

## Relazione di Strade e BIM per Infrastrutture

FRANCESCA PIA GAGLIARDI - N41002910  
GIOVANNA PIA DI RUOCCO - N41002658  
FRANCESCO ZAMPELLA - N38001913  
DOMENICO IERVOLINO - N38001993  
LAURA AMENDOLA - N41002791  
IVANO D'APICE - N41002772

### **Docenti:**

Ing. GIANLUCA DELL'ACQUA  
**Università degli Studi di Napoli Federico II**  
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale

Ing. SALVATORE ANTONIO BIANCARDO  
**Università degli Studi di Napoli Federico II**  
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale

## **Sommario**

In questo documento affronteremo la progettazione di una strada di tipo F1 Extraurbana con le necessarie verifiche e calcoli. Partiremo dal tracciato stradale per poi posizionare al meglio i vari tratti del percorso facendo attenzione alle curve di livello. Passeremo poi a studiare un piano altimetrico e la conseguente sopraelevazione che ci darà poi i dati da dare al software (Openroads) per generare il profilo dei cigli. In fine seguiranno le varie verifiche da normativa cogente.

# Indice

<b>1</b>	<b>Modello digitale del terreno</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Tracciato Stradale</b>	<b>3</b>
2.1	Profilo planimetrico . . . . .	3
2.2	Profilo Altimetrico . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Profilo dei cigli</b>	<b>7</b>
<b>A</b>	<b>Report Planimetrico</b>	<b>10</b>
<b>B</b>	<b>Report Altimetrico</b>	<b>13</b>

# Capitolo 1

## Modello digitale del terreno

Prima di iniziare con la progettazione, bisogna creare un file DGN in cui il seed identifichi un foglio di lavoro 3D e dove il workflow utilizzato sia Openroads modeling. Dopo questa operazione è possibile creare un modello digitale del terreno, ovvero la ricostruzione di una parte di superficie terrestre a partire da un dato di origine. Il modello digitale di terreno utilizzato è chiamato Digital Terrain Model (DTM) e comprende la superficie topografica (senza oggetti presenti sul terreno). Per inserire la cartografia come riferimento esterno bisogna inserire il comando Attach tools, e cliccando sulla vista fit view sarà possibile visualizzare il terreno nella sua completezza. Al fine di creare un DTM è necessario partire con la realizzazione di un filtro grafico, che è possibile creare nella sezione Terrain con il comando From Graphical Filter. Con lo stesso procedimento creiamo un filtro sia per le curve di livello che per i punti quotati. Successivamente bisogna creare un perimetro (1.1) contenente i filtri creati e che permetta di attivare e visualizzare a video la vista triangolare del terreno (1.2) con il comando Max triangle lenght (all'aumentare dei triangoli aumenta la precisione). Grazie alla possibilità di ruotare il nostro DTM possiamo osservare il nostro modello 3D in varie angolazioni.

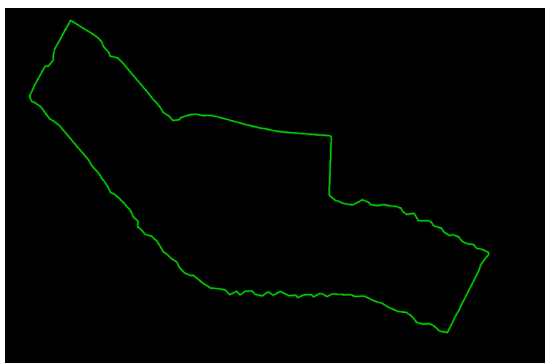


Figura 1.1: Perimetro

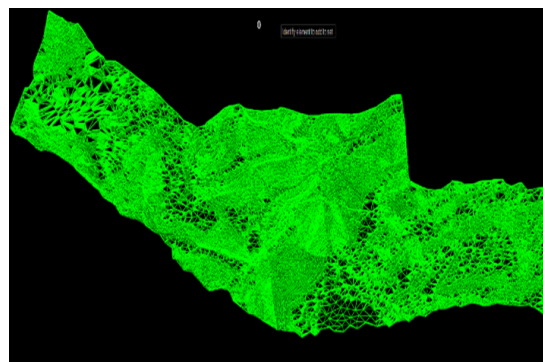


Figura 1.2: Vista triangolare

## Capitolo 2

# Tracciato Stradale

Il progetto seguente consiste nello sviluppare un tronco stradale nell'ottica di una progettazione I-BIM (Infrastructure-building information modelling), ovvero un sistema di gestione e manutenzione dei processi informativi delle costruzioni infrastrutturali, in questo caso, di tipo digitale. L'obiettivo è quello di collegare con un corpo stradale i punti assegnati (2.1) al gruppo 5 sulla cartografia 3D di riferimento.



