

## S.S.45 DELLA VAL DI TREBBIA

### AMMODERNAMENTO DELLA STRADA STATALE N. 45 DELLA VAL TREBBIA NEL TRATTO CERNUSCA-RIVERGARO

## PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: <b>ANAS DPRL</b>		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE:	
I PROGETTISTI: <i>ing. Antonio SCALAMANDRÉ</i> <i>Ordine Ing. di Frosinone n.1063</i>			
IL GEOLOGO: <i>geol. Maurizio MARTINO</i> <i>Ordine Geol. del Lazio ES n.457</i>			 <small>Società designata: GA&amp;M...</small>
IL RESPONSABILE DEL SIA: <i>Ing. Laura TROIANI</i> <i>Ordine Arch. di Roma n.A-31890</i>			 <small>Via Inghilterra 10 - 00192, Roma</small>
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>geom. E PAIELLA</i>		 <small>Società di Ingegneria &amp; Architettura Associata</small>	
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: <i>ing. Anna Maria NOSARI</i>		<b>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</b>	<b>ING. RENATO DEL PRETE</b>
PROTOCOLLO	DATA		

**D003**

### D - PROGETTO STRADALE D0 - ELABORATI GENERALI

RELAZIONE DI SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 D.M.22/04/2004

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	D003 - P00PS00TRARE03_A.dwg		
<b>BO0067</b>	<b>D</b>	<b>1801</b>	CODICE ELAB. <b>P00PS00TRARE03</b>	<b>A</b>	-
<b>C</b>					
<b>B</b>					
<b>A</b>	EMISSIONE	Aprile 2020			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSE .....	2
2	INNALZAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE .....	3
2.1	Asse Principale.....	3
2.2	Rotatorie.....	6
3	INNALZAMENTO DEL LIVELLO FUNZIONALE.....	8

## 1 PREMESSE

Con riferimento a quanto sancito dall' art. 4 del DM 22/04/2004 n.67/S per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, il presente documento assume valenza di *"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"* relativamente al progetto di ammodernamento e messa in sicurezza della Strada Statale 45 "Val di Trebbia" (per brevità nel testo SS45) nel tratto "Cernusca-Rivergaro" dall'attuale km 109+041 al km 119+180.

Il progetto in parola è ubicato nei comuni di Travo e Rivergaro, nella provincia di Piacenza. Esso prevede la realizzazione lungo l'intero tracciato di una piattaforma stradale adeguata alla categoria C2 come prevista dal DM 05/11/2001, ad esclusione dei tratti interessati dagli insediamenti abitativi di Rivergaro, Fabbiano, Casino d'Agnelli e Quadrelli. Nei tronchi esclusi dagli interventi è comunque prevista la ripavimentazione della piattaforma e la risagomatura dei cigli degli innesti per favorirne le manovre di ingresso/uscita.

Il progetto di adeguamento ed ampliamento della sede attuale ricalca il sedime viario esistente ri-geometrizzando l'asse stradale al fine di renderlo per quanto possibile aderente ai dettami del DM 05/11/2001. La piattaforma verrà dunque ampliata dagli attuali circa 6.50 m, ai 9.50 m previsti per le strade di categoria C2. L'adeguamento è stato eseguito prevalentemente decentrando verso valle (lato fiume Trebbia) l'asse stradale in modo da minimizzare gli scavi e, per quanto possibile, conservare l'esercizio sulla sede attuale durante i lavori di costruzione. Sono anche stati previsti due tratti in variante (il tronco 4 ed il tronco 8, per un totale di circa 1,8 km su un'estesa complessiva di 10,5 km) lungo i quali il vecchio sedime stradale è previsto sia comunque mantenuto in esercizio come viabilità di servizio con lo scopo di collettare e convogliare verso le rotatorie di estremità tutti gli accessi presenti lungo tali tratte.

Lungo il tracciato è stata prevista anche la realizzazione di n. 7 nuove rotatorie in sostituzione di altrettante intersezioni a raso, in parte realizzate sullo stesso sedime ed in parte delocalizzandole.

