

Verifica di soluzioni di viabilità alternative
per l'incrocio C.so Unità D'Italia/C.so Maroncelli
e progetto della fasificazione semaforica

(versione 1.3 - 21/6/2000)

INDICE

| | | |
|----|---|----|
| 1. | _____ Premessa ed Obiettivi | 3 |
| 2. | _____ Strumenti utilizzati | 5 |
| 3. | _____ La domanda di traffico di riferimento per gli scenari in studio | 5 |
| 4. | _____ Modello dell'incrocio Unità d'Italia/Maroncelli | 7 |
| 5. | _____ Modalità di simulazione | 9 |
| 6. | _____ La fasificazione semaforica | 10 |
| 7. | _____ Analisi dettagliata dei risultati delle simulazioni | 11 |
| 8. | _____ Conclusioni | 17 |

**Verifica di soluzioni di viabilità alternative
per l'incrocio C.so Unità D'Italia/C.so Maroncelli
e progetto della fasificazione semaforica
(versione 1.3 – 21/6/2000)**

1. Premessa ed Obiettivi dello studio

Lo studio verte sulla valutazione dell'impatto sul traffico di alcune soluzioni di viabilità alternative elaborate per risolvere la congestione in cui versa attualmente l'incrocio di C.so Unità D'Italia/C.so Maroncelli.

L'analisi si focalizza in particolare sul periodo di punta del mattino, durante il quale si verificano le condizioni più critiche sia per la circolazione del traffico, sia per gli effetti del traffico sull'ambiente circostante.

Lo stato attuale

Quotidianamente, nell'ora di punta del mattino è possibile osservare sull'incrocio code persistenti di veicoli privati, commerciali e per il trasporto merci che si propagano all'indietro sia sull'asse Unità D'Italia/Trieste, sia sul C.so Maroncelli. Sul C.so Trieste gli accodamenti raggiungono e superano largamente l'incrocio a monte con la Via Moncenisio complicandone il funzionamento. Sul C.so Maroncelli le code superano e congestionano l'incrocio a monte con la Via Ventimiglia. La criticità delle code sul C.so Unità D'Italia è resa meno evidente dalla capacità del corso.

Queste osservazioni sono confermate dai dati rilevati sul campo¹, secondo cui la domanda di traffico dell'ora di punta del mattino supera la capacità di smaltimento dell'intersezione.

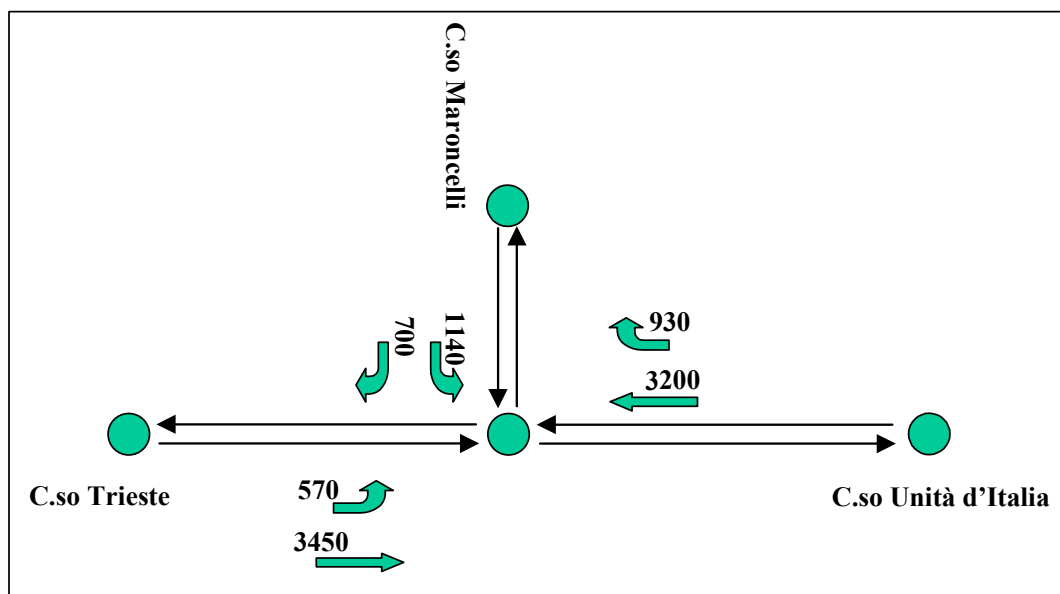


Fig. 1 – La domanda di traffico attuale nel periodo di punta del mattino

In effetti, con la geometria di incrocio attuale in corrispondenza della domanda del mattino il coefficiente di saturazione dell'intersezione (rapporto tra la domanda di traffico sull'incrocio e

¹ Campagna di rilevazione del 27/5/1999 – Città di Torino, Divisione Ambiente e Mobilità

la capacità di smaltimento complessiva dell'incrocio) supera il 100%, raggiungendo il valore di 1.23.

I tempi persi indotti dalla semaforizzazione (15" su un ciclo semaforico di 115") riducono di circa il 13% la capacità dell'incrocio, limitandone la capacità effettiva al 87%. Il coefficiente di saturazione attuale supera quindi la capacità effettiva dell'intersezione di circa il 20%. Ne consegue che durante l'ora di punta del mattino l'incrocio opera in condizioni di "sovrassaturazione".

Le code sui corsi afferenti l'incrocio sono la diretta conseguenza della sovrassaturazione e risultano più sensibili sull'accesso con coefficiente di saturazione superiore (C.so Trieste, con il 64% di saturazione).

Obiettivi dello studio

Per fronteggiare queste criticità sono state elaborate soluzioni di due diversi tipi, tese rispettivamente

- i. ad aumentare la capacità di smaltimento dell'intersezione, tramite la realizzazione di una rotonda viaria semaforizzata,
- ii. oppure a ridurre il traffico in attraversamento dell'intersezione, tramite la realizzazione di un sottopasso lungo l'asse Unità d'Italia/Trieste.

Gli scenari definiti inizialmente per lo studio sono quindi stati:

- Scenario A, caratterizzato dall'intersezione con la geometria attuale
- Scenario B, contraddistinto dalla realizzazione del sottopasso sull'asse Unità d'Italia/Trieste e di una mini rotonda in superficie
- Scenario C, caratterizzato dalla realizzazione di una rotonda viaria semaforizzata.

Le mappe di incrocio corrispondenti ai tre scenari sono raccolte in Appendice 1.

Durante l'esecuzione dello studio, l'interesse per lo Scenario B è venuto meno a causa delle caratteristiche della domanda di traffico di riferimento. In sostituzione dell'analisi dell'impatto della soluzione con sottopasso è stato svolto lo studio dell'ampliamento della capacità dell'incrocio mantenendo l'attuale geometria a "T". Gli obiettivi definitivi dello studio sono risultati quindi la valutazione dell'impatto degli Scenari A (con geometria attuale e con geometria ampliata) e C, nonché il progetto della fasificazione semaforica di massima adeguata per ciascun scenario.

Allo scopo di fornire elementi di analisi validi in prospettiva sul medio termine, le valutazioni sono state condotte sulla base della domanda di traffico prevista per l'anno 2005, definita nel seguito come "domanda di riferimento".

La robustezza delle soluzioni di viabilità progettate è stata poi verificata usando scenari di traffico più pesante:

- domanda di traffico aumentata del 10% (rispetto alla domanda di riferimento), allo scopo di considerare le variazioni medie e massime tipiche del traffico nelle ore di punta (rispetto al traffico medio dell'ora di punta)
- domanda di traffico aumentata del 15% e del 20% (rispetto alla domanda di riferimento), allo scopo di considerare l'ulteriore incremento dei volumi per effetto del traffico

- commerciale (non compreso nella domanda di riferimento). Il contributo del traffico commerciale è valutato dell'ordine del 5% del traffico ordinario in città e del 10% al cordone.

Il progetto delle fasi semaforiche ha tenuto conto:

- dei flussi di traffico di riferimento
- degli attraversamenti pedonali.

Lo studio si è basato sull'impiego del modello di micro-simulazione del traffico urbano NEMIS che consente la rappresentazione dettagliata della viabilità, dei flussi di traffico e della semaforizzazione.

L'area modellata per analisi e valutazioni comprende l'incrocio Unità d'Italia/Maroncelli ed i tratti più prossimi dei corsi afferenti.

2. Strumenti utilizzati

L'analisi degli interventi sulla viabilità e del conseguente impatto sul traffico è stata svolta utilizzando gli strumenti seguenti:

- Volumi di traffico dell'ora di punta del mattino (dalle ore 8.00 alle ore 9.00) dei giorni feriali, secondo le assegnazioni effettuate in corrispondenza degli Scenari A, B e C in prospettiva per l'anno 2005.
- Volumi di traffico attuali misurati sul campo² durante l'ora di punta del mattino di giorni feriali.
- Mappe di dettaglio delle soluzioni di viabilità (vedi Appendice 1).
- Modello di micro-simulazione del traffico urbano NEMIS tarato sugli scenari presi in considerazione.

3. La Domanda di Traffico di Riferimento per gli scenari in studio

Le Figure 2 e 3 riportano in modo schematico la Domanda di Traffico di Riferimento per gli scenari in studio.

I volumi di traffico sono stati dedotti dalle assegnazioni elaborate in corrispondenza degli scenari A, B e C, utilizzando la matrice Origine/Destinazione del traffico privato proiettata al 2005, e sono al netto del contributo del traffico commerciale. Questo contributo è stato stimato dell'ordine del 5%-10% del traffico privato.

La domanda di riferimento per lo Scenario A e lo Scenario C è la medesima. Le differenze con la domanda di riferimento per lo Scenario B sono minime.

Nel complesso la domanda di riferimento relativa ai tre scenari risulta sensibilmente inferiore alla domanda attuale. In particolare:

² Campagna di rilevazione del 27/5/1999 – Città di Torino, Divisione Ambiente e Mobilità

- In direzione Nord, sul C.so Trieste la domanda prevista per il 2005 (circa 3100 veicoli/ora) è inferiore all'attuale (circa 4000 veicoli/ora) per circa 900 veicoli ora
- In direzione Sud, sul C.so Unità d'Italia la domanda prevista per il 2005 (circa 600 veicoli/ora) è nettamente inferiore all'attuale (circa 4100 veicoli/ora) per circa 3500 veicoli/ora
- Dal C.so Maroncelli sono previsti per il 2005 circa 400-600 veicoli/ora (a seconda dello scenario considerato) mentre la domanda attuale risulta di circa 1800 veicoli/ora.
- Il traffico diretto verso Sud lungo il C.so Trieste è previsto di circa 400-800 veicoli/ora (a seconda dello scenario considerato) nel 2005 mentre la domanda attuale risulta di circa 3900 veicoli/ora.
- Complessivamente la domanda sull'incrocio è prevista di circa 4200 veicoli/ora nel 2005, meno della metà della domanda attuale, che risulta di circa 10000 veicoli/ora. La differenza è addebitabile in gran parte alla diminuzione prevista nella domanda di traffico diretto a Sud.

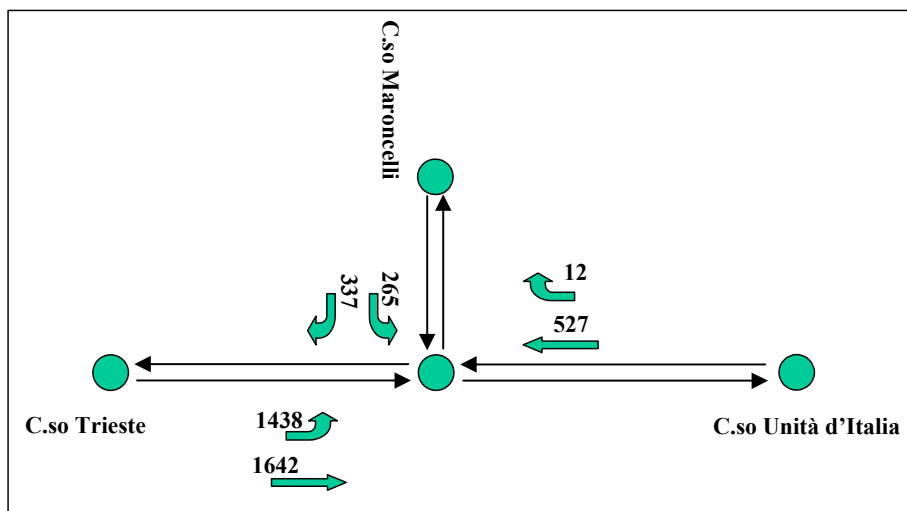


Fig. 2 – Scenari A e C: la domanda di traffico nel periodo di punta del mattino

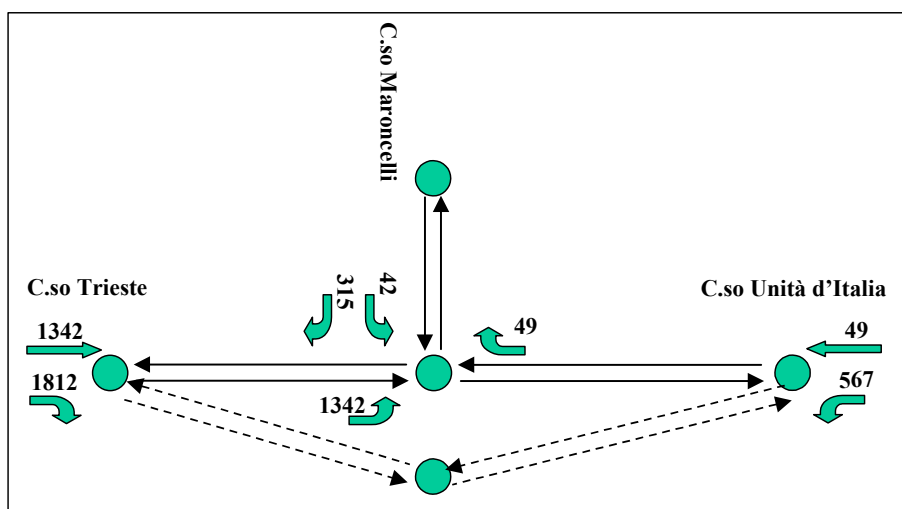


Fig. 3 – Scenario B: la domanda di traffico nel periodo di punta del mattino

In corrispondenza della domanda di riferimento, negli Scenari A e C il coefficiente di saturazione dell'incrocio risulta pari a 0.72, con un contributo di 0.57 dovuto al solo ingresso di C.so Trieste.

In corrispondenza dello Scenario B il coefficiente di saturazione scende ulteriormente (a circa 0.27) grazie alla presenza del sottopassaggio che elimina dall'incrocio i flussi in attraversamento lungo la direzione Nord-Sud.

In conclusione, **la domanda di traffico prevista per il 2005** risulta inferiore alla capacità di smaltimento dell'incrocio in tutti gli scenari ed in particolare **risulta inferiore alla capacità di smaltimento della geometria attuale. Queste condizioni di traffico non giustificano l'attuazione di un intervento infrastrutturale quale il sdtopasso previsto nello Scenario B.** Questo scenario non è stato quindi ulteriormente analizzato.

Per quel che riguarda l'analisi delle prestazioni fornite dalla rotonda semaforizzata prevista nello Scenario C, l'analisi in proiezione 2005 è stata abbandonata ed è stata sostituita dalla valutazione dell'impatto sulla domanda di traffico attuale, con lo scopo di verificare se la rotonda semaforizzata può rappresentare una valida risposta ai limiti evidenziati dalla regolazione attuale per l'impianto in esame.

Infine, in sostituzione dell'analisi dello Scenario B è stato svolto lo studio dell'ampliamento dell'incrocio attuale, mirato a mantenere la struttura "T" ed a determinare il numero minimo di corsie necessarie per eliminare la sovrassaturazione caratteristica dell'ora di punta del mattino.

4. Modello dell'incrocio Unità d'Italia/Maroccelli

L'area dell'incrocio è stata rappresentata con modelli diversi, ognuno adeguato ad uno specifico scenario.

Per lo Scenario A (Figura 4) il modello consiste di:

- tre nodi di origine/destinazione, un nodo centrale semaforizzato (nodo 6), corrispondente all'incrocio vero e proprio, e due nodi intermedi (nodi 4 e 5) che rappresentano i punti di variazione della larghezza delle sezioni delle carreggiate dei C.si Unità d'Italia e Trieste in prossimità dell'incrocio.
- dieci sensi in ingresso ed interni all'area.

