

PROGETTO ESECUTIVO

AMPLIAMENTO DEL COMPARTO AUTODROMO DI MODENA

LOCALITA' MARZAGLIA – COMUNE DI MODENA

Provvedimento Autorizzatorio Unico (PAUR) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), L.R. n. 4/2018, D.Lgs. 152/06
Progetto di modifica e ampliamento del comparto "Autodromo di Modena", in località Marzaglia, Comune di Modena (MO)



COMPARTO: AUTODROMO DI MODENA
PROPONENTE: AERAUTODROMO MODENA SPA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

- ARCHILINEA Srl
- BLUEWORKS – Ing. Yos Zorzi
- GEOGROUP Srl
- PRAXIS AMBIENTE Srl
- STUDIO TECNICO CAPELLARI
- STIEM – Ing. Paolo Scuderi e Ing. Luca Buzzoni
- ATEAM PROGETTI
- STUDIO GECO
- STUDIO TECNICO TADDIA
- Dott. Agr. Giovanni Mondani

RELAZIONE TECNICA STRADALE

STRADA

REALIZZAZIONE DI TRATTO STRADALE
PER L'ACCESSO SECONDARIO AL
COMPARTO

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. CRITERI DI PROGETTAZIONE GENERALE.....	9
2.1. STRADALE	9
2.1.1. Andamento Planimetrico.....	9
2.1.2. Andamento Altimetrico.....	14
2.1.3. Analisi di visibilità.....	16
2.1.4. Intersezioni a T	16
3. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA STRADA PROGETTATA	21
4. ELEMENTI DI VERIFICA STRADALE.....	25
4.1. Elementi planimetrici	25
4.2. Elementi altimetrici	34
5. Conclusioni	38

1. INTRODUZIONE

Per andare incontro alle esigenze dei test sui nuovi veicoli, alle esigenze sportive e tecnologiche è necessario ampliare la pista creando un nuovo anello stradale che possa collegarsi a quello attuale ma anche sviluppare autonomamente un'attività di prova sulle autovetture e sulle sue componentistiche che prevede ad esempio la necessità di lunghi tratti rettilinei (all'incirca della lunghezza di 1 Km), non presenti nella struttura in essere, al fine di rispondere alle esigenze delle case automobilistiche e di creare quella nuova struttura "SMART" che simuli la guida sui tratti autostradali necessaria a rispondere alle esigenze espresse dal decreto Ministeriale GU 28 febbraio 2018: ciò implica una nuova infrastruttura di circa 2,3 km di lunghezza per 12 m di larghezza (analoga a quella esistente) che verrà implementata da tutte le dotazioni di sicurezza e tecnologiche atte a dare seguito a quanto illustrato in termini di innovazione, permettendo al circuito di Modena di confermare il suo primato come infrastruttura di riferimento in Italia per lo sviluppo dei test di guida autonoma, di ampliare la sua offerta sportiva (in alcuni fine settimana), di offrire alle case motoristiche del territorio della Motor Valley quella infrastruttura che permetta in totale sicurezza di provare vetture e componentistiche senza dover ricorrere a situazioni stradali più pericolose e difficilmente utilizzabili: la vocazione del circuito non muta, ma si adegua alle diverse istanze nate in questo ultimo decennio.

Il primo intervento progettuale previsto riguarda dunque la necessità di realizzare un nuovo circuito con caratteristiche tecniche diverse da quello esistente e che possa avere una sua completa autonomia, in quanto fruibile in primo luogo dalle case costruttrici di autoveicoli per prove e test, e contemporaneamente per sviluppare le tecnologie della guida autonoma che consistono nel simulare su aree protette e tecnologicamente connesse e all'avanguardia, percorsi stradali ed autostradali.

Premesso questo il presente progetto si configura come la realizzazione delle opere stradali e di sicurezza necessarie alla costruzione di un circuito automobilistico per competizioni, test di guida e prove di guida sicura.

La relazione in oggetto ha come obiettivo la descrizione delle condizioni al contorno che hanno guidato la progettazione del tratto di strada che dovrà essere realizzata per il raccordo all'impianto sportivo dalla viabilità esistente denominata Via Dell'Aeroporto.

Osservazione:

sebbene il tratto stradale in questione si configuri come "privato" (ovvero privo di tutti i vincoli che caratterizzano una strada "pubblica") si è comunque ritenuto di progettare la strada con caratteristiche dimensionali e di portanza complessiva paritetiche a quelle previste per le strade extraurbane tipo F1; fa eccezione la velocità di percorrenza della nuova tratta stradale che dovrà essere limitata a valori inferiore ai 30 km/h in quanto le clotoidi caratteristiche nei singoli tratti e i raggi di curvatura non sono stati progettati nell'ottica della conservazione della velocità di progetto ma in funzione delle aree disponibili a seguito di accordi bonari in corso di stipula.

La viabilità di raccordo risulta dunque caratterizzata da una sezione trasversale tipo F1 con larghezza complessiva pari a 9.00m (corsie da 3.50 m di larghezza e banchine pari 1.00 m). La sezione trasversale è rifinita mediante scarpate laterali con pendenza 2/3 che degradano verso i fossi di guardia all'uopo dimensionati per il drenaggio stradale e delle superfici delle campagne.

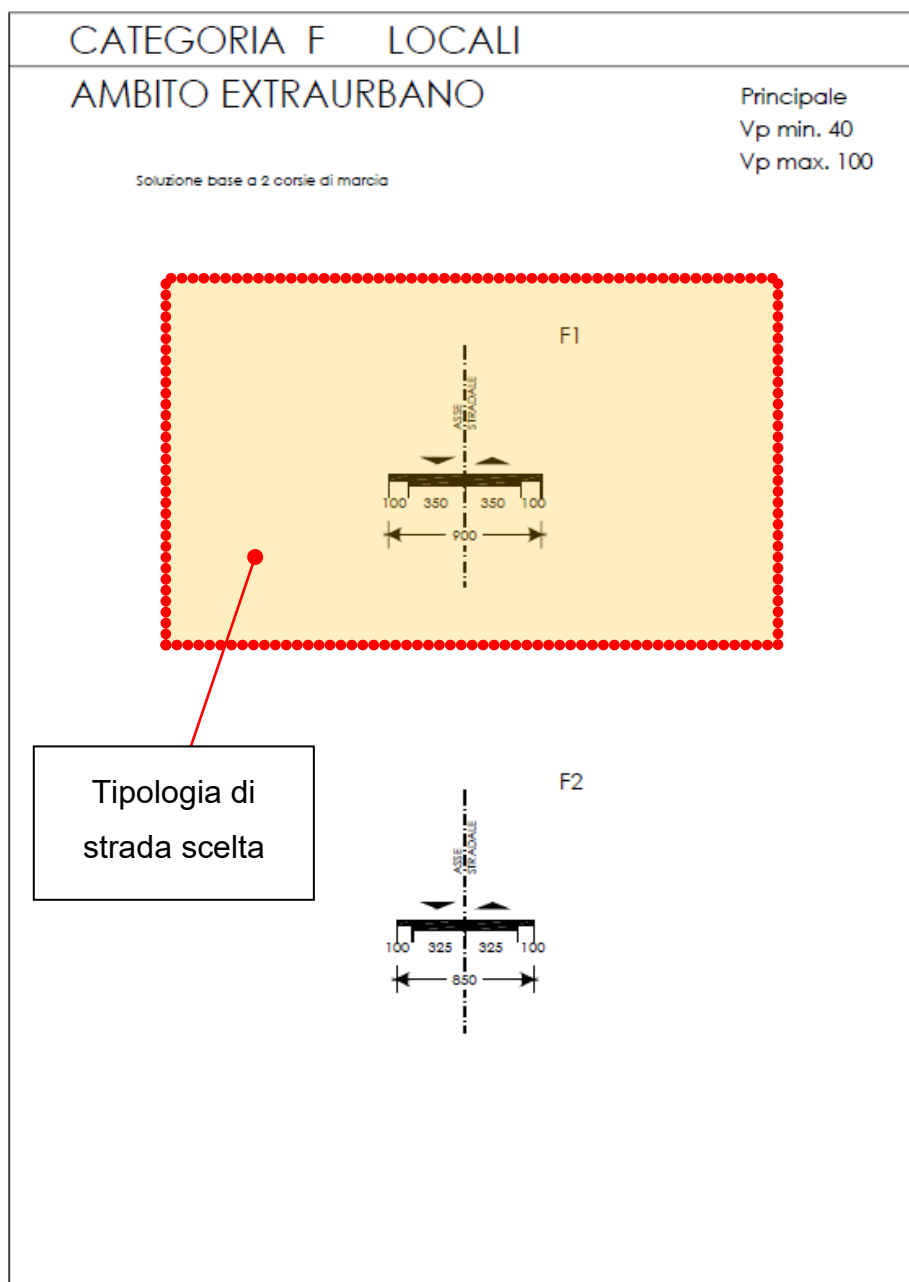


FIGURA 1 – TIPOLOGIA DI STRADA DI ACCESSO ALL'IMPIANTO SPORTIVO AUTODROMO DI MODENA

La soluzione proposta prevede anche la realizzazione delle controcorsie di accelerazione/decelerazione conseguenti alla organizzazione di un incrocio a T su Via Dell'Aeroporto

