

Parte V

Le simulazioni di traffico e gli schemi generale della circolazione viaria

La pianificazione e gestione del sistema della mobilità e dei trasporti richiede la conoscenza degli effetti degli interventi locali o delle modifiche delle reti di trasporto sul breve, medio e lungo periodo, e nello stesso tempo pretende la valutazione immediata, nella gestione quotidiana, della fattibilità di azioni volte a prevenire il formarsi di congestioni e conflitti, oppure finalizzate a intervenire in condizioni di emergenza.

Per rispondere a queste esigenze si è adottato un software che utilizza modelli matematici indirizzati al trattamento di problemi di mobilità, sia per il trasporto pubblico sia per quello privato.

Inoltre, i diversi metodi implementati offrono la possibilità di simulare diversi scenari, risultanti dalla applicazione di *politiche di trasporto* (utilizzando quindi modelli di simulazione), e aiutano inoltre nelle decisioni per la *gestione e la pianificazione dei trasporti* sull'intera rete (modelli decisionali).

Il processo di integrazione tra la *domanda* di mobilità (matrici O/D) e l'*offerta* di trasporto, schematizzata nel successivo grafo della rete viaria, viene denominato *assegnazione* che prefigura, grazie a opportune tecniche simulatorie, quale sarà l'itinerario di ciascuno degli spostamenti per i quali la *matrice origini/destinazioni* individua zone di partenza e di arrivo.

La scelta del percorso non tiene conto solamente della lunghezza dei possibili cammini alternativi, ma valuta l'influenza temporale specificata tramite le *curve di deflusso* che esprimono le caratteristiche, variabili o no, di ciascuno degli itinerari (pendenza, presenza di veicoli pesanti, soprattutto presenza di volumi di traffico elevati).

La fase di *assegnazione* è quella più delicata dell'intero processo simulativo, in quanto la sua implementazione dipende da molteplici variabili: la messa a punto di tali variabili è definita *calibrazione* del modello di interazione domanda - offerta di mobilità, che deve essere appunto calibrato in modo da poter riprodurre il più fedelmente possibile la situazione dello stato di fatto, sia dal punto di vista dei flussi dei veicoli sugli archi, sia da quello dei tempi di percorrenza degli archi stessi.

1. I modelli di simulazione per la valutazione dei volumi di traffico

Con tali modelli è possibile studiare il comportamento degli utenti della rete di trasporto, ovvero di "plotoni" di veicoli privati e di "flotte" di veicoli per il trasporto pubblico, a fronte di interventi proposti nella fase di progetto del piano del traffico; permettono quindi la simulazione numerica e grafica degli effetti derivanti sulla rete dall'apertura o chiusura di archi stradali, dalla formazione di sensi unici o di isole pedonali, dalla localizzazione di nuove attività ecc., e in tal modo è possibile simulare un piano di medio e lungo periodo; successivamente, attraverso altre modifiche interattive sulla base dei dati descrittivi della struttura fisica degli archi stradali, è possibile simulare effetti derivanti da restringimenti di carreggiata dovuti per esempio a lavori in corso, dagli allargamenti o dal ridisegno della carreggiata, dalla costruzione di aree di parcheggio a lato strada o da altri interventi ancora; concludendo, si può affermare che questi modelli consentono quindi di studiare il comportamento del sistema in risposta alla domanda "*Cosa accadrà se ...?*".

Il software fornisce differenti modelli per la simulazione delle assegnazioni dei flussi di veicoli alle reti stradali, tra cui il *modello tutto/niente*, basato sul metodo di Dijkstra, il *modello a passi incrementali*, il *modello di equilibrio deterministico Franke & Wolfe* (D.U.E per reti extraurbane), il *modello di equilibrio deterministico Franke & Wolfe* (D.U.E, per reti urbane variante Partan), il *modello di equilibrio stocastico DIAL* (S.U.E. per assegnazioni stocastiche).

In questa sede tratteremo esclusivamente dei primi due modelli prima richiamati.

1.1. Il modello tutto/niente

I modelli di assegnazione *tutto o niente* sono basati su algoritmi di ricerca del cammino minimo tra i nodi della rete dove, per ogni collegamento tra coppie di nodi richiesto dalla matrice della domanda di trasporto (matrice O/D), viene calcolato il cammino a costo minimo su cui si assegna tutto il flusso che deve spostarsi tra l'origine e la destinazione, indipendentemente dalla capacità dei singoli archi; pertanto, ogni tratta della rete avrà come flusso finale la sommatoria degli spostamenti che l'hanno interessata.

La versione del metodo di calcolo *tutto o niente*, implementata nel software utilizzato, è del tipo a “*restrizione di capacità*” in cui l’assegnazione della domanda di trasporto tra ogni coppia di nodi origini/destinazioni provoca l’aggiornamento dei costi della rete; in tal modo, su ciascun arco il flusso assegnato dal modello tende a non superare la capacità, e assegna il traffico a quella parte di rete in grado di soddisfare arco per arco e interamente le relazioni di traffico tra le zone.

1.2. Il modello a passi incrementali

L’assegnazione del flusso veicolare di tipo *incrementale* rappresenta una variazione del modello *tutto o niente* attraverso la scansione della matrice O/D, che non viene assegnata in una sola volta alla rete stradale: il modello incrementale suppone che gli utenti non impegnino la rete contemporaneamente ma a pacchetti di veicoli e, dopo l’assegnazione di ogni pacchetto di veicoli, vengono aggiornati i costi dei singoli archi del grafo di rete e vengono ricalcolati i cammini ottimi tra ogni coppia di origini/destinazioni; il pacchetto successivo verrà assegnato quindi al nuovo cammino ottimo calcolato.

2. Il modello assunto e le specifiche di settaggio

Per effettuare il calcolo delle assegnazioni si è utilizzato l’algoritmo *tutto o niente*, al quale è stato possibile impostare in diversi modi alcune variabili tipiche dell’algoritmo:

- le curve di deflusso o di deterrenza*, che rappresentano il variare del costo (tempo) di percorrenza di un arco al variare del rapporto tra capacità e flusso che lo impegna; le curve di deterrenza necessitano della determinazione sperimentale dei coefficienti che pongono in relazione il rapporto flusso/capacità con i caratteri geometrici e funzionali di un arco stradale (coeff. α, β); per la calibrazione e per le successive simulazioni si è scelta una *curva di deflusso media* ($\alpha = 2,6$; $\beta = 4,0$);
- la convergenza*, che determina la velocità dell’algoritmo scelto, vale a dire la rapidità e precisione con la quale ottenere i risultati; la convergenza dei modelli di assegnazione rappresenta la “velocità” con cui il modello soddisfa la funzione obiettivo, e scegliere un valore di convergenza *lento*, *medio* oppure *veloce* significa determinare l’ampiezza dello scarto temporale tra due iterazioni successive, il che genera la fine dell’algoritmo (per la calibrazione e per le successive simulazioni si è scelta una *convergenza lenta*, con scarto totale = 0,02 e scarto dell’arco = 0,05).

2.1 Le informazioni alfanumeriche associate agli archi¹

Il grafo, realizzato per l’intero territorio comunale, è stato implementato dalla seguente informazione alfanumerica per ciascun arco stradale:

- accessibilità*: determina se un arco è percorribile dalle vetture (archi chiusi² possono avere significati differenti, quali zone vietate al traffico o strade momentaneamente chiuse per lavori);
- larghezza*: larghezza della corsia utile in metri;
- lunghezza*: misura espressa in metri della mezzzeria della strada;
- numero corsie*: indica il numero di corsie per quella direzione dell’arco;
- portata massima*: specifica il massimo peso (in tonnellate) ammissibile per i veicoli che percorrono l’arco; occorre caratterizzare gli archi anche in funzione di particolari limitazioni ai

¹Cfr. cap. 3.

²Per convenzione il simbolo 1 denota un arco aperto mentre con uno 0 si intende un arco chiuso.

veicoli, e la *portata massima* è compilata solo nel caso in cui l'arco contenga limitazioni, mentre 0 (zero) indica la mancanza di limiti di peso;

- f) *altezza massima*: specifica la massima altezza in metri per i veicoli che percorrono l'arco: tale limite può essere imposto per la presenza di ponti o gallerie con altezza libera ridotta e, come nel caso precedente, l'altezza massima si individua solo nel caso in cui l'arco contenga limitazioni, mentre 0 (zero) indica la mancanza di limiti di altezza;
- g) *tempo di verde*: se l'intersezione alla fine del tratto è regolata da un impianto semaforico, tale campo rappresenta effettivamente il tempo di verde (in secondi) del gruppo semaforico rivolto ai movimenti provenienti dall'arco; quando l'intersezione non è regolata da un impianto semaforico (intersezione libera), la capacità di deflusso del nodo finale è stata calcolata supponendo l'esistenza di un impianto semaforico virtuale le cui fasi e, quindi, il tempo di verde per ciascun movimento siano determinate sulla base dell'ipotetico tempo d'attesa del veicolo all'incrocio;
- h) *tempo di ciclo*: in riferimento al campo precedente, il tempo espresso in secondi esprime la durata del ciclo semaforico reale se il nodo estremo dell'arco è regolato da un semaforo, piuttosto che la durata del ciclo semaforico virtuale, che è dato sempre pari a 60 sec.;
- i) *tipo di strada*: è possibile specificare fra differenti tipi di strada, e in particolare fra strade primarie, strade extraurbane secondarie, strade urbane di scorrimento, strade di quartiere, strade locali; nel campo delle prestazioni abbiamo inoltre i seguenti elementi da considerare:
- j) *flusso*: specifica il numero di veicoli che percorrono in un'ora l'arco;
- k) *tempo*: numero di secondi impiegato da un veicolo per percorrere l'arco;
- l) *velocità media di percorrenza* dell'arco;
- m) *velocità massima consentita*;
- n) *capacità*³: indica il numero massimo di veicoli che possono impegnare in un'ora quella sezione stradale prima della saturazione.

