

COMUNE DI NAPOLI

PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA CAVA DI TUFO DISMESSA IN LOCALITA' CUPA VITRO CON ACCESSO DA VIA CINQUE CERCOLE LOCALITA' CHIAIANO



Committente: Ecocave S.R.L.

Titolo: Relazione trasportistica

RT. 01

- ☐ PRELIMINARE
☒ DEFINITIVO
☐ ESECUTIVO



PROGETTO VERDE COOP. R.L.
STUDIO di ARCHITETTURA del PAESAGGIO
Via F. Crispi, 74 - 80121 NAPOLI
Tel.-Fax +39 081 7642169
E-mail info@progettoverde.eu

Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi

Arch. Alessandro Cirillo
Paesag. Rosanna Annunziata

CONSULENZA: GEOLOGICA Geol. Gaetano Ciccarelli
IDRAULICA
GEOTECNICA

TRASPORTISTICA Ing. Claudio Troisi

data	SETTEMBRE 2018					formato	scala
rev.	descrizione	scala	data	formato	elaborato da	controllato da	approvato da

SOMMARIO

PREMESSA	2
1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	3
2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	4
3 IL MODELLO DI PREVISIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO	5
3.1 Il modello di offerta di trasporto	5
3.1.1 L'area di intervento, l'area di studio e zonizzazione	6
3.1.2 Il grafo stradale	8
3.1.3 Le funzioni di costo.....	12
3.2 Il modello di assegnazione	17
3.2.1 Caratteristiche generali del software T.Model	18
3.2.2 Implementazione del modello di offerta stradale su TModel	24
3.2.3 Verifica del modello di offerta mediante T.Road.....	25
3.2.4 La stima della matrice Origine-Destinazione attuale	26
3.2.5 Assegnazione della domanda e analisi delle criticità	26
4 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI.....	27
4.1 Scenari Attuali	27
4.1.1 Scenario Attuale nell'ora di punta.....	27
4.1.2 Scenario Attuale nell'ora di morbida.....	29
4.2 Scenari di Progetto	31
4.2.1 Quantitativo degli inerti e numero dei mezzi di trasporto necessari	31
4.2.2 Scenario di Non Intervento (riferito all'ora di punta)	34
4.2.3 Scenario Regolamentato (riferito all'ora di morbida)	36
5 CONFRONTO TRA GLI SCENARI E CONCLUSIONI	38

PREMESSA

Nell'ambito della valutazione di assoggettabilità a VIA del progetto di "Recupero ambientale della cava di tufo dismessa "Fondo Zara" in via Cupa Vitro con accesso in via Cinque Cercole in località Chiaiano" proposto da **Ecocave S.r.l.**, è stata formulata dalla: Direzione Centrale Ambiente, Tutela del Territorio e del Mare – Servizi Controlli Ambientali del Comune di Napoli, un'osservazione circa il possibile impatto sul "sistema trasporti", circostante l'area di intervento, dovuto all'incremento dei mezzi pesanti transitanti sulla rete stradale.

Al fine di rispondere all'osservazione formulata, il presente documento riporta una valutazione degli impatti che la realizzazione dell'intervento, con particolare riferimento alla fase di cantiere, avrà sul sistema dei trasporti dell'area, analizzando gli impatti attraverso opportune analisi e verifiche trasportistiche.

L'analisi è stata condotta mediante l'implementazione di un modello di simulazione di traffico che ha consentito di valutare la distribuzione dei flussi veicolari ed eventuali criticità, sia nello scenario attuale che nello scenario di progetto (affidente alla fase di cantiere).

In particolare, il funzionamento del sistema stradale principale è stato simulato ipotizzando due diverse ipotesi di movimentazione dei mezzi pesanti in arrivo e in uscita dall'area delle cave: una prima ipotesi prevede che i mezzi transitino senza nessuna limitazione degli orari, una seconda, invece, che vi sia una limitazione degli orari di transito nelle ore di punta della mattina e del pomeriggio effettuando, poi, un confronto tra i due scenari esaminati.

Il documento che si presenta contiene, oltre ai risultati, anche le metodologie utilizzate nell'analisi condotta.

1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'ambito territoriale di riferimento è il quartiere di Chiaiano, rientrante nell'ottava municipalità (Piscinola, Marianella, Chiaiano, Scampia) del comune di Napoli. Chiaiano è il più occidentale dei quartieri periferici settentrionali, ma anche quello che ha meglio conservato l'integrità e l'identità del territorio con ampie aree boschive ed agricole. Si estende per circa 960 ettari sulle falde delle colline del Vomero e dei Camaldoli, con altimetrie che variano dai 420 ai 120 m s.l.m. Dal punto di vista urbanistico, il territorio ha subito diverse trasformazioni, le più importanti nel XX secolo con la nascita della zona ospedaliera; nonostante lo sviluppo edilizio non sia privo di errori, il territorio collinare ha preservato molte delle sue valenze paesaggistiche e naturalistiche.

La cava oggetto di intervento si trova nel territorio occidentale del quartiere di Chiaiano, adibito in passato principalmente a funzione boschiva e conosciuto come "Selva di Chiaiano". Rientra nell'ambito n. 33 della Variante generale al PRG di Napoli ("Parco a prevalente funzione boschiva della selva di Chiaiano").

L'area è parte del Parco Metropolitano delle Colline di Napoli (PMCN) istituito con delibera di Giunta della Regione Campania n°855 nel 2004 seguito dalla Legge Regionale n°17 del 2003. L'area rientra sia nella "zona di riserva generale" (zona B) che nella "zona di riserva controllata" (zona C), definite dalle Norme di Salvaguardia del Parco, che rimandano alla zonizzazione della variante al PRG. La non uniformità della classificazione della superficie della cava è da imputarsi al periodo di redazione del PRG; strumento redatto nel 2004 e che inquadrava la cava all'interno della zona C. Dal 2004 l'ampliamento della Cava ha interessato aree ricadenti in zona B.

In quanto rientrante nel perimetro del Parco Metropolitano delle Colline di Napoli, è vincolata ai sensi del D.Lgs. 42/04, art. 142 – Codice Urbani.

L'area di cava interessata dal progetto, allo stato attuale, è inattiva e occupa un'area individuata nel N.C.T. di Napoli al Foglio di mappa n. 29, particella 2. La cava ha una superficie di 56.700 mq.

Nel complesso l'area di cava interessata dal progetto di ricomposizione si presenta come una fossa di forma rettangolare, che si sviluppa lungo l'asse sud-ovest/nord-est per una lunghezza di circa 344 m ed una larghezza variabile da 85 m nella porzione meridionale, sino a 230 m in quella settentrionale.

Il fondo della cava è occupato da un sistema articolato di piazzali e rilievi d'accumulo separati dalla presenza di aree seminaturali circondate da fronti di cava subverticali, a basso grado di fratturazione aventi altezza massima di 70 m.

Sul lato orientale, la Cava Zara confina con altra cava dismessa e non rientrante nella stessa proprietà, dalla quale è separata da un setto tufaceo integro avente spessore di circa 8-12 m.

I piazzali di cava, attualmente in fase di rinaturalizzazione spontanea con una vegetazione arborea di pioppi, robinie, ailanto ed uno strato arbustivo, si raccordano con i terrazzi di cava alle quote superiori mediante versanti acclivi, con boscaglie miste di latifoglie di ricolonizzazione.

2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Nel seguito si riporta una sintetica descrizione dell'intervento di progetto, rimandando agli elaborati specifici per eventuali approfondimenti.

Il progetto di riconfigurazione morfologica prevede di utilizzare per il riempimento materiali inerti di risulta. La superficie complessiva è di circa 52.000 mq con altezze variabili che vanno dai 70 mt del fronte sud ovest ai 40 metri del versante nord. Il progetto di riempimento avverrà mediante l'impiego di un volume di inerti stimabile, in funzione delle varianti progettuali prescelte, tra 1.300.000 mc e 1.500.000 mc.

Il riempimento (di circa 1.500.000 mc.) avverrà gradualmente dal punto più basso (+1.90) e proseguirà per fasi andando di volta in volta a ricollegarsi con le quote presenti sui diversi terrazzamenti originari. Con la ricostruzione orografica si andranno così a riconfigurare le originarie curve di livello, in modo da permettere un idoneo deflusso delle acque.

Sulla superficie modellata e costituita da inerti non pericolosi, sarà riportato prima taglione di tufo attualmente presente nell'area e, successivamente, il terreno vegetale opportunamente miscelato, per una altezza che va da m 0,90 a m 1,00.

Al termine di questa fase saranno piantumati alberi appartenenti alla serie fitologica dell'area, unitamente all'inserimento della vegetazione arbustiva di essenze presenti in zona quali quelle della macchia mediterranea, per raccordare le pareti ed il terreno circostante al nuovo terreno vegetale per mezzo dell'azione antierosiva delle radici.

3 IL MODELLO DI PREVISIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO

3.1 Il modello di offerta di trasporto

In generale, la simulazione del funzionamento di un sistema di trasporto avviene mediante l'utilizzo di modelli matematici in grado di rappresentare l'offerta di trasporto, stimare la domanda di spostamenti che impegna il sistema nel periodo di riferimento, e simulare l'interazione tra la domanda di spostamenti e l'offerta di trasporto, in modo da valutare i flussi sugli elementi rappresentativi del sistema (archi della rete) e le prestazioni degli stessi e del sistema in termini di congestione, inquinamento, tempi e chilometri percorsi, accessibilità, eccetera.

Per la rappresentazione dell'offerta di trasporto, i modelli utilizzano, da un lato, la teoria dei grafi e delle reti, per rappresentare la struttura topologica e funzionale del sistema, dall'altro, i risultati di diverse discipline dell'ingegneria dei trasporti, per descrivere le prestazioni e le interazioni degli elementi che lo compongono.

Un grafo è in generale un insieme di nodi e di archi orientati che li collegano mentre, si definisce *rete*, un grafo ai cui archi è associata una caratteristica quantitativa. Ciascun arco del grafo, utilizzato per rappresentare il sistema di trasporto, corrisponde ad una fase dello spostamento; nel caso specifico la percorrenza del tronco stradale è caratterizzato da un tempo di trasferimento e/o da altri oneri sopportati dall'utente (es. costo monetario e discomfort).

Per ridurre il costo ad un'unica grandezza scalare, *costo generalizzato medio*, a seconda dei casi, si può prendere in esame la componente più rilevante per gli utenti, di solito il tempo di trasferimento, oppure si procede all'omogeneizzazione delle diverse componenti in un costo generalizzato, utilizzando coefficienti di omogeneizzazione, il cui valore può essere stimato con modelli matematici.

In generale, nei sistemi di trasporto, il costo medio di un arco, o alcune sue componenti, dipende dal flusso di utenti che utilizza l'elemento rappresentato dall'arco stesso e, in alcuni casi, anche dai flussi che impegnano altri elementi del sistema. Per effetto di questo fenomeno, detto *congestione*, il costo medio di trasporto relativo a ciascun arco del grafo è, in generale, funzione sia del flusso che percorre l'arco in esame che di quelli che percorrono altri archi del grafo. La funzione matematica che consente di calcolare il costo medio di trasporto di ciascun arco, in corrispondenza di un dato insieme di valori dei flussi di arco, prende il nome di *funzione di costo*.

Costruito il modello di offerta, a ciascun arco del grafo è possibile associare, mediante un modello di previsione dei flussi di traffico, un *flusso di arco*, ovvero il numero medio di veicoli che lo percorrono in un intervallo temporale prefissato, nel caso specifico l'*ora di punta* di un giorno medio feriale.

Il flusso di arco è una grandezza scalare poiché le grandezze che lo compongono sono entità non omogenee (per esempio diverse classi di veicoli); i flussi, pertanto, sono omogeneizzati mediante l'impiego di opportuni coefficienti di equivalenza. Se si adotta come categoria di riferimento quella delle autovetture, i flussi di veicoli di altre categorie sono trasformati in flussi di autovetture equivalenti, con coefficienti di equivalenza maggiori di uno se il contributo alla *congestione* è maggiore di quello delle auto (autobus, mezzi pesanti, ecc.), minore in caso contrario (moto, biciclette). Nel presente studio si è considerato il flusso in *autovetture equivalenti*.

Dal punto di vista metodologico, nel caso in esame, la costruzione del modello di offerta è avvenuta attraverso la

sequenza di fasi riportate di seguito:

- a- delimitazione dell'area di studio;
- b- zonizzazione;
- c- costruzione del grafo stradale;
- d- individuazione delle funzioni di costo.

3.1.1 L'area di intervento, l'area di studio e zonizzazione

Il territorio oggetto dell'intervento di recupero ambientale della cava di tufo dismessa "Fondo Zara" rappresenterà l'area di intervento.

Come *area di studio* si è assunta l'intera area metropolitana di Napoli all'interno della quale si risentiranno gli effetti degli interventi oggetto dello studio.

Per procedere alla *modellizzazione* del sistema, si è suddivisa l'area di studio in *zone di traffico*, fra le quali avvengono gli spostamenti che riguardano l'area in esame. Tali spostamenti sono definiti *interzonali*, mentre quelli che avvengono all'interno della stessa zona di traffico e che non sono stati considerati nell'ambito di tale studio, sono definiti *intrazonali*.

Poiché l'obiettivo della zonizzazione è quello di approssimare tutti i punti di inizio e fine degli spostamenti *interzonali* con un unico punto detto *centroide di zona*, il criterio seguito per procedere ad implementarla è quello di individuare le porzioni dell'area, omogenee da un punto di vista trasportistico, tra le quali tali concentrazioni di spostamenti permettono di considerare le ipotesi fatte accettabili.

Nel caso specifico, a partire dalla zonizzazione messa a punto in occasione della redazione del Piano della rete stradale primaria, approvato dal Consiglio Comunale con delibera n.244 del 18 luglio 2002, sono state suddivise le zone di traffico dell'area al confine nord-occidentale a livello comunale: Marano, Mugnano, Villaricca, Giugliano, eccetera.

In definitiva le zone sono risultate 224 così suddivise:

- 8 relative all'area di intervento e coincidenti con il territorio circoscrizionale di Chiaiano;
- 137 interne al comune di Napoli;
- 79 esterne al comune di Napoli e appartenenti all'area metropolitana.

Di seguito è riportata la zonizzazione dell'area di intervento.

A valle della procedura di suddivisione in zone di traffico del territorio, si è proceduto all'esatta collocazione dei *centroidi*, punti in cui si ipotizza abbiano origine e destinazione i singoli spostamenti.

