

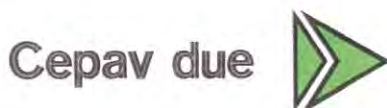
COMMITTENTE:



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

RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIAMENTO

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Curanta)</i> Data: 06 AGO 2018	Valido per costruzione Data: _____

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

PROGETTAZIONE					
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data
A	Emissione	<i>ZITO</i>	03/07/18	<i>PERFUMO</i>	03/07/18
B					
C					



saipem spa
 Tommaso Tarantini
 ingegnere iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Milano al n. A23408 - Settori: ambientale b) industriale c) dell'informazione
 Tel. 02.52020537 - Fax 02.52020599
 C.F. e P.IVA 00823790157
Curanta

CIG. 751447334A File: INOR10EE2ROIF0000001A.doc6

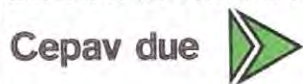


Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

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

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
E E2 RO IF 000 0 001

Rev.
A

Foglio
2 di 13

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	ELABORATI DI TRACCIAMENTO	4
2.1.	APPLICAZIONE.....	4
2.2.	TIPOLOGIA E CONTENUTI.....	6
2.3.	UTILITÀ E MODALITÀ DI IMPIEGO	7
3.	GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO	8
3.1	PREMESSA.....	8
3.2	PARAMETRI CARATTERISTICI E FORMULE UTILIZZATE PER LA CLOTOIDE	9
3.3	CURVA MONOCENTRICA	10
3.4	PROGRESSIVAZIONE.....	11
4.	GEOMETRIA ALTIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO.....	12

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 definitiva del tracciato plano-altimetrico di tutti gli assi ferroviari presenti nel progetto.

Nello sviluppo del tracciato dei singoli assi di progetto viene ripreso quanto operato nel Progetto Definitivo, operando tutte le modifiche prescritte (elaborati grafici, relazioni tecniche, prescrizioni CIPE, prescrizioni RFI, istruttorie ITALFERR e verbalizzazioni varie).

Il riferimento principale per l'elaborazione dei dati di tracciamento è la seguente istruzione tecnica di RFI:

“Norme Tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari” – RFI TCAR IT AR 01 001.

2. ELABORATI DI TRACCIAMENTO

2.1. Applicazione

Per “elaborati di tracciamento” si identificano i seguenti documenti:

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

Il soggetto fondamentale a cui si riferiscono i dati numerici e grafici degli elaborati guida è *l'asse*, inteso come entità piano – altimetrica di progetto rappresentata dalla linea ideale di mezzzeria di un binario. Nel caso di doppio binario con interassi $i = 4.50 \text{ mt}$ e $i = 4.00 \text{ mt}$, viene geometrizzato unicamente il binario di riferimento, ossia il binario pari.

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di più assi, evidenziati nella sottostante tabella.

ASSI DI PROGETTO	N. ASSI
LINEA A.C. - binario pari e tratti di binario dispari ad interasse variabile	4
INTERCONNESSIONE DI VERONA MERCI - binario pari e dispari	2
BIVIO PER LA FUNZIONALITA' -Verona Ovest – binario pari e dispari	2
SPOSTAMENTO BINARIO PARI LINEA SORICA per Bivio Rezzato	1
SPOSTAMENTO PROVVISORIO LINEA STORICA in zona Sommacampagna – Bypass Verona – bin. pari e dispari	2
TOTALE	11

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.
- Nei casi in cui il doppio binario ha l'interasse variabile o diverso da $i = 4.50 \text{ mt}$ o $i = 4.00 \text{ mt}$ viene geometrizzato anche il tratto corrispondente di binario dispari.

In dettaglio la successiva tabella mostra tutti gli assi e relative lunghezze.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
10Codifica Documento
E E2 RO IF 000 0 001Rev.
AFoglio
5 di 13

