

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

SF00 – TIPOLOGICI SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO

| | |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE LAVORI |
| Consorzio Cepav due 2 9 MAG 2020 Data: _____ | Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. <i>Roberto Liani</i>) Data: _____ |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|----------|------------------|-------|-----|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA/DISCIPLINA | PROGR | REV |
| I N O R | 1 2 | E | E 2 | R F | S F 0 0 0 0 | 0 0 3 | A |

| PROGETTAZIONE | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------------------------|----------|-------------------------|----------|----------------------------|------|
| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Progettista / Coordinatore | Data |
| A | Emissione | ZIFFERERO <i>Zifferero</i> | 30/01/20 | AIELLO <i>Aiello</i> | 30/01/20 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

CIG. 751447334A

File: INOR12EE2RFSF0000003A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service
di plottaggio ITALFERR S.p.A.
ALBA s.r.l.

CUP: F81H91000000008

INDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | PREMESSA..... | 3 |
| 2. | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 3. | ELABORATI DI TRACCIAMENTO | 5 |
| 3.1. | APPLICAZIONE | 5 |
| 3.1. | PROGRESSIVAZIONE DEGLI ASSI..... | 6 |
| 3.2. | TIPOLOGIA E CONTENUTI | 6 |
| 3.2.1. | <i>Tabulati di tracciamento</i> | 7 |
| 3.2.2. | <i>Planimetrie di tracciamento</i> | 7 |
| 3.2.3. | <i>Profili di tracciamento</i> | 8 |
| 4. | GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO..... | 10 |
| 4.1. | PREMESSA..... | 10 |
| 4.2. | RELAZIONI CINEMATICHE DEL TRACCIATO | 11 |
| 4.3. | PARAMETRI CARATTERISTICI E FORMULE UTILIZZATE PER LA CLOTOIDE | 12 |
| 4.4. | CURVA MONOCENTRICA | 14 |
| 5. | GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO..... | 15 |

1. PREMESSA

Il presente documento si propone di descrivere il contenuto degli elaborati di tracciamento, il loro significato e modo di impiego, nonché gli algoritmi di calcolo da utilizzare per la progettazione esecutiva del tracciato plano-altimetrico di tutti gli assi ferroviari presenti nel progetto.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I riferimenti principali per l'elaborazione dei dati di tracciamento sono le seguenti istruzioni tecniche di RFI:

- Rif. [1] RFI TCAR IT AR 01 001 "Norme Tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari"
- Rif. [2] RFI TCAR IT AR 01 003 "Progettazione dei nuovi tracciati ferroviari nei posti di servizio. Verifica dei tracciati nei posti di servizio già in esercizio"
- Rif. [3] RFI TCAR ST AR 01 003 "Standard dei materiali d'armamento per lavori di rinnovamento e costruzione a nuovo".

Gli elaborati di Progetto Esecutivo di riferimento per l'elaborazione dei dati di tracciamento sono i seguenti:

