



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

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

**Pianificazione ed  
organizzazione  
tecnologica**

***Viabilità forestale 1***



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**



## Piano della viabilità

Si sviluppa in diverse fasi:

- Rilievo viabilità esistente
- Analisi accessibilità attuale
- Determinazione delle esigenze
- Accessibilità futura



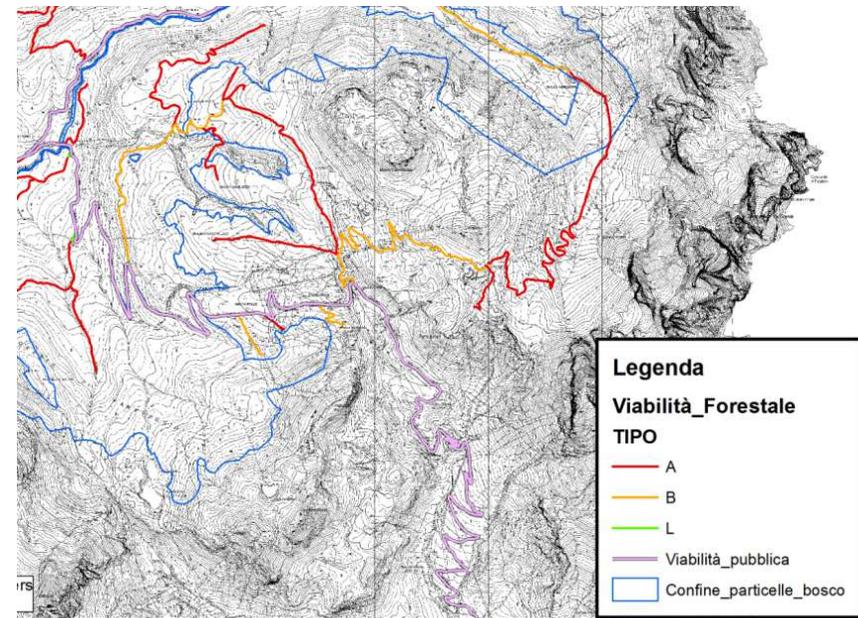


# Pianificazione

## Rilievo viabilità esistente

Ricerca di informazioni esistenti sulle strade e sul territorio in esame (cartografie, dati inventariali, ortofoto digitali,...);

Rilievi in campo con utilizzo di GPS e scheda di rilievo: ogni tracciato deve essere percorso e rilevati i parametri caratteristici, compilando un'apposita scheda di rilievo (su supporto cartaceo o tablet o computer;



<b>Strada n. ... - Nome strada</b>		<b>Categoria:</b>	
	<b>Quota</b>		<b>Coordinate geografiche</b>
<b>P</b>	<b>Loc. Partenza:</b>	N ... ° ... ' ... "	
		E ... ° ... ' ... "	
<b>R</b>	<b>Loc. Arrivo:</b>	N ... ° ... ' ... "	
		E ... ° ... ' ... "	
<b>R</b>	<b>Lunghezza</b>		
<b>d</b>	<b>Pendenza %</b>	Massima	Media
	<b>Larghezza carreggiata</b>	Prevalente	
<b>R</b>	<b>Raggio minimo tornanti</b>	Minima	
<b>p</b> <b>(s)</b>	<b>Banchine</b>		
	<b>Scarpata a valle</b>		
	<b>Scarpata a monte</b>		
	<b>Fondo stradale</b>		
<b>R</b>	<b>Opere d'arte</b>	Tipo	Numero
		Stato di efficienza	
<b>R</b>	<b>Stato di manutenzione generale</b>		
<b>R</b>	<b>Suscetibilità di miglioramento</b>		
<b>R</b>	<b>Descrizione tracciato</b>		
<b>R</b>	<b>Annotazioni</b>		

EVO

stale

bblica  
rticelle\_bosco



# Pianificazione

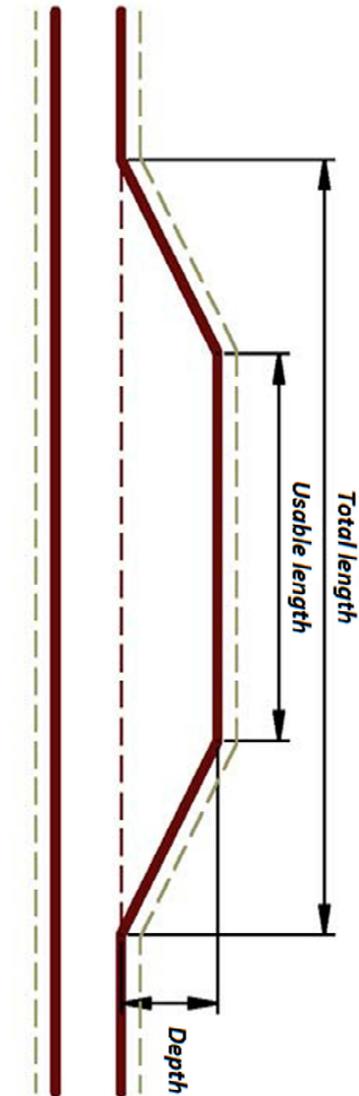
## Rilievo viabilità esistente

Vanno rilevati anche:

- Piazzole



Firefighting traffic capacity	Spaziatura	Lunghezza utile	Lunghezza totale	Profondità
	m	m	m	m
FCT1 Camionabili princ.	200	20	34	3.5
FCT2 Camionabili sec.	200	10	20	2.5
FCT3 - trattorabili	200	5	13	2

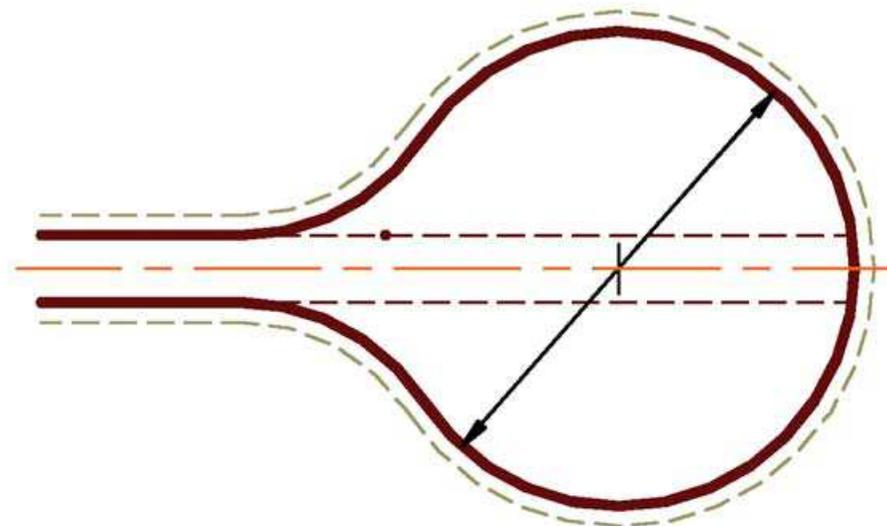


# Pianificazione

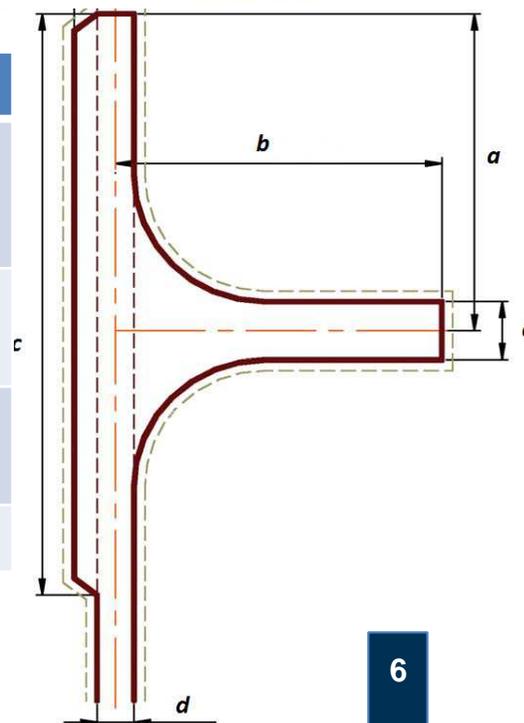
## Rilievo viabilità esistente

Vanno rilevati anche:

- punti di inversione



Road class	Turning circle ( $\phi$ )	Punto inversion a T - dimensioni (m)			
		a	b	c	e
FCT1 – Camionabili princ.	> 22	20	20	40	> 2.5
FCT2 – Camionabili sec.	> 18	10	10	20	> 2
FCT3 - trattorabili	> 14	5	5	10	2



# Pianificazione

## Rilievo viabilità esistente

Vanno rilevati anche:

- imposti



# Pianificazione

## Rilievo viabilità esistente

Vanno rilevati anche:

- Opere idrauliche e strutturali
- Punti critici (strette, sbarre, ponti ecc.)
- Idranti, punti d'acqua, ecc.





## Pianificazione

### Prime analisi e calcolo parametri

#### Lunghezza rete viabile totale

#### Lunghezza rete viabile per tipo di strada (camionabile, trattorabile ecc.)

**Densità viaria (RD)** = lunghezza rete stradale/superficie della foresta – (m/ha)

Strade di margine.

E' il principale parametro di sintesi utilizzato per caratterizzare la rete viabile forestale e l'accessibilità della foresta.

Vantaggi e svantaggi –

**Per utilizzazioni** – densità pari alla metà della pendenza media del versante.

#### Densità viaria per tipo di strada

## Pianificazione

**Densità viaria (RD)** = lunghezza rete stradale/superficie della foresta – (m/ha)

### Per antincendio

Reference	Road Density, m ha <sup>-1</sup>		
	High fire risk Difficult conditions	Medium fire risk	Low fire risk Easy conditions
Croisé and Crouzet, 1975	13–17	–	9–11
De Montgolfier, 1989	25	12.5	6.25
Fabiano and Marchi, 1991	17		
Potočnik et al., 2008	25		
Psilovikos et al., 2011	22	–	12.5