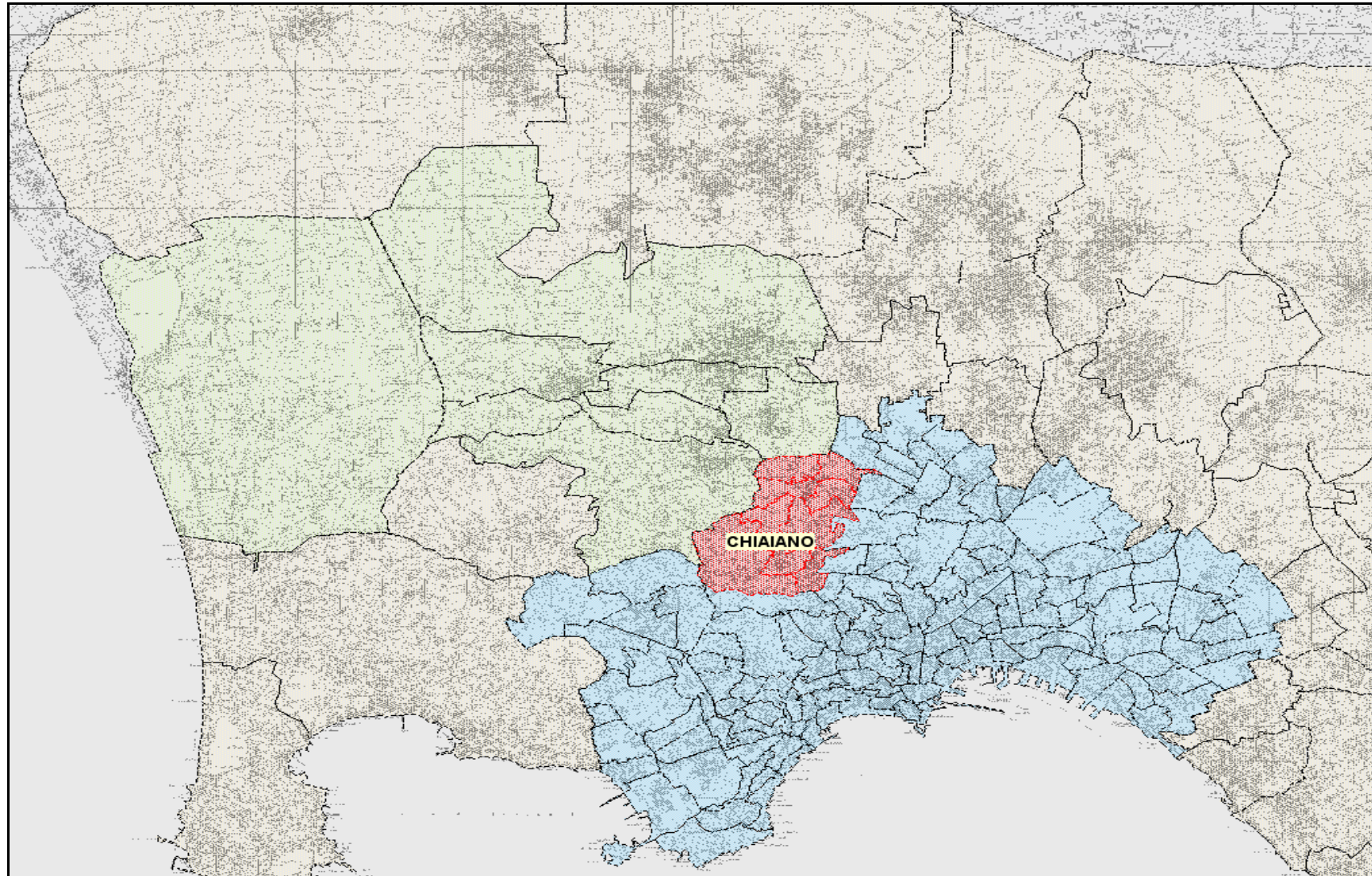


Figura 3.1.1.1 – Area di intervento e Zonizzazione

Via E. Di Marino, 11, 84013 Cava de' Tirreni (SA)
P. IVA 03772980656 tel. 089/8420196 fax 089/8422580
e-mail info@incoset.it
pec postmaster@pec.incoset.it

www.incoset.it

ASSOCIATO
oice
Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

CERTIFICAZIONE DEL SISTEMA
QUALITA'



certificato n° IT274802

3.1.2 Il grafo stradale

L'estrazione del *grafo*, ovvero la schematizzazione dell'offerta di trasporto mediante un grafo, è consistita, fondamentalmente, nell'individuazione di quei punti (nodi) e dei loro collegamenti (archi) che si sono ritenuti significativi ed utili al perseguimento degli obiettivi preposti.

Occorre precisare che non tutti i nodi schematizzati rappresentano gli estremi di un tronco stradale; infatti, alcuni di essi, individuano punti singolari, come ad esempio un restringimento della carreggiata oppure una curva; altri, i cosiddetti *nodi centroidi*, come già detto, sono quei nodi nei quali si ipotizzano concentrati i punti terminali degli spostamenti in ingresso o in uscita da ciascuna zona di traffico e posizionati in maniera baricentrica rispetto alla popolazione della zona che rappresentano.

Nell'area di studio, il grafo stradale estratto comprende la viabilità principale esistente; in particolare, in prossimità dell'area di intervento essa è costituita da:

- circoscrizione di Chiaiano;
- perimetrale di Scampia;
- via S. Maria a Cubito;
- via Nuova Toscanella;
- via Campano.

Inoltre, ai fini dello studio, si è considerata anche la viabilità secondaria dell'area di intervento; in particolare sono state considerate:

- Corso Chiaiano;
- via Tirone;
- strada Comunale Margherita;
- via Barone;
- via Della Croce;
- via Arco di Polvica;
- strada Comunale Chiesa di Polvica;
- strada Comunale S. Croce;
- via Cupa I Vitro;
- la strada vicinale delle Cinque Cercole;
- comunale via Fragolaria;
- via Pendino;
- strada provinciale Marano Pianura.

Nella

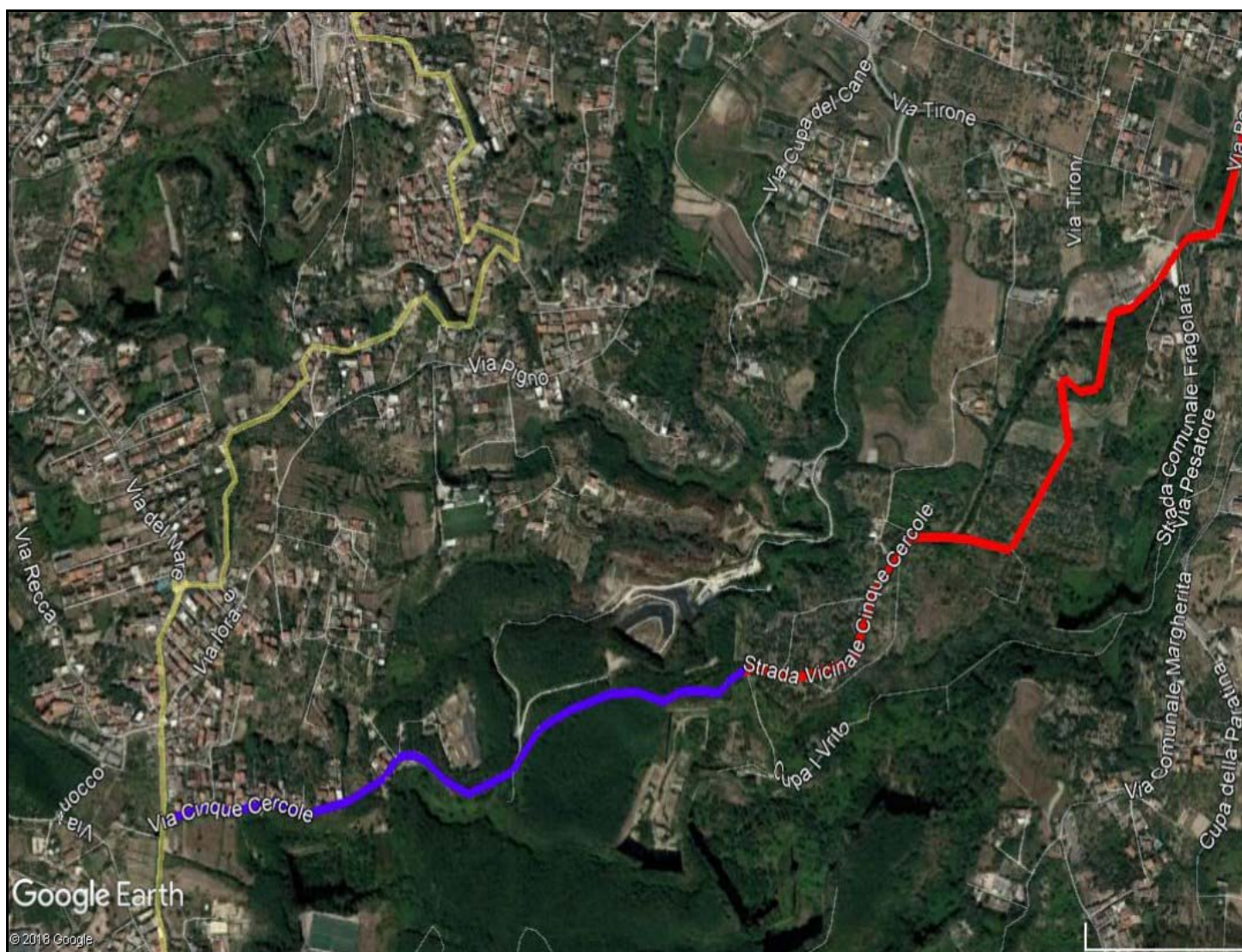


Figura 3.1.2.1 si riporta la rete stradale utilizzata per giungere alla cava di tufo dismessa "Fondo Zara" oggetto di studio mentre nella Figura 3.1.2.2 è riportato il relativo grafo.

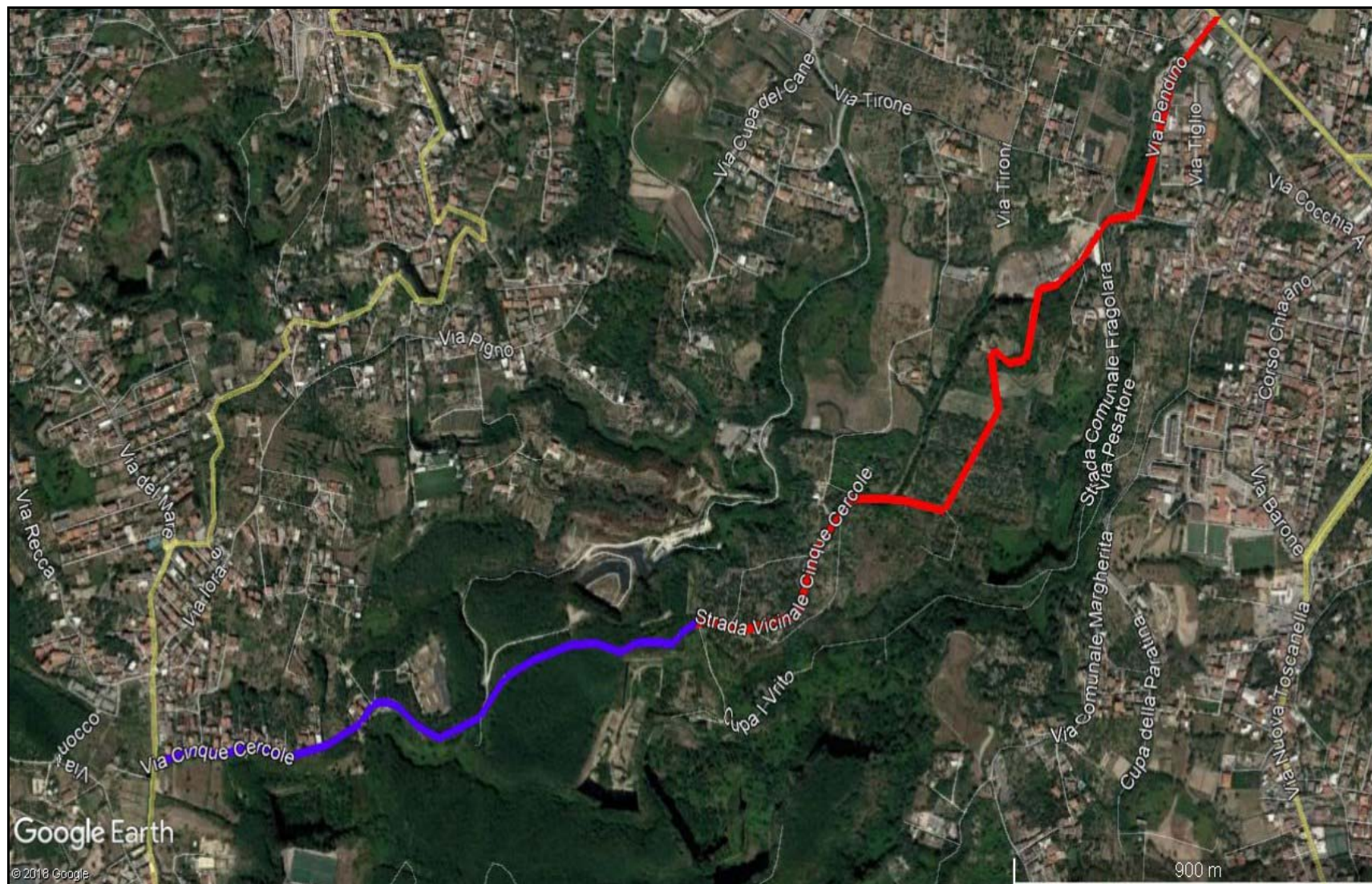


Figura 3.1.2.1 – Rete stradale principale dell'area di intervento

10

Via E. Di Marino, 11, 84013 Cava de' Tirreni (SA)
P. IVA 03772980656 tel. 089/8420196 fax 089/8422580
e-mail info@incoset.it
pec postmaster@pec.incoset.it

www.incoset.it

ASSOCIATO
oice
Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

CERTIFICAZIONE DEL SISTEMA
QUALITA'



