procedura c) sopra richiamata e cioè all'impiego di modelli previsionali.

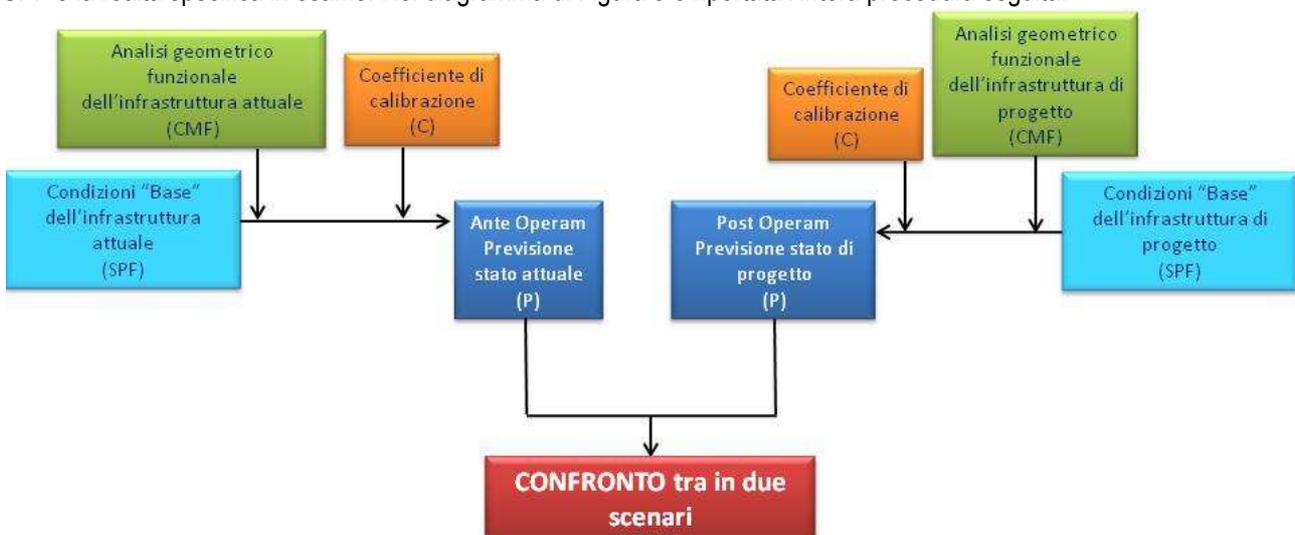
L'indicatore assunto a rappresentare le condizioni di pericolosità del tracciato stradale è il valore della frequenza degli incidenti gravi (con conseguenze alle persone e quindi con morti e feriti) che si prevede possano avvenire all'interno dei limiti di intervento definiti al § 3.1 espresso in termini di numero di incidenti/anno.

Per offrire elementi di giudizio atti a valutare l'ammissibilità dei risultati ottenuti mediante l'analisi probabilistica, espressi in termini di numero di incidenti predetti, è stato adottato un approccio di tipo comparativo, con il quale il numero annuo di incidenti predetti con riferimento alla configurazione di progetto (all'anno 2025), viene confrontato con l'incidentalità che caratterizzerebbe la strada nella sua configurazione esistente all'anno 2016.

Ai sensi del D.M. 22 Aprile 2004, il giudizio di ammissibilità può essere tratto in termini positivi se l'incidentalità predetta nella configurazione di progetto è inferiore a quella che caratterizzerebbe l'infrastruttura nella configurazione esistente.

4.2 Modelli previsionali di incidentalità

Il criterio seguito per definire la frequenza di incidenti predetti nei diversi tratti dell'infrastruttura si sviluppa a partire dalla stima dell'incidentalità predetta in una infrastruttura di riferimento (definita "base") appartenente alla stessa classe funzionale alla quale appartiene la strada in esame. Le caratteristiche di incidentalità dell'infrastruttura "base" sono fornite dalle cosiddette "Funzioni di prestazioni di Sicurezza" (Safety Performance Function – SPF) sviluppate, su basi regressive, correlando il numero di incidenti occorsi su infrastrutture del tipo di quella in esame, aventi caratteristiche geometriche, funzionali e compositive note. Le specificità dell'infrastruttura in esame, definite in termini di differenze tra le caratteristiche del caso reale in esame e quelle della strada "base", vengono poi tenute in conto attraverso l'applicazione di fattori correttivi, denominati "Fattori di modificazione dell'incidentalità" (Crash Modification Factor – CMF), il cui valore è maggiore o minore dell'unità a seconda che le specifiche caratteristiche in esame inducano rispettivamente un incremento o una riduzione di pericolosità, e quindi del numero di incidenti predetto. Il risultato ottenuto nel modo sopra descritto sarà corretto, mediante l'applicazione di un fattore di calibrazione "c", per tener conto delle possibili differenze ambientali, di standard costruttivi e di caratteristiche del parco veicolare che esistono tra la realtà presa in esame nello sviluppo delle SPF e la realtà specifica in esame. Nel diagramma di Figura 3 è riportata l'intera procedura seguita.



Nuova SS 554 "Cagliariatana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 14 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

Figura 3. Procedura di analisi previsionale di incidentalità

La stima della frequenza di incidenti attesi è stata svolta facendo riferimento al modello previsionale di incidentalità autostradale presentati nell' "Highway Safety Manual – 1st edition" pubblicato nel 2010 dalla AASHTO e dal Supplemento alla prima edizione pubblicato nel 2014.

Questo modello è stato scelto poiché consente di tener conto in modo esplicito delle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura in esame, consentendo, in questo modo, di contestualizzare in modo esplicito (seppur su base teorica) il livello di incidentalità atteso.

Il modello adottato richiede di scomporre il tracciato in esame in tratte aventi al loro interno proprietà omogenee in termini geometrici e funzionali.

Sono previste Safety Performance Function (SPF) per la previsione degli incidenti nelle seguenti condizioni:

- a. Per i tratti assimilabili a tratti autostradali o di strade extraurbane principali (Tipo A o B):
 - sezioni omogenee ordinarie in asse ("freeway segment");
 - sezioni con corsia specializzata ("speed change lane"), ulteriormente distinte in:
 - immissioni ("Ramp entrance");
 - uscite ("Ramp exit");
- b. Per le rampe di interconnessione tra due diverse viabilità (interconnessione SS 554/SS 125):
 - sezioni omogenee di rampe di interconnessione ("ramp segment").
- c. Trattati a più corsie per senso di marcia che attraversano contesti urbani o suburbani con intersezioni a raso ed incidentalità legata alla presenza di accessi laterali:
 - sezioni omogenee in asse ("suburban arterials roadway segments")
 - zone di intersezione "suburban arterials intersections"
- d. Intersezioni a raso convertite in rotonde:
 - Modello di potenziale riduzione degli incidenti per la conversione di intersezioni semaforizzate a raso in rotonde ("Convert signalized intersection to a modern roundabout").

Per le diverse sezioni omogenee il modello fornisce la stima del numero di incidenti predetto per ogni tratta omogenea distinguendoli in relazione alle seguenti quattro tipologie di incidenti:

- incidenti coinvolgenti più veicoli, con morti e/o feriti ("Multiple-vehicle, fatal and injury");
- incidenti coinvolgenti più veicoli, con solo danni materiali ("Multiple-vehicle, property damage only");
- incidenti coinvolgenti un veicolo singolo, con morti e/o feriti ("Single-vehicle, fatal and injury");
- incidenti coinvolgenti un veicolo singolo, con solo danni materiali ("Single-vehicle, property damage only").

- per le "speed-change lane" gli incidenti che coinvolgono uno o più veicoli sono sostituiti dagli indici che differenziano le manovre di entrata e di uscita ("EN", "EX").

Il numero di incidenti predetto complessivo è pari alla somma di questi quattro contributi.

L'impostazione sopra descritta viene espressa mediante l'algoritmo generale riportato di seguito:

$$N_{pred,k} = N_{base,k} \cdot \left[\prod_j CMF_{k,j} \right] \cdot c_k \quad (1)$$

$$N_{pred} = \sum_k N_{pred,k} \quad (2)$$

essendo

$N_{pred,k}$ = numero di incidenti predetto del tipo "k" nella tratta omogenea in esame nell'unità di tempo di riferimento (un anno);

$N_{base,k}$ = numero di incidenti del tipo "k" caratteristico dell'infrastruttura "base" nella tratta omogenea in esame nell'unità di tempo, commisurato alle caratteristiche di quest'ultima, valutato attraverso l'applicazione delle SPF;

CMF_j = fattore di modificazione del tasso d'incidentalità dovuto alla specificità j presente caratterizzante la tratta omogenea in esame;

k = rappresenta il particolare tipo di incidente k-simo;

j = rappresenta la generica specificità di tracciato (geometrica, compositiva o funzionale) che rende l'infrastruttura in esame differente, dal punto di vista della sicurezza, dall'infrastruttura "base";

c_k = coefficiente di calibrazione.

La determinazione del coefficiente di calibrazione è stata fatta mediante l'uso di dati storici di incidentalità rilevati sull'infrastruttura analizzata, ovvero il valore di c_k è stato assunto pari al rapporto tra la totalità degli incidenti osservati sull'intera tratta (v. § 3.4) e quelli previsti dal modello con la sola applicazione del modello base e dei relativi CMF (3)

$$c_k = \frac{\sum_k N_{osservati,k}}{\sum_k N_{base,k} \cdot \left[\prod_j CMF_{k,j} \right]} \quad (3)$$

4.3 I fattori di modificazione dell'incidentalità ("crash modification factor" CMF)

Il modello previsionale di incidentalità adottato prevede la definizione di una serie di "fattori di modificazione dell'incidentalità" (CMF) per tener conto delle specificità dell'infrastruttura in esame rispetto all'infrastruttura di riferimento, cui si associa il numero di incidenti base ($N_{base,k}$) calcolato dal modello.

