



Provincia Regionale di Catania



Unione Europea



DICA Università degli Studi di Catania

## PROJECT TREN-03-ST-S07.31286

Identification of Hazard Location and Ranking of  
Measures to Improve Safety on Local Rural Roads



*Identificazione e Adeguamento delle Strade Pericolose*

**29 sett. 2006 – Le Ciminiere, Catania**

**Il Ruolo delle Istituzioni nella Sicurezza Stradale  
Il Progetto I.A.S.P. della Provincia Regionale di Catania**

## ***L'INDICE DI SICUREZZA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO***

**GRAZIA LA CAVA**

Università degli Studi di Catania

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



# INTRODUZIONE

## VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRADALE SULLE STRADE EXTRAURBANE LOCALI

MANCANZA DI  
INFORMAZIONI  
ATTENDIBILI  
SUGLI INCIDENTI



PROBLEMI

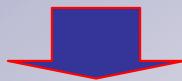


NUMERO BASSO  
DI INCIDENTI  
OCCORSI POCO  
SIGNIFICATIVO  
PER LA  
PREDIZIONE  
DEGLI STESSI

L'INDICE DI SICUREZZA DEL PROGETTO IASP

## SAFETY INDEX (SI)

MODELLI TEORICO SPERIMENTALI



CONGRUENZA DEL TRACCIATO STRADALE

PROCEDURE ISPEZIONI DI SICUREZZA



CONTESTI POTENZIALMENTE PERICOLOSI

# FORMULAZIONE DELL'INDICE DI SICUREZZA

PRESTAZIONI DI SICUREZZA DI UN SEGMENTO STRADALE

DEFINIZIONE DI UNA GRADUATORIA DI RISCHIO

NO INTERSEZIONI

STRADE EXTRAURBANE LOCALI

Fattore  
**ESPOSIZIONE**

Fattore  
**PROBABILITA'**

Fattore  
**GRAVITA'**

$$SI = ESPOSIZIONE \times PROBABILITA' \times GRAVITA'$$

## Il fattore ESPOSIZIONE

Misura l'esposizione dell'utente ai pericoli della strada

$$\text{Fattore ESPOSIZIONE} = L \times \text{TGMA}$$

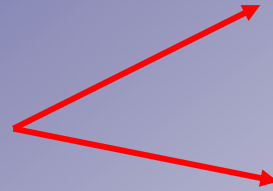


L = lunghezza del segmento stradale considerato (km)

TGMA = Traffico Giornaliero Medio Annuo (veic/giorno)/1000)

## Il fattore PROBABILITA'

CARATTERISTICHE DI  
SICUREZZA DEL  
SEGMENTO



ISPEZIONI DI SICUREZZA

COERENZA DEL TRACCIATO

E

STANDARD PROGETTUALI

**Fattore PROBABILITA' =**  
 $RSI\ AF \times GD\ AF$

RSI AF= fattore relativo alle ispezioni di sicurezza

GD AF= fattore relativo alla geometria dell'asse

# CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLE ISPEZIONI DI SICUREZZA (RSI AF)

Punteggio pesato del jesimo aspetto di sicurezza

1

$$WS_j = \frac{1}{2 \times n \times m_j} \times \sum_{i=1}^{m_j} \sum_{k=1}^{2 \times n} S_{ik}$$

$$0 \leq WS_j \leq 1$$

n= numero delle unità di ispezione che formano il segmento

m<sub>j</sub>= numero dei fattori dettagliati appartenenti all'aspetto di sicurezza

S<sub>ik</sub> = punteggio del fattore dettagliato nella k\_esima unità di ispezione

# CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLE ISPEZIONI DI SICUREZZA (RSI AF) (2)

$$WS_j = \frac{1}{2 \times n \times m_j} \times \sum_{i=1}^{m_j} \sum_{k=1}^{2 \times n} S_{ik}$$

|                  |                                        | 0.8 | 1   | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   |
|------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Margini</b>   |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Protezione rilevati                    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Protezione Bordo ponte                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Terminali o transizioni pericolose     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Alberi, Pali della luce, Ostacoli vari | 0   | 0.5 | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Cunette rettangolari o trapezie        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <b>Accessi</b>   |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Accessi pericolosi                     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   |
|                  | Presenza degli accessi                 | 1   | 1   | 0.5 | 1   | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| <b>Geometria</b> |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Mancanza di visibilità planimetrica    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   |
|                  | Mancanza di visibilità altimetrica     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