Scopo dell'inserimento delle rotatorie è quello di regimentare il flusso veicolare e di rendere più sicure le intersezioni con l'asta principale da parte delle viabilità minori, sia nelle manovre di immissione ed uscita che, soprattutto, in quelle di attraversamento. L'inserimento delle rotatorie permette inoltre di razionalizzare l'uso delle numerose immissioni oggi esistenti sull'asta principale, impedendo lungo l'intera tratta la svolta sinistra, a meno dei tratti interni ai centri abitati. A tale scopo esse sono disposte ad intervalli mediamente di 1.3 km.

Pertanto, trattandosi di adeguamento di un'infrastruttura esistente, l'intervento in parola esula dalla applicazione pedissequa dei criteri propri del Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n.

6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e del Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali". Si sottolinea in ogni caso, che l'intero tracciato è stato studiato per essere quanto più possibile aderente a tali dettami normativi. Le poche difformità presenti sono comunque state tutte censite, analizzate e risolte con opportuni interventi di mitigazione del rischio d'incidente. Esse sono dettagliatamente descritte nell'apposito elaborato D004 "**Relazione sull'analisi di sicurezza stradale**" a cui si rimanda per gli approfondimenti del caso.

Nella presente relazione si valutano invece gli aspetti di miglioramento funzionale della circolazione e di innalzamento del livello di sicurezza complessivo della strada rispetto alla situazione attuale come, appunto, richiesto dall' art. 4 del DM 22/04/2004 n.67/S.

## 2 INNALZAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE

### 2.1 ASSE PRINCIPALE

La nuova viabilità principale di progetto, come anticipato, è costituita da una successione di 8 assi intervallati da 7 roatorie. Essa parte dall'abitato di Rivergaro e termina, dopo circa 10.5 km, innestandosi su una ottava roatoria già realizzata in occasione della costruzione della variante di Perino della SS 45. Il nuovo tracciato stradale è il frutto della ri-geometrizzazione del tracciato esistente con l'intento di renderlo quanto più possibile aderente ai dettami normativi del DM 05/11/2001.

L'innalzamento del livello di sicurezza è stato valutato in base al confronto tra tracciato esistente e tracciato di progetto per ognuno degli 8 assi che lo costituiscono.

Per valutare l'innalzamento del livello di sicurezza, è necessario riferirsi ad una misura di incidentalità, tipicamente la frequenza di incidentalità (incidenti/anno).

La frequenza di incidentalità viene pertanto stimata nell'ipotesi di confrontare le seguenti due alternative progettuali per lo specifico anno orizzonte:

- Alternativa "zero" di non intervento, corrispondente al tracciato esistente;
- Alternativa "uno" di intervento, corrispondente al tracciato in progetto.

Trattandosi di un confronto effettuato con riferimento ad un anno futuro e rispetto ad una condizione di progetto (non ancora realizzata), occorre utilizzare un modello di previsione dell'incidentalità che fornisca una stima della frequenza di incidentalità per entrambe le alternative, in base ad alcune variabili caratteristiche del tracciato.

Il modello per la previsione dell'incidentalità scelto è quello sviluppato da Cafiso et al. (2010)<sup>1</sup> per tronchi stradali extraurbani a due corsie (a partire da dati italiani di incidenti gravi con almeno

<sup>1</sup> Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., & Persaud, B. (2010). Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1072-1079.

un morto e/o un ferito). Il modello in parola è stato selezionato in quanto sviluppato per il contesto italiano tra quelli presenti in letteratura per la tipologia di strada in esame.

Tale modello lega la frequenza annuale di incidenti gravi alle seguenti variabili:

- Lunghezza del segmento "L" (all'aumentare della lunghezza e, dunque, dell'esposizione al rischio, aumenta l'incidentalità);
- Volume di traffico giornaliero medio "TGM" (all'aumentare del traffico e, dunque, dell'esposizione al rischio, aumenta l'incidentalità);
- Numero di accessi al km (densità di accessi) "DA" (all'aumentare della densità e, dunque, dei potenziali conflitti, aumenta l'incidentalità);
- Percentuale di curve sulla lunghezza totale del tracciato "%C" (all'aumentare della percentuale, diminuisce l'incidentalità, effetto principalmente spiegato da una minore velocità media degli utenti);
- Deviazione standard della velocità operativa lungo il tracciato "SD-V85", calcolata rispetto alla popolazione di tutte le singole velocità operative (all'aumentare della deviazione, aumenta l'incidentalità, effetto principalmente spiegato con una pericolosa disomogeneità tra gli elementi geometrici di un tracciato). La deviazione standard delle velocità operative sul tracciato SD-V85 è ricavata attraverso l'applicazione della seguente relazione:

$$SD - V85 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v85, i - v85, media)^2}{n}}$$

dove:

$v85, i$  = velocità operativa del singolo elemento (curva o rettilineo) costituente il tracciato;

$v85, media$  = velocità operativa media caratteristica del tracciato (pesata rispetto alle lunghezze dei singoli elementi che lo costituiscono);

$n$  = numero di elementi (curve e/o rettilinei) presenti sul tracciato.