certificato n° IT274802

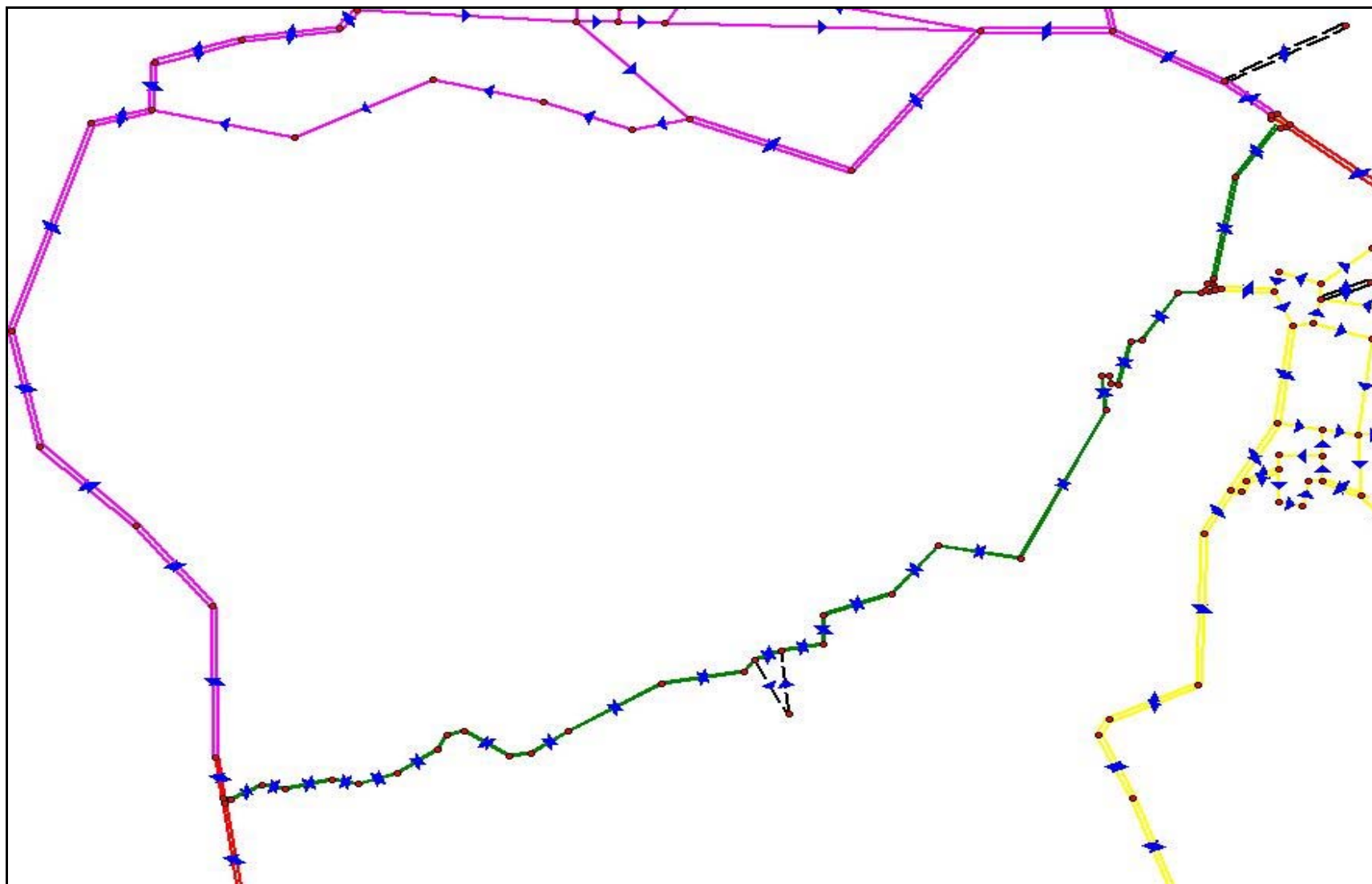


Figura 3.1.2.2 – Grafo stradale dell'area di intervento (stralcio)

Al fine di effettuare le simulazioni di traffico, si è reso necessario introdurre un nuovo centroide, che rappresenta l'origine e la destinazione degli spostamenti compiuti dagli automezzi che si recano nel luogo oggetto dello studio.

Il singolo centroide è stato collegato ai nodi stradali più prossimi, per meglio simulare il caricamento della rete, verificando la coerenza del collegamento con il reale assetto del territorio.

Costruito il grafo, ad ogni singolo arco si sono associate le caratteristiche geometriche e funzionali delle strade che rappresentano.

3.1.3 Le funzioni di costo

Per poter procedere all'individuazione delle funzioni di costo, è stato necessario introdurre una classificazione per le differenti tipologie di strade extraurbane (autostrade a pedaggio fisso o chilometrico, strade di scorrimento, strade ordinarie, ecc.) e urbane dell'area di studio.

Strade extraurbane. Coerentemente con la zonizzazione adottata e in base allo schema della rete stradale extraurbana individuata, le strade sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- **autostrade:** sono tutte quelle strade su cui si paga un pedaggio (chilometrico o fisso); si tratta di strade per lo più a due/tre corsie per senso di marcia, a carreggiate separate con accessi controllati e svincoli sfalsati. In base alle caratteristiche geometriche (numero di corsie, larghezza della carreggiata, ecc.) ed al tipo di pedaggio esse si suddividono in Tabella 3.1.3-1:

Tabella 3.1.3-1 – Suddivisione delle autostrade in funzione della modalità di pedaggio		
	Pedaggio chilometrico	Pedaggio fisso
-autostrade di prima categoria	A1k	A1f
-autostrade di seconda categoria	A2k	A2f

- **strade di scorrimento:** sono strade su cui non si paga alcun tipo di pedaggio, che presentano caratteristiche geometriche simili alle autostrade (svincoli sfalsati, carreggiate separate, ecc.); fanno eccezione la circumvallazione esterna e la nuova SS 268 che pur non possedendo tali caratteristiche hanno comunque livelli di servizio potenzialmente superiori a quelle delle strade ordinarie;
- **strade ordinarie:** appartengono a questo gruppo tutte le rimanenti strade dello schema di rete; esse vengono suddivise, in base alla densità e alla tipologia di attività insediate ai margini e alle caratteristiche geometriche, in:
 - strade a basso grado di disturbo;
 - strade a medio grado di disturbo;
 - strade a alto grado di disturbo.

A completamento della rete extraurbana vi sono gli *archi di svincolo*, ovvero gli archi di collegamento tra le autostrade e le strade di scorrimento o quelle ordinarie, questi vengono suddivisi in più classi così come riportato in Tabella 3.1.3-2.

Tabella 3.1.3-2 – Suddivisione degli svincoli in funzione della modalità di pedaggio

Tipologia	Classe
-svincoli senza pedaggio e senza ritiro di tagliando	A3
-svincoli di autostrade con pedaggio chilometrico	A4k
-svincoli di autostrade con pedaggio fisso	A4f
-svincoli con ritiro di tagliando	A5
-barriere di autostrade con pedaggio chilometrico	A6k
-barriere di autostrade con pedaggio fisso	A6f
-barriera con ritiro di tagliando	A7

La suddivisione degli svincoli in funzione del tipo di autostrada che essi servono (a pedaggio fisso o a pedaggio chilometrico) si è resa necessaria per la differente curva di deflusso che viene adottata nell'uno o nell'altro caso, come sarà descritto in seguito.

Come si è già avuto modo di dire, una funzione di costo (*curva di deflusso*) è la relazione matematica che lega il costo medio di trasporto ai flussi che lo influenzano ed alle caratteristiche fisiche e funzionali del collegamento rappresentato dall'arco stesso.

Le funzioni di costo normalmente utilizzate sono le *BPR (Bureau of Public Road)* e le *BPR casello*, le *Doherty* e le *Doherty casello*.

Nel caso in esame, per la rete extraurbana, le curve di deflusso che sono sembrate simulare meglio il costo subito dagli utenti nell'attraversamento dell'arco sono le BPR e le Doherty casello secondo lo schema riportato in Tabella 3.1.3-3.

Tabella 3.1.3-3 – Tipologie di strade extraurbane e relative curve di deflusso

Tipologia	Curva di deflusso
Autostrade	
-autostrade di prima categoria a pedaggio fisso	<i>BPR</i>
-autostrade di prima categoria a pedaggio chilometrico	<i>Doherty casello</i>
-autostrade di seconda categoria a pedaggio fisso	<i>BPR</i>
-autostrade di seconda categoria a pedaggio chilometrico	<i>Doherty casello</i>
Strade extraurbane di scorrimento	
-strade extraurbane di scorrimento	<i>BPR</i>
-circumvallazione esterna	<i>BPR</i>
-SS 268	<i>BPR</i>
Strade extraurbane ordinarie	
-strade a basso grado di disturbo	<i>Doherty casello</i>
-strade a medio grado di disturbo	<i>Doherty casello</i>
-strade a alto grado di disturbo	<i>Doherty casello</i>
Svincoli e barriere	
-svincoli senza pedaggio e senza ritiro di tagliando	<i>Doherty casello</i>
-svincoli di autostrade con pedaggio chilometrico	<i>Doherty casello</i>
-svincoli di autostrade con pedaggio fisso	<i>Doherty casello</i>
-barriere di autostrade con pedaggio chilometrico	<i>Doherty casello</i>
-barriere di autostrade con pedaggio fisso	<i>Doherty casello</i>
-barriere con ritiro di tagliando	<i>Doherty casello</i>

Secondo la funzione di costo *BPR (Bureau of Public Road)* il tempo di percorrenza t_i dell'arco i dipende dal flusso f_i rapportato alla capacità C_i dell'arco stesso e dal tempo di percorrenza a flusso nullo t_0 .

In generale la forma funzionale è:

$$t_i = \frac{l_i}{V_{0i}} \left(1 + \alpha \left(\frac{f_i}{C_i} \right)^\beta \right) + T_i$$

dove:

- l_i = lunghezza dell'arco i -esimo
- V_{0i} = velocità a vuoto dell'arco i -esimo
- f_i = flusso sull'arco i -esimo
- C_i = Capacità dell'arco i -esimo
- α e β = parametri caratteristici della curva di deflusso
- T_i = eventuale tempo aggiuntivo

Per le *Doherty casello* il tempo di percorrenza dell'arco viene calcolato come somma di tre aliquote:

tempo di running dato da:

$$T_r = \left[\frac{l}{V_0} + \left(\frac{l}{V_c} - \frac{l}{V_0} \right) * \left(\frac{f}{C} \right)^3 \right] * 3,6$$

dove:

- V_0 = velocità a flusso nullo (km/h);
- V_c = velocità a carico (km/h);
- l = lunghezza dell'arco (metri).

tempo di attesa dato da:

$$T_a = T_s + 0,5 * \frac{f}{N_{cas} + 3600} * \frac{T_s^2}{1-X} \quad \text{se } X \leq 0,95$$

$$T_a = T_s + T_s^2 * \left(200 * \frac{f}{N_{cas} + 3600} * \frac{180,5}{T_s} \right) \quad \text{se } X > 0,95$$

dove:

- N_{cas} è il numero di caselli all'estremità finale dell'arco;
- X è il rapporto tra *flusso* e *Capacità*;
- $T_s = \frac{3600 + N_{cas}}{C}$ è il tempo di servizio (secondi).

tempo aggiuntivo dato, nel caso specifico, da:

$$T^* = C_4 * l$$

dove:

- C_4 è un coefficiente utilizzato per schematizzare il *pedaggio autostradale*;
- l è la *lunghezza dell'arco*.

Per gli *archi di svincolo* è necessario introdurre il numero di caselli N_{cas} .

Per tutti i rimanenti archi della rete, il *numero di caselli* si pone uguale a zero, in tal modo il *tempo di attesa* si annulla ed il *tempo di percorrenza* dell'arco coincide con il *tempo di running* più l'eventuale *tempo aggiuntivo*.

La simulazione del pedaggio sui rami autostradali avviene mediante il coefficiente C_4 , presente tra l'altro in uno dei file input del software *T.Road* utilizzato per l'assegnazione dei flussi veicolari sulla rete stradale.

Mediante tale coefficiente si introduce nell'espressione del tempo di percorrenza un tempo aggiuntivo T^* dato dal prodotto di C_4 per la lunghezza l dell'arco.

Occorre distinguere i due casi:

- *pedaggio chilometrico*
- *pedaggio fisso*

Nel primo caso si pone il coefficiente C_4 relativo all'arco autostradale in esame, pari al tempo equivalente al *pedaggio chilometrico*:

$$C_4 = \frac{Ped}{\beta}$$

dove:

- Ped è il *pedaggio chilometrico* espresso in €/Km;
- β è il *valore monetario del tempo* espresso in €/min.

In tal modo il pedaggio è distribuito uniformemente lungo tutto il tratto di autostrada percorso, a differenza di quanto accade quando il pedaggio è fisso.

In questo caso, infatti, il pedaggio si sconta soltanto sull'arco di svincolo in cui è presente il casello (arco di classe A4f o A6f (cfr. Tabella 3.1.3-2)). Per tale arco il coefficiente C_4 si pone uguale al tempo equivalente al pedaggio (fisso), che è dato da:

$$C_4 = \frac{Ped}{\beta * l}$$

dove:

- Ped è il *pedaggio fisso* espresso in €;
- β è il *valore monetario del tempo* espresso in €/min;
- l è la *lunghezza dell'arco di svincolo* in Km, che nel nostro caso è posta per tutti gli svincoli pari a 0.2 (ad eccezione di quelli della *tangenziale di Napoli*, per i quali si dispone di misure dirette) e a 0,001 per le *barriere*.

Il pedaggio chilometrico è posto pari a circa 0,05 €/Km, mentre il valore monetario del tempo si assume pari 0,086 €/min (=5,16 €/h).

Strade urbane. Tale classificazione riguarda la viabilità compresa nel comune di Napoli che è stato suddiviso in zone di traffico subcomunali. Anche in questo caso si è introdotta una classificazione delle strade e sono state definite le *curve di deflusso* scegliendo quelle più indicate a schematizzare il tempo di percorrenza sugli archi rappresentativi della viabilità. Si è utilizzata la classificazione prevista per il Piano comunale dei trasporti, in cui si distinguono le seguenti categorie:

- **strade urbane principali:** sono tutte quelle strade che oggi svolgono principalmente funzione di collegamento tra i diversi quartieri e tra questi e la viabilità di tipo extraurbana o autostradale così come individuate dal *Piano generale del traffico urbano* approvato dal Consiglio comunale nel settembre 1997 e dal suo aggiornamento approvato con delibera di Consiglio comunale n.34 del 21 marzo 2003;

- **strade urbane secondarie:** sono tutte quelle strade che svolgono quasi esclusivamente la funzione di raccolta del traffico locale e di adduzione alla viabilità principale;
- **viabilità autostradale urbana:** si tratta della Tangenziale di Napoli che taglia trasversalmente la città assicurando il collegamento tra le diverse aree (est, nord, ecc..) con 9 caselli urbani per l'esazione del pedaggio: Astroni (all'esterno del perimetro comunale), Agnano, Fuorigrotta, Vomero, Camaldoli, Zona Ospedaliera, Arenella, Capodimonte, corso Malta, Napoli Est, e tre svincoli a Est del casello di Napoli Est: Doganella, Capodichino e Casoria; della bretella di collegamento della Tangenziale con l'autostrada Napoli-Roma e Napoli-Bari; della bretella di collegamento della Tangenziale con l'autostrada A3 Napoli-Salerno e svincoli verso il centro di Napoli e la zona orientale: piazza Garibaldi, via Marittima, san Giovanni a Teduccio; della circumvallazione di Soccavo; della bretella di collegamento dell'autostrada Napoli-Salerno con l'autostrada Napoli-Roma; dell'asse ss 162 con innesto sulla tangenziale in corrispondenza del casello di corso Malta e svincoli su via Granturco (Centro Direzionale) e sul raccordo A3 - A1.