# Pianificazione

## Accessibilità attuale

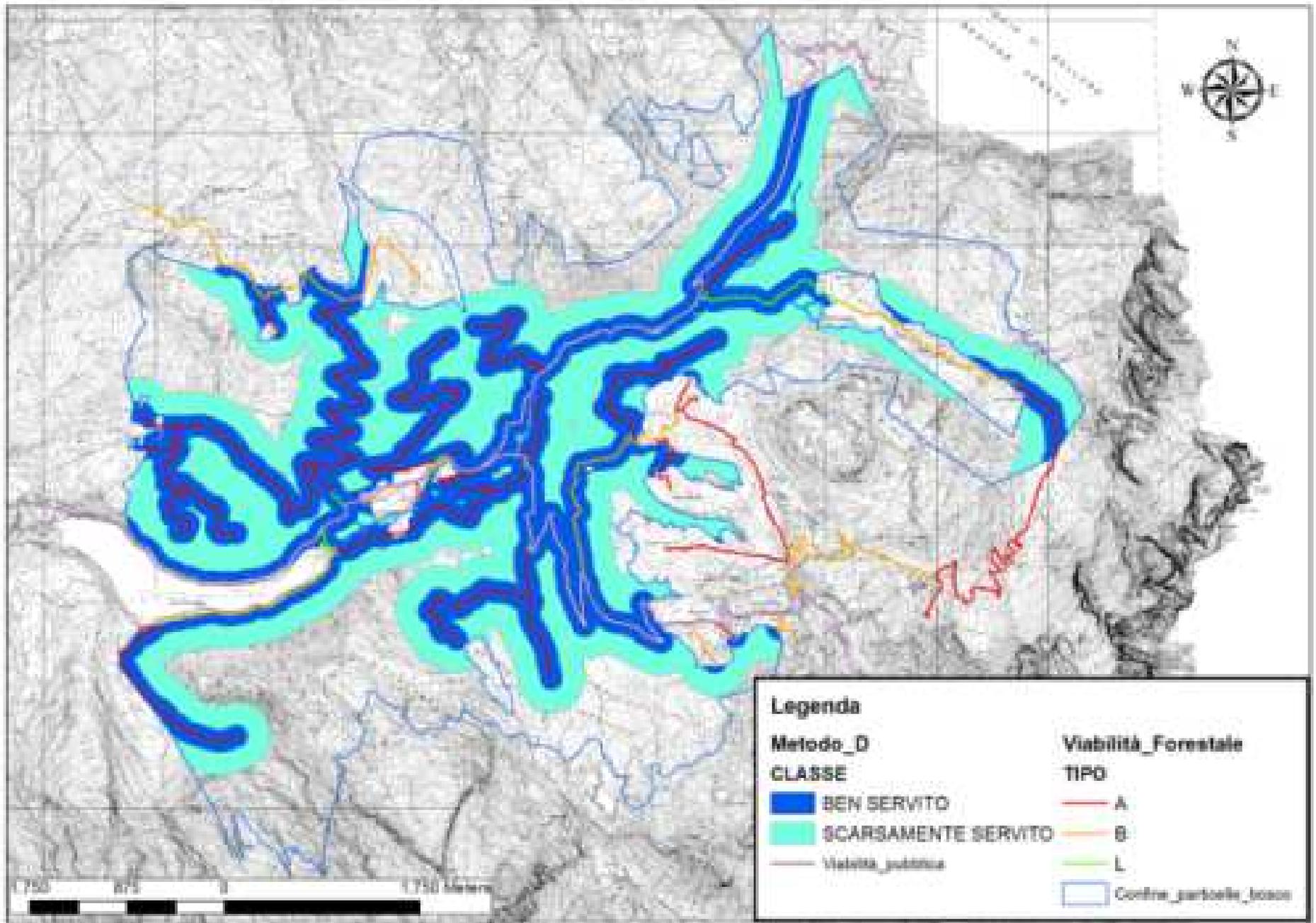
Definisce il grado di servizio offerto da una rete viabile alla foresta nella quale si sviluppa.

Una "foresta servita" è la parte dell'area boscata nella quale in base a parametri prefissati le utilizzazioni forestali si possono svolgere in modo agevole

Diversi metodi per determinarla:

- **Buffer fisso di distanza**
- Metodo del tempo massimo di accesso al bosco





0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 Metri





# Pianificazione

## Accessibilità attuale

Definisce il grado di servizio offerto da una rete viabile alla foresta nella quale si sviluppa.

Una "foresta servita" è la parte dell'area boscata nella quale in base a parametri prefissati le utilizzazioni forestali si possono svolgere in modo agevole

Diversi metodi per determinarla:

- Buffer fisso di distanza
- **Metodo del tempo massimo di accesso al bosco**





## Pianificazione

### Metodo del tempo massimo di accesso al bosco

Il metodo definisce le aree **ben servite** se raggiungibili in **15 minuti**, o in 30 minuti per andata e ritorno, a piedi dalla strada più vicina trasportando gli strumenti di lavoro.

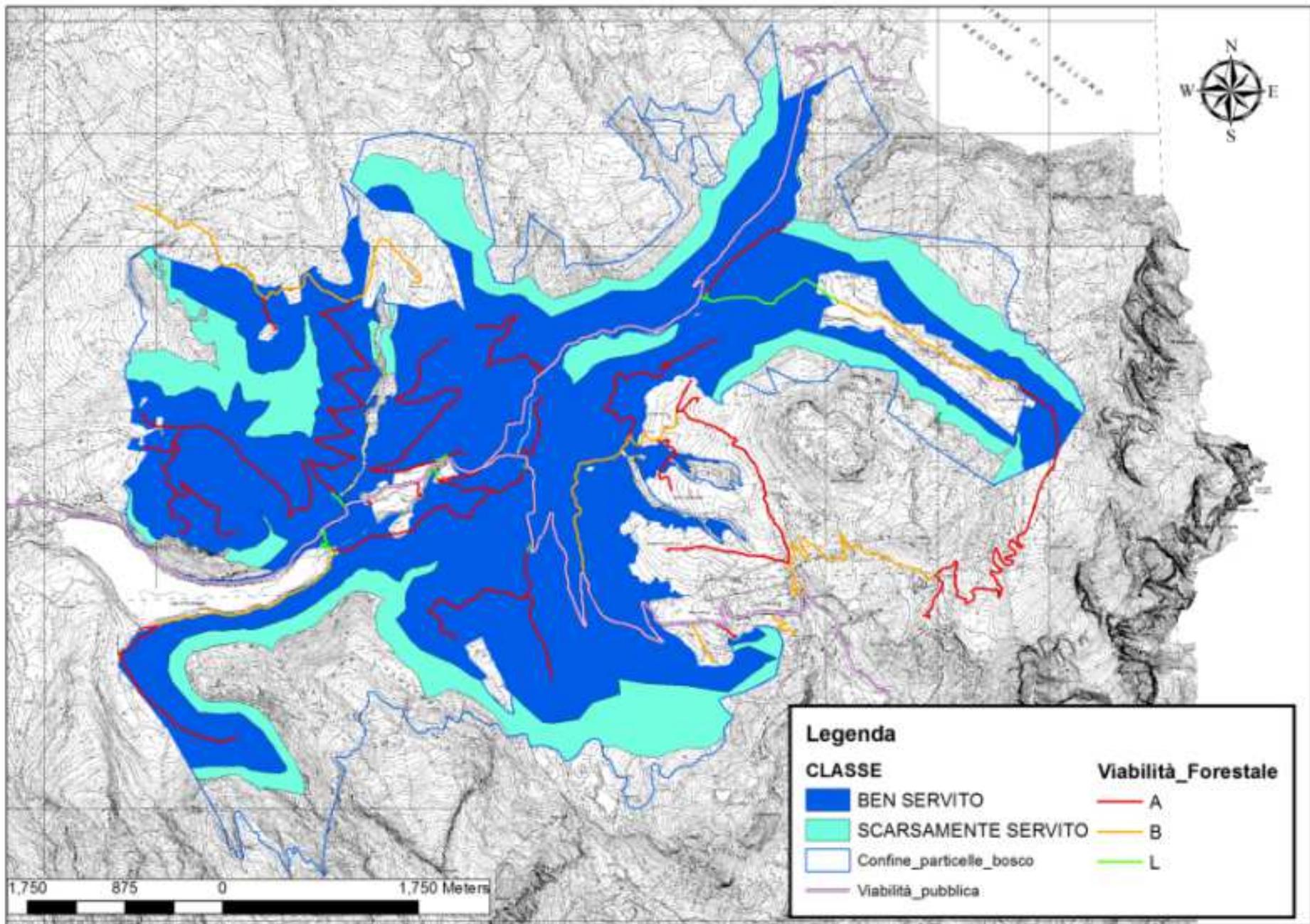
Questo tempo rappresenta circa il **6%** dell'orario di lavoro giornaliero (Hippoliti, 1976)

Il metodo definisce anche aree **scarsamente servite** se raggiungibili in **1 ora**, o in 2 ore per andata e ritorno, a piedi dalla strada più vicina trasportando gli strumenti di lavoro.

La fascia si interrompe in presenza di ostacoli non superabili.

