



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Corso di Laurea in: **SCIENZE E TECNOLOGIE DEI  
SISTEMI FORESTALI**  
Curriculum: **PRODUZIONI LEGNOSE**

# **Pianificazione ed organizzazione tecnologica**

*Progetto*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DAGRI**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE AGRARIE,  
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

**Enrico Marchi**

**[enrico.marchi@unifi.it](mailto:enrico.marchi@unifi.it)**

**055 275 5614**



## Progettazione viabilità

Il progetto serve essenzialmente per:

- valutare i costi di costruzione (monetari e ambientali) per la realizzazione;
- ottenere le autorizzazioni ed i permessi necessari;
- dare istruzioni su dove e come costruire l'opera.

Preliminarmente va tenuto conto di quanto prescritto dalle norme per la redazione di questi progetti.





## Progettazione viabilità

### Iter autorizzativo - Toscana

<b>Manutenzione ordinaria di strade o piste esistenti</b>	
Atto necessario	Comunicazione
Tecnico abilitato	No
Procedura e adempimenti	Specifiche inerenti le caratteristiche dell'intervento che si intende realizzare, sua ubicazione e sviluppo planimetrico
Tempo rilascio autorizzazione	30 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi





## Progettazione viabilità

### Iter autorizzativo - Toscana

<b>Manutenzione straordinaria di strade esistenti</b>	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica dettagliata in cui vengono descritte con precisione quali sono le caratteristiche e le motivazioni dell'intervento; b) carta plano-altimetrica in scala non inferiore a 1:10.000 del tracciato, con indicazione dei tratti, preventivamente picchettati a terra, in cui si prevedono variazioni; c) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; d) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100
Tempo rilascio autorizzazione	90 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi





## Progettazione viabilità

### Iter autorizzativo - Toscana

Manutenzione straordinaria di piste esistenti	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica dettagliata in cui vengono descritte con precisione quali sono le caratteristiche e le motivazioni dell'intervento; b) carta plano-altimetrica in scala non inferiore a 1:10.000 del tracciato, con indicazione dei tratti, preventivamente picchettati a terra, in cui si prevedono variazioni; c) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; d) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100.
Tempo rilascio autorizzazione	90 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi





## Progettazione viabilità Iter autorizzativo - Toscana

Costruzione di nuova strada forestale	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica in cui si descrivono dettagliatamente le caratteristiche dell'opera, le modalità esecutive, le motivazioni che ne giustificano la costruzione; b) relazione geologica; c) carta plano-altimetrica a scala non inferiore a 1:10.000, con indicazione della viabilità presente e del tracciato in progetto, preventivamente picchettato a terra; d) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; e) profilo longitudinale in scala 1:2.000 o 1:1.000; f) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100; g) computo metrico dei volumi di sterro e riporto; h) particolari delle opere d'arte per lo sgrondo delle acque e per l'attraversamento di fossi e torrenti in scala 1:100; i) planimetrie e sezioni degli eventuali tornanti
Tempo rilascio autorizzazione	120 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi





## Iter autorizzativo - Toscana

Costruzione di nuova pista forestale	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	<p>a) relazione tecnica in cui si descrivono dettagliatamente le caratteristiche dell'opera, le modalità esecutive, le motivazioni che ne giustificano la costruzione;</p> <p>b) relazione geologica;</p> <p>c) carta plano-altimetrica a scala non inferiore a 1:10.000, con indicazione della viabilità presente e del tracciato in progetto, preventivamente picchettato a terra;</p> <p>d) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato;</p> <p>e) profilo longitudinale in scala 1:2.000 o 1:1.000;</p> <p>f) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100;</p> <p>g) computo metrico dei volumi di sterro e riporto;</p> <p>h) particolari delle opere d'arte per lo sgrondo delle acque e per l'attraversamento di fossi e torrenti in scala 1:100;</p> <p>i) planimetrie e sezioni degli eventuali tornanti</p>
Tempo rilascio autorizzazione	120 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi







## Progettazione viabilità

**La progettazione** consiste nella fase preliminare nella verifica di dettaglio di quanto ipotizzato in fase di pianificazione:

- scegliere il tipo di strada o pista, dipendentemente dall'uso previsto;
- fare una valutazione dei diversi tracciati ipotizzati;
- procedere alla ricognizione in campo dei tracciati ipotizzati e scegliere quello ritenuto più idoneo (tracciamento sommario) preve eventuali modifiche.







## Progettazione viabilità

### *Il progetto preliminare o di massima.*

Studio preliminare al fine di valutarne la fattibilità (assenso di massima, anche soltanto in via ufficiosa, dalle autorità competenti e committente).

A questo scopo è necessario:

- tenere conto di quanto prescritto e previsto dagli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica e dal piano di assestamento o di gestione dei boschi;
- scegliere il tracciato e segnarlo sul terreno;
- riportarlo sommariamente su carta topografica (scala 1:5.000 o 1:10.000) e su mappa catastale;





## Progettazione viabilità

### *Il progetto preliminare o di massima.*

- disegnare la sezione tipo della strada, che ne evidenzia le caratteristiche;
- redigere una sommaria relazione tecnica
  - perché si intende aprire la strada o la pista,
  - chi intende realizzare l'opera,
  - dove è collocata,
  - caratteristiche del terreno e del soprassuolo attraversati,
  - principali caratteristiche dell'opera (tipo, larghezza, lunghezza, pendenze),
  - evidenzia problemi sia normativi (vincoli) che geologici o idrogeologici o di altra natura,
  - stima di massima del suo costo.





## Progettazione viabilità

### Il progetto preliminare o di massima.

- La scelta del tracciato. Studio delle alternative (carta topografica in scala 1:10.000 o 1:5.000)
- Raccolta legname/accessibilità - non collegamento di punti
- si ipotizzano diversi tracciati alternativi partendo da punti su strade esistenti, tracciando sulla carta topografica una spezzata con la pendenza opportuna.
- verifica sul terreno delle ipotesi formulate sulla carta
- Confrontando i diversi tracciati ipotizzati, si sceglie quello che appare più opportuno



## Progettazione viabilità

### *Il progetto esecutivo.*

Necessario per dare indicazioni chiare a chi costruisce la strada o pista, per l'approvazione formale e per l'eventuale appalto dell'opera.

Elaborato a diversi livelli di complessità.

Per le sole esigenze della costruzione dell'opera è normalmente sufficiente un progetto semplificato che permette notevoli risparmi nei tempi e nei costi di redazione.

Il progetto esecutivo completo, classico, può essere opportuno nel caso di costruzioni difficili, quando appaiono necessarie rilevanti opere d'arte, nel caso che la loro realizzazione venga appaltata e soprattutto per motivi burocratici e formali.

**Il progetto esecutivo semplice** comprende:

- la linea zero definitiva picchettata sul terreno (10-30m);
- il rilievo della linea zero dal terreno;
- tracciato della strada o pista riportato sommariamente su carta topografica in scala 1:10.000 o 1:5.000;
- la sezione tipo e delle opere d'arte tipo;
- la planimetria della strada o pista in scala 1:1.000 o 1:500; questa è necessaria soprattutto se sono previste opere d'arte (tombini, opere di sostegno delle scarpate, ecc.) per poter segnare la loro collocazione;
- il piano della sicurezza, del cantiere;
- la relazione tecnico-economica.

Per la costruzione di una semplice pista su terreno facile è sufficiente, salvo esigenze burocratiche, tracciare e picchettare accuratamente sul terreno la linea zero.