- Rif. [4] IN0R10EE2ROIF0000001 RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO
- Rif. [5] IN0R10EE2TTIF0000001 TABULATO DI CALCOLO ANALITICO DEL TRACCIATO PLANIMETRICO DEL COLLEGAMENTO FRA IL PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO BRESCIA EST E LINEA BRESCIA EST-VERONA, LINEA AC E IC VERONA MERCI
- Rif. [6] IN0R10EE2TTIF0000002 TABULATO DI CALCOLO ANALITICO DEL TRACCIATO ALTIMETRICO DEL COLLEGAMENTO FRA IL PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO BRESCIA EST E LINEA BRESCIA EST-VERONA, LINEA AC E IC VERONA MERCI
- Rif. [7] IN0R10EE2TTIF0000003 TABULATO DI CALCOLO ANALITICO DEL TRACCIATO PLANIMETRICO DEL BYPASS FERROVIA ESISTENTE MI-VE
- Rif. [8] IN0R10EE2TTIF0000004 TABULATO DI CALCOLO ANALITICO DEL TRACCIATO ALTIMETRICO BYPASS FERROVIA ESISTENTE MI-VE
- Rif. [9] IN0R10EE2TTIF0000005 TABULATO VERIFICHE CINEMATICHE
- Rif. [10] IN0R10EE2P5IF0000001 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO DEL COLLEGAMENTO FRA PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO BRESCIA EST E LA LINEA ACBRESCIA EST-VERONA DA KM 105+384.000 A KM 110+583.541 TAV. 1
- Rif. [11] IN0R10EE2P5IF0000002 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 109+500.000 A KM 114+000.000 TAV. 2
- Rif. [12] IN0R10EE2P5IF0000003 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 114+000.000 A KM 118+500.000 TAV. 3
- Rif. [13] IN0R10EE2P5IF0000004 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 118+500.000 A KM 123+000.000 TAV. 4
- Rif. [14] IN0R10EE2P5IF0000005 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 123+000.000 A KM 127+500.000 TAV. 5
- Rif. [15] IN0R10EE2P5IF0000006 PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 127+500.000 A KM 132+000.000 TAV. 6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 RF SF 000 0 003 | Rev. A | Foglio 4 di 16 |
|-----------|----------------------|-------------------------------------|---|-----------|-------------------|
| Rif. [16] | IN0R10EE2P5IF0000007 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 132+000.000 A KM 136+500.000 TAV. 7 | | |
| Rif. [17] | IN0R10EE2P5IF0000008 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 136+500.000 A KM 141+000.000 TAV. 8 | | |
| Rif. [18] | IN0R10EE2P5IF0000009 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 141+000.000 A KM 145+500.000 TAV. 9 | | |
| Rif. [19] | IN0R10EE2P5IF0000010 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 145+500.000 A KM 150+000.000 TAV. 10 | | |
| Rif. [20] | IN0R10EE2P5IF0000011 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 148+000.000 A KM 150+780.229 (BP) DA KM 0+000.000 A KM. 0+909.360 (BD) E IC VERONA MERCI TAV. 11 | | |
| Rif. [21] | IN0R10EE2P5IF0000012 | PLANIMETRIA | DI TRACCIAMENTO BYPASS FERROVIA ESISTENTE MI-VE | | |
| Rif. [22] | IN0R10EE2F5IF0000001 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO DEL COLLEGAMENTO FRA IL PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO BRESCIA EST E LINEA AC BRESCIA EST-VERONA DA KM 105+384.000 A KM 110+583,541 E LINA AC BRESCIA EST-VERONA DA KM 110+583,541 A KM 113+000.000 TAV. 1 | | |
| Rif. [23] | IN0R10EE2F5IF0000002 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 113+000.000 A KM 121+800.000 TAV. 2 | | |
| Rif. [24] | IN0R10EE2F5IF0000003 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 121+800.000 A KM 130+600.000 TAV. 3 | | |
| Rif. [25] | IN0R10EE2F5IF0000004 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 130+600.000 A KM 139+400.000 TAV. 4 | | |
| Rif. [26] | IN0R10EE2F5IF0000005 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 139+400.000 A KM 148+200.000 TAV. 5 | | |
| Rif. [27] | IN0R10EE2F5IF0000006 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 148+200.000 A KM 150+780.229 TAV. 6 | | |
| Rif. [28] | IN0R10EE2F5IF0000007 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 0+000 A 8+546.401 BD - GA LONATO (DA KM 114+150.000 A KM 122+700.000 BP) TAV. 7 | | |
| Rif. [29] | IN0R10EE2F5IF0000008 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA AC DA KM 0+000 A 0+200.251 BD (DA KM 110+383.195 A KM 110+583.541 BP) E DA KM 0+000 A 0+909.360 BD (DA KM 149+870.556 A KM 150+780.229 BP) TAV. 8 | | |
| Rif. [30] | IN0R10EE2F5IF0000009 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO IC VR MERCI DA Km 0+0 A 2+212.832 BP E Km 2+208.756 BD TAV. 9 | | |
| Rif. [31] | IN0R10EE2F5IF0000010 | PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO BYPASS FERROVIA ESISTENTE MI-VE BP E BD | | |
| Rif. [32] | IN0R10EE2L6IF0000001 | PLANIMETRIA E PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO LINEA RFI MI-VE - BIVIO REZZATO | | |
| Rif. [33] | IN0R10EE2L7IF0000001 | PLANIMETRIA E PROFILO LONGITUDINALE | DI TRACCIAMENTO BIVIO VERONA OVEST BP E BD | | |

3. ELABORATI DI TRACCIAMENTO

3.1. Applicazione

Il soggetto fondamentale a cui si riferiscono i dati numerici e grafici degli elaborati di tracciamento è *l'asse*, inteso come entità piano – altimetrica di progetto rappresentata dalla linea ideale di mezzzeria di un binario.