L'ampiezza della fascia servita varia con la pendenza del versante

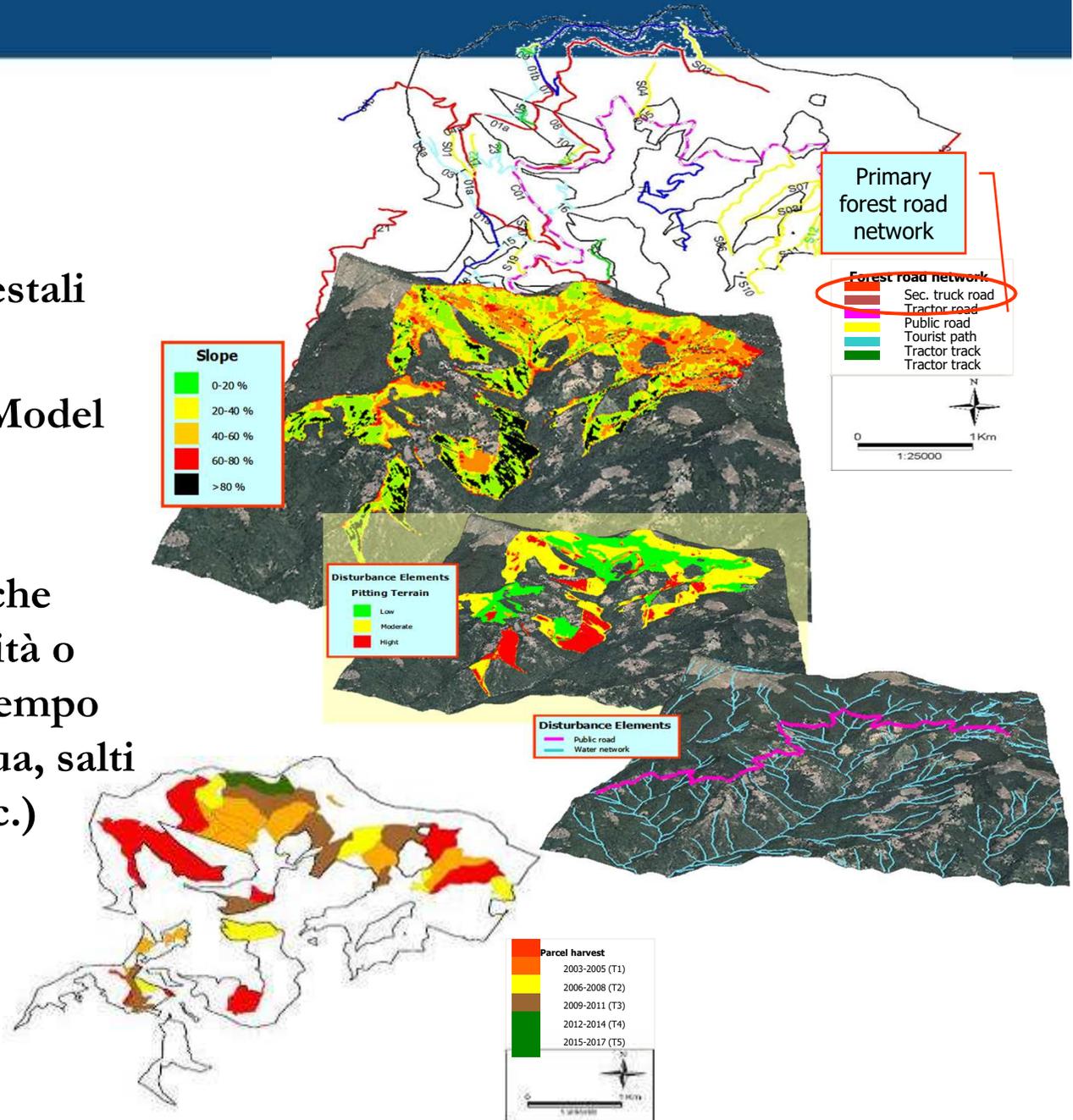




pendenza del versante

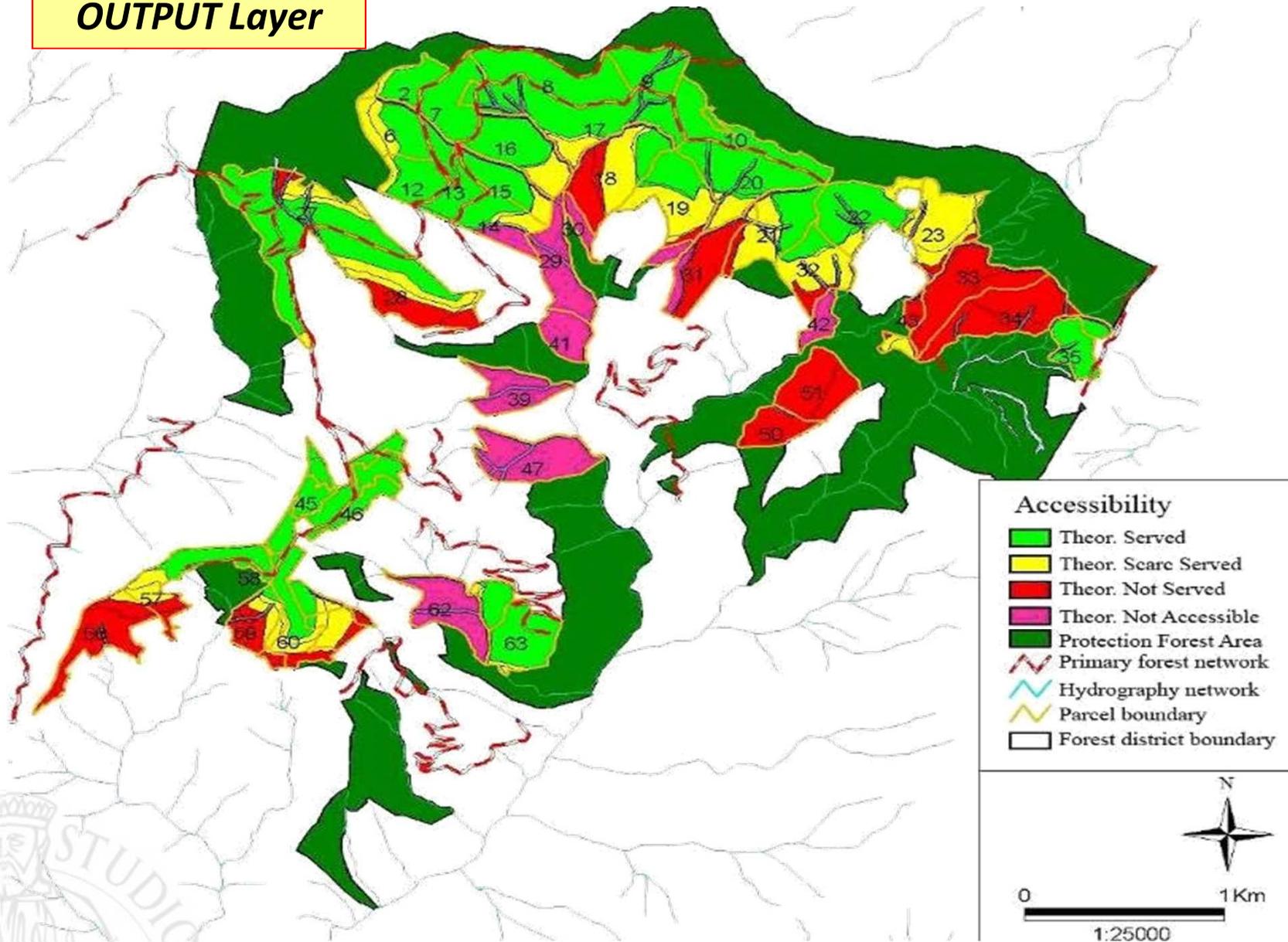
## INPUT layer

- Mappa delle strade forestali esistenti
- The Digital Elevation Model (DEM) – Carta delle pendenze
- Mappa degli elementi che modificano l'accessibilità o possono modificare il tempo di accesso (corsi d'acqua, salti di roccia, recinzioni ecc.)
- Particellare





## OUTPUT Layer



## Pianificazione

Esigenze

Esigenze selvicolturali  
a lungo termine dei soprassuoli

L'esigenza quantitativa e qualitativa in termini di  
caratteristiche della viabilità forestale

DECISIONI

- Ampliamento sede stradale
- Riqualificazione tronchi viari
- Nuovi tronchi viari
- Manutenzione

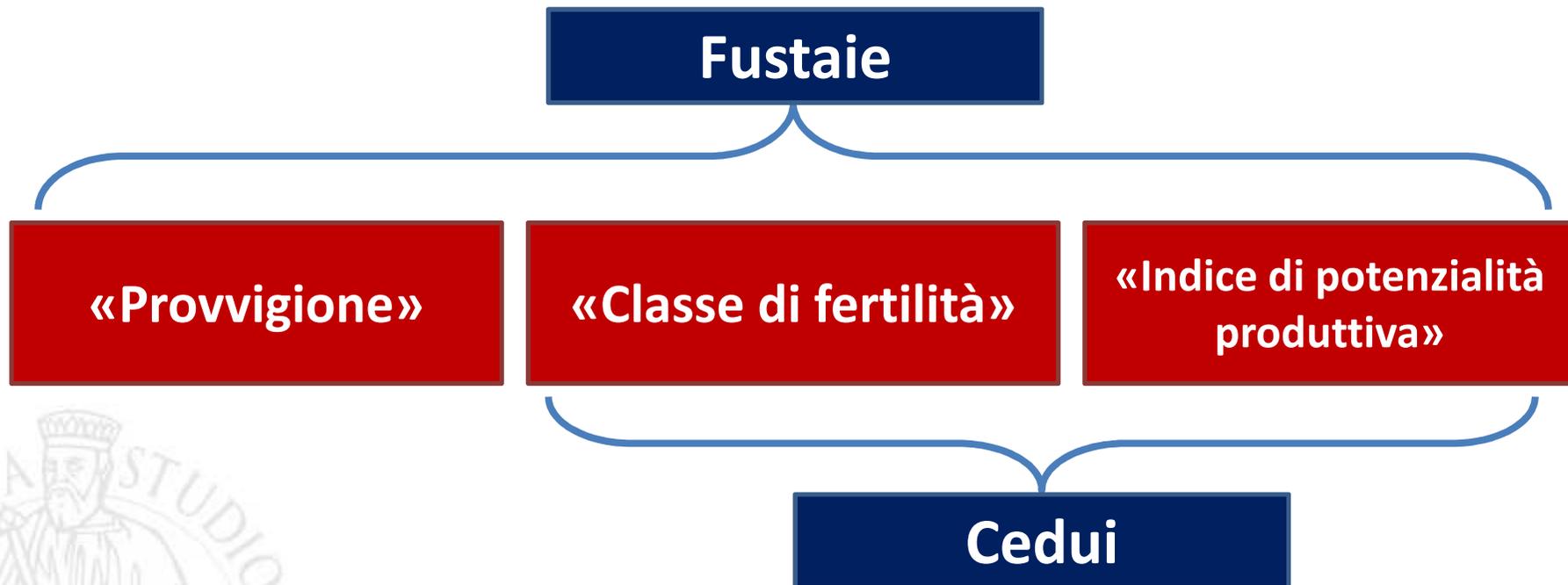




## Pianificazione

Valutazione delle esigenze:

- Valutare i dati disponibili
- Scelta dei fattori – Esempio per il Trentino



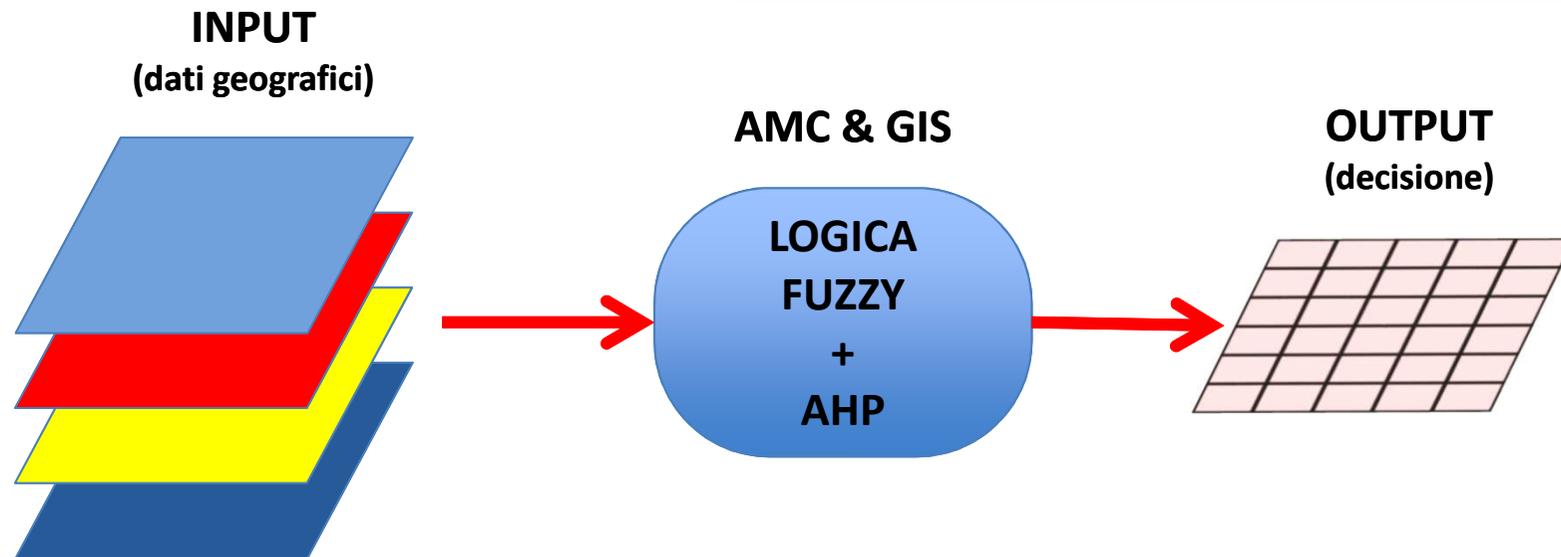


## Pianificazione

### Esigenze

**AMC**  
(Analisi MultiCriteriale)

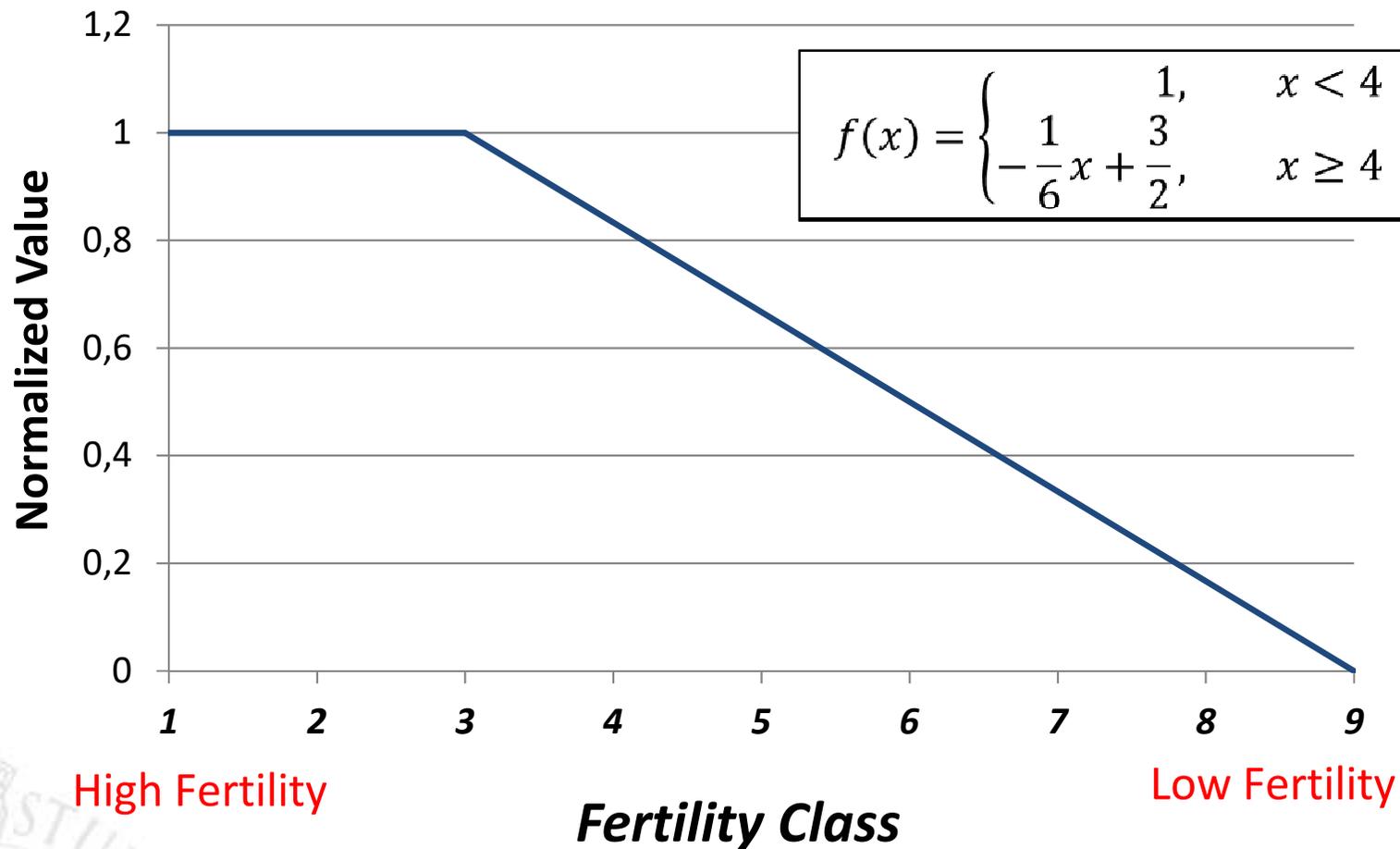
*Tecniche per elaborare variabili che hanno indicatori o unità di misura diverse e apparentemente non confrontabili fra loro*



- Normalization of chosen factors by Fuzzy Logic to apply MCDA;
- AHP to evaluate the importance («the weight») of each factor;
- «Forest Road Need Index» evaluation by weighted sum;
- Implementation on GIS platform to spatialize the index.

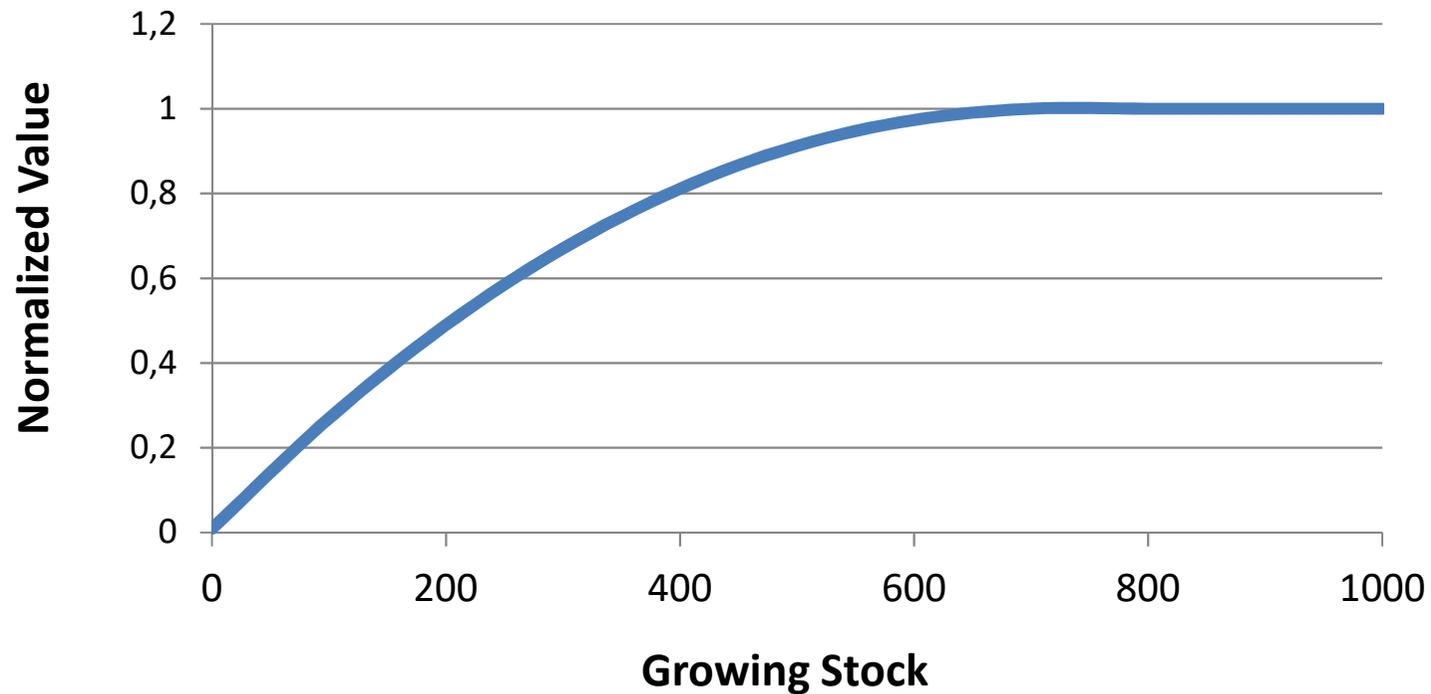


## Normalization of "Site fertility Class" factor





## Normalization of «Growing Stock»

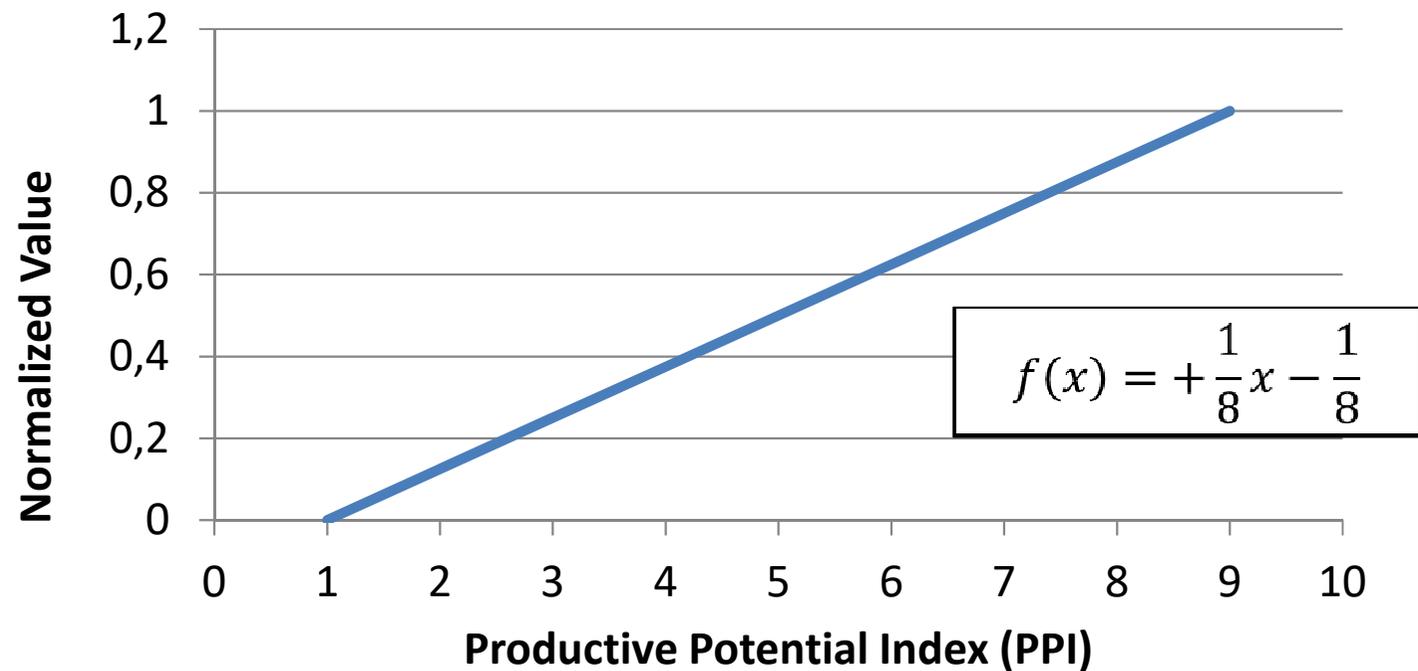


$$f(x) = \begin{cases} -0,00000198835x^2 + 0,0028x + 0,0093, & x < 700 \\ 1, & x \geq 700 \end{cases}$$





## Normalization of «Productive Potential Index»



*For High Forests the PPI refers to timber*  
*For Coppices the PPI refers to the firewood*