Crash Modification Factors (CMFs) per FS e SCL dell'asse principale

Nuova SS 554 "Cagliaritana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 16 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

Per le sezioni correnti in asse ("freeway segments" - FS) e per le sezioni con corsia specializzata di immissione o diversione ("speed change lanes" - SCL), si sono considerati 11 possibili CMF applicabili che tengono conto di altrettante caratteristiche della strada. Sono inoltre previsti ulteriori 2 CMF specifici per le sezioni con corsie specializzate, per un totale di 13 CMF, di seguito sinteticamente descritti:

- CMF1 "Horizontal curve", fattore che tiene conto della curvatura del tracciato in esame;
- CMF2 "Lane width", fattore che tiene conto della larghezza delle corsie di marcia;
- CMF3 "Inside shoulder width", fattore che tiene conto della larghezza della banchina in sinistra;
- CMF4 "Median width", fattore che tiene conto della larghezza del margine interno;
- CMF5 "Median barrier", fattore che tiene conto della presenza di una barriera di sicurezza sul margine sinistro;
- CMF6 "High volume", fattore che tiene conto delle variazioni orarie del traffico, in misura della proporzione di TGM transigente nelle ore caratterizzate da un flusso di traffico >1000 veicoli/h·corsia;
- CMF7 "Lane change", fattore che tiene conto della presenza di movimenti di cambio corsia;
- CMF8 "Outside shoulder width", fattore che tiene conto della larghezza della banchina in destra;
- CMF9 "Shoulder rumble strip", fattore che tiene conto dell'eventuale presenza di bande rumorose (rumble strip) in banchina;
- CMF10 "Outside clearance", fattore che tiene conto della larghezza del margine esterno;
- CMF11 "Outside barrier", fattore che tiene conto della presenza di una barriera di sicurezza sul margine destro;
- CMF12 "Ramp entrance", fattore che tiene conto della presenza di una immissione;
- CMF13 "Ramp exit", fattore che tiene conto della presenza di una uscita.

I diversi CMF definiti dal modello si applicano alle diverse tipologie di incidente o di sezione omogenea secondo lo schema riportato in Tabella 11.

Tabella 11: Schema di applicazione dei diversi CMF

Tipo (*)	CMF ₁	CMF ₂	CMF ₃	CMF ₄	CMF ₅	CMF ₆	CMF ₇	CMF ₈	CMF ₉	CMF ₁₀	CMF ₁₁	CMF ₁₂	CMF ₁₃
Mvf+i	SI	-	-	-	-	-	-						
Svf+i	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	SI	SI	SI	SI	-	-
Ingresso (f+i)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	SI	-
Uscita (f+i)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	-	SI

(*) Le sigle adottate distinguono le seguenti tipologie di incidenti:
Mvf+i = incidenti coinvolgenti più veicoli, con morti e/o feriti ("Multiple-vehicle, fatal and injury");
Svf+i = incidenti coinvolgenti un veicolo singolo, con morti e/o feriti ("Single-vehicle, fatal and injury");
Ingresso (f+i) = incidenti in sezioni con corsia specializzata di immissione, con morti e/o feriti;
Uscita (f+i) = incidenti in sezioni con corsia specializzata di diversione, con morti e/o feriti.

Nota: il simbolo "-" identifica CMF non applicabili alla tipologia di incidente in esame.

Oltre ai CMF precedenti, viste le specificità delle differenti soluzioni a confronto, si è ritenuto necessario considerare nell'analisi due ulteriori CMF rispetto a quelli definiti dal modello di letteratura:

- CMF_{LV} "Limite di velocità", fattore che tiene conto del decremento del numero di incidenti indotto dalla imposizione di un limite di velocità localizzato, ed assunto nella misura⁽¹⁾ di 0.94;
- CMF_{geo} "Qualità geometrica del tracciato", fattore che tiene conto dell'incremento o decremento del numero di incidenti base indotto dalle eventuali differenze esistenti tra le caratteristiche del tracciato reale e quelle della condizione "base".

Per determinare il valore del coefficiente CMF_{geo}, si valuta l'incremento di incidentalità indotto dalla qualità geometrica del tracciato stradale in esame mediante la seguente procedura:

- individuazione delle differenze esistenti tra le caratteristiche del tracciato reale e quelle del tracciato "base";
- per ciascun elemento "i-mo" ove è presente almeno una differenza (eventualmente anche limitata ad una particolare condizione "k-sima" limitata nel tempo, o ad una o più corsie "c" di marcia) viene calcolato l'incremento o il decremento di rischio ($\Delta R_{k,c,i}$) che ciascuna di esse produce potenzialmente;
- il potenziale incremento o decremento d'incidentalità viene calcolato in forma di fattore moltiplicatore CMF considerando l'effetto dei difetti rilevati ($\Delta R_{k,c,i}$) in relazione allo sviluppo dei tratti in cui ciascuno si manifesta, parametrizzato allo sviluppo complessivo del tracciato di strada in esame.

Sulla base della predetta procedura, l'espressione per la determinazione del CMF_{geo} con cui si tiene conto delle differenze tra la configurazione di progetto e la condizione di riferimento è la seguente:

$$CMF_{geo} = 1 + \frac{\sum_{k=1}^n \left(\sum_c \sum_i L_t \Delta R_{k,c,i} \right) \cdot t_k}{L_{tot} \cdot 365 \cdot 24} \quad (2)$$

(1) Il valore di CMF rappresentativo dell'effetto benefico sull'incidentalità prodotto dall'imposizione di un limite di velocità che riduce localmente la velocità ammissibile di 25 - 30 km/h rispetto al valore limite generalizzato previsto dal CdS, come nel caso della strada esistente, dove è localmente presente un limite di velocità di 90 km/h (a fronte di un limite da Codice della Strada (CdS) di 110 km/h) è stato assunto dalla letteratura internazionale (v. "http://www.cmfclearinghouse.org/").

Nuova SS 554 "Cagliaritano" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 18 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

dove:

- k: rappresenta la generica condizione di calcolo della condizione di rischio che permane per t_k ore/anno;
- c: è la generica corsia di marcia;
- i: è il generico elemento di tracciato che presenta difettosità;
- Li: rappresenta lo sviluppo del generico elemento del tracciato che presenta potenziali difettosità;
- $\Delta R_{k,c,i}$: rappresenta l'incremento di rischio indotto dall'i-esimo elemento che presenta difettosità sulla corsia "c", nella condizione "k";
- t_k : è il numero di ore/anno in cui sussiste la condizione di incremento di rischio $\Delta R_{k,c,i}$ (nel caso che la condizione di incremento sia costante nel tempo t_k si elide con il 24 al denominatore);
- L_{TOT} : è lo sviluppo complessivo del tratto stradale in esame.

Per quanto riguarda la determinazione dell'incremento o decremento di rischio ΔR indotto dalla presenza di differenze geometriche rilevanti nel tracciato in esame rispetto al tracciato "base", è possibile considerare che la maggior parte delle differenze che possono differenziare l'andamento plano-altimetrico dei due tracciati a confronto riguardano situazioni di inconsistenza tra il valore della velocità con cui ciascun tratto di strada può essere percorso in sicurezza (V_{amm}) ed il relativo valore della sua velocità di progetto (V_p). Rientrano in questa categoria situazioni riguardanti le ridotte distanze di visibilità e le inconsistenze nell'andamento del diagramma delle velocità.

Il rischio potenziale che ogni situazione può comportare dipende dal valore della differenza tra la V_{amm} e la V_p nonché dal comportamento più o meno prudente degli utenti che percorrono il tratto di strada in questione. Quest'ultimo può essere caratterizzato mediante la distribuzione delle velocità praticate dagli utenti che viaggiano sulle diverse corsie disponibili (ed in particolare sulla corsia nella quale viene valutata la caratteristica in esame).

L'incremento di rischio ΔR rispetto al valore intrinseco della strada, dovuto alla presenza di veicoli che transitano a velocità superiore a V_p (grado di inosservanza della legge, tipico della popolazione di utenti perseguibile ai sensi del CdS), può essere determinato mediante la relazione:

$$\Delta R = \frac{\text{probabilità che un utente transiti nella corsia X ad una velocità tra } V_{amm} \text{ e } V_p}{\text{probabilità media che un utente superi la } V_p}$$

Definendo:

- U_c la percentuale di utenti che transita nella corsia "c";
- P_c la percentuale di utenti che viaggia in corsia "c" con velocità uguale o superiore alla V_{amm} (variabile da elemento a elemento) ma minore di V_p ;
- P_T la percentuale di utenti che viaggia complessivamente con velocità uguale o superiore a V_p ;

L'incremento di rischio è dato dalla relazione:

$$\Delta R = \frac{U_c \times P_c}{P_T}$$

Crash Modification Factors (CMFs) per RAMPE

Ai fini della valutazione degli incidenti predetti sulle rampe sono stati considerati 11 possibili CMF che tengono conto di altrettante caratteristiche della strada di seguito sinteticamente descritti:

- CMF1 "Horizontal curve", fattore che tiene conto della curvatura del tracciato in esame;
- CMF2 "Lane width", fattore che tiene conto della larghezza delle corsie di marcia;
- CMF3 "Right shoulder width", fattore che tiene conto della larghezza della banchina in destra;
- CMF4 "Left shoulder width", fattore che tiene conto della larghezza della banchina in sinistra;
- CMF5 "Right side barrier", fattore che tiene conto della presenza di una barriera di sicurezza sul margine destro;
- CMF6 "Left side width", fattore che tiene conto della presenza di barriera di sicurezza sul lato sinistro;
- CMF7 "Lane add or drop", fattore che tiene conto dell'aggiunta o della riduzione di una corsia della rampa;
- CMF8 "Ramp speed change lane", fattore che tiene conto dell'eventuale presenza corsie di immissione o di diversione nelle rampe;
- CMF9 "Weaving section", fattore che tiene conto della presenza di manovre di scambio corsia nelle rampe.