Le *curve di deflusso* adottate per le strade urbane sono riportate nella Tabella 3.1.3-4

Tabella 3.1.3-4 – Tipologie di strade urbane e relative curve di deflusso

Tipologia	Curva di deflusso
-tangenziale	BPR
Strade urbane	
-strade principali	Doherty
-strade secondarie	Doherty
altre	
-rami	BPR
-svincoli	Doherty casello

La forma funzionale della curva di deflusso BPR è stata descritta precedentemente; diversamente per la Doherty il tempo di percorrenza dell'arco viene calcolato come somma di due aliquote:

tempo di running dato da:

$$T_r = 3,6 * \frac{l}{V}$$

dove:

- l = lunghezza dell'arco in metri
- V pari a:

$$V = V_0 + a * \left(\frac{f}{L_u} \right)^2$$

con:

- V_0 = velocità a vuoto in km/h
- $a = 0.0001$
- f = flusso in veic/h
- L_u = larghezza utile sezione corrente in metri
(se $V < 5$ km/h si pone $V = 5$ km/h)

tempo di attesa dato da:

$$T_a = A + 0,55 * \frac{3600}{c} * \frac{X}{1-X} \quad \text{se } X \leq 0,95$$

$$T_a = \alpha + \beta X \quad \text{se } X > 0,95$$

dove:

– A è pari a:

$$A = \frac{1}{2} (1 - \mu)^2 * c$$

con:

- μ = rapporto tra tempo di verde effettivo e tempo di ciclo
- c = tempo di ciclo in secondi
- C = capacità dell'arco in veicoli equivalenti/h
- X = rapporto tra flusso e capacità
- $\alpha = |T_a|_{X=0,95} - \frac{309+3600}{c}$
- $\beta = \frac{309+3600}{c}$

3.2 Il modello di assegnazione

I *modelli di assegnazione* ad una rete di trasporto simulano l'*interazione domanda-offerta* e consentono di calcolare i flussi di utenti e le prestazioni di ciascun elemento del sistema di offerta (archi della rete) come risultato dei *flussi di domanda Origine-Destinazione* tra differenti *zone di traffico*, dei *comportamenti di scelta del percorso* e delle reciproche *interazioni fra domanda e offerta*.

Essi, quindi, svolgono un ruolo centrale nella costruzione di un modello complessivo di un sistema di trasporto, in quanto un tale modello si pone l'obiettivo di simulare il funzionamento del sistema mentre i risultati ottenuti costituiscono gli elementi di ingresso per la progettazione e/o verifica del sistema di trasporto.

I *modelli di assegnazione* possono classificarsi in base a *ipotesi sul comportamento degli utenti (funzioni di domanda, scelta del percorso, informazione disponibile)* e sul *tipo di approccio* utilizzato per lo studio delle interazioni domanda-offerta. Senza, ovviamente, entrare nel merito della trattazione dei modelli di assegnazione, quelli usualmente utilizzati nella pratica possono essere classificati:

- riguardo al *tipo di approccio* utilizzato per lo studio della interazione domanda-offerta, come:
 - *modelli di assegnazione di equilibrio*, poiché ricercano la *configurazione di equilibrio del sistema*, cioè quelle configurazioni nelle quali i flussi di domanda, di percorso fra le varie coppie o/d e di arco siano congruenti con i costi che da essa derivano;
 - *modelli di assegnazione a reti congestionate*, poiché i *costi* dipendono dai *flussi* sugli archi in virtù del fenomeno della congestione;
- riguardo al *comportamento degli utenti* come:
 - *modelli di scelta del percorso deterministici* se tutti gli utenti scelgono *l'itinerario di minimo costo*;

- *modelli di scelta del percorso probabilistici o stocastici* se gli utenti possono scegliere anche itinerari non di minimo costo.

Il software utilizzato per le assegnazioni di traffico, denominato *T.Model*, è descritto nel paragrafo seguente.

3.2.1 Caratteristiche generali del software *T.Model*

Il software utilizzato è costituito da un sofisticato sistema di modelli matematici di simulazione e previsione di supporto per la progettazione e la pianificazione del traffico e dei trasporti.

Essi supportano:

- la progettazione e la verifica degli interventi in una logica globale del sistema della mobilità, dell'ambiente e della pianificazione urbanistica;
- la valutazione di misure tese al miglioramento dell'offerta di trasporto ed al controllo ed all'orientamento della domanda di mobilità.

Il sistema, denominato *T.MODEL*, è costituito da quattro componenti principali:

- a. i modelli matematici;
- b. la base dati;
- c. la grafica interattiva;
- d. il sistema di gestione.

In questa ottica, il sistema *T.MODEL* non si propone come uno strumento di progetto, per cui non fornisce la soluzione ottimale, ma consente la verifica ed il confronto fra differenti scenari.

La flessibilità e rapidità d'uso di *T.MODEL* e le caratteristiche di relazionalità della base dati consentono, in tempi relativamente brevi, di testare e confrontare un altissimo numero di *scenari alternativi* conseguenti alle composizioni degli interventi progettati con la possibilità di poter scegliere l'insieme ottimale di interventi.

L'ossatura principale di *T.MODEL* è costituita da un sistema di modelli matematici che permettono la simulazione del processo di pianificazione nella sua completezza. Essi si possono suddividere nelle seguenti tipologie:

- a. modelli di domanda (*TMOB*);
- b. modelli di offerta (*TNET*);
- c. modelli di interazione domanda offerta o di assegnazione dei veicoli alla rete stradale (*TROAD*) e dei passeggeri al sistema di trasporto pubblico (*TBUS*);
- d. modelli di stima e aggiornamento delle matrici O/D a partire dai flussi di traffico (*TOD*).

Tra i moduli sopra indicati quelli utilizzati sono stati: *T.Road*, *T.OD* e *T.ENV*; in questo paragrafo si descriverà il primo e la fase di implementazione dell'offerta stradale.

Il modulo *T.OD*, invece, è descritto nel paragrafo 3.2.4 insieme alla procedura di correzione della matrice origine destinazione.

Il modulo *T.Road*. *T.Road* assegna il traffico privato alla rete stradale consentendo di valutare la bontà degli interventi progettati in funzione di alcuni indicatori fra i quali si evidenziano:

- il *grado di saturazione* di ogni strada;
- il *tempo* e la *velocità di percorrenza* su ogni singola strada;
- il *flusso* di autovetture su ogni strada;
- i *km totali percorsi sulla rete*;
- il *tempo totale speso sulla rete*;
- *tempi, distanze e velocità medie di percorrenza* per ogni coppia di zone di traffico origine-destinazione.

Tutti gli *indicatori* possono essere calcolati sia a livello disaggregato, cioè relativamente ad ogni arco stradale, che a livello aggregato e quindi per l'intera area di studio o parti di essa.

Per quanto attiene specificamente il processo di assegnazione del traffico privato, *T.ROAD* consente di utilizzare modelli di assegnazione sia in ipotesi deterministiche che stocastiche. Evidentemente sarà possibile utilizzare il modello più congeniale per la valutazione dei carichi sulla rete, delle relative criticità e di tutti gli indicatori utili per la valutazione ed il confronto degli scenari di progetto.

In *ipotesi di rete congestionata*, qui accettata, come descritto al paragrafo precedente, *T.ROAD* assicura un'assegnazione di tipo deterministico, (*Deterministic User Equilibrium* o *DUE*), o di *tipo stocastico* (*Stochastic User Equilibrium* o *SUE*).

La base dati di T.Road. La base dati di *T.Road* è strutturata in modo da contenere tutti i dati di interesse per il sistema di traffico e di trasporto.

Dal punto di vista logico la base dati si può supporre suddivisa in *sezioni* che contengono diverse tipologie di informazioni.

La prima (*dati scenari*) riguarda le informazioni, sia di input che di output, che andranno a costituire i diversi scenari. Si tratta pertanto di dati relativi al sistema di domanda (*matrici O/D*), dati relativi all'offerta di trasporto (*rete privata* con rispettive caratteristiche geometriche e funzionali), flussi di traffico, dati ottenuti dalle funzioni di costo e di valutazione delle prestazioni e di tutte le altre informazioni che permettono di definire ed individuare un particolare scenario. Questa associazione a tutte le informazioni relative ad un unico scenario è fondamentale per il controllo dei risultati. Infatti in questo modo risulta estremamente semplice gestire eventuali modifiche nei dati di input.

Una seconda sezione (*dati integrativi*) è dedicata a dati non indispensabili per il funzionamento dei modelli, ma utili per le sue valutazioni e decisioni.

Per facilitare l'interpretazione dei risultati ottenuti dalle elaborazioni, una porzione di Data Base (*dati per rappresentazione*) è riservata alle informazioni di carattere topologico indispensabili per ottenere una rappresentazione del territorio e delle caratteristiche topografiche di maggior rilievo dell'area di studio.

Un ultimo settore (*dati di gestione*) viene riservato per i dati utili alla gestione dei processi (numero di iterazioni, valori di tolleranza, parametri di input ai processi, ecc.).

Fisicamente tutte le informazioni presenti in *T.Road* sono inserite in un database relazionale (*DBMS*). Tutti i dati di uno stesso progetto sono contenuti in un unico database. I dati sono classificati a seconda della loro tipologia detta *classe di tabella* o semplicemente *tabella*. Ogni occorrenza di tabella è detta *istanza*. Vi possono essere più istanze della stessa tabella, ad esempio la matrice O/D che rappresenta la *domanda di mobilità attuale* e la matrice O/D che rappresenta la *domanda futura* sono due istanze della stessa tabella.

La grafica interattiva di T.Road. L'interfaccia di *T.Road*, denominata *T.Graph*, consente la visualizzazione grafica e tabellare delle grandezze di input e di output dei modelli relative al grafo viario ed al traffico veicolare, sia utilizzate come dati di ingresso dai modelli che prodotte come risultato delle simulazioni; inoltre, consente di interagire direttamente con i dati definendo o modificando interattivamente sia dati che parametri.

In particolare l'interfaccia svolge essenzialmente le seguenti funzioni:

- rappresentare *attributi dei grafi stradali* (e.g. *velocità, criticità, flussi, svolte alle intersezioni*) secondo diverse tipologie grafiche;
- visualizzare graficamente e numericamente le *matrici O/D*;
- effettuare interattivamente procedure di *analisi e calcolo dei percorsi minimi*;
- visualizzare in forma numerica tutti gli elementi della base dati;
- consentire la modifica degli oggetti che può visualizzare, di inserirne dei nuovi o di eliminare quelli esistenti operando in modo interattivo con il sistema;
- effettuare tutte le operazioni, quindi apertura file, rappresentazione multifinestre, stampe, ecc. secondo standard ormai consolidati nell'ambito del sistema operativo Windows.

Esempi di visualizzazione dei risultati sono riportati nelle successive figure.

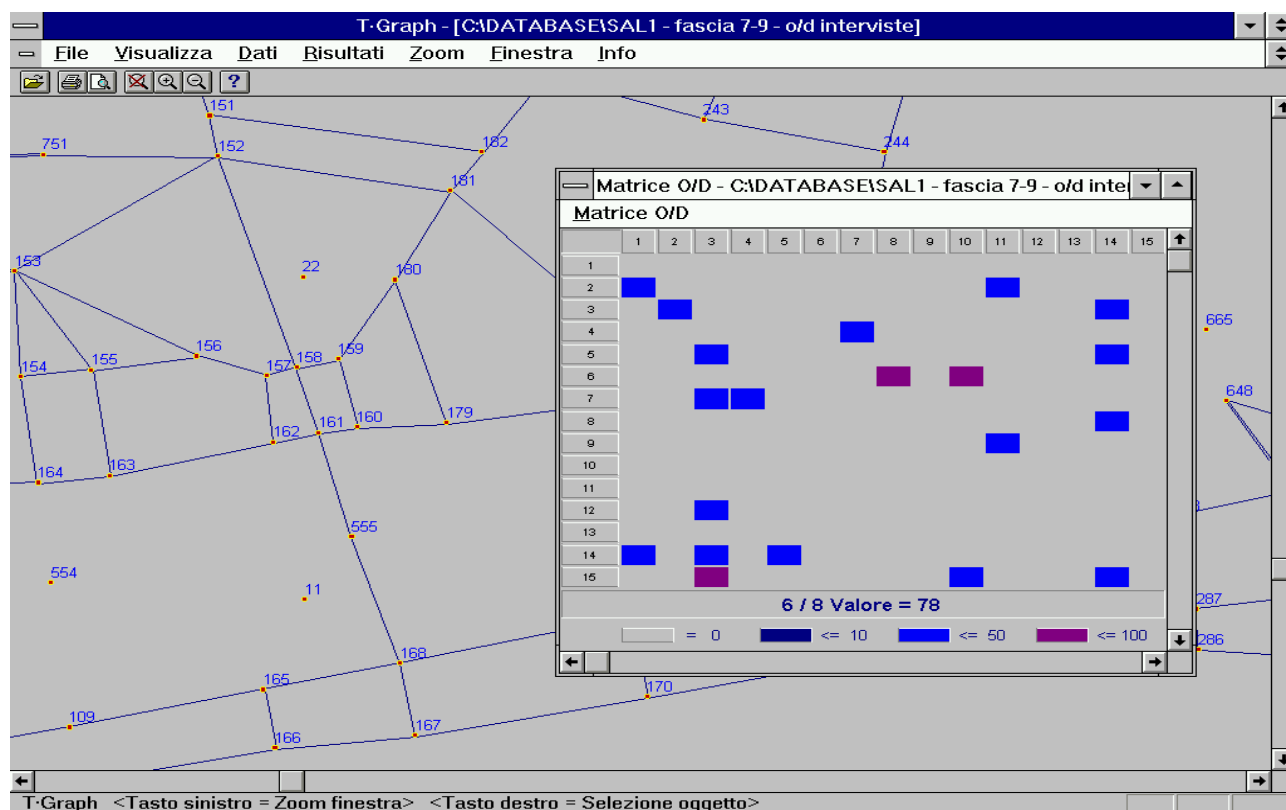


Figura 3.2.1.1 - Rappresentazione della rete e della matrice o/d con valori della domanda di spostamenti suddivisa in classi.

