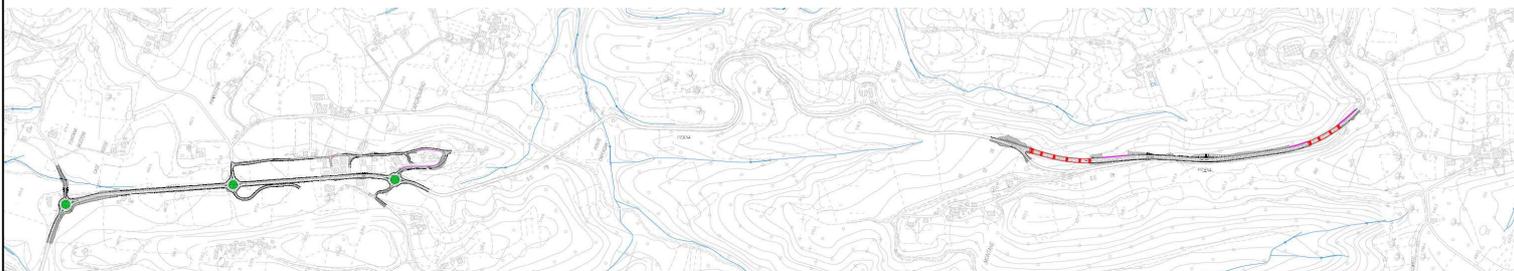


S.S. 78 "SARNANO - AMANDOLA"

LAVORI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO TECNICO FUNZIONALE DELLA SEZIONE STRADALE IN T.S. E POTENZIAMENTO DELLE INTERSEZIONI - 1° STRALCIO



PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°A26211
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°10112
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marco MANCINA

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

D001

CAPITOLO D - PROGETTO STRADALE CAPITOLO D0 - PARTE GENERALE Relazione tecnica stradale

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PROGETTO
 D 2 2 0 1

NOME FILE

XREF_TESTATINA_PSL01.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE
 ELAB.

T 0 0 P S 0 0 T R A R E 0 1

A

-

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

MARZO
 2023

ING. SIMONE
 ROMAGNOLI

ING. GIANCARLO
 TANZI

ING. VALERIO
 BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

| | | |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 1 | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO | 2 |
| 2 | CRITERI DI PROGETTAZIONE..... | 5 |
| 2.1 | ASSE PRINCIPALE | 5 |
| 2.1.1 | INQUADRAMENTO NORMATIVO..... | 5 |
| 2.2 | ELEMENTI GEOMETRICI DEL TRACCIATO | 6 |
| 2.3 | VERIFICHE DI VISIBILITA' | 12 |
| 3 | VERIFICHE DI RISPONDENZA AL D.M. 07/11/2001 | 14 |
| 3.1 | AP 01 PLANIMETRIA..... | 14 |
| 3.2 | AP 02 PLANIMETRIA..... | 15 |
| 3.3 | AP 01 ALTIMETRIA..... | 16 |
| 3.4 | AP 02 ALTIMETRIA..... | 18 |

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente relazione illustrativa accompagna il progetto preliminare del 1° Stralcio dei lavori di adeguamento tecnico e funzionale della sezione stradale e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 78 "Picena" - Sarnano - Amandola (Lotto 2).

I lavori ricompresi nel 1° stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Nel seguito della relazione sono descritti dettagliatamente gli interventi ricompresi nel 1° stralcio del lotto in argomento (Lotto 2 - Sarnano-Amandola), nonché i criteri progettuali adottati per la loro definizione.

Il percorso attuale della SS78 Picena (provinciale 237) attraversa il centro abitato di Sarnano nella zona di separazione fra il borgo storico (ad est) e quello moderno (ad ovest).

Per il lotto in esame si esclude, a priori, l'opportunità di intervenire, con i lavori del primo stralcio, nella zona del primo rettilineo che esce dell'abitato di Sarnano verso Amandola (fino alla località Case Rosse), in quanto tale tratto potrebbe essere oggetto di approfondimenti finalizzati allo studio di un bypass dell'intero borgo di Sarnano. Sono state invece prese in considerazione diverse ipotesi in tutto il tratto successivo, fino ad Amandola, dove si colloca, fra l'altro, la sezione di valico montano (a quota 630m.s.l.m.) dell'intero percorso Belforte-Servigliano.

Una prima problematica funzionale e di sicurezza dell'esercizio lungo la statale in direzione Amandola si riscontra nel tratto rettilineo iniziale (di oltre 1km) che supera il nucleo abitato di Cardagnano Alto, dove si ritrovano concentrati numerosi accessi diretti privati sulla sede attuale nella zona immediatamente prospiciente gli edifici della frazione.