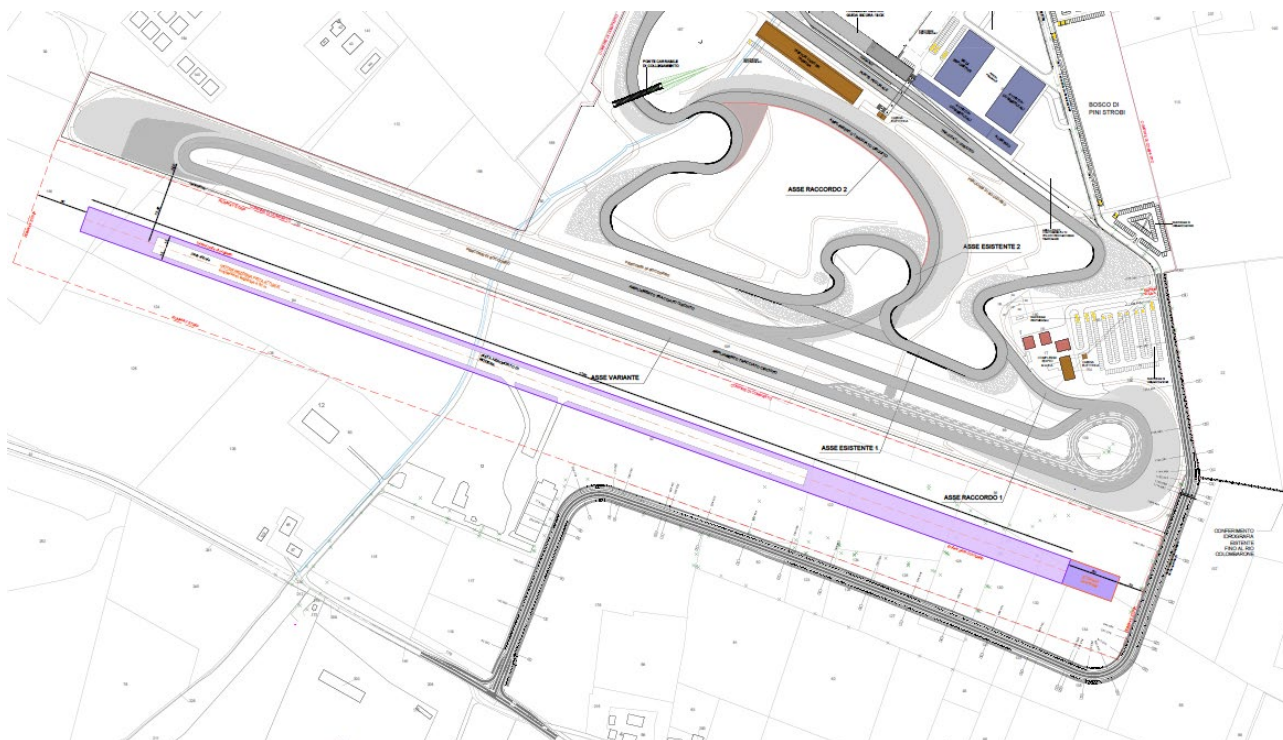


FIGURA 2 – SVILUPPO PLANIMETRICO NUOVA STRADA EXTRACOMPARTO DI ACCESSO ALL'AUTODROMO DI MODENA

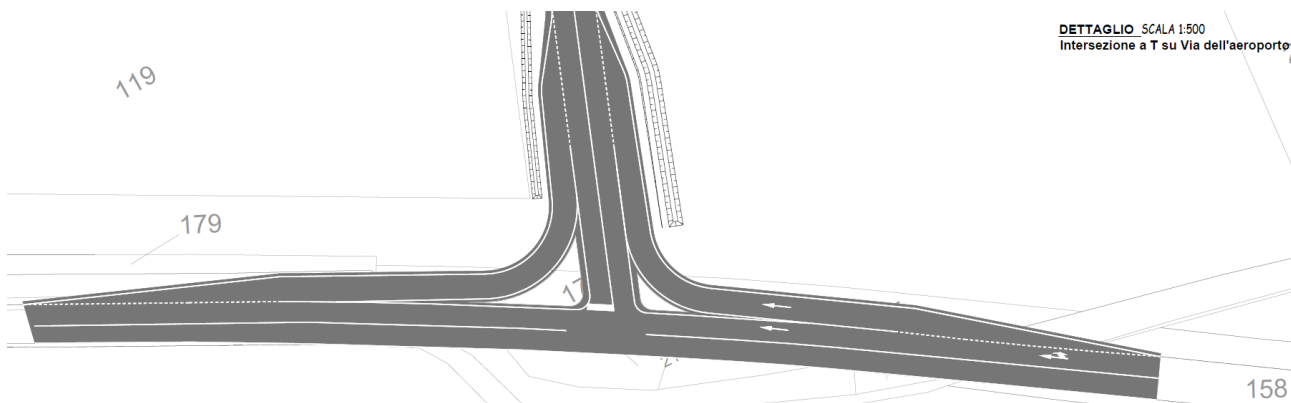


FIGURA 3 – IMMISSIONE A "T" NUOVA STRADA EXTRACOMPARTO DI ACCESSO ALL'AUTODROMO DI MODENA SULLA VIABILITA' PUBBLICA COMUNALE "STRADA DELL'AEROPORTO"

2. CRITERI DI PROGETTAZIONE GENERALE

2.1. STRADALE

2.1.1. Andamento Planimetrico

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO C

(b) *Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:*

$$\begin{array}{ll} \text{per } L < 300 \text{ m} & R \geq L \\ \text{per } L \geq 300 \text{ m} & R \geq 400 \text{ m} \end{array}$$

(c) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive.*

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 18

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità del progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 10; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L_{min} [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

TABELLA 1– LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFIILI IN RELAZIONE ALLA VELOCITÀ

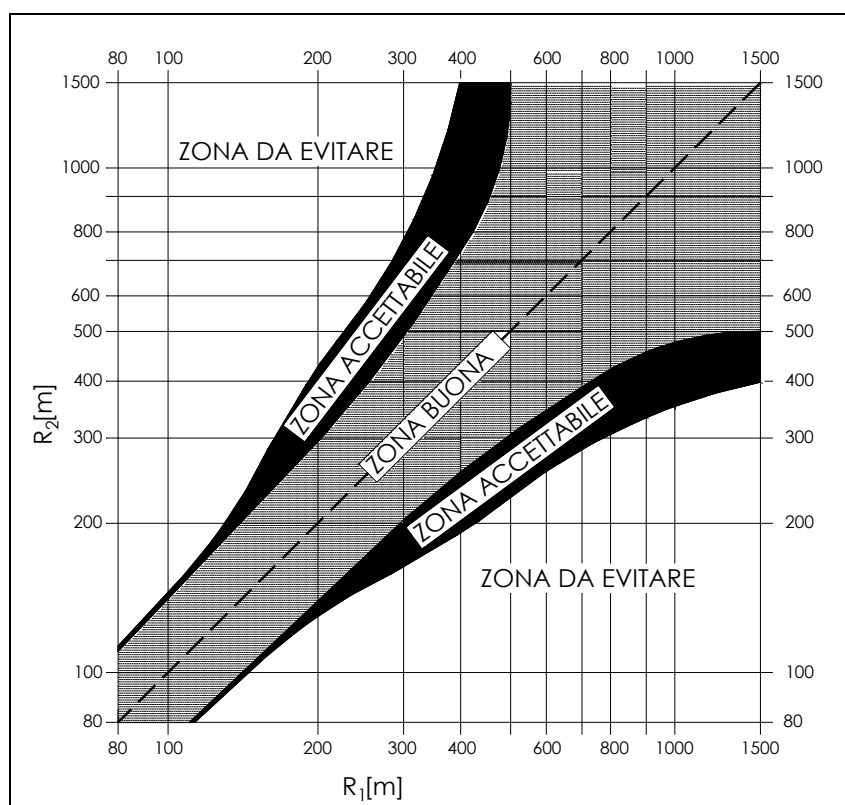


FIGURA 4 – ABACO DI KOPPEL (DM 05/ 11/01)

(f) Congruenza del diagramma delle velocità.