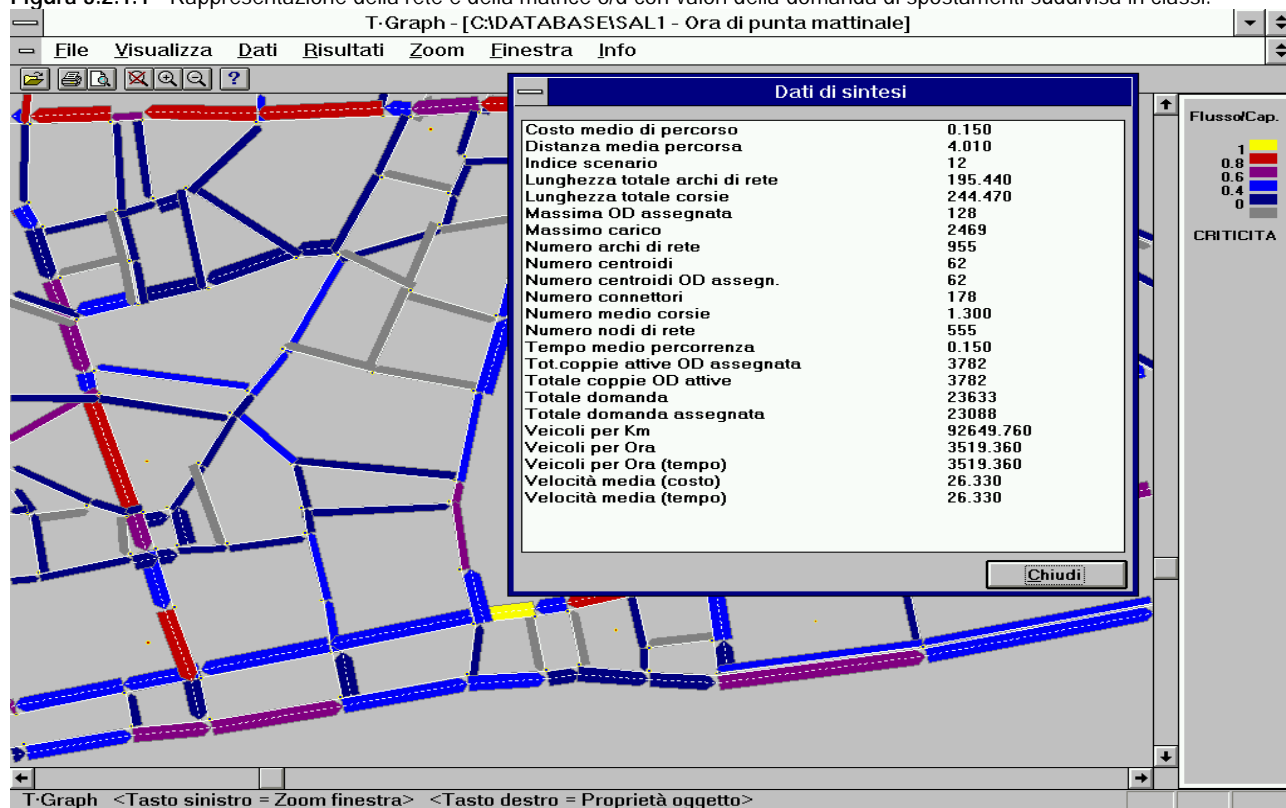


Figura 3.2.1.2 - Rappresentazione della rete stradale a seconda del numero di corsie, in scala colore è rappresentata la criticità (flusso/capacità) degli archi. La tabella riporta i risultati aggregati.

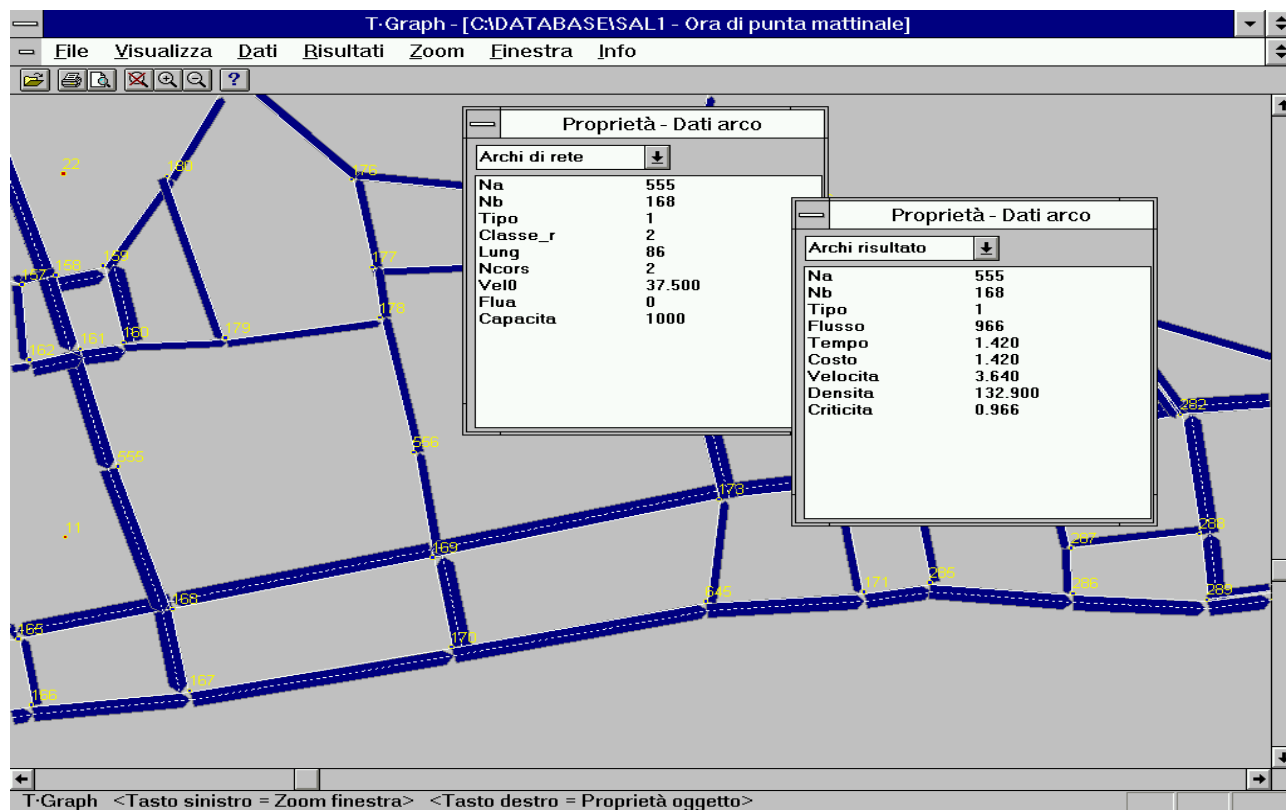


Figura 3.2.1.3 - Rappresentazione della rete stradale a seconda del numero di corsie, dati di input e di output di un arco selezionato.

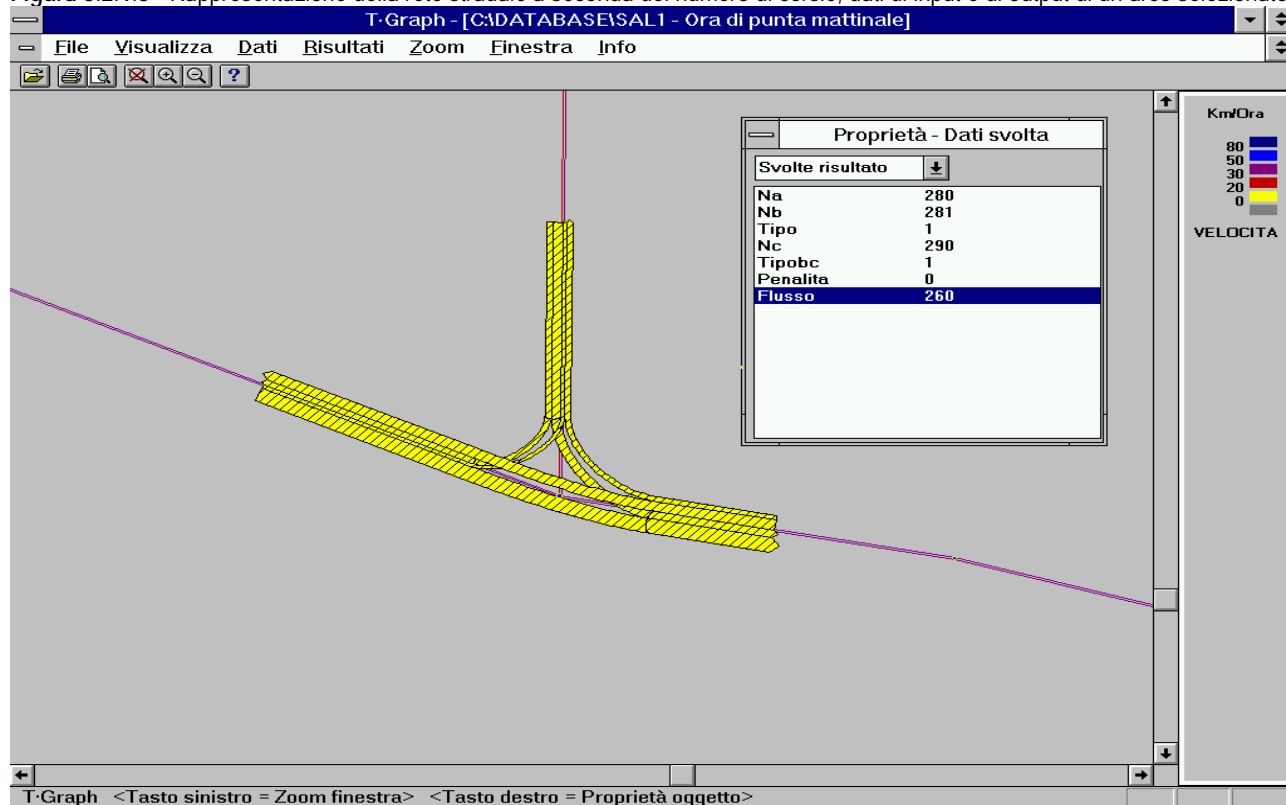


Figura 3.2.1.4 - Rappresentazione dei flussi di svolta per un nodo "implicitamente esploso" e dei dati numerici relativi ad una svolta.

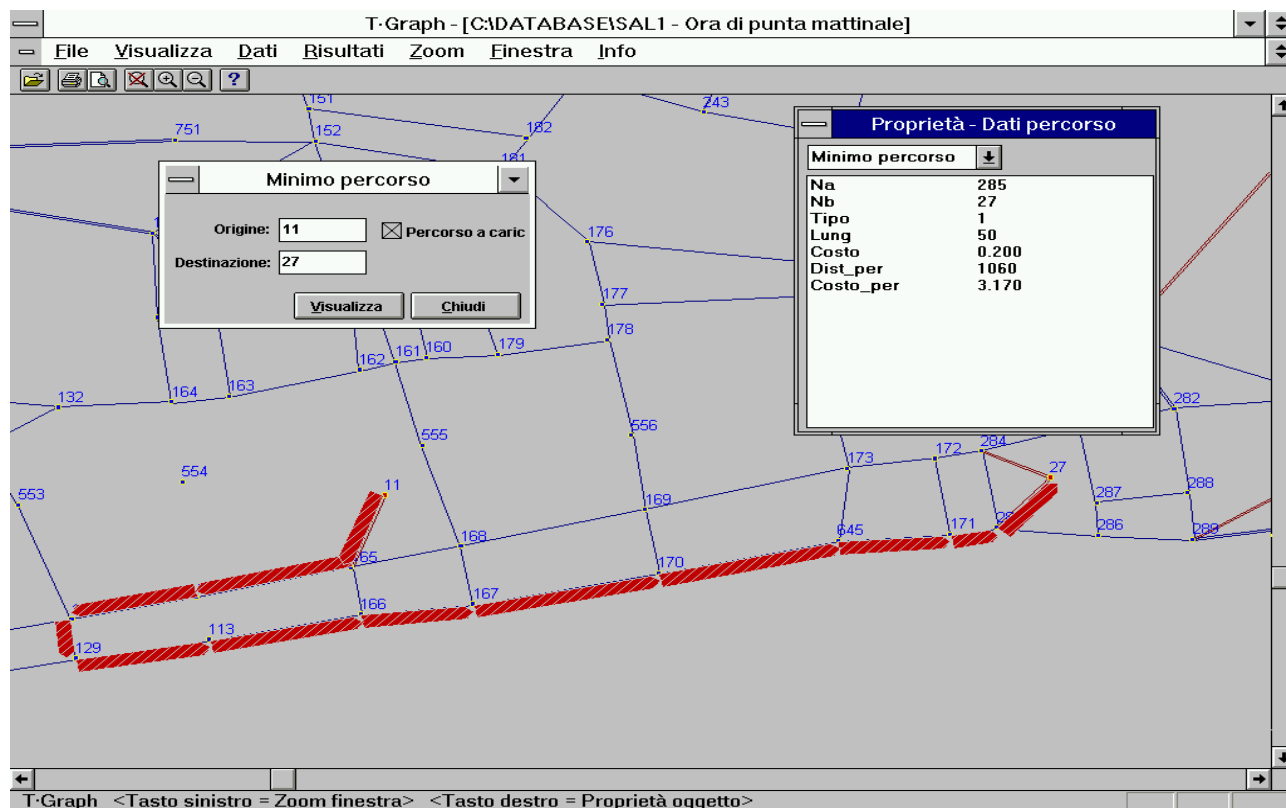


Figura 3.2.1.5 - Rappresentazione di un minimo percorso fra coppia OD e caratteristiche del percorso all'equilibrio.