2.2 La realizzazione della matrice origini/destinazioni

Per l'implementazione della matrice origini/destinazioni della porzione di Birone si sono utilizzati i seguenti dati:

- a) censimento della popolazione e delle abitazioni Istat 2001, disaggregato per sezione censuaria;
- b) censimento della popolazione e delle abitazioni Istat 2001, matrice comunale del pendolarismo disaggregata per sezione censuaria;
- c) censimento industria e servizi Istat 2001, disaggregato per sezione censuaria secondo la classificazione Ateco a due cifre per classi di addetti;
- d) dati cartografici vettoriali, confini delle sezioni di censimento;
- e) dati Tarsu delle sole utenze non domestiche, forniti dal Servizio comunale tributi (estrazione del luglio 2006);
- f) spazializzazione nel territorio comunale dell'estrazione anagrafica del dicembre 2005;
- g) matrice dell'origine⁴ della scuola primaria, materna e asilo nido, fornita dal Servizio comunale pubblica istruzione e sport (estrazione dell'ottobre 2006);
- h) rilievo sulla mobilità, effettuato dalla Polizia municipale nella terza decade del mese di ottobre 2006.

I dati Istat posseggono in contemporanea il vantaggio di essere numericamente completi (si riferiscono a tutta la popolazione) e lo svantaggio dell'incompletezza qualitativa (mancanza di informazioni sulla sezione di destinazione e sugli spostamenti non sistematici).

³ Il valore di capacità dell'arco è dedotto dalle *caratteristiche* e dalla traduzione dei disturbi al flusso veicolare dovuti a situazioni geometriche e a particolarità della disciplina della circolazione in coefficienti di riduzione. Le informazioni necessarie per determinare la capacità dell'arco sono le seguenti: *i*) larghezza dell'arco, *ii*) presenza e incidenza del traffico pesante sulla circolazione, *iii*) strada in pendenza, *iv*) presenza di parcheggi e frequenza delle manovre di parcheggio, *v*) presenza di fermate di autobus, *vi*) tipo di area urbana (cioè ubicazione della strada in centro o in periferia), *vii*) il numero complessivo di svolte a sinistra e di svolte a destra.

⁴Fondamentale si è rilevato il contributo delle Direzioni didattiche dei plessi scolastici presenti nell'area coinvolta dalla simulazione, le quali (nel rispetto delle norme sulla Privacy) hanno fornito gli indirizzi degli alunni. Tali informazioni hanno permesso la definizione di un'origine certa per la "matrice alunni".

Le otto fonti sono state sfruttate tutte per ottenere una matrice in grado da rappresentare la mobilità giornaliera nell'ora di punta mattutina (8.00 – 9.00) per entrambe le componenti sistematiche ed erratiche. La matrice risultante è stata sottoposta ad un controllo basato sulla popolazione di ciascuna zona di traffico, per correggere eventuali errori di codifica.

2.3. La calibrazione⁵ del modello nella terza decade del mese di ottobre 2006

Ogni modello matematico “soffre” di approssimazioni strutturali e operative, che possono arrivare a falsare le previsioni stesse del modello, ed è quindi opportuna una fase di calibrazione del sistema tale da renderlo affidabile alla ricostruzione della situazione attuale.

Per calibrare il modello sono necessarie misure di flusso attendibili in vari archi della rete: esse permettono di andare a modificare, in prima battuta, la struttura della rete e le curve di deflusso, e quindi in seconda battuta la matrice di domanda, in maniera da ottenere rispondenza tra flussi calcolati e misurati.

In primo luogo, la calibrazione interessa la struttura dell'offerta di trasporto (il controllo della rete e la modifica della schematizzazione dei nodi principali, oltre alla verifica delle penalità di svolta), e secondariamente si agisce sulle curve di deflusso con calibrazione del tempo di running e di waiting sugli archi, verifica della capacità assegnata, controllo dei tempi di verde su tempo di ciclo (reale o fittizio).

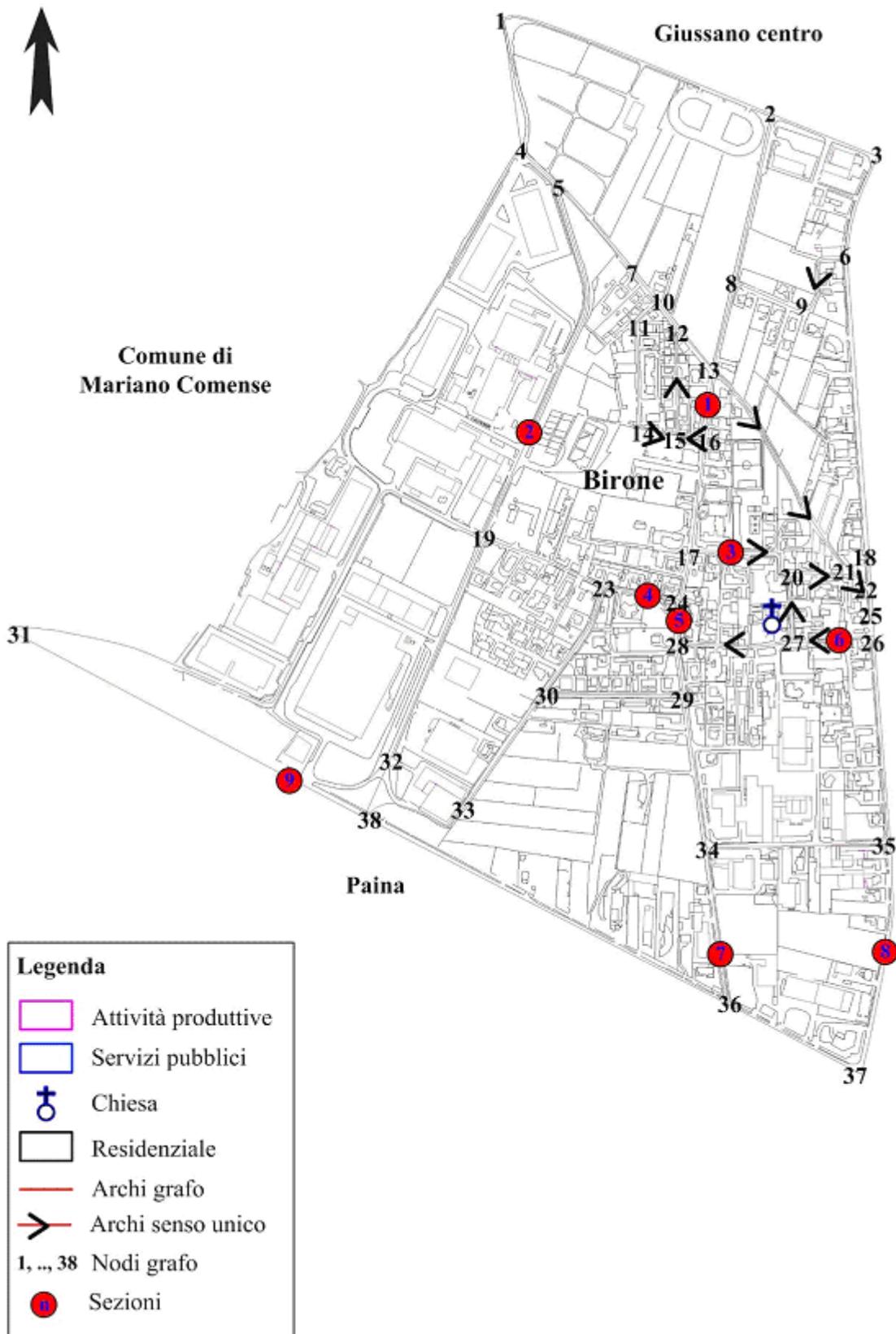
Solo in terza battuta si vanno a considerare i possibili (e strutturali) errori della matrice di domanda: la matrice Istat è di per sé incompleta di tutte le parti relative all'utenza occasionale, e non considera le modalità di trasporto non predominanti; in effetti, gli errori che ne scaturiscono possono allontanare sostanzialmente la modellazione della realtà, e su questo fattore è possibile intervenire attraverso un procedimento iterativo detto “della tangente più ripida”, che consiste nel modificare la matrice di domanda attraverso opportuni coefficienti, applicati alle matrici O/D che interessano gli archi dove, a ogni iterazione, si trova la differenza più ampia tra flussi rilevati e calcolati.

Un'utile strumento di verifica delle assegnazioni presente nel software utilizzato è il *test numerico*, il quale permette di confrontare i valori delle assegnazioni con i dati campionati rilevati direttamente sul campo, dopo aver simulato le assegnazioni (il test effettuato ha dato come errore medio del modello $\pm 10\%$).

Alla fine del processo di calibrazione si può disporre quindi di uno strumento affidabile *per proiezioni su scenari di progetto*.

⁵Il processo più delicato della fase di calibrazione è rappresentato dalla quantificazione dell'influenza delle caratteristiche di arco sul costo (nella sua accezione trasportistica, ovvero sul tempo di attraversamento) dell'arco stesso. Questa operazione è estremamente complessa in quanto, se è vero che ci sono delle leggi generali, ormai universalmente riconosciute, è altrettanto vero che tali leggi si basano su parametri che variano enormemente da città a città, ed anche tra arco ed arco della stessa città. Una verifica dell'assegnazione effettuata sulla porzione di Birone è stata dunque rappresentata dal conteggio dei veicoli effettuato dalla Polizia Locale e dalla rilevazione dei tempi di arco durante l'ora di riferimento (ora di punta mattina).

2.4 Le sezioni di rilievo e la matrice dei flussi campionati rilevati dalla Polizia Locale



I dati ricavati dalle sezioni di censimento rilevate dalla Polizia Locale nel mese di ottobre nella frazione di Birone sono sintetizzati nella tabella sotto riportata.