Tabella 12: Schema di applicazione dei diversi CMF delle Rampe

Tipo (*)	CMF1	CMF2	CMF3	CMF4	CMF5	CMF6	CMF7	CMF8	CMF9
Mv,fi	SI								
Mv,pdo	SI	-	SI	SI	SI	SI	-	-	SI
Sv,fi	SI	-	SI						
Sv,pdo	SI	-	SI	SI	SI	SI	-	-	SI

(*) Le sigle adottate distinguono le seguenti tipologie di incidenti:
Mv,fi = incidenti coinvolgenti più veicoli, con morti e/o feriti ("Multiple-vehicle, fatal and injury");
Sv,fi = incidenti coinvolgenti un veicolo singolo, con morti e/o feriti ("Single-vehicle, fatal and injury");
Mv,pdo = incidenti coinvolgenti più veicoli con soli danni materiali ("Multiple-vehicle, Property damage only");
Sv,pdo = incidenti con veicolo singolo e solo danni materiali ("Single-vehicle, Property damage only").
Nota: il simbolo "-" identifica CMF che non si applicano alla tipologia di incidente in esame.

Crash Modification Factors (CMFs) per "SUBURBAN ARTERIALS ROAD SEGMENTS"

Ai fini della valutazione degli incidenti predetti sui tratti in cui si applica il modello "Suburban arterials road segments" sono stati considerati 5 possibili CMF che tengono conto di altrettante caratteristiche della strada di seguito sinteticamente descritti:

- CMF1 "On street parking", fattore che tiene conto della presenza di parcheggi sul margine laterale;
- CMF2 "Roadside fixed Objects", fattore che tiene conto della presenza di ostacoli fissi al margine della strada;
- CMF3 "Median Width", fattore che tiene conto della larghezza dello spartitraffico;
- CMF4 "Lighting", fattore che tiene conto della presenza di impianti di illuminazione stradale;
- CMF5 "Automated Speed Enforcement", fattore che tiene conto della presenza di controllo elettronico della velocità.

Nuova SS 554 "Cagliaritana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 20 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

I CMF sopra elencati si applicano a qualsiasi tipologia di incidente (totale, grave o con soli danni).

Crash Modification Factors (CMFs) per "SUBURBAN ARTERIALS INTERSECTIONS"

Ai fini della valutazione degli incidenti predetti sui tratti in cui si applica il modello "Suburban arterials road segments" sono stati considerati 5 possibili CMF che tengono conto di altrettante caratteristiche della strada di seguito sinteticamente descritti:

- CMF1 "Intersection Left Turn lanes", fattore che tiene conto della presenza di corsie specializzate per la svolta in sinistra;
- CMF2 "Intersection Left Turn Signal Phasing", fattore che tiene conto della presenza di una fase semaforica specifica per la svolta a sinistra;
- CMF3 "Intersection Right Turn Lanes", fattore che tiene conto della presenza di una corsia specializzata di svolta a destra;
- CMF4 "Right Turn on Red", fattore che tiene conto della possibilità di effettuare svolte a destra anche in regime di semaforo rosso della strada da cui si diverge;
- CMF5 "Lighting", fattore che tiene conto della presenza di impianti di illuminazione stradale all'intersezione;
- CMF6 "Red Light Cameras", fattore che tiene conto della presenza di impianti di rilevamento infrazioni stradali all'intersezione.

I CMF sopra elencati si applicano a qualsiasi tipologia di incidente (totale, grave o con soli danni).

4.4 Distribuzione dei modelli previsionali lungo il tracciato

4.4.1 Tracciato esistente

Il tracciato esistente prevede la seguente differenziazione tra i modelli, come illustrato graficamente in Figura 4:

- l'adozione del modello HSM per "freeway segment" e "speed change lane" tra la pk 1+500 (punto iniziale dell'intervento) fino alla pk 3+650;
- l'adozione del modello HSM per rampe ad una corsia per le rampe dello svincolo con la SS 125;
- l'adozione del modello HSM per "Suburban arterials" a carreggiate separate e 4 corsie totali tra la pk 3+650 e la pk 8+550;
- l'adozione del modello HSM per "Suburban arterials" a carreggiate unite e 4 corsie totali tra la pk 8+550 e la pk 11+850;
- l'adozione del modello HSM per "Suburban arterials" a carreggiate unite e 2 corsie totali tra la pk 9+000 e la pk 10+000 della SS 125;
- l'adozione del modello HSM per "Suburban arterials - intersection" per le 5 intersezioni semaforizzate comprese tra la pk 3+650 e la pk 11+850.

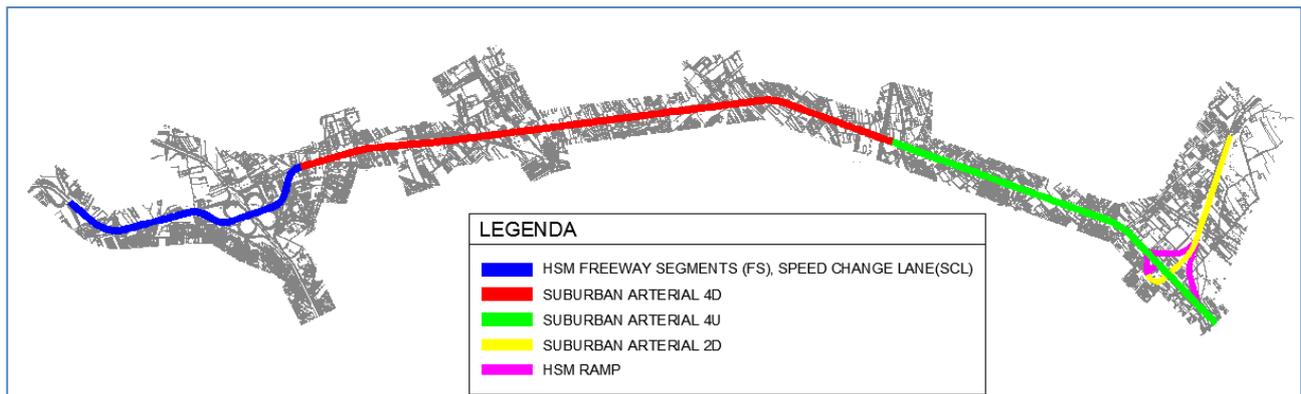


Figura 4: divisione tra i vari modelli dell'HSM nella configurazione "Ante Operam"

4.4.2 Tracciato di Progetto

Il tracciato di progetto prevede la seguente differenziazione tra i modelli, come illustrato in Figura 5:

- l'adozione del modello HSM per "freeway segment" e "speed change lane" tra la pk 1+500 (punto iniziale dell'intervento) e la pk 11+840 (fine intervento);
- l'adozione del modello HSM per rampe ad una corsia per le rampe del nuovo svincolo con la SS 125;
- l'adozione del modello HSM denominato "Convert signalized intersection to a modern roundabout" per la stima degli incidenti che si ottengono dalla conversione delle intersezioni esistenti a 4 rami semaforizzate in rotonde.

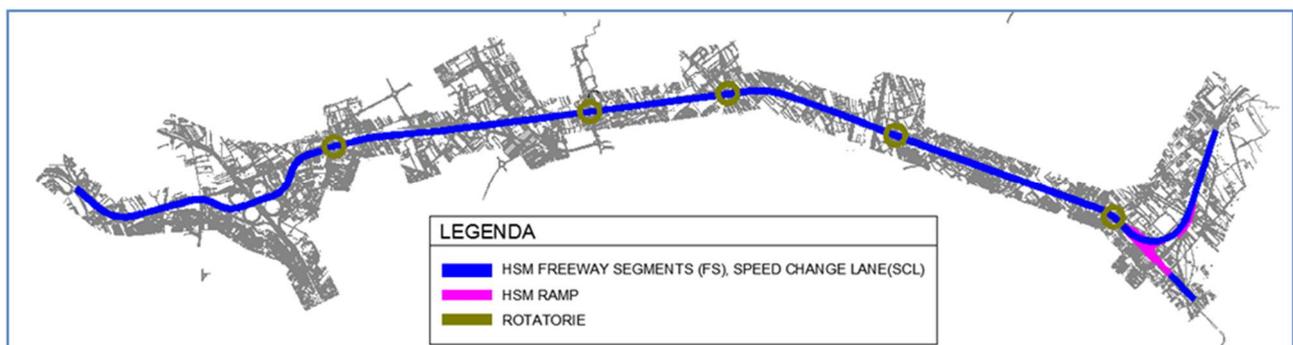


Figura 5: divisione tra i vari modelli dell'HSM nella configurazione "Post Operam"

4.4.3 Calcolo del coefficiente di calibrazione

Come indicato al § 4.2, il coefficiente di calibrazione (Cr) è dato dal rapporto degli incidenti osservati e quelli predetti dal modello non calibrato ma con applicati tutti i CMF del modello.

Non avendo informazioni sul traffico transitante nella rete stradale oggetto di analisi nel periodo storico (2010-2014) nel quale sono noti gli incidenti gravi avvenuti, si assume che il TGM al 2016 sia lo stesso anche per il 2014 in modo tale da poter assumere che gli incidenti predetti al 2014 siano gli stessi del 2016. In questo modo il coefficiente di calibrazione è dato da:

$$Cr = \frac{N_{oss,2014}}{N_{p,subart RD} + N_{p,subart INT} + N_{p,FS} + N_{p,SCL} + N_{p,RMP}}$$

Per le rampe di svincolo, non disponendo di dati storici si assume lo stesso coefficiente di calibrazione dell'asse principale.