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo C) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001 e di seguito riportato.

- la velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2,5}$;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a 0,8 m/s². Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 25 km/h, tale velocità è stata ipotizzata come vertice inferiore del diagramma delle velocità nei punti terminale di ciascun asse afferente a una rotatoria
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) Lunghezza minima delle curve circolari.

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,min}=2.5 \cdot v_P$$

con v_P in m/s ed $L_{c,min}$ in m.

(h) Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

Criterio 1 - Limitazione del contraccolpo

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), 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:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccollo;
- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

Ponendo $c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

Criterio 2 - Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- i_{max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;

- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale

- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale

- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 - Ottico

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

$$R/3 \leq A \leq R$$

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto $A1/A2$ tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

2.1.2. Andamento Altimetrico

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo C (strade extraurbane locali), è pari al 7%.

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(j) *Raccordi verticali convessi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

–se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

–se invece D > L

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - 100 \cdot \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right]$$

dove:

- Rv = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- h1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma $h_1 = 1.10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0.10$ m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) Raccordi verticali concavi

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta)}$$

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta) \right]$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
- h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
- ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

2.1.3. Analisi di visibilità

Per distanza di visuale libera (DVL) si intende 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 illuminazione della strada.

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con le seguenti distanze:

- Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.
- Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra completa di sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

2.1.4. Intersezioni a T

Per la definizione delle caratteristiche geometriche dell'intersezione, i principali elementi da stabilire riguardano:

- Le dimensioni e la composizione delle piattaforme stradali;
- Le pendenze longitudinali, trasversali e composte delle rampe, delle aree pavimentate interessate dal transito dei veicoli e degli spazi marginali;
- i raccordi altimetrici;
- Le caratteristiche geometriche degli elementi componenti, e specificatamente:
 - I raggi delle curve circolari (in relazione alle velocità e alle pendenze trasversali della piattaforma);
 - i parametri caratteristici degli elementi planimetrici a curvatura variabile;
 - le rotazioni delle sagome stradali e l'andamento dei cigli;

- L'entità di eventuali allargamenti delle carreggiate (0 delle aree di transito) per tutte le tipologie di veicoli ammessi a circolare nell'intersezione;
- Le caratteristiche delle curve di ciglio, necessarie per consentire l'iscrizione in curva dei veicoli pesanti e/o per migliorare le condizioni operative delle correnti di svolta;
- La forma, le dimensioni e le caratteristiche delle isole di canalizzazione, ove presenti, dalle quali dipendono le caratteristiche di leggibilità e guida visiva delle traiettorie di approccio alle zone di incrocio;
- La forma, le dimensioni e le caratteristiche degli elementi complementari e d'arredo;
- Gli eventuali altri elementi relativi alle caratteristiche geometriche dell'intersezione, anche per analogia con quanto previsto dal D.M. 5.11.2001.

I minimi valori che possono assumere le caratteristiche geometriche vincolanti degli elementi componenti l'intersezione sono indicati nei seguenti paragrafi.

I principali elementi componenti un'intersezione sono:

Le rampe, che rappresentano i tronchi stradali di collegamento tra rami di un'intersezione a livelli sfalsati (svincolo).

Le corsie specializzate, destinate ai veicoli che si accingono ad effettuare le manovre di svolta a destra ed a sinistra, e che consentono di non arrecare eccessivo disturbo alla corrente di traffico principale. Possono essere di entrata (0 di immissione), di uscita (0 di diversione) e di accumulo per la svolta a sinistra, e possono essere realizzate nelle intersezioni lineari a raso e a livelli sfalsati, secondo quanto previsto nella Tabella.

Tipo di strada principale	Tipologia di corsia specializzata		
	di uscita (o diversione)	di entrata (o immissione)	d'accumulo per svolta a sinistra
strade extraurbane			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
B	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
C	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
strade urbane			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
D	Ammessa	Ammessa	Non ammessa
E	Ammessa	Ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Ammessa	Ammessa

Le corsie specializzate si sviluppano, generalmente, in affiancamento alla strada cui afferiscono. In particolare, le corsie di entrata e di accumulo assumono una configurazione parallela all'asse principale della strada; quelle in uscita possono essere realizzate con tipologia in parallelo oppure mediante l'adozione della soluzione "ad ago".

Le corsie di entrata (o di immissione) sono composte dai seguenti tratti elementari:

Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$.

Tratto di immissione di lunghezza $L_{i,e}$.

Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$.

Le corsie di uscita (o di diversione) sono composte dai seguenti tratti elementari:

Tratto di manovra di lunghezza $L_{m,u}$.

Tratto di decelerazione di lunghezza $L_{d,u}$ (comprendente metà della lunghezza del tratto di manovra $L_{m,u}$) parallelo all'asse principale della strada, nel caso di tipologia parallela, o coincidente interamente con l'elemento a curvatura variabile, nel caso di tipologia ad ago.

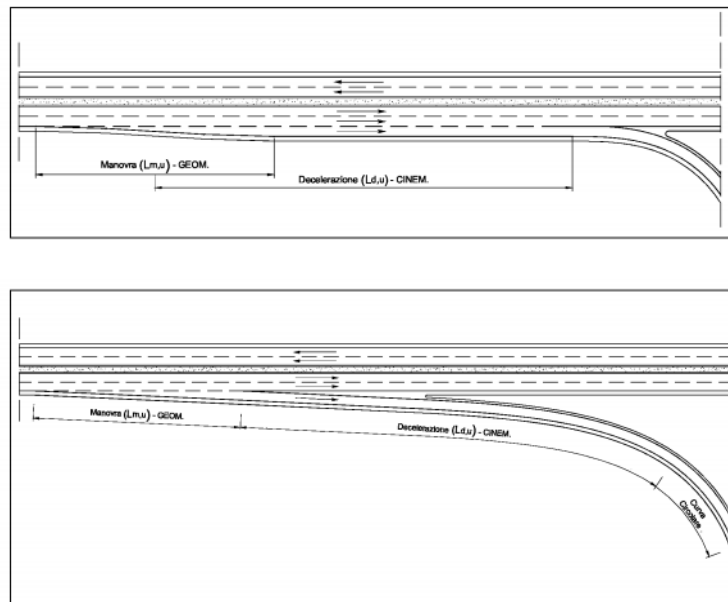


FIGURA 5 – CORSIE DI ACCUMULO PER SVOLTA DESTRA/SINISTRA

Le corsie di accumulo per la svolta a destra/sinistra sono composte dai seguenti tratti elementari: Tratto di raccordo, di lunghezza $L_{v,a}$.

Tratto di manovra, di lunghezza L_m, a .

Tratto di decelerazione, di lunghezza L_d, a .

Tratto di accumulo, di lunghezza L_a, a .

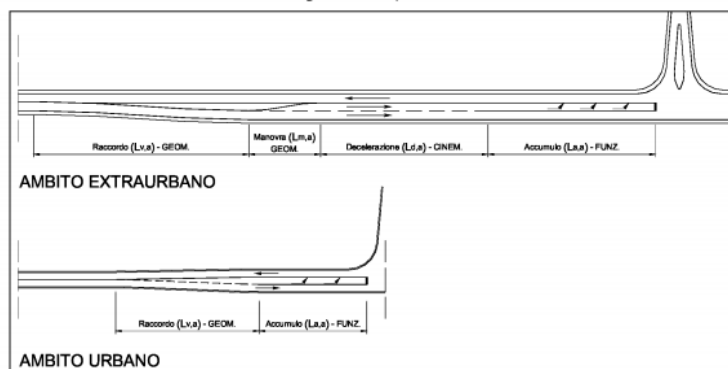


FIGURA 6 – CORSIE DI ACCUMULO DECELERAZIONE/ACCELERAZIONE

Per determinare la lunghezza dei tratti di variazione cinematica in decelerazione o accelerazione si adotta la seguente espressione:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

L (m) e la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

V_1 (m/s) e la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione o accelerazione;

V_2 (m/s) e la velocità di uscita dal tratto di decelerazione o accelerazione;

a (m/s²) e l'accelerazione, positiva o negativa, assunta per la manovra.