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di più assi, evidenziati nella sottostante tabella, che vengono tutti tracciati negli elaborati in esame.

| | LINEA | ASSE DI PROGETTO | WBS |
|----|--|------------------------------|-----------------|
| 1 | LINEA A.C. Brescia Est –Verona e COLLEGAMENTO fra il PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO Brescia Est-Verona e la Linea AC Brescia Est-Verona | BINARIO PARI | SF43 SF10÷18 |
| 2 | LINEA A.C. Brescia Est –Verona e COLLEGAMENTO fra il PROGETTO DI QUADRUPPLICAMENTO Brescia Est-Verona e la Linea AC Brescia Est-Verona | BINARIO DISPARI | SF43 SF10÷18 |
| 3 | INTERCONNESSIONE DI VERONA MERCI | BINARIO PARI | SF35 |
| 4 | INTERCONNESSIONE DI VERONA MERCI | TRONCHINO BINARIO PARI | SF35 |
| 5 | INTERCONNESSIONE DI VERONA MERCI | BINARIO DISPARI | SF36 |
| 6 | INTERCONNESSIONE DI VERONA MERCI | TRONCHINO BINARIO DISPARI | SF36 |
| 7 | BIVIO PER LA FUNZIONALITA' Rezzato | BINARIO PARI | SF44 |
| 8 | BIVIO PER LA FUNZIONALITA' Rezzato | SCAMBIO EST | SF44 |
| 9 | BIVIO PER LA FUNZIONALITA' Rezzato | SCAMBIO OVEST | SF44 |
| 10 | BIVIO PER LA FUNZIONALITA' Verona Ovest | BINARIO PARI | SF45 |
| 11 | BIVIO PER LA FUNZIONALITA' Verona Ovest | BINARIO DISPARI | SF45 |
| 12 | SPOSTAMENTO PROVVISORIO LINEA STORICA in zona Sommacampagna – Bypass Verona | BINARIO PARI | SF37 |
| 13 | SPOSTAMENTO PROVVISORIO LINEA STORICA in zona Sommacampagna – Bypass Verona | BINARIO DISPARI | SF37 |

I tracciamenti di progetto del Binario Pari della linea AC, del Collegamento QBSE-AC, del Bivio Verona, del Bypass provvisorio, i tracciati del Binario Dispari della linea AC nei tratti a doppio binario con interasse variabile, e i tracciati del Binario Pari e Dispari dell'Interconnessione Verona Mercì, sono congruenti con quanto previsto dagli elaborati di tracciamento IF00 del presente Progetto Esecutivo (da **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a Rif. [33]).

Nell'ambito del presente Progetto Esecutivo di Armamento, vengono invece geometrizzati anche gli assi del Binario Dispari della linea AC e del Collegamento QBSE-AC nei tratti ad interasse costante ($i=4.0m$ o $i=4.5m$), dei tronchini Pari e Dispari dell'Interconnessione Verona Mercì, e del Binario Dispari del Bypass sulla linea storica.

NOTE

- Si definisce binario pari quello di corretto tracciato diretto da Sud a Nord e da Est a Ovest; pertanto, nel caso della linea A.C. Milano - Verona, esso corrisponde a quello posizionato a Sud.
- Per comodità il Collegamento fra il progetto di quadruplicamento Brescia Est - Verona e la Linea AC Brescia Est-Verona, sarà indicato con l'abbreviazione Collegamento QBSE/AC.

La tabella sottostante indica le velocità di tracciato sui tronchi dei vari assi di progetto.