Noto il numero totale di incidenti gravi avvenuti nel 2014 (24 incidenti) e gli incidenti gravi predetti dal modello non calibrato indicati in tabella Tabella 13, il coefficiente di calibrazione globale della rete risulta: $Cr = 24/54.74 = 0.438$.

Tabella 13: incidenti predetti dal modello non calibrato

Modello	N_p non calibrati
$N_{p,subart RD}$	14.80
$N_{p,subart INT}$	22.03
$N_{p,FS}$	15.04
$N_{p,SCL}$	1.82
$N_{p,RMP}$	1.05
Totale	54.74

4.5 Risultati dell'analisi

4.5.1 Significato delle abbreviazioni degli incidenti dei modelli HSM

Abbreviazione	Significato
$N_{p,fs,4,mv,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "freeway segment" (fs), per una sezione di 4 corsie complessive (2 per senso di marcia), coinvolgenti più di un veicolo (mv).
$N_{p,fs,4,sv,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "freeway segment" (fs), per una sezione di 4 corsie complessive (2 per senso di marcia), coinvolgenti solo un veicolo (sv).
$N_{p,EN,at,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "speed change lane", per una manovra di entrata (EN), indipendentemente dal tipo di veicolo (at).
$N_{p,EX,at,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "speed change lane", per una manovra di uscita (EX), indipendentemente dal tipo di veicolo (at).
$N_{p,rmp,mv,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "ramp segments" (rmp), coinvolgenti solo un veicolo (sv).
$N_{p,rmp,sv,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "freeway segment" (fs), per una sezione di 4 corsie complessive (2 per senso di marcia), coinvolgenti solo un veicolo (sv).
$N_{p,subart RD,mv,fi}$	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "Suburban Arterials Road Segments" (subart RD), coinvolgenti più di veicolo (mv), non legati alla presenza di accessi.

Abbreviazione	Significato
<i>Np,subart RD,sv,fi</i>	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "Suburban Arterials Road Segments" (subart RD), coinvolgenti solo un veicolo (sv).
<i>Np,subart RD, mv,fi,drwy</i>	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "Suburban Arterials Road Segments" (subart RD), coinvolgenti più di veicolo (mv), legati alla presenza di accessi (drwy).
<i>Np,subart INT,fi</i>	Incidenti gravi (fi) predetti con il modello "Suburban Arterials Intersection" (subart INT).

4.5.2 Stima dell'incidentalità predetta sul tracciato esistente (Ante Operam)

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti, sezioni per sezione, i valori assunti dall'indicatore di sicurezza scelto per l'analisi, ovvero il numero di incidenti gravi, nella configurazione "Ante Operam" con il tracciato esistente.

Tabella 14: Freeway segments - incidenti predetti gravi allo stato attuale

Nome sezione	Np,fs,4,mv,fi	Np,fs,4,sv,fi
SS554_OVEST_FS_1	0.024	0.079
SS554_OVEST_FS_2	0.047	0.403
SS554_OVEST_FS_3	0.142	0.752
SS554_OVEST_FS_4	0.034	0.308
SS554_OVEST_FS_5	0.036	0.050
SS554_OVEST_FS_6	0.061	0.552
SS554_OVEST_FS_7	0.142	0.909
SS554_EST_FS_8	0.009	0.030
SS554_EST_FS_9	0.129	0.558
SS554_EST_FS_10	0.072	0.724
SS554_EST_FS_11	0.033	0.045
SS554_EST_FS_12	0.157	1.296
TOTALE	0.886	5.707

Tabella 15: Speed Change Lane - incidenti predetti gravi allo stato attuale

Nome sezione	Np,EN,at,fi	Np,EX,at,fi
SS554_OVEST_SCL_1	0.000	0.053
SS554_OVEST_SCL_2	0.067	0.000

SS554_OVEST_SCL_3	0.000	0.068
SS554_OVEST_SCL_4	0.044	0.000
SS554_OVEST_SCL_5	0.000	0.031
SS554_OVEST_SCL_6	0.087	0.000
SS554_EST_SCL_7	0.043	0.000
SS554_EST_SCL_8	0.000	0.124
SS554_EST_SCL_9	0.105	0.000
SS554_EST_SCL_10	0.000	0.027
SS554_EST_SCL_11	0.067	0.000
SS554_EST_SCL_12	0.000	0.081
TOTALE	0.413	0.384

Tabella 16: Ramp - incidenti predetti gravi allo stato attuale

Nome sezione	Np,rmp,mv,fi	Np,rmp,sv,fi
SS554_RMP 1C_1	0.007	0.183
SS554_RMP 1C_2	0.001	0.156
SS554_RMP 1C_3	0.006	0.079
SS554_RMP 1C_4	0.002	0.266
TOTALE	0.016	0.684

Tabella 17: Suburban arterials - incidenti predetti gravi allo stato attuale

Nome sezione	Np,subart RD,mv fi	Np,subart RD,sv fi	Np,subart RD, mv,fi,drwy
SS544_EST_1	0.142	0.008	0.005
SS544_EST_2	0.623	0.036	0.029
SS544_EST_3	0.153	0.009	0.012
SS544_EST_4	0.137	0.009	0.009
SS544_EST_5	0.164	0.011	0.023
SS544_EST_6	0.118	0.008	0.001
SS544_EST_7	0.304	0.026	0.009
SS544_EST_8	0.303	0.028	0.000
SS544_EST_9	0.266	0.039	0.022
SS544_EST_10	0.194	0.031	0.062

Nome sezione	Np,subart RD,mv fi	Np,subart RD,sv fi	Np,subart RD, mv,fi,drwy
SS544_EST_11	0.111	0.020	0.012
SS544_EST_12	0.221	0.040	0.012
SS544_OVEST_1	0.142	0.008	0.001
SS544_OVEST_2	0.593	0.034	0.003
SS544_OVEST_3	0.153	0.009	0.012
SS544_OVEST_4	0.114	0.008	0.009
SS544_OVEST_5	0.228	0.015	0.010
SS544_OVEST_6	0.132	0.009	0.000
SS544_OVEST_7	0.299	0.026	0.017
SS544_OVEST_8	0.303	0.028	0.014
SS544_OVEST_9	0.266	0.039	0.111
SS544_OVEST_10	0.194	0.031	0.035
SS544_OVEST_11	0.111	0.020	0.027
SS544_OVEST_12	0.221	0.040	0.030
TOTALE	5.495	0.529	0.465

Tabella 18: Suburban intersection - incidenti predetti gravi allo stato attuale

Nome sezione	Np,subart INT,fi
SS544_INT_1	3.722
SS544_INT_2	2.948
SS544_INT_3	1.673
SS544_INT_4	0.113
SS544_INT_5	1.206
TOTALE	9.661

4.5.3 Stima dell'incidentalità attesa sul tracciato per il progetto definitivo (Post Operam)

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti, sezioni per sezione, i valori assunti dall'indicatore di sicurezza scelto per l'analisi, ovvero il numero di incidenti gravi, nella configurazione "Post Operam" con il tracciato di progetto.

Tabella 19: Freeway segments - incidenti predetti gravi nella configurazione di progetto

Nome sezione	Np,fs,4,mv,fi	Np,fs,4,sv,fi
SS554_EST_FS_1_PO	0.012	0.066
SS554_EST_FS_2_PO	0.049	0.324
SS554_EST_FS_3_PO	0.023	0.127
SS554_EST_FS_4_PO	0.015	0.106
SS554_EST_FS_5_PO	0.056	0.321
SS554_EST_FS_6_PO	0.009	0.049
SS554_EST_FS_7_PO	0.030	0.258
SS554_EST_FS_8_PO	0.042	0.241
SS554_EST_FS_9_PO	0.032	0.185
SS554_EST_FS_10_PO	0.027	0.155
SS554_EST_FS_11_PO	0.045	0.269
SS554_EST_FS_12_PO	0.010	0.056
SS554_EST_FS_13_PO	0.014	0.086
SS554_EST_FS_14_PO	0.010	0.060
SS554_EST_FS_15_PO	0.043	0.264
SS554_EST_FS_16_PO	0.059	0.320
SS554_EST_FS_17_PO	0.031	0.157
SS554_EST_FS_18_PO	0.047	0.269
SS554_EST_FS_19_PO	0.023	0.105
SS554_EST_FS_20_PO	0.037	0.172
SS554_EST_FS_21_PO	0.025	0.116
SS554_EST_FS_22_PO	0.022	0.101
SS554_EST_FS_23_PO	0.020	0.089
SS554_EST_FS_24_PO	0.005	0.013
SS556_EST_FS_25_PO	0.002	0.007
SS554_OVEST_FS_26_PO	0.006	0.035
SS554_OVEST_FS_27_PO	0.056	0.348
SS554_OVEST_FS_28_PO	0.067	0.423
SS554_OVEST_FS_29_PO	0.050	0.378
SS554_OVEST_FS_30_PO	0.043	0.245

Nome sezione	Np,fs,4,mv,fi	Np,fs,4,sv,fi
SS554_OVEST_FS_31_PO	0.056	0.328
SS554_OVEST_FS_32_PO	0.008	0.046
SS554_OVEST_FS_33_PO	0.014	0.086
SS554_OVEST_FS_34_PO	0.012	0.072
SS554_OVEST_FS_35_PO	0.028	0.175
SS554_OVEST_FS_36_PO	0.023	0.125
SS554_OVEST_FS_37_PO	0.024	0.131
SS554_OVEST_FS_38_PO	0.032	0.166
SS554_OVEST_FS_39_PO	0.044	0.250
SS554_OVEST_FS_40_PO	0.026	0.118
SS554_OVEST_FS_41_PO	0.036	0.166
SS554_OVEST_FS_42_PO	0.027	0.129
SS554_OVEST_FS_43_PO	0.018	0.086
SS554_OVEST_FS_44_PO	0.018	0.083
SS554_OVEST_FS_45_PO	0.002	0.006
SS556_OVEST_FS_46_PO	0.004	0.009
exSS554_EST_FS_47_PO	0.024	0.095
exSS554_OVEST_FS_48_PO	0.002	0.005
exSS554_OVEST_FS_49_PO	0.010	0.039
TOTALE	1.320	7.460