I valori di V_1 , V_2 ed a da inserire nella formula precedente sono i seguenti:

Corsie di decelerazione. Per V_1 si assume la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dai diagrammi di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001; per V_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione verso l'altra strada; per a si assumono i sotto indicati valori:

-
- per strade di Tipo A e B (quando per queste ultime si utilizzano valori di aderenza longitudinale corrispondenti al tipo A): $3,0 \text{ m/s}^2$;
 - per tutte le altre strade: $2,0 \text{ m/s}^2$.

Tratto di decelerazione nelle corsie di accumulo e svolta a sinistra. Per V1 si assume la velocità di progetto della strada da cui proviene il flusso di svolta, determinata dai diagrammi di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001); mentre per V2 si assume il valore 6.95 m/s ; in questo caso si considera una decelerazione $a = 2,0 \text{ m/s}^2$.

Tratto di accelerazione nelle corsie di entrata. Per V1 si assume la velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata, mentre per V2 si assume il valore corrispondente allo 80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette; questa velocità va determinata dal diagramma di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001). Si considera una accelerazione $a = 1,0 \text{ m/s}^2$.

3. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA STRADA PROGETTATA

La strada in progetto ha uno sviluppo complessivo di 1373 metri e congiunge la viabilità pubblica in via dell'aeroporto (strada Comunale) posta ad una quota di 56.06 m. slm e la viabilità di accesso agli ex edifici AUSL posti ad una quota di 51.05 m.slm con una pendenza media calcolata sull'intero sviluppo di pressappoco 0.003 (tre per mille).

In realtà maggior parte della quota viene persa

- tra le sezioni 7 e 16 dove si determina una pendenza stradale di circa 0.012 (uno e die per cento);
- tra le sezioni 24 e 31 dove si verifica una pendenza stradale di circa 0.0082 (otto e due per mille)

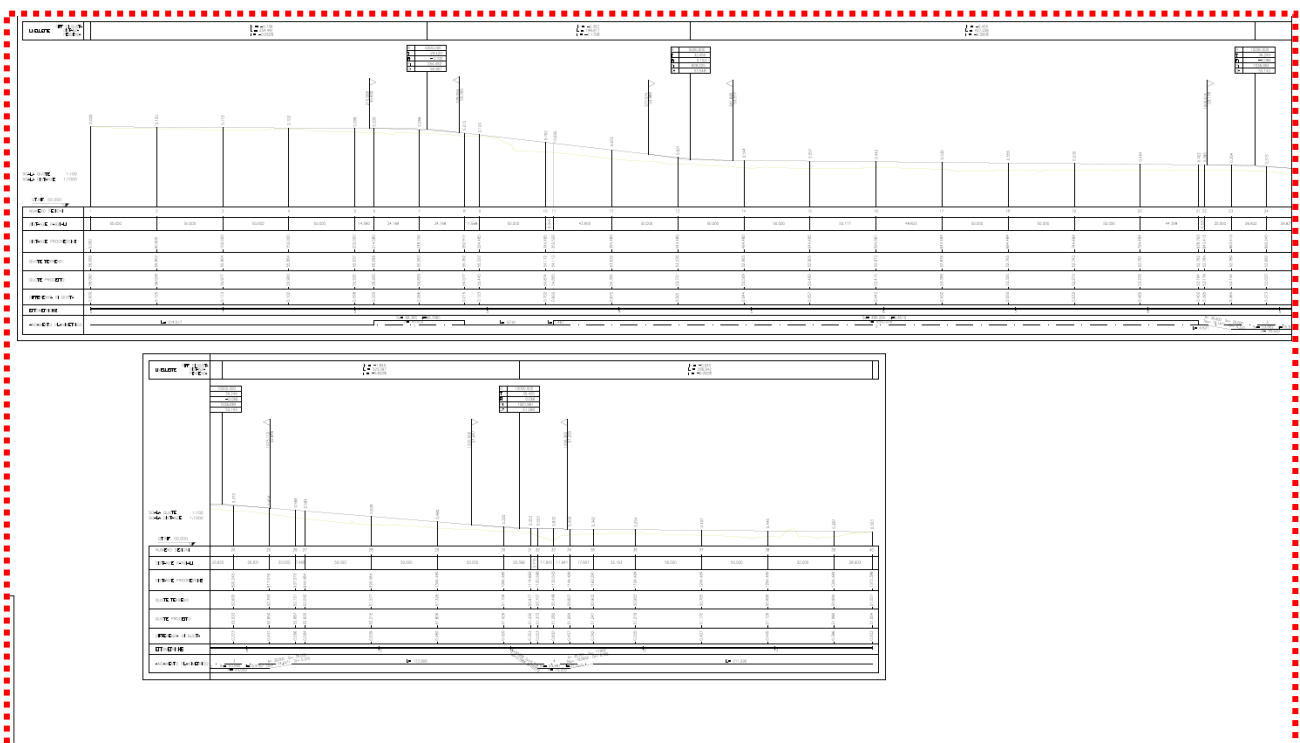


FIGURA 7 –PROFILI LONGITUDINALI CARATTERISTICI DELLA STRADA EXTRACOMPARTO IN PROGETTO

Dopo l'immissione dalla viabilità pubblica sono previsti quattro rettili e tre curve; i raggi di curvatura minimi si verificano sui raccordi C1 e C3 che per l'appunto hanno tratti di curvatura di 45 metri che limitano la velocità di progetto a 40 km/h:

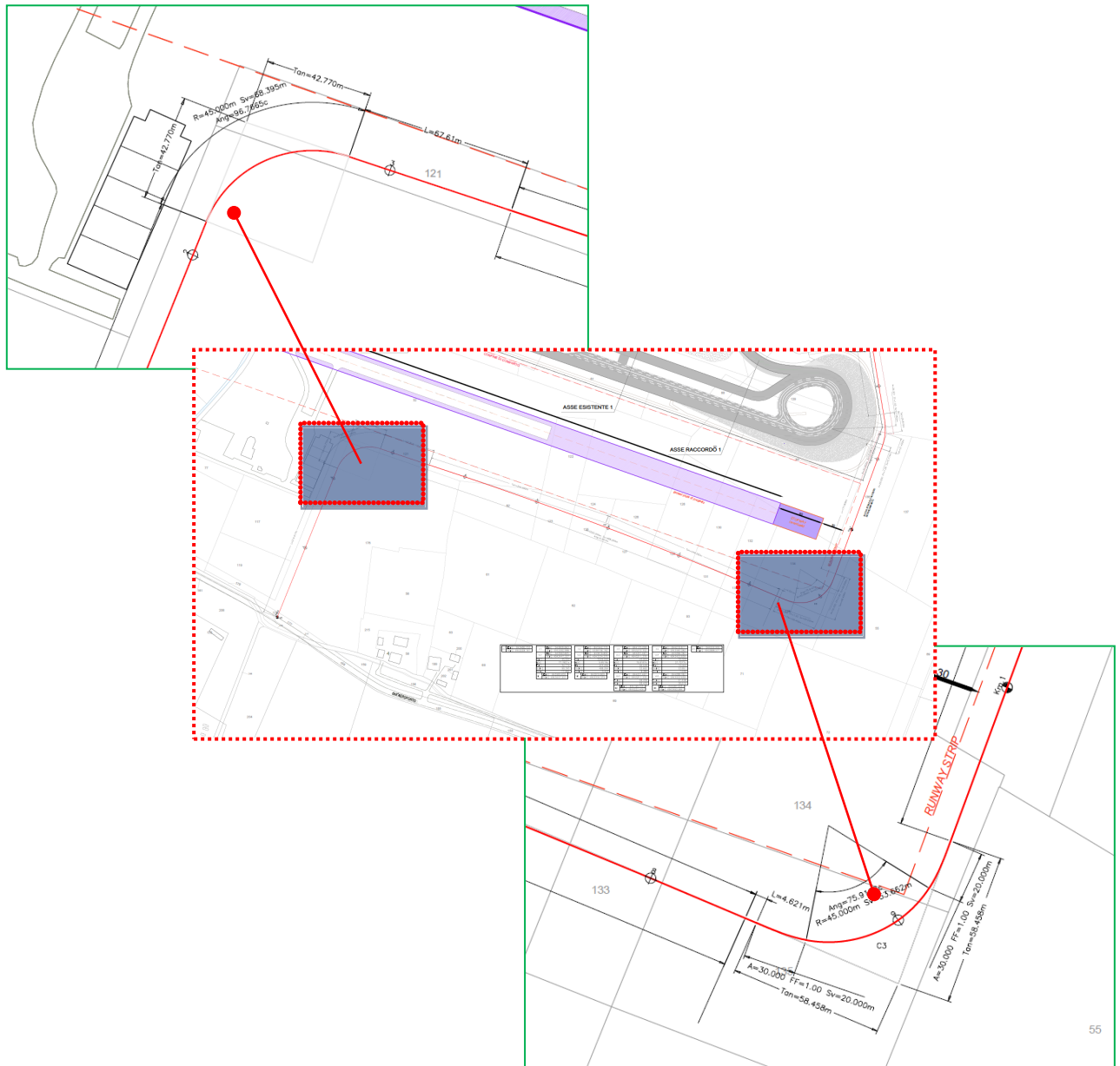


FIGURA 8 –RAGGI CARATTERISTICI DI CURVATURA DEI RACCORDI C1 E C3

La velocità di percorrenza in sicurezza della strada dovrà essere dunque limitata a valori dell'ordine dei 30 km/h il che potrà avvenire mettendo in esercizio sui rettili dissuasori a norma distanziati circa 50 metri l'uno dall'altro.