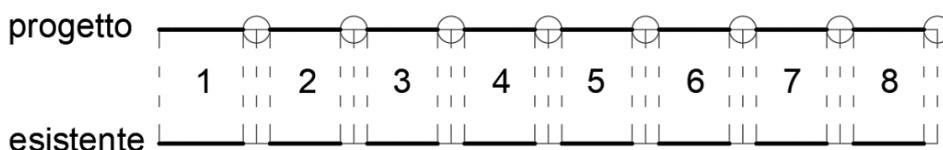
Il modello è stato applicato per le due alternative di tracciati stradali (alternativa di non intervento ed alternativa di intervento), variando i parametri di input in funzione delle caratteristiche geometriche dei tracciati.

Infine, è stata calcolata la seguente quantità, che rappresenta la differenza percentuale tra la frequenza di incidentalità dell'alternativa zero (tracciato esistente) e la frequenza di incidentalità dell'alternativa uno (tracciato in progetto):

$$\Delta\% = \frac{\text{Frequenza incidentalità alternativa Zero} - \text{Frequenza incidentalità alternativa Uno}}{\text{Frequenza incidentalità alternativa Zero}} * 100$$

Nelle tabelle che seguono si riportano i valori assunti dalle variabili di input del modello per le due alternative, per ognuno degli 8 assi che costituiscono il tracciato principale.

Si precisa che, ai fini del confronto, il tracciato esistente è stato segmentato in 8 porzioni sovrapponibili agli 8 assi principali (escludendo inoltre le lunghezze interessate dall'inserimento delle rotonde in progetto tra gli assi); così come rappresentato nello schema riportato di seguito.



**Figura 1 – Schema delle lunghezze considerate (in grassetto) per il calcolo della frequenza di incidentalità sul tracciato esistente e su quello in progetto, con indicazione della posizione delle rotonde e del numero progressivo degli assi.**

**Tabella 1 – Valori assunti dalle variabili del modello previsionale per l'alternativa 0 (tracciato esistente) e l'alternativa 1 (tracciato in progetto)**

VARIABILE	L (km)		TGM (veicoli/giorno)		DA (accessi/km)		%C		SD-V85 (km/h)	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>ALTERNATIVA</b>										
<b>A</b>										
<b>ASSE 1</b>	2.13	2.09	7979	7979	12.7	7.2	50	65	11.5	3.4
<b>ASSE 2</b>	1.03	0.99	7979	7979	7.8	4.0	58	100	8.3	1.5
<b>ASSE 3</b>	1.58	1.57	7979	7979	8.2	5.7	25	82	11.5	3.0
<b>ASSE 4</b>	1.14	1.14	7979	7979	6.1	0.9	51	75	7.4	4.8
<b>ASSE 5</b>	0.95	0.95	7979	7979	8.4	8.4	43	67	8.9	3.8
<b>ASSE 6</b>	1.87	1.84	7979	7979	12.3	10.3	46	70	9.9	7.0
<b>ASSE 7</b>	1.26	1.25	7979	7979	11.1	6.4	47	56	8.6	4.1
<b>ASSE 8</b>	0.87	0.68	7979	7979	1.2	0.0	59	78	3.5	6.6

I dati di input presentati nella precedente tabella 1 conducono ai valori previsti di incidentalità per le due alternative di tracciato riportati in tabella 2. La stessa tabella mostra anche, asse per asse, il valore della differenza percentuale tra le due alternative progettuali.

In base ai risultati dell'applicazione del modello previsionale, è possibile affermare che sul tracciato in progetto (a parità di traffico e con lunghezza sostanzialmente invariata) si stima una riduzione di circa il 67% dell'incidentalità grave (con morti e/o feriti) rispetto al tracciato esistente. La riduzione è più marcata per alcuni assi (nei casi degli assi 2 e 3, la riduzione supera il 75%) ed è più contenuta per altri (ad esempio, il 36% per l'asse 8, dove il tracciato è sostanzialmente tutto in variante).