Superato Cardagnano Alto, la strada attuale si abbassa dapprima in una valletta secondaria per poi intraprendere una salita piuttosto ripida e tortuosa, che raggiunge pendenze del 10% su un paio di tornanti molto stretti al piede della collina di Montane (tratto denominato "ansa di Montane"). Dopo questo passaggio tortuoso (non rettificabile se non con una impegnativa variante fuori sede) la strada continua a salire gradualmente verso il valico, dapprima con andamento abbastanza lineare, poi realizzando una seconda ansa planimetrica molto pronunciata, che attraversa l'abitato di Rustici (ansa di Rustici) per cominciare poi a ridiscendere verso Amandola.

Questa seconda ansa appare rettificabile in planimetria (ad esempio con una galleria naturale o artificiale visto che le quote sui due versanti non sono troppo dissimili), ma per non rientrare nuovamente nell'abitato di Rustici l'intervento deve comunque allungarsi parecchio e assumere dimensioni del tutto incompatibili con il quadro economico del primo stralcio lavori.

Nell'ultimo tratto, prima di entrare nella cittadina di Amandola, sono presenti ancora due stretti tornanti realizzati per superare un vallone molto inciso in corrispondenza della confluenza di una coppia di fossi.

Sarebbero rettificabili con un ponte che collega direttamente le due sponde (le cui quote sono quasi le stesse). Anche in questa zona, tuttavia, appare illogico prevedere interventi sull'attuale S.P. 237 in questa fase, data l'ipotesi di realizzare un bypass completo del borgo di Amandola o tramite i lavori che la Provincia di Fermo sta già eseguendo per migliorare la S.P. 196 che conduce a valle dell'abitato in direzione Servigliano o addirittura tramite ulteriori interventi di circonvallazione da approfondire.

Tenendo conto di tutti i condizionamenti presenti nel tracciato esistente relativi alla tratta Sarnano - Amandola ciò che appare logico fare, con il quadro economico a disposizione, è dunque intervenire nell'immediato per la sistemazione definitiva delle zone "neutre"; nella fattispecie il tratto che attraversa Cardagnano Alto e quello intermedio compreso fra l'ansa di Montane e quella di Rustici.

In questo modo si eleva significativamente la sicurezza dell'esercizio e non si compromettono in maniera irreversibile future scelte di adeguamento dell'intero percorso, che, per la presenza di oggettive difficoltà orografiche, potrà avvenire solo adottando varianti impegnative e largamente fuori sede rispetto al tracciato attuale.

Nella proposta preliminare di cui al presente progetto, il tratto di Cardagnano, viene risolto inserendo 3 rotatorie e un sistema di viabilità secondarie locali a queste collegate, funzionali alla ricucitura della moltitudine di accessi privati presenti.

La prima rotatoria (SV.01), avente diametro esterno pari a 40 m (rotatoria convenzionale ai sensi del D.M. 2006 sopra citato), mitiga il problema della curva a gomito oggi presente fra i due lunghi rettifili in uscita da Sarnano ed in ingresso a Cardagnano Alto, offrendo tra l'altro la predisposizione per il futuro raccordo dell'eventuale bypass di Sarnano sopra menzionato. La suddetta rotatoria consente la ricucitura delle viabilità localmente preseti, ovvero il ramo della S.S.78 afferente da ovest (VS.01) e una viabilità secondaria proveniente da est (VS.02).

Le due rotatorie successive (SV.02 e SV.03), aventi anch'esse diametro esterno pari a 40 m (rotatoria convenzionale ai sensi del D.M. 2006 sopra citato), consentono di rallentare le velocità sulla direttrice principale, attualmente troppo elevate, e smistano i flussi locali sulle viabilità complanari, individuate dalle WBS VS.03, VS.08 e VS.05. Inoltre mediante le viabilità secondarie rappresentate dalla WBS VS.04, che collega la rotatoria SV.02 con la controstrada VS.08, e dalla WBS VS.07, che collega la rotatoria SV.03 anch'essa con la controstrada VS.08, viene realizzato un anello per la circolazione interna del paese che consente a tutti gli abitanti di accedere alla S.P.78 mediante le suddette due rotatorie e che, essendo quest'ultime poste alle due estremità del centro abitato, permettono la ripartizione del traffico a nord e a sud del paese. In fine il ramo sud della rotatoria SV.03, definito dalla WBS VS.06 consente la ricucitura all'attuale SS.78.

La controstrada individuata dalla WBS VS.08, in particolare, sfrutta un percorso già esistente, la cui sede stradale verrà allargata e collegata con alcune viabilità interne all'abitato, fornendo quindi un sistema viabile completo e intrinsecamente più sicuro e sopprimendo tutti gli accessi diretti sulla S.S. 78. Va

comunque specificato che saranno presenti alcuni angusti passaggi tra i fabbricati esistenti, nonché alcune opere minori necessarie a garantire le larghezze minime imposte per la piattaforma carrabile (5,0 m), definiti dalle viabilità VS.09, VS.10 e VS.11.