Sono previste corsie di accelerazione e decelerazione in fregio all'innesto della strada in progetto sulla viabilità pubblica; tale innesto avviene a T così come illustrato nella seguente immagine:

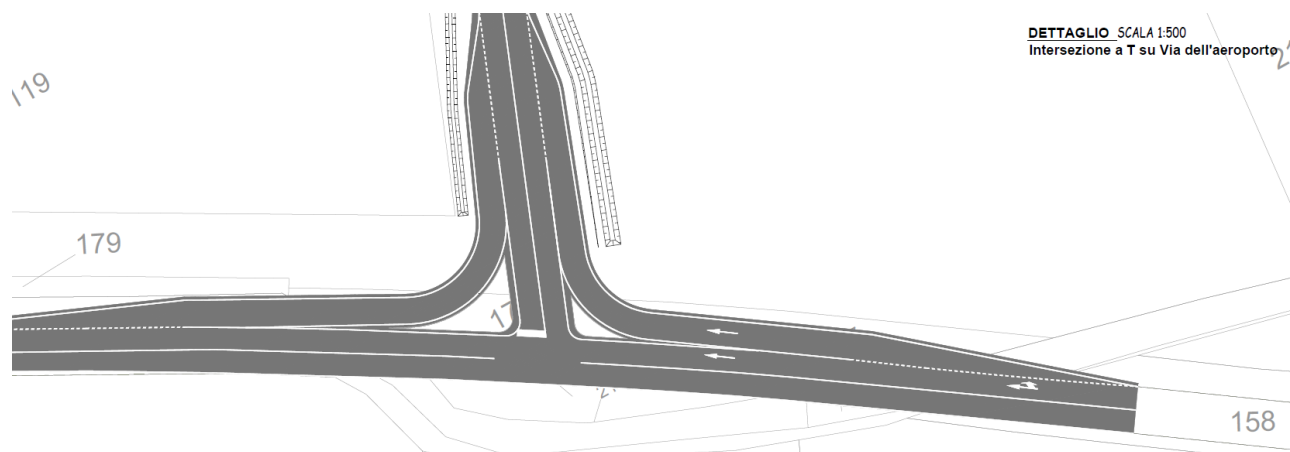


FIGURA 9 –INNESTO A T DELLA NUOVA STRADA SU VIA DELL'AEROPORTO

Le corsie di accelerazione/decelerazione sono concepite di lunghezza consona alle velocità caratteristiche di progetto delle strade di immissione/uscita (90 km/h via dell'aeroporto 40 km/h nuova strada extracomparto di accesso all'Autodromo)

L'ente proprietario e gestore della strada pubblica dovrà valutare l'opportunità di realizzare una corsia di accumulo in fregio alla viabilità pubblica per coadiuvare la svolta a sinistra da via dell'autodromo verso la nuova strada in progetto.

E' prevista la realizzazione di un pacchetto stradale costituito da

- Fondazione: 30/40cm di misto riciclato+ 10/20 cm di misto stabilizzato
- Superficie: 7/10 cm di binder+ 3/4 cm di usura

PARTICOLARE SEZIONE

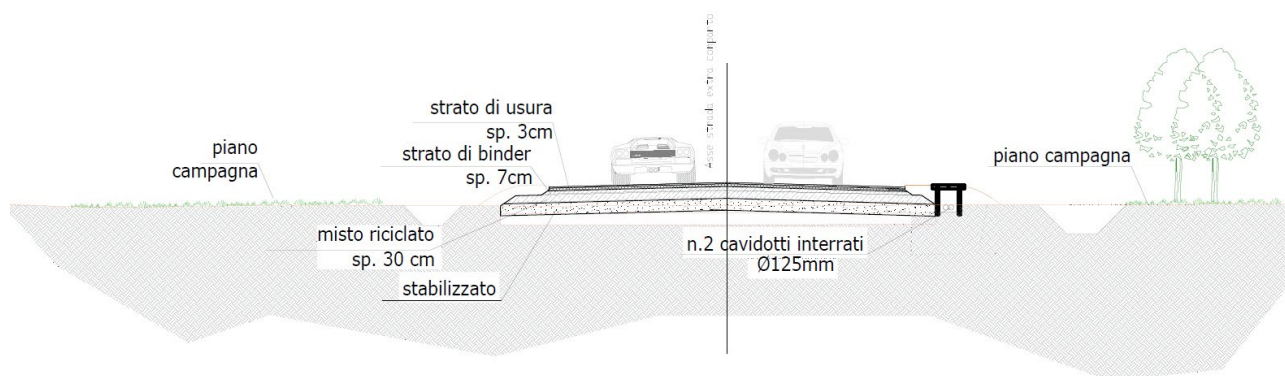


FIGURA 10—SEZIONE TIPOLOGICA NUOVA STRADA DI ACCESSO AUTODROMO DI MODENA

In destra della strada è prevista la posa di una coppia di corrugati per consentire la remotizzazione delle logiche di funzionamento di eventuali presidi posti in prossimità dell'innesto su via dell'Aeroporto.

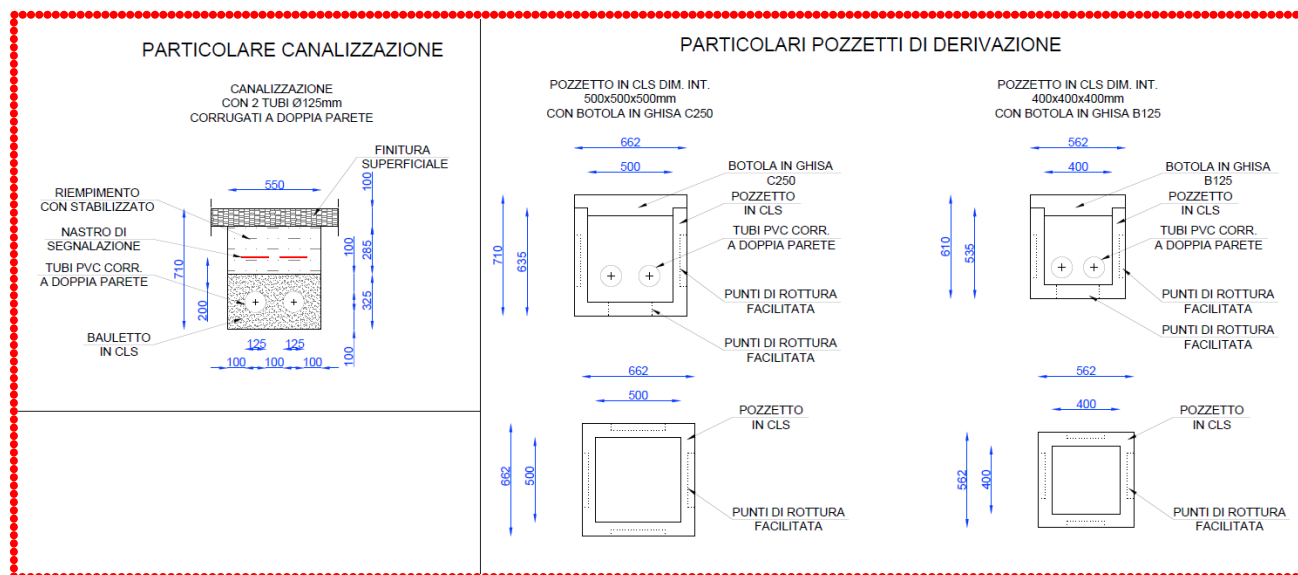


FIGURA 11—COPPIA DI CORRUGATI IN POZZETTO IN DESTRA DELLA STRADA DI PROGETTO.

4. ELEMENTI DI VERIFICA STRADALE

Di seguito si riportano i dati plano-altimetrici che caratterizzano la viabilità in oggetto.