**AHP**: Analytic Hierarchy Process –  
applied to evaluate the «**WEIGHT**» of the  
factors considered in the **MCDA**



***16 Local FORESTRY EXPERTS  
with excellent knowledge in  
forestry management WERE  
INTERVIEWED***

**HIGH FORESTS**



- Fertility Class Index: 30%
- Productive Potential Index: 25%
- Growing Stock: 45%

**COPPICES**



- Fertility Class Index: 49%
- Productive Potential Index: 51%





«Growing Stock»

«Site Fertility Class»

«Productive  
Potential Index»

45%

30%

25%

Forest road needs

**Synthetic Index (FRNI)**



•  $0 < FRNI < 0,25 \rightarrow$  **LOW**



•  $0,25 < FRNI < 0,50 \rightarrow$  **MEDIUM**



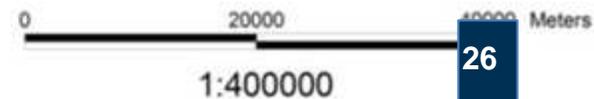
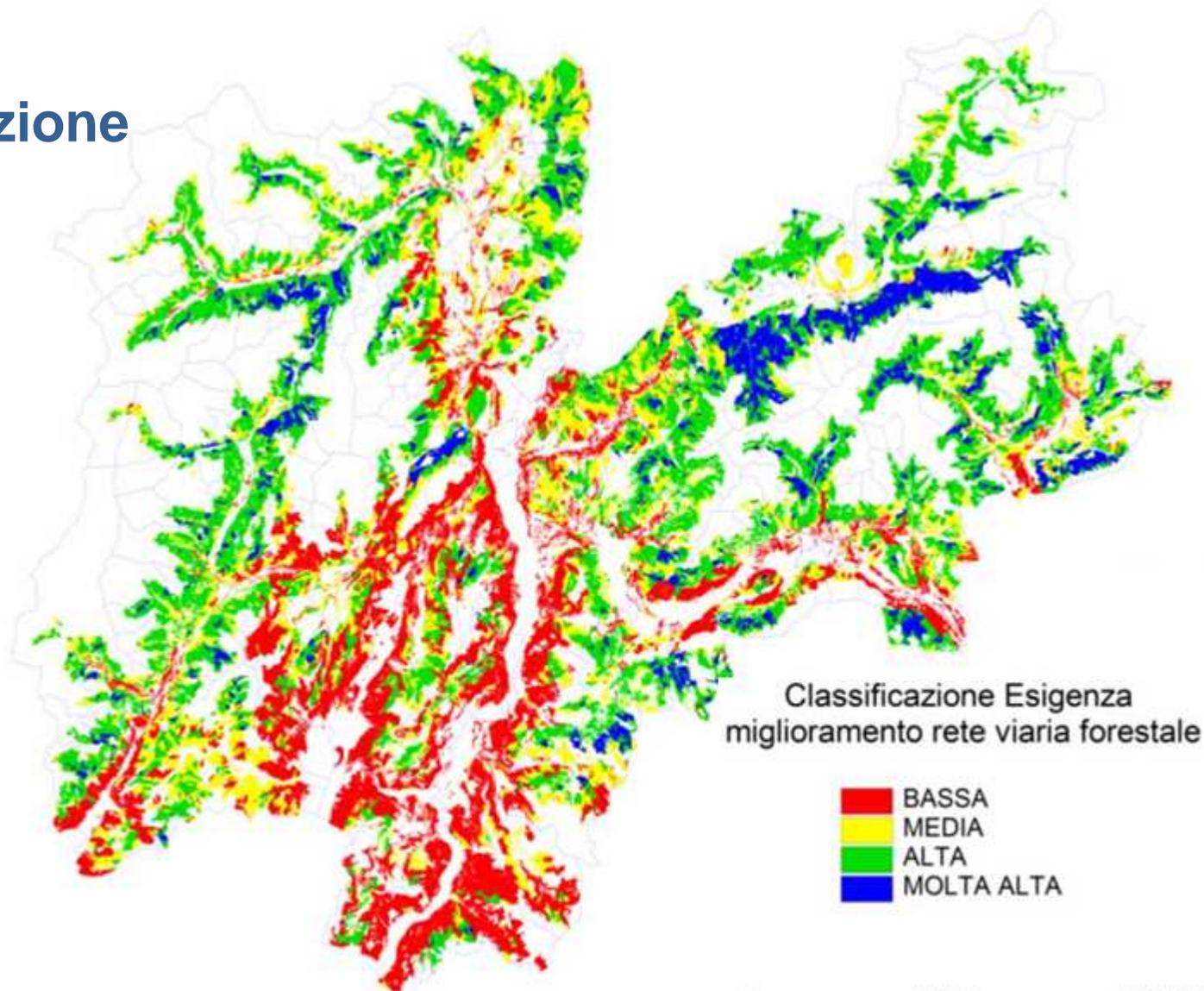
•  $0,50 < FRNI < 0,75 \rightarrow$  **HIGH**



•  $FRNI > 0,75 \rightarrow$  **VERY HIGH**

## Pianificazione

### Esigenze





# Pianificazione

## Scelta dei nuovi tracciati

L'applicazione di modelli di pianificazione non può prescindere da un attento studio dell'area interessata con specifico riferimento sia alla condizione idrologica e geolitologica che ai problemi di stabilità dei versanti, soprattutto nelle aree a notevole rischio di frane.

## Criteri generali

- Identificare i punti critici
  - Sono punti obbligati da raggiungere o di passaggio obbligato
  - Normalmente sono zone o punti caratteristici che presentano condizioni favorevoli/sfavorevoli (tratti di terreno pianeggianti, valichi, punti adatti per l'attraversamento di fossi o torrenti, zone franose o acquitrinose, salti di roccia, corsi d'acqua o altre situazioni difficili ecc.)





## Pianificazione

### Scelta dei nuovi tracciati

L'applicazione di modelli di pianificazione non può prescindere da un attento studio dell'area interessata con specifico riferimento sia alla condizione idrologica e geolitologica che ai problemi di stabilità dei versanti, soprattutto nelle aree a notevole rischio di frane.

### Criteri generali

- Evitare versanti con pendenze maggiori al >60%
- Seguire l'andamento del terreno
- Minimizzare i movimenti di terra e compensarli
- Evitare tornanti e curve strette, specialmente su terreni pendenti
- Non superare la pendenza ottimale
- Limitare gli attraversamenti di corsi d'acqua
- Mantenere distanza da corsi d'acqua

# Pianificazione

## Scelta dei nuovi tracciati

### Criteri generali

- Evitare versanti con pendenze maggiori al  $>60\%$



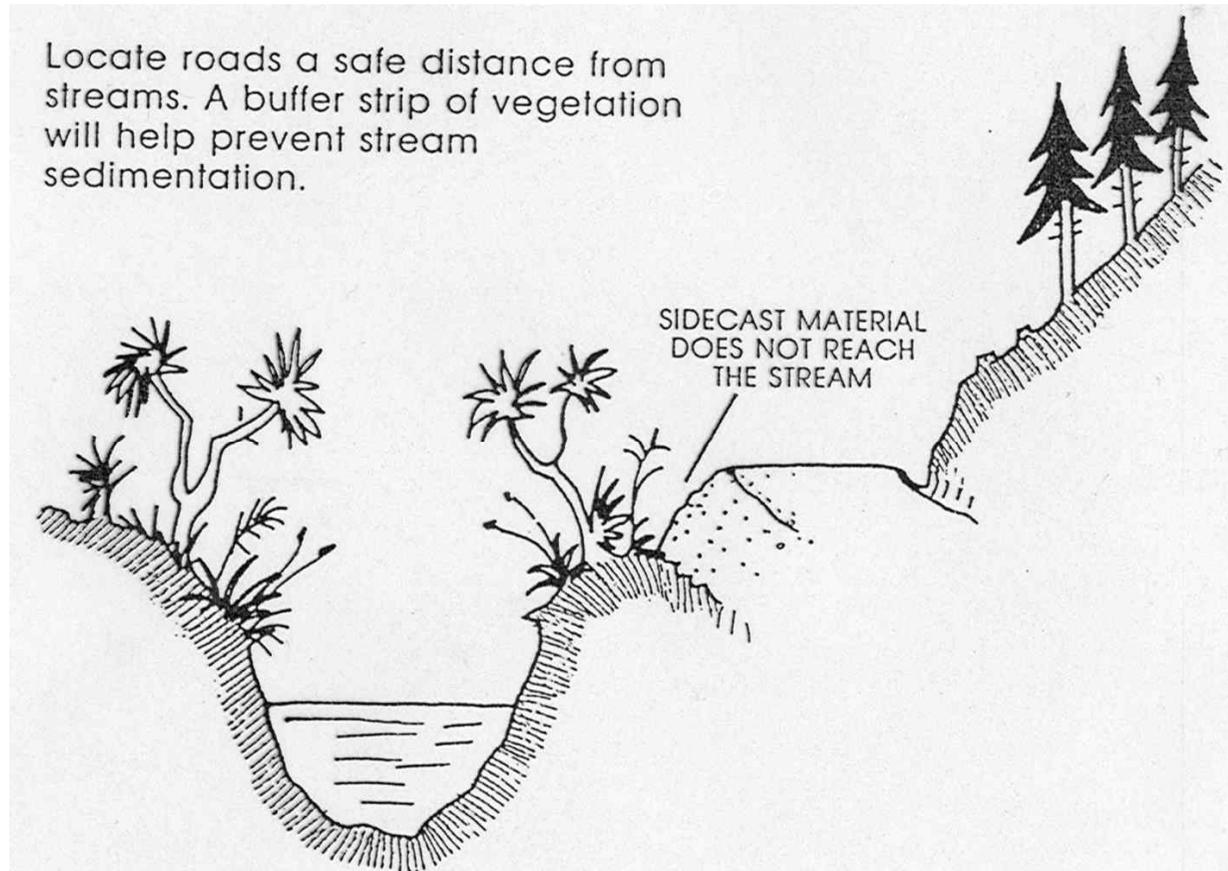
## Pianificazione

### Scelta dei nuovi tracciati

### Criteri generali

- Mantenere distanza da corsi d'acqua

Locate roads a safe distance from streams. A buffer strip of vegetation will help prevent stream sedimentation.