L'intervento riguardante questo primo tratto nel complesso sviluppa circa 1 km sulla sede principale oltre a viabilità secondarie per circa 1,5 km.



FIGURA 1- INTERVENTO TRATTO CARDIGNANO ALTO

Nell'ultimo tratto di intervento, di sviluppo di circa 1.2 km, compreso fra l'ansa di Montane e quella di Rustici, viene previsto l'adeguamento completo della viabilità esistente con scostamenti contenuti allo stretto necessario dalla attuale sede. Il tracciamento stradale è stato definito derogando parzialmente dal D.M. 05/11/2001 e dunque inquadrandosi come "adeguamento di strada esistente" ai sensi del D.M. 22/04/2004. Questa scelta è dipesa dal fatto che il ciglio destro della strada esistente è lambito dal confine del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, all'interno del quale – ai sensi del parere prot.4542 del 12/05/2022 espresso dall'Ente Parco – risulta presente un vincolo ostativo alla realizzazione di nuove strade. Il collegamento dell'attuale S.P. 237 con l'abitato di Montane viene garantito mediante la ricucitura rappresentata dalla WBS VS.12.

A causa della delicata situazione del versante l'intervento comporta comunque opere significative e in particolare la realizzazione di due viadotti rispettivamente di lunghezza 170 e 85 m.



FIGURA 2 - INTERVENTO TRATTO MONTANE-RUSTICI

La sezione stradale proposta per entrambi i tratti di adeguamento è la C1 extraurbana secondaria ai sensi del D.M. 2001 sopra richiamato, a singola carreggiata con una corsia per senso di marcia di larghezza 3,75 e banchine laterali da 1,50 m. La larghezza totale bitumata è quindi pari a 10,50 m.

2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

2.1 ASSE PRINCIPALE

2.1.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Dal punto di vista normativo i riferimenti adottati per i vari tratti costituenti il progetto sono i D.M. 2001 e 2006 rispettivamente relativi alla progettazione di nuove strade ed intersezioni e il D.M. 22/04/2004 per gli adeguamenti di strade esistenti.

Per i tratti di adeguamento l'obiettivo del progetto è stato quello, pur limitando quanto più possibile le escursioni fuori sede, di rispettare i parametri della normativa, sia in termini geometrici che di velocità, ciò è stato possibile per i tratti di asse principale denominati AP.01 e AP.02, mentre per i tratti AP.03, AP.04 e AP.05 si è rivelato necessario usufruire di alcune deroghe che saranno descritte nei paragrafi

successivi.

2.2 ELEMENTI GEOMETRICI DEL TRACCIATO

PLANIMETRIA

L'infrastruttura di progetto si presenta come una strada di tipo extraurbano, classificata come C1 ai sensi del DM 05/11/2001. L'intervallo di velocità di progetto è pari a 60-100 km/h per l'intero sviluppo del tracciato.

L'asse di tracciamento è unico e collocato sempre al centro della sezione dove avviene la rotazione dei cigli, così come indicato dalla normativa.

In riferimento ai dettami del D.M. 05/11/2001 n. 6792, per evitare il superamento delle velocità consentite, e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna sono stati previsti rettifili che abbiano lunghezza massima, in metri lineari, non superiore a

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}}$$

dove $V_{p \text{ Max}}$ è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in Km/h.

Inoltre, per poter garantire la sua corretta percezione, è stato valutato che i rettifili presentassero una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella seguente tabella, coerenti con le velocità di progetto previste per il tracciato:

| Velocità [km/h] | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Lunghezza min [m] | 30 | 40 | 50 | 65 | 90 | 115 | 150 |

TABELLA 1 - LUNGHEZZE MINIME DEI RETTIFILI IN FUNZIONE DELLA VELOCITÀ

Per quanto attiene alle curve circolari è stato valutato in sede di tracciamento l'aspetto secondo cui, per essere correttamente percepite, esse debbano presentare uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi calcolato con riferimento alla velocità di progetto della curva stessa. Come ulteriore criterio di verifica si è tenuto conto dei rapporti tra il raggio R e la lunghezza del rettifilo ad esso afferente, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile (clotoide), che rispettano sempre la seguente relazione:

| | | | | | | |
|---|---|----------------|-----|----------------|---|-------|
| R | > | L _R | per | L _R | < | 300 m |
| R | ≥ | 400 m | per | L _R | ≥ | 300 m |