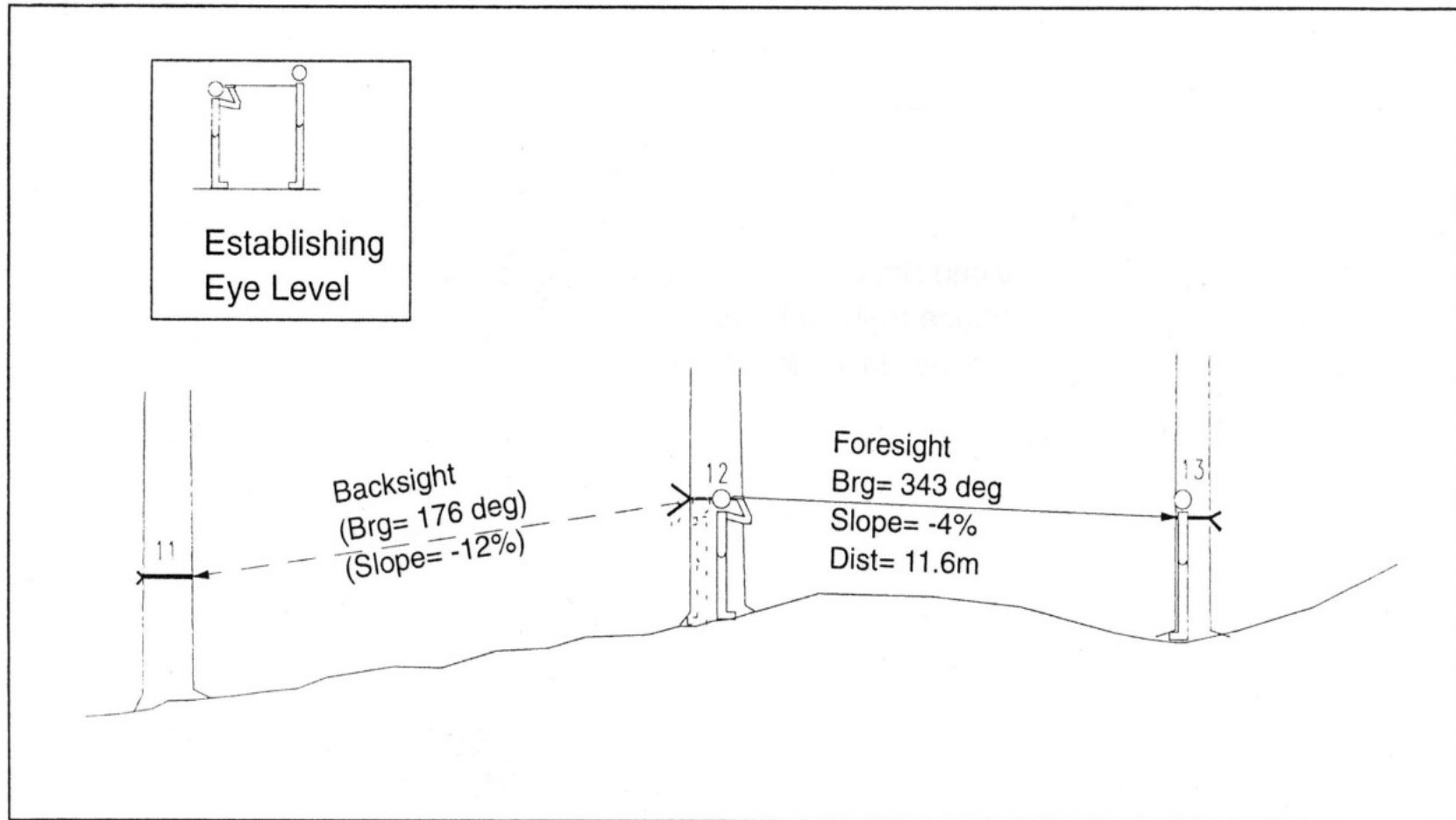


## Tracciamento e rilievo della linea zero

- Picchettamento e numerazione dei picchetti;
- rilievo dell'*azimut* di ogni battuta (da P zero a 1, da 1 a 2, ecc.);
- rilievo della lunghezza inclinata di ogni battuta;
- rilievo della pendenza di ogni battuta, con clisimetro, in %
- rilievo della pendenza del terreno ai lati del picchetto, perpendicolarmente al tracciato, su distanze di 6-10 m,
- rilievo della quota di punti notevoli toccati dal tracciato, con un barometro-altimetro, per poterli identificare successivamente sulla carta topografica. Punti notevoli sono: quello di partenza (picchetto n° 0) situato sul ciglio della strada esistente dalla quale si dirama quella in progetto e i punti nei quali la linea zero attraversa fossi, torrenti, dorsali, nonché sentieri e piste riportate sulla carta topografica.