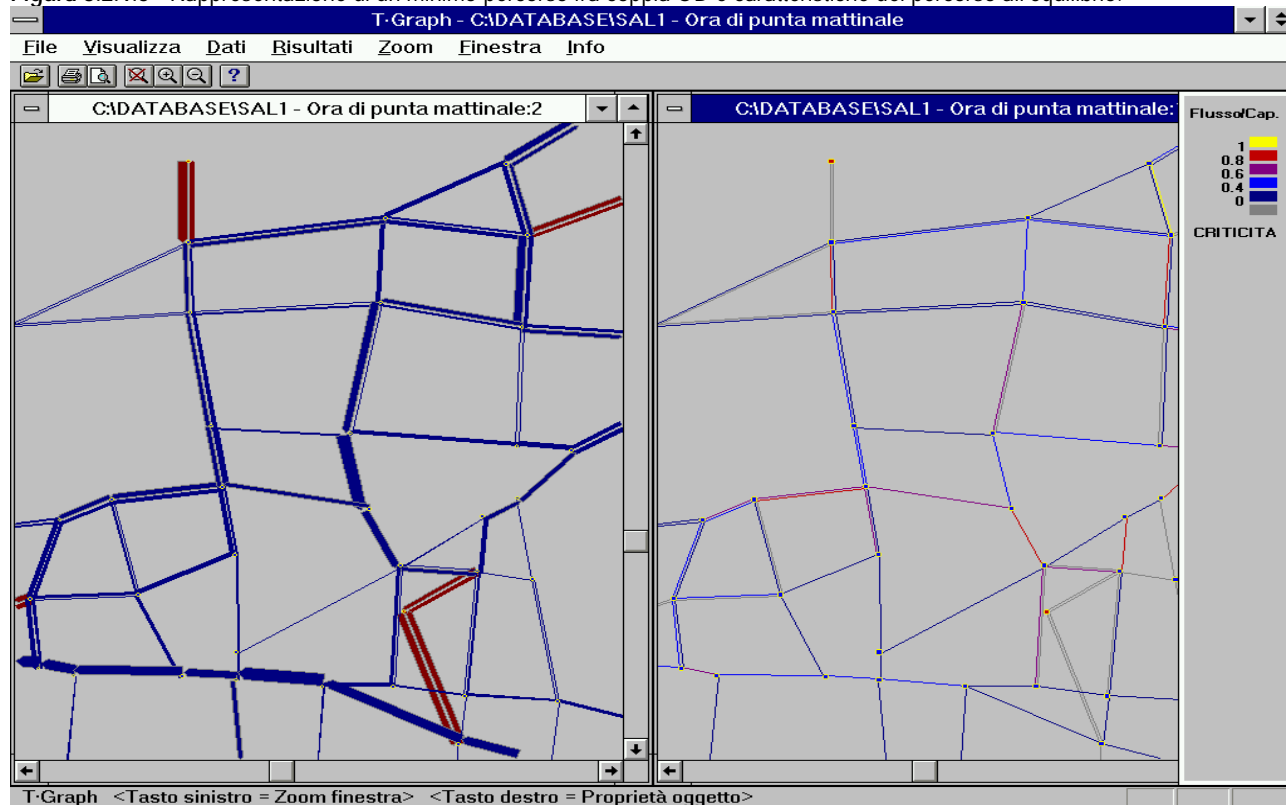


Figura 3.2.1.6 - Rappresentazione multiwindows. La finestra di sinistra rappresenta i flussi in scala spessore, quella di destra le criticità in scala colore.

3.2.2 Implementazione del modello di offerta stradale su TModel

Per eseguire una assegnazione di traffico privato mediante il modulo *T.Road* è necessario:

- inserire nella base dati la descrizione della rete di traffico sulla quale effettuare la simulazione;
- disporre di una *matrice O/D* di spostamenti da assegnare alla rete;
- definire lo *scenario di assegnazione*;
- configurare lo *scenario di assegnazione*;
- eseguire il modulo *T.Road*.

Per quanto concerne la rete considerata, si è costruito un file in cui sono contenute le informazioni relative ai nodi (*NODI.DBF*), un file contenente le caratteristiche degli archi (*ARCHIR.DBF*) rilevate con le indagini, un file in cui per coppia di zone di traffico Origine/Destinazione è fornito il valore degli spostamenti in auto nell'ora di punta, ottenuto come descritto nel successivo capitolo 3.2.4 (*MATOD_VIAGGI.DBF*), ed un file in cui sono contenuti i parametri che entrano in gioco nelle funzioni di costo prescelte (*CDEFL.DBF*).

I campi del file *NODI.DBF* sono:

- 1) *COD*: contiene il codice numerico che identifica il *nodo*;
- 2) *TIPO*: è un codice numerico che identifica il *tipo di nodo* (1=centroide, 2=nodo di rete);
- 3) *COORDX*: coordinata *x* del *nodo* (corrispondente alla georeferenziazione eseguita sulla mappa);
- 4) *COORDY*: coordinata *y* del *nodo* (corrispondente alla georeferenziazione eseguita sulla mappa);
- 5) *ZONA*: è il codice del centroide relativo alla *zona di traffico* in cui è contenuto il nodo in questione;
- 6) *GRUPPO*: contiene un codice che serve ad identificare *nodi omogenei*;
- 7) *ESPLOSO*: contiene un codice 1 o 0 a seconda che il nodo sia stato considerato un *nodo di svolta o meno*, tale campo è necessario nella schematizzazione delle svolte.

I campi del file *ARCHIR.DBF* sono:

- 1) *NA*: è il codice numerico che identifica il *nodo iniziale* dell'arco;
- 2) *NB*: è il codice numerico che identifica il *nodo finale* dell'arco;
- 3) *TIPO*: è una classificazione che permette di distinguere un arco in funzione del grado di parallelismo in questo caso è sempre stato posto uguale ad 1;
- 4) *CLASSE_R*: è un campo numerico che serve a classificare l'arco (1=connettore, 2=arco reale);
- 5) *CLASSE_PUT*: è un codice che serve a classificare l'arco secondo le direttive dei *PUT*, nel caso specifico è stato posto sempre pari ad 1;
- 6) *LUNG*: *lunghezza* dell'arco espressa in metri;
- 7) *LARG*: *larghezza* utile dell'arco espressa in cm;
- 8) *NCORS*: *numero di corsie* dell'arco rilevate;
- 9) *CAPACITA'*: *capacità* dell'arco calcolata come descritto;
- 10) *NCASELLI*: *numero di caselli*, diverso da zero per gli archi casello;
- 11) *FLUA*: eventuale *precarico* sull'arco;
- 12) *TIPO_NB*: è un codice numerico che consente di definire il *tipo di nodo finale* (1=centroide, 2=incrocio ritardato, 3=incrocio non ritardato);
- 13) *VERDE*: *durata di verde* all'intersezione in secondi;
- 14) *CICLO*: *durata del ciclo* semaforico in secondi;
- 15) *VELO*: *velocità a flusso nullo* calcolata come descritto;

- 16) *VELC*: *velocità a carico* calcolata come descritto;
- 17) *CDEFL*: codice numerico che identifica il *tipo di curva di deflusso* (2=BPR, 4=Doherty, 5=Doherty casello);
- 18) *IDXCDEFL*: *indice della curva di deflusso* associata all'arco.

I campi del file *MATOD_VIAGGI.DBF* sono:

- 1) *ORIG*: codice del centroide rappresentativo della zona di traffico origine;
- 2) *DEST*: codice del centroide rappresentativo della zona di traffico destinazione;
- 3) *VAL*: *numero di spostamenti* in autovetture equivalenti nell'ora di punta.

I campi del file *CDEFL.DBF* sono:

- 1) *CDEFL*: è un valore che identifica il *tipo di curva di deflusso* (1 per i connettori, 2=BPR, 4=Doherty, 5=Doherty casello);
- 2) *IDXCDEFL*: è un codice numerico che identifica la curva di deflusso;
- 3) *COEFF1*: vale -1 per le BPR e le Doherty, è uguale alla *velocità a carico* per le Doherty casello;
- 4) *COEFF2*: per le BPR contiene i coefficienti della funzione, per la Doherty vale -1, per la Doherty casello contiene il *numero di caselli*;
- 5) *COEFF3*: per le BPR contiene i coefficienti della funzione, per la Doherty e la Doherty casello vale -1;
- 6) *COEFF4*: contiene il parametro t^* che tiene conto dell'eventuale tempo aggiuntivo da scontare.

Avendo costruito la base dati come descritto si è configurato lo scenario di assegnazione, si è scelto cioè il tipo di assegnazione di traffico da eseguire (*DUE* o *SUE*), si sono caricati i file di input e definiti i file di output (*ARCHIRIS.DBF*) e si sono fissati i valori dei parametri (*numero di iterazioni*, *soglia di arresto dell'algoritmo* e *soglia di confronto*) dell'assegnazione.

A valle di quanto descritto si è lanciato il modulo *T.Road*.

3.2.3 Verifica del modello di offerta mediante T.Road

I risultati dell'assegnazione di traffico effettuata per la situazione attuale con il modello di offerta costruito come descritto, hanno imposto una verifica dello stesso.

Mediante la grafica interattiva di *T.Road* si è proceduto ad una analisi dei *dati di input*:

- *capacità*
- *velocità a flusso nullo*
- *numero di corsie*

nonché ad una valutazione degli *output* dell'assegnazione:

- *distribuzione dei flussi*
- *grado di saturazione*, ovvero *rapporto tra i flussi che percorrono l'arco e la capacità* dello stesso;
- *velocità di percorrenza* dell'arco
- *tempi di percorrenza* su rete

Infine la visualizzazione dei *minimi percorsi a flusso nullo* per zone di traffico dell'area di studio ritenute significative ha

consentito un'ulteriore valutazione circa la validità del modello di offerta.

I risultati dell'assegnazione di traffico effettuata per la situazione attuale con il modello di offerta costruito come descritto, hanno imposto una verifica dello stesso.

Mediante la grafica interattiva di T.Road si è proceduto ad una analisi dei dati di input:

- capacità
- velocità a flusso nullo
- numero di corsie
- nonché ad una valutazione degli output dell'assegnazione:
- distribuzione dei flussi
- grado di saturazione, ovvero rapporto tra i flussi che percorrono l'arco e la capacità dello stesso;
- velocità di percorrenza dell'arco
- tempi di percorrenza su rete

Infine la visualizzazione dei minimi percorsi a flusso nullo per zone di traffico dell'area di intervento e dell'area di studio ritenute significative ha consentito un'ulteriore valutazione circa la validità del modello di offerta.

3.2.4 La stima della matrice Origine-Destinazione attuale

La domanda di trasporto, espressa come il numero di spostamenti che avvengono tra ogni singola coppia di zone di traffico "o/d" dell'area di studio, rappresenta un elemento fondamentale per lo studio di un qualsiasi sistema di trasporto.

La domanda su auto che interessa l'area di studio è stata ottenuta a partire da una matrice iniziale stimata mediante l'applicazione di un sistema di modelli di domanda ad aliquote parziali calibrato in occasione della redazione del Piano comunale dei trasporti del 1997 e successivamente aggiornata in occasione della redazione del Piano della rete stradale Primaria nel 2000.

La matrice OD stimata come descritto, è stata successivamente corretta mediante una procedura detta dei Minimi Quadrati Generalizzati, che ha utilizzato i flussi rilevati di traffico in sezioni significative dell'area di studio.

3.2.5 Assegnazione della domanda e analisi delle criticità

Avendo inserito la base dati, con la descrizione della rete stradale attuale sulla quale effettuare la simulazione, all'interno del modulo T.Road, e disponendo della matrice OD attuale, si è proceduto alla simulazione del funzionamento della rete stradale dell'area di studio ottenendo i flussi su ogni arco stradale.

In tal modo è stato possibile verificare i risultati ottenuti, valutando sia il livello di congestione generale che le condizioni di traffico sui rami e nelle intersezioni.

4 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI

Al fine di valutare gli impatti che la realizzazione dell'intervento avrà sul sistema dei trasporti dell'area, si è reso necessario effettuare le simulazioni di traffico sia nello scenario attuale che nello scenario di progetto (affidente alla fase di cantiere e illustrato al seguente paragrafo 4.1.2), per l'ora di punta del mattino e per l'ora di morbida.

Pertanto, sono stati definiti e considerati i seguenti scenari:

- *Scenario Attuale nell'ora di punta;*
- *Scenario Attuale nell'ora di morbida;*
- *Scenario di Non Intervento (riferimento all'ora di punta);*
- *Scenario di Progetto (riferimento all'ora di morbida).*

4.1 Scenari Attuali

4.1.1 Scenario Attuale nell'ora di punta

Il funzionamento del sistema stradale nell'ora di punta del mattino relativo all'area di intervento è riportato nella Figura 4.1.1.1 dove si è rappresentato il valore dei flussi e del grado di saturazione delle singole strade, il rapporto cioè tra il numero dei veicoli in transito e la capacità.

La figura evidenzia che tale grado di saturazione è al limite della congestione sulle principali strade dell'area:

- Corso Europa;
- via G. A. Campano;
- via S. Maria a Cubito;
- via Nuova Toscanella;
- via T. De Amicis;
- via Scaglione.

Ne consegue che la velocità media di percorrenza si riduce drasticamente nelle ore di punta fino a valori estremamente bassi in relazione alla funzione che le strade considerate svolgono con, in alcuni casi, il blocco totale della circolazione (via S. Maria a Cubito, via Toscanella, eccetera). Inoltre, il deflusso dei veicoli è caratterizzato da una notevole instabilità e qualunque interferenza potrebbe produrre rallentamenti della circolazione, dai quali deriva una elevata probabilità di superare i valori di attenzione e di allarme ambientale.