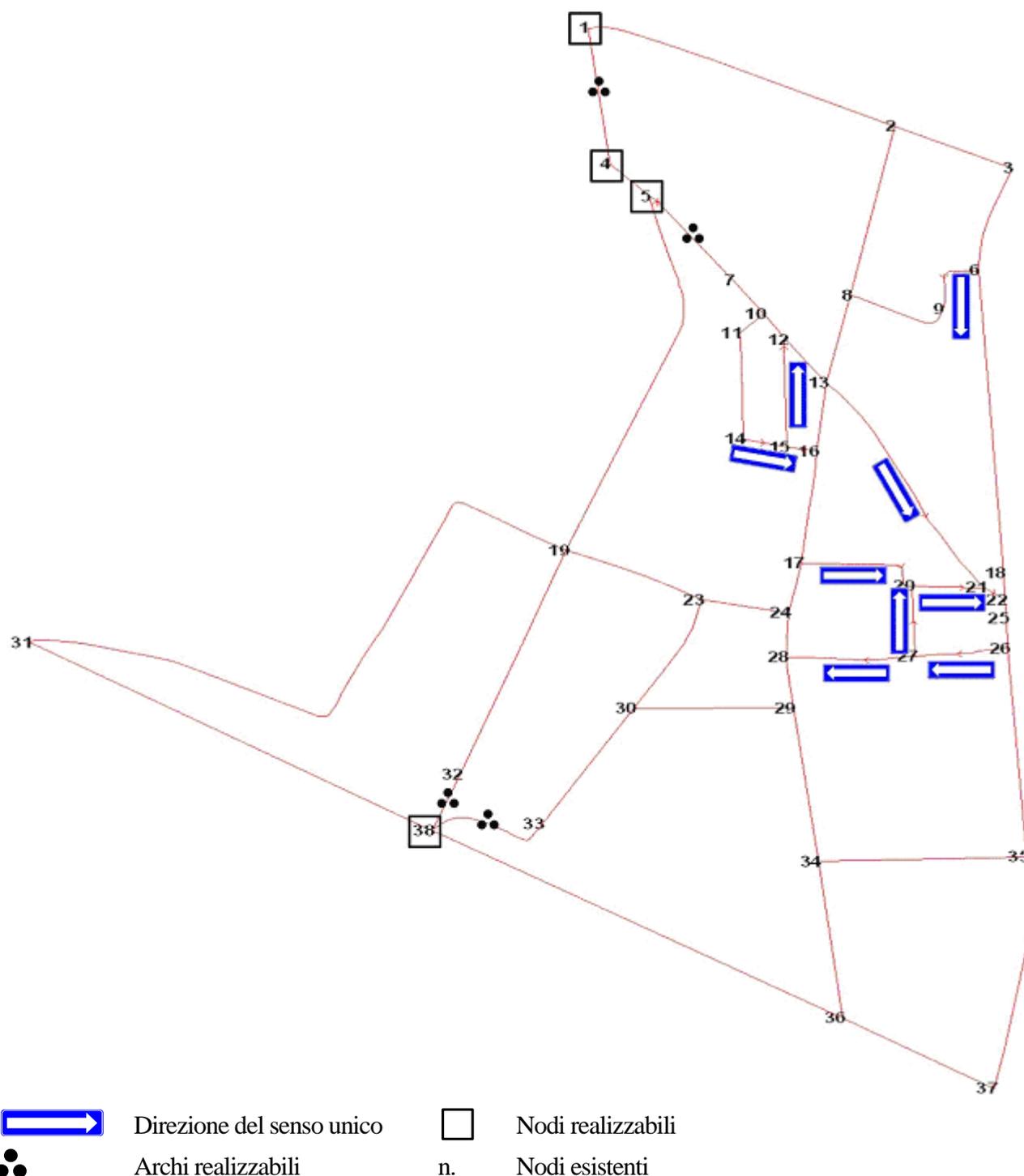
Sezione n.	Via\Viale\P.zza	Direzione	Settimana	Ora inizio	Ora fine	Veicoli leggeri/h	Veicoli pesanti/h	Veicoli/h
1	Giordano	(Nord) Giussano centro	Lavorativo	8.00	9.00	240	34	274
1	Giordano	(Sud) Paina	Lavorativo	8.00	9.00	266	34	300
2	Della Tecnica	(Nord) Via Matteotti	Lavorativo	8.00	9.00	4	3	7
2	Della Tecnica	(Sud) Via Foscolo	Lavorativo	8.00	9.00	42	5	47
3	S. F. Neri	(Est) Via Catalani	Lavorativo	8.00	9.00	249	8	257
4	Foscolo	(Est) Via Giordano	Lavorativo	8.00	9.00	105	14	119
4	Foscolo	(Ovest) Via Dell'industria	Lavorativo	8.00	9.00	244	28	272
5	Giordano	(Nord) Giussano centro	Lavorativo	8.00	9.00	132	13	145
5	Giordano	(Sud) Paina	Lavorativo	8.00	9.00	108	8	116
6	Carducci	(Ovest) Via Giordano	Lavorativo	8.00	9.00	155	16	171
7	Petrarca	(Nord) Giussano centro	Lavorativo	8.00	9.00	114	18	132
7	Petrarca	(Sud) Paina	Lavorativo	8.00	9.00	82	8	90
8	Catalani	(Nord) Giussano centro	Lavorativo	8.00	9.00	438	49	487
8	Catalani	(Sud) Paina	Lavorativo	8.00	9.00	367	54	421
9	Como	(Ovest) Mariano Comense	Lavorativo	8.00	9.00	467	93	560
9	Como	(Est) Verano Brianza	Lavorativo	8.00	9.00	579	89	668

Nella matrice sopra riportata è presente un'anomalia nel flusso totale per la sezione n. 3: lo scostamento in eccesso è da imputare alle condizioni meteorologiche (di pioggia intensa) della giornata in cui è stato effettuato il computo.

Tale sezione si trova di fronte alle scuole di Birone, il rilievo è stato quindi falsato da un flusso anomalo contraddistinto dal fatto che la quasi totalità degli alunni è stata accompagnata in automobile.

Il valore utilizzato per la calibrazione è stato pertanto corretto mediante il giudizio d'esperto espresso dalla Polizia Locale.

2.5 Il grafo archi – nodi ottimizzato per la simulazione

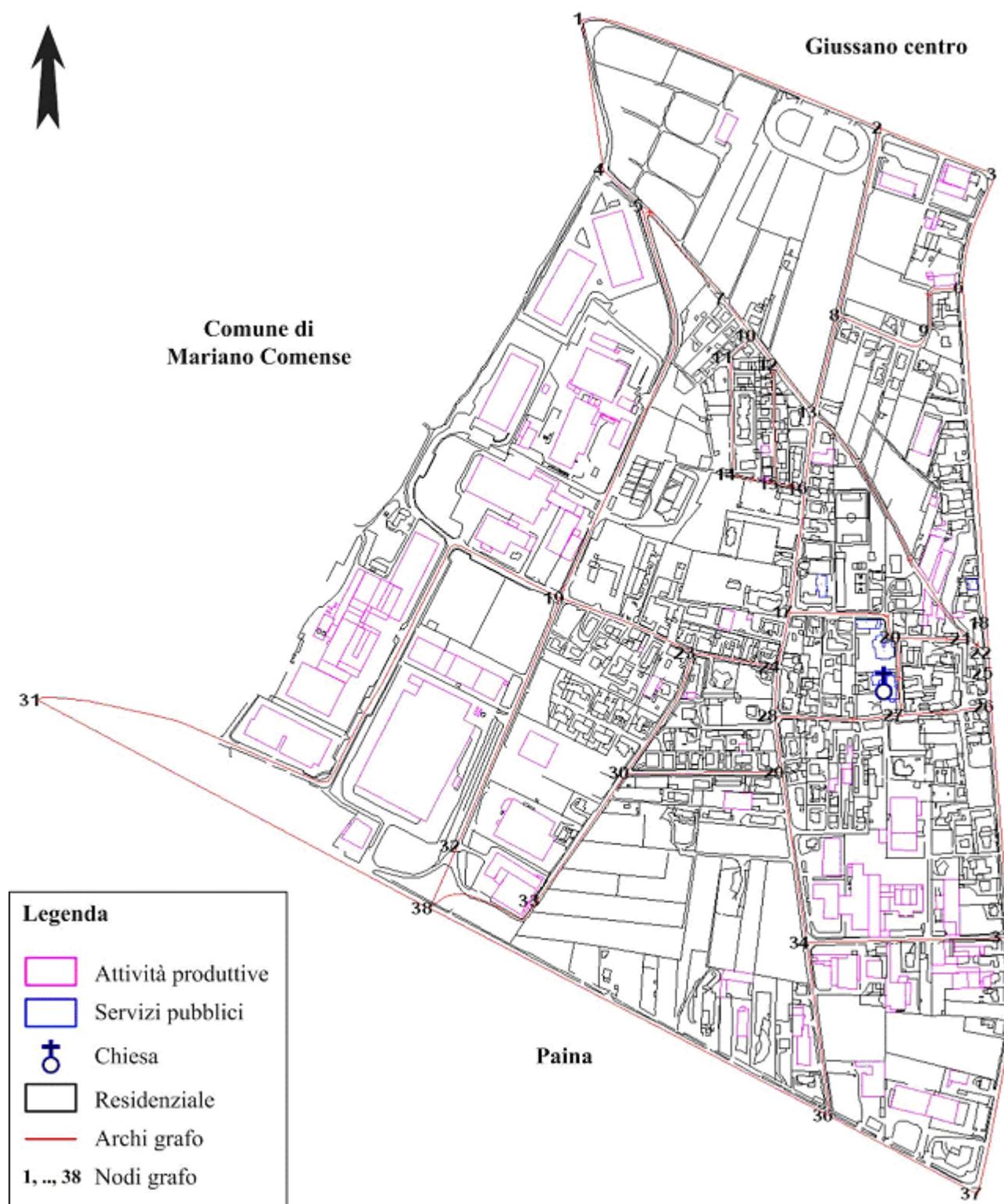


Nella carta sopra rappresentata sono stati numerati tutti i nodi esistenti/progetto e gli archi esistenti/progetto, utilizzando le icone per far meglio comprendere lo stato di fatto dello spazio sottoposto a simulazione.