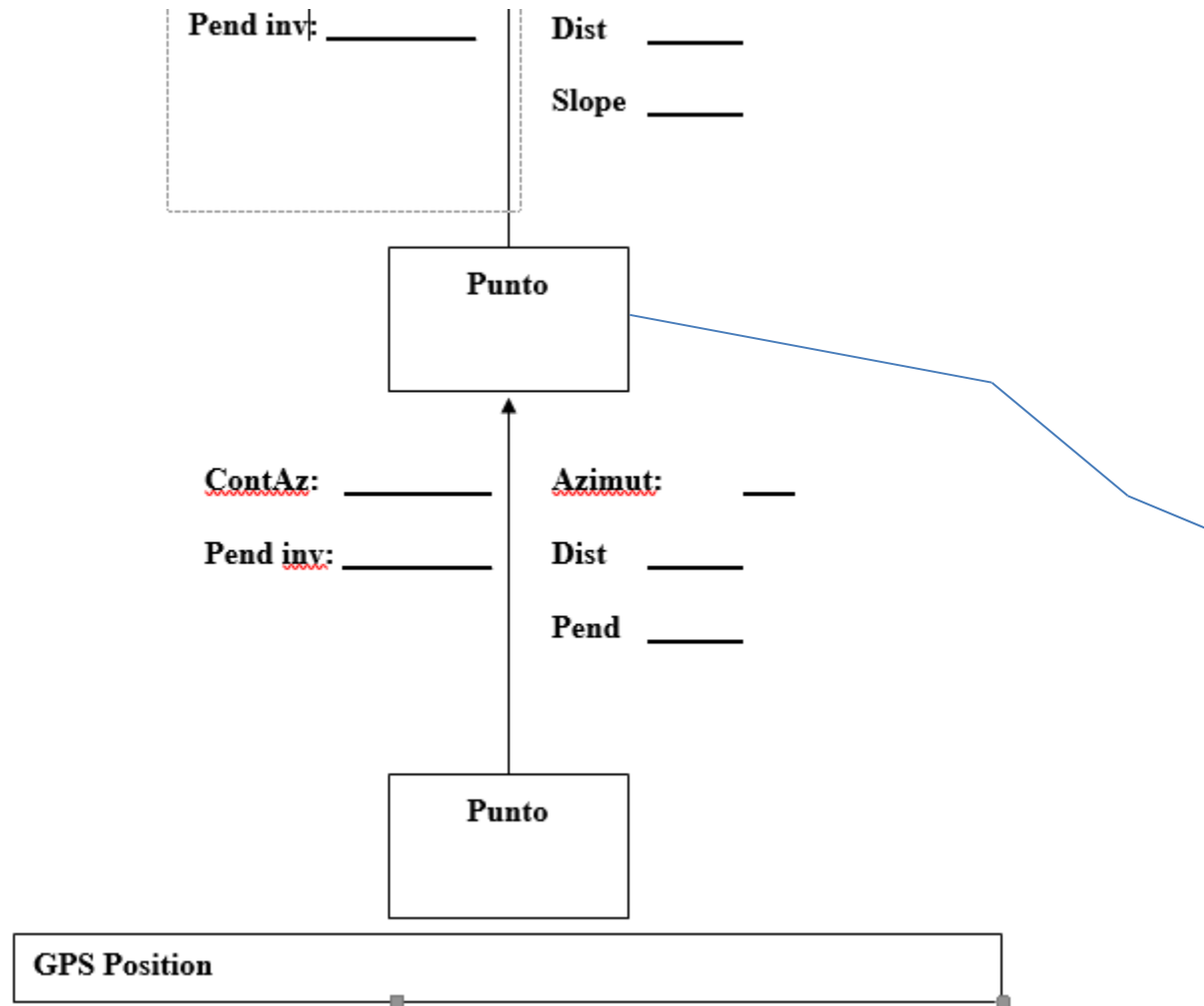
# Progettazione viabilità





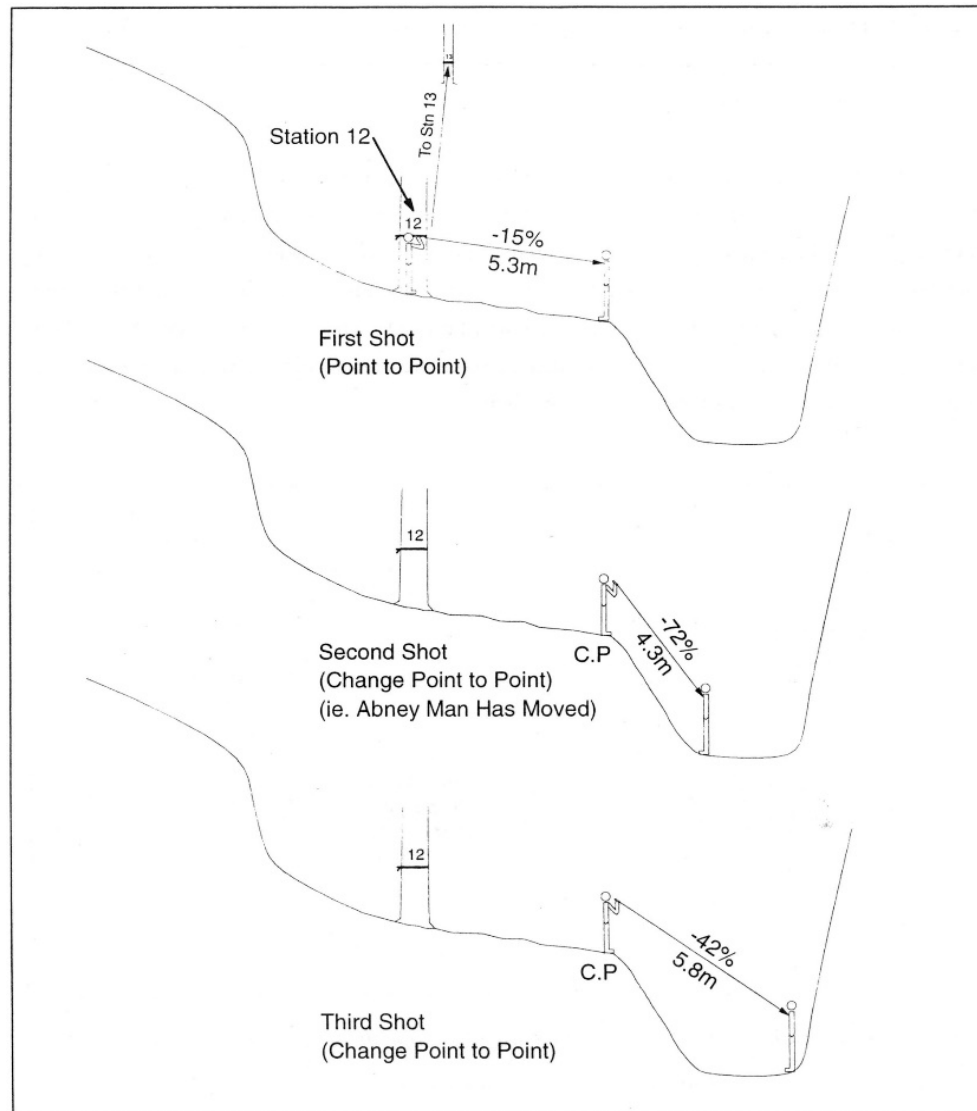


# Progettazione viabilità



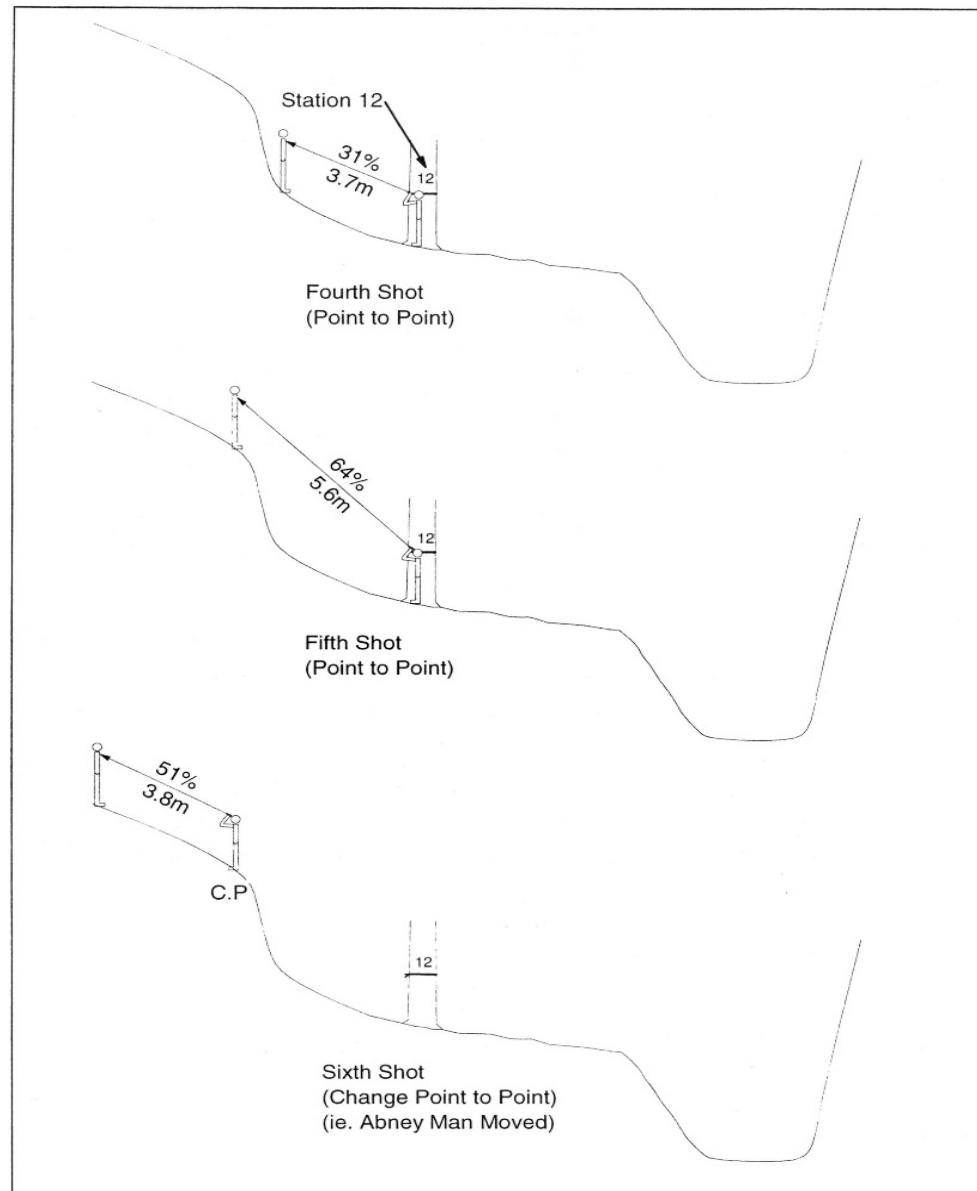


# Progettazione viabilità





# Progettazione viabilità





## Tracciamento e rilievo

Elevate precisioni nel tracciamento e rilievo non sono generalmente giustificate.

La precisione degli strumenti di rilievo devono corrispondere alla precisione richiesta per la strada

Strumenti semplici e a basso costo, come bussola, clisimetro e nastro metrico (o vertex), sono generalmente adeguati.

L'uso di strumenti meno precisi non significa che il tracciamento/rilievo non debba essere condotto nel modo più accurato possibile





## Planimetria

Sviluppo planimetrico della spezzata che rappresenta la linea zero (in scala 1:1.000 o 1:500).

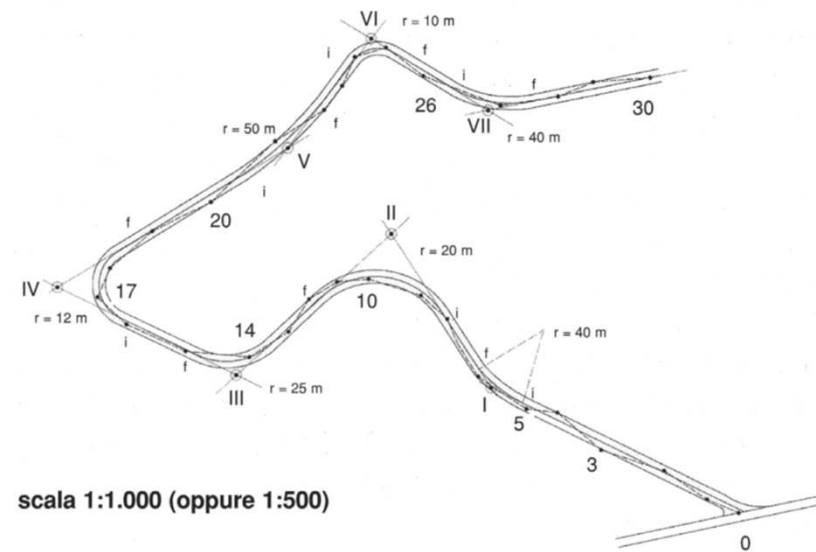
Per larghezza della strada nel disegno si assume quella della piattaforma stradale (carreggiata + banchine e cunette)

Sulla planimetria si riportano successivamente anche la collocazione delle principali opere d'arte previste nonché delle piazzole per lo scambio dei veicoli e per il deposito provvisorio del legname esboscato.