ASSE	Da Km	A Km	L (m)
Linea AC BS-VR - binario pari	105+384,000	150+780,229	45.396,229
Linea AC BS-VR - binario dispari	0+000 ≡	0+200,251 ≡	220,251
Tratto di passaggio da interasse 4 m a 4,5 m	110+383,195 (P)	110+583,541 (P)	
Linea AC BS-VR - binario dispari	0+000 ≡	8+546,401 ≡	8.546,401
Zona Galleria Lonato	114+150,000 (P)	122+700,000 (P)	
Linea AC BS-VR - binario dispari	0+000 ≡	0+909,360 ≡	909,360
Inserimento nel Nodo di Verona	149+870.559 (P)	150+780.229 (P)	
Interconnessione Verona Mercè – binario pari	0+000	2+212,832	2.212,832
Interconnessione Verona Mercè – binario dispari	0+000	2+208,756	2.208,756
Bivio Verona Ovest – binario pari	0+000	0+348,768	348,768
Bivio Verona Ovest – binario dispari	0+000	0+364,279	364,279
Bypass provvisorio linea RFI MI-VE – bin. pari	0+000 ≡ 139+570,14 (RFI)	2+205,261 ≡ 141+771,69 (RFI)	2.205,261
Bypass provvisorio linea RFI MI-VE – bin. dispari	0+000 ≡ 139+570,14 (RFI)	2+205,563 ≡ 141+771,69 (RFI)	2.205,263
Spostamento binario pari storica MI-VE per Bivio Rezzato	0+000 ≡ 93+776,96 (RFI)	1+200 ≡ 94+976,96 (RFI)	1.200,000

Infine, la tabella sottostante indica le velocità di tracciato sui tronchi dei vari assi di progetto.

TRONCHI	DA Pk	A Pk	V _T
Linea AC - 1	Km 105+384,000	Km 110+583,541	200 Km/h
Linea AC - 2	Km 110+583,541	Km 111+307,604	250 Km/h
Linea AC - 3	Km 111+307,604	Km 145+569,113	300 Km/h
Linea AC - 4	Km 145+569,113	Km 149+129,382	250 Km/h
Linea AC - 5	Km 149+129.382	Km 150+780,229	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+776,96 (Pk RFI)	Km 94+976,96 (Pk RFI)	150 Km/h
Bivio Verona Ovest	Km 140+412,27 (Pk AC)	Km 141+671,13 (Pk RFI)	60 Km/h
Bypass provvisorio linea storica	Km 139+570,14 (Pk RFI)	Km 141+771,69 (Pk RFI)	150 Km/h

2.2. Tipologia e contenuti

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 al vertice ed angoli azimutali;
- 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.

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

- vertici della poligonale di tracciamento, numerati progressivamente;
- tangenti primitive;
- curve circolari;
- raccordi parabolici;
- indicazioni sui vertici altimetrici e loro posizionamento;
- tabelle delle curve definitive per ogni vertice planimetrico, contenenti i seguenti dati:
 - coordinate del vertice
 - angolo di direzione
 - angolo al centro del raggio primitivo
 - raggio di progetto
 - tangente primitiva
 - sviluppo curva circolare
 - velocità di tracciato
 - sopraelevazione
 - lunghezza del raccordo parabolico
 - scostamento del raggio della curva primitiva
 - progressive di inizio e di fine dei raccordi parabolici.

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

- posizione e dati geometrici dei vertici altimetrici;
- valore delle pendenze della livelletta;
- quote del piano del ferro;
- distanze parziali, progressive e chilometriche;
- rappresentazione in apposita fincatura dell'andamento planimetrico con evidenziato il raggio, lo sviluppo e la sopraelevazione delle curve, nonché la lunghezza dei raccordi parabolici.



2.3. Utilità e modalità di impiego

Gli elaborati di tracciamento così definiti sono prioritari rispetto a qualsivoglia elaborato di progetto definitivo; essi, infatti, definiscono univocamente l'andamento plano-altimetrico del tracciato di tutti gli assi di progetto e rappresentano la base su cui verrà sviluppata tutta l'ingegneria della linea e delle opere.

La loro utilità è, pertanto, quella di definire il tracciamento plano – altimetrico di tutte le opere civili, idrauliche, stradali e tecnologiche associate ai vari assi di progetto, il che significa fissare i dati fondamentali per il loro dimensionamento

Ciò riveste un' importanza estrema, in quanto dai dati espressi negli elaborati di tracciamento si ricavano tutte le coordinate e le quote altimetriche delle opere da realizzare associate agli assi.

Ad esempio dai suddetti dati di tracciamento:

- per un viadotto si ricavano le coordinate di ogni pila e la loro altezza, il posizionamento dell'impalcato, le distanze dall'asse planimetrico di tutte le opere di finitura (cordoli, muretti parballast, pali T.E., canalette di ogni tipo);
- per un rilevato si ricavano i dati significativi per ogni sezione trasversale (quote dei fondi-scavo, andamento e quote dei cigli inferiori e superiori del manufatto, linea di monta, posizionamento delle opere di piattaforma, ecc.);
- per un'opera scatolare (tombino, sottovia) si ricava la dimensione della canna ed il ricoprimento, dato quest' ultimo importante anche per determinarne il tipo di materiale occorrente per realizzarlo (terra da rilevato, misto cementato, cls magro o misto bitumato);
- per un' opera esistente attraversata (cavalcavia o simili) si ricavano per verifica i franchi laterali e verticali secondo le prescrizioni delle normative vigenti;
- per la sovrastruttura ferroviaria (armamento e massicciata) i dati di tracciamento si riferiscono al piano del ferro, per cui, partendo da un determinato spessore di pacchetto strutturale, si ricavano le quote del piano di regolamento di tutte le opere presenti;
- per gli impianti tecnologici si ricava il posizionamento di tutti i pali T.E., l'andamento della catenaria, i franchi elettrici, l'andamento della canaletta passacavi, ecc.

3. GEOMETRIA PLANIMETRICA DEGLI ASSI DI PROGETTO

3.1 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 seguenti normative RFI:

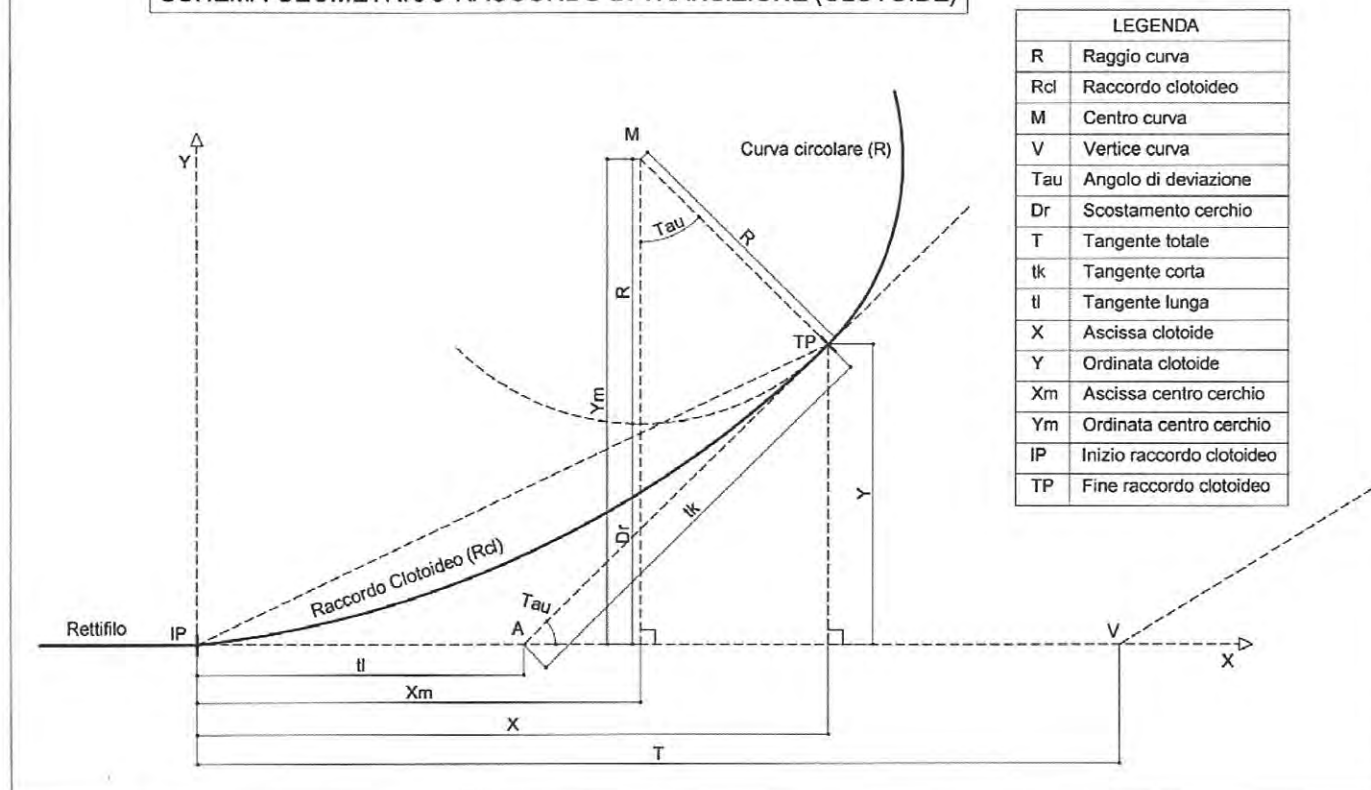
- RFI TCAR IT AR 01 001 A Norme tecniche per la progettazione dei tracciati ferroviari
- RFI TCAR ST AR 01 003 A Standard dei materiali d'armamento per lavori di rinnovamento e costruzione a nuovo.