**Tabella 2 – Incidentalità prevista per l’alternativa zero (tracciato esistente) e l’alternativa uno (tracciato in progetto)**

MISURA	Incidentalità prevista (incidenti gravi/anno) Alternativa		Δ%
	0	1	
ASSE 1	1.36	0.41	70
ASSE 2	0.33	0.07	78
ASSE 3	1.21	0.19	84
ASSE 4	0.35	0.13	62
ASSE 5	0.44	0.19	56
ASSE 6	1.11	0.50	55
ASSE 7	0.63	0.28	55
ASSE 8	0.13	0.08	36
<b>TOTALE</b>	<b>5.56</b>	<b>1.86</b>	<b>67</b>

La riduzione dell’incidentalità è dovuta essenzialmente a:

- Una riduzione della densità degli accessi su tutti gli assi in progetto ad eccezione dell’asse 5 (per cui il valore rimane costante);
- Un aumento della percentuale di curve sul tracciato (migliorandone però le caratteristiche geometriche secondo i dettami del DM2001);
- Una riduzione della deviazione standard delle velocità operative su tutti gli assi in progetto ad eccezione dell’asse 8.

Tali tendenze sono infatti facilmente riscontrabili dal confronto con i valori riportati nelle precedenti tabelle.

## 2.2 ROTATORIE

Gli 8 assi che costituiscono il tracciato stradale sono intervallati dalla presenza di 7 intersezioni a rotatoria. Inoltre, il tracciato dell’asse 8 (lato Sud) termina con una ulteriore rotatoria di estremità già esistente.

Come anticipato, la presenza delle rotatorie lungo il tracciato deve essere letta nell’insieme delle misure adottate per adeguare in sicurezza il tracciato stradale. Attesa infatti la impossibilità di realizzare con continuità lungo l’intera estesa viabilità di servizio per eliminare i numerosi oggi accessi presenti, è stato necessario inserire le rotatorie che consentono, da un lato di consentire ad intervalli regolari agevoli inversioni di marcia permettendo così di impedire lungo il tracciato tutte le pericolose svolte a sinistra da e verso gli accessi, dall’altro di regimentare le velocità operate lungo l’asta principale interrompendo la continuità dell’asse di progetto.

Esse, in ogni caso, anche considerate singolarmente, danno luogo ad un intrinseco miglioramento della sicurezza delle intersezioni che sostituiscono. Infatti:

- la rotatoria 1 è quattro bracci. Il braccio "Est" si connette ad un tratto del vecchio tracciato mantenuto in attività per garantire il collettamento degli innesti 24 e 27 (chiusi pertanto sull'asse principale in progetto). Il braccio "Ovest" sostituisce invece l'intersezione (innesto 28) alla stessa progressiva;
- la rotatoria 2 è a quattro bracci. Il braccio "Sud" di nuova realizzazione, colletta i quattro innesti 33bis, 35, 36 e 37 (chiusi sull'asse principale in progetto) relativi alla località Monte Travaso. Il braccio "Nord" di nuova realizzazione, sostituisce invece l'intersezione esistente (innesto 33, chiuso sull'asse principale ad una diversa progressiva e ricollocato nella rotatoria in progetto), che afferisce alla località Cisiano;
- la rotatoria 3 è a quattro bracci. Il braccio "Sud" si connette ad un tratto del vecchio tracciato mantenuto in attività per garantire il collettamento di diversi innesti (chiusi sull'asse principale in progetto), tra cui l'innesto 48 in prossimità della rotatoria 3. Il braccio "Nord", di nuova realizzazione, collega la località Le Piane (inglobando anche le funzioni dell'innesto 47, chiuso sull'asse principale in progetto);
- la rotatoria 4 è a tre bracci. Il braccio "Est" si connette ad un tratto del vecchio tracciato mantenuto in attività per garantire il collettamento di numerosi innesti (chiusi sull'asse principale in progetto), tra cui gli innesti 51, 52, 53 e 54 in prossimità della rotatoria 4;
- la rotatoria 5 è a tre bracci. Essa converte una precedente intersezione esistente a 3 bracci in località Canova Ponte tra la SS45 e la SP40 diretta a Travo;
- la rotatoria 6 è a tre bracci. Il braccio "Nord" sostituisce l'intersezione (innesto 86) alla stessa progressiva, con una viabilità di servizio che conduce al fiume Trebbia;
- la rotatoria 7 è a tre bracci. Il braccio "Ovest", di nuova realizzazione, collega la località Dolgo, precedentemente servita dall'intersezione (innesto 97, chiuso sull'asse principale in progetto) posta ad una diversa progressiva e che presentava evidenti criticità nei riguardi della sicurezza della circolazione;
- la rotatoria 8 è la rotatoria a 4 bracci esistente in località Cernusca, al termine dell'asse 8, di collegamento alla variante di Perino della stessa SS.45.