Figura 2.1: Traccia progetto

Nella progettazione, tanto più è lunga la distanza tra il punto di partenza ed il punto di arrivo, tante più possibilità diverse di tracciati esistono. Per poter ottenere il tracciato definitivo si devono fare scelte opportune per limitare le spese sia in termini di difficoltà di lavorazione che in ambito economico. Inoltre, si deve tener conto anche dell'impatto ambientale dell'infrastruttura.

### 2.1 Profilo planimetrico

Dopo la modellazione del terreno, per la costruzione del tracciato stradale (2.1) che unisce i punti 5-5, si fa riferimento ad un Seed-2D, chiamato tracciato. Il tracciato è una raffigurazione bidimensionale dell'infrastruttura da utilizzare, ed è caratterizzato da un profilo planimetrico e da un profilo altimetrico. Per ottenere un tracciato conveniente economicamente e che non abbia un impatto ambientale troppo

elevato si cerca di ottimizzare al massimo il rapporto tra terreno di scavo e terreno di riporto, facendo ciò, si cerca ridurre al massimo il volume di terreno da dover comprare o smaltire. La tecnica da utilizzare sarà quella di cercare di creare il tracciato senza tagliare troppe curve di livello, e se non se ne può fare a meno, si cercherà di ottenere un equilibrio tra discese e salite.