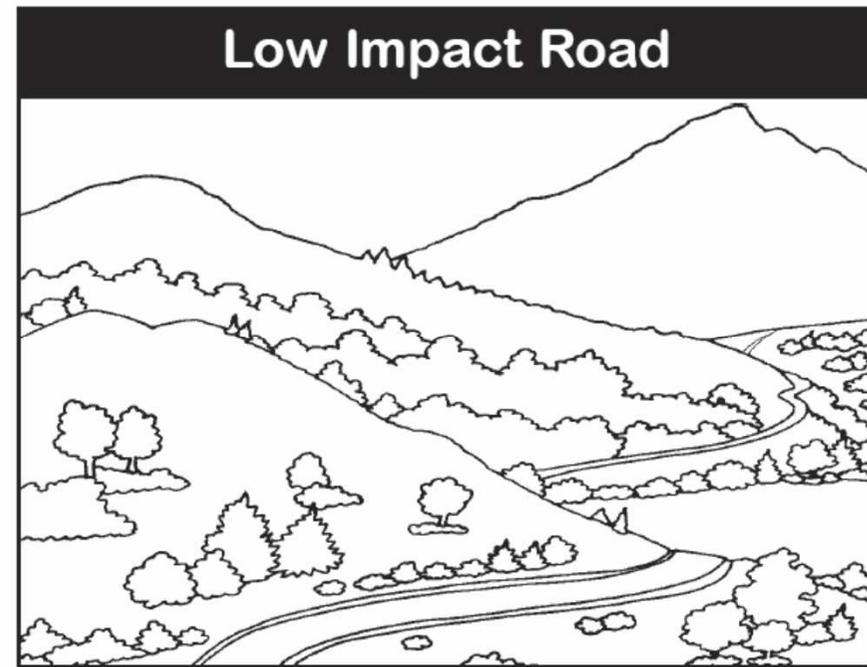
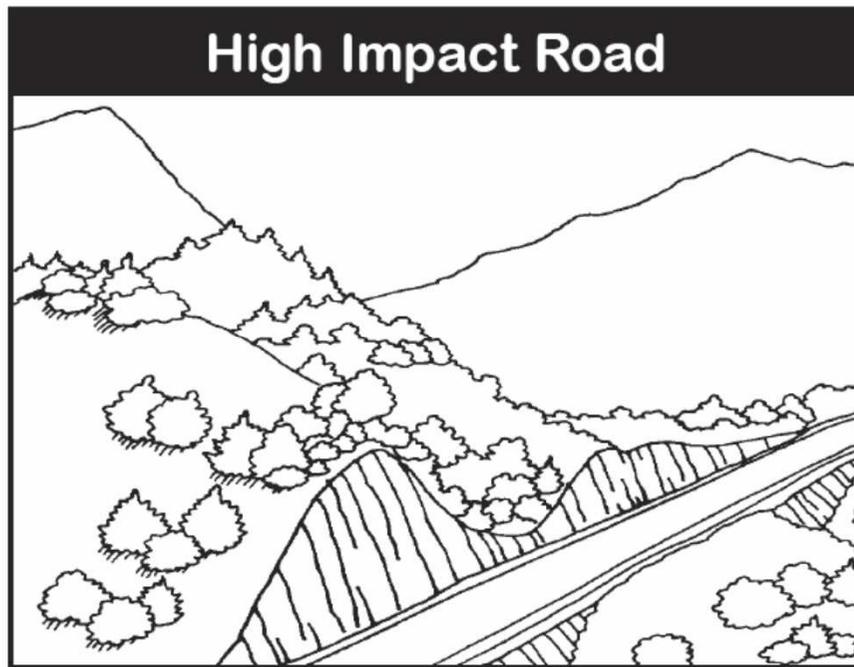


## Pianificazione

### Scelta dei nuovi tracciati

#### Criteri generali

- Seguire l'andamento del terreno

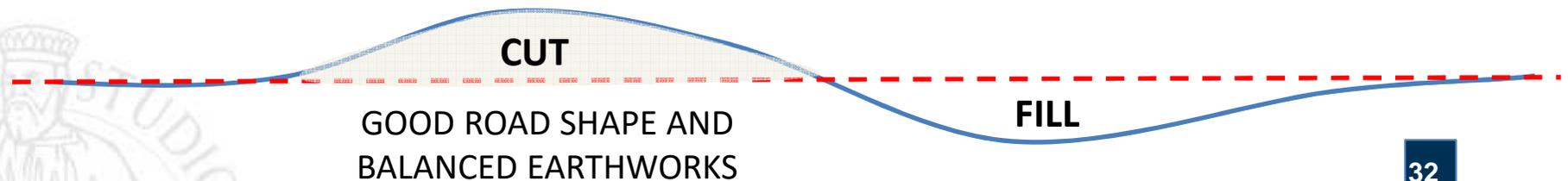
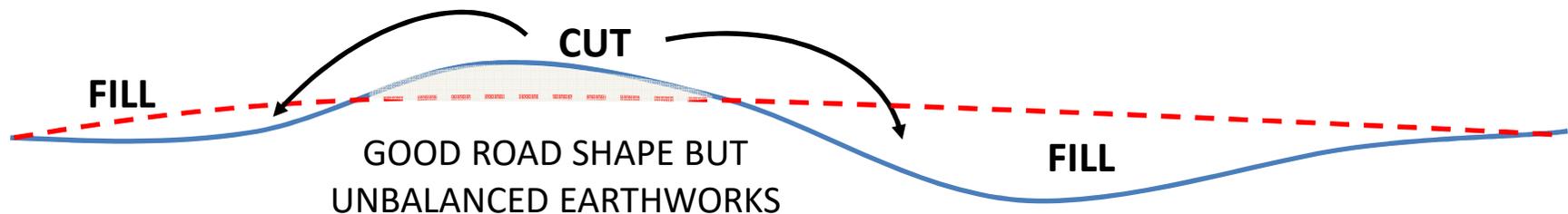
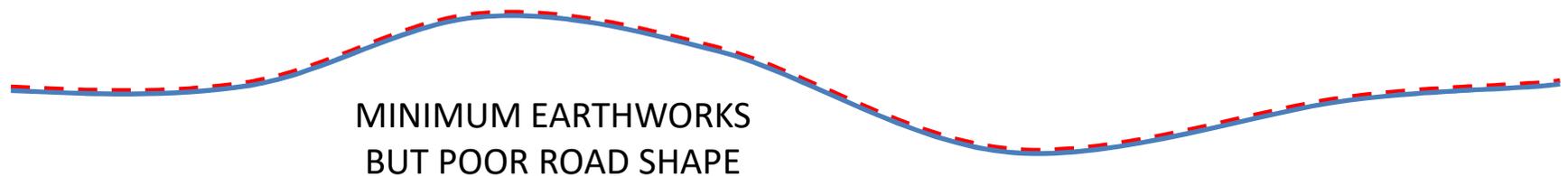


# Pianificazione

## Scelta dei nuovi tracciati

### Criteri generali

- Minimizzare i movimenti di terra e compensarli



## Pianificazione

### Scelta dei nuovi tracciati

#### Criteri generali

- Evitare tornanti e curve strette, specialmente su terreni pendenti

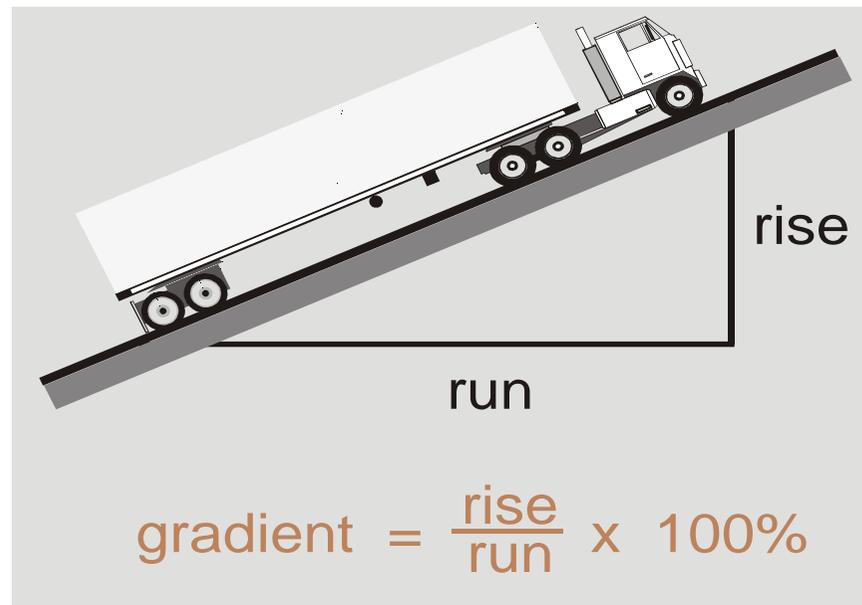


## Pianificazione

### Scelta dei nuovi tracciati

#### Criteri generali

- Mantenere il più possibile la pendenza ottimale

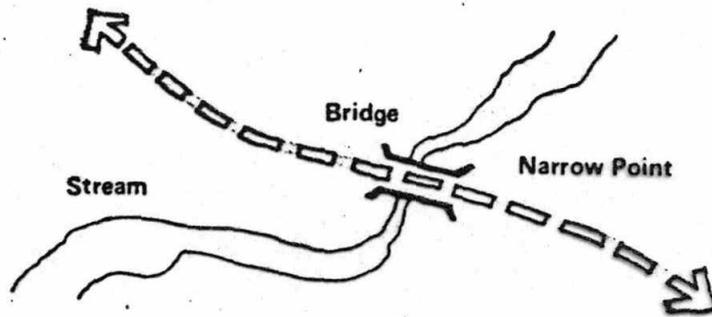


# Pianificazione

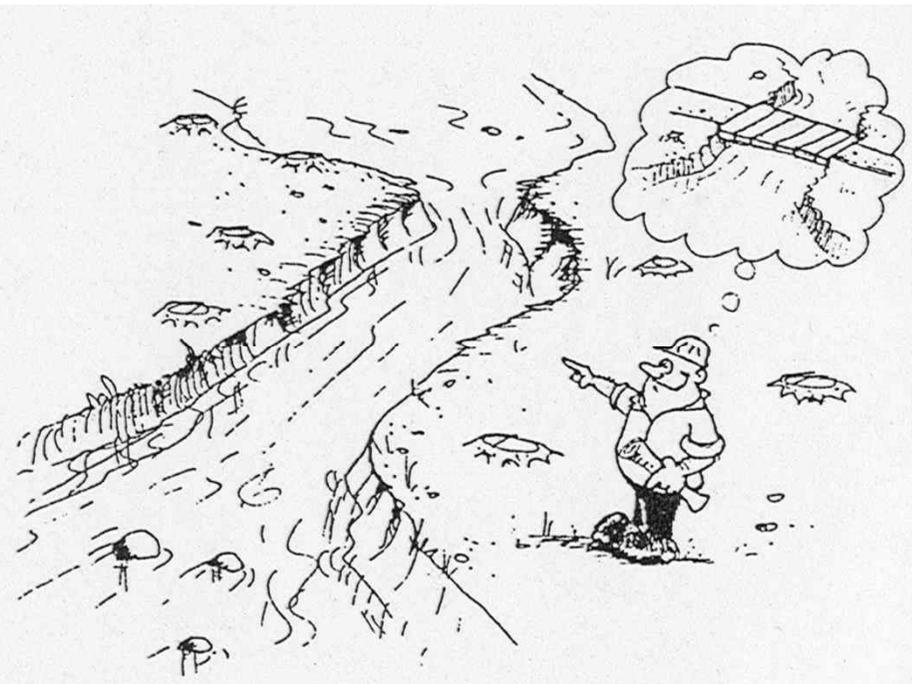
## Scelta dei nuovi tracciati

### Criteri generali

- Limitare gli attraversamenti di corsi d'acqua



Locate all crossings at the narrowest points having stable banks and try to cross at right angles to the stream.