Per lo Scenario C (Figura 5) il modello ha richiesto:

- sette nodi, dei quali i quattro interni rappresentano la rotatoria viaria
- dieci sensi in ingresso ed interni all'area.

Il modello risulta più complesso del precedente in quanto tutti i nodi interni sono semaforizzati.

Per lo studio mirato ad adeguare la capacità dell'incrocio alla domanda di traffico attuale conservando la geometria a "T" (Scenario A bis), il modello utilizzato è una semplificazione del modello dello Scenario A. Il modello (Figura 6) consiste di:

- quattro nodi, di cui solo quello centrale è semaforizzato
- sei sensi in ingresso ed uscita

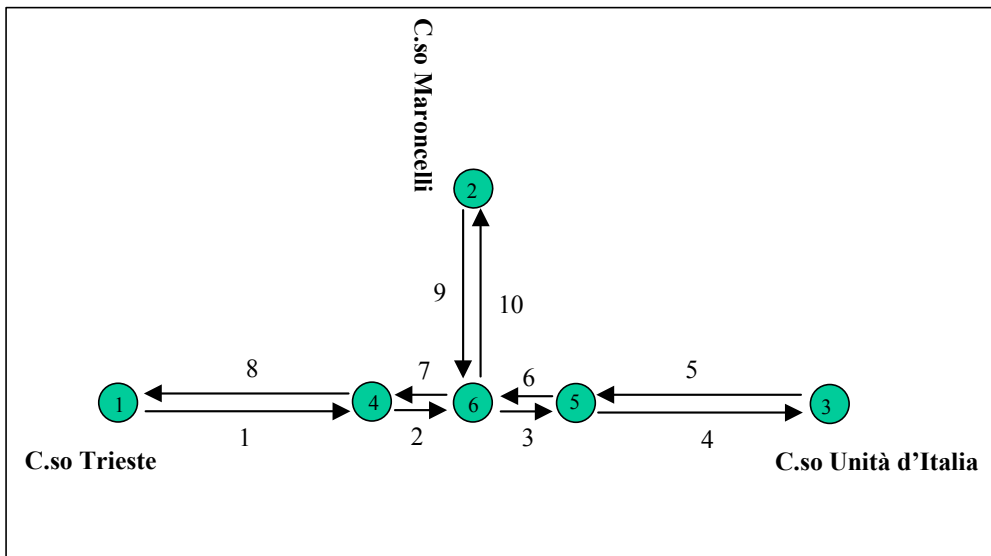


Fig. 4 – Modello dell’incrocio per lo Scenario A

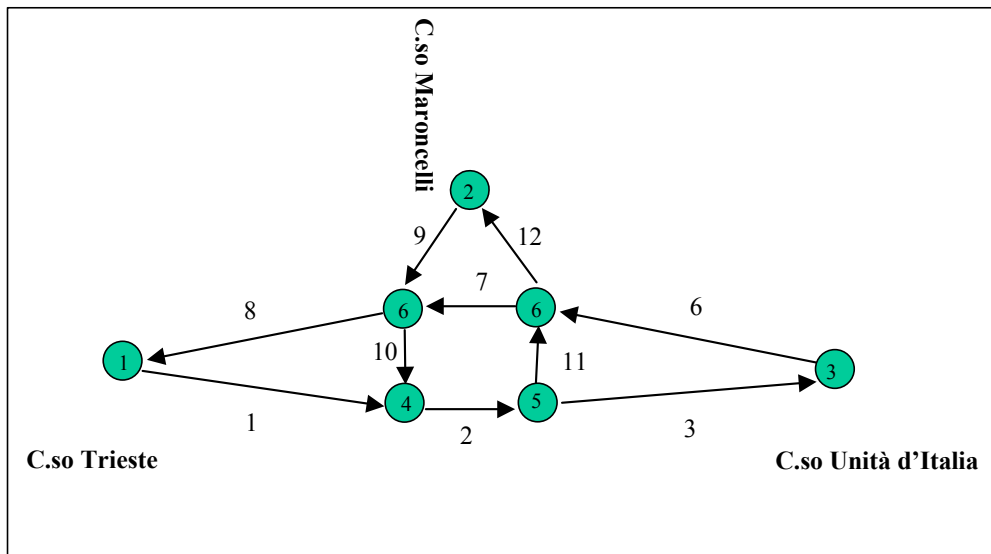


Fig. 5 – Modello dell’incrocio per lo Scenario C

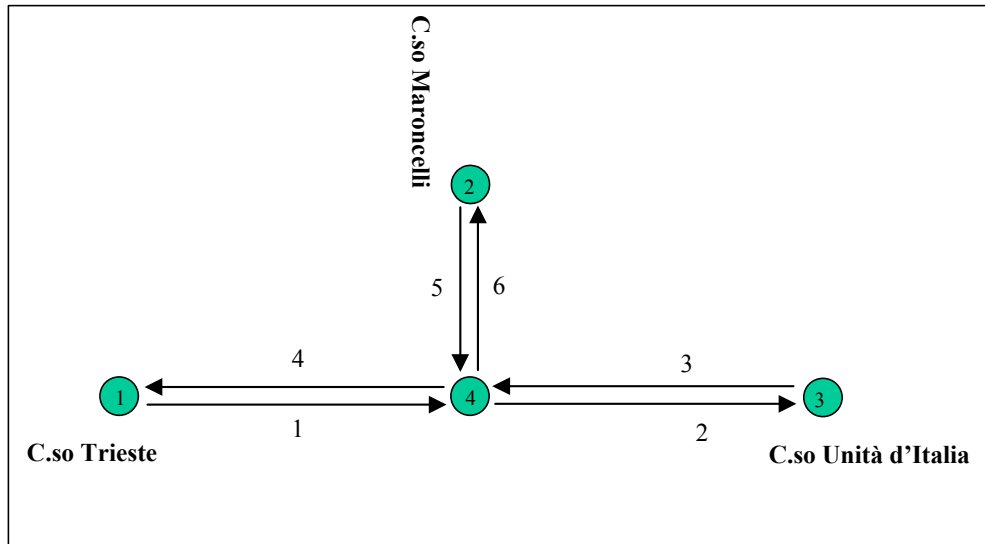


Fig. 6 – Modello dell'incrocio per lo Scenario A bis

Le caratteristiche di capacità e di circolazione attribuite ai sensi per gli scenari A e C sono coerenti con quelle rappresentate nel modello usato per l'assegnazione del traffico e rispettano la geometria di incrocio riportata in Appendice 1. La capacità dei sensi per lo scenario A bis rappresenta invece il risultato dello studio.

In particolare, per i sensi afferenti gli incroci si evidenzia quanto segue.

Scenario A:

- I sensi "1", "3", "4", "5", "7", "8", "9" e "10" sono stati modellati con tre corsie ciascuno.
- Ai sensi interni "2" e "6" sono state attribuite quattro corsie.

Scenario C:

- I sensi "1", "2", "3", "6", "7", "8", "10" e "11" sono stati modellati con quattro corsie ciascuno.
- Ai sensi "9" e "12" sono state attribuite tre corsie.

Scenario A bis:

- Al senso 1 sono state attribuite cinque corsie (di cui due per la svolta a sinistra)
- Ai sensi "2", "5" e "6" sono state attribuite tre corsie ciascuno.
- Ai sensi "3" e "4" sono state attribuite quattro corsie.

5. Modalità di simulazione

Per ogni scenario l'analisi delle prestazioni degli interventi in progetto è stata svolta con prove di simulazione condotte su di un orizzonte temporale di due ore e con condizioni di traffico stazionario coerenti con la domanda di traffico prestabilita.

La durata delle simulazioni è stata definita in modo da garantire il caricamento della rete, il superamento dei transitori e l'evidenziazione degli eventuali fenomeni di deriva delle code.

Le simulazioni sono state precedute dal progetto di massima della fasificazione semaforica. I risultati delle simulazioni hanno contribuito a loro volta alla calibrazione del piano dei segnali.

Nel complesso per ciascun scenario sono stati svolti i passi seguenti:

- i. Progetto delle fasi semaforiche.
- ii. Verifica delle prestazioni dell'intervento sulla geometria dell'incrocio in corrispondenza della domanda di traffico di riferimento e calibrazione del piano dei segnali semaforici.
- iii. In caso di successo della verifica precedente, verifica delle prestazioni della viabilità in condizioni di traffico più pesanti, con volumi di traffico incrementati gradualmente del 10%, del 15% e del 20%.

6. La fasificazione semaforica

I dettagli relativi alle fasi semaforiche progettate sono raccolti in forma tabellare nelle Appendici 2, 3 e 4 (rispettivamente per lo Scenario A, lo Scenario C e lo Scenario A bis).

I tempi dei segnali semaforici sono riassunti in tabelle dove ad ogni segnale è stato associato il codice del senso di cui il segnale controlla i flussi in uscita.

Scenario A

La fasificazione dell'incrocio Unità d'Italia/Maroncelli riprende quella in funzione attualmente. I tempi di fase e la durata del ciclo semaforico (120 sec) sono stati adeguati alla domanda di traffico di riferimento ed all'incremento dei volumi di traffico sino al 20%.

Le fasi semaforiche progettate sono:

- Fase 1 [61 sec], dedicata ai flussi del C.so Trieste diretti verso il C.so Unità d'Italia ed il C.so Maroncelli.
- Fase 2 [36 sec], per i flussi provenienti dal C.so Unità d'Italia e diretti verso il C.so Trieste (e viceversa) e verso il C.so Maroncelli.
- Fase 3 [23 sec], dedicata ai flussi provenienti dal C.so Maroncelli.

Scenario C

Per la semaforizzazione della rotonda viaria è stato previsto un piano semaforico con ciclo di 130 sec, costituito da due fasi.

- Fase 1 [90 sec], dedicata ai flussi del C.so Trieste e del C.so Unità d'Italia, in direzione Nord-Sud. In questa fase la svolta a sinistra dal C.so Trieste al C.so Maroncelli è chiusa ed il corrispondente serbatoio interno alla rotonda si carica senza superare la propria capacità.

- Fase 2 [40 sec], dedicata ai flussi provenienti dal C.so Maroncelli. Durante questa fase viene aperta anche la svolta a sinistra dal C.so Trieste al C.so Maroncelli

Il ciclo e la durata delle fasi sono state determinate in modo da una parte di consentire lo smaltimento della domanda attuale, e dall'altra di non sovrassaturare i serbatoi interni alla rotonda.

Scenario A bis

La fasificazione dell'incrocio è caratterizzata da tre fasi:

- Fase 1 [30 sec], dedicata ai flussi del C.so Trieste diretti verso il C.so Unità d'Italia ed il C.so Maroncelli.
- Fase 2 [67 sec], per i flussi in direzione Nord-Sud sui C.si Unità d'Italia e Trieste.
- Fase 3 [33 sec], dedicata ai flussi provenienti dal C.so Maroncelli.

La durata del ciclo (130 sec) è stata determinata in modo da un lato di smaltire la domanda attuale ed ulteriori incrementi, e dall'altro di contenere in misure ragionevoli gli accodamenti sui sensi di ingresso all'incrocio. La lunghezza delle fasi sono state determinate sulla base di un concetto di equisaturazione degli ingressi.

7. Analisi dettagliata dei risultati delle simulazioni

Premessa

Nei paragrafi che seguono, I risultati delle simulazioni vengono presentati raggruppando le prove in funzione dello scenario e della domanda di traffico.

Per lo Scenario A vengono presentati i risultati delle prove effettuate con:

- domanda di riferimento
- volumi di traffico incrementati del 15% rispetto alla domanda di riferimento
- volumi di traffico incrementati del 20% rispetto alla domanda di riferimento

Per lo Scenario C vengono presentati gli esiti della simulazione effettuata con la domanda di traffico attuale. Ulteriori incrementi della domanda non sono risultati gestibili dalla rotatoria viaria.

Per lo Scenario A bis vengono presentati i risultati delle prove effettuate con:

- domanda attuale
- volumi di traffico incrementati del 10% rispetto alla domanda attuale
- volumi di traffico incrementati del 15% rispetto alla domanda attuale.

L'incremento del 15% della domanda attuale porta l'incrocio alla sovrassaturazione. Di conseguenza ulteriori incrementi della domanda non sono stati analizzati.

In sintesi, le indicazioni emergenti dal complesso delle prove sono:

- i. L'incrocio attuale è in grado di smaltire senza difficoltà la domanda di traffico prevista per il 2005 ed anche l'incremento dei volumi sino al 20%.
- ii. La rotatoria viaria semaforizzata è in grado di smaltire la domanda di traffico attuale lavorando ai limiti della saturazione. In particolare le code sul C.so Trieste in direzione Nord non superano i 50 veicoli per corsia se il periodo di punta non si protrae oltre un'ora.
- iii. L'ampliamento della capacità dell'incrocio mantenendo la geometria a "T" attuale consente di smaltire adeguatamente la domanda attuale e l'ulteriore incremento dei volumi di traffico del 10%. In corrispondenza dell'incremento dei volumi di traffico del 15% le code sul C.so Trieste e sul C.so Maroncelli tendono a derivare, mantenendosi comunque entro i limiti rispettivamente di 24 e 30 veicoli per corsia se il periodo di punta non si protrae oltre l'ora.

Nella Tabella 1 sono stati raccolti i valori dell' "indicatore di occupazione" registrati nelle diverse prove per i sensi di ingresso ed interni all'intersezione. L'indicatore di occupazione di un senso è il rapporto tra il numero medio di veicoli presenti nel senso ed il numero massimo di veicoli contenibili dal senso. L'indicatore rappresenta quindi il livello di saturazione medio del senso.

I valori relativi allo Scenario A evidenziano l'assenza di criticità per tutti i livelli di traffico simulati. Per lo Scenario C è evidente la condizione di saturazione del senso 1 (C.so Trieste) determinata dalla domanda di traffico attuale. Per lo Scenario A bis i sensi di ingresso all'incrocio (sensi 1, 3 e 5) sono leggermente più carichi dei rimanenti ma non denunciano condizioni di saturazione.

| Senso | Scenario A | | | Scenario C | Scenario A bis |
|-----------|------------|-----------|-----------|------------|----------------|
| | rif. | rif. +15% | rif. +20% | | |
| 1 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.94 | 0.24 |
| 2 | 0.23 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.18 |
| 3 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.16 |
| 4 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | | 0.09 |
| 5 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | | 0.20 |
| 6 | 0.10 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.02 |
| 7 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.21 | |
| 8 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.09 | |
| 9 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.31 | |
| 10 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.24 | |
| 11 | | | | 0.17 | |
| 12 | | | | 0.06 | |

Tabella 1 – Indicatori di Occupazione dei sensi del modello di incrocio

Scenario A

Le Figure 7, 8 e 9 riportano l'andamento delle code sui sensi principali che insistono ed attraversano l'incrocio Unità d'Italia/Maroncelli, registrate nella parte finale del periodo di simulazione. Le figure si riferiscono alle prove effettuate rispettivamente con la domanda di traffico di riferimento, con volumi incrementati del 15% e con volumi incrementati del 20%.

I grafici dimostrano che l'incrocio è in grado di soddisfare i diversi livelli di domanda senza creare congestioni e limitando le code sia sui sensi di ingresso sia su quelli interni all'incrocio.