|                  |                                        | 0.8 | 1   | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2   |
|------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Margini</b>   |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Protezione rilevati                    | 0.5 | 0   | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0   |
|                  | Protezione Bordo ponte                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Terminali o transizioni pericolose     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Alberi, Pali della luce, Ostacoli vari | 0   | 0.5 | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   |
|                  | Cunette rettangolari o trapezie        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <b>Accessi</b>   |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Accessi pericolosi                     | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                  | Presenza degli accessi                 | 1   | 1   | 0.5 | 0.5 | 1   | 1   | 1   |
| <b>Geometria</b> |                                        |     |     |     |     |     |     |     |
|                  | Mancanza di visibilità planimetrica    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0.5 | 0   | 0.5 |
|                  | Mancanza di visibilità altimetrica     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0.5 |

7  
unità

mj=2

## CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLE ISPEZIONI DI SICUREZZA (RSI AF) (3)

2

$$AF_j = 1 + WS_j \times \Delta AF_j \times P_j$$

$WS_j$  = Punteggio pesato del jesimo aspetto di sicurezza

$\Delta AF_j$  = incremento relativo stimato nel rischio di incidente dovuto al jesimo aspetto di sicurezza

$P_j$  = percentuale della tipologia di incidente influenzata dal jesimo aspetto di sicurezza

3

$$RSI \ AF = \prod_{j=1}^{\ell} AF_j$$

$\ell$  = numero degli aspetti di sicurezza pari a 8

## CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLE ISPEZIONI DI SICUREZZA (RSI AF) (4)

| Aspetti di sicurezza    | Incidenti correlati                                 | $\Delta AF$ (%)     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|
| Accessi                 | Tutti                                               | 135                 |
| Sezione trasversale     | Fuoriuscita<br>Scontro frontale<br>Scontro laterale | 15 - 100<br>f(TGMA) |
| Delineazione            | Tutti                                               | 30                  |
| Segnaletica orizzontale | Tutti                                               | 20                  |
| Pavimentazione          | Tutti                                               | 10                  |
| Margini                 | Fuoriuscita                                         | 0                   |
| Visibilità              | Tutti                                               | 50                  |
| Segnaletica verticale   | Tutti                                               | 20                  |



## CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLE ISPEZIONI DI SICUREZZA (RSI AF) (5)

| Tipologia                         | Percentuale<br>(senza intersezioni) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Frontale                          | 20.2 %                              |
| Fronto laterale                   | 17.3 %                              |
| Laterale                          | 8.9 %                               |
| Tamponamento                      | 11.6 %                              |
| Urto con pedone                   | 2.7 %                               |
| Urto con veicolo in sosta/fermata | 5.4 %                               |
| Urto contro treno                 | 0 %                                 |
| Fuoriuscita                       | 30.3 %                              |
| Frenata improvvisa                | 0.9%                                |
| Caduta da veicolo                 | 1.2 %                               |
| <b>Totale</b>                     | <b>100.0 %</b>                      |

Distribuzione degli incidenti per tipologia delle strade provinciali di  
Catania nel quinquennio 1999-2003

# CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLA GEOMETRIA D'ASSE (GD AF)

## VERIFICHE DI SICUREZZA

## STANDARD PROGETTUALI

### I Criterio di Sicurezza

*coerenza nella geometria orizzontale*

Congruenza tra la velocità di progetto e la velocità operativa degli utenti

### II Criterio di Sicurezza

*coerenza nelle velocità operative*

Congruenza della velocità operativa nel passaggio tra differenti elementi dell'asse

### III Criterio di Sicurezza

*coerenza nella dinamica di guida*

Congruenza tra l'aderenza trasversale assunta in progetto e quella effettivamente richiesta dal veicolo in curva

## CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLA GEOMETRIA D'ASSE (GD AF) (2)

Unica classe di giudizio (GOOD, FAIR, POOR) globale di tutti e tre i Criteri

| Classe di giudizio<br>SC I, SC II, SC III | Fattore di<br>peso (F) |
|-------------------------------------------|------------------------|
| <b>GOOD</b>                               | + 1.0                  |
| <b>FAIR</b>                               | 0.0                    |
| <b>POOR</b>                               | - 1.0                  |

$$(F_I + F_{II} + F_{III})/3 \geq 0.5 \Rightarrow \text{GOOD}$$

$$- 0.5 < (F_I + F_{II} + F_{III})/3 < 0.5 \Rightarrow \text{FAIR}$$

$$(F_I + F_{II} + F_{III})/3 \leq - 0.5 \Rightarrow \text{POOR}$$

## CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLA GEOMETRIA D'ASSE (GD AF) (3)

$$GD\ AF = 1 + WS_{GD} \times \Delta AF_{GD} \times P_{GD}$$

$WS_{GD}$  = punteggio pesato dell'aspetto geometria d'asse

$\Delta AF_{GD}$  = incremento stimato relativo nel rischio di incidente dovuto all'aspetto geometria d'asse

$P_{GD}$  = percentuale della tipologia di incidente influenzata dall'aspetto geometria d'asse

$$\Delta AF_{GD} = 700$$

# CALCOLO DEL FATTORE RELATIVO ALLA GEOMETRIA D'ASSE (GD AF) (4)

$$WS_{GD} = \frac{\sum_{\ell=1}^v WS_{\ell} \times L_{\ell}}{\sum_{\ell=1}^v L_{\ell}}$$

$v$  = numero degli elementi geometrici che formano il segmento omogeneo

$L_{\ell}$  = lunghezza dell'elemento geometrico lesimo

$WS_{\ell}$  = punteggio dell'indice geometria dell'elemento lesimo

| Curve |     | Rettifili                      |     | Incidenti correlati                                                                                  |
|-------|-----|--------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Good  | 0.2 | Verifica totale degli standard | 0.0 | Fuoriuscita Parzialmente (50%):<br>Frontale<br>Scontro laterale (stessa direzione-direzione opposta) |
| Fair  | 0.5 | Lunghezza minima               | 0.1 |                                                                                                      |
| Poor  | 1.0 | Lunghezza massima              | 0.1 |                                                                                                      |

## Il fattore GRAVITA'

CARATTERISTICHE DI  
SICUREZZA DEL  
SEGMENTO

VELOCITÀ OPERATIVA

PERICOLOSITA' DEI  
MARGINI

Fattore GRAVITA' =

$$\left( \frac{V_{85}}{V_{base}} \right) \times RSI \text{ AS}$$

$V_{85}$  = velocità dell'85°percentile media lungo il segmento omogeneo (pesata sulla lunghezza degli elementi)