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

3.2 Parametri caratteristici e formule utilizzate per la clotoide

SCHEMA GEOMETRICO RACCORDO DI TRANSIZIONE (CLOTOIDE)



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:

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

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

Il valore di ΔR (D_r) è dato da:

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

Le lunghezze T_l e T_k sono date da:

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

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

3.3 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.

3.4 Progressivazione

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.

Ciò ha richiesto di associare la Pk 105+384 al binario pari nel punto di confine col Nodo di Brescia, a partire dal quale in futuro si svilupperà il quadruplicamento della linea esistente fino alla stazione di Brescia.

Per i tratti in cui l'interasse $I \neq 4,5$ o $4,0$ m, il binario dispari viene tracciato partendo sempre dalla Pk iniziale 0+000 con esplicitata l'equivalenza con quella del binario pari.

La progressivazione dei rami dell' Interconnessione di Verona Merci, 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.

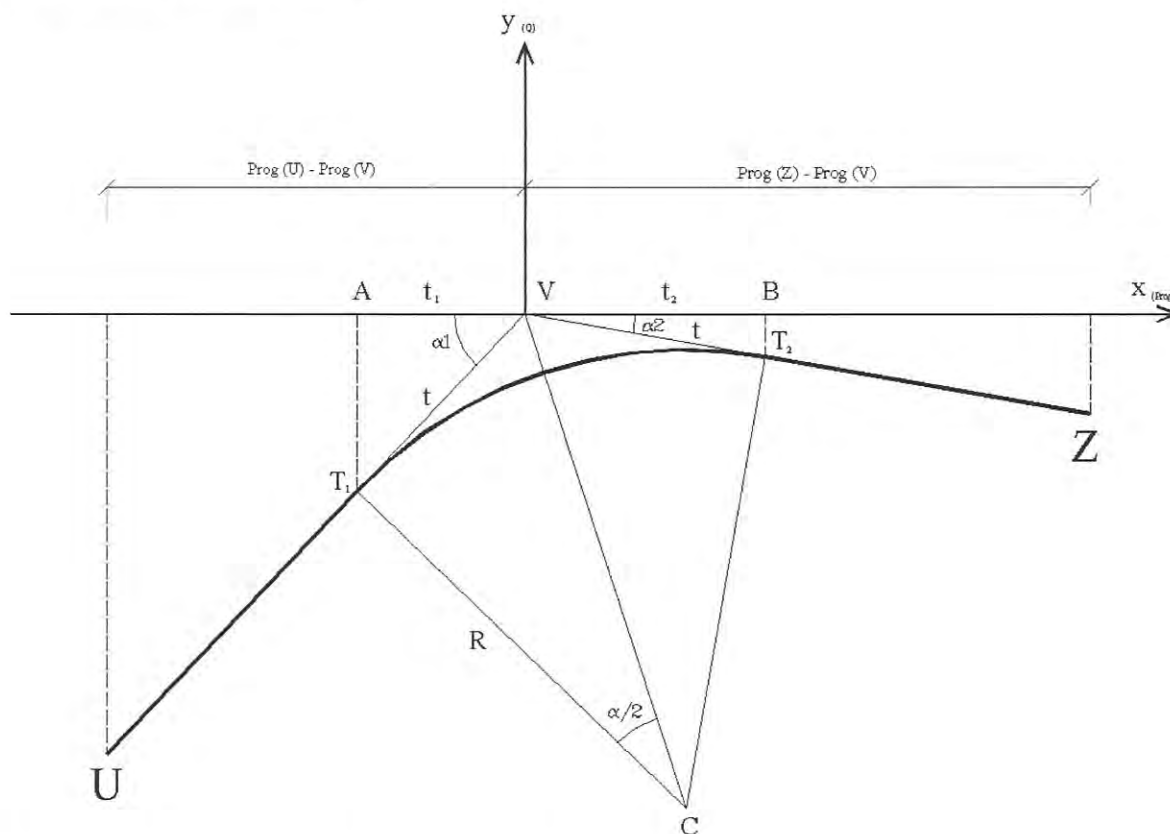
La progressivazione dello spostamento del binario pari in zona Rezzato, per consentire l'innesto del bivio, parte dalla Pk 0+000 con equivalenza alla progressiva della linea esistente Milano-Venezia.

4. 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

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

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

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

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

Pertanto le progressive dei punti di tangenza del raccordo almetrico relative al vertice V sono calcolate nel modo seguente:

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

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