## Planimetria







**Sezioni tipo ed opere d'arte tipo.** Indicazioni puntuali a chi dovrà realizzare l'opera o a chi deve rilasciare autorizzazioni per la sua costruzione.

Il disegno della sezione trasversale della strada, in scala 1:50 o 1:100, evidenzia le caratteristiche e le dimensioni minime dell'opera (carreggiata, massicciata, banchine, cunetta longitudinale a monte, scarpate a monte e a valle)

Disegnare più sezioni tipo, corrispondenti alle diverse situazioni.

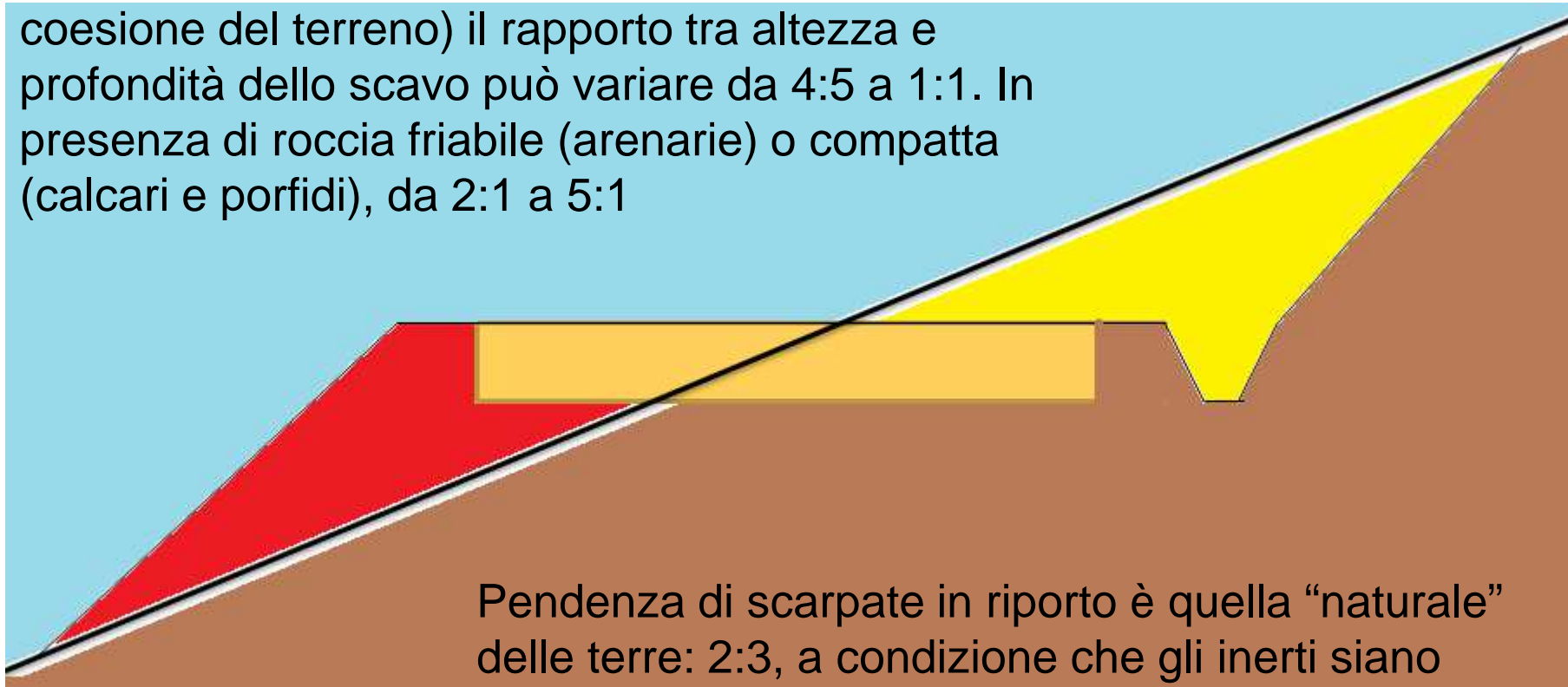
Le opere d'arte tipo sono quelle più comuni (canalette trasversali, tombini, guadi, muri, scogliere).

Disegnate in scala 1:10 e 1:100 (caratteristiche e dimensioni)

Opere d'arte più impegnative vanno progettate a parte.



Pendenza scarpate in scavo (dipende dalla coesione del terreno) il rapporto tra altezza e profondità dello scavo può variare da 4:5 a 1:1. In presenza di roccia friabile (arenarie) o compatta (calcari e porfidi), da 2:1 a 5:1



Pendenza di scarpate in riporto è quella “naturale” delle terre: 2:3, a condizione che gli inerti siano drenanti e protetti dal ruscellamento superficiale. Se il materiale viene depositato con l’escavatore, e se contiene massi e grossi sassi pressati nella scarpata, la pendenza può aumentare fino a 4:5





Stima del costo:

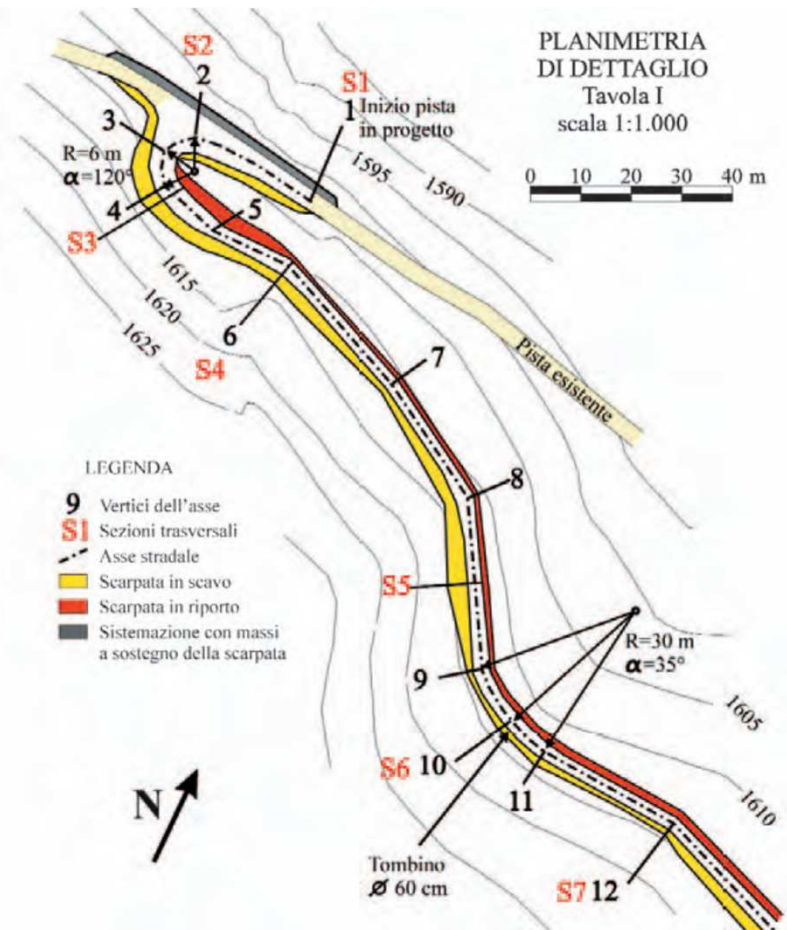
- **sgombero del tracciato dalla vegetazione** (8-15 m)
- **sbancamenti**, in terra o in roccia (1-7 m<sup>3</sup> per metro di strada) La presenza di roccia permette scarpate più ripide (< volume di sbancamento) ma comporta costi maggiori;
- **opere per lo sgrondo delle acque** (tombini, cabalette, .....
- **opere per l'attraversamento di corsi d'acqua o di rilevanti incisioni del terreno** (ponti, tomboni, guadi, selciati, ecc.)
- **opere di sostegno delle scarpate e del corpo stradale**
- **inerbimento delle scarpate**
- **formazione della massicciata,**
- **“costo della sicurezza”**
- **costo della progettazione, della direzione dei lavori e del collaudo** (espresso come percentuale del costo di costruzione).