TABELLA 2- RAPPORTI TRA LUNGHEZZE DEI RETTIFI E RAGGI DELLE CURVE CIRCOLARI

Nei tratti di asse principale denominati AP.03, 04, 05 è stata utilizzata una deroga rispetto al criterio appena descritto riducendo lo sviluppo delle curve circolari fino a 1 m. Questa soluzione è dipesa dalla necessità di mantenere il ciglio destro del sedime dell'attuale S.S 78 senza interferire con il confine del Parco Nazionale dei Monti Sibillini. Si tratta di un accorgimento progettuale già ampiamente recepito dalla letteratura di settore ("Strade e ferrovie: tecniche progettuali e costruttive per le infrastrutture di trasporto terrestri - Mario Servetto - Il Sole24Ore - anno 2006") che si sostituisce al regolamento attuativo del predetto D.M. 2004 ad oggi non ancora pubblicato.

A questo proposito si precisa che gli interventi di progetto dei tratti AP.03, 04, 05 sono da intendersi come strutturali, in quanto riguardano la riorganizzazione della piattaforma stradale e/o la modifica dell'andamento plano-altimetrico della strada.

In particolare la definizione dei tracciati d'asse principale sopra menzionati presenta deviazioni rispetto alle prescrizioni dell'allegato tecnico al D.M. 05/11/2001 e quelli successivamente emanati ai sensi dell'art. 13, comma 1, del D. Lgs 285/92 solamente rispetto allo sviluppo minimo delle curve circolari.

La pendenza trasversale minima delle falde della carreggiata è stata posta pari al 2,5% in corrispondenza dei tratti in rettilineo, mentre per quanto riguarda le curve essa è stata determinata come funzione del raggio secondo la seguente relazione:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

Dove:

V_p = velocità di progetto della curva;

R = raggio della curva;

q = ic/100, in cui ic è la pendenza trasversale della curva stessa

f_t = quota parte del coefficiente di aderenza impiegato trasversalmente, determinato in funzione della tabella qui riportata

| Velocità km/h | 25 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|------|------|------|
| aderenza trasv. max imp. f _t max per strade tipo A, B, C, F extra urbane, e relative strade di servizio | - | 0,21 | 0,17 | 0,13 | 0,11 |

TABELLA 4.4 COEFFICIENTI DI ADERENZA TRASVERSALE IN FUNZIONE DELLE VELOCITÀ DI PROGETTO

tenendo conto di un valore massimo del 7% applicabile alle strade di categoria C.

Tra i raccordi circolari ed i rettilinei sono state inserite curve a raggio variabile del tipo clotoidi di equazione:

$$r \times s = A^2$$

Dove:

- r = raggio di curvatura nel punto P generico;

- s = ascissa curvilinea nel punto P generico;

- A = parametro di scala.

Per quanto attiene al parametro di scala A delle curve di transizione si è tenuto conto delle seguenti condizioni:

- Criterio 1 (limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo c), fra il parametro A e la massima velocità, V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R (q_f - q_i)}{c}}$$

Dove:

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}, \text{ con } i_{ci} = \text{pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide};$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}, \text{ con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale nel punto finale della clotoide}.$$

Trascurando il secondo termine dell'espressione del radicando e assumendo per il contraccolpo il valore limite $c_{\max} = 50,4/V$, ove V è la velocità di progetto della strada, si ottiene:

$$A \geq 0,021 \times Vp^2$$

- Criterio 2 (sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Si effettuano delle verifiche in merito alle pendenze longitudinali che i cigli stradali assumono nello sviluppo del raccordo clotoidico. Con tale criterio si arriva alla determinazione di un parametro A minimo tale che:

se il raggio iniziale ha valore infinito (rettilineo o flesso)

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

dove:

B_i = distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile (vedi Fig. 5.2.6.a) [m]

Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione (vedi par. 5.2.6); in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100} \quad \text{dove } i_{ci} = \text{pendenza trasversale iniziale, in valore assoluto}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100} \quad \text{con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale finale, in valore assoluto}$$

se il raggio iniziale ha valore finito (continuità)

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

R_i = raggio nel punto iniziale della curva a raggio variabile (m)

R_f = raggio nel punto terminale della curva a raggio variabile (m)

- Criterio 3 (ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione:

$$A \geq R/3 - (R_i/3 \text{ in caso di continuit\`a})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve risultare: $A \leq R$

Per favorire l'iscrizione dei mezzi pesanti in curva sono stati previsti degli allargamenti specifici normati dalla seguente relazione contenuta nel predetto D.M. 2001:

$$E = \frac{K}{R}$$

Dove:

$K = 45$;

R = raggio esterno (in m) della corsia;

E = allargamento in metri lineari

Il cui risultato è stato poi dimezzato per contenere gli ingombri complessivi dell'infrastruttura, in base al fatto che è stata ritenuto poco probabile l'incrocio in curva di due autobus, autocarri, autotreni o autoarticolati.