Tabella 20: Speed change lane - incidenti predetti gravi nella configurazione di progetto

Nome sezione	Np,sc,nEN,at,fi	Np,sc,nEX,at,fi
SS554_EST_SCL_1_PO	0.000	0.076
SS554_EST_SCL_2_PO	0.121	0.000
SS554_EST_SCL_3_PO	0.132	0.000
SS554_EST_SCL_4_PO	0.000	0.101
SS554_EST_SCL_5_PO	0.111	0.000
SS554_EST_SCL_6_PO	0.000	0.141
SS554_EST_SCL_7_PO	0.045	0.000

Nome sezione	Np,sc,nEN,at,fi	Np,sc,nEX,at,fi
SS554_EST_SCL_8_PO	0.047	0.000
SS554_EST_SCL_9_PO	0.000	0.050
SS555_EST_SCL_10_PO	0.011	0.000
SS557_EST_SCL_11_PO	0.011	0.000
SS554_OVEST_SCL_12_PO	0.070	0.000
SS554_OVEST_SCL_13_PO	0.000	0.113
SS554_OVEST_SCL_14_PO	0.124	0.000
SS554_OVEST_SCL_15_PO	0.100	0.000
SS554_OVEST_SCL_16_PO	0.000	0.099
SS554_OVEST_SCL_17_PO	0.078	0.000
SS554_OVEST_SCL_18_PO	0.000	0.131
SS554_OVEST_SCL_19_PO	0.107	0.000
SS554_OVEST_SCL_20_PO	0.000	0.110
SS554_OVEST_SCL_21_PO	0.100	0.000
SS554_OVEST_SCL_22_PO	0.000	0.075
SS554_OVEST_SCL_23_PO	0.000	0.075
TOTALE	1.057	0.971

Tabella 21: Ramps - incidenti predetti gravi nella configurazione di progetto

Nome sezione	Nspf,rmp,mv,fi	Nspf,rmp,sv,fi
SS554_RMP 1C_1_PO	0.001	0.016
SS554_RMP 1C_2_PO	0.001	0.029
SS554_RMP 1C_3_PO	0.001	0.022
SS554_RMP 1C_4_PO	0.002	0.039
SS554_RMP 1C_5_PO	0.002	0.133
SS554_RMP 1C_6_PO	0.001	0.053
SS554_RMP 1C_7_PO	0.000	0.015
TOTALE	0.007	0.306

Per il calcolo degli incidenti gravi predetti nella configurazione del progetto legati alle rotonde è stato applicato il coefficiente di conversione di 0.33 da applicare agli incidenti che si prevedono nelle intersezioni a raso semaforizzate nella configurazione attuale.

4.5.4 Sintesi comparativa

In Tabella 22 sono riassunti i dati di incidentalità dello stato attuale (Ante Operam).

Tabella 22: Dati di incidentalità dello stato attuale

TIPOLOGIA DI MODELLO	L _{tot}	TGM	M+F	Densità _{M+F}	Tasso _{M+F}
FREEWAY SEGMENTS	3.47	42074	6.59	1.903	12.390
SPEED CHANGE LANE	0.84	40537	0.80	0.955	6.456
ROAD SEGMENTS SUB_ART	15.73	40190	6.49	0.413	2.812
INTERSECTION (n°5)	---	---	9.66	---	---
RAMPS	1.725	7000	0.46	0.266	10.420
TOTAL	21.76	37872	24.00	0.659	4.768

In Tabella 23 sono riassunti i dati di incidentalità dello stato attuale (Post Operam).

Tabella 23: Dati di incidentalità della configurazione di progetto

TIPOLOGIA DI MODELLO	L _{tot}	TGM	M+F	Densità _{M+F}	Tasso _{M+F}
FREEWAY SEGMENTS	16.679	43395	5.18	0.311	1.962
SPEED CHANGE LANE	4.101	44716	2.03	0.494	3.029
ROUNDABOUT (n°5)	---	---	3.19	---	---
RAMPS	1.539	7622	0.31	1.151	41.384
TOTAL	22.32	41171	10.71	0.402	2.678

Dai risultati ottenuti, dato che il numero degli incidenti gravi previsti al futuro è di 10.71 inc./anno al 2025 mentre allo stato attuale ne sono previsti 24, corrispondenti a quelli avvenuti all'ultimo anno degli incidenti osservati che costituisce il riferimento per la calibrazione, si può affermare, ai sensi dell'Art. 4 del D.M. 22.4.2004, che l'adeguamento previsto nel progetto definitivo offerto costituisce un intervento che garantisce un livello di sicurezza della circolazione più alto rispetto al livello attuale.

Nuova SS 554 "Cagliariatana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 30 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

5 ANALISI PUNTUALE DI ELEMENTI SPECIFICI DEL PROGETTO

5.1 Aspetti puntuali oggetto di analisi

Parallelamente all'analisi di sicurezza ai sensi del D.M. 22 Aprile 2004, si è reso necessario analizzare quelle situazioni localizzate che possono determinare una potenziale criticità, in particolare sono stati analizzati gli effetti sulla sicurezza di una deviazione rispetto alle prescrizioni della normativa di riferimento (D.M. 5.11.2001 e D.M. 19.4.2006), benché non cogenti nel caso in esame.

5.2 Valutazione degli effetti di sicurezza dovuti alle non conformità rispetto al D.M. 5 Novembre 2001 e D.M. 19 Aprile 2006

5.2.1 Identificazione delle non conformità

Le diverse non conformità identificate dai progettisti stradali possono essere sintetizzate in:

- anomalie nel diagramma delle velocità di progetto;
- anomalia nei diagrammi di visibilità per l'arresto;
- mancato inserimento di clotoidi nel raccordo di curve con raggi superiori a 3000 metri;
- inserimento di clotoidi con parametro non compatibile con il criterio contraccollo;
- lunghezze dei rettili inferiori a quella minima consentita;
- lunghezze delle curve circolari inferiori alla minima consentita;

In fase di analisi sono state valutate le possibili implicazioni in termini di sicurezza con metodi quantitativi (ove possibile) o qualitativi, anche considerando le indicazioni contenute nelle bozze di norma sugli adeguamenti delle strade esistenti proposta dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e di eventuali altre normative e standard internazionali.

5.2.2 Anomalie nel diagramma delle velocità di progetto

Come indicato nel paragrafo 5.4.4 del D.M. 05.11.2001, nell'esame del diagramma delle velocità di progetto, le due condizioni da verificare sono:

1. $\Delta V_p \leq 10$ km/h nel passaggio da tratti con V_{pmax} a curve a velocità inferiore;
2. $\Delta V_p \leq 20$ km/h nel passaggio tra due curve consecutive (in decelerazione);

Considerando i due versi di percorrenza della strada, nelle seguenti in Tabella 24 e Tabella 25 sono stati indicati, rispettivamente per le progressive crescenti (Carreggiata Dx) e decrescenti (Carreggiata Sx), i tratti di clotoide/curva in cui le condizioni richieste dal dettato normativo non risultano soddisfatte.

Le verifiche sono state condotte per ogni curva del tracciato, considerando per queste entrambe le condizioni sopra indicate.

Le curve che generano una variazione del diagramma della velocità di progetto maggiore rispetto alle condizioni imposte sono state indicate nelle tabelle mediante: le progressive di inizio e fine dell'anomalia; le velocità dell'elemento e a monte dell'elemento; il ΔV_p (variazione di velocità che si genera).

Tabella 24: verifica Diagramma delle Vp per progressive crescenti e Vp max = 120 km/h

N° Elemento	Tipo di Elemento	Raggio (m)	Prog. inizio (km)	Prog. fine (km)	Vp a monte elemento (km/h)	Vp elemento (km/h)	ΔVp (km/h)
38/39	Clotoide/Curva	450	10.189	10.395	120	101.3	18.7>10

Tabella 25: verifica Diagramma delle Vp per progressive decrescenti e Vp max = 120 km/h

N° Elemento	Tipo di Elemento	Raggio (m)	Prog. inizio (km)	Prog. fine (km)	Vp a monte elemento (km/h)	Vp elemento (km/h)	ΔVp (km/h)
15/16/17	Curva/clotoide/retto	180	3.544	4.052	120	70.7	49.3>10
43/44/45	Curva/clotoide/retto	290	10.577	11.105	120	84.8	35.2>10

Le anomalie riscontrate nelle curve (e tratti transizione) indicate in Tabella 24 e Tabella 25, possono indurre l'utente a percorrere la curva ad una velocità maggiore rispetto alla velocità di progetto della curva stessa. Per evitare che l'utente affronti una curva con una velocità maggiore di quella realmente percorribile, si è previsto in progetto di evidenziare la presenza della curva mediante i seguenti provvedimenti:

- A. un trattamento superficiale ad alta aderenza e ad elevata rugosità e resistenza all'abrasione tipo "Grip Road";
- B. l'introduzione di delineatori modulari di curva ad avvistabilità incrementata con illuminazione a LED.

L'utilizzo nelle curve e nei tratti di transizione, posti a monte delle curve stesse, di un trattamento superficiale della pavimentazione stradale genera migliorie per l'utente che le percorre.

Tali effetti benefici sono stati confermati in un recente studio condotto sulla rete autostradale Italiana che ha mostrato come l'impiego di manti realizzati con questa nuova tecnologia abbia portato ad una riduzione media del 73 % degli incidenti per svio sul bagnato in curva⁽²⁾.

Per incrementare il riconoscimento del tratto di curva circolare si è previsto di introdurre i delinettori modulari di curva ad avvistabilità incrementata con illuminazione a led (v. Figura 6).