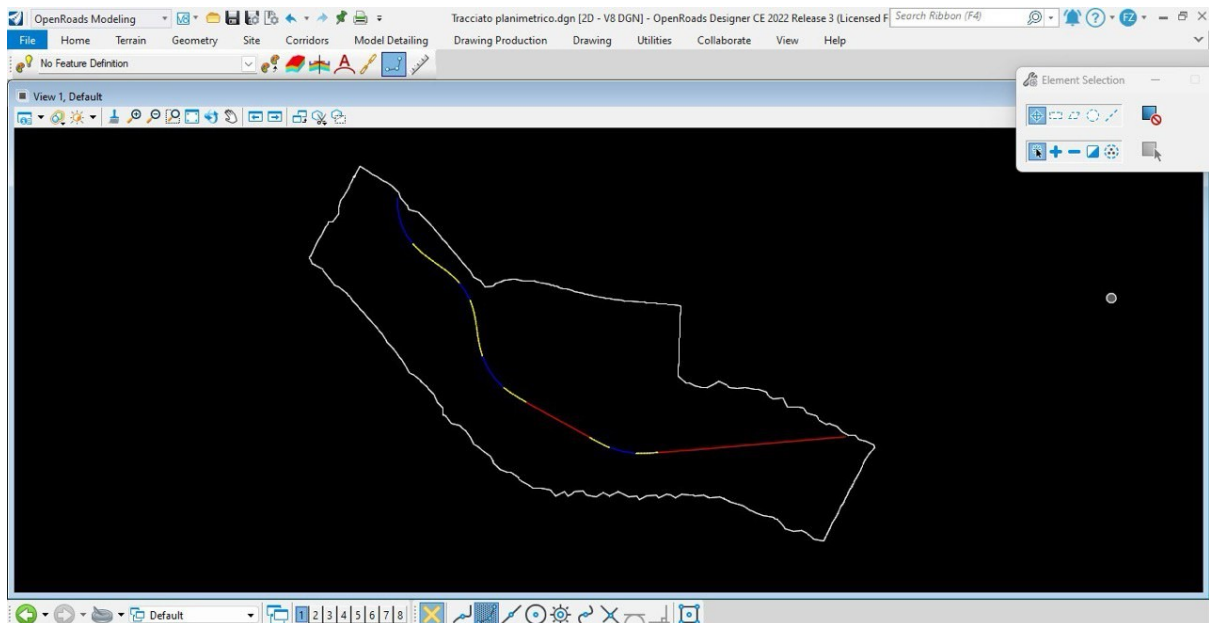


Figura 2.2: tracciato stradale completo

Il profilo planimetrico è composto da una serie di rettifili, curve circolari e clotoidi, rappresentate nel programma rispettivamente in rosso, blu e giallo. Le clotoidi possono essere di “transizione” se collegano un rettifilo e una curva circolare (cerchio arancione), di “flesso” se collegano due curve circolari di verso opposto (cerchio verde) e di “continuità” se collegano due curve con lo stesso verso di percorrenza. La tipologia di strada che andremo a creare sarà una strada di tipo F (extraurbana),

Tutti gli elementi del tracciato devono rispettare dei valori normati da:

- “Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” (2001)
- “Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali” (2006)
- “Direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture” (2008)

Che tengono conto del tipo di strada e del suo rispettivo intervallo di velocità di progetto.

F	Strade locali extraurbane	40	100
	Strade locali urbane	25	60

La lunghezza dei rettifili deve essere tale che non si verifichino le seguenti condizioni:

- abbagliamento notturno da parte dei veicoli che procedono nella corsia opposta
- monotonia di guida dovuta ad un'eccessiva lunghezza del rettifilo
- impatto negativo sul paesaggio naturale
- superamento delle velocità consentite

I rettifili avranno una lunghezza massima che si calcola moltiplicando la velocità massima di percorrenza per 22 ( $L_{max} = 22 * VP_{max} = 2200m$ ), poi avranno una lunghezza minima tabellata.

Velocità di progetto (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$L_r$ minimo (m)	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Le curve circolari devono essere dimensionate in modo da garantire:

- sicurezza della circolazione, che dipende dalla stabilità e dalla visibilità
- comfort di marcia

Le clotoidi invece devono necessariamente avere un fattore di scala  $A$  che rispetti i tre criteri delle norme C.N.R., ovvero il criterio dinamico che limita il contraccolpo, il criterio costruttivo che limita la pendenza relativa del ciglio esterno della carreggiata rispetto all'asse stradale e il criterio ottico che garantisce la corretta percezione ottica del tracciato. Il valore più limitante è il valore dinamico, per questo motivo in fase di progetto ci si limita a verificare che sia rispettato solo il primo criterio in tutti gli elementi del tracciato.

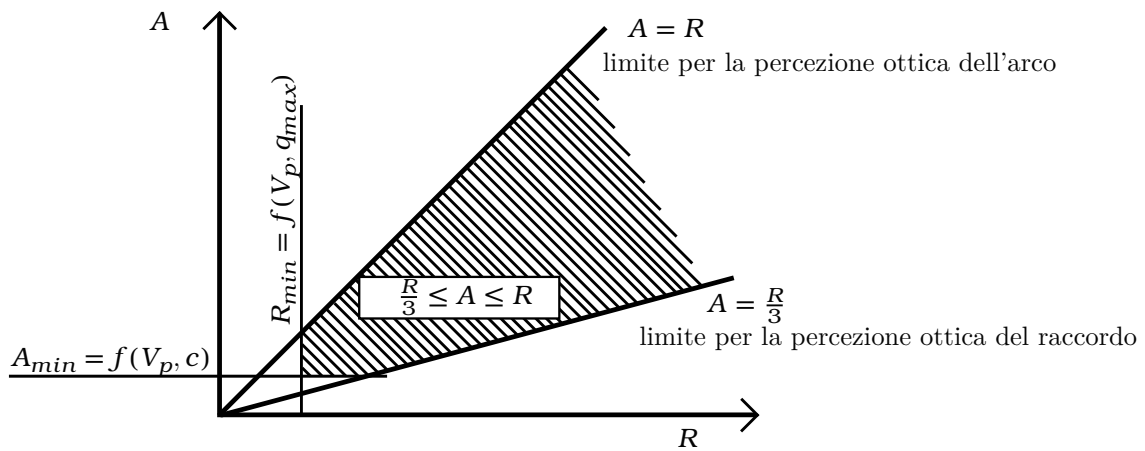


Figura 2.3

$$1 \quad A \geq A_{1,min} = 0,021 \cdot V^2$$

$$3 \quad A \geq A_{3,min} = \frac{R}{3}$$

$$2 \quad A \geq A_{2,min} = \sqrt{\frac{B_i(q_f+q_i)100}{(\frac{1}{r_f})\Delta_{i,max}}}$$