| TRONCHI | DA Pk | A Pk | V _T |
|---|------------------------|------------------------|----------------|
| Collegamento QBSE/AC | Km 105+384,000 (P) | Km 110+583,541 (P) | 200 Km/h |
| Linea AC - 1 | Km 110+583,541 (P) | Km 111+307,604 (P) | 250 Km/h |
| Linea AC - 2 | Km 111+307,604 (P) | Km 145+569,004 (P) | 300 Km/h |
| Linea AC - 3 | Km 145+569,004 (P) | Km 149+129,382 (P) | 250 Km/h |
| Linea AC - 4 | Km 149+129,382 (P) | Km 150+780,229 (P) | 200 Km/h |
| Interconnessione di Verona Mercè – bin. pari | Km 0+000,000 | Km 2+212,832 | 100 Km/h |
| Interconnessione di Verona Mercè – bin. dispari | Km 0+000,000 | Km 2+208,756 | 100 Km/h |
| Spostamento bin. pari storica per Bivio Rezzato | Km 93+799,71 (Pk RFI) | Km 95+076,84 (Pk RFI) | 150 Km/h |
| Bivio Verona Ovest | Km 150+412,164 (Pk AC) | Km 141+661,90 (Pk RFI) | 60 Km/h |
| Bypass provvisorio linea storica | Km 139+570,14 (Pk RFI) | Km 141+771,69 (Pk RFI) | 150 Km/h |

3.1. Progressivazione degli assi

La progressivazione degli assi di progetto della Linea AC ha subito una variazione dovuta all'unificazione assiale della linea AC stessa e dell'ex Interconnessione di Brescia Est. Nonostante tale unificazione, le due tratte di Linea AC e Collegamento QBSE/AC si mantengono comunque nominalmente separate.

Ciò ha richiesto di associare la Pk 105+384 al binario pari nel punto di confine col Nodo di Brescia, corrispondente al punto finale del futuro quadruplicamento della linea esistente a partire dalla Stazione di Brescia. A partire dal tale Pk, la progressivazione di entrambi i binari per le due tratte di Linea AC e Collegamento QBSE/AC è crescente nel verso di percorrenza Ovest-Est.

La progressivazione dei rami dell'Interconnessione di Verona Mercè, del Bivio di Verona Ovest e del Bypass di Verona si opera per ogni singolo asse sia pari sia dispari a partire dalla Pk iniziale 0+000, dando le equivalenze anche con le progressive della linea esistente Milano-Venezia.

La progressivazione dello spostamento del binario pari in zona Rezzato, per consentire l'innesto del bivio, parte dalla Pk 0+000 con equivalenza alla progressiva della linea esistente Milano-Venezia.

3.2. Tipologia e contenuti

Per "elaborati di tracciamento" si identificano i seguenti documenti:

- Tabulato di tracciamento planimetrico

- Tabulato di tracciamento altimetrico
- Planimetria di tracciamento (scala 1:5000 o 1:2000)
- Profilo longitudinale di tracciamento (scala 1:5000/500 o 1:2000/200)
- Verifiche cinematiche

Si riportano di seguito i contenuti riportati nelle diverse tipologie di elaborato.

3.2.1. Tabulati di tracciamento

I tabulati di tracciamento planimetrico e altimetrico forniscono un'implementazione ai dati di tracciato dei vari assi di progetto, in cui i singoli elementi vengono determinati con rigorosi calcoli analitici.

Il tabulato di tracciamento planimetrico contiene:

- numero progressivo dei vertici;
- coordinate dei vertici;
- angoli della curva;
- lunghezza dei lati e delle tangenti;
- sviluppi dei vari elementi geometrici e coordinate dei loro punti di contatto;
- punti della poligonale con progressiva e coordinate;
- velocità di progetto e valori di sopraelevazione.

Il tabulato di tracciamento altimetrico contiene:

- progressiva del vertice altimetrico, la sua quota di progetto, il valore del raccordo cilindrico;
- valori delle livellette;
- progressive e quote dei punti di tangenza.

3.2.2. Planimetrie di tracciamento

La planimetria di tracciamento in scala 1:5000 o 1:2000 rappresenta la visualizzazione degli assi geometrici di progetto e contiene:

- vertici della poligonale di tracciamento, numerati progressivamente;
- tangenti primitive;
- curve circolari;
- raccordi di transizione clotoidici;

- indicazioni sui vertici altimetrici e loro posizionamento;
- tabelle delle curve definitive per ogni vertice planimetrico, contenenti i seguenti dati:
 - coordinate del vertice (E e N)
 - raggio di progetto (R)
 - sviluppo curva circolare (Sv)
 - angolo della curva (Ac)
 - tangente primitiva (Tan)
 - velocità di tracciato (V)
 - sopraelevazione (H)
- Tabelle dei raccordi clotoidei, contenenti i seguenti dati:
 - parametro A della clotoide (A)
 - lunghezza del raccordo clotoidico (Rcl)
 - angolo di deviazione del raccordo clotoidico (AngF)
 - scostamento del raggio della curva primitiva (m)
 - Tangente lunga (Tl)
 - Tangente corta (Tc)
 - Ascissa e ordinata dei raccordi clotoidici (X_f e Y_f)
 - Raggio della curva in ingresso clotoide (R_i)
 - Raggio della curva in uscita clotoide (R_f)