(2) Fonte: Development of a crash modification factors model in Europe. N. Karathodorou - D. J. Graham; T. Richter; S. Ruhl; F. La Torre; L. Domenichini; George Yannis; A. Dragomanovits; A. Laiou - "Road Safety on five Continents - Rio de Janeiro - maggio 2016)

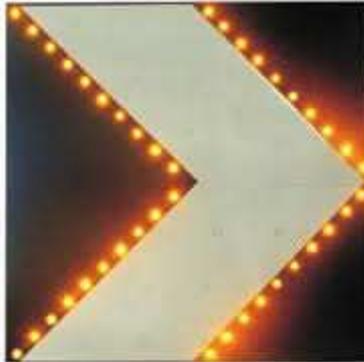


Figura 6 – Delineatori modulari di curva a visibilità incrementata (con led)

La spaziatura di tali elementi è definita dall'Art. 174 del DPR 16.12.1992 n.495 ("Regolamento di esecuzione di attuazione del nuovo codice della strada") che indica per raggi di curvatura:

- compresi tra 100 m e 200 m, come nel caso della curva 15, un distanziamento longitudinale pari a 20 m;
- compresi tra 200 m e 400 m, come nel caso della curva 43, un distanziamento longitudinale pari a 30 m
- oltre i 400 m, come nel caso della curva 39, un distanziamento longitudinale da 30 m a 50 m.

5.2.3 Anomalia nei digrammi di visibilità per l'arresto

La verifica è stata condotta confrontando puntualmente la distanza di visuale libera (DVL), del progetto definitivo offerto in gara generata mediante modellazione software 3D, con le distanza di visibilità per l'arresto (Da) del veicolo richieste dal D.M. 05.11.2001.

Il dettato normativo (D.M. 05.11.2001) per la strada in esame prevede un intervallo di velocità di progetto (Vp) da 70 a 120 km/h, mentre il documento "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (rev. 21.3.2006) prodotto dal Gruppo di Lavoro istituito presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi del D.M. 22.4.2004, ammette per tale tipologia di strada l'adozione di limitare superiormente la velocità di progetto a 100 km/h.

Le verifiche della distanza di visuale libera è stata condotta per entrambi gli intervalli di velocità di progetto. Nella Tabella 26 è indicata la verifica eseguita considerando la Vp massima di 120 km/h, mentre in Tabella 27 la verifica eseguita considerando la Vp massima di 100 km/h.

Ogni verifica è stata condotta in funzione del verso di percorrenza della strada (progressive crescenti e decrescenti, rispettivamente carreggiata destra e carreggiata sinistra) per la corsia di marcia (CM) e corsia di sorpasso (CS). Nelle tabelle sono evidenziati i tratti in cui la $DVL < Da$ indicando per ognuno di essi:

- progressiva di inizio dell'anomalia, colonna (6);
- progressiva di fine dell'anomalia colonna (7);
- sviluppo dell'anomalia, colonna (8);
- la velocità ammissibile (Vamm) o velocità compatibile con la distanza di visuale libera, colonna (9);
- la massima variazione di velocità prevista all'interno dell'intervallo da inizio a fine dell'anomalia, colonna (10).

Oltre alla suddivisione del tracciato per direzione, in considerazione del contesto attraversato dal tracciato, l'asse stradale è stato suddiviso in tre tronchi:

- Tronco 1. parte iniziale del tracciato; tratto dal km 1+500 al km 3+718, caratterizzato dalla sequenza di curve generate dallo svincolo a quadrifoglio intersezione con la SS 131 dir;
- Tronco 2. parte centrale del tracciato; tratto dal km 3+718 al km 10+189, caratterizzato da rettili e curve di grande raggio;
- Tronco 3. parte terminale del tracciato; tratto dal km 10+189 al km 11+840, caratterizzato dalla sequenza di due curve di piccolo raggio.

Tabella 26: verifica visibilità con $V_p \text{ max} = 120 \text{ km/h}$

n°	Tratto	Direzione	Corsia	Anomalia	da (m)	a (m)	L (m)	Vamm (km/h)	ΔV_{max} (km/h)
1	1	Crescenti	CM	DVL < Da	2493	2580	87	70.6	7
2	1	Crescenti	CM	DVL < Da	3437	3565	128	70.5	6
3	2	Crescenti	CM	DVL < Da	4034	4127	93	108	12
4	2	Crescenti	CM	DVL < Da	4559	4735	176	99	21
5	2	Crescenti	CM	DVL < Da	5753	5976	223	99	21
6	2	Crescenti	CM	DVL < Da	6576	6643	67	109	11
7	2	Crescenti	CM	DVL < Da	6897	7082	185	102	18
8	2	Crescenti	CM	DVL < Da	7175	7456	281	97	23
9	2	Crescenti	CM	DVL < Da	8244	8600	356	100	20
10	2	Crescenti	CM	DVL < Da	8970	9290	320	99	21
11	3	Crescenti	CM	DVL < Da	10074	10386	312	88.2	31.8
12	1	Crescenti	CS	DVL < Da	1628	1989	361	70.1	22
13	1	Crescenti	CS	DVL < Da	2714	2832	118	70	8
14	1	Crescenti	CS	DVL < Da	3158	3302	144	70.5	7
15	2	Crescenti	CS	DVL < Da	4516	4715	199	103	17
16	2	Crescenti	CS	DVL < Da	5753	5976	223	99	21
17	2	Crescenti	CS	DVL < Da	6576	6643	67	109	11
18	2	Crescenti	CS	DVL < Da	6897	7082	185	102	18
19	2	Crescenti	CS	DVL < Da	8244	8600	356	100	20
20	2	Crescenti	CS	DVL < Da	8970	9290	320	99	21
21	2	Crescenti	CS	DVL < Da	10075	10187	112	96	19
22	3	Crescenti	CS	DVL < Da	10317	10384	67	92.1	11
23	3	Crescenti	CS	DVL < Da	10450	11082	632	70.1	20
24	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	1818	2122	304	79	14
25	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	2858	2961	103	70.3	7

n°	Tratto	Direzione	Corsia	Anomalia	da (m)	a (m)	L (m)	Vamm (km/h)	ΔV_{max} (km/h)
26	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	3308	3435	127	70.2	7
27	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	4721	4902	181	107	13
28	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	5960	6183	223	99	21
29	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	6781	6866	85	105	15
30	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	7107	7269	162	102	18
31	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	8440	8793	353	100	20
32	2	Decrescenti	CM	DVL < Da	9170	9478	308	99	21
33	3	Decrescenti	CM	DVL < Da	10295	10388	93	89.5	13
34	3	Decrescenti	CM	DVL < Da	10616	11201	585	76.7	12
35	1	Decrescenti	CS	DVL < Da	2611	2721	110	70	8
36	1	Decrescenti	CS	DVL < Da	3564	3716	152	70.1	7
37	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	4183	4328	145	99	21
38	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	4721	4901	180	107	13
39	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	5960	6183	223	99	21
40	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	6781	6866	85	105	15
41	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	7107	7277	170	102	18
42	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	7348	7656	308	91.6	28
43	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	8440	8793	353	100	20
44	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	9170	9478	308	99	21
45	3	Decrescenti	CS	DVL < Da	10286	10491	205	79.1	25

Tabella 27: verifica visibilità con $V_p \text{ max} = 100 \text{ km/h}$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
n°	Tratto	Direzione	Corsia	Anomalia	da (m)	a (m)	L (m)	Vamm (km/h)	ΔV_{max} (km/h)
1	1	Crescenti	CM	DVL < Da	2494	2578	84	70.6	5.2
2	1	Crescenti	CM	DVL < Da	3444	3551	107	70.5	4.4
3	2	Crescenti	CM	DVL < Da	7255	7420	165	97	3.0
4	3	Crescenti	CM	DVL < Da	10120	10185	65	88.6	11.4
5	3	Crescenti	CM	DVL < Da	10205	10390	185	88.2	11.8
6	1	Crescenti	CS	DVL < Da	1640	1988	348	70.1	20.3
7	1	Crescenti	CS	DVL < Da	2716	2823	107	70	5.7
8	1	Crescenti	CS	DVL < Da	3163	3288	125	70.5	5.5
9	3	Crescenti	CS	DVL < Da	10130	10175	45	96	4.0
10	3	Crescenti	CS	DVL < Da	10325	10385	60	92.1	7.9
11	3	Crescenti	CS	DVL < Da	10452	11081	629	70.1	18.5
12	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	1822	2110	288	79	12.1
13	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	2862	2955	93	70.3	7.5
14	1	Decrescenti	CM	DVL < Da	3322	3429	107	70.2	5.1
15	3	Decrescenti	CM	DVL < Da	10290	10380	90	89.5	10.5
16	3	Decrescenti	CM	DVL < Da	10618	11202	584	76.7	10.9
17	1	Decrescenti	CS	DVL < Da	2614	2719	105	70	6.0

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
n°	Tratto	Direzione	Corsia	Anomalia	da (m)	a (m)	L (m)	Vamm (km/h)	ΔV_{max} (km/h)
18	1	Decrescenti	CS	DVL < Da	3577	3717	140	70.1	5.3
19	2	Decrescenti	CS	DVL < Da	7360	7590	230	91.6	8.4
20	3	Decrescenti	CS	DVL < Da	10285	10489	204	79.1	20.9

Come si può vedere dai dati di Tabella 26 e Tabella 27 i difetti di visibilità suddivisi nei tre tratti individuano una velocità ammissibile o compatibile di 70 km/h nei tratti iniziali e finali (Tratto 1 e Tratto 3), che passa a 91.6 km/h nel tratto centrale (Tratto 2).