Nel modello di simulazione della viabilità attraverso il grafo archi – nodi (modello di offerta), una strada o una sua parte (in genere tra due incroci) è rappresentata dalla connessione (arco) tra un nodo iniziale e un nodo finale; il grafo ottenuto deve quindi rappresentare la viabilità esistente e realizzabile nella porzione di territorio comunale dove viene applicata la simulazione, a partire dalle strade provinciali, statali e comunali.

Un problema che potrebbe insorgere nella lettura della schematizzazione del sistema viario, ottenuta mediante un grafo, è dato dalla successiva necessità di individuare i nodi e i collegamenti da nodo a nodo, ritenuti significativi per analizzare il sistema viario attuale e per il quale si vogliono conoscere i flussi veicolari.

2.6 La sovrapposizione dell'aerofotogrammetrico 2002 con il grafo archi – nodi ottimizzato



Tale sovrapposizione si è resa necessaria per contestualizzare l'astrattezza del grafo archi – nodi e, per ovviare al problema sopra esposto, la viabilità non viene raffigurata topologicamente con una retta congiungente il nodo iniziale e il nodo finale, bensì geograficamente attraverso il riporto dell'andamento reale della viabilità.

2.7 L'esplicitazione dell'associazione archi – toponomastica

TipStr	NdIn	NdFi	Toponomastica Arco
103	2	1	PIETRO NENNI
103	1	2	PIETRO NENNI
103	2	3	PIETRO NENNI
103	3	2	PIETRO NENNI
103	3	6	MILANO
103	6	3	MILANO
103	6	18	CATALANI
103	18	6	CATALANI
103	18	22	CATALANI
103	22	18	CATALANI
101	37	36	COMO
101	36	37	COMO
103	36	34	FRANCESCO PETRARCA
103	34	36	FRANCESCO PETRARCA
104	34	35	VIRGILIO
104	35	34	VIRGILIO
103	34	29	FRANCESCO PETRARCA
103	29	34	FRANCESCO PETRARCA
104	29	30	DELEDDA
104	30	29	DELEDDA
104	30	33	ALFIERI
104	33	30	ALFIERI
104	30	23	ALFIERI
104	23	30	ALFIERI
104	23	24	UGO FOSCOLO
104	24	23	UGO FOSCOLO
103	24	28	GIORDANO BRUNO
103	28	24	GIORDANO BRUNO
103	28	29	FRANCESCO PETRARCA
103	29	28	FRANCESCO PETRARCA
103	24	17	GIORDANO BRUNO
103	17	24	GIORDANO BRUNO
104	17	20	SAN FILIPPO NERI
104	20	17	SAN FILIPPO NERI
104	28	27	GIACOMO LEOPARDI
104	27	28	GIACOMO LEOPARDI
104	27	26	GIACOMO LEOPARDI
104	26	27	GIACOMO LEOPARDI
104	27	20	SAN GIOVANNI BOSCO
104	20	27	SAN GIOVANNI BOSCO
104	20	21	SAN FILIPPO NERI
104	21	20	SAN FILIPPO NERI
104	21	22	SAN FILIPPO NERI
104	22	21	SAN FILIPPO NERI
104	21	13	MATELLA
104	13	21	MATELLA
104	13	12	BIXIO
104	12	13	BIXIO
104	12	10	BIXIO
104	10	12	BIXIO
104	10	7	BIXIO
104	7	10	BIXIO
104	7	5	BIXIO
104	5	7	BIXIO
104	5	4	BIXIO
104	4	5	BIXIO
102	5	19	DELLA TECNICA

TipStr	NdIn	NdFi	Toponomastica Arco
102	19	5	DELLA TECNICA
102	19	32	DELL'ARTIGIANATO
102	32	19	DELL'ARTIGIANATO
104	19	31	DELL'INDUSTRIA
104	31	19	DELL'INDUSTRIA
104	19	23	UGO FOSCOLO
104	23	19	UGO FOSCOLO
103	17	16	GIORDANO BRUNO
103	16	17	GIORDANO BRUNO
103	16	13	GIORDANO BRUNO
103	13	16	GIORDANO BRUNO
103	13	8	MASSIMO D'AZZEGGLIO
103	8	13	MASSIMO D'AZZEGGLIO
103	8	2	MASSIMO D'AZZEGGLIO
103	2	8	MASSIMO D'AZZEGGLIO
103	22	25	CATALANI
103	25	22	CATALANI
103	25	26	CATALANI
103	26	25	CATALANI
104	10	11	BIXIO
104	11	10	BIXIO
104	11	14	BIXIO
104	14	11	BIXIO
104	14	15	BIXIO
104	15	14	BIXIO
104	15	12	BARRIO
104	12	15	BARRIO
104	15	16	BARRIO
104	16	15	BARRIO
104	8	9	PISACANE
104	9	8	PISACANE
104	9	6	PISACANE
104	6	9	PISACANE
102	1	4	GIACOMO MATTEOTTI
102	4	1	GIACOMO MATTEOTTI
103	26	35	CATALANI
103	35	26	CATALANI
103	35	37	CATALANI
103	37	35	CATALANI
101	38	36	COMO
101	36	38	COMO
101	38	31	COMO
101	31	38	COMO
102	32	38	DELL'ARTIGIANATO
102	38	32	DELL'ARTIGIANATO
104	33	38	ALFIERI
104	38	33	ALFIERI

TipStr tipo di strada: 101 urbana di scorrimento, 102 urbana di interquartiere, 103 urbana di quartiere, 104 locale;

NdIn: nodo iniziale;

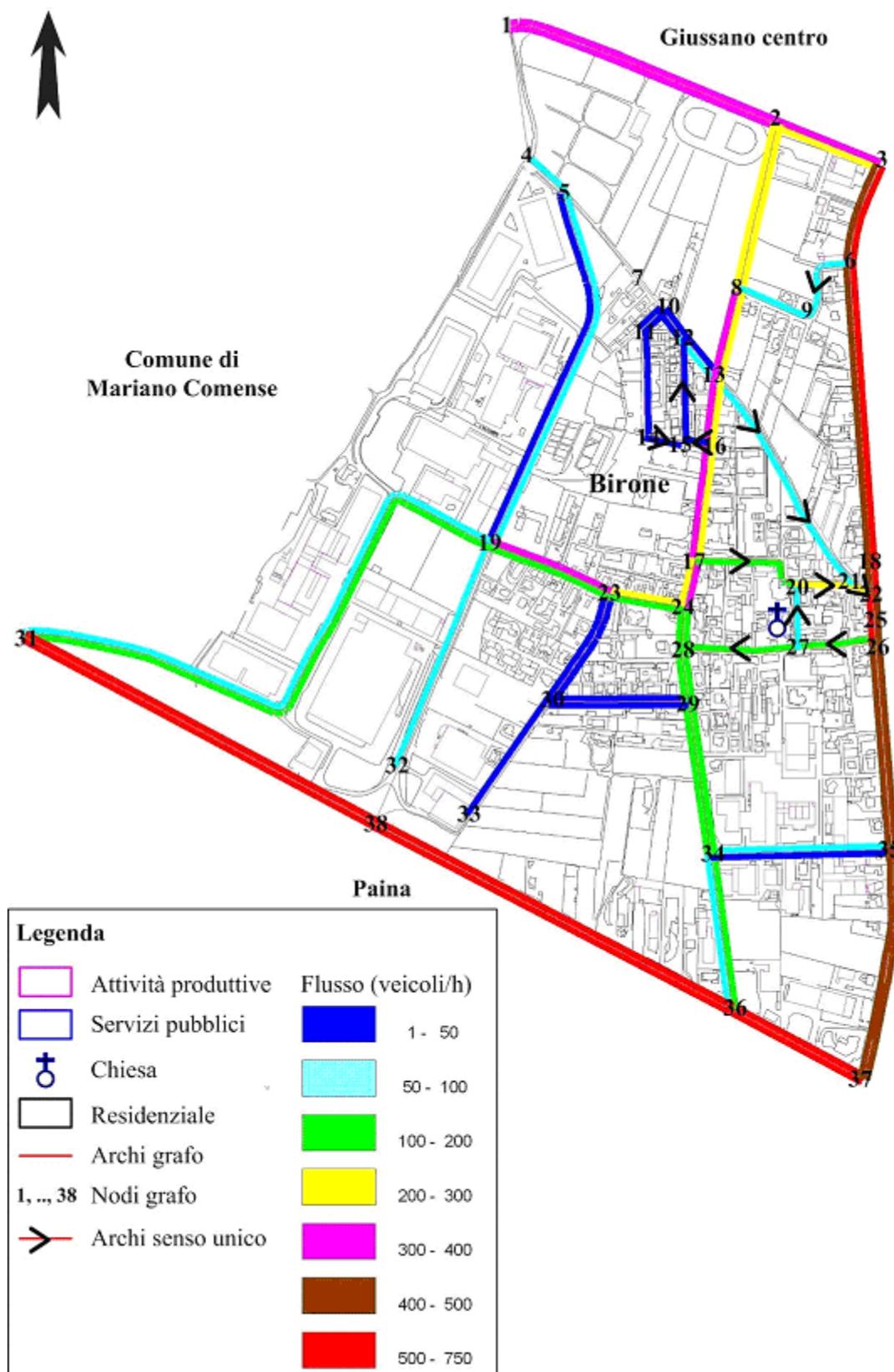
NdFi: nodo finale.