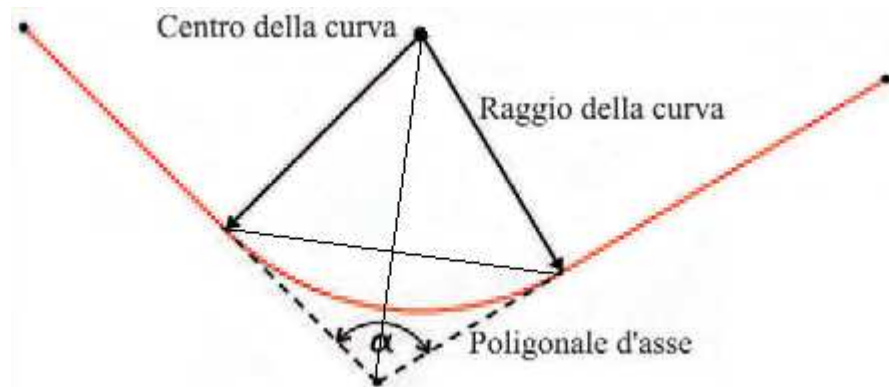
## Il progetto esecutivo completo.

- **Planimetria Completa**, in scala 1:1.000 o 1:500

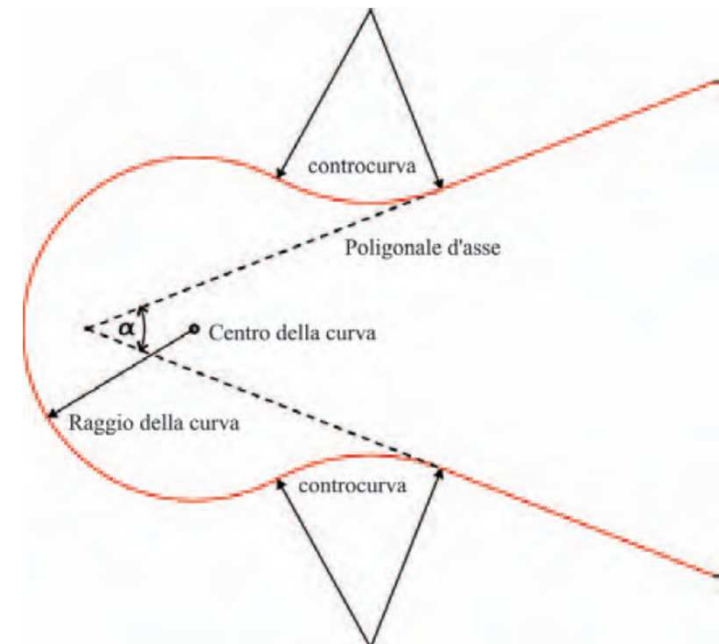


## Il progetto esecutivo completo.

- **Planimetria Completa**, in scala 1:1.000 o 1:500
  - Curve (interne)



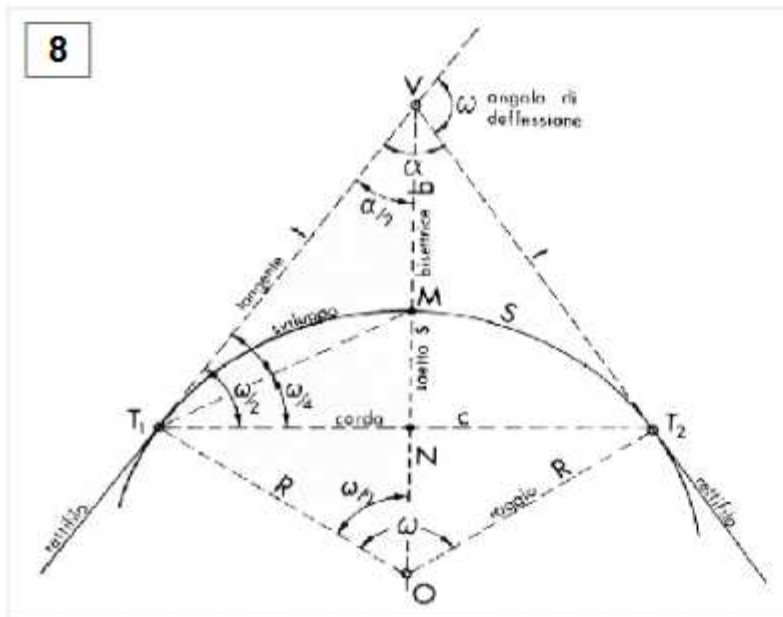
- Curve (esterne – tornanti)



## 2. RACCORDI PLANIMETRICI

Il tracciamento nella planimetria di una curva circolare consta dei passi seguenti:

- Si misura col goniometro l'angolo al vertice  $\alpha$  (con precisione del primo)



- Si assegna un valore a  $R$  tale per cui  $R > R_{min}$
- Si calcola la *tangente*  $t$  con la (6)

$$t = R \cotg \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad (6)$$

- Si individua il centro  $O$  come punto di intersezione delle perpendicolari ai rettilinei condotte rispettivamente da  $T_1$  e  $T_2$





## Il progetto esecutivo completo.

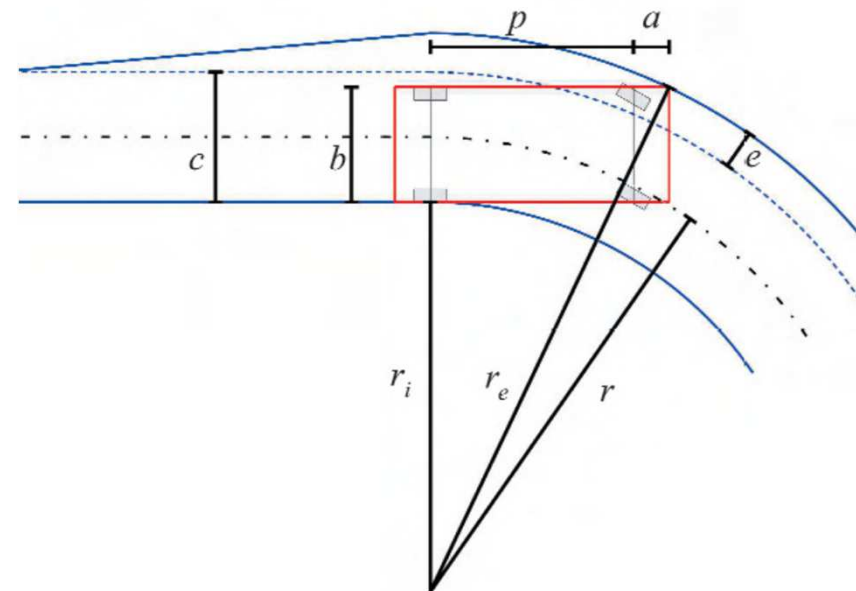
- **Planimetria Completa**, in scala 1:1.000 o 1:500
  - Allargamento Carreggiata in Curva