$$4 \quad A \leq A_{4,max} = R$$

Nella pratica, per poter creare i vari elementi si utilizzerà la sezione Geometry/Horizontal utilizzando per disegnare rettifili, curve e clotoidi rispettivamente i tasti lines/line from element/spiral line from element e arcs/arcs from element/spiral o reverse spiral arc from element.

## 2.2 Profilo Altimetrico

Il primo passo per creare il profilo longitudinale (2.4) è quello di creare una copia del file della planimetria. Fatto ciò, bisogna indicare al programma il tipo di file DTM da cui deve prendere i dati relativi alle altezze dei punti del nostro tracciato planimetrico, per fare questo bisogna rendere attivo il DTM del terreno. Per sviluppare il profilo si userà il tasto open profile model nella sezione Geometry/Vertical, cliccando con il tasto sinistro sul tracciato, che precedentemente deve essere reso un unico elemento complesso, e poi su di una nuova vista si otterrà l'andamento altimetrico del terreno. Su di esso bisognerà costruirsi le varie livellette, parabole concave e convesse.

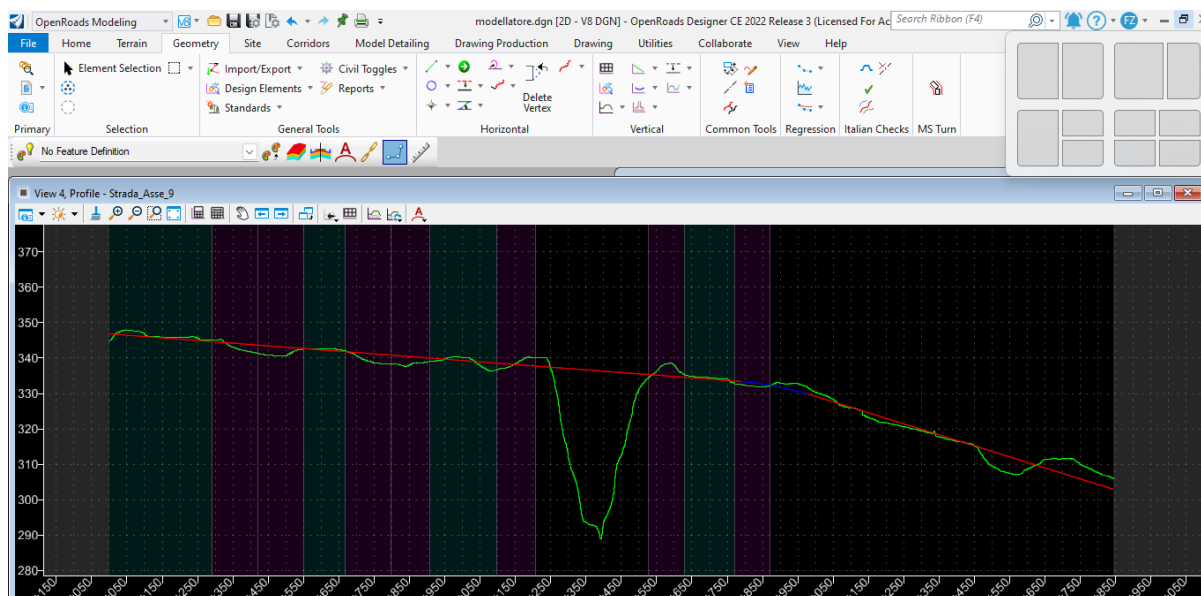


Figura 2.4: Profilo altimetrico

Per disegnare il tracciato altimetrico si usa il comando (nella sezione Geometry/Vertical) Complex Geometry/ Complex Geometry By PI. Per una corretta progettazione le livellette (in rosso) vanno raccordate con raccordi parabolici concavi o convessi (in blu), in funzione del raggio o della lunghezza, purché non superino la pendenza massima del 10%. La norma infatti stabilisce valori massimi di pendenza per evitare:

- in salita, rallentamenti inaccettabili (soprattutto per i mezzi pesanti), con consumi elevati e sforzi eccessivi per i motori
- in discesa, l'aumento del rischio di incidenti

Inoltre bisogna far in modo che i vertici delle parabole siano in coincidenza della parte centrale degli elementi a raggio costante, cercare di non far capitare parabole concave sotto alla quota terreno per evitare accumuli di acqua ed infine tentare di equilibrare il quantitativo di terreno da scavare e da riportare evitando di dover fare scavi o rinterri di altezze superiori a 5 metri. Finito il tracciato altimetrico si può passare alla fase di verifiche di progetto.



## Capitolo 3

# Profilo dei cigli

Un altro grafico elaborato dal programma mostra come variano i valori di sopraelevazione, ovvero delle pendenze trasversali. Per creare una sopraelevazione, si sfrutta un template già preimpostato per categoria di strada: esso deve rispettare la tipologia di strada F extraurbana (3.1), per cui dal decreto ministeriale del 5/11/2001 si leggono i valori di larghezza minima della corsia e della banchina.

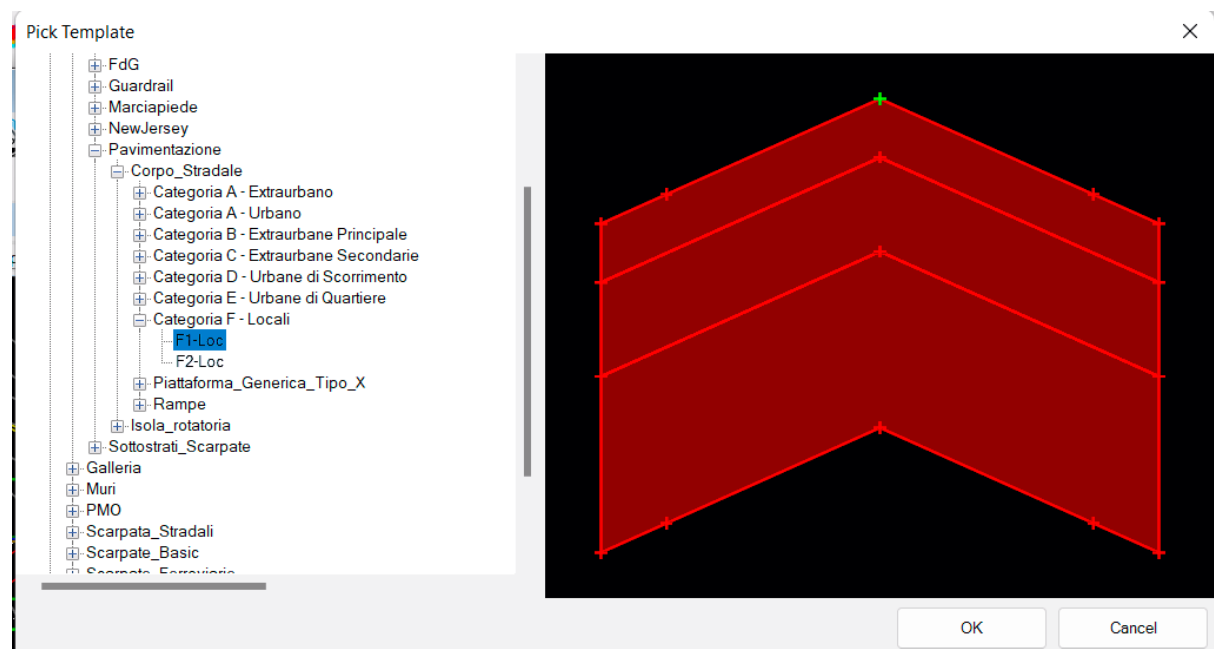


Figura 3.1: template f1-loc

Utilizzando il comando Create Superelevation Section nella sezione Corridors/Superelevation si creerà la sopraelevazione (3.2) che sarà visibile sul tracciato planimetrico.