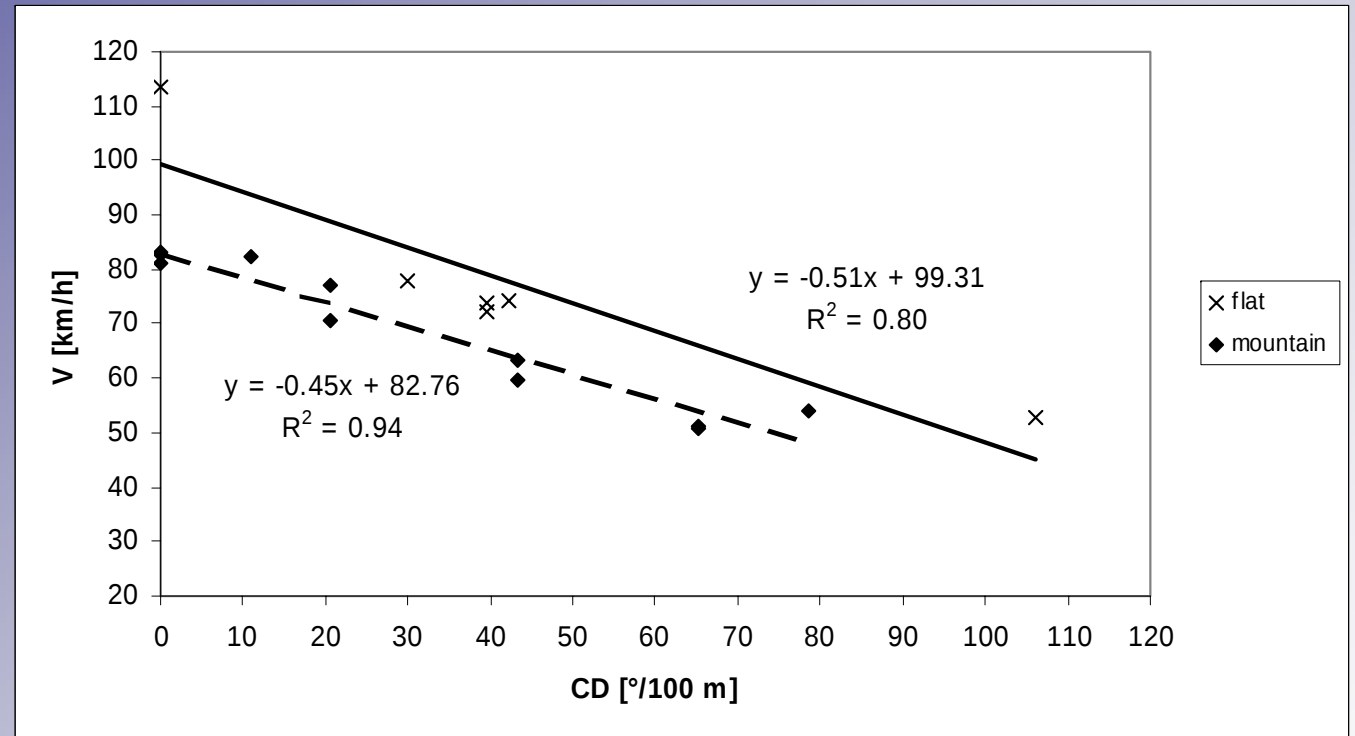
$V_{base}$  = velocità operativa di base per strade extraurbane secondarie (assunta uguale alla velocità limite legale 90 km/h)

RSI AS = fattore relativo alla pericolosità dei margini del segmento omogeneo

# CALCOLO DEL FATTORE DI GRAVITA' RELATIVO ALLA VELOCITA'

$$V_{85} = 99.31 - 0.51 \times CD$$

$$V_{85} = 82.76 - 0.45 \times CD$$



$$CD = \text{grado di curvatura (°/100 m)} = \frac{360 \times 100}{2 \times \pi \times R}$$

$R$  = raggio della curva circolare (m)

# CALCOLO DEL FATTORE DI GRAVITA' RELATIVO AI MARGINI

$$RSI_{AS_{roadside}} = 1 + WS_{roadside} \times P_{roadside} \times \Delta AS_{roadside}$$

$WS_{roadside}$  = punteggio pesato del problema margini

$P_{roadside}$  = percentuale della tipologia di incidente influenzata dal problema margini, uguale alla percentuale di incidenti per fuoriuscita

$\Delta AS_{roadside}$  = incremento relativo stimato nel rischio di incidente dovuto al problema margini assunto uguale a 2 considerando il massimo proporzionale degli incidenti dovuti alla pericolosità dei margini

$$WS_{roadside} = \frac{\sum_{k=1}^{2 \times n} \max_i (Score_{ik} \times Weight_i)}{2 \times n \times 5}$$

$Score_{ik}$  = punteggio dell'aspetto di sicurezza margini nella sezione kesima

$Weight_i$  = peso relativo all'aspetto di sicurezza margini iesimo

| Problema di dettaglio                  | Peso relativo |
|----------------------------------------|---------------|
| Rilevati                               | 3             |
| Ponti                                  | 5             |
| Terminali e transizioni pericolose     | 2             |
| Alberi, pali della luce, ostacoli vari | 2             |
| Cunette                                | 1             |

|                                 |                                        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | Wi | 2n | mj | WSj  |
|---------------------------------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|------|
| A<br>N<br>D<br>A<br>T<br>A      | → Margini                              | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |    |    |    |      |
|                                 | Protezione rilevati                    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0    | 3  | 30 | 5  | 0.80 |
|                                 | Protezione Bordo ponte                 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0    | 5  |    |    |      |
|                                 | Terminali o transizioni pericolose     | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0    | 2  |    |    |      |
|                                 | Alberi, Pali della luce, Ostacoli vari | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0    | 2  |    |    |      |
|                                 | Cunette rettangolari o trapezie        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0    | 1  |    |    |      |
| R<br>I<br>T<br>O<br>R<br>N<br>O | Margini                                | 3.00 | 2.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 0.00 | 3.00 | 3.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 6.00 | 6.00 |    |    |    |      |
|                                 | Protezione rilevati                    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 2    |    |    |    |      |
|                                 | Protezione Bordo ponte                 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |    |    |    |      |
|                                 | Terminali o transizioni pericolose     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 1    | 1    |    |    |    |      |
|                                 | Alberi, Pali della luce, Ostacoli vari | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |    |    |    |      |
|                                 | Cunette rettangolari o trapezie        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |    |    |    |      |