## Pianificazione

**Proposte di nuove strade – identificati punti critici collegamento con pendenza costante**

Identificare il tracciato su carta topografica (1 : 10.000)

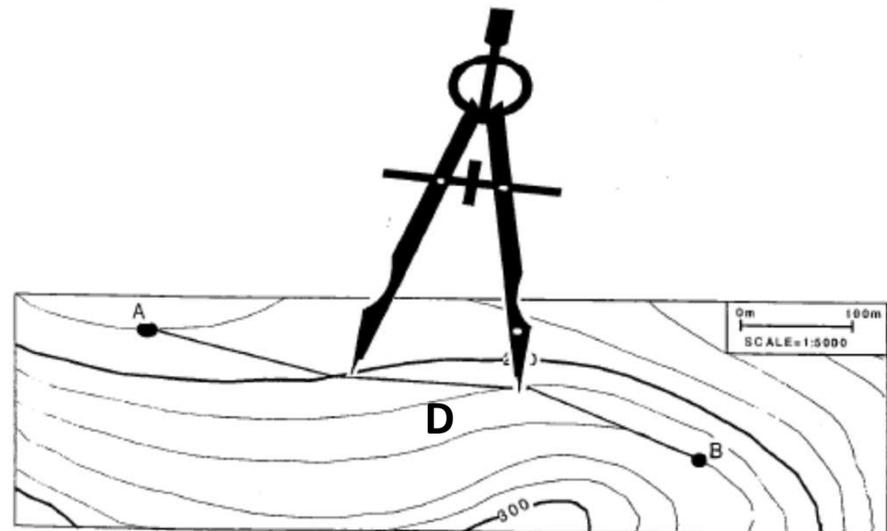
Collegare isoipse con tratti a pendenza costate - Compasso

Utilizzare GIS ove possibile – Caricare il tracciato su GPS per il sopralluogo successivo

Testare varie ipotesi

$$D = \text{Equidistanza} \times 100/p\%$$

P% = pendenza ottimale





## Pianificazione

### Verifica sul terreno delle proposte e accessibilità futura

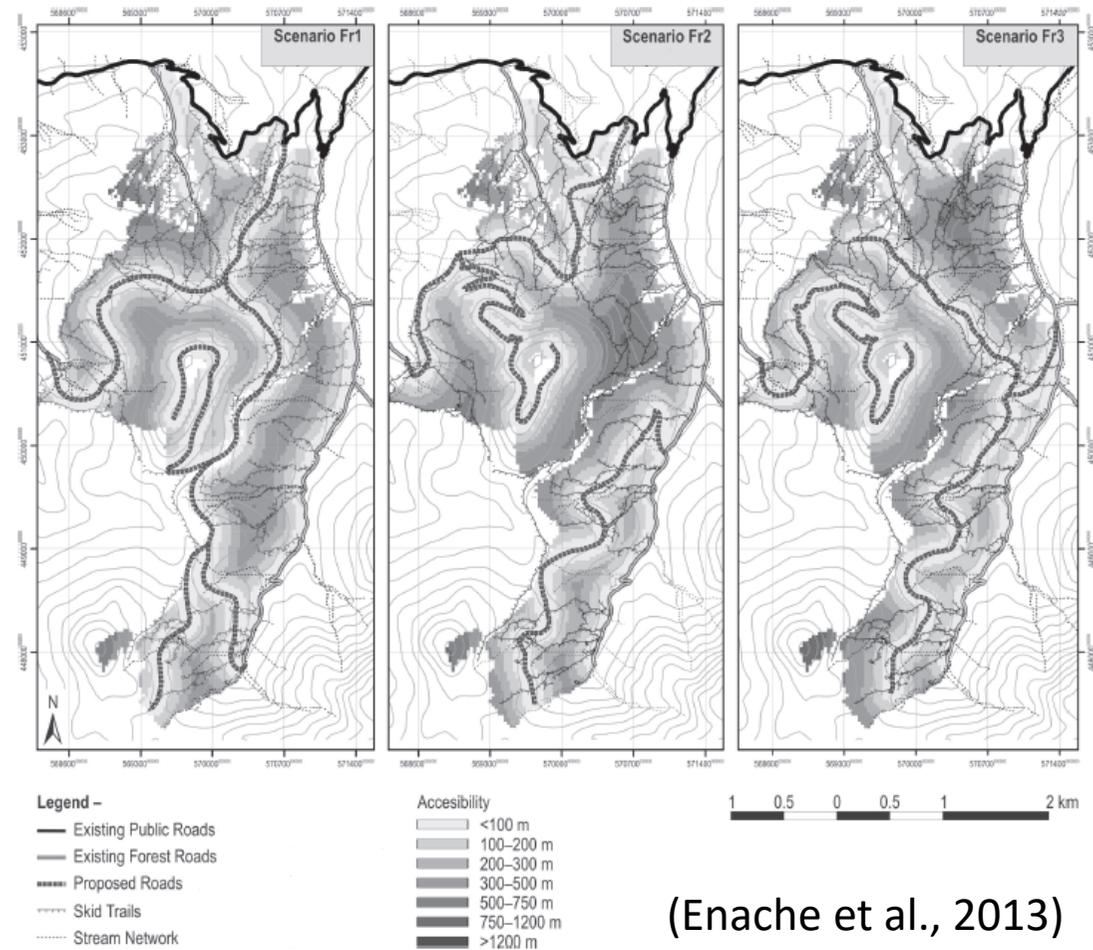
- Percorrere i tracciati ipotizzati:
  - Verificare sul terreno la corrispondenza del tracciato identificato sulla carta
  - Verificare
    - La possibilità di mantenere le pendenze considerate
    - Identificare i punti critici



## Pianificazione

Valutare i diversi scenari:

- Gestionali
- Impatti
- Costi
- Aspetti sociali e rischi  
(Fruizione turistico-ricreativa,  
incendi ecc.)



(Enache et al., 2013)



## Pianificazione

**La scelta del tracciato di una nuova strada o pista, è l'operazione più importante della progettazione.**

**Una volta progettato il tracciato non è più modificabile durante la realizzazione dell'opera.**

**Un tracciato sbagliato resta tale per sempre e comporta impatti sull'ambiente e costi di costruzione e manutenzione inutilmente elevati.**

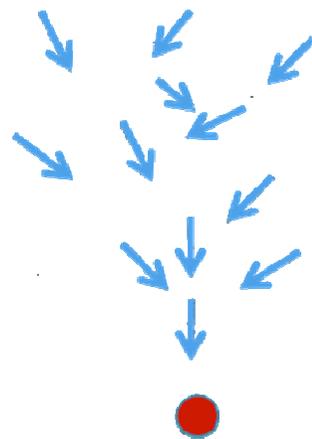


## Pianificazione

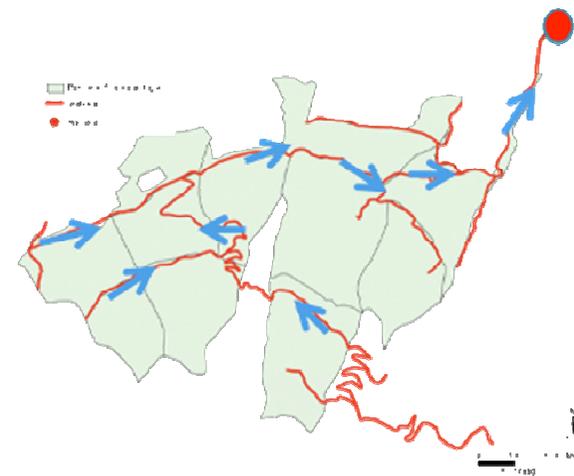
### Esigenze «qualitative» - Trasporto

#### FLUSSI

Il modello ipotizza che il flusso del legname tagliato trasportato sulla viabilità forestale possa comportarsi come l'acqua in un reticolo idrografico