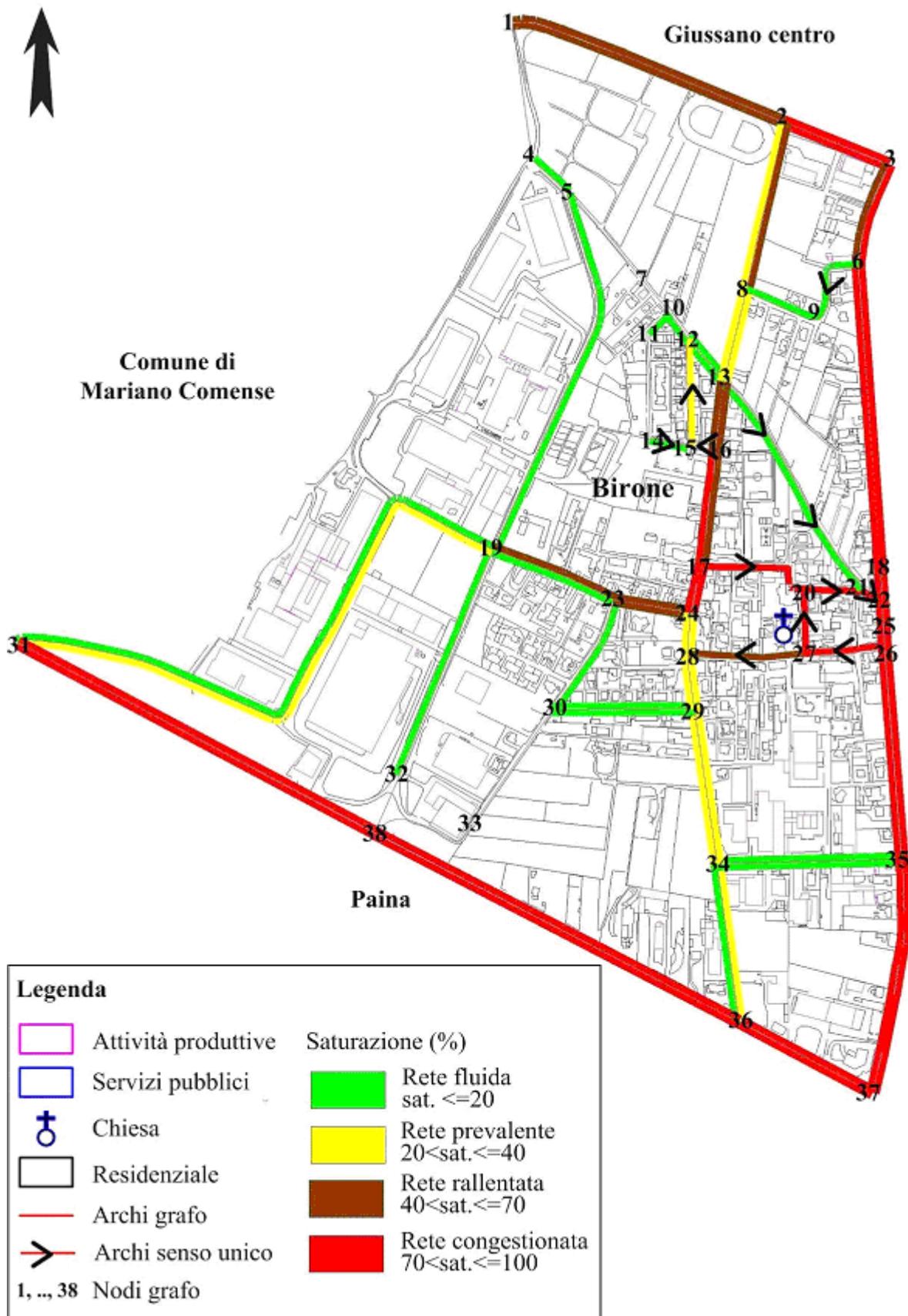
Con perimetro spesso sono stati evidenziati gli archi realizzabili.

3. La simulazione dei flussi

Dopo aver calibrato il modello e “aggiustato” le differenti variabili che a vario titolo prendono parte alla modellizzazione, possiamo calcolare e rappresentare i volumi di traffico allo stato di fatto e il relativo indice di saturazione

3.1. Lo stato di fatto e l'indice di saturazione





È opportuno far rilevare che il tratto compreso tra i nodi 16 - 24 risulta congestionato poiché vi è un'alta presenza di disturbi al flusso; l'arco 17 - 24 è caratterizzato da dossi e strisce pedonali, e inoltre il limite di velocità è stato imposto a 30 km/h per agevolare l'entrata degli alunni.

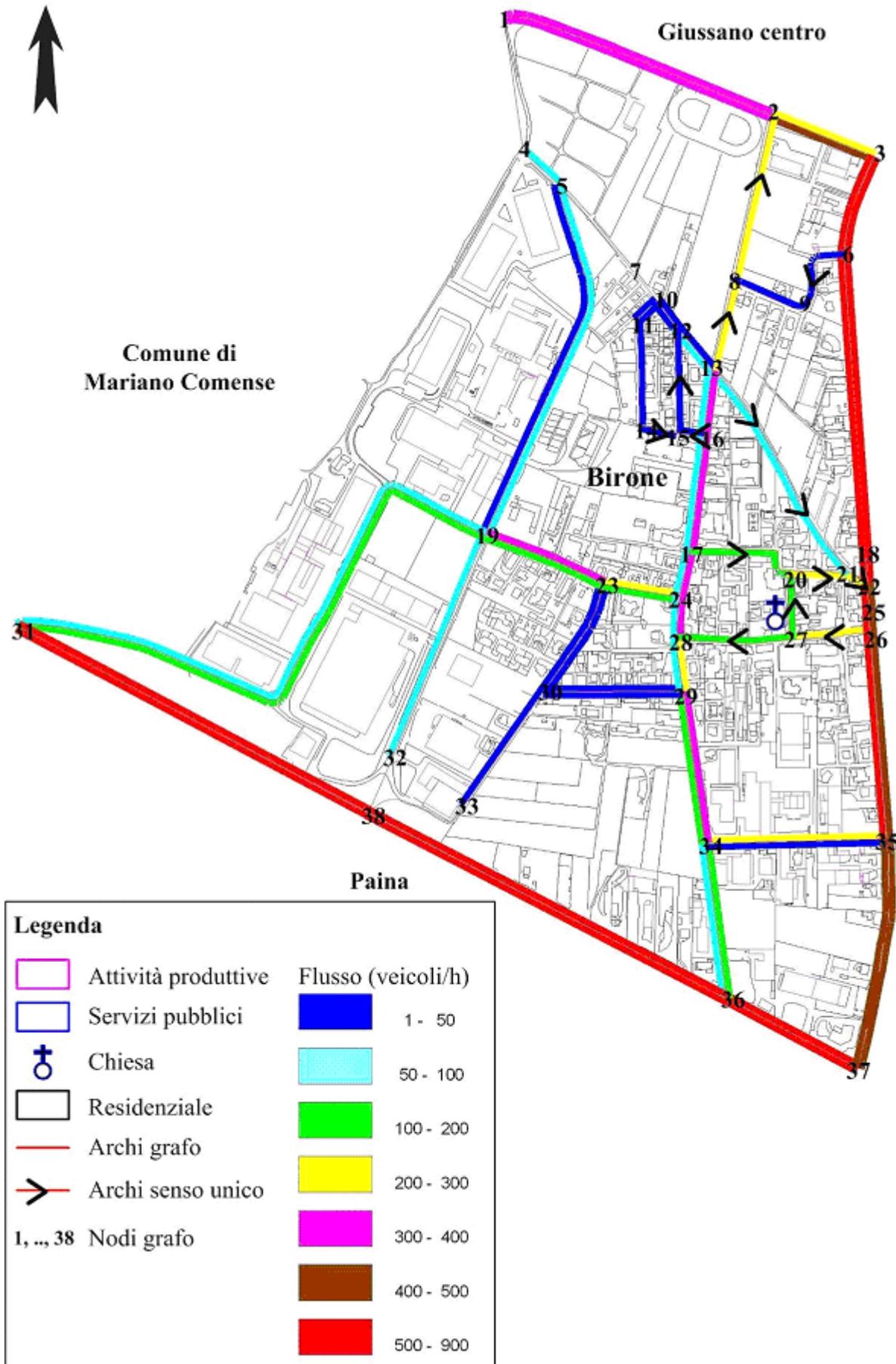
3.2 Le proiezioni su possibili scenari di progetto: la matrice di valutazione