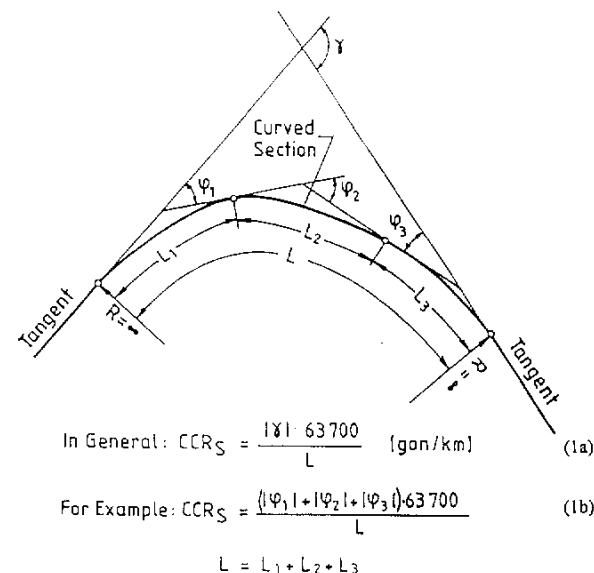
$$SI = ESPOSIZIONE \times PROBABILITA' \times GRAVITA'$$

# SEGMENTAZIONE IN TRATTI OMOGENEI

| Numero tronco | Nome strada | Pr in | Pr fin       | TGM  | SI    |
|---------------|-------------|-------|--------------|------|-------|
| 1             | SP 4II      | 0     | 3463         | 4100 | 37.5  |
| 2             | SP 4II      | 3463  | 6245         | 4100 | 31.89 |
| 3             | SP 4II      | 6245  | 6884         | 4100 | 11.32 |
| 4             | SP 4II      | 6884  | <b>9624</b>  | 5200 | 39.02 |
| 5             | SP 57       | 0     | 4505         | 1800 | 22.73 |
| 6             | SP 57       | 4505  | 5904         | 1800 | 6.709 |
| 7             | SP 69II     | 0     | 3084         | 5500 | 33.57 |
| 8             | SP 69II     | 3084  | 9510         | 1800 | 33.86 |
| 9             | SP 69II     | 9510  | 12625        | 1800 | 18.78 |
| 10            | SP 69II     | 12625 | 17953        | 600  | 7.707 |
| 11            | SP 69II     | 17953 | 18991        | 600  | 1.051 |
| 12            | SP 69II     | 18991 | <b>20447</b> | 600  | 1.663 |
| 13            | SP94        | 0     | 5628         | 900  | 11.71 |
| 14            | SP94        | 5628  | 13264        | 900  | 17.99 |
| 15            | SP94        | 13264 | 15081        | 900  | 4.333 |
| 16            | SP94        | 15081 | <b>18069</b> | 900  | 8.318 |
| 17            | SP104       | 0     | 6854         | 1200 | 20.89 |
| 18            | SP104       | 6854  | 9263         | 1200 | 8.877 |
| 19            | SP104       | 9263  | 11483        | 1200 | 9.093 |
| 20            | SP104       | 11483 | 14357        | 2900 | 22.78 |
| 21            | SP104       | 14357 | <b>16451</b> | 2900 | 16.98 |
| 22            | SP231       | 0     | <b>3887</b>  | 3500 | 32.65 |
| 23            | SC4         | 0     | 1175         | 4500 | 13.91 |
| 24            | SC4         | 1175  | 2990         | 4000 | 19.27 |
| 25            | SC4         | 2990  | 5155         | 4000 | 21.61 |
| 26            | SC4         | 5155  | <b>6300</b>  | 4000 | 16.53 |
| 27            | SP 28II     | 0     | 1260         | 1100 | 2.93  |
| 28            | SP 28II     | 1260  | 4607         | 1100 | 12.25 |
| 29            | SP 28II     | 4607  | 7186         | 1100 | 5.868 |
| 30            | SP 28II     | 7186  | <b>12460</b> | 1100 | 10.46 |