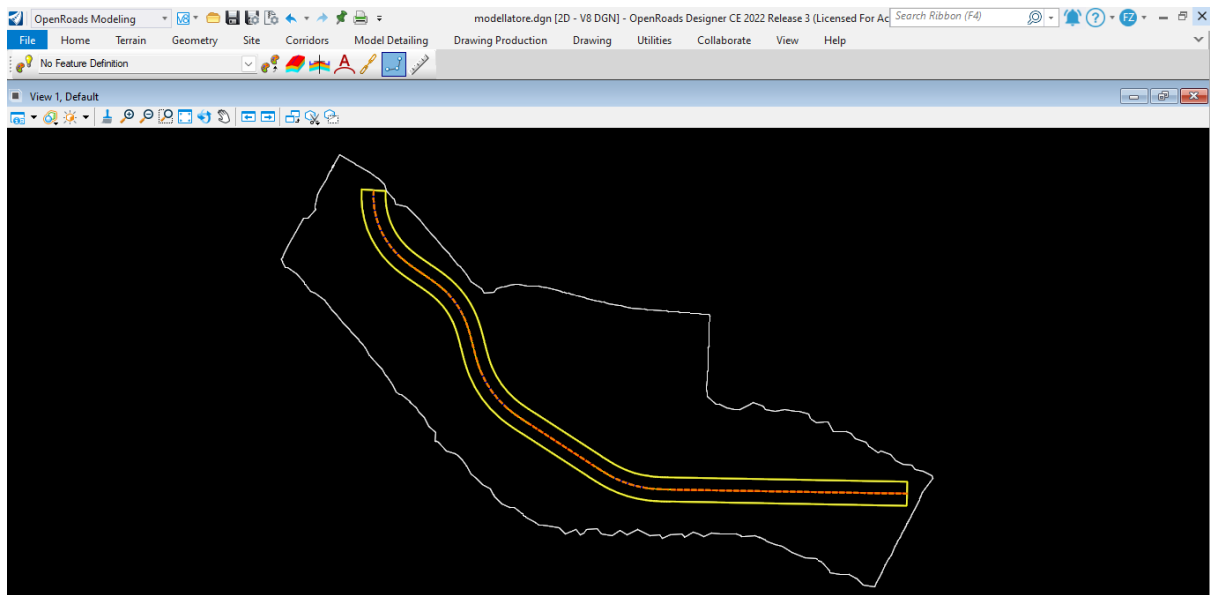


Figura 3.2: Sopraelevazione del tracciato vista in pianta

Utilizzando ora il comando Calculate Superelevation il programma produrrà il profilo dei cigli (3.3) del nostro tracciato.