$$r_i = r - c/2$$

$$r_e = \sqrt{(r_i + b)^2 + (p + a)^2}$$

$$e = r_e - (r_i + c)$$

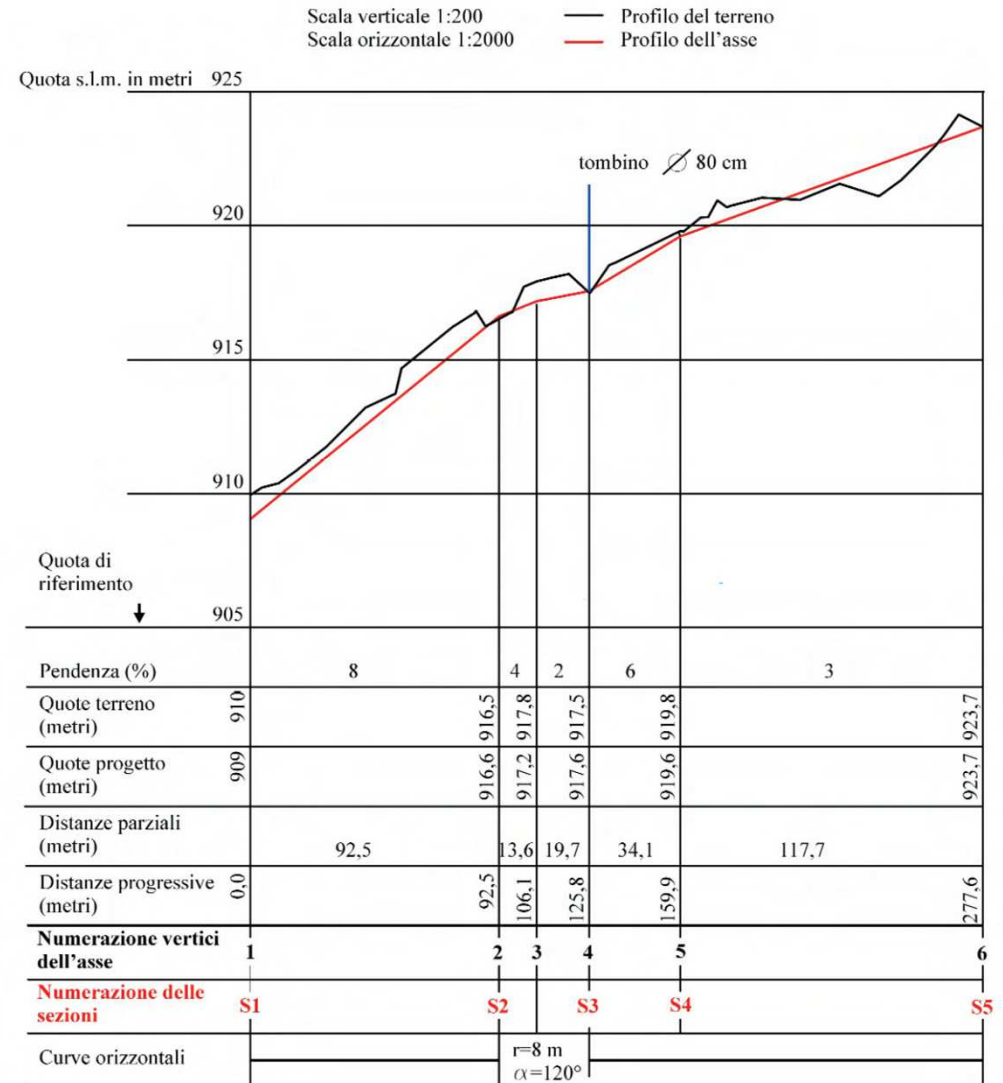
$$c_c = r_e - r_i$$





## Il progetto esecutivo completo.

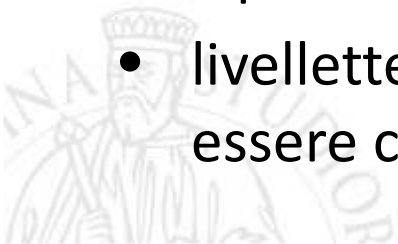
- **profilo longitudinale del terreno in corrispondenza all'asse stradale**, in scala 1:1.000 o 1:500 per le distanze orizzontali (come la planimetria), e in scala 1:100 o 1:50 (ossia 10 volte maggiore della scala delle distanze orizzontali) per i dislivelli;





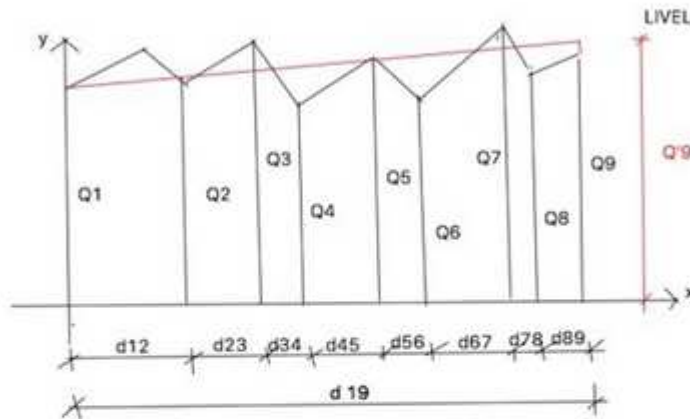
## Livellette

- CRITERI DI INSERIMENTO DELLE LIVELLETTE
- discostarsi il meno possibile dal terreno;
- non avere quote rosse superiori a 3,5 m
- creare aree di sterro equivalenti a quelle di riporto (LIVELLETTE DI COMPENSO);
- cambiare livelletta ad inizio o/e fine curva, non nei rettifili;
- la pendenza in curva dovrebbe essere ridotte;
- non progettare livellette troppo lunghe per ragioni di sicurezza (velocità tende ad aumentare se la strada è sempre a p costante);
- livellette consecutive in contropendenza dovrebbero essere collegate da raccordi verticali





## LIVELLETTA DI COMPENSO NOTA LA QUOTA INIZIALE



Profilo del terreno = profilo nero



Profilo di progetto = profilo rosso

Nel compenso l'area dei due diagrammi deve essere uguale  $St = Sp$

Area profilo del terreno

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3 + \dots = \sum_{i=1}^n S_i$$

$$= \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot d_{12} + \frac{Q_2 + Q_3}{2} \cdot d_{23} + \dots + \frac{Q_8 + Q_9}{2} \cdot d_{8-9}$$

Area profilo di progetto

$$S_p = \frac{Q_1 + Q'_9}{2} \cdot d_{1-9} \Rightarrow$$

dato che  $St = Sp$  per avere il compenso, l'unica incognita è  $Q'_9$

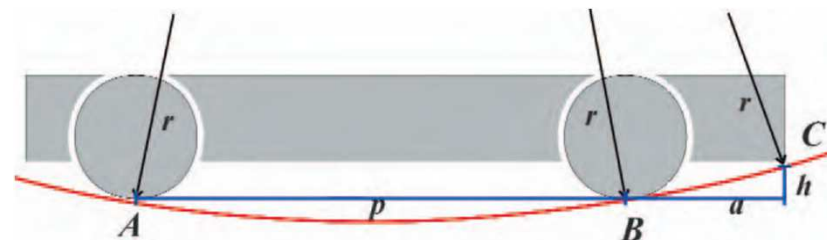
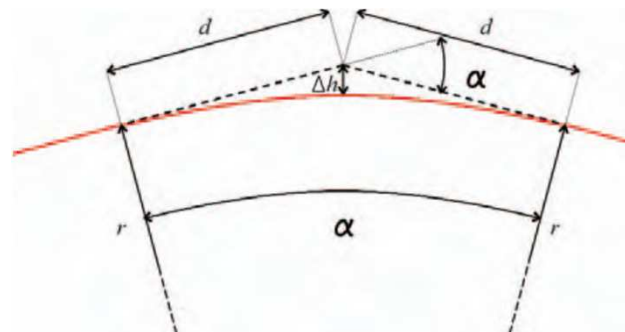
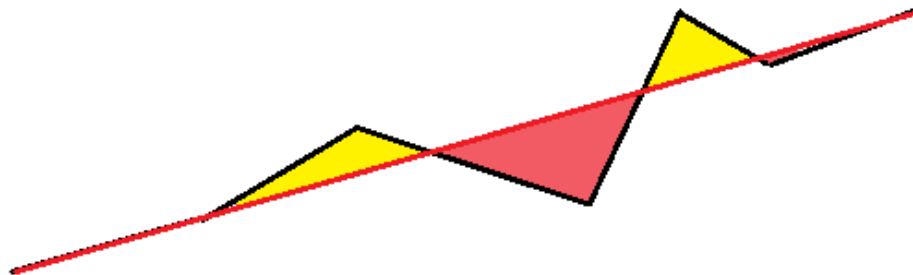
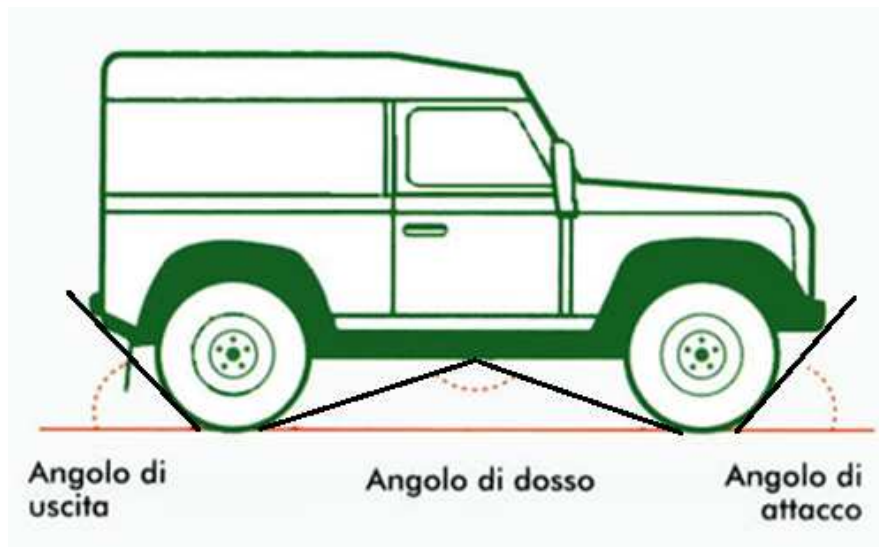
$$\begin{cases} St = Sp \\ Q'_9 = \frac{2S_p}{d_{1-9}} - Q_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q'_9 = \frac{2St}{d_{1-9}} - Q_1$$