Considerando che la parte iniziale e finale del tracciato (Tratto 1 e Tratto 3) sono caratterizzate da un contesto con curve di piccolo raggio, si prevede in progetto di dare evidenza a queste curve mediante:

- l'integrazione della segnaletica verticale come indicato nel paragrafo 5.2.2, con delineatori modulari di curva ad avvistabilità incrementata con illuminazione a LED;
- l'adozione di un trattamento superficiale della pavimentazione stradale tipo Grip Road nella prima curva affrontata dall'utente, secondo il verso di percorrenza della strada. Essendo il manto Grip Road di colore molto più chiaro rispetto alla tonalità scura dei manti di usura tradizionali o drenanti. In questo modo si sottolinea all'utente che si sta percorrendo un tratto di strada caratterizzato da una serie di curve da percorrere a velocità prossime al limite inferiore della velocità di progetto. Inoltre il Grip Road riesce a garantire un aumento dell'aderenza longitudinale rispetto a manti di usura drenanti ottenendo così un aumento della velocità ammissibile di circa $7 \div 8$ km/h.

Per il tratto centrale del tracciato, Tratto 2, si osserva che solo un elemento scende sotto il valore di Vamm limite di 100 km/h, la curva di raggio 600 m dal km 7+325 al km 7+498 (curva 31). Tale curva ha una velocità ammissibile di 97 km/h nel verso delle progressive crescenti e di 91.6 km/h nel verso delle progressive decrescenti. Queste due anomalie sono state risolte prevedendo anche in questo caso un trattamento superficiale della pavimentazione tipo Grip Road, che, incrementando la velocità ammissibile di circa $7 \div 8$ km/h, riesce a compensare la differenza tra velocità di progetto e velocità ammissibile.

La soluzione del progetto definitivo offerto, riuscendo a garantire una velocità di progetto massima (V_p max) costante di 70 km/h nel tratto iniziale e finale (Tratto 1 e Tratto 3) ed una V_p max di 100 km/h nel tratto centrale (Tratto 2), migliora sensibilmente l'infrastruttura rispetto al progetto posto a base di gara (PBG). Nella Tabella 28 è stato evidenziato il confronto tra il la V_p max del progetto preliminare di gara, indicata nel paragrafo 1.4.4 "Diagramma delle velocità e di visibilità" della relazione Tecnica stradale (cod. T00.PS00.TRA.RE01) e la V_p max che si riesce a garantire con il tracciato del progetto definitivo offerto (PO), evidenziando le migliorie che si riescono ad ottenere in termini di incremento della V_p max di progetto.

Tabella 28: confronto tra V_p max progetto base di gara con V_p max progetto offerto

Tratto	da km	x km	V_p max PBG (km/h)	V_p max PO (km/h)	Miglioria (km/h)
A	1+500	2+300	70	70	-
B	2+300	3+500	50	70	20

C	3+500	4+500	100	100	-
D	4+500	4+700	80	100	20
E	4+700	7+200	100	100	-
F	7+200	7+600	90	100	10
G	7+600	10+150	100	100	-
H	10+150	13+345	70	70	-

Come si può osservare dalla Tabella 28 nelle tratte B, D e F si riesce a garantire, con il progetto definitivo offerto, una velocità di progetto maggiore rispetto al base gara rispettivamente di 20 km/h per le prime due tratte e di 10 km/h per la terza tratta. Ai fini dell'analisi di sicurezza del tracciato stradale offerto risulta significativo l'incremento di velocità di progetto che si ha nel Tratto B di Tabella 28, che corrisponde alla zona dello svincolo a quadrifoglio, dove il PBG prevede raggi delle curve circolari che non riescono a garantire la Vp minima di 70 km/h prevista per la tipologia di strada in esame, nell'elemento 11 di raggio 158 m e gli elementi 15 e 19 di raggio 150 m (v. Tabella 2). Per questi elementi il progetto definitivo offerto prevede l'ampliamento del raggio delle curve ad un minimo di 180 m con i relativi allargamenti per la visibilità in modo da garantire comunque una velocità di progetto di almeno 70 km/h su tutto il tratto.

Ulteriore verifica eseguita è relativa alla visibilità associata ai raccordi circolari altimetrici. Anche in questo caso, come per l'arresto, si è previsto di esaminare entrambe le configurazioni, con Vp max 120 km/h come richiesto dal D.M. 05.11.2001 e con Vp max limitata a 100 km/h come indicato nel documento "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (rev. 21.3.2006) prodotto dal Gruppo di Lavoro istituito presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi del D.M. 22.4.2004.

I risultati della verifica sono indicati in Tabella 29 per la verifica eseguita con Vp max 120 km/h ed in Tabella 30 per la verifica eseguita con Vp max 100 km/h.

Tabella 29: verifica di visibilità per i raccordi verticali con Vp max = 120 km/h

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tratto	Progressiva vertice	da	a	Rv	Tipo	Rmin	Verifica
2	4737.1	4646.2	4828.0	5000	D	8921	NO
2	5968.4	5852.8	6083.9	4600	D	8534	NO
2	6712.9	6666.2	6759.6	5000	D	7774	NO
2	7094.1	6993.5	7194.7	5000	D	8726	NO
2	8523.2	8319.5	8726.8	5000	D	8438	NO
2	8868.3	8737.0	8999.5	3500	S	4711	NO
2	9237.2	9061.0	9413.3	4700	D	8534	NO
2	9484.3	9417.3	9551.3	3200	S	4711	NO
2	10015.0	9948.3	10081.6	3500	S	3529	NO
3	10336.8	10185.4	10488.1	3500	D	5884	NO

Tabella 30: verifica di visibilità per i raccordi verticali con Vp max = 100 km/h

Tratto	Progressiva vertice	da	a	Rv	Tipo	Rmin	Verifica
2	5968.4	5852.8	6083.9	4600	D	4747	NO
2	9237.2	9061.0	9413.3	4700	D	4747	NO
3	10336.8	10185.4	10488.1	3500	D	4747	NO

Nuova SS 554 "Cagliaritano" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 37 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

Analizzando i risultati di Tabella 29 e Tabella 30, è possibile osservare che nel Tratto 1, parte iniziale del tracciato dal km 1+500 al km 3+718 non sono presenti anomalie. Nel Tratto 2, dal km 3+718 al km 10+189, sono presenti la maggior parte dei difetti generati dalla possibilità che ha l'utente di viaggiare al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto (V_p max 120 km/h) rispetto al Tratto 1.

Limitando superiormente il diagramma delle velocità di progetto a 100 km/h si vede che i raccordi altimetrici critici sono tre (v. Tabella 30). I tre raccordi sono:

- al km 5+968.4 e km 9+237.2, questi due raccordi hanno una differenza percentuale rispetto al raggio minimo compatibile rispettivamente del 3% e del 1% e pertanto possono essere considerati accettabili;
- al km 10+336.8, questo raccordo è interno al Tratto 3, tratto terminale del tracciato, dove si prevede di incrementare l'attenzione dell'utente mediante l'inserimento degli elementi di mitigazione descritti al paragrafo 5.2.2, delineatori di curva a visibilità incrementata, ed aumentare la velocità ammissibile mediante l'adozione del trattamento superficiale Grip Road, che tendono a indurre nell'utente una riduzione della velocità della tratta riducendo di conseguenza la variazione rispetto al raggio minimo calcolato con V_p max di 100 km/h.

Particolare attenzione dovrà essere posta, in fase di progettazione esecutiva, al posizionamento dei segnali di preavviso del Tratto 3 che precede una uscita con la cuspide posta a soli 200 m dal culmine del dosso.

5.2.4 Mancato inserimento di clotoidi nel raccordo di curve con raggi superiori a 3000 metri sull'asse principale

Nel progetto dell'adeguamento dell'asse principale non è previsto l'inserimento di clotoidi su cerchi di raggio superiore a 3000 m. Nel progetto le curve senza raccordo clotoidico sono 4, rispettivamente di raggio 3000 m, 10000 m, 5000 m e 12000 m. Una sola curva prevede un raggio minimo di 3000 m mentre le altre sono superiori a 5000 m. Esaminando diversi standard normativi e linee guida, l'assenza di clotoide per raggi superiori a 5000 m è un'indicazione ricorrente ed in particolare:

- il documento "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (rev. 21.3.2006) prodotto dal Gruppo di Lavoro istituito presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi del D.M. 22.4.2004, ammette l'assenza di curve di transizione (clotoidi) per raggi di curve planimetriche non inferiori a 3500 m per velocità di progetto maggiori di 80 km/h, come nel caso in esame;
- la norma svizzera SN 640-100a "Tracé - Eléments géométriques du tracé en plan" prevede lo stesso criterio adottato dal citato documento del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- la linee guida della Regione Lombardia (Deliberazione Giunta regionale 27 settembre 2006 - n. 8/3219 - applicabile tecnicamente solo alla viabilità realizzata in Lombardia ma utile riferimento anche per viabilità diverse) prevede che gli elementi a curvatura variabile possano non essere inseriti in corrispondenza di curve aventi raggio non inferiore a 3500 m, per velocità di progetto comprese tra gli 80 km/h ed i 120 km/h.

Dal punto di vista della sicurezza della circolazione l'assenza delle clotoide può comportare due effetti:

- disassamento della traiettoria effettivamente percorsa dall'utente rispetto a quella teorica per effetto del fatto che, per compensare in contraccollo, l'utente dovrà comunque percorrere una curva a raggio variabile;

- necessità di realizzare un tratto di rotazione di falda di lunghezza opportuna prima di entrare in curva per i cerchi con raggi compresi tra 3000 m e 7500 m (raggio oltre il quale la norma non prevede più la rotazione di falda).