## 1 VOLUME DI TRAFFICO

## 2 CCR CUMULATO

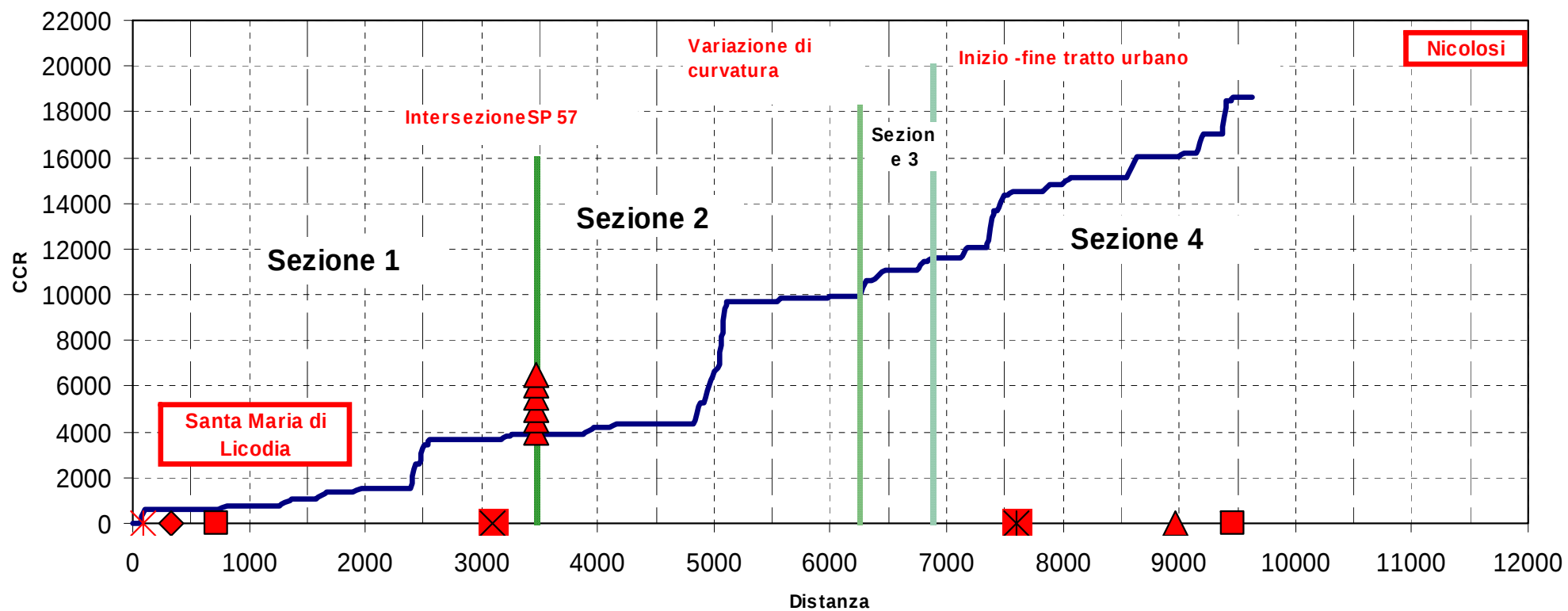


$$CCR_S = \frac{\phi \times 63,700}{L}$$

$$CCR_{cumi} = CCR_{prec} + CCR_i$$

# SEGMENTAZIONE IN TRATTI OMOGENEI

## SP 4 II



# CONCLUSIONI

- L'indice di sicurezza definito nel progetto IASP, attraverso l'utilizzo di due approcci complementari (i modelli teorico sperimentali e le ispezioni di sicurezza), consente la valutazione del livello di rischio complessivo e dei singoli fattori che contribuiscono a determinarlo;
- Il modello si presta ad essere utilizzato sia in presenza di dati incidentali che in assenza degli stessi;
- L'indice di sicurezza è un supporto quantitativo per la definizione delle priorità di intervento.