ALTIMETRIA

Analogamente all'andamento planimetrico, anche quello altimetrico del tracciato è stato definito adottando come riferimento le prescrizioni del D.M. 2001, secondo cui la pendenza longitudinale massima della livelletta non ha mai potuto superare il 7% (ad eccezione dei tratti di raccordo con tronchi di strada già esistente) e gli elementi di raccordo tra livellette consecutive sono parabole quadratiche ad asse verticale di equazione:

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100}$$

dove Δi è la variazione di pendenza in percentuale delle livellette da raccordare, R_v è il raggio del cerchio osculatore nel vertice della parabola e L è la lunghezza del raccordo in metri lineari.

I valori dei raggi adottati per tutti i raccordi altimetrici parabolici sono sempre notevolmente maggiori rispetto ai minimi di norma indicati del Par. 5.3.2 del D.M. 2001, tali da assicurare l'assenza di contatto tra il veicolo e la superficie stradale, il comfort rispetto all'accelerazione verticale e le distanze di visibilità per l'arresto. Ciò al fine di garantire una corretta percezione ottica del tracciato, in particolare nei casi di

piccole variazioni di pendenza delle livellette e nei casi di sovrapposizione di curve verticali con curve orizzontali (torsione dell'asse).

2.3 VERIFICHE DI VISIBILITA'

La distanza di visuale libera, ovvero la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di quelle di illuminazione della strada, deve essere confrontata con le seguenti distanze:

- distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto;
- distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza;
- distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Nella viabilità in progetto relativa al Lotto 2 non si rilevano strade con più di una corsia per senso di marcia oppure intersezioni comprendenti corsie di accelerazione/decelerazione, pertanto le uniche distanze di visibilità che sono state verificate sono quelle relative all'arresto (sempre garantita) ed al sorpasso (garantita in almeno il 20% del tracciato complessivo nelle due direzioni di marcia).

A questo proposito si è analizzato il tracciato in relazione alle velocità desunte dal diagramma e si è determinata la visuale libera valutando la presenza di ostruzioni come barriere di sicurezza, opere di sostegno, alberature, ecc.

Nei punti ove sono state previste ricuciture di viabilità interferite a mezzo di incroci a raso si è proceduto con la verifica dei triangoli di visibilità alle intersezioni ai sensi del D.M. 19/04/2006.

Per quanto riguarda la gerarchizzazione delle manovre, i flussi veicolari provenienti dalle viabilità in immissione su quelle di progetto sono stati regolamentati attraverso segnaletica di "STOP": le viabilità suddette costituiscono, quindi, "strada secondaria" rispetto alla viabilità di progetto che assume, pertanto, i caratteri di "strada principale". Per il corretto e sicuro funzionamento delle intersezioni è necessario che i veicoli che giungono all'incrocio e che si apprestano a compiere la manovra di immissione possano reciprocamente vedersi onde adeguare la loro condotta di guida nei modi di regolazione dell'incrocio stesso.

A tal fine, come prescritto dal D.M. 19/04/2006 sopra richiamato, per le intersezioni previste in progetto sono state individuate le zone, denominate "triangoli di visibilità" (di cui nel seguito si riporta uno schema), che debbono essere libere da qualsiasi ostacolo che impedirebbe ai veicoli di vedersi.



FIGURA 3 - SCHEMA DI VERIFICA DEI TRIANGOLI DI VISIBILITÀ DELLE INTERSEZIONI - D.M. 19/04/2006

Nel caso di regolazione con STOP, il triangolo di visibilità sarà determinato ipotizzando che il guidatore del veicolo sulla strada secondaria, posto ad una distanza di 3 m dalla linea di arresto, possa vedere i veicoli sulla strada principale, per un tratto di lunghezza D_s [m], individuato attraverso la seguente relazione:

$$D_s = \frac{V}{3,6} \cdot t$$

Dove:

- v = velocità di riferimento [m/s], pari alla velocità di progetto della strada principale, oppure, in presenza di limiti di velocità, la massima velocità consentita;
- t = tempo di manovra = 6 s (tale tempo deve essere aumentato di 1 s per ogni punto percentuale in più della pendenza del ramo secondario, quando la stessa supera il 2%).

All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. In merito a ciò sono considerati ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi massima dimensione planimetrica superiore a 0,80 m. Per soddisfare tale verifica nelle viabilità secondarie di progetto l'allargamento conseguente allo studio dei triangoli di visibilità è stato realizzato ogni qual volta la visibilità risultava compromessa a causa della presenza di ostacoli rispondenti alle caratteristiche di cui sopra.