Per valutare il primo aspetto si è considerata la situazione più critica corrispondente al raggio da 3000 m avente Velocità di Progetto (Vp) da D.M. 05.11.2001 di 120 km/h (limitata poi a 100 km/h nel progetto di adeguamento). Una clotoide compatibile con il solo criterio del contraccolpo (essendo quello ottico irrilevante su raggi così ampi), anche facendo riferimento alla Vp di 120 km/h avrebbe un parametro di scala (A) pari a 290 m. Lo scostamento tra la traiettoria reale e quella nominale d'asse è approssimabile mediante l'espressione $A^4/(24 \times R^3) = 0.011$ m (1.1 cm). In pratica l'utente seguirà di fatto il tracciato di progetto con scostamento trascurabile e non sono pertanto da attendersi conseguenze in termini di sicurezza della circolazione, confermando le indicazioni delle norme e linee guida sopra citate.

In conclusione si ritiene che questa non conformità al dettato del D.M. 5.11.2001 non produca effetti negativi significativi in termini di sicurezza della circolazione.

5.2.5 Inserimento di clotoidi con parametro non compatibile con il criterio contraccolpo

Nella disamina del progetto definitivo offerto in gara, la verifica delle clotoidi, eseguita nel verso delle progressive crescenti e decrescenti, ha evidenziato 7 elementi clotoidici che non rispettano il parametro minimo ammesso per il contraccolpo (Criterio 1 del paragrafo 5.2.5 del D.M. 05.11.2001).

La verifica del contraccolpo è stata eseguita considerando la velocità di progetto da dettato normativo senza limitazioni della velocità massima (Vp max pari a 120 km/h). Le clotoidi che non rispettano il parametro minimo (Aminimo) per il contraccolpo sono indicate nella seguente Tabella 31.

Tabella 31: verifica del contraccolpo con Vp max = 120 km/h

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Elemento	Direzione di marcia	Raggio Curva (m)	Parametro A progetto	Parametro Aminimo	Scostamento di progetto	Scostamento min richiesto	Differenza di scostamento
22	Crescente	760	253.5	254.7	0.392	0.399	0.007
24	Crescente	760	253.5	254.7	0.392	0.399	0.007
30	Crescente	600	250	259.1	0.754	0.869	0.116
32	Crescente	600	250	259.1	0.754	0.869	0.116
38	Crescente	450	210	225.4	0.889	1.180	0.291
42	Decrescente	290	150	163.5	0.865	1.221	0.356
44	Decrescente	290	135	157.2	0.567	1.043	0.476

La stessa verifica è stata eseguita considerando la limitazione della velocità massima a 100 km/h e ne deriva che con una velocità inferiore tutte le anomalie riscontrate nella direzione delle progressive crescenti risultano non presenti, mentre restano le anomalie in direzione di marcia decrescente.

Come si può vedere nella Tabella 31, oltre al parametro A minimo (colonna 5) che dovrebbe avere la curva per rispettare il criterio del contraccolpo, è stata calcolata (in colonna 8) la differenza di scostamento minimo richiesto e lo scostamento di progetto. Questo valore determina lo scostamento tra la traiettoria reale e quella nominale d'asse, in pratica l'utente seguirà di fatto la traiettoria teorica spostandosi di massimo 47 cm all'interno della corsia (di larghezza 3.50 m) e non sono pertanto da attendersi conseguenze in termini di sicurezza della circolazione.

Nuova SS 554 "Cagliariatana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 39 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

5.2.6 Lunghezza del rettifilo inferiore a quella minima consentita

Questo tipo di verifica è introdotta dal D.M. 5.11.2001 con la finalità di evitare distorsioni del tracciato connesse con le presenza di due cerchi equiversi molto vicini (è infatti ammessa la presenza di rettifili corti nei flessi). Nel caso in esame però si tratta meramente di approssimazioni numeriche connesse con esigenze di tracciamento in quanto i due rettifili in questione sono:

- Il rettifilo 33 lungo 234 m ma compreso tra due cerchi di raggio rispettivamente 600 m (raccordato da clotoide) e 5000 m (non raccordato da clotoide). La lunghezza minima richiesta dal dettato normativo per il rettifilo in questione è pari a 250 m, quindi 16 m minore del rettifilo minimo ammesso. Indicando in percentuale la minor lunghezza del rettifilo si evidenzia che risulta una carenza del solo 6.4% certamente non percepibile all'utente;
- Il rettifilo 35 lungo 177 m ma compreso tra due cerchi di raggio 5000 m e 12000 m non raccordati da clotoidi. Anche per questo rettifilo lo sviluppo minimo ammesso dalla norma è pari a 250 m. In questo caso le due curve non sono equiverse ma generano un flesso tra due curve, ma essendo il raggio maggiore tra le due curve di 12000 m, risulta difficilmente percepibile per l'utente come una curva ma bensì come uno "pseudo rettilineo", pertanto, percorrendo le due curve ed il rettifilo tra esse interposto, stante la grande dimensione di uno dei due raggi, l'utente avrà l'impressione di percorrere un'unica curva, quella di raggio inferiore.

In conclusione si ritiene che queste non conformità al dettato del D.M. 5.11.2001 non producano effetti negativi significativi in termini di sicurezza della circolazione.

Inoltre, trattandosi di un progetto di adeguamento sono in genere ammesse deviazioni rispetto alle lunghezze minime e massime dettate dalle prescrizioni del D.M 5.11.2001, come indicato nel capitolo 7.2 punto C) del documento "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (rev. 21.3.2006).

5.2.7 Sviluppo della curva circolare inferiore a quello minimo consentito

Questo tipo di verifica è introdotta dal D.M. 5.11.2001 con la finalità di percepire correttamente una curva circolare. Nel tracciato in esame sono presenti quattro curve con sviluppo inferiore al minimo e sono:

- la curva 7 (R = 180 m) di sviluppo 18.7 m, il cui sviluppo minimo richiesto dal dettato normativo è pari a 49.1 m;
- la curva 11 (R = 180 m) di sviluppo 30.9 m, il cui sviluppo minimo richiesto dal dettato normativo è pari a 49.1 m;
- la curva 23 (R = 760 m) di sviluppo 55.6 m, il cui sviluppo minimo richiesto dal dettato normativo è pari a 83.3 m;
- la curva 28 (R = 10000 m) di sviluppo 7.98 m, il cui sviluppo minimo richiesto dal dettato normativo è pari a 83.3 m;

Come indicato nel paragrafo precedente per i rettifili, anche per le curve trattandosi di un progetto di adeguamento, sono ammesse in genere deviazioni rispetto alle lunghezze minime e massime dettate dalle prescrizioni del D.M. 5.11.2001, come indicato nel capitolo 7.2 punto C) del documento "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti" (rev. 21.3.2006).

Sulla base di considerazioni percettive, appare sicuramente opportuno trascurare la carenza di sviluppo della curva 28 di Raggio 10000 m, per le dimensioni del suo raggio e per l'assenza di cambio di pendenza trasversale della piattaforma rispetto al rettilineo (2.5 %) che la rendono uno "pseudo-rettilineo".

Per la curva 23, percorribile a 120 km/h, il problema è legato solo ad un possibile affaticamento del conducente su lunghe percorrenze ma, trattandosi di una curva isolata su un tratto stradale comunque breve, il problema non si pone.

Diverso è il caso delle curve 7 e 11 dove l'utente deve percepire la curva per tempo per poter decelerare. In questi casi sono stati previsti delinatori modulari di curva ad avvistabilità incrementata con illuminazione a LED descritti nel paragrafo 5.2.2 con spaziatura di 20 m.

In considerazione dello sviluppo limitato delle curve che consente l'inserimento al massimo di 2 delineatori per curva, al fine di incrementare ulteriormente la percezione dell'elemento curvilineo sono stati inseriti i delineatori modulari anche in approccio alla curva stessa, nel tratto di transizione, con un distanziamento decrescente nel verso di marcia come indicato nella Figura 7. Il valore del distanziamento tra gli elementi non sarà mai superiore a 60 m.

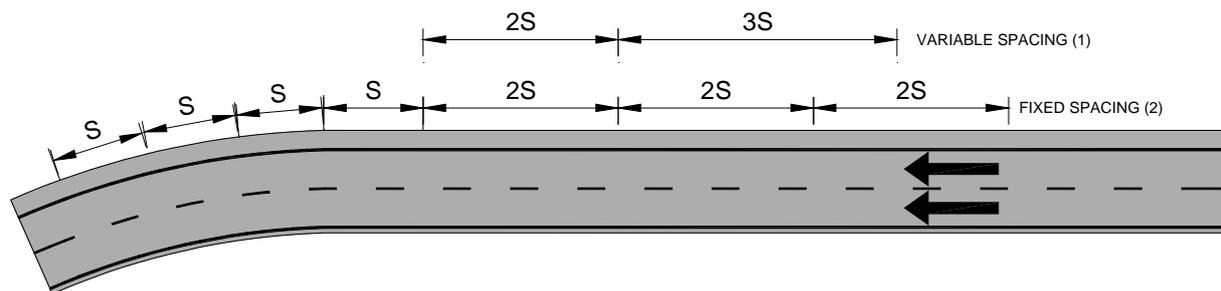


Figura 7 – posizionamento dei delineatori modulari di curva

Nuova SS 554 "Cagliaritana" Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850	Pagina 41 di 41
Relazione di Sicurezza	Rev. A - 18.04.2016

6 CONCLUSIONI

L'analisi di sicurezza condotta ai sensi del D.M. 22 aprile 2004 n. 67S ha dimostrato che l'intervento, nel suo complesso, migliora la sicurezza rispetto all'infrastruttura attuale con una riduzione di incidentalità predetta pari a circa il 55% (24 incidenti gravi osservati all'anno 2015 contro 10.71 incidenti gravi predetti all'anno 2025).

Le difformità rispetto al dettato dei DD.MM. 5.11.2001 e 19.4.2006 sono state analizzate puntualmente e, qualora rilevanti per la sicurezza stradale, sono stati introdotti elementi di mitigazione del rischio il cui beneficio tende a eliminare o, laddove non risulti possibile, minimizzare gli effetti sulla sicurezza della circolazione della difformità riscontrata.