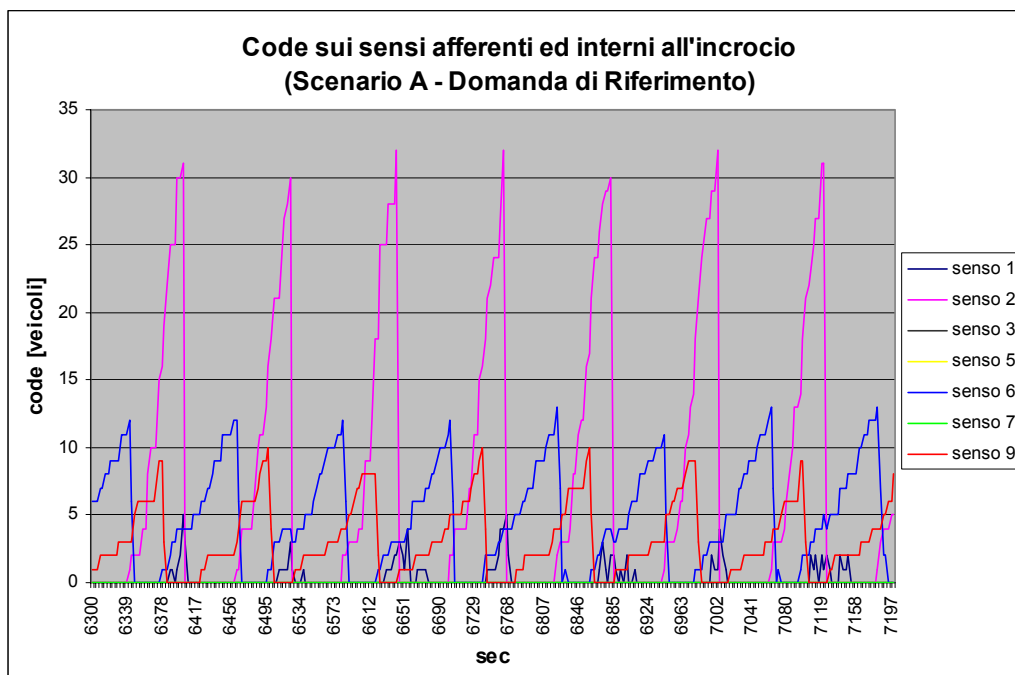


Fig. 7 – Code in corrispondenza della domanda di riferimento

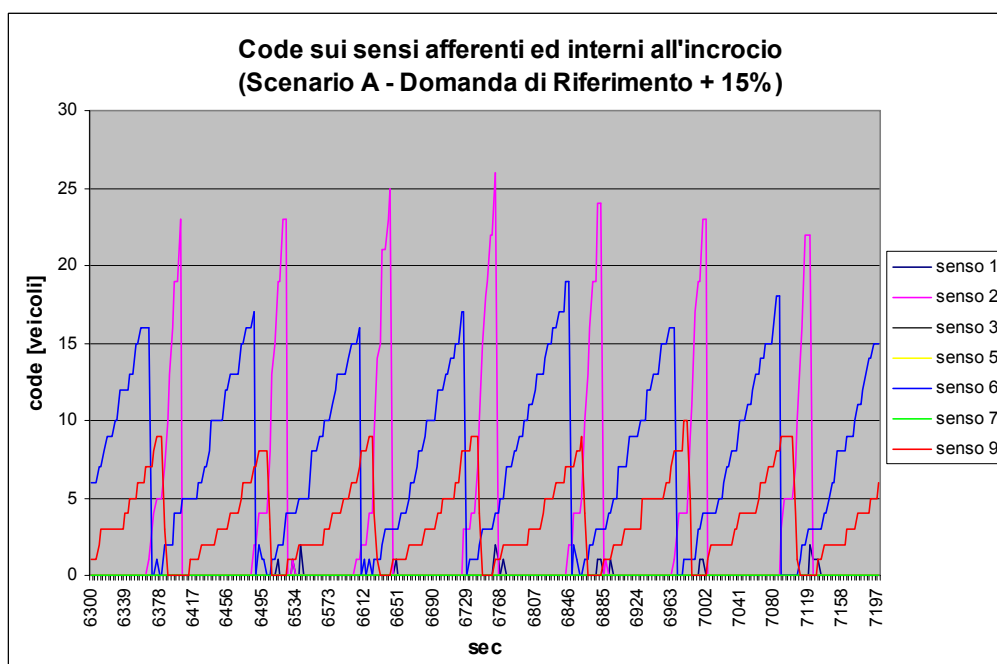


Fig. 8 – Code con volumi incrementati del 15%

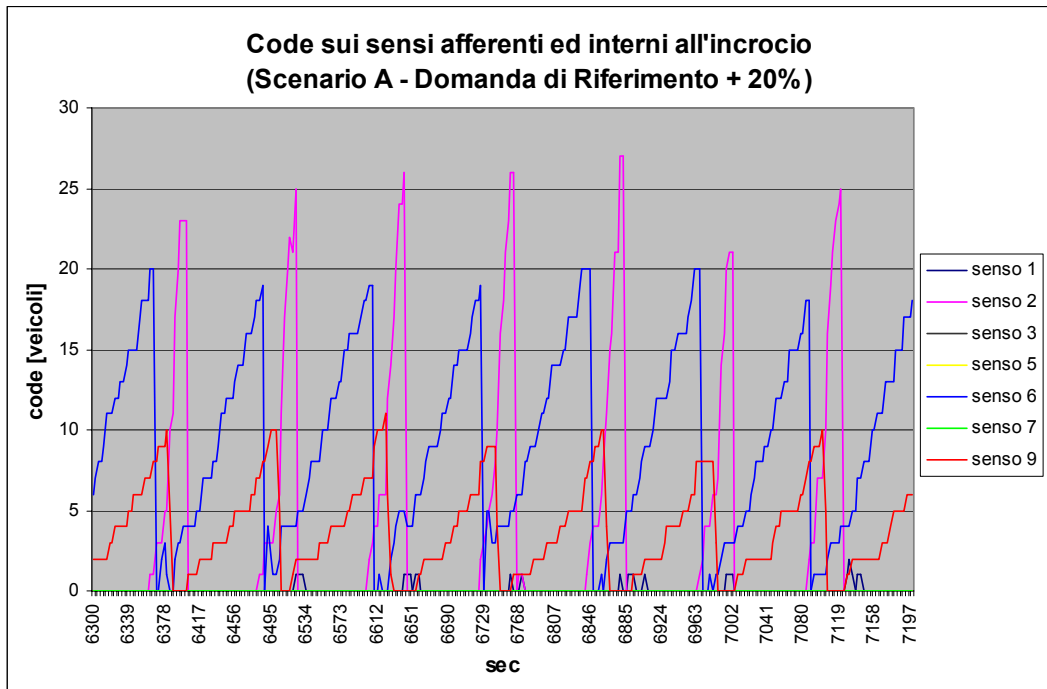


Fig. 9 – Code con volumi incrementati del 20%

Scenario C – Domanda Attuale

La Figura 10 riporta l'andamento delle code sui sensi d'ingresso dell'incrocio Unità d'Italia/Maroncelli e sui sensi interni principali della rotatoria semaforizzata. Il grafico si riferisce alla parte finale della prima ora di simulazione.

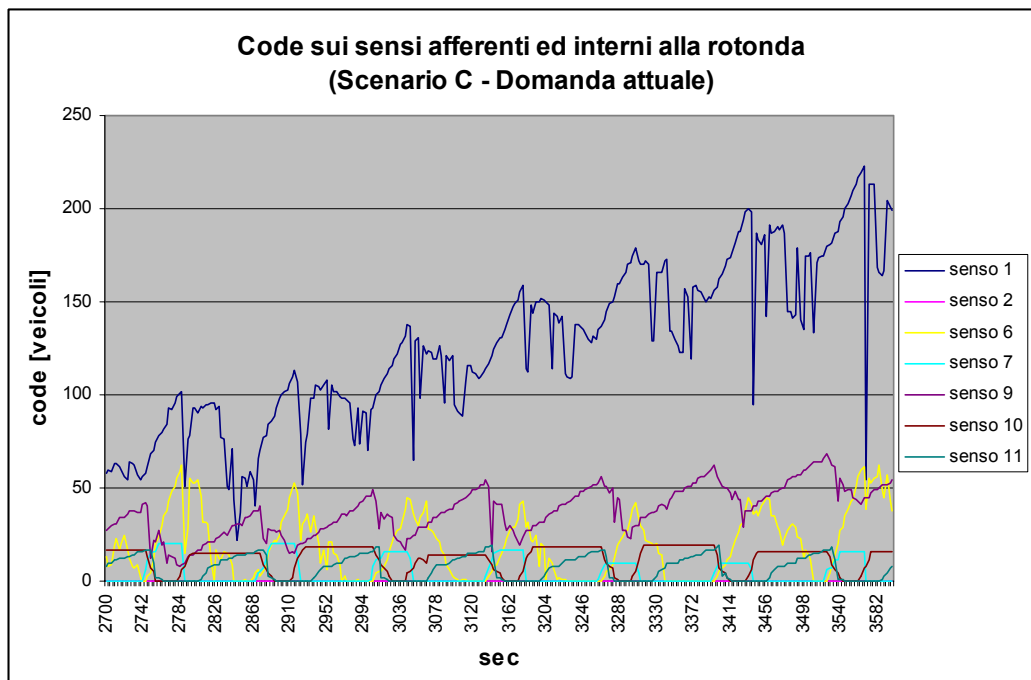


Fig. 10 – Code sui sensi d'ingresso ed interni della rotatoria, con domanda attuale

Il grafico delle code dimostra che la rotatoria viaria è in grado di sopportare la domanda di traffico attuale determinando un accodamento gradualmente crescente sull'ingresso dal C.so Trieste (senso 1). Questo accodamento rimane entro il limite di 50 veicoli per corsia se la punta di domanda non perdura per più di un'ora.

La fasificazione progettata protegge adeguatamente i sensi interni alla rotatoria (sensi 7, 10 e 11) dove le code rimangono limitate e si azzerano ad ogni ciclo. Sui sensi di ingresso 6 e 9 (rispettivamente C.so Unità d'Italia e C.so Maroncelli) il valore massimo delle code non supera i 60 veicoli, corrispondenti a 15 veicoli per corsia sul C.so Unità d'Italia ed a 20 veicoli sul C.so Maroncelli, perfettamente compatibili con la capacità fisica delle strade.

Scenario A bis – Domanda Attuale

Le Figure 11, 12 e 13 riportano l'andamento delle code sui sensi afferenti l'incrocio, registrate nella parte finale della prima ora di simulazione. Le figure si riferiscono alle prove effettuate rispettivamente con la domanda di traffico attuale, con volumi incrementati del 10% e con volumi incrementati del 15%.

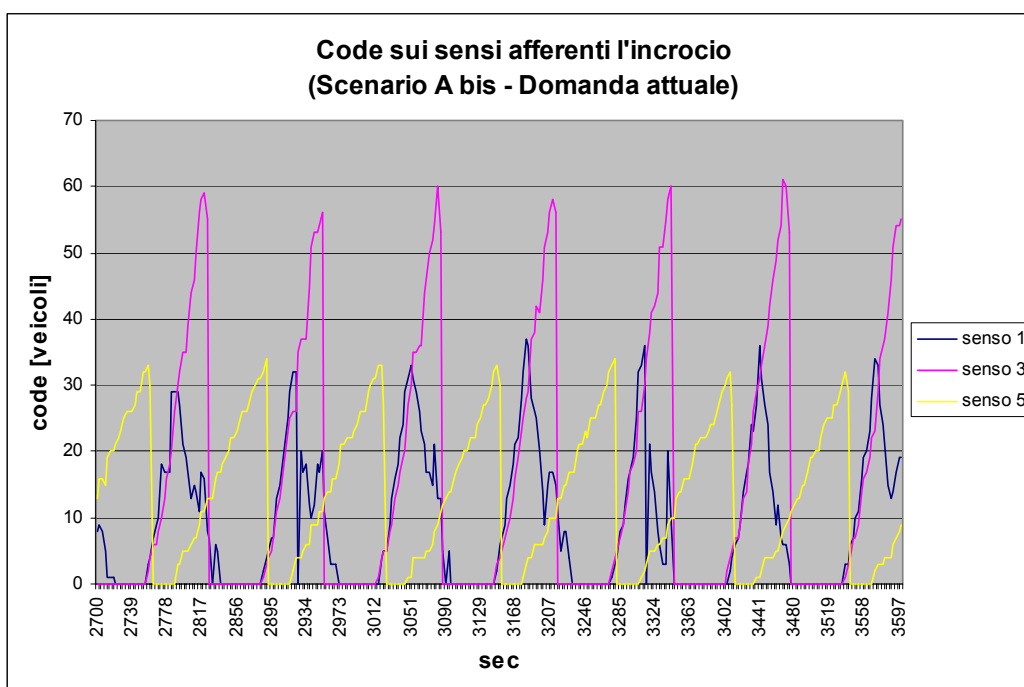


Fig. 11 – Code in corrispondenza della domanda attuale

Con la geometria ampliata, l'incrocio a "T" risulta in grado di assorbire senza problemi sia la domanda attuale, sia l'incremento del 10%. L'incremento del 15% della domanda innesca una leggera deriva delle code relative al C.so Trieste (senso 1) ed al C.so Maroncelli (senso 5) che al termine della prima ora di simulazione porta le code sino a circa 24 veicoli per corsia sul primo e sino a circa 30 veicoli per corsia sul secondo.

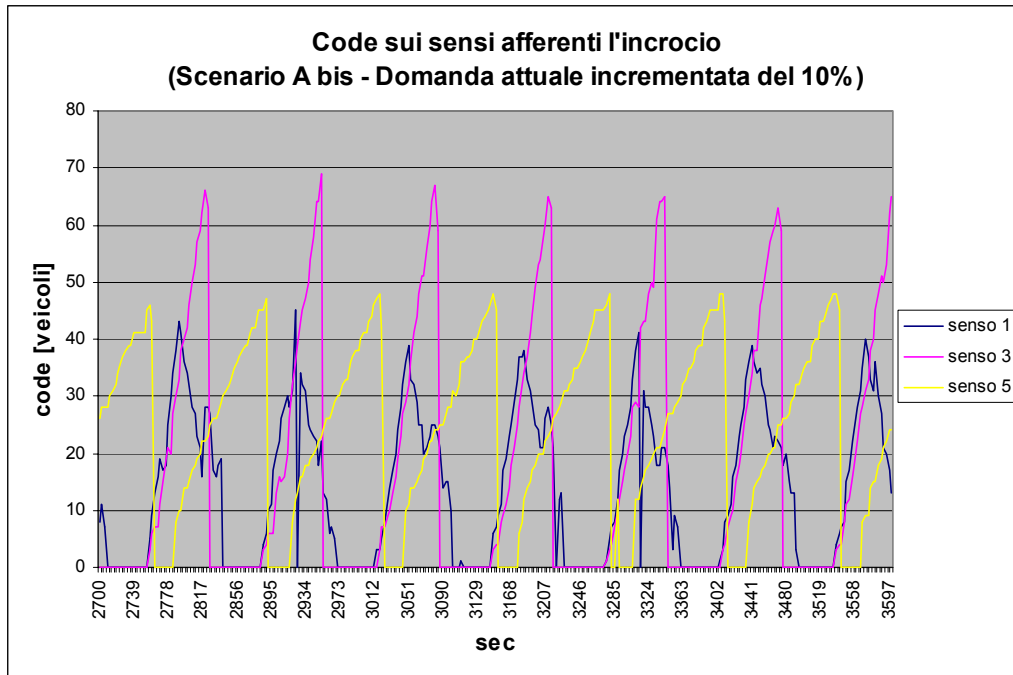


Fig. 12 – Code in corrispondenza della domanda attuale aumentata del 10%

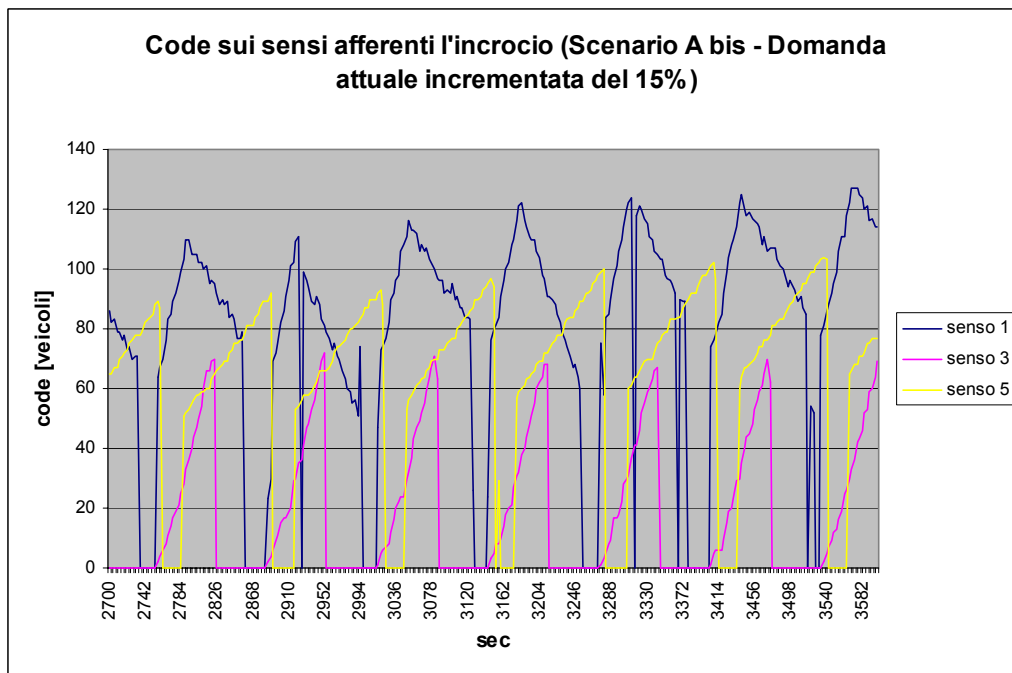


Fig. 13 – Code in corrispondenza della domanda attuale aumentata del 15%

8 Conclusioni

Le indicazioni principali emergenti dall'analisi svolta sono:

- i. Nell'ora di punta del mattino la domanda di traffico attuale porta l'incrocio C.so Unità d'Italia / C.so Maroncelli alla sovrassaturazione, con un indice di saturazione superiore al 120% (al netto dei tempi persi indotti dalla semaforizzazione).
- ii. La domanda di traffico di punta prevista per il 2005 è sensibilmente inferiore all'attuale. I dati forniti dall'assegnazione del traffico urbano per gli scenari del 2005 indicano una riduzione complessiva di circa 6000 veicoli/ora (dai 10000 veicoli/ora attuali ai 4200 veicoli/ora previsti per il 2005). La riduzione è dovuta in larga parte alla diminuzione del traffico in direzione Sud.
- iii. L'incrocio attuale è in grado di smaltire senza difficoltà la domanda di traffico prevista per il 2005, ed anche l'incremento dei volumi sino al 20%.
Il ciclo semaforico di 120 sec progettato è risultato adeguato per tutte le domande di traffico esaminate.
- iv. In prospettiva 2005 non risultano quindi giustificabili interventi infrastrutturali quali il sottopassaggio lungo l'asse Trieste/Unità d'Italia (previsto nello Scenario B).
- v. Nell'ottica di trovare soluzioni in grado risolvere la congestione in cui versa attualmente l'incrocio sono stati proposti ed analizzati due approcci alternativi:
 - la realizzazione di una rotonda viaria semaforizzata
 - l'ampliamento della capacità dell'incrocio mantenendo la geometria a "T" attuale.
- vi. La soluzione basata sulla rotatoria viaria in progetto (Scenario C) è in grado di sopportare la domanda di traffico attuale limitando le criticità al solo ingresso di C.so Trieste. **Su questo ingresso la coda cresce gradualmente ma rimane contenuta entro il limite di 50 veicoli per corsia se la punta di traffico non perdura per più di un'ora.**

I requisiti di capacità della rotonda sono risultati:

- sezione interna alla rotonda di quattro corsie
- sezioni a quattro corsie per gli ingressi dai C.si Trieste e Unità d'Italia
- sezione di tre corsie sul C.so Maroncelli

Inoltre:

- per poter ospitare code di 50 veicoli per corsia, la sezione a quattro corsie del C.so Trieste deve protrarsi all'indietro per almeno 250-300 metri
- la bretella di svolta a destra dal C.so Maroncelli verso il C.so Trieste deve iniziare ben a monte dell'incrocio.

Il ciclo semaforico (di 130 sec) e la durata delle fasi sono state determinate in modo da consentire il migliore smaltimento dei flussi proteggendo d'altra parte da intasamenti i serbatoi interni alla rotonda.

- vii. L'ampliamento della capacità dell'incrocio mantenendo la geometria a "T" attuale consente di smaltire sia la domanda attuale, sia l'ulteriore incremento dei volumi di traffico del 10%.

In corrispondenza dell'incremento dei volumi di traffico del 15% le criticità si manifestano sugli ingressi dai C.si Trieste e Maroncelli, dove le code derivano

leggermente, mantenendosi comunque entro i limiti rispettivamente di 24 e 30 veicoli per corsia per un periodo di punta di durata non superiore all'ora

I requisiti di capacità emersi dallo studio sono:

- sezione a cinque corsie per l'ingresso dal C.so Trieste (due corsie dedicate alla svolta a sinistra verso il C.so Maroncelli)
- sezione a quattro corsie per l'ingresso dal C.so Unità d'Italia
- sezione a tre corsie sul C.so Maroncelli

Inoltre:

- per poter ospitare code di 24 veicoli per corsia, la sezione a cinque corsie del C.so Trieste deve protrarsi all'indietro per almeno 120-150 metri
- per poter ospitare code di 30 veicoli per corsia, la sezione a quattro corsie del C.so Unità d'Italia deve protrarsi all'indietro per almeno 150-180 metri
- la bretelle di svolta a destra dal C.so Maroncelli verso il C.so Trieste e dal C.so Unità d'Italia verso il C.so Maroncelli devono iniziare ben a monte dell'incrocio.

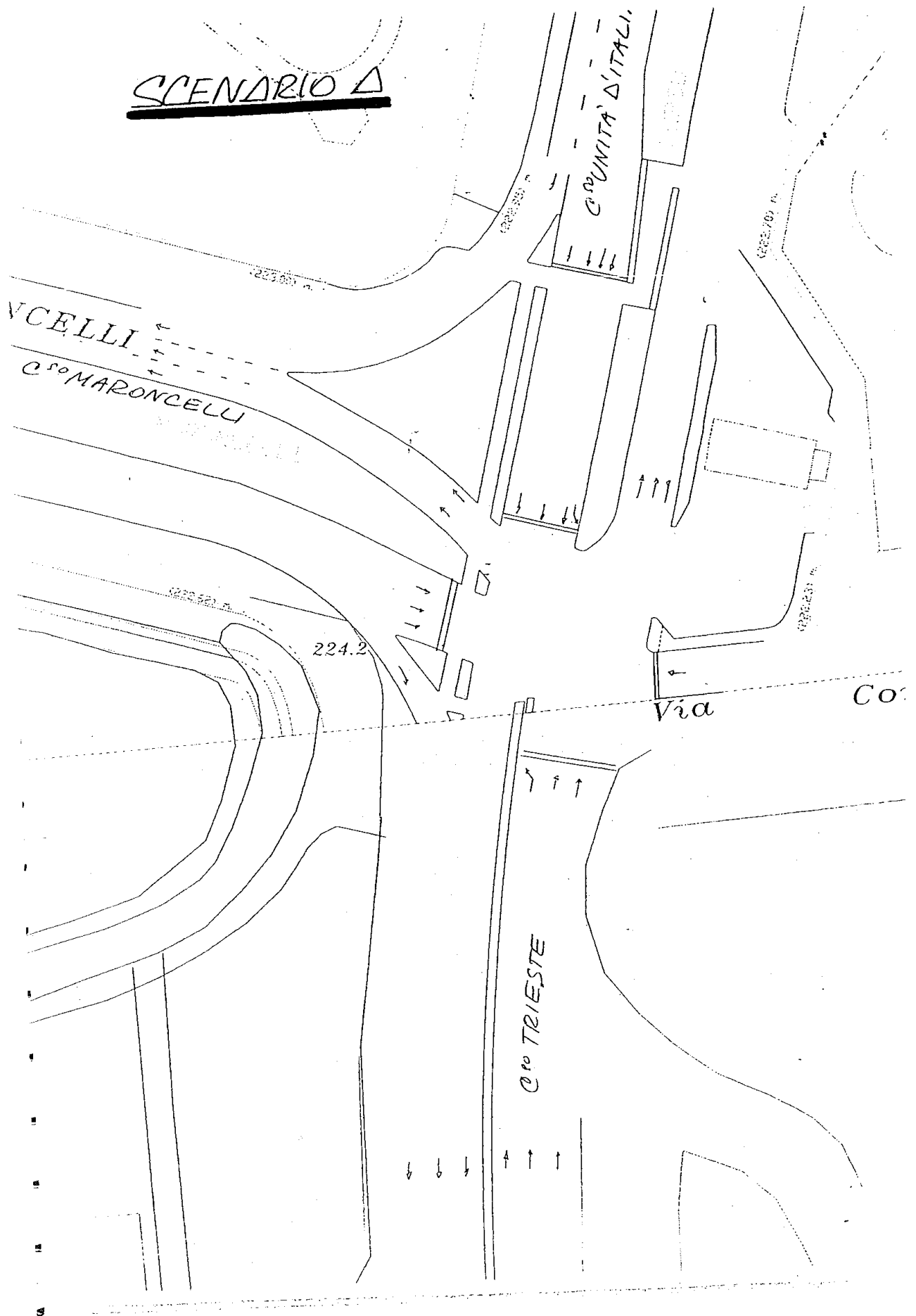
Il ciclo semaforico progettato ha la durata di 130 sec.

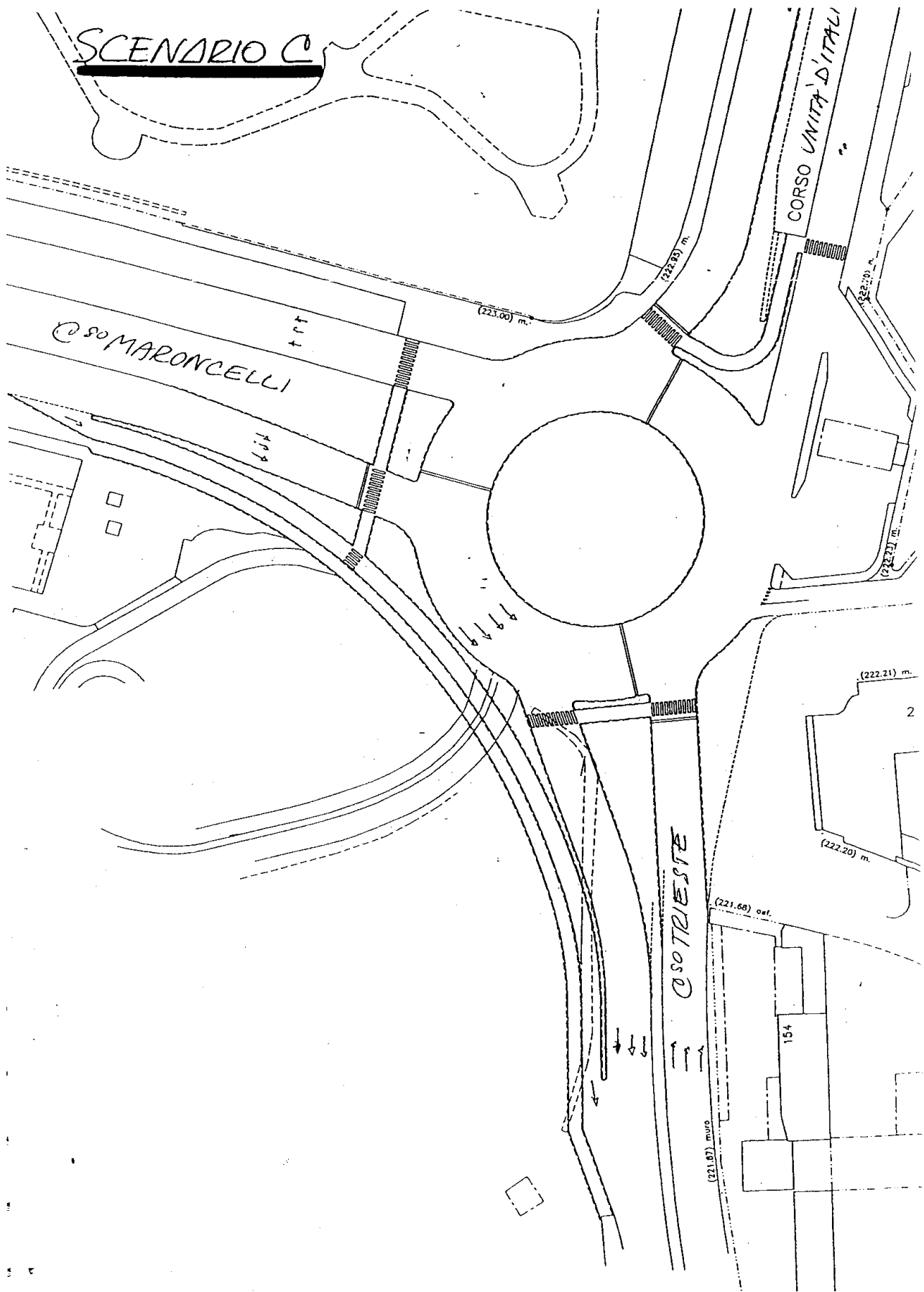
Appendice 1

Mappe della viabilità dell'incrocio C.so Unità d'Italia/C.so Maroncelli

Scenario A e Scenario C

SCENARIO Δ





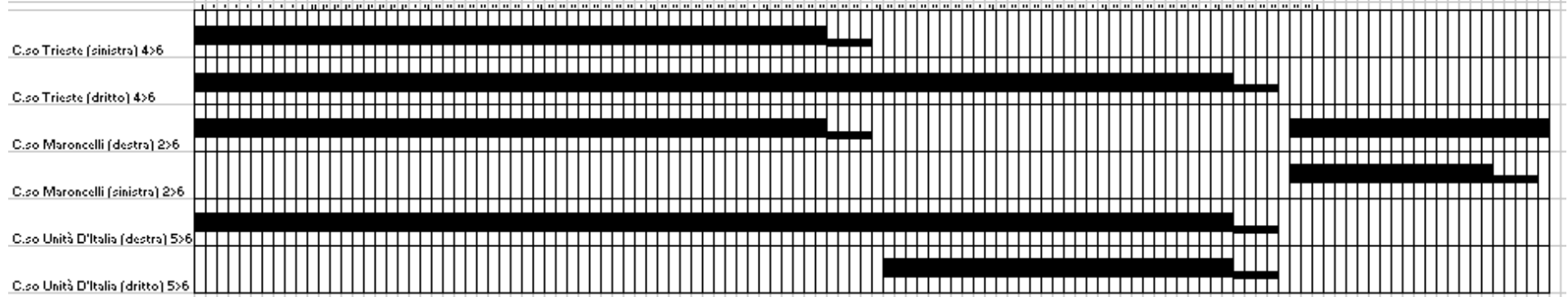
Appendice 2

Progetto delle Fasi Semaforiche per l'incrocio C.so Unità d'Italia/C.so Maroncelli

—

Scenario A

Segnali sull' Incrocio 6



Appendice 3

Progetto delle Fasi Semaforiche per l'incrocio C.so Unità d'Italia/C.so Maroncelli

—

Scenario C

PIANO SEGNALI PER LA ROTATORIA SEMAFORIZZATA

Incrocio 4, 9



Incrocio 6



Incrocio 7

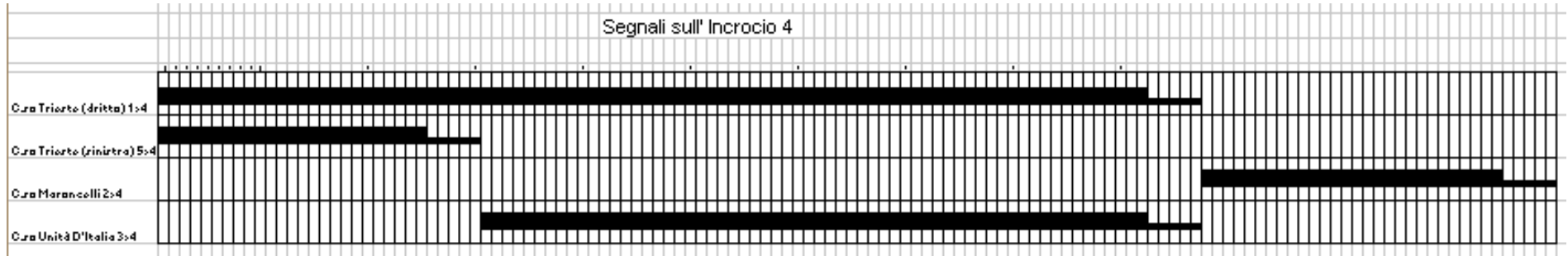


Appendice 4

Progetto delle Fasi Semaforiche per l'incrocio C.so Unità d'Italia/C.so Maroncelli

—

Scenario A bis



Verifica di soluzioni di viabilità alternative
per l'intersezione semaforizzata di Piazza Pitagora
(C.so Orbassano - C.so Cosenza - C.so Siracusa)
e Progetto della fasificazione semaforica

(versione 1.1 - 22/6/2000)

INDICE

| | | |
|----|---|----|
| 1. | _____ Premessa ed Obiettivi dello studio | 3 |
| 2. | _____ Strumenti utilizzati | 5 |
| 3. | _____ La domanda di traffico di riferimento | 5 |
| 4. | _____ Modello dell'intersezione di Piazza Pitagora | 8 |
| 5. | _____ Modalità di simulazione | 8 |
| 6. | _____ La fasificazione semaforica | 8 |
| 7. | _____ Analisi dettagliata dei risultati delle simulazioni | 10 |
| 8. | _____ Conclusioni | 15 |

**Verifica di soluzioni di viabilità alternative
per l'intersezione semaforizzata di Piazza Pitagora
(C.so Orbassano – C.so Cosenza – C.so Siracusa)
e Progetto della fasificazione semaforica
(versione 1.1 – 22/6/2000)**

1. Premessa ed Obiettivi dello studio

Lo studio verte sulla valutazione dell'impatto sul traffico di alcune soluzioni di viabilità alternative elaborate per migliorare l'efficienza dell'intersezione di P.za Pitagora (incrocio dei C.si Orbassano, Cosenza e Siracusa).