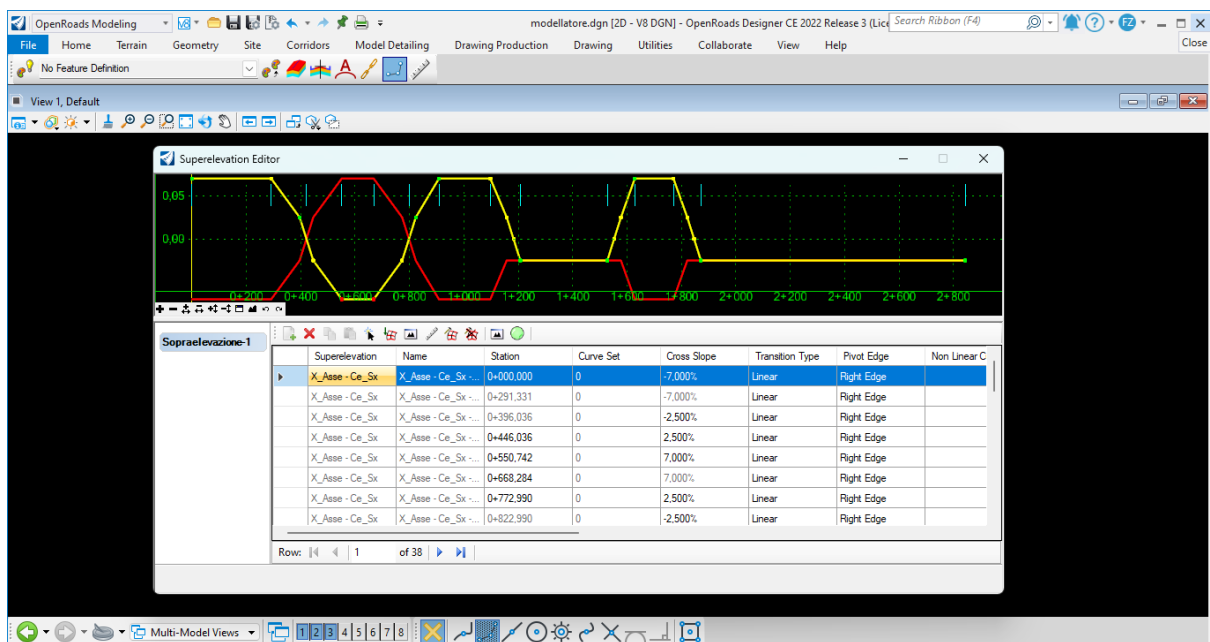


Figura 3.3: Profilo dei cigli

# Appendix

**Appendice A**

**Report Planimetrico**

# Simple Horizontal Integrity Report

Report Created: mercoledì 29 novembre 2023  
Time: 10:54:40

**Project:** Default

**Description:**

**File Name:** C:\Users\io\Desktop\BIM\Gruppo 5 BIM\dgn\modellatore.dgn

**Last Revised:** 11/29/2023 10:18:09

**Note:** All units in this report are in meters unless specified otherwise.

Element	Point Type	Station	Length	Radius
Circular	PC	0	291,331	-340,000
Linear	PT	291,331000	8,669	
Linear	HPI	299,999781	24,996	
Linear	HPI	324,995834	24,998	
Linear	HPI	349,993494	24,999	
Linear	HPI	374,992344	21,036	
Linear	HPI	396,028587	3,964	
Linear	HPI	399,992090	21,036	
Linear	HPI	421,028563	3,964	
Linear	HPI	424,992066	21,036	
Linear	HPI	446,028520	3,964	
Linear	HPI	449,992022	24,999	
Linear	HPI	474,991443	24,999	
Linear	HPI	499,989961	24,997	
Linear	HPI	524,987157	24,995	
Linear	HPI	549,982613	0,742	
Circular	PC	550,724992	117,542	+340,000
Linear	PT	668,266810	6,716	
Linear	HPI	674,982510	24,996	
Linear	HPI	699,978420	24,998	
Linear	HPI	724,975969	24,999	
Linear	HPI	749,974741	22,990	
Linear	HPI	772,964472	2,010	
Linear	HPI	774,974392	22,990	
Linear	HPI	797,964435	2,010	
Linear	HPI	799,974355	22,990	
Linear	HPI	822,964385	2,010	
Linear	HPI	824,974305	24,999	
Linear	HPI	849,973779	24,999	
Linear	HPI	874,972383	24,997	
Linear	HPI	899,969697	8,240	
Circular	PC	908,209562	188,953	-400,000
Linear	PT	1097,162684	2,807	
Linear	HPI	1099,969557	24,997	
Linear	HPI	1124,966536	24,998	
Linear	HPI	1149,964895	7,443	
Linear	HPI	1157,407991	17,557	
Linear	HPI	1174,964671	7,443	
Linear	HPI	1182,407786	17,557	
Linear	HPI	1199,964633	7,443	
Linear	HPI	1207,407754	27,969	
Linear	HPI	1235,376375	3,011	
Linear	HPI	1238,387259	2,461	
Linear	HPI	1240,847904	22,539	
Linear	HPI	1263,386934	2,461	
Linear	HPI	1265,847578	22,538	

Linear	HPI	1288,386010	24,998	
Linear	HPI	1313,383586	3,376	
Circular	PC	1316,759555	142,213	-437,000
Linear	PT	1458,972577	4,411	
Linear	HPI	1463,383560	13,755	
Linear	HPI	1477,138870	11,244	
Linear	HPI	1488,382930	21,503	
Linear	HPI	1509,886010	3,496	
Linear	HPI	1513,382140	21,504	
Linear	HPI	1534,885734	3,496	
Linear	HPI	1538,381866	21,504	
Linear	HPI	1559,886171	949,784	