3.2.3. *Profili di tracciamento*

Il profilo di tracciamento in scala 1:5000/500 o 1:2000/200 rappresenta l'implementazione e la visualizzazione dei dati altimetrici degli assi di progetto e contiene:

- posizione e dati geometrici dei vertici altimetrici:
 - progressiva
 - quota altimetrica di progetto
 - Differenza di pendenza
 - Raggio verticale del raccordo altimetrico
 - Tangente
 - Freccia

- Sviluppo del raccordo
- Rappresentazione in apposita fincatura posta in alto di:
 - valore delle pendenze della livelletta di progetto
 - differenza di quota tra vertici altimetrici
 - distanza tra i vertici altimetrici
- Rappresentazione in apposite fincature poste in basso di:
 - distanze parziali
 - progressive e chilometriche
 - quote del piano del ferro di progetto
 - quote della piattaforma ferroviaria, misurate in asse al binario tracciato
 - differenza tra le quote del piano ferro e le quote della piattaforma ferroviaria, misurata in asse al binario tracciato
 - rappresentazione in apposita fincatura dell'andamento planimetrico con evidenziato il raggio, lo sviluppo e la sopraelevazione delle curve, nonché la lunghezza dei raccordi clotoidici.

4. GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

4.1. Premessa

Pur ribadendo concetti e formule note, si ritiene utile raccoglierle al fine di disporre di un documento di riferimento univoco che descriva i criteri di posizionamento degli elementi e le formule di calcolo utilizzate.

Considerando che la progettazione, il tracciamento e la realizzazione prevedono un ampio utilizzo di strumenti informatici dedicati è necessario che la descrizione numerica del tracciato sia realizzata in modo tale da garantire non solo la conoscenza analitica al continuo degli elementi presi singolarmente ma anche dell'intero asse nel suo complesso.

Gli elementi geometrici che costituiscono l'asse devono essere descrivibili e descritti in forma analitica tale da poter determinare per qualunque punto coordinate, direzione della tangente in quel punto, raggio di curvatura e progressiva.

Va sottolineata inoltre, l'importanza del rispetto della congruenza analitica della progressiva di un punto calcolata come sviluppo degli elementi e delle parti di essa interessate.

Il tracciamento e gli standard di linea devono rispettare le normative RFI Rif. [1], Rif. [2] e Rif. [3].

Gli argomenti verranno trattati nel seguente ordine:

- PARAMETRI CARATTERISTICI E DELLE FORMULE UTILIZZATE PER LA CLOTOIDE
- CURVA MONOCENTRICA
 - elementi geometrici utilizzati
 - criterio di posizionamento
 - schema operativo di calcolo

4.2. Relazioni cinematiche del tracciato

La determinazione degli assi di progetto, raggio minimo, raccordo di transizione e sopraelevazione, sono determinati da i seguenti parametri:

- Le velocità di esercizio massime e minime (treni passeggeri e merci)
- La sopraelevazione
- I valori limite per l'eccesso e l'insufficienza di sopraelevazione

Linea A.C. $V_{max} = 300 \text{ Km/h}$ (250 Km/h curva 13) $V_{min} = 80 \text{ Km/h}$

Linea I.C. $V_{max} = 100 \text{ Km/h}$ $V_{min} = 80 \text{ Km/h}$

Determinazione del Raggio minimo e sopraelevazione massima:

$$R \geq \frac{11,8}{D+I} V_{max}^2 \qquad R \leq \frac{11,8}{D-E} V_{min}^2$$

$$\frac{11,8 \cdot V_{min}^2}{D-E} \geq R \geq \frac{11,8 \cdot V_{max}^2}{D+I}$$

$$D_{max} = \frac{(I \cdot V_{min}^2 + E \cdot V_{max}^2)}{V_{max}^2 - V_{min}^2} \qquad R_{min} = \frac{11,8 \cdot (V_{max}^2 - V_{min}^2)}{(E + I)}$$

Determinazione dei raccordi di transizione:

La lunghezza dei raccordi di transizione è determinata dai valori limite:

$$L \geq \frac{V_{max} \cdot \Delta D}{3,6} \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)_{lim}^{-1} \qquad L \geq \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)_{lim}^{-1} \qquad L \geq \frac{V_{max} \cdot \Delta I}{3,6} \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right)_{lim}^{-1}$$

dove:

V_{max} è la velocità massima dei treni (treni passeggeri)

V_{min} è la velocità minima dei treni (treni merci)

R è il raggio della curva

L è la lunghezza del raccordo di transizione

D è la sopraelevazione in curva

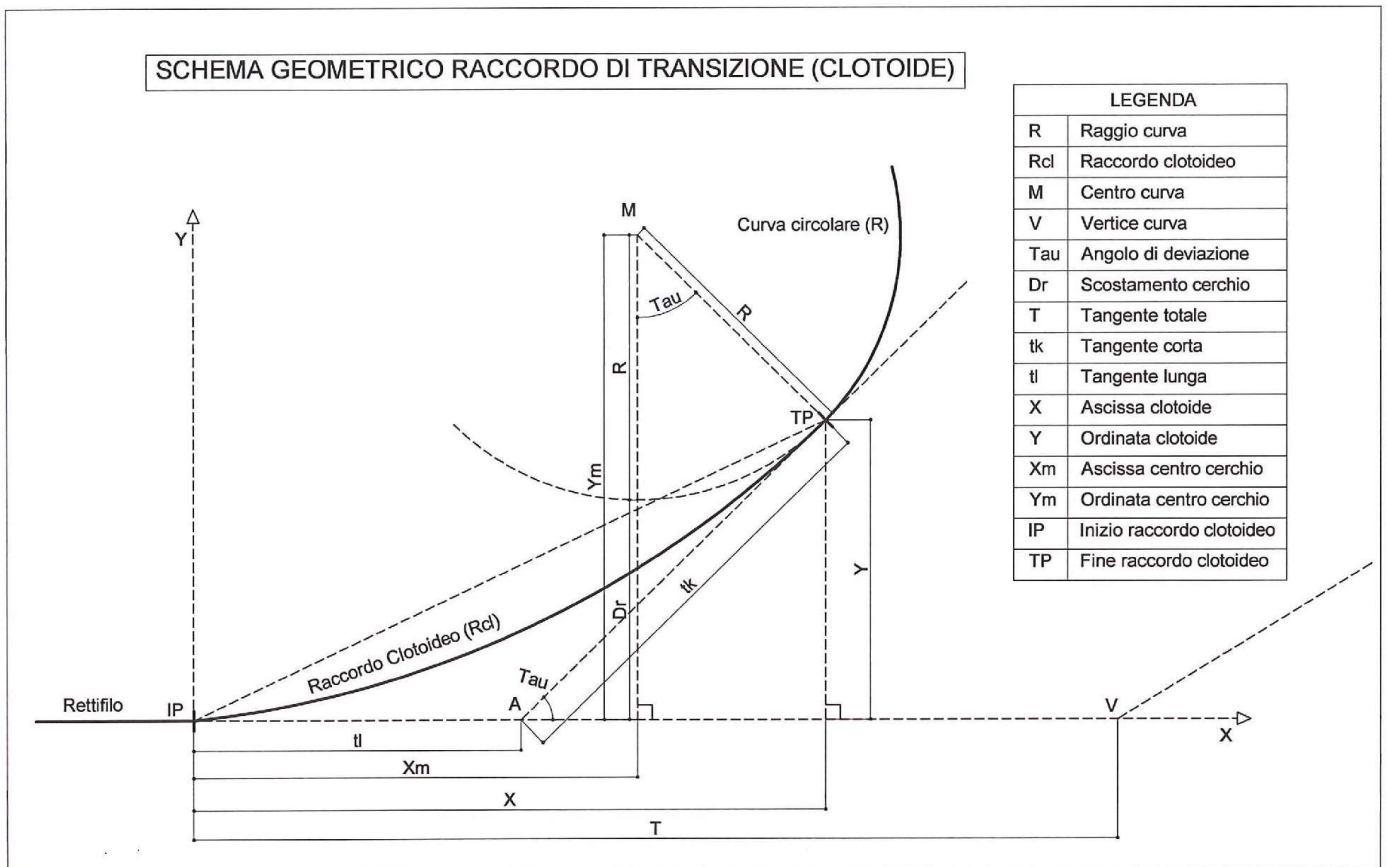
I e E sono l' insufficienza e l'eccesso di sopraelevazione (in cm)