L'analisi fa riferimento in particolare al periodo di punta del mattino, durante il quale si verificano le condizioni più pesanti per la circolazione del traffico e per gli effetti del traffico sull'ambiente circostante.

Le condizioni attuali

La P.za Pitagora è una intersezione semaforizzata complessa in cui i flussi di traffico si intersecano sia al centro, sia in corrispondenza degli incroci laterali posti lungo la rotatoria che contorna la piazza (vedi la mappa posta in Appendice 1).

Le condizioni di traffico più pesanti si registrano sull'incrocio centrale dove il traffico confluisce dal C.so Siracusa e da entrambe le direzioni del C.so Orbassano.

La Tabella 1 riporta i coefficienti di saturazione relativi a tutti gli incroci interni all'intersezione. I coefficienti di saturazione (rapporto tra domanda complessiva sull'incrocio e capacità di smaltimento dell'incrocio) riportati in tabella sono stati calcolati in base ai volumi di traffico misurati sul campo² ed alla geometria attuale dell'intersezione e tengono già conto dei tempi persi indotti dal controllo semaforico. I valori confermano in modo analitico che il nodo centrale (nodo 10) opera in condizioni più critiche degli altri incroci e mostrano che nessun nodo è congestionato sino alla saturazione.

| | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| Nodo ² | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Coefficiente di Saturazione | 0.61 | 0.58 | 0.69 | 0.70 | 0.94 |

Tabella 1 – Coefficienti di saturazione dei nodi interni alla P.za Pitagora

I volumi di traffico misurati sul campo sono riportati nello schema di Figura 1. La domanda complessiva sull'intersezione nell'ora di punta risulta di circa 7400 veicoli/ora.

² Misure effettuate per conto della Città di Torino, Divisione Ambiente e Mobilità – Settore Pianificazione e Trasporti.

² La codifica dei nodi fa riferimento allo schema di Figura 1.

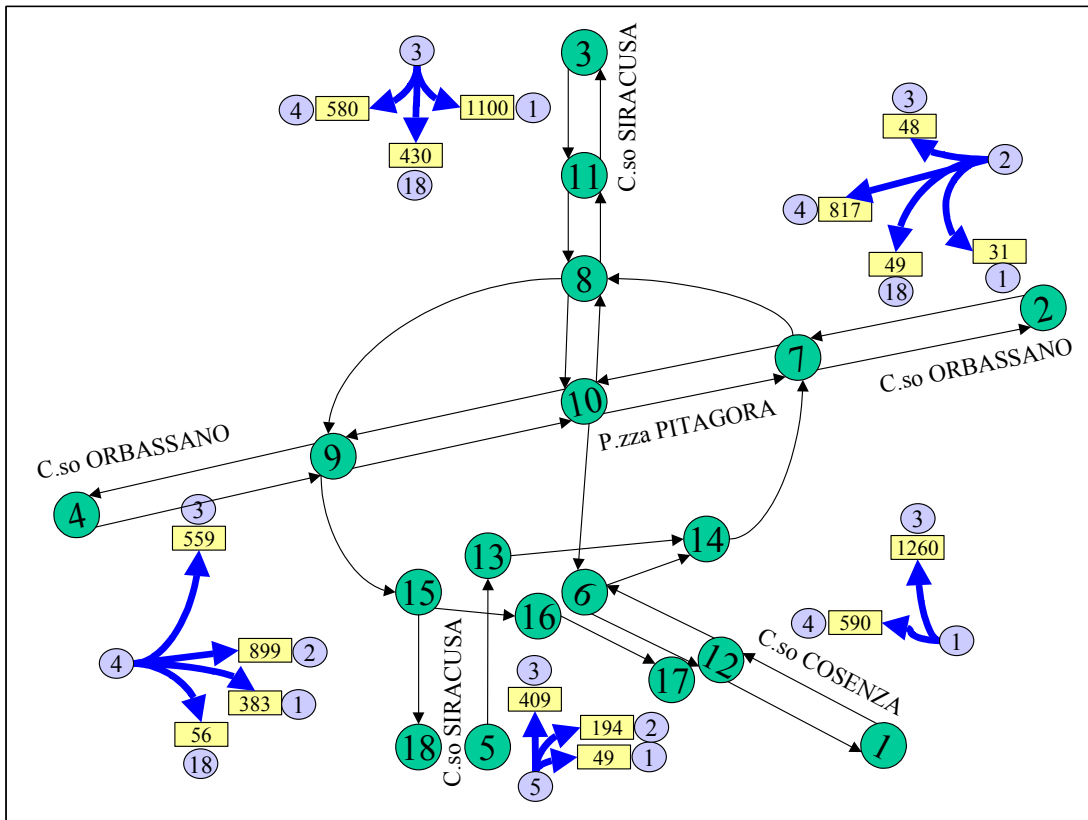


Fig. 1 – Domanda di traffico attuale nel periodo di punta del mattino e modello della viabilità della P.zza Pitagora

Obiettivi dello studio

Allo scopo di migliorare l'efficienza della P.zza Pitagora sono state individuate due diverse soluzioni tese rispettivamente a:

- aumentare la capacità di smaltimento dell'intersezione tramite un nuovo disegno della viabilità interna alla piazza
- ridurre il traffico in attraversamento tramite la realizzazione di un sottopasso lungo l'asse C.so Siracusa / C.so Cosenza

Inizialmente sono stati quindi considerati tre scenari di studio:

- Scenario A, di riferimento, caratterizzato dalla geometria attuale dell'intersezione
- Scenario B, contraddistinto dalla realizzazione del sottopasso sull'asse C.so Siracusa / C.so Cosenza
- Scenario C, caratterizzato da una nuova geometria interna alla piazza.

Le mappe della piazza corrispondenti ai tre diversi scenari sono raccolte in Appendice 1.

Allo scopo di fornire elementi di analisi validi in prospettiva sul medio termine, lo studio è stato condotto sulla base della domanda di traffico prevista per l'anno 2005, definita nel seguito per ciascun scenario come "domanda di riferimento".

Le caratteristiche della domanda di traffico di riferimento, durante lo studio hanno fatto venire meno l'interesse per lo Scenario B. Obiettivi definitivi confermati per lo studio sono stati quindi la

valutazione dell'impatto degli Scenari A e C ed il progetto della fasificazione semaforica di massima adeguata per questi scenari.

La robustezza delle soluzioni di viabilità progettate è stata verificata utilizzando anche scenari di traffico più pesante della domanda di riferimento:

- domanda di traffico aumentata del 10% (rispetto alla domanda di riferimento) con lo scopo di considerare le variazioni medie e massime tipiche del traffico nelle ore di punta (rispetto al traffico medio dell'ora di punta)
- domanda di traffico aumentata del 15% (rispetto alla domanda di riferimento), allo scopo di considerare l'ulteriore incremento dei volumi dovuto all'effetto del traffico commerciale (non compreso nella domanda di riferimento) di per sé valutabile dell'ordine del 5% del traffico ordinario.

Il progetto delle fasi semaforiche ha tenuto conto:

- dei flussi di traffico di riferimento
- della necessità di garantire un attraversamento dell'incrocio adeguato da parte delle linee di trasporto pubblico.
- degli attraversamenti pedonali.

2. Strumenti utilizzati

L'analisi degli interventi sulla viabilità e del conseguente impatto sul traffico è stata svolta utilizzando gli strumenti seguenti:

- Volumi di traffico dell'ora di punta del mattino (dalle ore 8.00 alle ore 9.00) dei giorni feriali, secondo le assegnazioni effettuate per gli Scenari A, B e C.
- Mappe di dettaglio delle soluzioni di viabilità (vedi Appendice 1).
- Modello di micro-simulazione del traffico urbano NEMIS tarato sugli scenari presi in considerazione.

3. La Domanda di Traffico di Riferimento

Le Figure 2, 3 e 4 riportano in modo schematico il modello della rete viaria (comprendente la Piazza Pitagora ed i nodi limitrofi) e la domanda di traffico di riferimento usati per l'analisi condotta in corrispondenza per i tre scenari in studio.

I volumi di traffico derivano dalle assegnazioni elaborate per i tre scenari utilizzando la matrice Origine/Destinazione del traffico privato proiettata al 2005, e sono al netto del contributo del traffico commerciale. Questo contributo è stato stimato dell'ordine del 5% del traffico ordinario.

La domanda di riferimento è la medesima per lo Scenario A e per lo Scenario C. Le differenze con la domanda di riferimento per lo Scenario B sono minime.

Risulta senz'altro più consistente la differenza tra la domanda di riferimento per i tre scenari nel loro complesso e la domanda attuale:

- I volumi di traffico in ingresso all'intersezione in corrispondenza della domanda attuale (circa 7400 veicoli/ora) superano di circa 2600 veicoli/ora quelli corrispondenti alla domanda di riferimento (circa 4800 veicoli/ora).
- Gran parte di questa differenza è addebitabile al minore contributo dei C.si Siracusa (circa 900 veicoli/ora in meno), Cosenza (circa 1200 veicoli/ora in meno) e Orbassano direzione Centro (circa 300 veicoli/ora in meno) nello scenario di riferimento.

In conclusione le condizioni di traffico previste per i tre scenari in studio sono meno critiche della situazione attuale ed i volumi di traffico risultano sensibilmente inferiori alla capacità di smaltimento dell'incrocio così come realizzato attualmente. Le condizioni di traffico di riferimento non giustificano quindi l'attuazione di un intervento infrastrutturale quale il sdtopasso che caratterizza lo Scenario B. Questo scenario non è stato quindi ulteriormente analizzato.

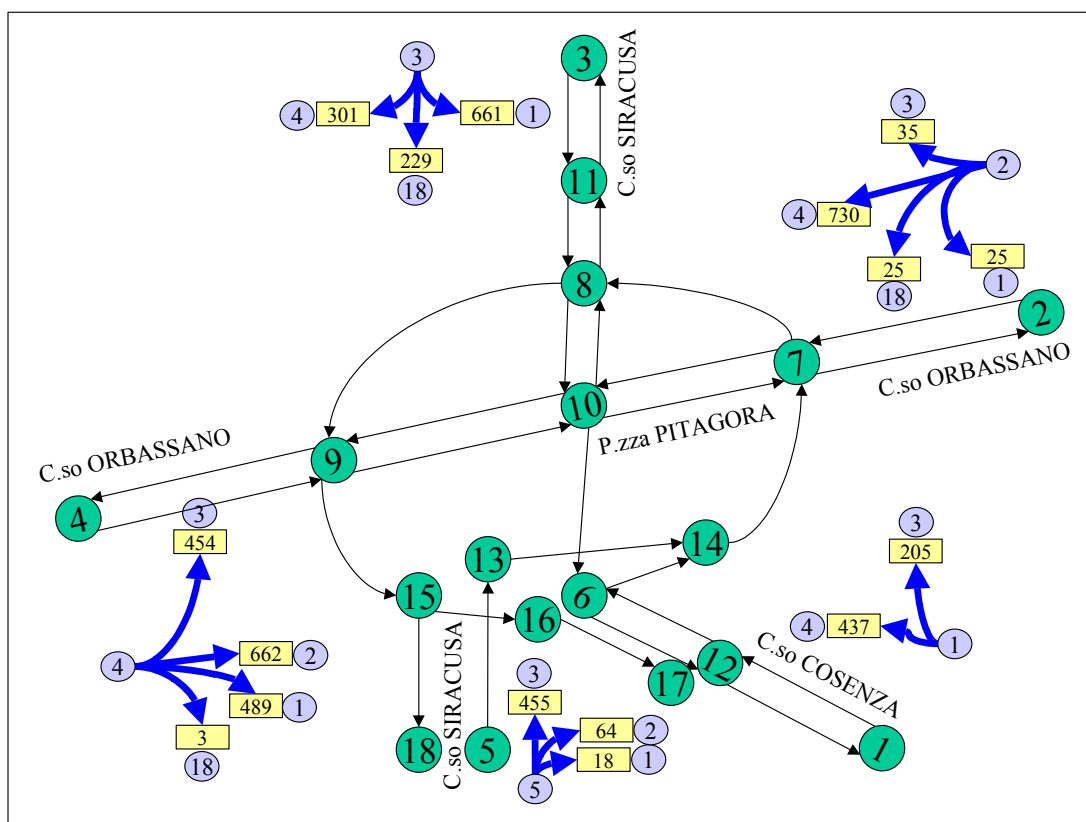


Fig. 2 – Scenario A: domanda di traffico di riferimento e modello della viabilità della P.za Pitagora

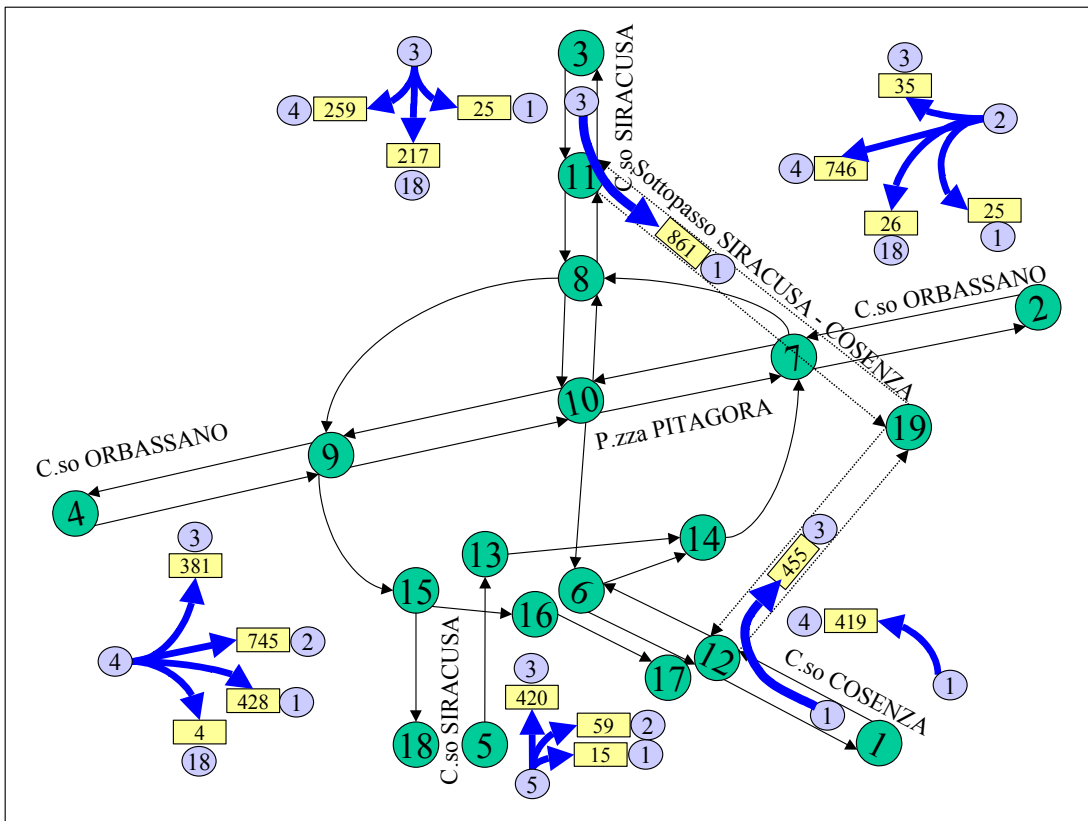


Fig. 3 – Scenario B: domanda di traffico di riferimento e modello della viabilità della P.zza Pitagora con sottopasso