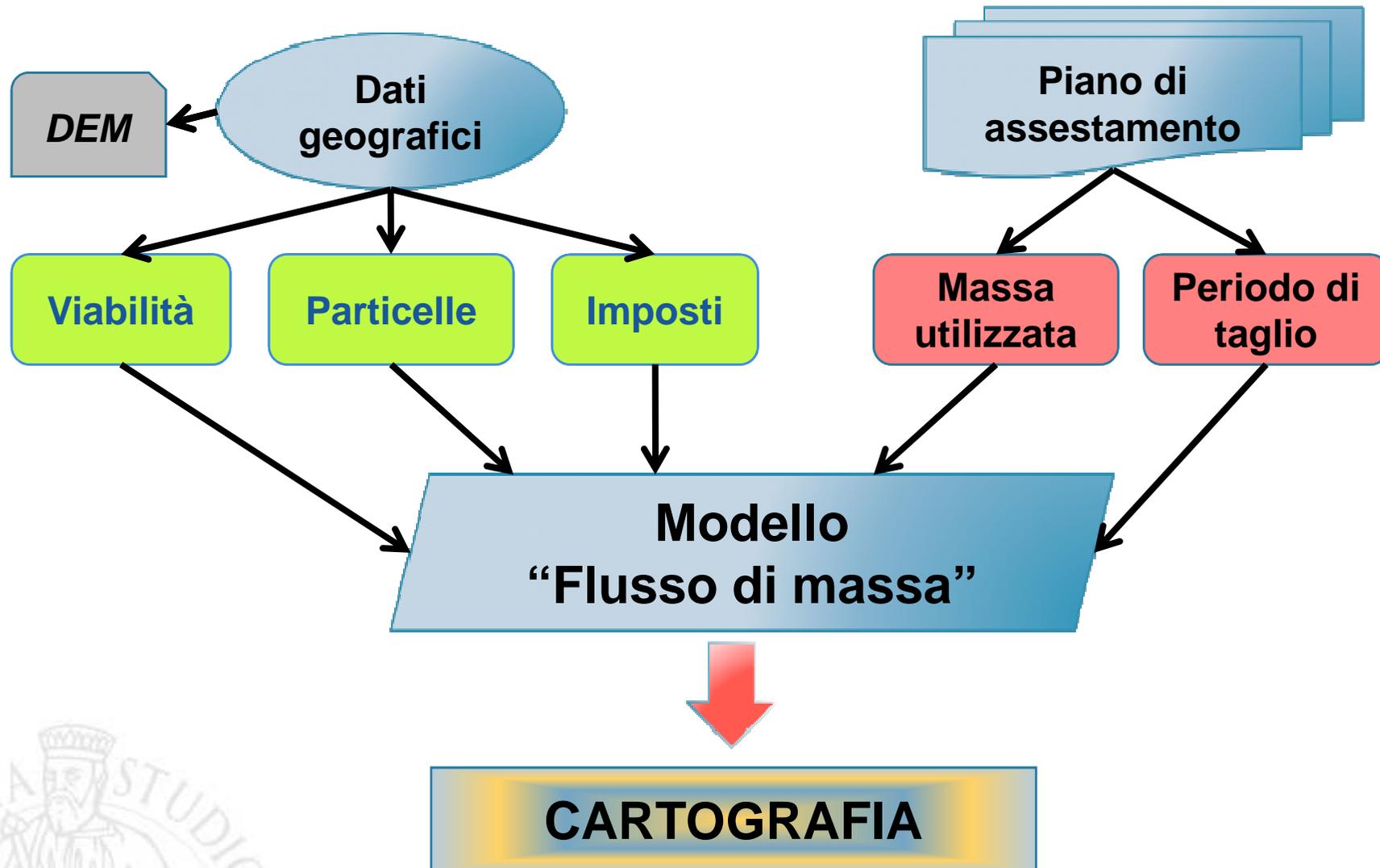
Bacino idrografico



Bacino viario



## Pianificazione





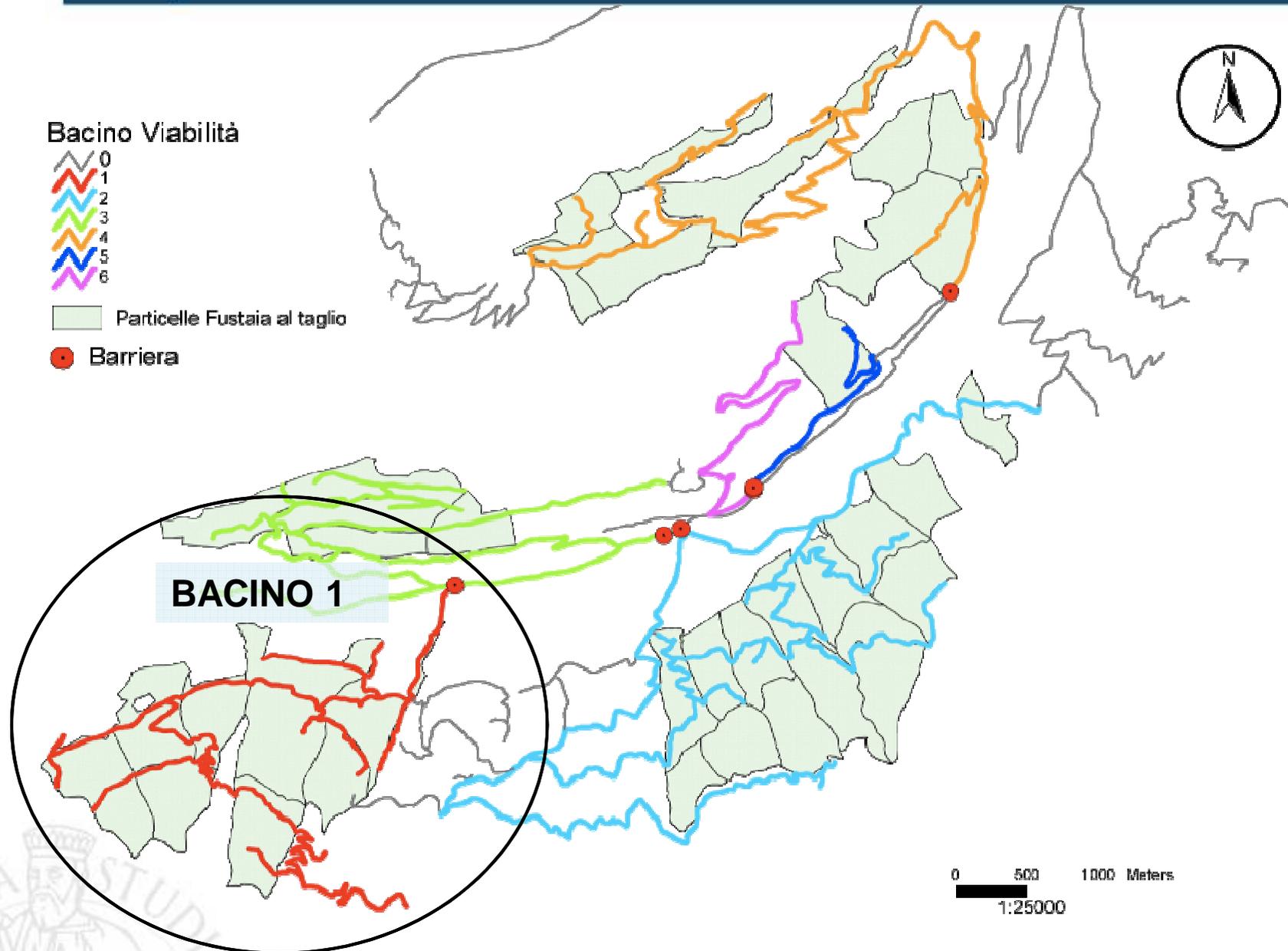
## Pianificazione

### VIABILITÀ

- **Vettoriale continuo** (*soluzioni di continuità inferiori a 5m*)
- **Database: ID e classificazione**
- **Elaborazione in NODI e TRONCHI viari** (*incroci, cambio di classificazione*)
- **Individuazione dei “bacini viari” e “punti di barriera”**
- **Attribuzione del bacino**

**Porzione di rete viaria identificabile da un ramo principale al quale afferiscono più rami indipendenti. La sezione di riferimento finale è individuato dal “Punto Barriera”**







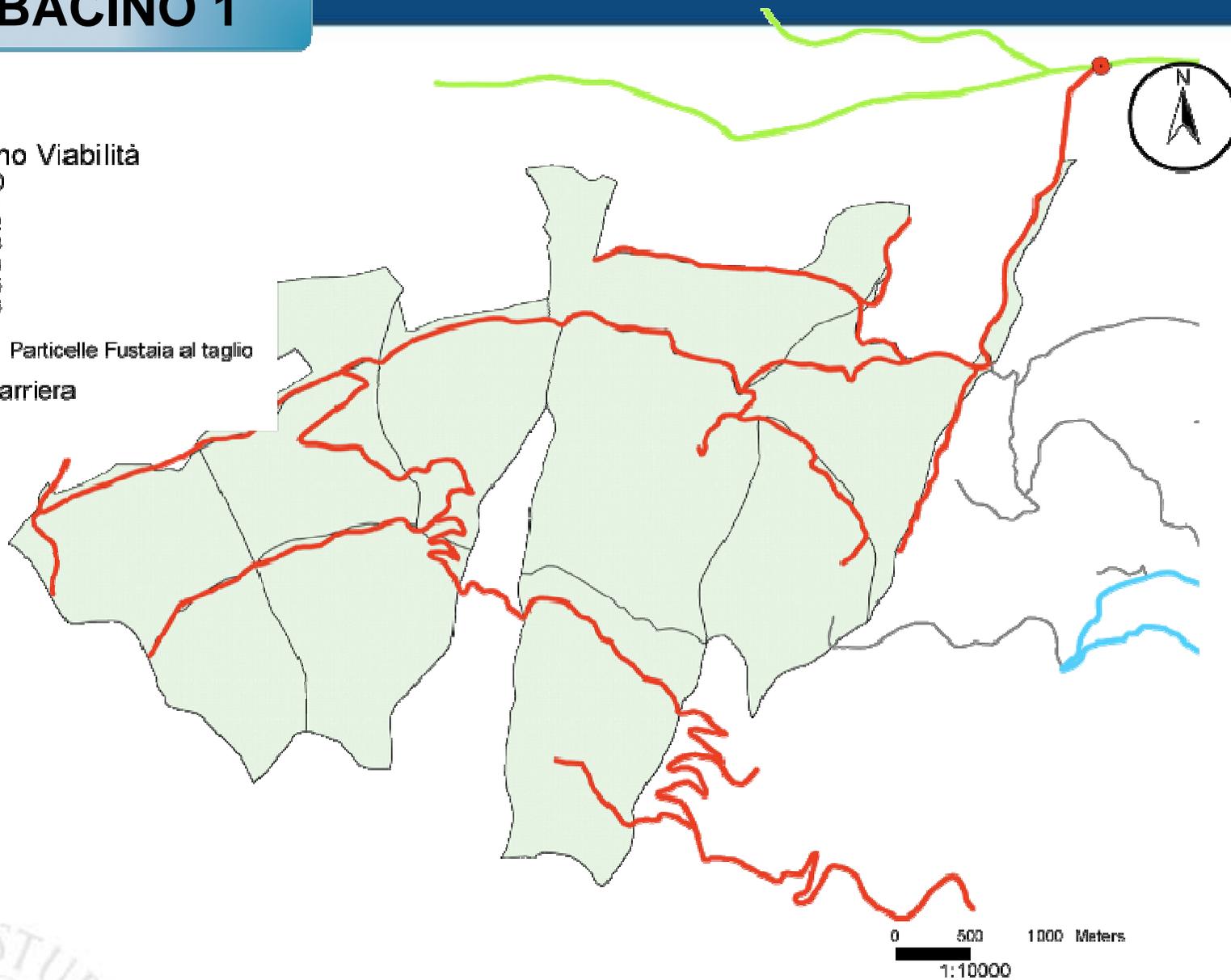
# BACINO 1

## Bacino Viabilità



 Particelle Fustaia al taglio

 Barriera





## PARTICELLE

- **Database: ID, Massa utilizzata e bacino di appartenenza**
- **Individuazione del centroide** (*baricentro geometrico del poligono*)
- **Spostamento del centroide al punto più vicino della strada**





### Bacino Viabilità



 Particelle Fustaia al taglio

 Barriera



0 500 1000 Meters  
1:10000





## ALGORITMO DI CALCOLO

- **CONVERSIONE DEI VETTORIALI IN PIXEL DI 10m**
- **ACCUMULAZIONE DELLE DISTANZE DA PUNTI BARRIERA AI CENTROIDI IN FUNZIONE DEL *DEM***
- **APPLICAZIONE DEL MODELLO “*FLOW DIRECTION*”:  
*calcolo della direzione di flusso***
- **APPLICAZIONE DEL MODELLO “*FLOW ACCUMULATION*”:  
*calcolo del flusso delle masse lungo il reticolo del bacino***
- **APPLICAZIONE DI UN FILTRO PER PULIRE L'ELABORATO  
DA VALORI ANOMALI**



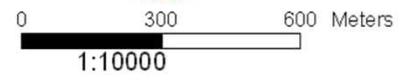


**Flusso (mc)**

311 - 1899
1900 - 3487
3488 - 5075
5076 - 6663
6664 - 8251
8252 - 9839
9840 - 11427
11428 - 13015
13016 - 14604

**Bacino Viabilità**

- 1
- Particelle Fustaia al taglio
- Barriera





## CALCOLO MASSA NEGLI IMPOSTI

- Query sul raster del “*flusso di massa*” con vettoriale degli imposti (*opportunamente sovrapposto*)
- Calcolo somma delle masse sugli imposti principali (*somma dei punti barriera antecedenti l'imposto*)

ID Imposto	Superficie	Capacità	Imposto	Flusso sull'imposto	Imposto finale ( <i>flusso bacino1</i> )
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
2	900	650	Imposto	1271	
5	140	60	Imposto	250	
1	3750	3200	Imposto finale	35	<b>14604 *</b>
3	-	-	Imposto	12782	
4	-	-	Imposto	3113	