Per quanto attiene alle visibilità in rotatoria, il D.M. 19/04/2006 al capitolo 4.6 impone che i conducenti che si approssimano alla rotatoria debbano vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi. A tal fine si è verificato che il conducente abbia una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata nella figura che segue, posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

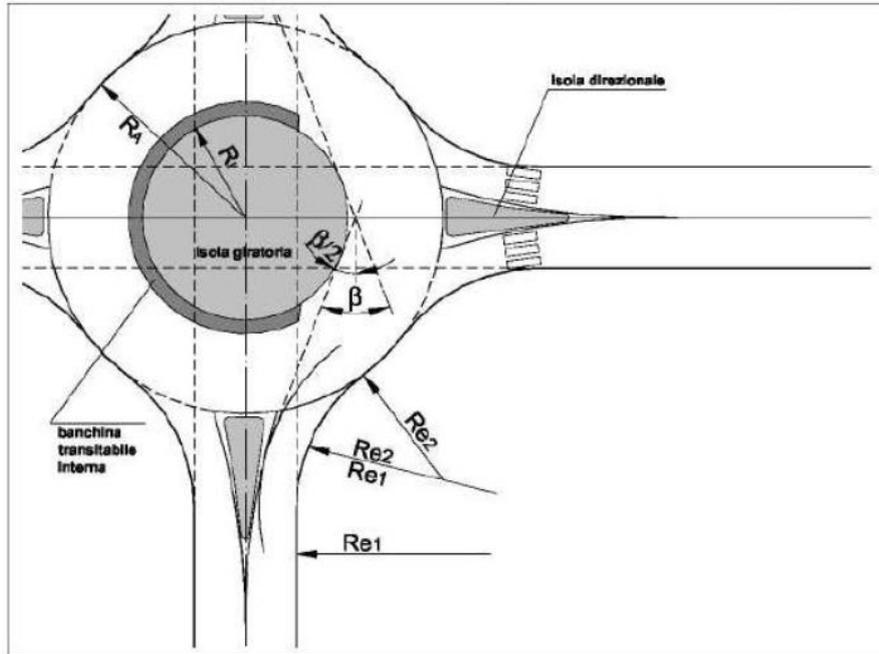


FIGURA 4 - SCHEMA DI VERIFICA DEI TRIANGOLI DI VISIBILITÀ DELLE INTERSEZIONI - D.M. 19/04/2006

3 VERIFICHE DI RISPONDEZZA AL D.M. 07/11/2001

3.1 AP 01 PLANIMETRIA

ID=1 Rettifilo, da progressiva 0+000 a 0+550 [Lunghezza=54.903m]

- > Velocità = 45.62, Velocità massima = 40Km/h
- > Punto Iniziale = (2382549.684,4765687.276), Punto Finale = (2382582.98,4765643.621)
- > Lunghezza MIN del rettifilo OK (maggiore di 35.622079690932m a 45.622079690932Km/h)
- > Lunghezza MAX del rettifilo OK (minore di $22 \cdot V = 1003.6857532005\text{m}$ con $V=45.622079690932\text{Km/h}$)
- > Raggio minore delle due curve collegate maggiore della lunghezza del rettifilo ($R=400 > L=54.903$)

ID=2.1 Curva a raggio variabile, da progressiva 0+550 a 0+100 [Lunghezza=44.89m, A=134]

- > Velocità impostata = 66.6257051376518Km/h
- > Punto Iniziale = (2382582.98,4765643.621), Punto Finale = (2382609.527,4765607.43)
- > Limitazione rollio verificata: $A = 134 \geq 118.597751412794$
- > Limitazione contraccollo verificata: $A = 134 \geq 63.7152378413482$
- > Limitazione contraccollo semplificata verificata: $A = 134 \geq 0,021 \times V^2 = 93.219$
- > Criterio ottico verificato: $A = 134$ compreso in tra 133.333 e 400

ID=2.2 Curva circolare, da progressiva 0+100 a 0+152 [Lunghezza=52.62m, Raggio=400]

- > Punto Iniziale = (2382609.527,4765607.43), Punto Finale = (2382636.095,4765562.054)
- > Sviluppo della curva OK (maggiore di 41.646m - spazio percorso in 2.5s a 59.9696266510153Km/h)
- > Raggio MIN della curva OK (R=400m maggiore di $R_{min}=118m$ per tipo strada='Cat. C (Extraurbana Secondaria)')
- > Campo di utilizzo clotoidi verificato: $A1/A2 = 134/134 = 1$ compreso tra 2/3 e 3/2

ID=2.3 Curva a raggio variabile, da progressiva 0+152 a 0+197 [Lunghezza=44.89m, A=134]