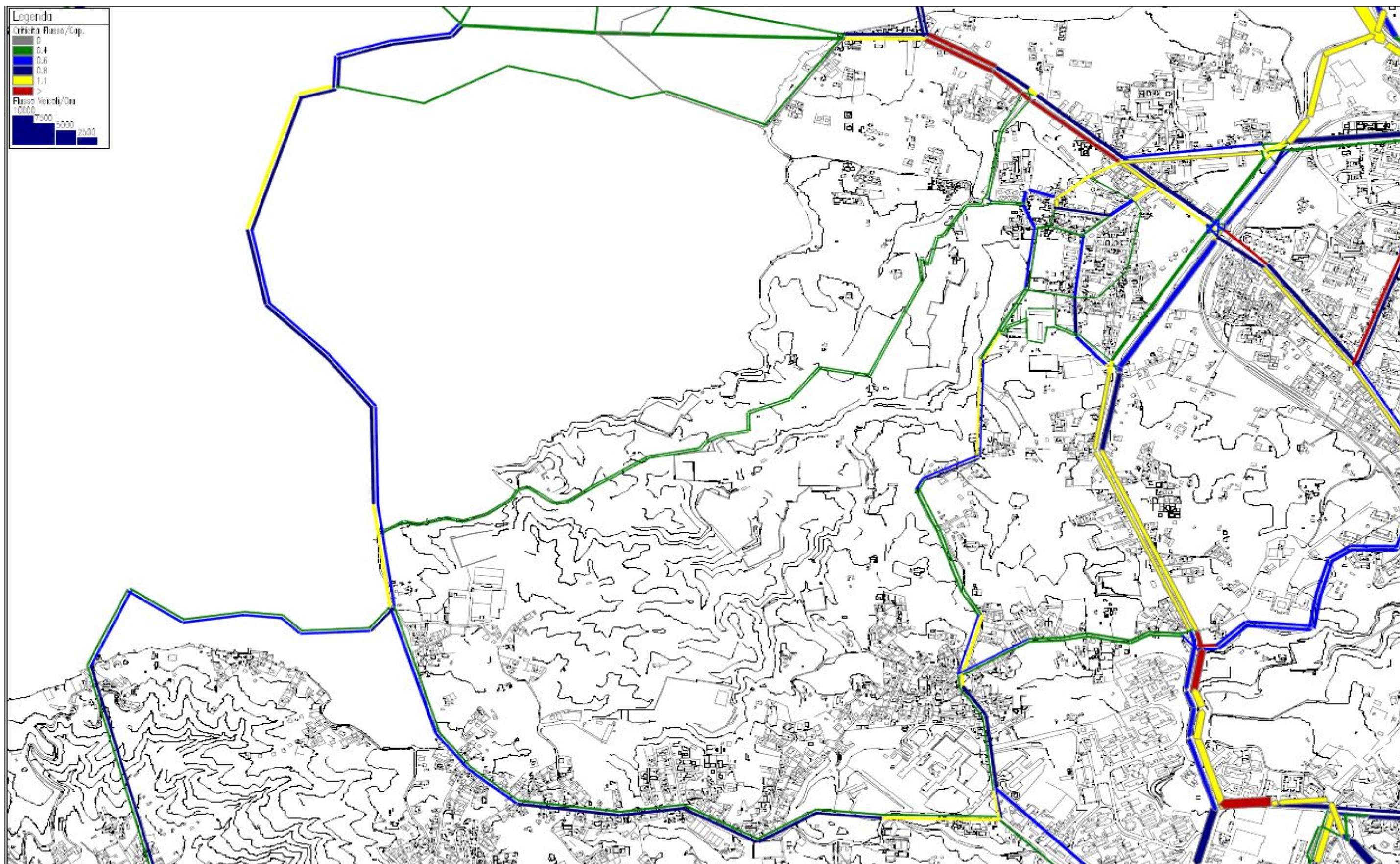


Figura 4.1.1.1 – Distribuzione dei flussi veicolari e relativo grado di congestione. Scenario di Attuale. Ora di punta.

Via E. Di Marino, 11, 84013 Cava de' Tirreni (SA)
P. IVA 03772980656 tel. 089/8420196 fax 089/8422580
e-mail info@incoset.it
pec postmaster@pec.incoset.it

www.incoset.it

ASSOCIATO
oice
Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

CERTIFICAZIONE DEL SISTEMA
QUALITÀ

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



certificato n° IT274802

4.1.2 Scenario Attuale nell'ora di morbida

La Figura 4.1.1.1, invece, riporta il flussogramma dell'area di interesse nello scenario attuale considerando, però, l'ora di morbida. Si fa presente che, per valutare la domanda di tale fascia oraria, è stata considerata la domanda di spostamenti dell'ora di punta decurtata (a vantaggio di sicurezza) del 15%: tale valore discende dalla distribuzione giornaliera dei flussi veicolari rilevati presso sezioni stradali dell'area di studio il cui scarto tra l'ora di punta e l'ora di morbida non supera mediamente il 20%.

La figura evidenzia che il grado di congestione delle principali arterie stradali risulta essere inferiore rispetto a quello calcolato per lo scenario analizzato precedentemente e che, in particolare, è prossimo al valore unitario solo per:

- via S. Maria a Cubito;
- via Scaglione;
- via T. De Amicis;
- via Nuova Toscanella.

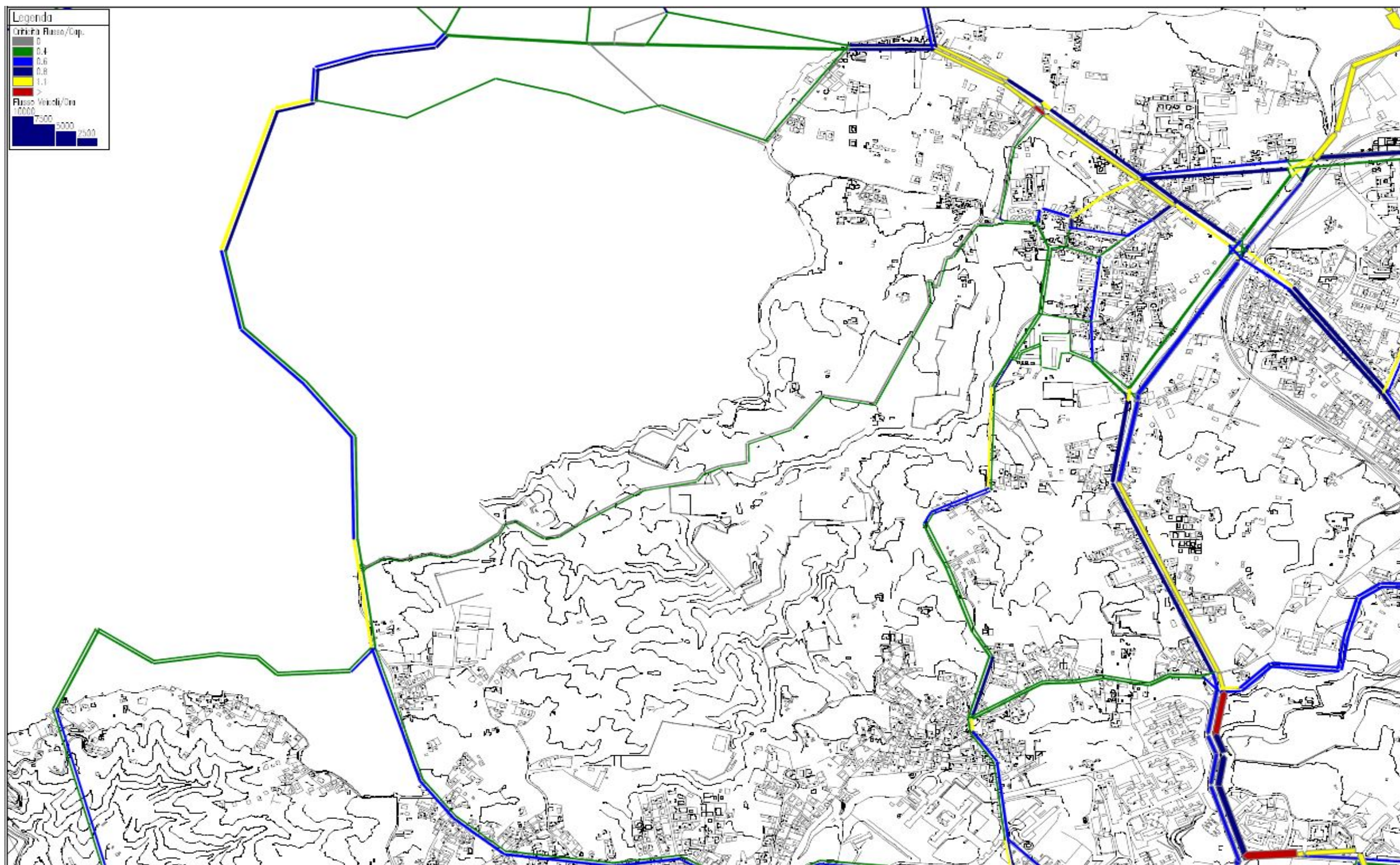


Figura 4.1.2.1 – Distribuzione dei flussi veicolari e relativo grado di congestione. Scenario di Attuale. Ora di morbida.

4.2 Scenari di Progetto

In questa fase si è proceduto alla costruzione e all'implementazione degli scenari di progetto; è stata modificata la domanda di spostamenti complessiva incrementandola considerando i mezzi di trasporto del materiale da risulta alle cave ipotizzando i due scenari di seguito descritti.

Il **primo scenario**, definito di **Non Intervento**, non prevede alcun tipo di regolamentazione oraria sull'arrivo dei mezzi al sito. Dal punto di vista della domanda, in tale scenario va aggiunta, in modo incrementale rispetto alla domanda esistente, quella dovuta ai mezzi (in veicoli equivalenti/ora) destinati alle cave e equamente distribuiti sulle otto ore lavorative, rispetto alle quali è lecito attendersi il trasporto del materiale.

Il **secondo scenario**, definito **Regolamentato**, prevede la regolamentazione oraria degli arrivi al sito. Tale regolamentazione prevede di vietare l'accesso dei veicoli pesanti trasportanti il materiale da risulta alle cave nelle fasce orarie di punta in modo da non aggravare una situazione già critica soprattutto in alcuni punti (via Santa Maria a Cubito, via Scaglione, ecc.). Tale ipotesi prevede, quindi, il divieto di accesso alla cave tra le ore 7.00 e le ore 10.00 e tra le ore 12.00 e le 14.00 e tra le 16.00 e le 20.00. Con tale regolamentazione quindi il traffico giornaliero dei mezzi destinato alle cave è stato suddiviso in 4 ore: tra le 6.00 e le 7.00, tra le 10.00 e le 11.00 e tra le 14.00 e le 16.00, ipotizzando la concentrazione di tali traffici in tali ore.

4.2.1 Quantitativo degli inerti e numero dei mezzi di trasporto necessari

Come sinteticamente illustrato al capitolo 2, il progetto di recupero ambientale della cava di tufo dismessa "Fondo Zara" con accesso da via Cinque Cercole in Chiaiano prevede il riempimento della cava con materiali inerti di risulta, al fine di mitigare l'impatto paesaggistico e ambientale.

La superficie complessiva è di circa 52.000 mq con altezze variabili che vanno dai 70 mt del fronte sud ovest ai 40 metri del versante nord. Il progetto di riempimento avverrà mediante l'impiego di un volume di inerti stimabile, in funzione delle varianti progettuali prescelte, tra 1.300.000 mc a 1.500.000 mc.

Si prevede di riempire l'area in 5/7 anni: si stima in ragione di ciò che il traffico di automezzi potrebbe essere di circa 30/40 automezzi da 20 tonnellate al giorno.

Il materiale utilizzato per il riempimento e il modellamento delle cave di Chiaiano proverrà dall'area metropolitana della città di Napoli e, in particolare, dalla direttrice relativa ai Comuni di Marano, di Mugnano e dal quartiere di Capodichino.

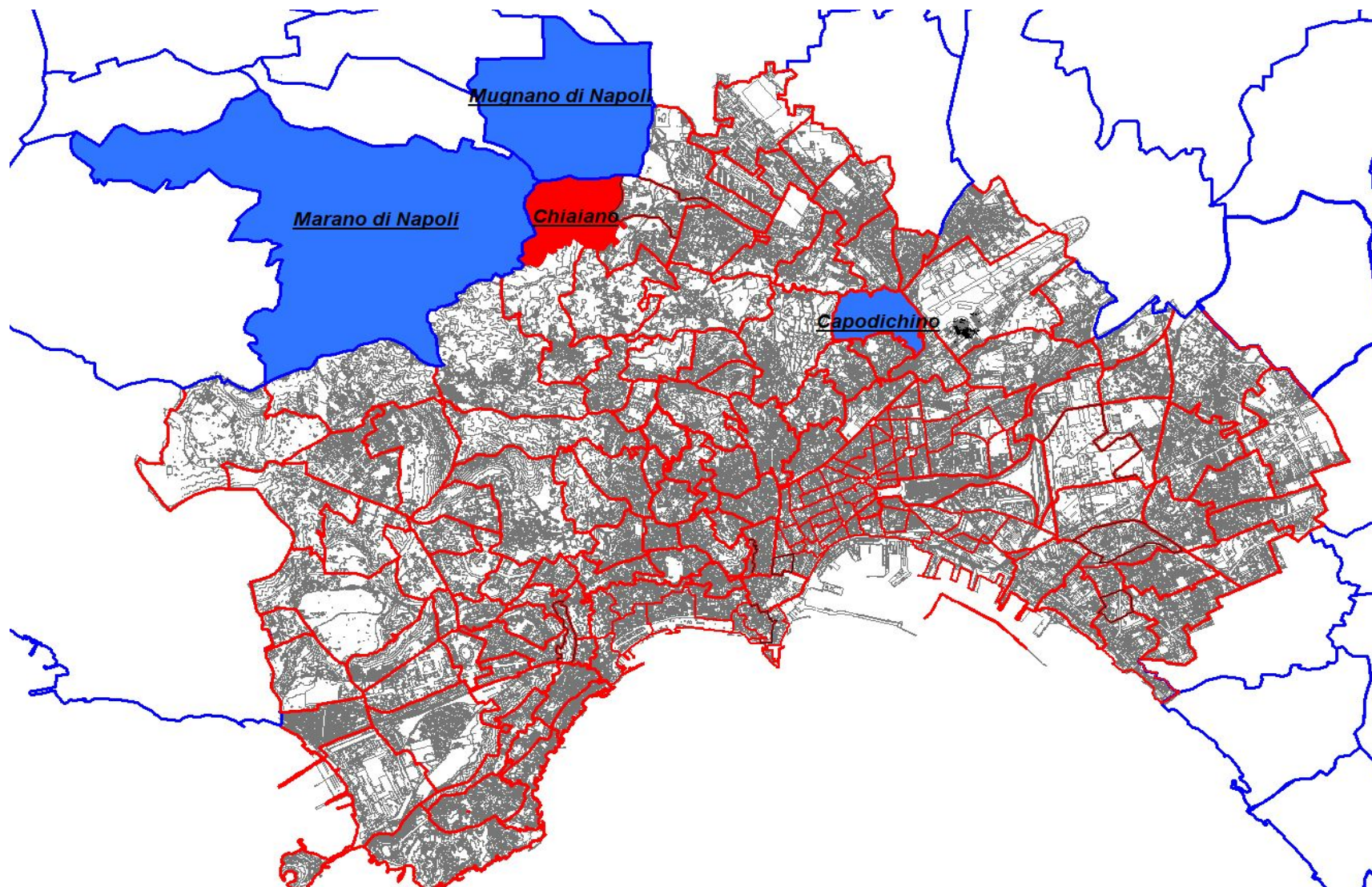


Figura 4.2.1.1 – Zone di provenienza dei materiali di riempimento della cava di tufo dismessa “Fondo Zara” sita in località Chiaiano.