4.1. ELEMENTI PLANIMETRICI

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m): 214.52	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						0.000
Lunghezza minima (m)	40.000					
Lunghezza massima (m)		1100.000				
Valori minimi/massimi da normativa	40.000	1100.000				
Rettifilo	214.52					
Raccordo n°2 - Raggio (m):55.000 - Lunghezza (m):48.727	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						433.578
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						44
Raggio minimo in funzione della velocità	59.055					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilineo successivo	1.467					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			30.556			
Valori minimi/massimi da normativa	59.055		30.556			
Raccordo	55.000		48.727			

Clotoide n°2 - Parametro A:35.000 - Lunghezza (m):22.273	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						482.306
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						49
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	50.243					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	37.681					
Criterio ottico	18.333					
Criterio ottico		55.000				
Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	50.243	55.000				
Clotoide	35.000		22.273		1.000	
Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):1.467	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						504.578
Lunghezza minima (m)	39.237					
Lunghezza massima (m)		1100.000				
Valori minimi/massimi da normativa	39.237	1100.000				
Rettifilo	1.467					
Raccordo n°3 - Raggio (m):5500.000 - Lunghezza (m):488.264	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri

Progressiva						506.045
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						50
Raggio minimo in funzione della velocità	59.055					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			34.722			
Valori minimi/massimi da normativa	59.055		34.722			
Raccordo	5500.000		488.264			
Rettifilo n°4 - Lunghezza (m):4.621	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						994.309
Lunghezza massima (m)		2.400				
Valori minimi/massimi da normativa	0.000	2.400				
Rettifilo	4.621					
Clotoide n°4 - Parametro A:30.000 - Lunghezza (m):20.000	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						998.929
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						45
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	41.787					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	23.614					

Criterio ottico	15.000					
Criterio ottico		45.000				
Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	41.787	45.000				
Clotoide	30.000		20.000		1.000	
Raccordo n°5 - Raggio (m):45.000 - Lunghezza (m):53.662	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						1018.929
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						40
Raggio minimo in funzione della velocità	59.055					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettililo precedente	4.621					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettililo successivo	177.808					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			27.778			
Valori minimi/massimi da normativa	177.808		27.778			
Raccordo	45.000		53.662			
Clotoide n°6 - Parametro A:30.000 - Lunghezza (m):20.000	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1072.592
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						45
Fattore di forma					1.000	

Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	41.787					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	23.614					
Criterio ottico	15.000					
Criterio ottico		45.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	41.787	45.000				
Clotoide fuori normativa	30.000		20.000		1.000	
Lunghezza massima (m)		2.400				
Valori minimi/massimi da normativa	0.000	2.400				
Rettilo	4.621					
Clotoide n°5 - Parametro A:30.000 - Lunghezza (m):20.000	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						998.929
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						45
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	41.787					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	23.614					
Criterio ottico	15.000					

Criterio ottico		45.000				
Clotoide rettilino-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	41.787	45.000				
Clotoide	30.000		20.000		1.000	
Raccordo n°5 - Raggio (m):45.000 - Lunghezza (m):53.662	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						1018.929
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						40
Raggio minimo in funzione della velocità	59.055					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilino precedente	4.621					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilino successivo	177.808					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			27.778			
Valori minimi/massimi da normativa	177.808		27.778			
Raccordo	45.000		53.662			
Clotoide n°6 - Parametro A:30.000 - Lunghezza (m):20.000	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1072.592
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						45
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	41.787					

Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	23.614					
Criterio ottico	15.000					
Criterio ottico		45.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	41.787	45.000				
Clotoide	30.000		20.000		1.000	
Rettifilo n°6 - Lunghezza (m):177.808	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						1092.592
Lunghezza minima (m)	40.000					
Lunghezza massima (m)		1100.000				
Valori minimi/massimi da normativa	40.000	1100.000				
Rettifilo	177.808					
Clotoide n°7 - Parametro A:20.000 - Lunghezza (m):5.714	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1270.399
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						49
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	50.852					

Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	42.638					
Criterio ottico	23.333					
Criterio ottico		70.000				
Clotoide rettilfo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 non in tolleranza				0.567		
Valori minimi/massimi da normativa	50.852	70.000				
Clotoide	20.000		5.714		1.000	
Raccordo n°6 - Raggio (m):70.000 - Lunghezza (m):23.891	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						1276.114
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						48
Raggio minimo in funzione della velocità	59.055					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilfo successivo	211.096					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			33.333			
Valori minimi/massimi da normativa	211.096		33.333			
Raccordo	70.000		23.891			
Clotoide n°8 - Parametro A:35.301 - Lunghezza (m):17.802	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1300.005
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						50

Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	52.500					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	42.979					
Criterio ottico	23.333					
Criterio ottico		70.000				
Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 non in tolleranza				1.765		
Valori minimi/massimi da normativa	52.500	70.000				
Clotoide	35.301		17.802		1.000	
Rettifilo n°7 - Lunghezza (m):211.096	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						1317.807
Lunghezza minima (m)	40.000					
Lunghezza massima (m)		1100.000				
Valori minimi/massimi da normativa	40.000	1100.000				
Rettifilo	211.096					

È doveroso commentare i dati presenti all'interno delle tabelle appena riportate.

La viabilità in oggetto segue un tratto viabilistico esistente e a oggi non è presente una normativa specifica in riferimento alle viabilità esistenti e per questo si è utilizzata la normativa vigente "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" solo

come riferimento cercando di avvicinarsi il più possibile ai criteri dettati dalla suddetta norma.

4.2. ELEMENTI ALTIMETRICI

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-2.999%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-2.999%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			5.342
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):-0.644%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			28.880
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.644%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			116.480
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50

Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°3 - Pendenza (h/b):1.344%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			136.360
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livellotta in normativa	1.344%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):2500.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			208.880
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°4 - Pendenza (h/b):-0.200%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			247.487
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livellotta in normativa	-0.200%		
Raccordo n°4 - Raggio (m):5000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			418.731
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50

Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):-1.377%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			477.569
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-1.377%		
Raccordo n°5 - Raggio (m):5000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			577.574
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):-0.095%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			641.680
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.095%		
Raccordo n°6 - Raggio (m):10000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1000.614
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50

Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):-0.820%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1073.112
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.820%		
Parabola n°7 - Raggio (m):10000.000 - Lunghezza (m):72.809 - K:100.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1225.556
Distanza utilizzata			54.768
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo da visibilità	1030.186		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	321.502		
Parabola in normativa	10000.000		
Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):-0.092%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1298.365
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.092%		

5. IDRAULICA STRADALE

5.1. IDROLOGIA

Per il drenaggio della piattaforma viaria in progetto sono stati concepiti due fossi di guardia in destra e sinistra:

- Il fosso in sinistra ha speco trapezio di dimensioni 50x50x50 e vista l'altimetria locale, degradante da sud verso nord, riceve unicamente le acque generate dalla semicarreggiata dall'asse viario in progetto
- Il fosso in destra ha speco trapezio di dimensioni maggiori 75x75x75 in quanto oltre alla semicarreggiata dell'asse viario deve farsi carico delle superfici di corrivazione (agricole) intercluse tra la via dell'aeroporto e la via in progetto