- > Velocità impostata = 66.6257051376518Km/h
- > Punto Iniziale = (2382636.095,4765562.054), Punto Finale = (2382654.663,4765521.191)
- > Limitazione rollio verificata: $A = 134 \geq 118.597751412794$
- > Limitazione contraccolpo verificata: $A = 134 \geq 63.7152378413482$
- > Limitazione contraccolpo semplificata verificata: $A = 134 \geq 0,021 \times V^2 = 93.219$
- > Criterio ottico verificato: $A = 134$ compreso in tra 133.333 e 400

ID=3 Rettifilo, da progressiva 0+197 a 0+520 [Lunghezza=322.658m]

- > Velocità = 66.63, Velocità massima = 75.99Km/h
- > Punto Iniziale = (2382654.663,4765521.191), Punto Finale = (2382782.628,4765224.993)
- > Lunghezza MIN del rettilineo OK (maggiore di 59.9385577064778m a 66.6257051376518Km/h)
- > Lunghezza MAX del rettilineo OK (minore di $22 \times V=1465.76551302834m$ con $V=66.6257051376518Km/h$)
- > MIN(R_1, R_2) delle due curve collegate maggiore di 400m per rettilineo di lunghezza maggiore di 300m ($R=400, L=322.658$)

3.2 AP 02 PLANIMETRIA

ID=1 Rettifilo, da progressiva 0+000 a 0+346 [Lunghezza=346.201m]

- > Velocità = 73.94, Velocità massima = 74Km/h
- > Punto Iniziale = (2382782.628,4765224.993), Punto Finale = (2382926.677,4764910.184)
- > Lunghezza MIN del rettilineo OK (maggiore di 74.8410128737649m a 73.936405149506Km/h)
- > Lunghezza MAX del rettilineo OK (minore di $22 \times V=1626.60091328913m$ con $V=73.936405149506Km/h$)

NO > Non riesco a ricavare il raggio della curva successiva (Codice 004)

NO > Impossibile verificare la relazione tra rettilineo e raggi curve collegate

ID=2.1 Curva a raggio variabile, da progressiva 0+346 a 0+398 [Lunghezza=51.303m, A=134]

- > Velocità impostata = 73.936405149506Km/h
- > Punto Iniziale = (2382926.677,4764910.184), Punto Finale = (2382946.873,4764863.036)
- > Limitazione rollio verificata: $A = 134 \geq 116.866150199017$
- > Limitazione contraccolpo verificata: $A = 134 \geq 89.7406500471161$
- > Limitazione contraccolpo semplificata verificata: $A = 134 \geq 0,021 \times V^2 = 114.798$

> Criterio ottico verificato: A = 134 compreso in tra 116.667 e 350

ID=2.2 Curva circolare, da progressiva 0+398 a 0+500 [Lunghezza=102.275m, Raggio=350]

> Punto Iniziale = (2382946.873,4764863.036), Punto Finale = (2382968.091,4764763.359)

> Sviluppo della curva OK (maggiore di 51.345m - spazio percorso in 2.5s a 73.936405149506Km/h)

> Raggio MIN della curva OK (R=350m maggiore di R_min=118m per tipo strada='Cat. C (Extraurbana Secondaria)')

3.3 AP 01 ALTIMETRIA

Verifica
altimetrica
AP 01 -
Altimetria

1 -

Livelletta Dati

Progressiva iniziale: 0
Progressiva finale: 90.68
Lunghezza L (m): 90.68
Pendenza (%): -1.5
Pendenza massima (%): 7
VERO

Verifica pendenza massima: OK

2 -

Raccordo Dati

Progressiva iniziale: 90.68
Progressiva finale: 137.06
Tipo raccordo: Sacca
Raggio raccordo vert.(m): 5000
Pendenza in ingresso (%): -1.5
Pendenza in uscita (%): -0.57
Lunghezza L (m): 46.38
Velocità di progetto (km/h): 57.7
Raggio verticale minimo (m): 40
5000 >= 40
Accelerazione massima (m/s²): 0.6
Raggio verticale minimo (m) : 428.21
5000 >= 428.21
Distanza di arresto D (m): 66.81
Raggio verticale minimo (m): -
24321.45
5000 >= -24321.45

Verifica percorribilità raccordo: OK

Verifica accelerazione altimetrica: OK

Verifica visuale libera arresto : OK

3 -

Livelletta Dati

Progressiva iniziale: 137.06
Progressiva finale: 155.78
Lunghezza L (m): 18.72
Pendenza (%): -0.57
Pendenza massima (%): 7
VERO