## Il progetto esecutivo completo.

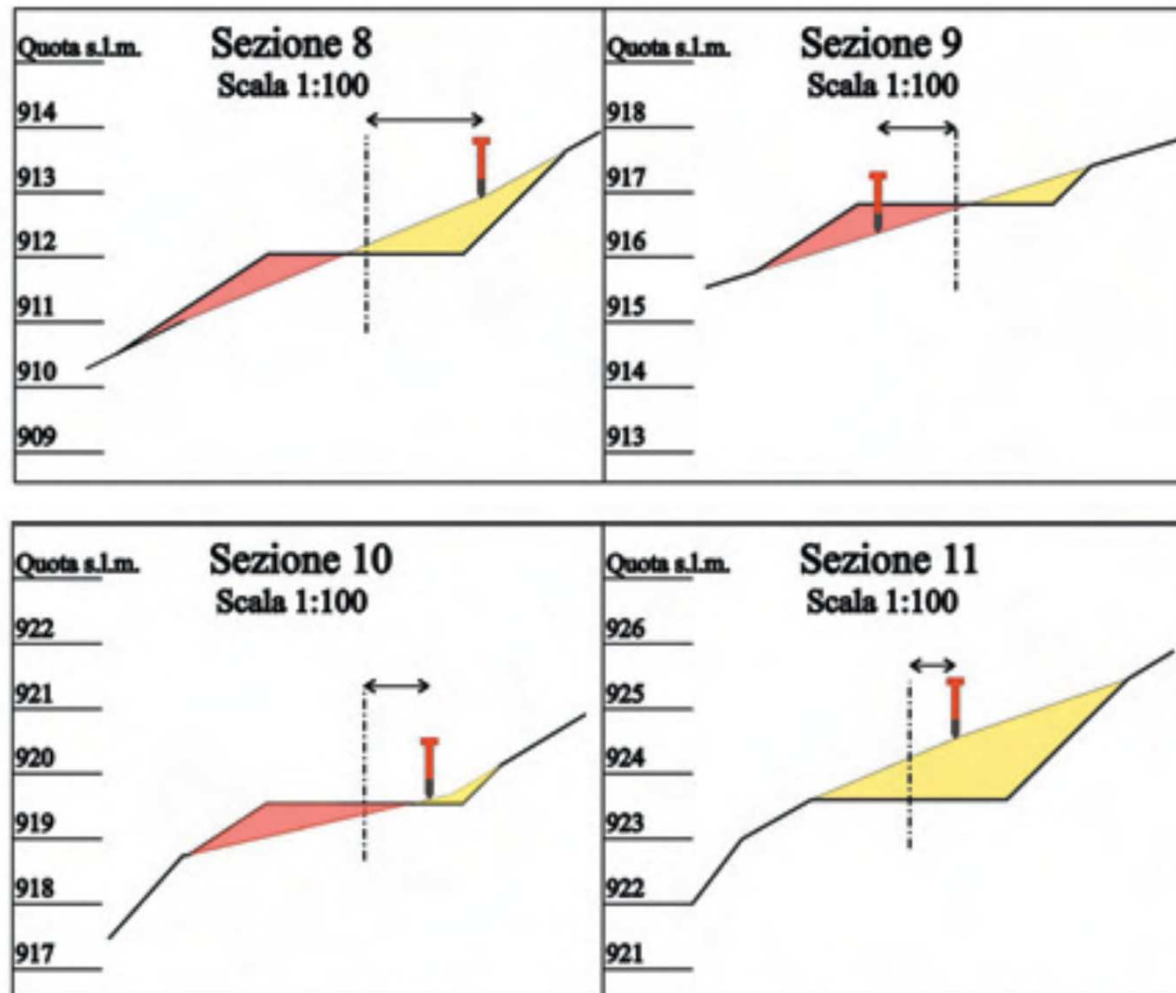
- profilo longitudinale del terreno
  - Compensazione e curve di raccordo verticali





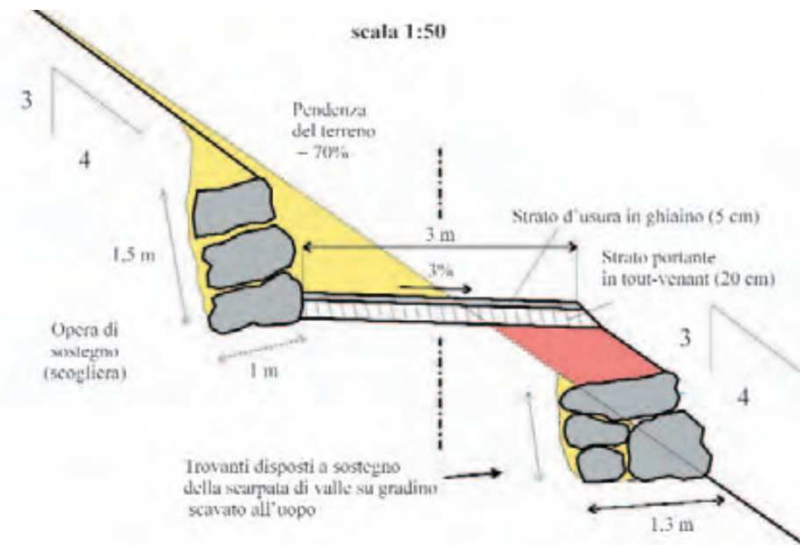
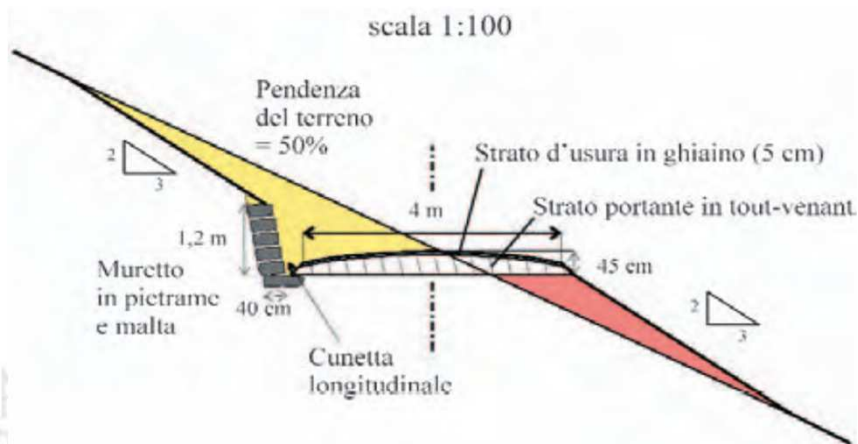
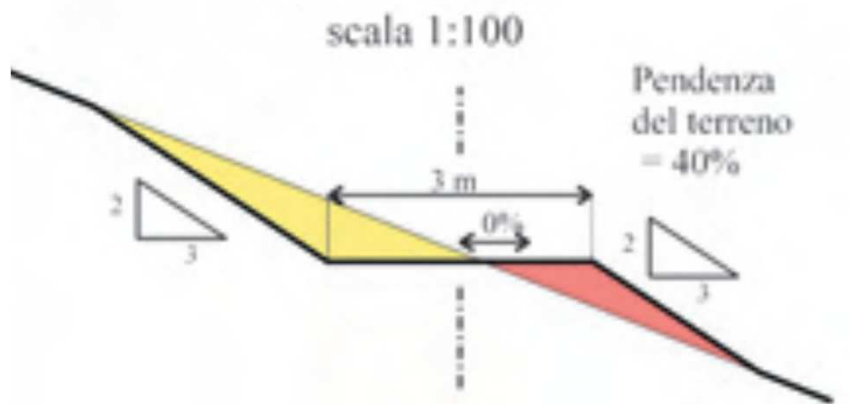
## Il progetto esecutivo completo.