32

Via E. Di Marino, 11, 84013 Cava de' Tirreni (SA)
P. IVA 03772980656 tel. 089/8420196 fax 089/8422580
e-mail info@incoset.it
pec postmaster@pec.incoset.it

www.incoset.it

ASSOCIATO
oice
Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

CERTIFICAZIONE DEL SISTEMA
QUALITA'



certificato n° IT274802

Ai fini dello studio trasportistico, si è reso necessario trasformare, quindi, il numero di viaggi giornalieri verso le cave di Chiaiano in auto equivalenti.

La trasformazione in auto equivalenti è stata effettuata considerando un coefficiente di equivalenza pari a 3 per ogni mezzo pesante occorrente per trasportare le quantità previste.

Il numero di veicoli equivalenti giornaliero, calcolato con il metodo sopra descritto, è stato assunto pari a 120 auto equivalenti verso le cave e 120 auto equivalenti di ritorno dalle cave, per un totale di 240 auto equivalenti giornaliere in più che caricheranno la rete stradale.

Tale numero è stato dunque ripartito in funzione delle ipotesi assunte al fine di definire gli scenari di progetto trattati nei seguenti paragrafi 4.2.2 e 4.2.3.

In particolare, per lo scenario di progetto riferito all'ora di punta (scenario di NON INTERVENTO), il numero di auto equivalenti complessivo si distribuisce uniformemente nell'intera giornata e, pertanto, esso è stato ripartito su un totale di 8 ore giornaliere. A vantaggio di sicurezza, quindi, è stata considerata la situazione meno vantaggiosa secondo la quale si prevede un incremento di 15 auto equivalenti che si recano verso le cave e 15 auto equivalenti di ritorno da esse che si sommano al traffico veicolare dell'ora di punta.

Per lo scenario di progetto definito REGOLAMENTATO è stato ipotizzato, invece, che il numero di auto equivalenti complessivo si distribuisca uniformemente su 4 ore giornaliere complessive in cui è possibile assumere una domanda di spostamenti complessivi ridotta del 15% rispetto alla domanda dell'ora di punta (domanda dell'ora di morbida). Ciò ha comportato un incremento di 30 auto equivalenti che si recano verso le cave e 30 auto equivalenti di ritorno da esse nell'ora considerata.

I calcoli effettuati per definire il numero di auto equivalenti orarie che la realizzazione del progetto di rinaturalizzazione della cava dismessa, oggetto della presente relazione, provoca, con riferimento all'ora di punta e all'ora di morbida, sono riportati sinteticamente nella seguente Tabella 4.2.1-1.

Tabella 4.2.1-1 – Incremento in auto equivalenti per lo Scenario di Progetto. Ora di punta e ora di morbida

	Automezzi IN al giorno	Automezzi OUT al giorno	Auto equivalenti IN al giorno	Auto equivalenti OUT al giorno	N° ORE	Auto equivalenti IN orarie	Auto equivalenti OUT orarie	Auto equivalenti TOT orarie
Scenario di Non Intervento (Ora di punta)	40	40	120	120	8	15	15	30
Scenario Regolamentato (Ora di morbida)	40	40	120	120	4	30	30	60

4.2.2 Scenario di Non Intervento (riferito all'ora di punta)

Il funzionamento del sistema stradale, nell'ora di punta del mattino, relativo all'area di intervento, considerando l'incremento dovuto alla presenza degli automezzi per il trasporto del materiale di riempimento, è riportato nella Figura 4.2.2.1.

Si rammenta che, in tale scenario, è stata considerata la domanda di trasporto dell'ora di punta del mattino incrementata di 30 veicoli equivalenti orari (cfr. Tabella 4.2.1-1).

La figura evidenzia che tale grado di saturazione è al limite della congestione sulle principali strade dell'area:

- Corso Europa;
- via G. A. Campano;
- via S. Maria a Cubito;
- via Nuova Toscanella;
- via T. De Amicis;
- via Scaglione.

Nello scenario di non intervento si evidenzia, quindi, come l'incremento del flusso in transito, non comporti variazioni del grado di saturazione delle arterie dell'area oggetto di studio che resta invariato.

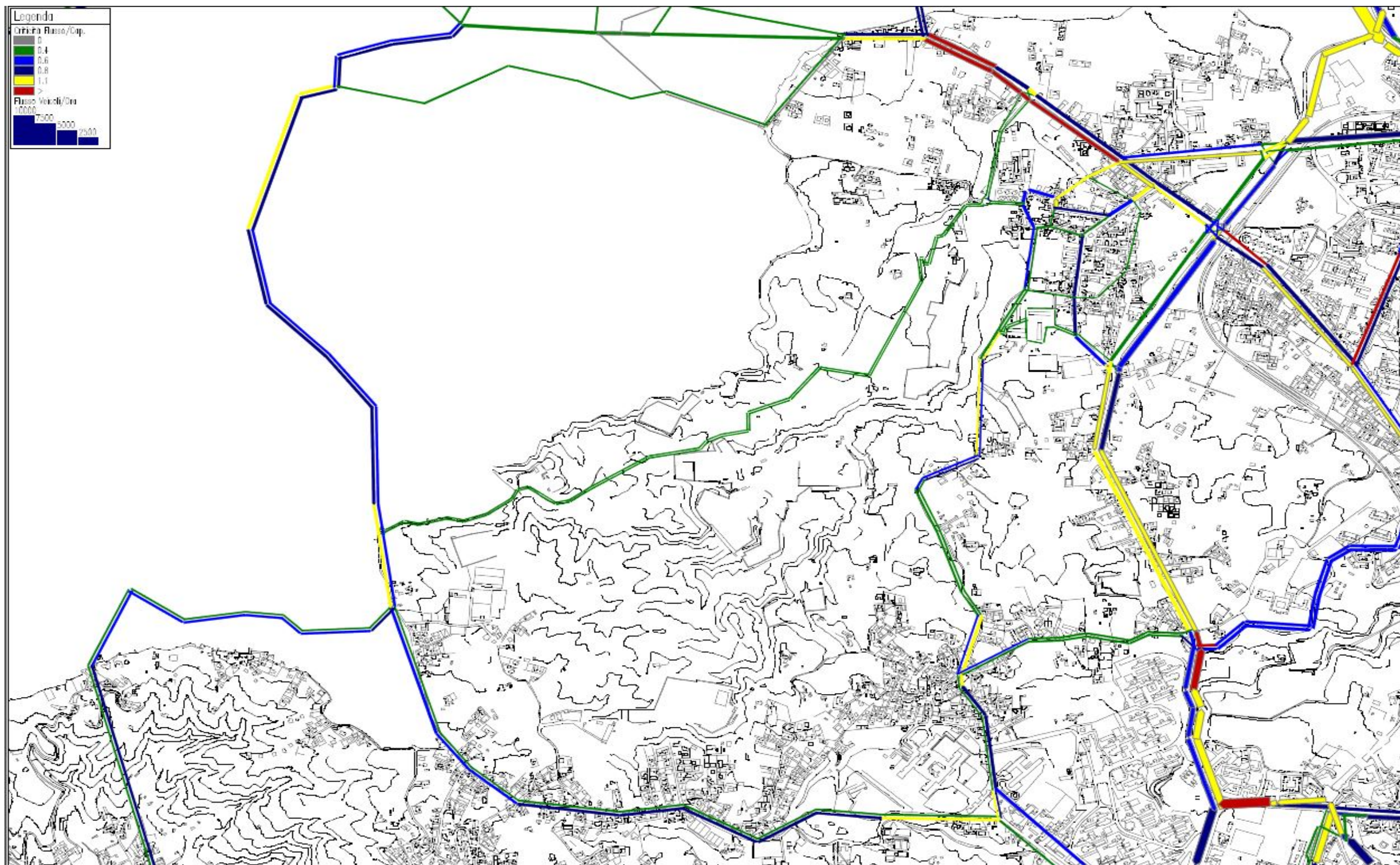


Figura 4.2.2.1 – Distribuzione dei flussi veicolari e relativo grado di congestione. Scenario di Non Intervento. Ora di punta.

Via E. Di Marino, 11, 84013 Cava de' Tirreni (SA)
P. IVA 03772980656 tel. 089/8420196 fax 089/8422580
e-mail info@incoset.it
pec postmaster@pec.incoset.it

www.incoset.it

ASSOCIATO
oice
Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

CERTIFICAZIONE DEL SISTEMA
QUALITA'

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



certificato n° IT274802

4.2.3 Scenario Regolamentato (riferito all'ora di morbida)

Ripetendo l'analisi appena descritta in riferimento allo scenario REGOLAMENTATO, sono stati ottenuti i risultati rappresentati nella Figura 4.2.3.1.

La figura evidenzia che il grado di congestione delle principali arterie stradali risulta essere inferiore a quello relativo al sistema simulato per l'ora di punta e che, in particolare, è prossimo al valore unitario solo per:

- via S. Maria a Cubito;
- via Scaglione;
- via T. De Amicis;
- via Nuova Toscanella.

Nello scenario Regolamentato, quindi, l'incremento del flusso in transito comporta gradi di saturazione delle arterie inferiori rispetto a quelli conseguiti nello scenario di Non Intervento.

Occorre sottolineare, inoltre, che, con riferimento alla stessa fascia oraria, l'incremento di tali flussi non genera variazioni significative rispetto allo scenario Attuale.

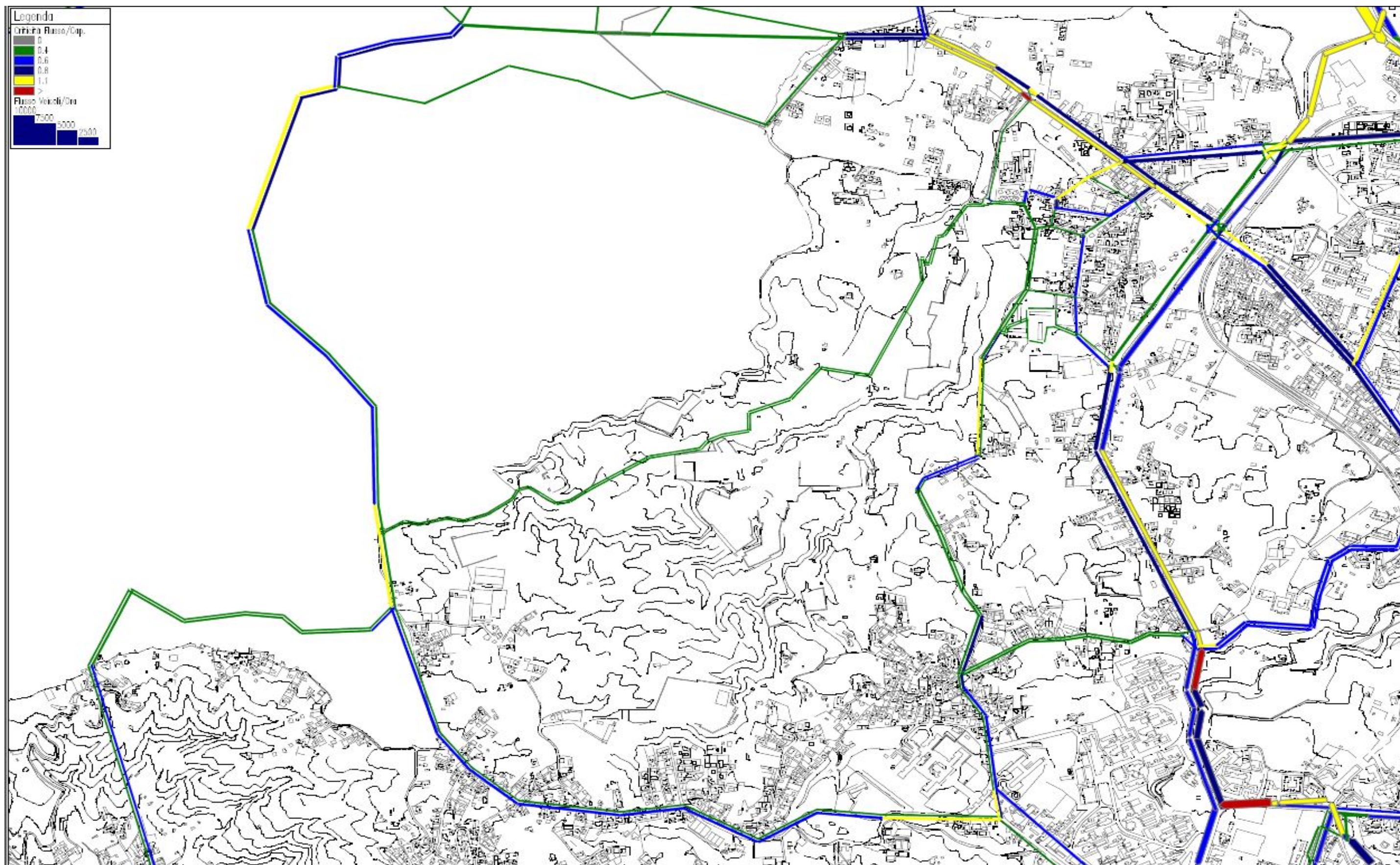


Figura 4.2.3.1 – Distribuzione dei flussi veicolari e relativo grado di congestione. Scenario Regolamentato. Ora di morbida.

5 CONFRONTO TRA GLI SCENARI E CONCLUSIONI

Mediante l'ausilio del modello di simulazione descritto è stato valutato il funzionamento del sistema nell'area di intervento valutando i flussi di traffico previsti sugli assi e il grado di congestione degli stessi.

Sono stati, quindi, confrontati:

- Scenario Attuale nell'ora di punta e Scenario di Non Intervento;
- Scenario Attuale nell'ora di morbida e Scenario Regolamentato.

Sia nel primo che nel secondo caso si evidenzia come, pur aumentando il flusso in transito per la presenza degli automezzi destinati al trasporto dei materiali di riempimento della cava dismessa, tale incremento non provoca effetti sul grado di congestione della rete stradale dell'area.

Quanto illustrato, quindi, consente di affermare che il funzionamento del sistema, con le due soluzioni ipotizzate: scenario di NON INTERVENTO e scenario REGOLAMENTATO, garantisce prestazioni simili rispetto alla situazione che attualmente si registra sulla rete.

In particolare, la regolamentazione degli orari di accesso alla cava comporterebbe livelli di congestione inferiori a quelli registrati nelle ore di punta, ma tale aspetto risulta essere irrilevante ai fini dello studio poiché, come ampiamente illustrato, l'intervento di progetto non determina variazioni del funzionamento del sistema di trasporto nell'area di intervento.