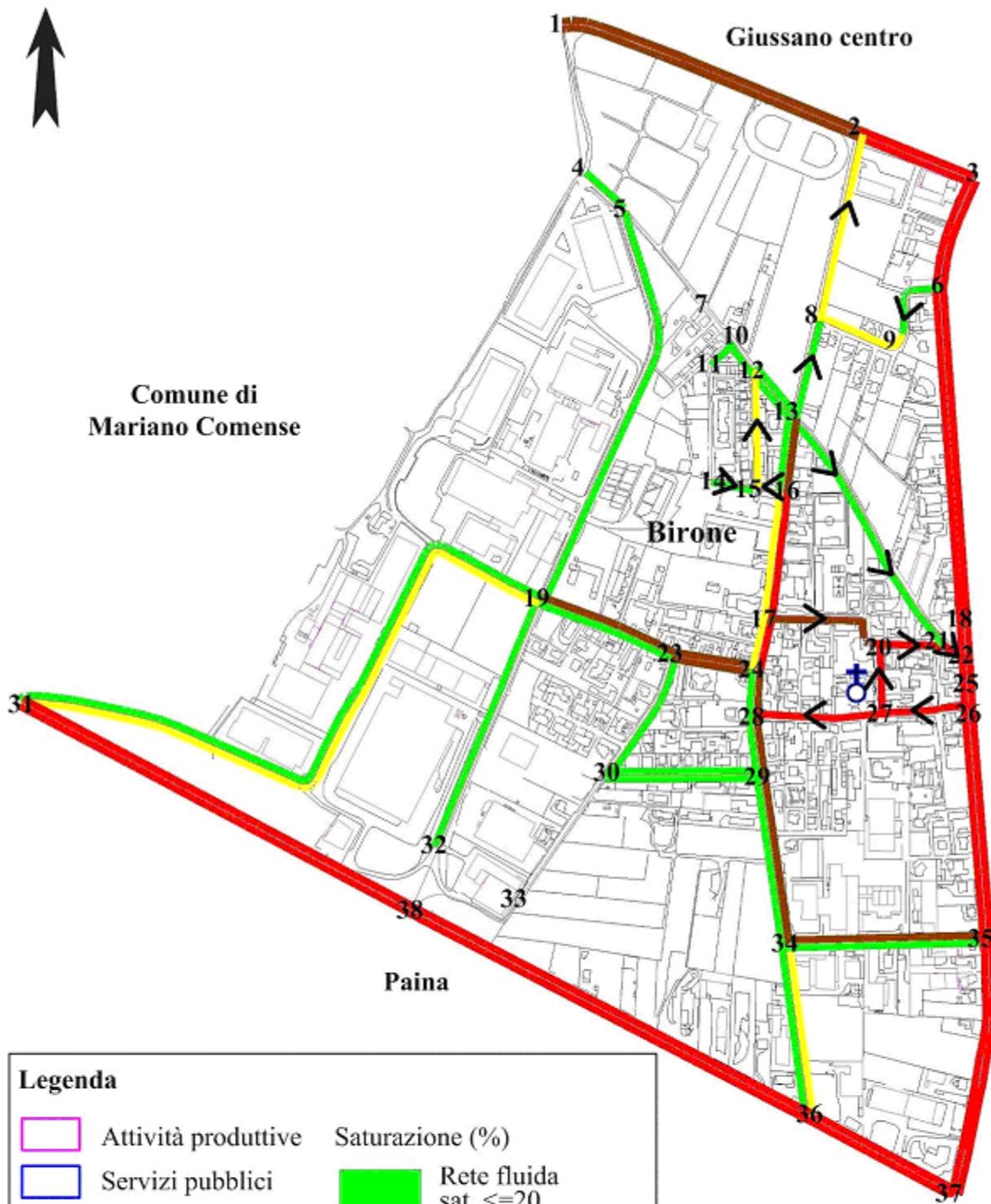
Obiettivo: determinare il miglior scenario che garantisca l'attuazione del senso unico nord sud lungo il tratto avente come estremità i nodi 2 - 34 (via Massimo D'Azeglio, via Giordano Bruno e parte di via Francesco Petrarca), con successiva realizzazione della pista ciclopedonale.

Scenario	Archi a senso unico individuati	Archi individuati	Nodi individuati	Sostenibilità	Positività	Negatività
A ⁶	2 - 8; 8 - 13	-	-		-	Aumento flussi via Milano, via Catalani di circa 240 veicoli l'ora in direzione sud e di 70 veicoli l'ora in direzione nord, con punte di 890 veicoli/h sul tratto 22 - 26
B	2 - 8; 8 - 13; 13 - 16; 16 - 17; 17 - 24; 24 - 28; 28 - 29; 29 - 34	1 - 4; 4 - 1; 5 - 7; 7 - 5	1; 5		Diminuzione dei flussi via Milano e tratti di via Catalani di circa 40 veicoli/h. Sensibile riduzione di circa 100 veicoli/h sull'arco 23 - 24, 24 - 23 di via Ugo Foscolo.	La strada di interquartiere che parte dal nodo 1 al nodo 32 risulterebbe incompleta; occorre adeguare il calibro all'arco 2 - 3, 3 - 2 via Nenni.
C	2 - 8; 8 - 13; 13 - 16; 16 - 17; 17 - 24; 24 - 28; 28 - 29; 29 - 34	1 - 4; 4 - 1; 5 - 7; 7 - 5; 32 - 38; 38 - 32	1; 5; 38		Diminuzione dei flussi via Milano e tratti di via Catalani di circa 50 veicoli/h. Sensibile riduzione di 100 veicoli/h sull'arco 23 - 24, 24 - 23 di via Ugo Foscolo. Completamento strada urbana di interquartiere da nodo 1 a 38.	Se si venisse a realizzare una rotonda al nodo 4 col comune di Mariano Comense, l'eventuale flusso in entrata da ovest si potrebbe riversare su via Bixio e proseguire su via Matella; occorre adeguare il calibro all'arco 2 - 3, 3 - 2 via Nenni.
D	2 - 8; 5 - 7, 8 - 13; 13 - 16; 16 - 17; 17 - 24; 24 - 28; 28 - 29; 29 - 34	1 - 4; 4 - 1; 5 - 7; 7 - 5; 32 - 38; 38 - 32	1; 5; 38		Diminuzione dei flussi via Milano e tratti di via Catalani di circa 50 veicoli/h. Sensibile riduzione di 100 veicoli/h sull'arco 23 - 24, 24 - 23 di via Ugo Foscolo. Completamento strada urbana di interquartiere da nodo 1 a 38. Eventuale flusso di Mariano Comense in entrata dal nodo 4 deviato su via della Tecnica.	Adeguare il calibro all'arco 2 - 3, 3 - 2 via Nenni.

⁶Successivamente non è stato possibile simulare altri archi del tratto 2 - 34 a senso unico in quanto le caratteristiche geometriche, di disturbo e di flusso non lo hanno reso possibile giacché si sarebbe dovuto operare una forzatura alla simulazione, operazione assolutamente inaccettabile.