Verifica pendenza massima: OK

| | | | |
|------------|------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 - | | | |
| Raccordo | Dati | | Progressiva iniziale: 155.78 Progressiva finale: 397.69 Tipo raccordo: Sacca Raggio raccordo vert.(m): 5000 Pendenza in ingresso (%): -0.57 Pendenza in uscita (%): 4.27 Lunghezza L (m): 241.91 Velocità di progetto (km/h): 75.92 Verifica percorribilità raccordo: OK Raggio verticale minimo (m): 40 5000 >= 40 Verifica accelerazione altimetrica: OK Accelerazione massima (m/s ²): 0.6 Raggio verticale minimo (m) : 741.24 5000 >= 741.24 Verifica visuale libera arresto : OK Distanza di arresto D (m): 104.26 Raggio verticale minimo (m): 2343.07 5000 >= 2343.07 |
| 5 - | | | |
| Livelletta | Dati | | Progressiva iniziale: 397.69 Progressiva finale: 397.73 Lunghezza L (m): 0.04 Pendenza (%): 4.27 Verifica pendenza massima: OK Pendenza massima (%): 7 4.27 <= 7 |
| 6 - | | | |
| Raccordo | Dati | | Progressiva iniziale: 397.73 Progressiva finale: 497.3 Tipo raccordo: Dosso Raggio raccordo vert.(m): 3600 Pendenza in ingresso (%): 4.27 Pendenza in uscita (%): 1.5 Lunghezza L (m): 99.57 Velocità di progetto (km/h): 55.61 Verifica percorribilità raccordo: OK Raggio verticale minimo (m): 20 3600 >= 20 Verifica accelerazione altimetrica: OK Accelerazione massima (m/s ²): 0.6 Raggio verticale minimo (m) : 397.66 3600 >= 397.66 Verifica visuale libera arresto : OK Distanza di arresto D (m): 64.57 Raggio verticale minimo (m): 1118.65 3600 >= 1118.65 Verifica visuale libera sorpasso : Errore Distanza di sorpasso D (m): 305.84 Raggio verticale minimo (m): 10612.11 Errore: 3600 < 10612.11 |
| 7 - | | | |
| Livelletta | Dati | | Progressiva iniziale: 497.3 |

Progressiva finale: 519.36
Lunghezza L (m): 22.06
Pendenza (%): 1.5
Pendenza massima (%): 7
1.5 <= 7

Verifica pendenza massima: OK

3.4 AP 02 ALTIMETRIA

Verifica
altimetrica
AP 02 -
Altimetria

1 -
Livellotta Dati

Progressiva iniziale: 0
Progressiva finale: 17.73
Lunghezza L (m): 17.73
Pendenza (%): 1.5
Pendenza massima (%): 7
1.5 <= 7

Verifica pendenza massima: OK

2 -
Raccordo Dati

Progressiva iniziale: 17.73
Progressiva finale: 107.18
Tipo raccordo: Sacca
Raggio raccordo vert.(m): 2000
Pendenza in ingresso (%): 1.5
Pendenza in uscita (%): 5.97
Lunghezza L (m): 89.45
Velocità di progetto (km/h): 53.12
Raggio verticale minimo (m): 40
2000 >= 40
Accelerazione massima (m/s²): 0.6
Raggio verticale minimo (m) :
362.85
2000 >= 362.85
Distanza di arresto D (m): 60.93
Raggio verticale minimo (m): 1187.3
2000 >= 1187.3

Verifica percorribilità raccordo: OK

Verifica accelerazione altimetrica: OK

Verifica visuale libera arresto : OK

3 -
Livellotta Dati

Progressiva iniziale: 107.18
Progressiva finale: 186.84
Lunghezza L (m): 79.66
Pendenza (%): 5.97
Pendenza massima (%): 7
5.97 <= 7

Verifica pendenza massima: OK

4 -
Raccordo Dati

Progressiva iniziale: 186.84
Progressiva finale: 402.1
Tipo raccordo: Dosso

| | | |
|----------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Raggio raccordo vert.(m): 2700 |
| | | Pendenza in ingresso (%): 5.97 |
| | | Pendenza in uscita (%): -2 |
| | | Lunghezza L (m): 215.26 |
| | | Velocità di progetto (km/h): 73.96 |
| Verifica percorribilità raccordo: OK | | Raggio verticale minimo (m): 20 2700 >= 20 |
| Verifica accelerazione altimetrica: OK | | Accelerazione massima (m/s^2): 0.6 Raggio verticale minimo (m) : 703.45 2700 >= 703.45 |
| Verifica visuale libera arresto : OK | | Distanza di arresto D (m): 100.03 Raggio verticale minimo (m): 2685.04 2700 >= 2685.04 |
| Verifica visuale libera sorpasso : | | |
| Errore | | Distanza di sorpasso D (m): 406.78 Raggio verticale minimo (m): 8820.11 Errore: 2700 < 8820.11 |
| 5 - | | |
| Livelletta | Dati | Progressiva iniziale: 402.1 Progressiva finale: 499.14 Lunghezza L (m): 97.04 Pendenza (%): -2 |
| Verifica pendenza massima: OK | | Pendenza massima (%): 7 VERO |