esse, dunque, provvedono a:

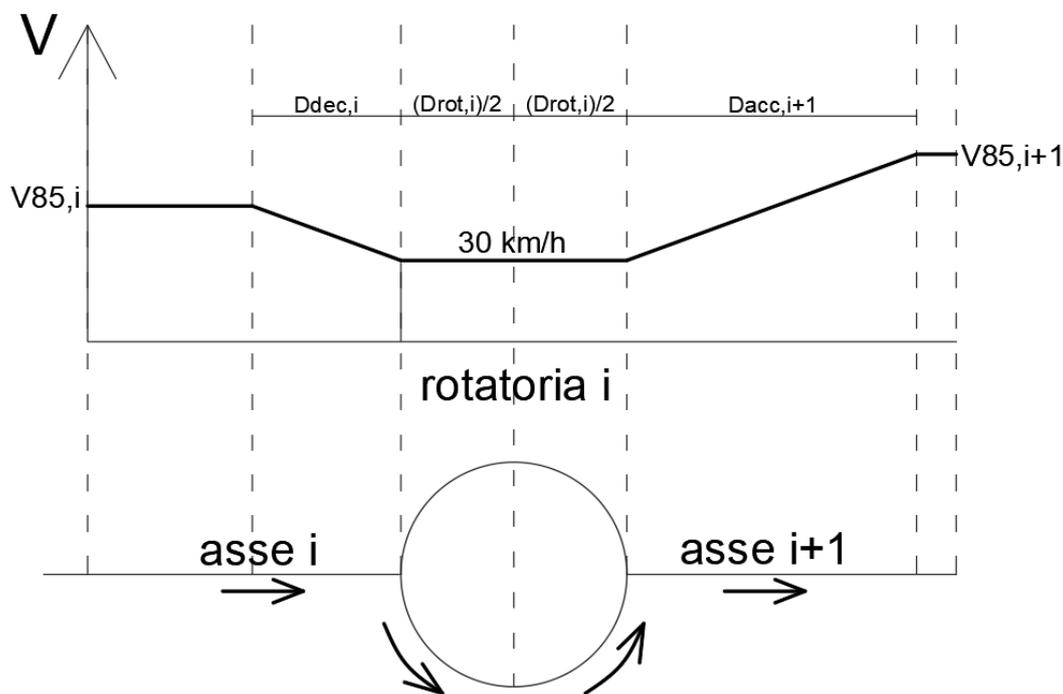
- eliminare le svolte a sinistra lungo il tracciato esterno alle località urbane, eliminando ovunque i punti di conflitto d'intersezione;
- diminuire il numero degli innesti presenti sull'asse principale grazie alla chiusura di molti di essi con il conseguente spostamento e concentrazione dei punti di conflitto in rotatoria;
- sostituire le esistenti intersezioni a raso con alcune viabilità locali in intersezioni a rotatoria.

Con riferimento a tali funzioni, si osserva in particolare, che numerosi studi presenti in letteratura dimostrano la sussistenza di un più elevato livello di sicurezza in presenza di una rotatoria



evidentemente, a vantaggio di sicurezza rispetto al miglioramento funzionale che si intende dimostrare<sup>4</sup>.