3.2.1 Scenario A, la simulazione dei flussi e dell'indice di saturazione

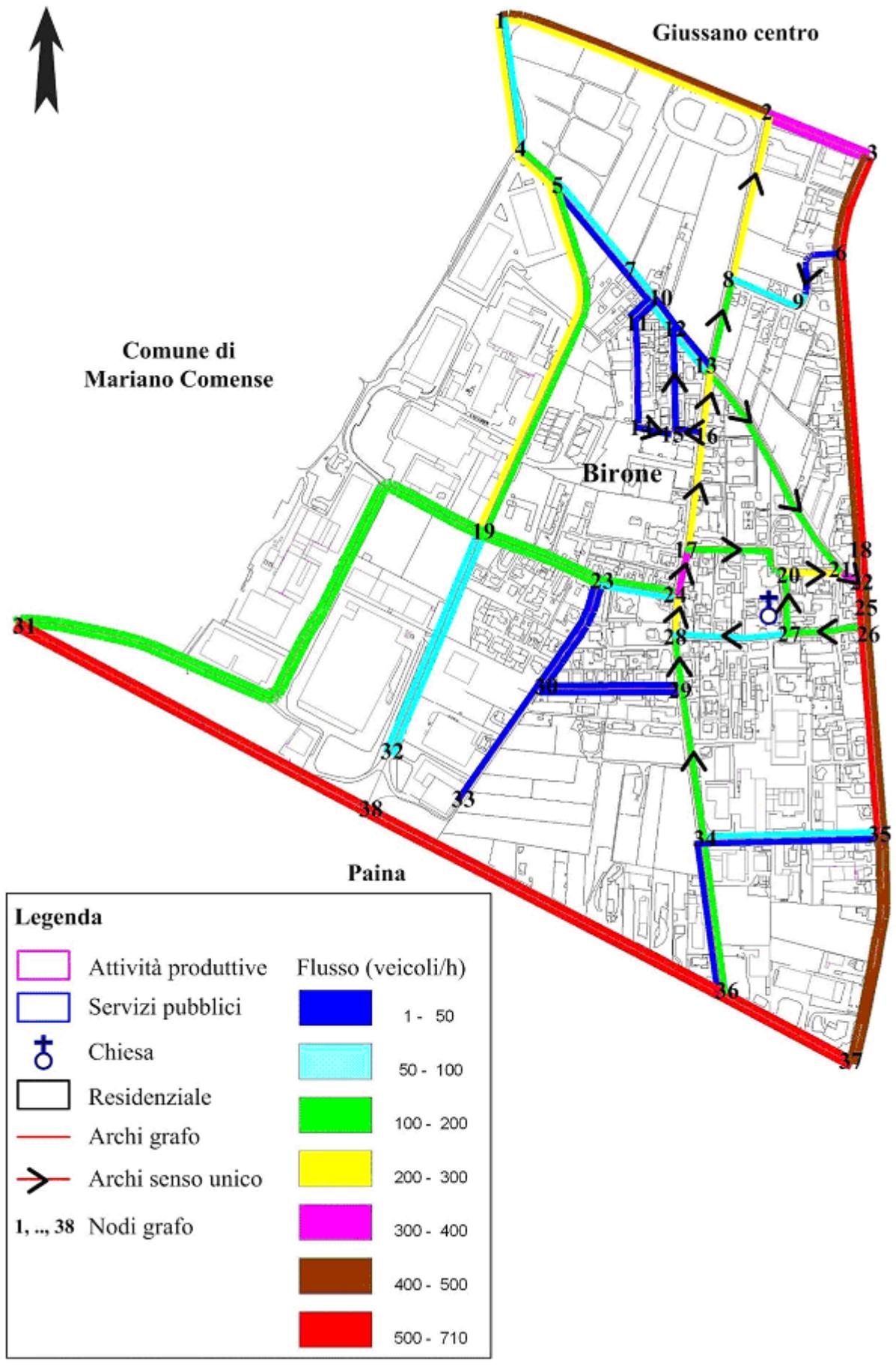


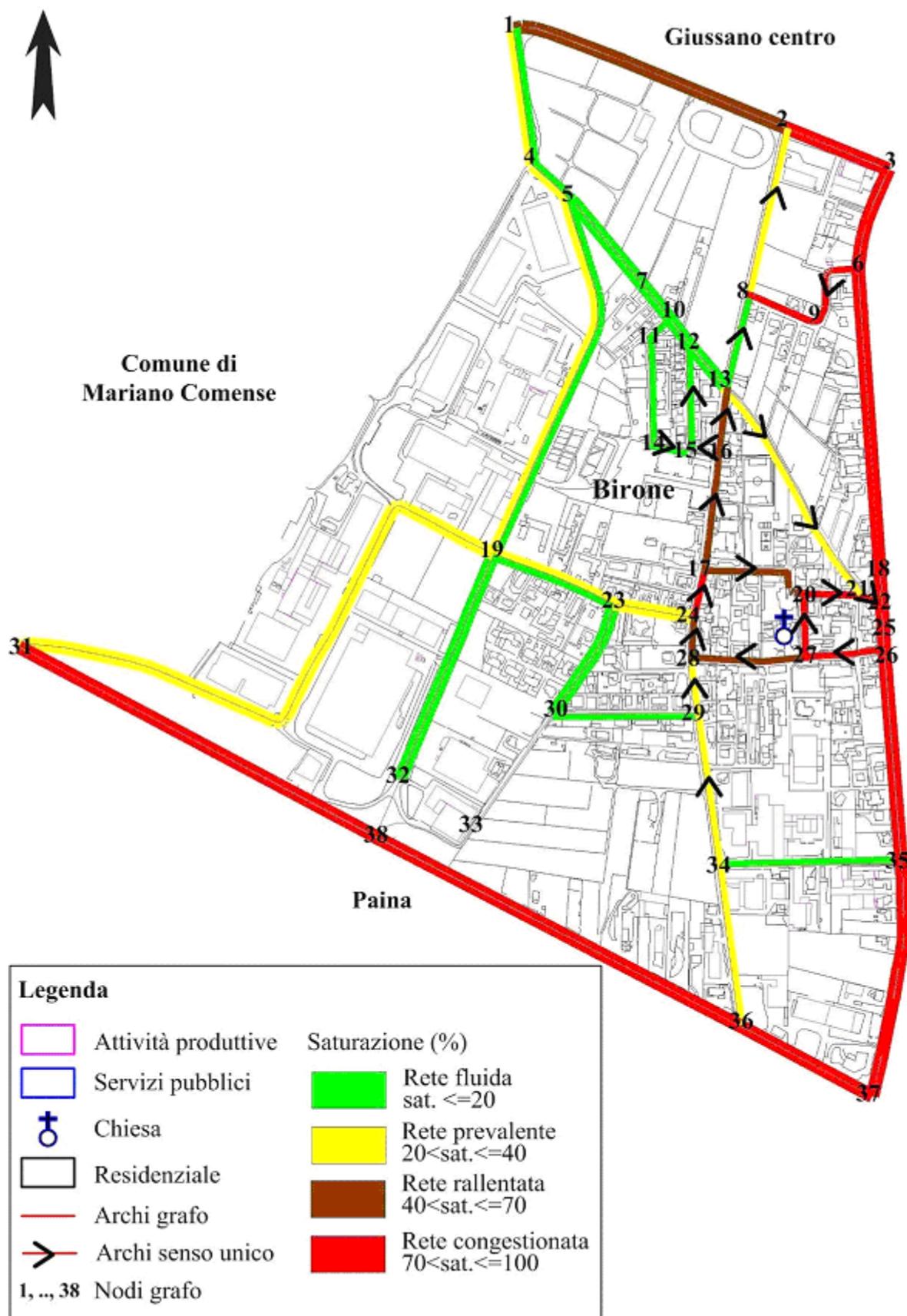


Legenda

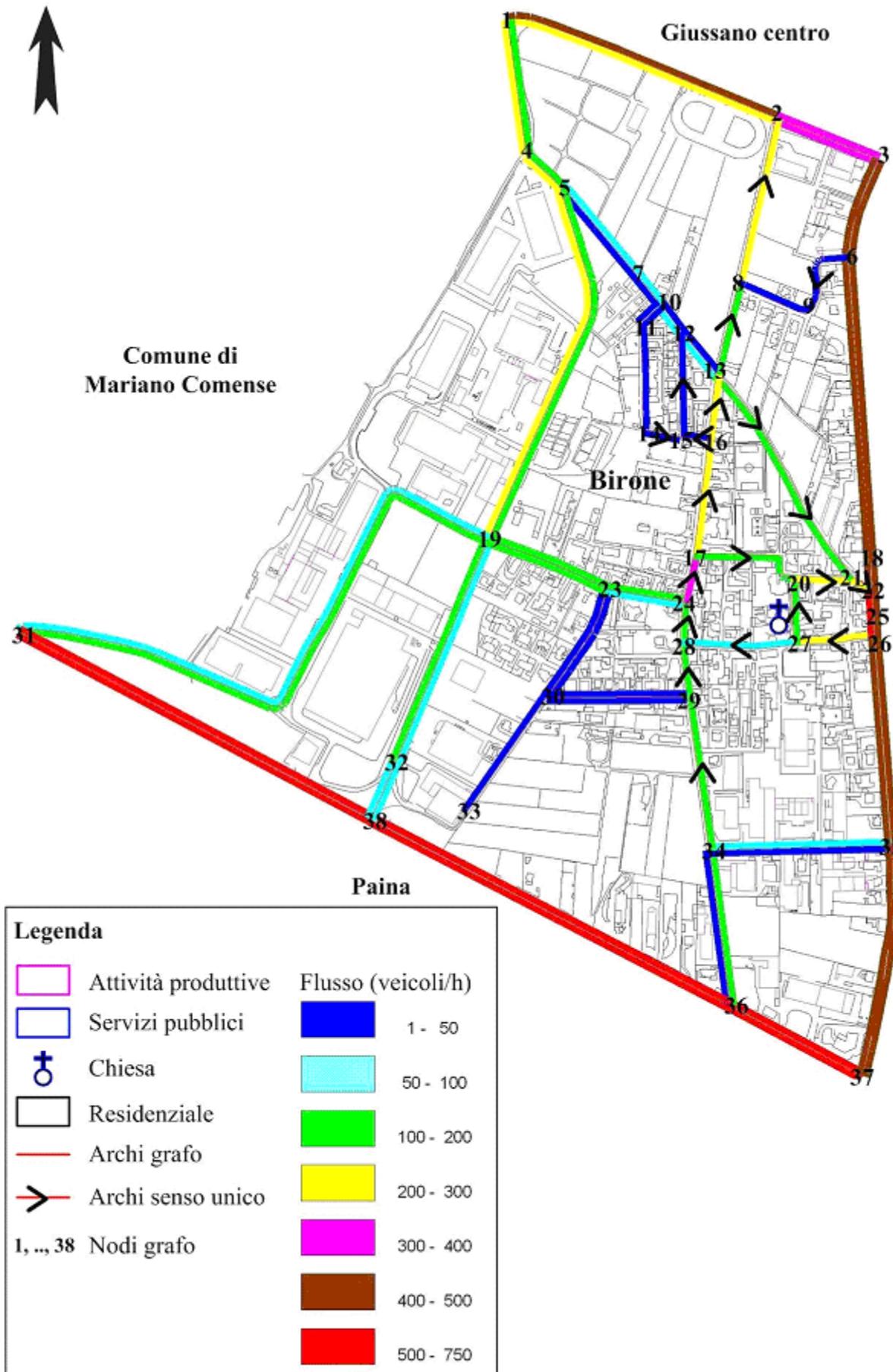
	Attività produttive	Saturazione (%)		Rete fluida sat. <=20
	Servizi pubblici			Rete prevalente 20<sat.<=40
	Chiesa		Rete rallentata 40<sat.<=70	
	Residenziale		Rete congestionata 70<sat.<=100	
	Archio grafo			
	Archio senso unico			
1, ..., 38	Nodi grafo			

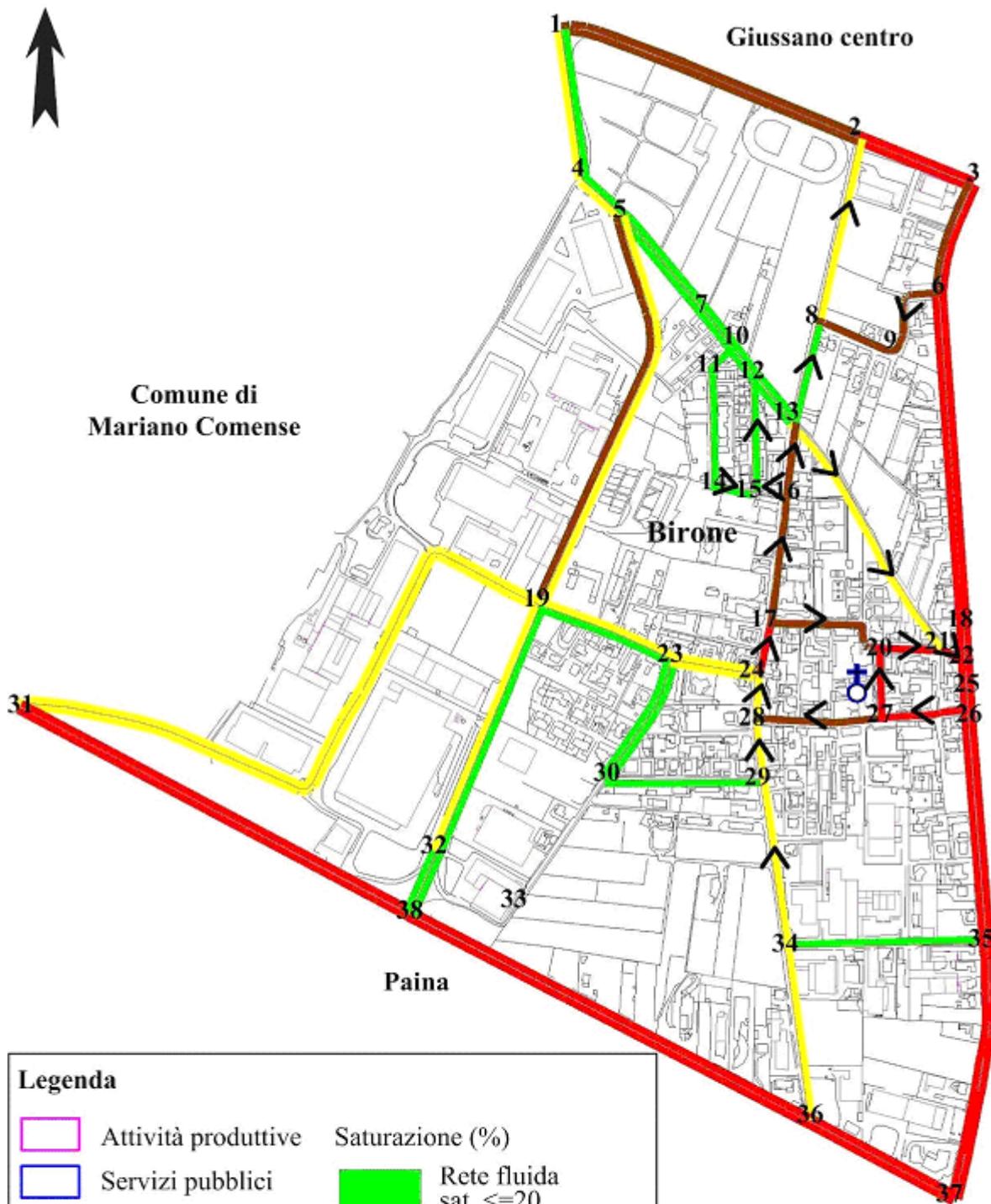
3.2.2 Scenario B, la simulazione dei flussi e dell'indice di saturazione