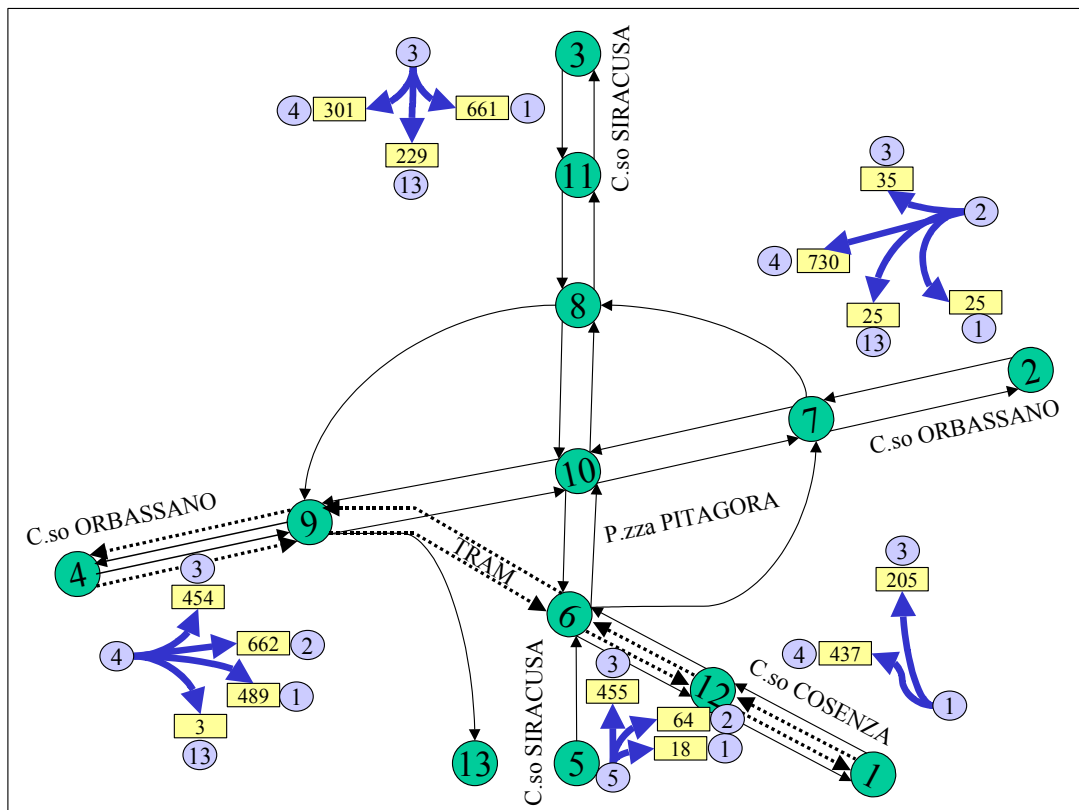


Fig. 4 – Scenario C: domanda di traffico di riferimento e modello della nuova viabilità della P.zza Pitagora con linea tranviaria in attraversamento

4 Modello dell'intersezione di Piazza Pitagora

L'area dell'incrocio è stata rappresentata con tre modelli diversi, ognuno adeguato ad uno specifico scenario. In ciascun modello sono stati inseriti sia i nodi interni all'intersezione sia i nodi prossimi alla piazza.

Il modello relativo allo scenario C include la rappresentazione di una linea tranviaria prevista in futuro in attraversamento alla piazza dal C.so Orbassano sud al C.so Cosenza nei due sensi di marcia.

Le caratteristiche principali dei modelli (nodi ed archi) sono riportate nelle Figure 2, 3 e 4. Il numero di corsie e le svolte associate ad ogni arco sono coerenti con le mappe di incrocio riportate in Appendice 1.

5 Modalità di simulazione

Per ogni scenario l'analisi delle prestazioni degli interventi in progetto è stata svolta con una o più prove di simulazione, eseguite su di un orizzonte temporale di due ore e con condizioni di traffico stazionario coerenti con lo scenario prestabilito.

La durata delle simulazioni è stata definita in modo da garantire il caricamento della rete, il superamento dei transitori e l'evidenziazione degli eventuali fenomeni di deriva delle code.

La simulazione è stata preceduta dal progetto di massima della fasificazione semaforica. I risultati delle simulazioni hanno contribuito a loro volta alla calibrazione del piano dei segnali.

Nel complesso, per ciascun scenario sono stati svolti i passi seguenti:

- iv. Progetto delle fasi semaforiche.
- v. Verifica delle prestazioni dell'intervento sulla geometria dell'incrocio in corrispondenza della domanda di traffico di riferimento e calibrazione del piano dei segnali semaforici.
- vi. In caso di successo della verifica precedente, verifica delle prestazioni della viabilità in condizioni di traffico più pesanti, con volumi di traffico incrementati gradualmente del 10% e del 15%.

6 La fasificazione semaforica

I dettagli relativi alle fasi semaforiche progettate sono raccolti nelle Appendici 2 e 3 (rispettivamente per lo Scenario A e per lo Scenario C) in forma tabellare.

I tempi dei segnali semaforici sono riassunti in tabelle dove ad ogni segnale è stato associato il codice del senso di cui controlla i flussi in uscita.

Scenario A:

La fasificazione dell'intersezione di Piazza Pitagora riprende quella in funzione attualmente. I tempi di fase sono stati adeguati alla domanda di traffico relativa allo scenario. La durata del ciclo semaforico è stata estesa a 110 sec per accomodare gli incrementi (sino al 15%) previsti dalle prove di simulazione pianificate.

Le fasi semaforiche fondamentali sono quattro:

- Fase 1 [36 sec], dedicata ai flussi del C.so Orbassano su entrambe le direzioni di marcia.
- Fase 2 [12 sec], per i flussi sul C.so Orbassano in direzione Centro e in svolta verso il C.so Siracusa, e per i flussi provenienti dal C.so Siracusa Sud.
- Fase 3 [35 sec], dedicata ai flussi provenienti dal C.so Siracusa Nord e dal C.so Cosenza.
- Fase 4 [27 sec], dedicata ai flussi sul C.so Orbassano direzione Sud.

Scenario C:

Come per lo Scenario A il ciclo semaforico è stato fissato di 110 sec e sono state definite quattro fasi principali:

- Fase 1 [36 sec], dedicata ai flussi del C.so Orbassano su entrambe le direzioni di marcia.
- Fase 2 [12 sec], per i flussi sul C.so Orbassano in direzione Centro e in svolta verso il C.so Siracusa, e per i flussi provenienti dal C.so Siracusa Sud.
- Fase 3 [35 sec], dedicata ai flussi provenienti dal C.so Siracusa Nord e dal C.so Cosenza.
- Fase 4 [27 sec], dedicata nuovamente ai flussi sul C.so Orbassano in entrambe le direzioni ed allo sgombero dal centro intersezione verso C.so Cosenza direzione Est.

Nel corso delle fasi 1 e 3 sono state inserite delle fasi specifiche (di sette secondi ciascuna) per l'ingresso e l'uscita dall'intersezione delle vetture della linea tranviaria prevista dallo scenario C.

In direzione C.so Orbassano – C.so Cosenza le vetture tranviarie possono svoltare a destra al nodo "9" (vedi Figura 3), e lasciare quindi il C.so Orbassano, in qualsiasi momento della fase 1 o della fase 4. Per attraversare in sicurezza l'incrocio tra il C.so Siracusa ed il C.so Cosenza (nodo "6") ed immettersi in quest'ultimo, le vetture devono attendere la chiusura dei flussi dal C.so Siracusa - programmata all'inizio della fase 1 – ed utilizzare una breve fase specifica (sette sec).

Durante la medesima fase specifica, le vetture tranviarie provenienti dal C.so Cosenza possono abbandonare tale corso, attraversare il nodo "6" e dirigersi verso il C.so Orbassano Sud (nodo 9). Per immettersi nel C.so Orbassano devono attendere una nuova fase specifica di sette sec posta all'inizio della fase 3, alla chiusura dei flussi sul C.so Orbassano.

7. Analisi dettagliata dei risultati delle simulazioni

Premessa

I risultati delle simulazioni vengono presentati nei paragrafi che seguono raggruppando le prove in funzione dello scenario e della domanda di traffico.

In particolare, per entrambi gli Scenari A e C vengono presentati i risultati delle prove effettuate con:

- domanda di riferimento
- volumi di traffico incrementati del 15% rispetto alla domanda di riferimento

Le indicazioni principali emergenti dal complesso delle prove sono:

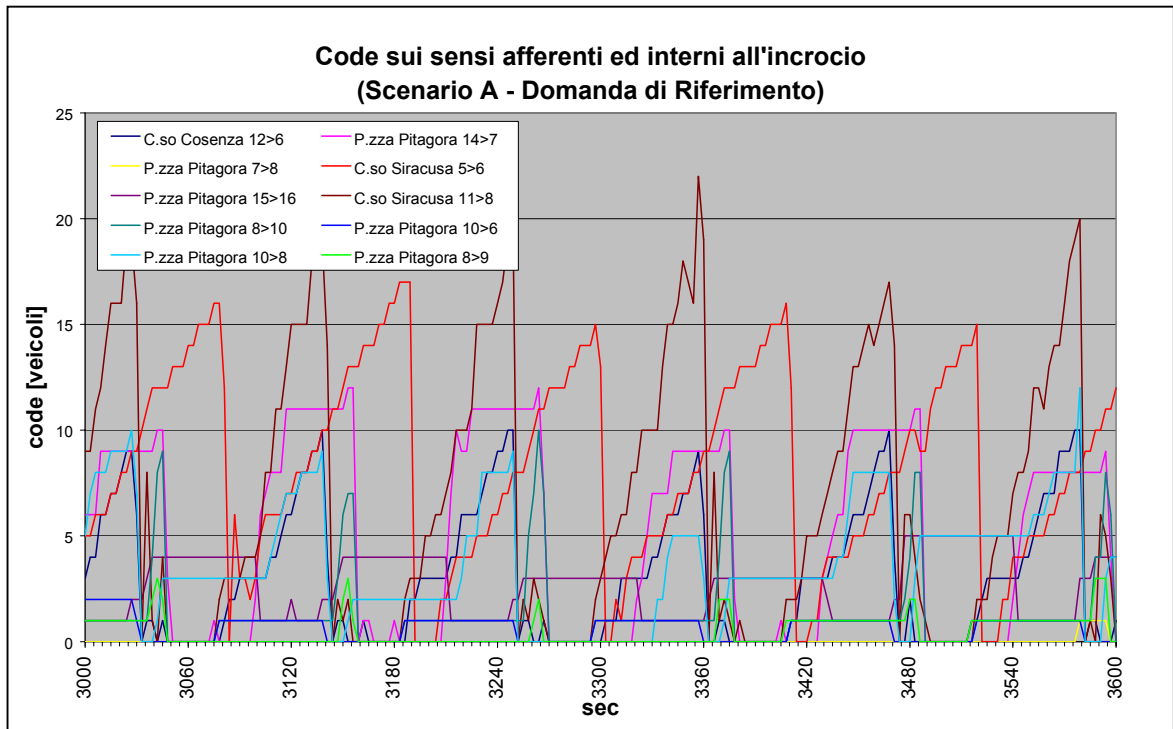
- iv. L'intersezione è in grado di smaltire senza difficoltà la domanda di traffico prevista per il 2005 nonché l'incremento dei volumi del 15%.
- v. La nuova geometria della viabilità interna alla piazza consente sia lo smaltimento dei flussi di traffico di riferimento ed incrementati del 15%, sia l'attraversamento in sicurezza della piazza da parte delle vetture della linea tranviaria prevista dallo Scenario C.

Scenario A

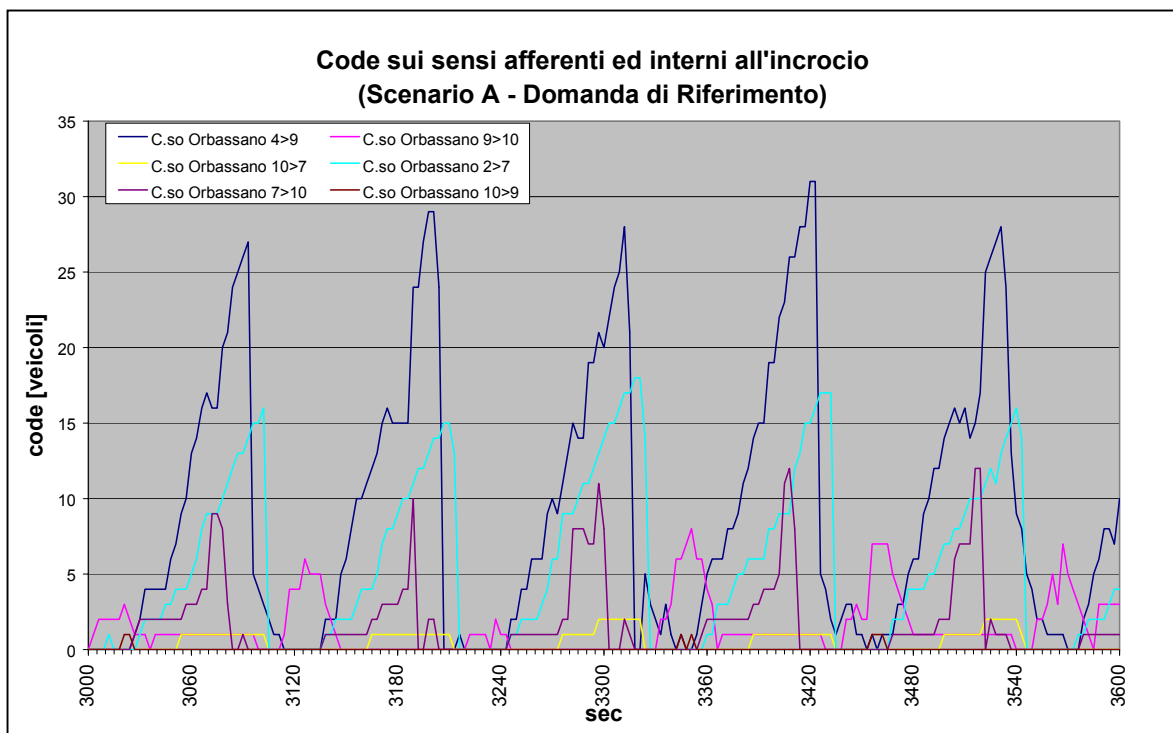
Le Figure 5 e 6 riportano l'andamento delle code sui sensi principali che insistono ed attraversano la Piazza Pitagora in corrispondenza della domanda di traffico di riferimento.

Le Figure 7 e 8 riportano i grafici delle code ottenuti con la domanda di traffico di riferimento incrementata del 15%.

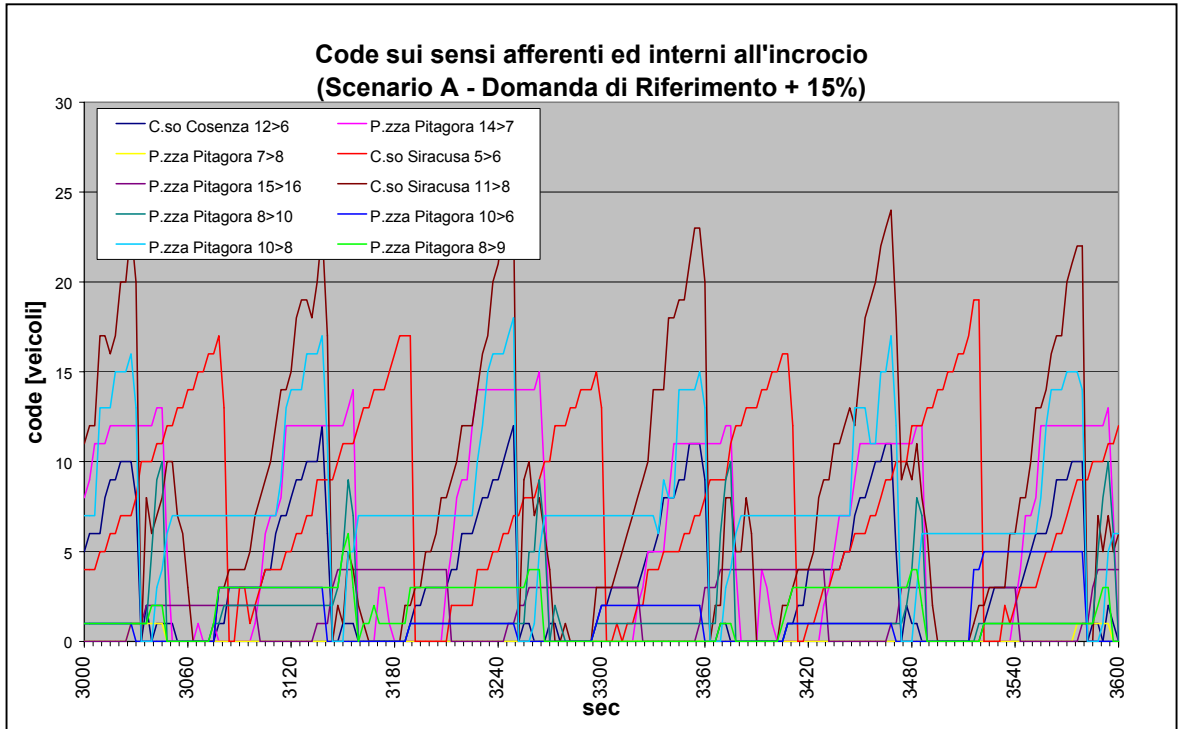
Nel loro complesso i grafici delle code dimostrano che sia in corrispondenza della domanda di riferimento, sia con volumi incrementati del 15% la regolazione semaforica progettata consente di smaltire tutti i flussi in ingresso all'intersezione, senza lasciare code residue al termine del ciclo semaforico e limitando le code sui sensi interni a valori compatibili con la loro capienza.