**Appendice B**

**Report Altimetrico**

# Vertical Alignment Review with XY Coordinates Report

Report Created: mercoledì 29 novembre 2023  
Time: 11:39:05

**Progetto:** Default  
**Name File:** C:\Users\io\Desktop\BIM\Gruppo 5 BIM\dgn\modellatore.dgn  
**Ultima Revisione:** 11/29/2023 11:21:13

---

**Tracciato Planimetrico:** X\_Asse

Tracciato Altimetrico:		ProfileByTemplate	
		Progressiva	Quota
Livelletta			
	START	0	346,961
	VPI	299,999781	344,689
	Tangent Grade:	-0,008	
	Tangent Length:	300,000	
Livelletta			
	VPI	299,999781	344,689
	VPI	374,992344	344,121
	Tangent Grade:	-0,008	
	Tangent Length:	74,993	
Livelletta			
	VPI	374,992344	344,121
	VPI	499,989961	343,175
	Tangent Grade:	-0,008	
	Tangent Length:	124,998	
Livelletta			
	VPI	499,989961	343,175
	VPI	550,724992	342,791
	Tangent Grade:	-0,008	
	Tangent Length:	50,735	
Livelletta			
	VPI	550,724992	342,791
	VPI	674,982510	341,850
	Tangent Grade:	-0,008	



**Tracciato Planimetrico: X\_Asse**

Tangent Length: 124,258

Livellotta

VPI 674,982510 341,850

VPI 749,974741 341,282

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 74,992

Livellotta

VPI 749,974741 341,282

VPI 874,972383 340,335

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 124,998

Livellotta

VPI 874,972383 340,335

VPI 1099,969557 338,631

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 224,997

Livellotta

VPI 1099,969557 338,631

VPI 1207,407754 337,818

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 107,438

Livellotta

VPI 1207,407754 337,818

VPI 1235,376375 337,606

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 27,969

Livellotta

VPI 1235,376375 335,246

VPI 1477,138870 333,415

Tangent Grade: -0,008

Tangent Length: 241,762

Livellotta

VPI 1477,138870 333,415

**Tracciato Planimetrico: X\_Asse**

VPI	1488,382930	333,322
Tangent Grade:	-0,008	
Tangent Length:	11,244	

## Livelletta

VPI	1488,382930	333,322
VPI	1509,886010	333,100
Tangent Grade:	-0,010	
Tangent Length:	21,503	

## Livelletta

VPI	1509,886010	333,100
VPI	1513,382140	333,059
Tangent Grade:	-0,012	
Tangent Length:	3,496	

## Livelletta

VPI	1513,382140	333,059
VPI	1534,885734	332,770
Tangent Grade:	-0,013	
Tangent Length:	21,504	

## Livelletta

VPI	1534,885734	332,770
VPI	1538,381866	332,717
Tangent Grade:	-0,015	
Tangent Length:	3,496	

## Livelletta

VPI	1538,381866	332,717
VPI	1559,886171	332,361
Tangent Grade:	-0,017	
Tangent Length:	21,504	

## Livelletta

VPI	1559,886171	332,361
VPI	1563,381839	332,298
Tangent Grade:	-0,018	
Tangent Length:	3,496	

### Tracciato Planimetrico: X\_Asse

Livelletta

VPI	1563,381839	332,298
VPI	1588,381839	331,800
Tangent Grade:	-0,020	
Tangent Length:	25,000	

Livelletta

VPI	1588,381839	331,800
VPI	1613,381839	331,224
Tangent Grade:	-0,023	
Tangent Length:	25,000	

Livelletta

VPI	1613,381839	331,224
VPI	1638,381839	330,569
Tangent Grade:	-0,026	
Tangent Length:	25,000	

Livelletta

VPI	1638,381839	330,569
VPI	1663,381839	329,837
Tangent Grade:	-0,029	
Tangent Length:	25,000	

Livelletta

VPI	1663,381839	329,837
VPI	1665,504265	329,771
Tangent Grade:	-0,031	
Tangent Length:	2,122	

Livelletta

VPI	1665,504265	329,771
END	2509,670346	303,502 4678823,623
Tangent Grade:	-0,031	
Tangent Length:	844,166	