- Nello scenario di progetto sono stati valutati i tempi di percorrenza trascurando inizialmente la presenza delle rotatorie analogamente al calcolo effettuato per lo stato di fatto (scenario 1a). Successivamente, al fine di considerare la presenza delle rotatorie al termine degli assi (scenario 1b), sono state valutate le decelerazioni/accelerazioni dovute alla loro presenza. Per far ciò sono state calcolate in modo rigoroso le distanze di decelerazione/accelerazione a partire dalle velocità operative medie (supposte costanti lungo lo sviluppo degli assi - $D_{dec,i}$  e  $D_{acc,i+1}$  nello schema in Figura 2). Pertanto, al tempo di percorrenza di ciascun asse sono stati sommati i seguenti tempi:
  - quelli necessari a percorrere la distanza di decelerazione/accelerazione e quella di attraversamento nel tratto di approccio alle rotatorie ( $D_{dec}$ ,  $D_{acc}$  e  $D_{rot,i}/2$  nello schema in Figura 2) poste alle due estremità di ciascun asse (ad eccezione dell'asse 1, in cui non è presente una rotatoria iniziale), considerando una velocità di attraversamento di 30 km/h;
  - di ritardo medio in ingresso alle rotatorie, desunti dall'analisi dei Livelli di Servizio delle rotatorie (cfr. elaborato D001 "Relazione Tecnica Stradale").



**Figura 2 – Schema delle lunghezze caratteristiche considerate nello scenario di progetto per il calcolo dei tempi di percorrenza nei tratti in rotatoria ed adiacenti ad esse.**

<sup>4</sup> Si tenga anche conto che il numero di accessi è diminuito da 104 a 64 e che, diversamente da quanto avviene oggi, nello stato di progetto nei tratti esterni alle località urbane in nessun caso è consentita la svolta a sinistra.

**Tabella 3 – Misure rappresentative delle condizioni operative dell'alternativa zero (tracciato esistente) e dell'alternativa uno (tracciato in progetto)**

VARIABILE	Lunghezze (km)		CCR (gon/km)		V85 media (km/h)		Tempi di percorrenza (s)		
	0	1	0	1	0	1	0	1a**	1b**
ALTERNATIVA A									
ASSE 1	2.13	2.09	188	94	71	95	108	79	97
ASSE 2	1.03	0.99	340	209	41	71	90	50	72
ASSE 3	1.58	1.57	78	95	93	96	61	59	88
ASSE 4	1.14	1.14	339	170	40	80	102	51	76
ASSE 5	0.95	0.95	213	98	65	95	53	36	65
ASSE 6	1.87	1.84	266	181	54	75	124	88	110
ASSE 7	1.26	1.25	182	80	72	100	63	45	75
ASSE 8	0.87	0.68	519	218	40*	69	78	35	57
MEDIA	1.35	1.31	266	143	59	85	85	56	80
TOTALE	10.83	10.51	2125	1145	-	-	678	444	640

\*Il valore di V85 restituito dal modello per l'asse 8 (esistente) è 10 km/h e dunque evidentemente poco realistico. Ciò può essere attribuibile alla perdita di affidabilità del modello per un valore estremamente elevato del CCR nel caso dell'asse 8 esistente: 519 gon/km. Ragionevolmente, può comunque essere ipotizzata per tale asse una velocità operativa uguale alla minima riscontrata tramite il modello sui diversi assi, ovvero 40 km/h.

\*\*Lo scenario "1a" corrisponde al calcolo effettuato considerando una velocità operativa media lungo ognuno degli assi in progetto senza tener conto della presenza degli accessi e delle intersezioni presenti (stessa ipotesi considerata per lo stato di fatto – scenario 0). Lo scenario "1b" corrisponde al calcolo effettuato tenendo in considerazione la presenza delle rotatorie, secondo le ipotesi indicate nel corpo del testo.

Il confronto dei parametri CCR, V85 e tempo di percorrenza tra la situazione esistente e quella di progetto dimostra **l'innalzamento del livello funzionale del tracciato stradale**, che permette nel complesso migliori caratteristiche di deflusso, a parità di traffico. Da un lato, la riduzione del CCR (in tutti i casi tranne che per l'asse 3, dove comunque il valore del CCR è molto basso) consente di ridurre le variazioni di velocità dovute alle deviazioni angolari del tracciato, garantendo la maggiore fluidità della corrente veicolare ed una maggiore sicurezza del tracciato. Dall'altro, l'aumento delle velocità operative consente di diminuire i tempi di percorrenza sull'asse principale, migliorando, in generale, le condizioni di deflusso; tale incremento, è bene sottolinearlo, si contempera con la realizzazione di un tracciato geometricamente più sicuro, come evidenziato nel capitolo precedente.