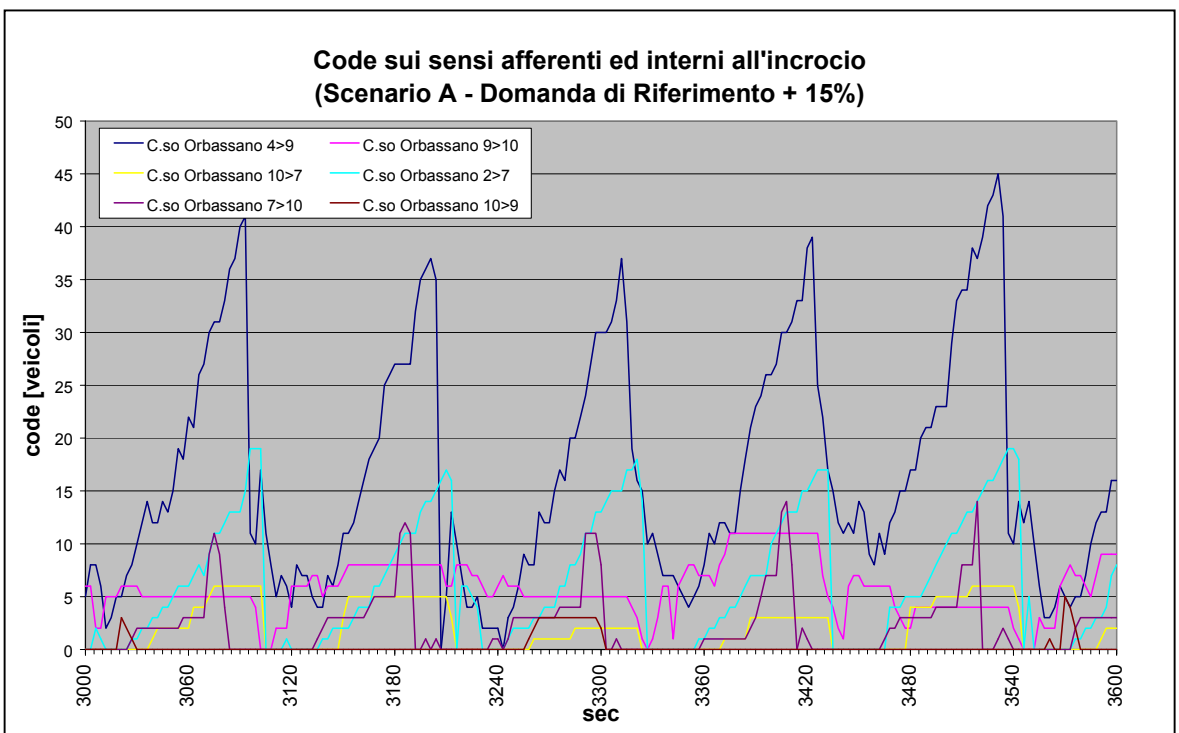
**Fig. 5 – Code in corrispondenza della domanda di riferimento
Sensi dell'asse Cosenza/Siracusa ed interni alla Piazza Pitagora**



**Fig. 6 – Code in corrispondenza della domanda di riferimento
Sensi del Corso Orbassano**



**Fig. 7 – Code con volumi incrementati del 15%
Sensi dell'asse Cosenza/Siracusa ed interni alla Piazza Pitagora**



**Fig. 8 – Code con volumi incrementati del 15%
Sensi del Corso Orbassano**

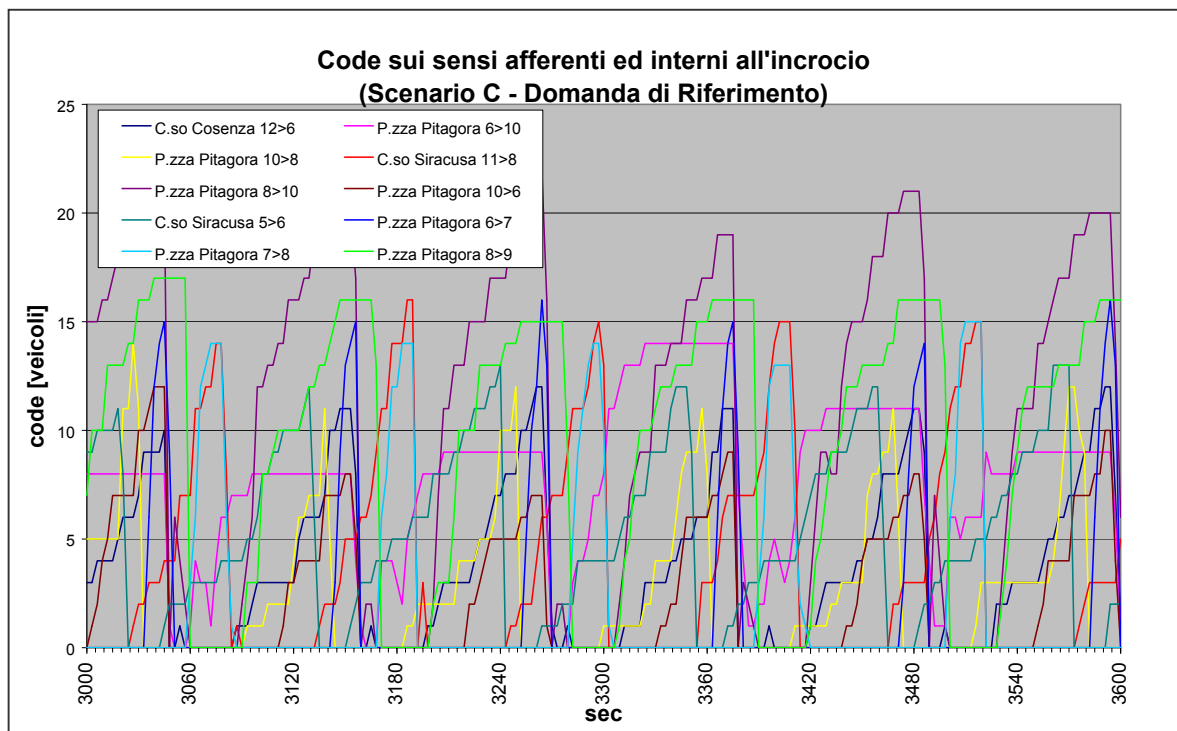
Scenario C

Le Figure 9 e 10 riportano l'andamento delle code sui sensi principali dell'intersezione di Piazza Pitagora registrate durante le simulazioni condotte con la domanda di traffico di riferimento.

Le Figure 7 e 8 riportano i grafici delle code ottenuti con la domanda di traffico di riferimento incrementata del 15%.

Nel loro complesso i grafici dimostrano che sia in corrispondenza della domanda di riferimento, sia con volumi incrementati del 15% la regolazione semaforica progettata consente di smaltire tutti i flussi in ingresso all'intersezione, senza lasciare code residue al termine del ciclo semaforico e limitando le code sui sensi interni a valori compatibili con la loro capienza.

La regolazione semaforica consente nel contempo ai mezzi della linea tranviaria in progetto di attraversare in sicurezza e senza tempi persi (per lo meno nella direzione C.so Cosenza/C.so Orbassano)



**Fig. 9 – Code in corrispondenza della domanda di riferimento
Sensi dell'asse Cosenza/Siracusa ed interni alla Piazza Pitagora**

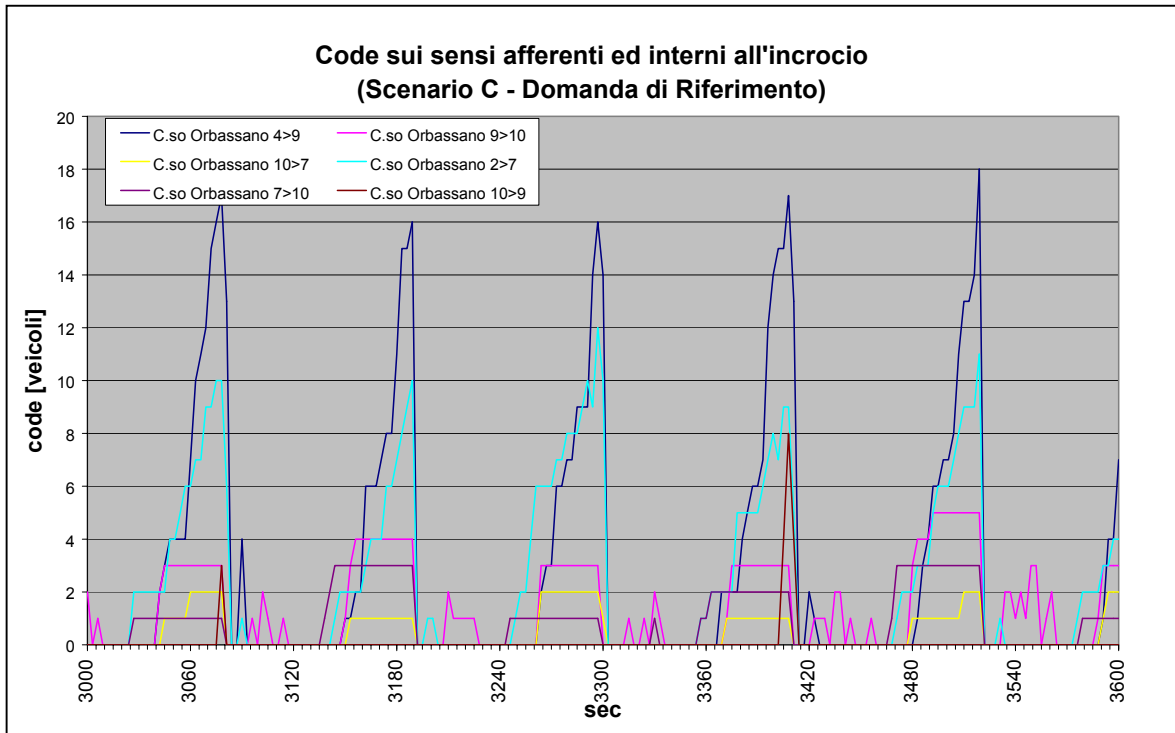
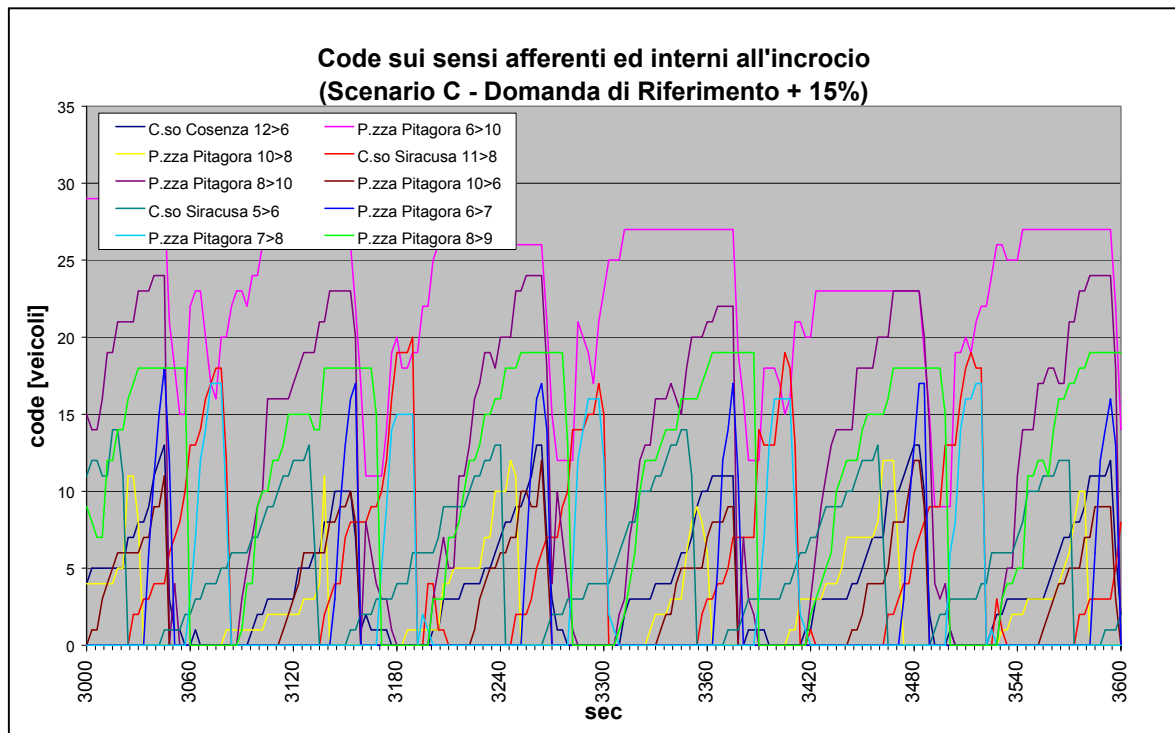
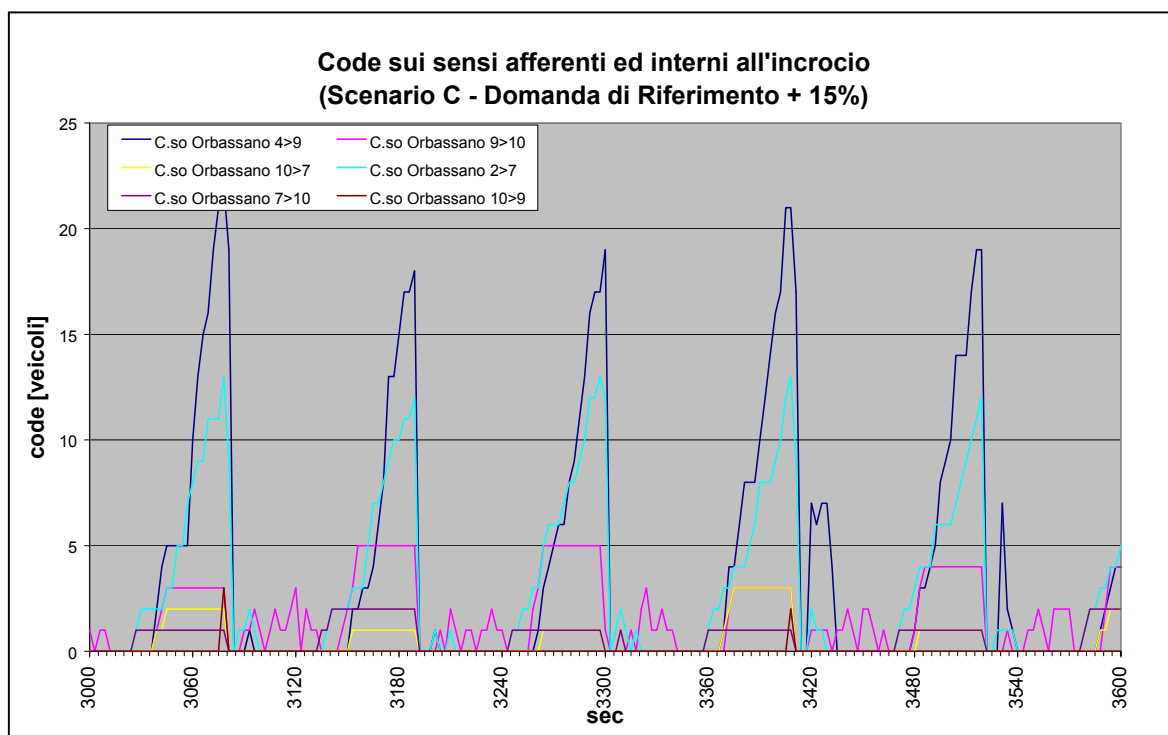


Fig. 10 – Code in corrispondenza della domanda di riferimento

Sensi del Corso Orbassano



**Fig. 11 – Code con volumi incrementati del 15%
Sensi dell'asse Cosenza/Siracusa ed interni alla Piazza Pitagora**



**Fig. 12 – Code con volumi incrementati del 15%
“Corso Orbassano”**

8. Conclusioni

Sulla base delle analisi svolte l'intersezione di Piazza Pitagora risulta in grado di smaltire la domanda di traffico prevista per il 2005 ed il suo incremento del 15% sia con la geometria attuale rappresentata nello Scenario A, sia con la nuova viabilità in progetto rappresentata con lo Scenario C.