dD/dt è il rapporto di variazione della sopraelevazione

dD/dl è la pendenza del raccordo

dI/dt è il rapporto di variazione dell'insufficienza della sopraelevazione

4.3. Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide



N.B. Si riporta la corrispondenza tra la simbologia di legenda riportata in figura e quella richiamata negli elaborati planimetrici di tracciamento:

| | | |
|-----|-------------|----------------------|
| R | R | Raggio Curva |
| Rcl | Rcl | Raccordo Clotoideo |
| M | -- | Centro Curva |
| V | V | Vertice curva |
| Tau | AngF | Angolo di deviazione |
| Dr | m | Scostamento cerchio |
| T | T | Tangente totale |
| tk | Tc | Tangente corta |
| tl | Tl | Tangente lunga |
| X | xf | Ascissa clotoide |

| | | |
|----|----|---------------------------|
| Y | yf | Ordinata clotoide |
| Xm | - | Ascissa centro cerchio |
| Ym | - | Ordinata centro cerchio |
| IP | - | Inizio raccordo clotoideo |
| TP | - | Fine raccordo clotoideo |

EQUAZIONE DELLA CLOTOIDE UTILIZZATA

$$A^2 = R \times L$$

CLOTOIDE CON RAGGIO CONSERVATO

Lo sviluppo della curva L (Rcl) si ricava dalla:

$$L = \frac{A^2}{R}$$

Il valore dell'angolo γ (Tau) nel punto di passaggio tra raccordo e curva circolare è dato da:

$$\gamma = \frac{A^2}{2 \cdot R^2} = \frac{L}{2 \cdot R}$$

Le coordinate dei punti costituenti il raccordo si ricavano con le seguenti relazioni:

$$x = A \cdot \sqrt{2\gamma} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-2}}{(4i-3) \cdot (2i-2)!}$$

$$y = A \cdot \sqrt{2\gamma} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot (2i-1)!}$$

Le coordinate del centro della curva sono date da:

$$X_m = x - R \cdot \sin \gamma = A \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-2}}{(4i-3) \cdot (2i-1)!}$$

$$Y_m = y + R \cdot \cos \gamma = A \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \cdot \sum_0^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot 2i!}$$

Il valore di ΔR (Dr) è dato da:

$$\Delta R = y - R \cdot (1 - \cos \gamma) = A \cdot \sqrt{\frac{y}{2}} \cdot \sum_1^{\infty} i \cdot (-1)^{i+1} \cdot \frac{\gamma^{2i-1}}{(4i-1) \cdot 2i!}$$

Le lunghezze T_l e T_k sono date da:

$$T_l = x - \frac{y}{\operatorname{tg} \gamma}$$

$$T_k = \frac{y}{\operatorname{sen} \gamma}$$

4.4. Curva monocentrica

Elementi geometrici utilizzati

Gli elementi geometrici utilizzati sono:

- la clotoide ($R \times L = A^2$), descritta precedentemente, che ha la particolarità di consentire la variazione continua del raggio da un valore infinitamente grande fino al valore del raggio, di lunghezza fissata dalla sopraelevazione e dalla pendenza della rampa di raccordo;
- l'arco di circonferenza.

Il posizionamento di tale curva di transizione sarà tale per cui i suoi punti estremi, calcolati analiticamente, garantiscano la continuità geometrica degli elementi.