PARTICOLARE SEZIONE

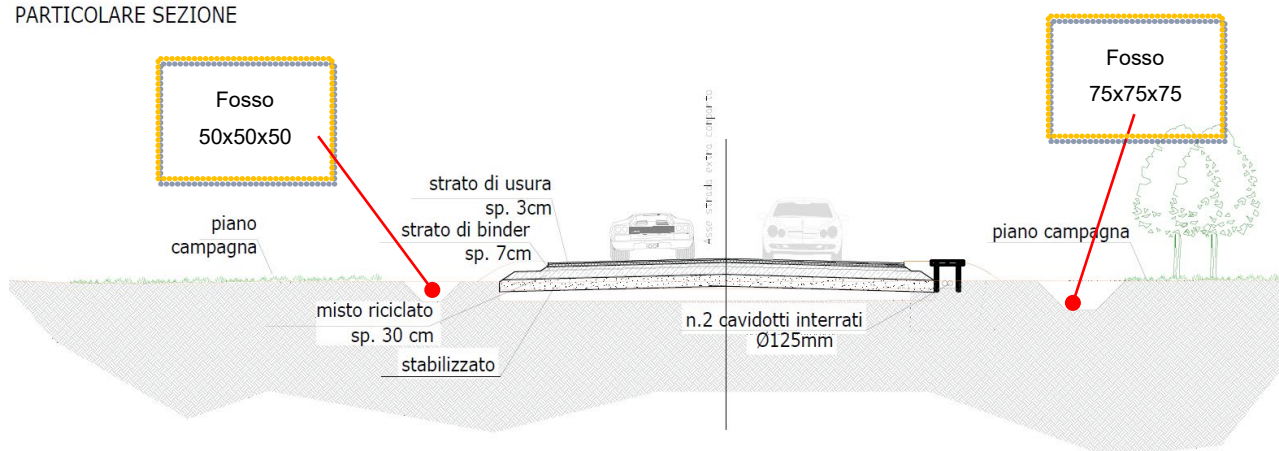


FIGURA 12—FOSSI DI DRENAGGIO NUOVA STRADA DI ACCESSO AUTODROMO DI MODENA

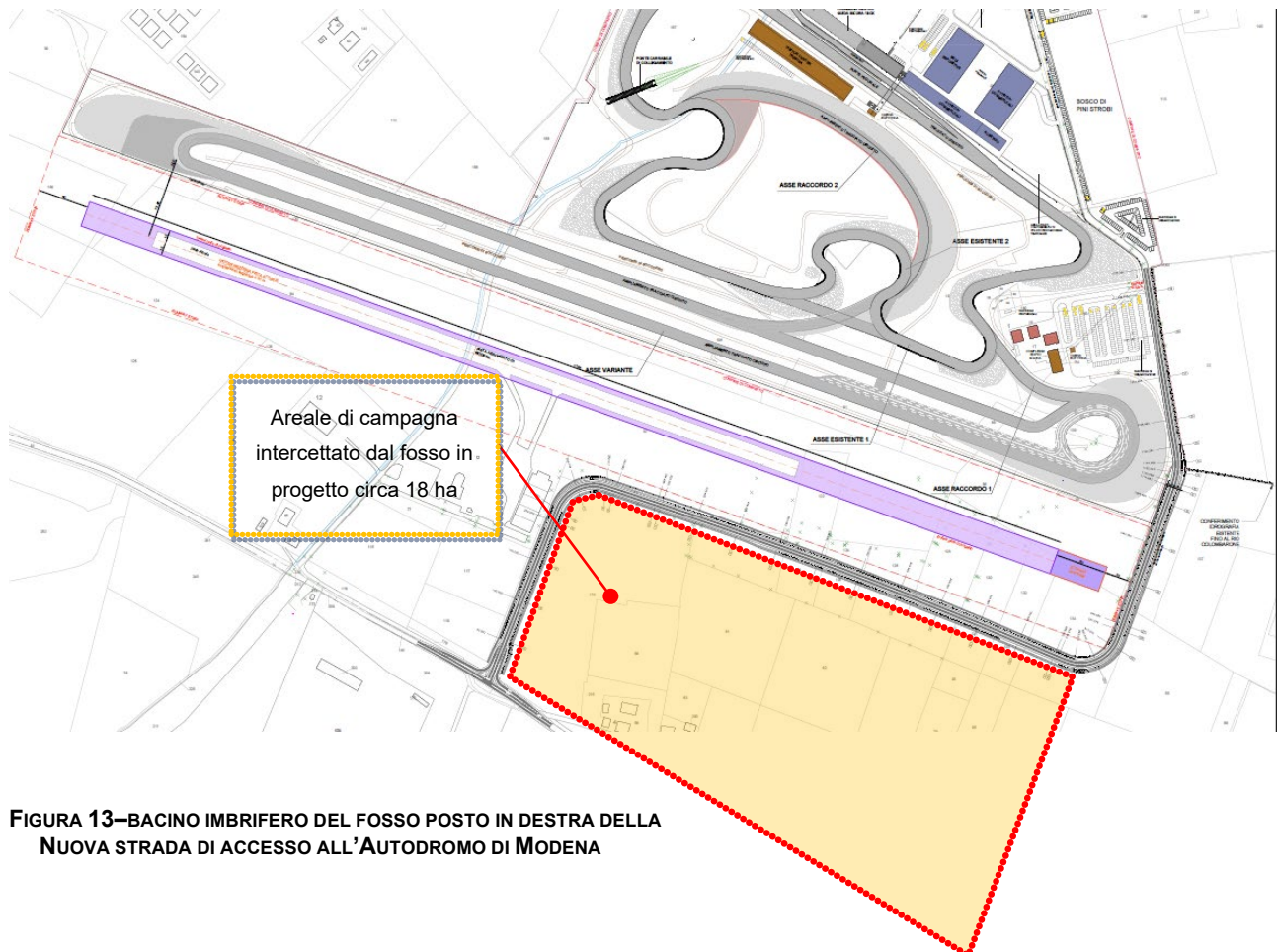
La strada misura pressappoco 1375 la larghezza della carreggiata complessiva di scarpate è $(0.5+1+3.5) \times 2 = 10$

La superficie della semicarreggiata risulta essere $S = 1375 \times 10 / 2 = 6.875 \text{ mq}$

Assegnando una udometria di 200 l/s ha tipica per le aree impermeabilizzate (la DGR 286/2005 e la 1860/2006 stabiliscono una corrispondenza tra questa udometria ed eventi meteorologici con tempi di ritorno ultra cinquantenari) si ottiene che la semicarreggiata

nella sezione terminale (in prossimità del sottopasso dell'asse in progetto previsto mediante culvert DN 630) genera portate dell'ordine di:

$$Q_s = 0.685 \times 200 = 137 \text{ l/s}$$



**FIGURA 13—BACINO IMBRIFERO DEL FOSSO POSTO IN DESTRA DELLA
NUOVA STRADA DI ACCESSO ALL'AUTODROMO DI MODENA**

Nel caso del fosso posto a destra della via in progetto il fosso dovrà farsi carico oltre del contributo idrologico della semicarreggiata anche della corrivazione dei 18 ha del bacino imbrifero evidenziato; facendo riferimento al valore udometrico di invarianza stabilito per le superfici agricole (20 l/sha) la portata in carico nelle sezioni terminali del fosso di destra sono dunque:

$$Q_d = 137 + 18 \times 20 = 137 + 360 = 497 \text{ l/s}$$

5.2. VERIFICHE IDRAULICHE

Facendo riferimento alla pendenza media della strada (0.3%) si riportano di seguito le scale di deflusso degli elementi idraulici adibiti al drenaggio della strada:

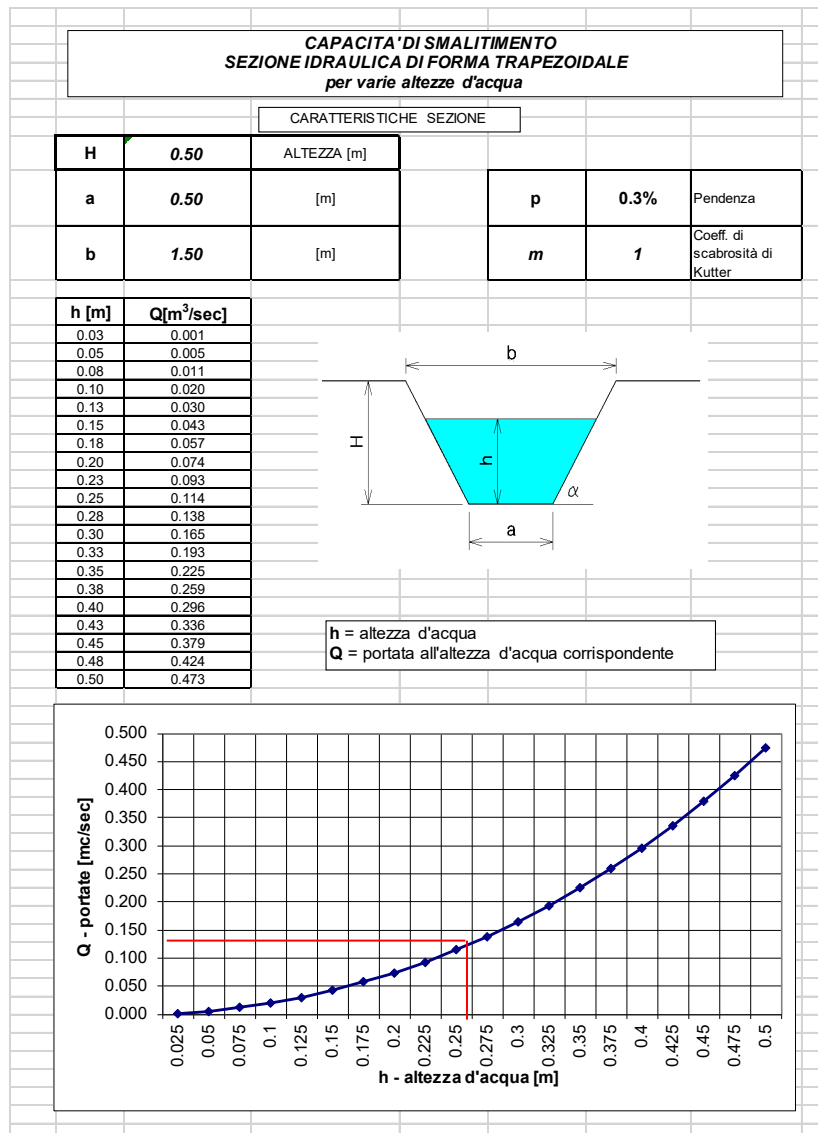


FIGURA 14—SCALA DEFLUSSO FOSSO 50x50x50

Il fosso posto in sinistra risulta verificato

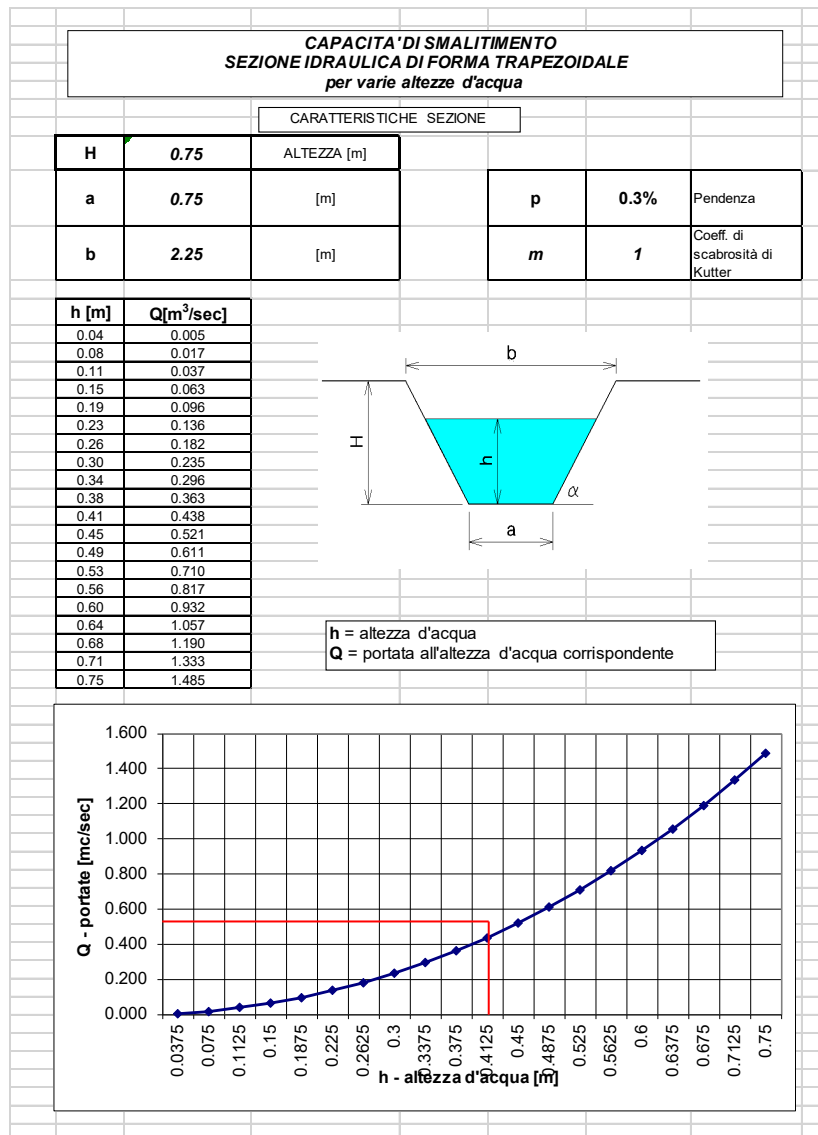


FIGURA 15—SCALA DEFLUSSO FOSSE 75x75x75

Il fosso posto in sinistra risulta verificato

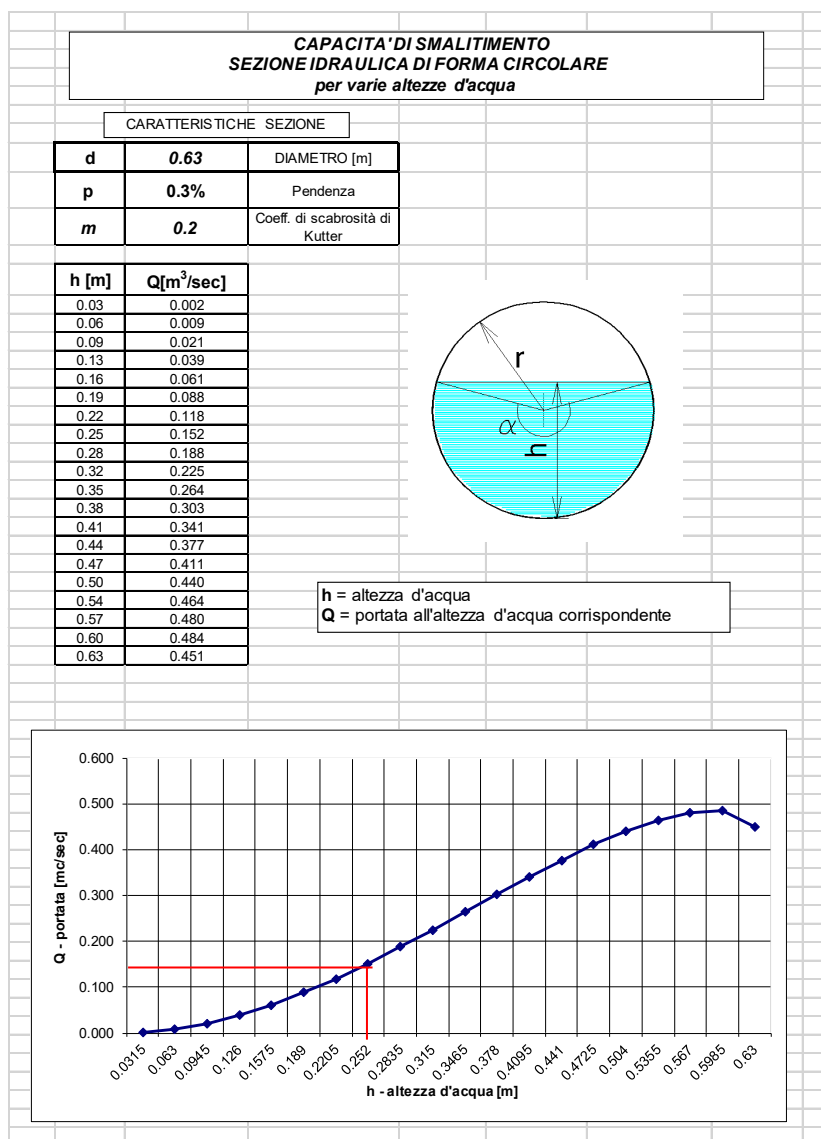


FIGURA 16—SCALA DEFLUSSO CULVERT DN630

Il fosso culvert risulta verificato

5.3. ELEMENTI DI MITIGAZIONE

Il comma 4 dell'articolo 1 della DGR 1860/2006 sancisce inequivocabilmente che le aree di transito e parcheggio non sono soggette alla disciplina che dirime le questioni legate alle prime piogge.

6. Conclusioni

Nell'ambito del progetto che prevede l'ampliamento dell'Autodromo di Modena si è reso necessario prevedere una nuova viabilità di accesso che consentisse di alleggerire il traffico diretto ed indiretto sulla via Pomposiana e di sponda quello in transito lungo Marzaglia Nuova in arrivo all'Autodromo di Modena.



FIGURA 17 – NUOVA VIABILITÀ DI ACCESSO ALL'AUTODROMO DI MODENA

Come è possibile intuire dall'immagine sopra riportata una volta creato l'accesso da via per l'aeroporto si verificano condizioni di accesso preferenziale al sito:

- Sia da Est attraverso la “bretellina” Modena Sassuolo si potrà addurre all'autodromo defluendo lungo la via Pederzona ne poi Via dell'aeroporto
- Sia da Ovest attraverso la nuova “bretella” Campogalliano Sassuolo in corso di realizzazione sarà possibile usufruire della nuova uscita “Marzaglia” prevista in fregio all'omonima via direttamente interconnessa a via dell'Aeroporto

In entrambi i casi la viabilità preferenziale che si andrà a definire non usufruirà della via Pomposiana che sarà “riservata” per l'accesso dei mezzi di soccorso e dei mezzi di servizio.