In particolare:

- viii. L'intersezione attuale è in grado di smaltire senza difficoltà la domanda di traffico prevista per il 2005 nonché l'incremento dei volumi di traffico sino al 15%.

Per ottenere questo risultato il ciclo semaforico usato attualmente è stato esteso a 110 sec e le fasi sono state calibrate in funzione della domanda prevista.

- ix. La nuova soluzione di viabilità interna alla piazza consente sia di smaltire adeguatamente la domanda di riferimento e volumi incrementati del 15%, sia di favorire l'attraversamento in sicurezza e con possibili schemi di priorità semaforica della linea tranviaria in progetto con transito in entrambe le direzioni dal C.so Cosenza al C.so Orbassano.

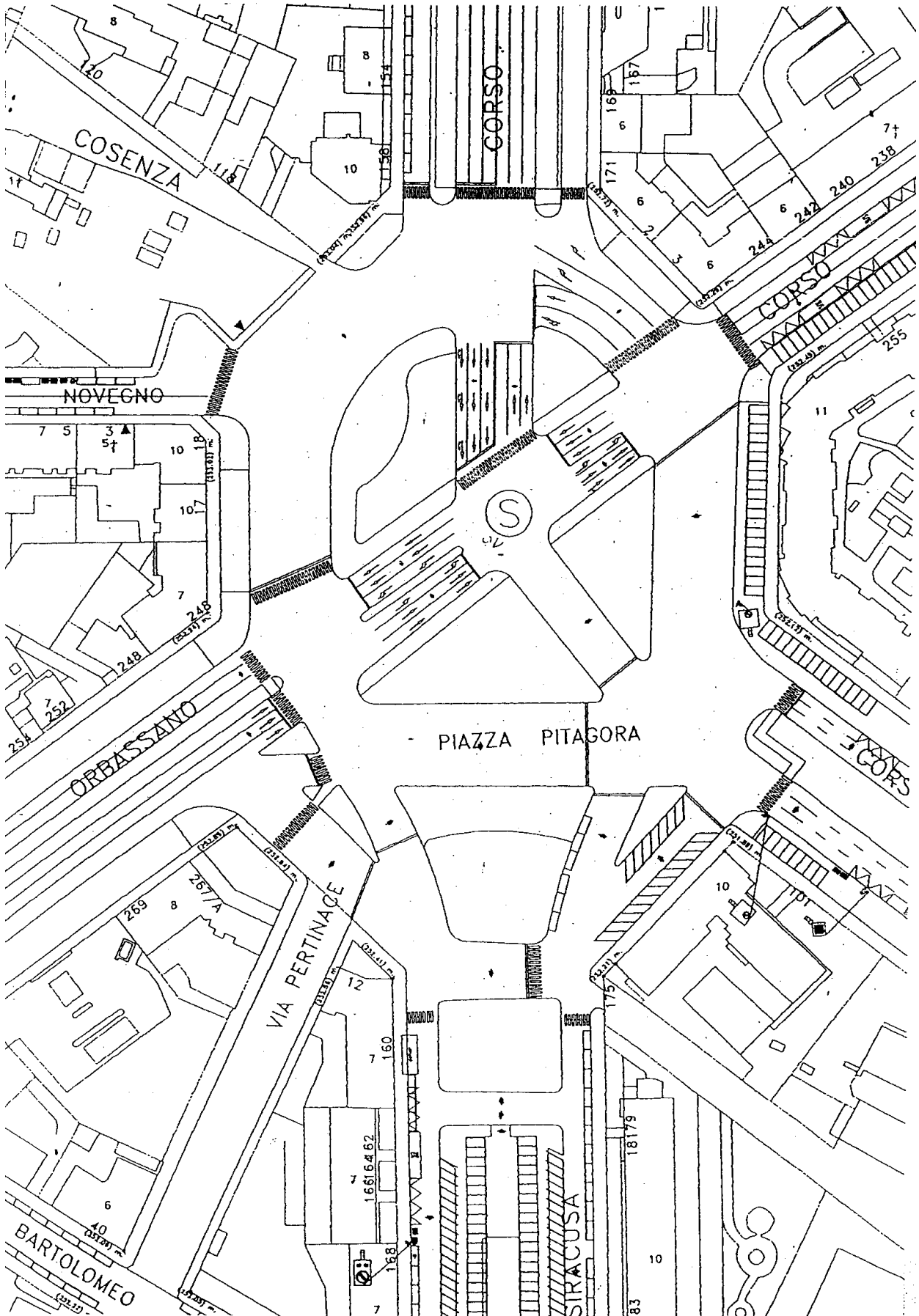
Anche per la nuova soluzione di viabilità interna alla piazza, la semaforizzazione proposta prevede un ciclo semaforico di 110 sec costituito da quattro fasi principali.

Appendice 1

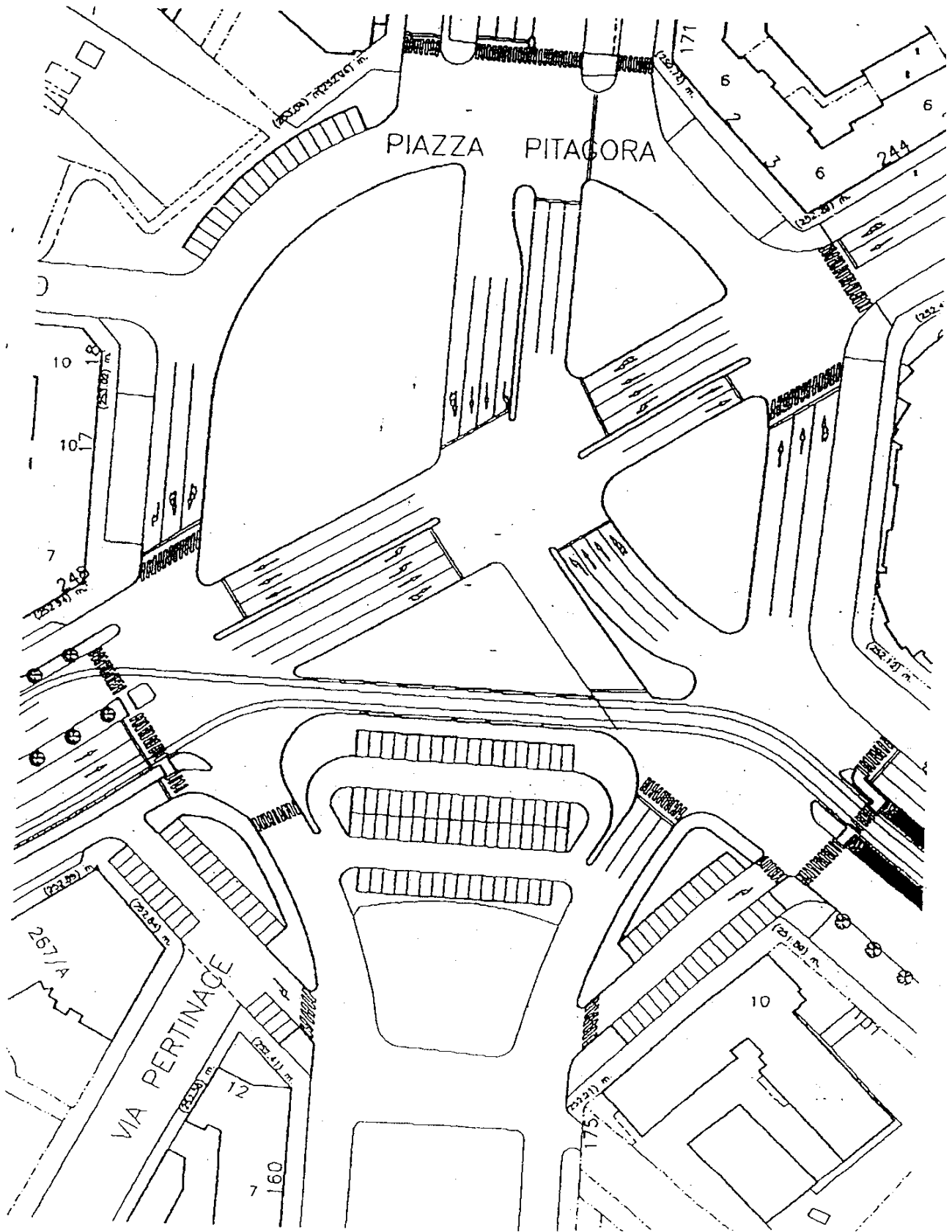
Mappe della viabilità dell'incrocio C.so Unità d'Italia/C.so Maroncelli

Scenario A e Scenario C

SCENARIO A



SCENARIO 'C'



Appendice 2

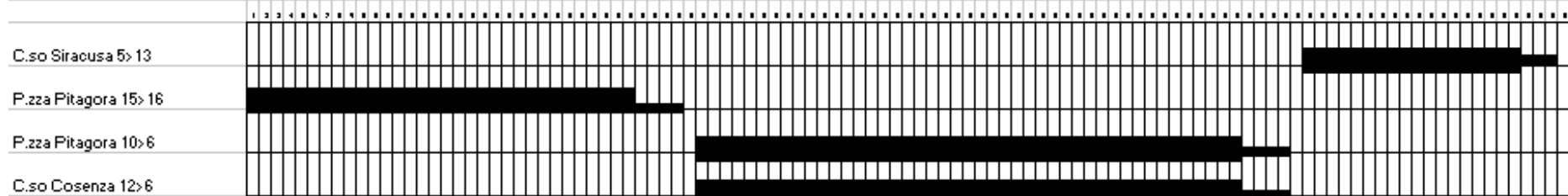
Progetto delle Fasi Semaforiche per l'incrocio di Piazza Pitagora (C.so Orbassano, C.so Siracusa, C.so Cosenza)

—

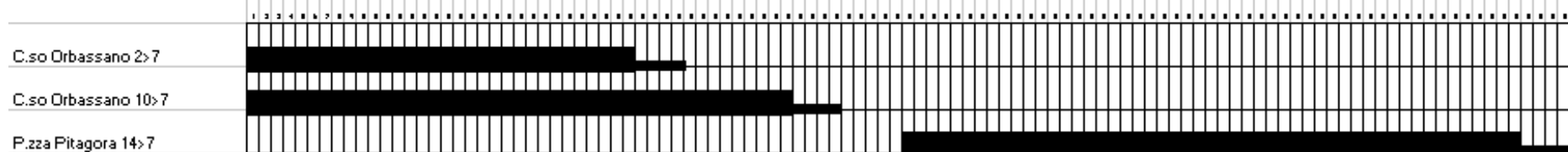
Scenario A

Ciclo Semaforico per lo Scenario A (Incroccio con geometria attuale)

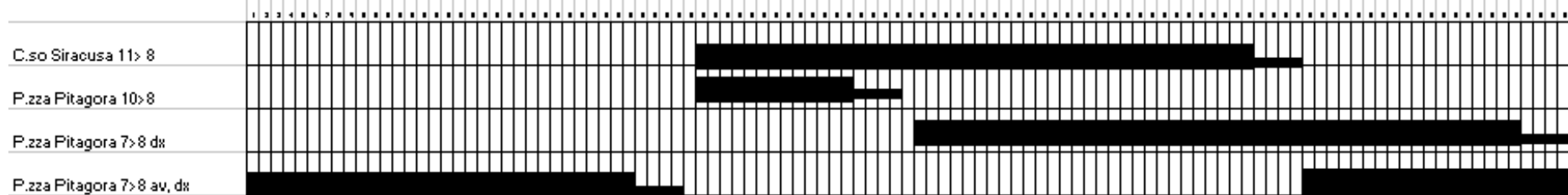
Incroccio 6 - 13 - 16

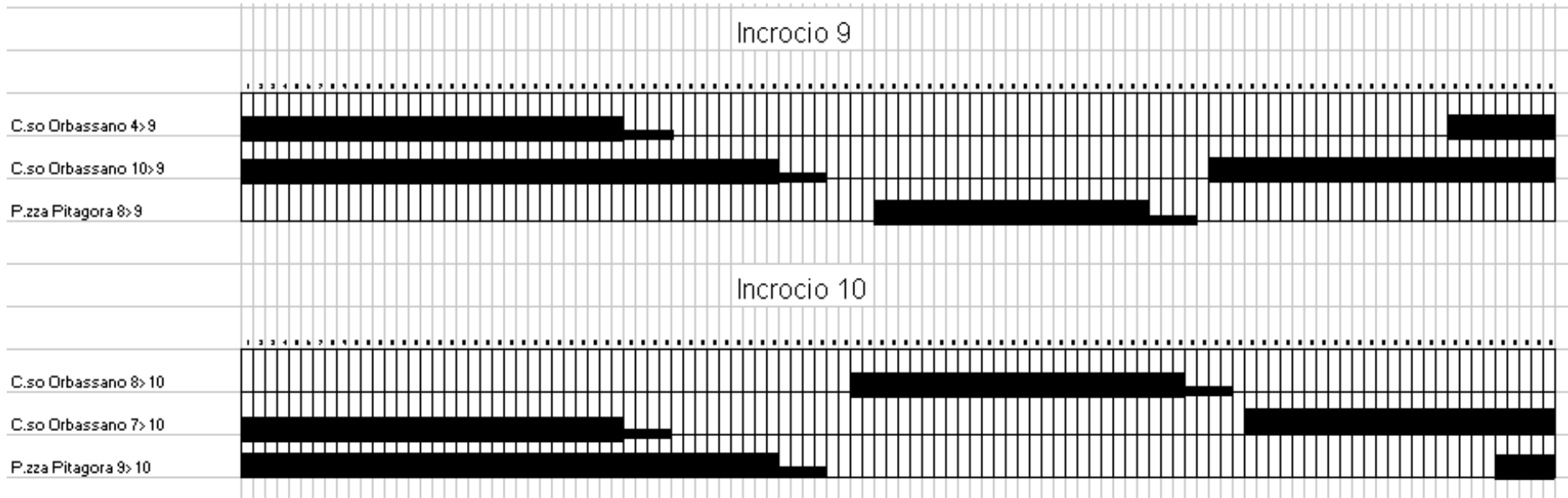


Incroccio 7



Incroccio 8





Appendice 3

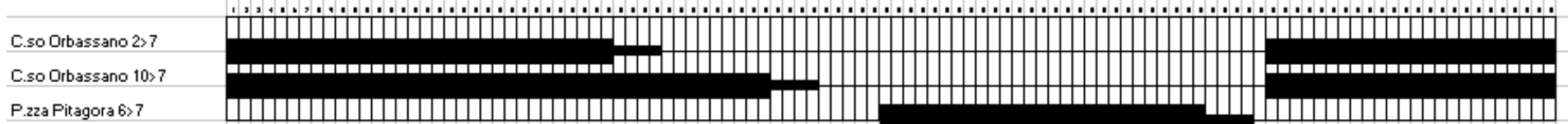
Progetto delle Fasi Semaforiche per l'incrocio di Piazza Pitagora (C.so Orbassano, C.so Siracusa, C.so Cosenza)

—

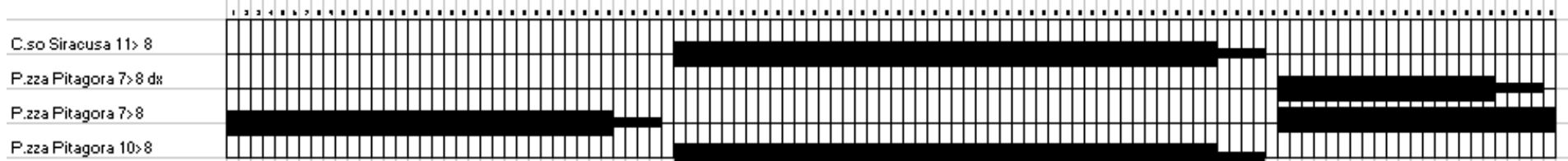
Scenario C

Ciclo semaforico per lo Scenario C (Nuova soluzione per la viabilità interna alla piazza)

Incrocio 7



Incrocio 8



Incrocio 9