- sezioni trasversali, in scala 1:100



## Il progetto esecutivo completo.

- sezioni trasversali, in scala 1:100

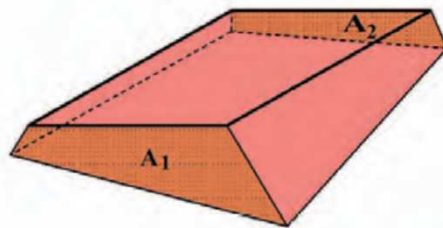




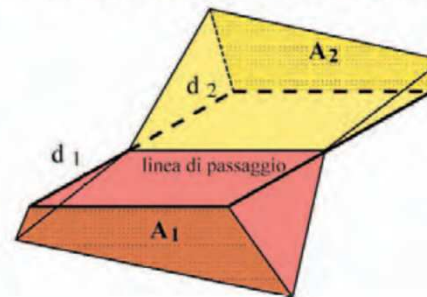
## Il progetto esecutivo completo.

- calcolo dei volumi di scavo e di riporto

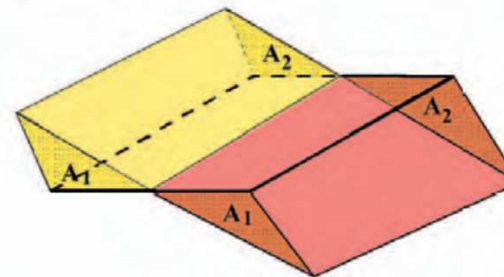
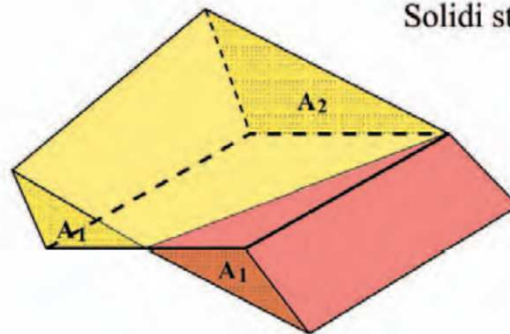
Solido stradale omogeneo



Solido stradale non omogeneo



Solidi stradali misti







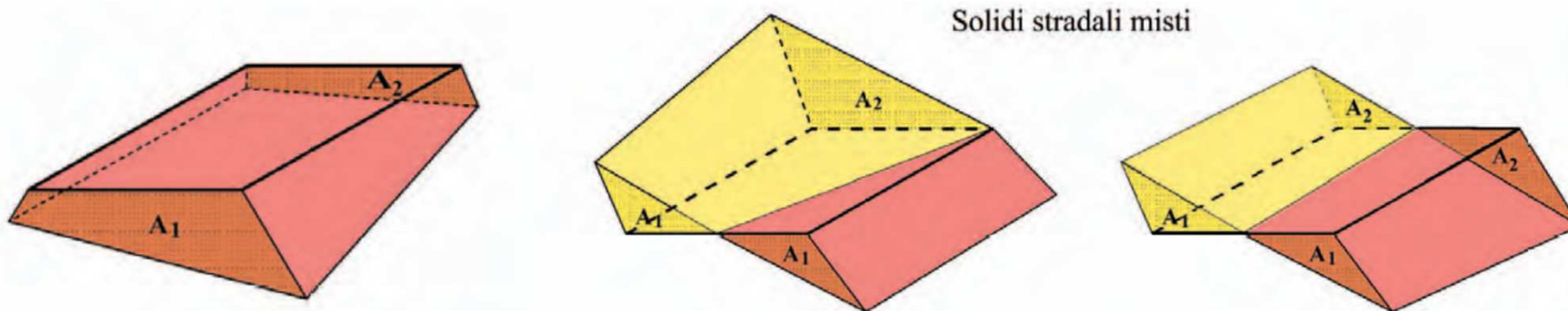
## Il progetto esecutivo completo.

- calcolo dei volumi di scavo e di riporto
  - Sezioni miste o omogenee

$$V = \left(\frac{D}{6}\right)(A_1 + A_2 + 4Am) \quad \text{Formula del Torricelli}$$

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} D$$

Metodo delle sezioni raggugliate



## Il progetto esecutivo completo.

- calcolo dei volumi di scavo e di riporto
  - Sezioni non Omogenee

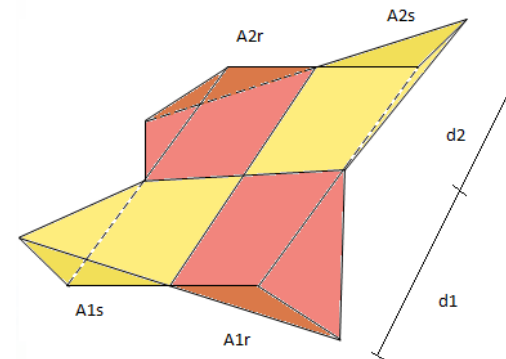
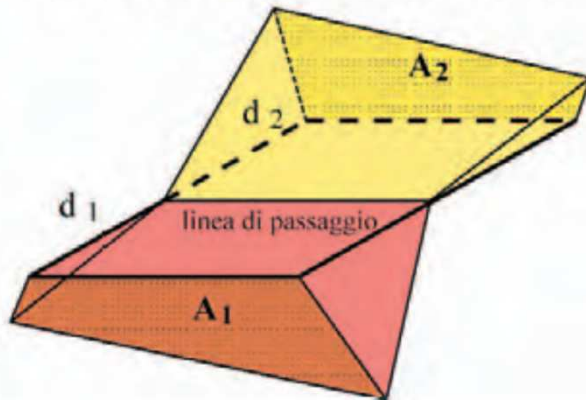
$$D:(A1+A2)=D1:A1$$

$$D1 = \frac{D A1}{(A1+A2)}$$

$$D2 = D - D1$$

$$V1r = \left( \frac{A1 + 0}{2} \right) D1$$

$$V2s = \left( \frac{A2+0}{2} \right) D2$$



## Il progetto esecutivo completo.

- calcolo dei volumi di scavo e di riporto

Numero Sezione	Area in Scavo	Area in Riporto	Area media in scavo tra le sezioni	Area media in riporto tra le sezioni	Distanza tra le sezioni	Volume in scavo tra le sezioni	Volume in riporto tra le sezioni	Differenza tra scavi e riporti tra le sezioni	Differenza progressive tra scavi e riporti
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	4,2	2,5							
			3,9	3,0	15	58,5	45	13,5	13,5
2	3,6	3,5							
			3,2	4,0	10	32	40	-8	5,5
3	2,8	4,5							



## Il progetto esecutivo completo.

- calcolo dei volumi di scavo e di riporto

TIPO DI TERRENO	INCREMENTO DI VOLUME IN SEGUITO ALLO SCAVO	DECREMENTO DI VOLUME DOVUTO AL COSTIPAMENTO	INCREMENTO COMPLESSIVO DI VOLUME (SCAVO + COSTIPAMENTO)
Sabbia	5%	0-5%	0-5%
Terreni vegetali	10-20%	5-10%	5-10%
Rocce o argille mediamente compatte	25-50%	10-30%	15%
Rocce o argille molto compatte	50-70%	30-40%	15-20%





## *Il progetto esecutivo completo*

- opere d'arte tipo
- computo metrico-estimativo
- cartografia catastale
- perizia geologica
- valutazione di impatto ambientale (VIA)
- piano della sicurezza
- relazione tecnica - corografia