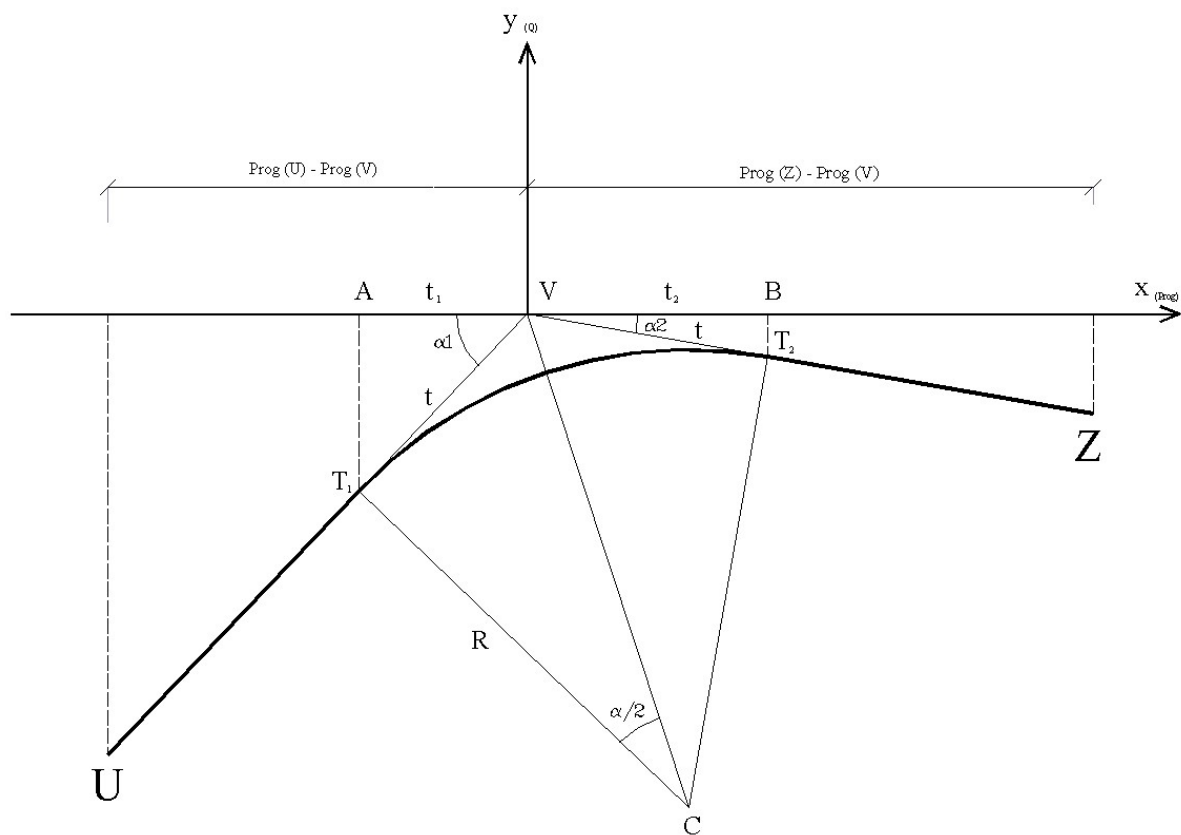
Le tabelle riportate nel tabulato e nelle planimetrie di tracciamento riportano tutti i parametri geometrici e di posizionamento delle curve.

5. GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

Il raccordo altimetrico fra due livellette è rappresentato da una curva circolare di raggio R.

La differenza fra le progressive di due vertici altimetrici consecutivi è calcolata sul piano orizzontale, come proiezione della livelletta stessa; allo stesso modo si calcola la differenza fra la progressiva di un vertice e quella dei due punti di tangenza relativi al raccordo altimetrico.

Riferendosi alla sottostante figura, si considerano i seguenti algoritmi di calcolo per la progettazione dell'asse altimetrico della linea A.C.



Dati 3 vertici altimetrici consecutivi U, V, Z, si definisce:

Q_U, Q_V, Q_Z Quote altimetriche dei vertici

$T_1, T_2,$ Punti di tangenza del raccordo altimetrico relativo al vertice V

$T_1V = T_2V = t = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ Sviluppo reale delle tangenti

$AV = t_1 \quad VB = t_2$ Sviluppo in proiezione orizzontale delle tangenti

$$\alpha_1 = \arctg \frac{Q_V - Q_U}{\text{Prog}(V) - \text{Prog}(U)}$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{Q_V - Q_Z}{\text{Prog}(Z) - \text{Prog}(V)}$$

$$t_1 = t \cdot \cos \alpha_1$$

$$t_2 = t \cdot \cos \alpha_2$$

Pertanto le progressive dei punti di tangenza del raccordo almetrico relative al vertice V sono calcolate come somma e differenza della progressiva del vertice almetrico con la lunghezza della tangente della transizione circolare, ossia:

$$\text{Prog}(T_1) = \text{Prog}(V) - t_1$$

$$\text{Prog}(T_2) = \text{Prog}(V) + t_2$$