3.2.3 Scenario C, la simulazione dei flussi e dell'indice di saturazione

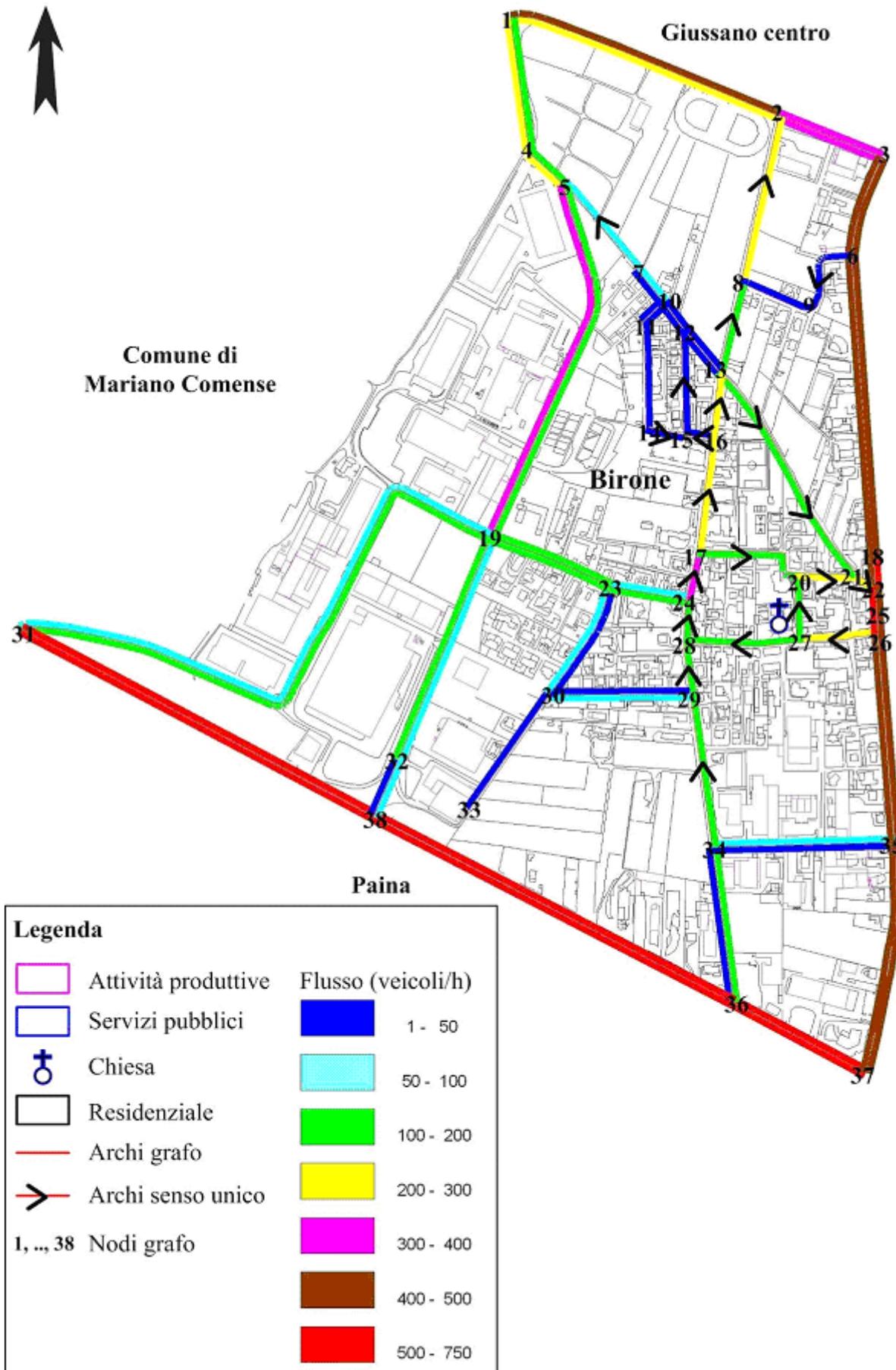


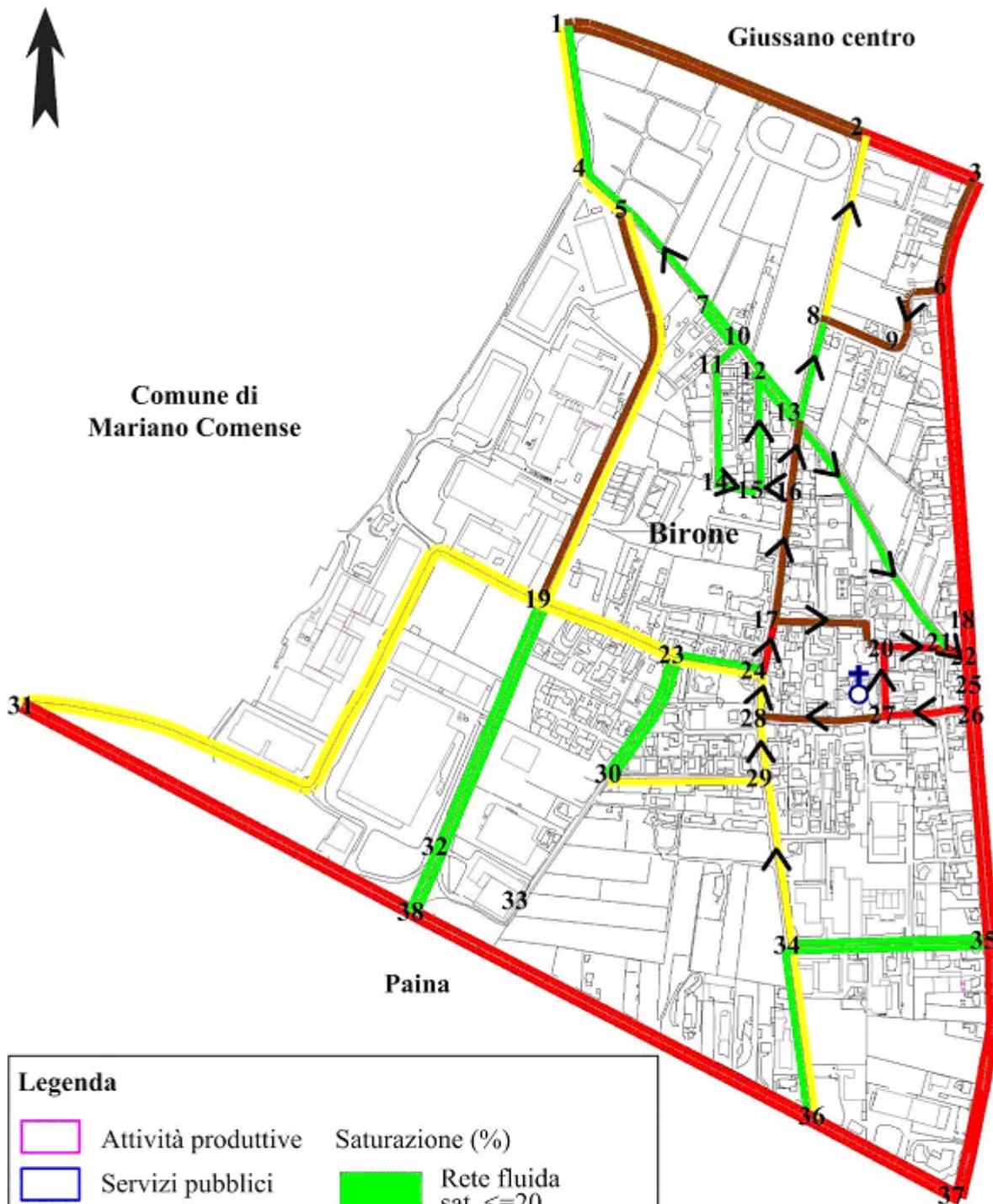


Legenda

	Attività produttive	Saturazione (%)	
	Servizi pubblici		Rete fluida sat. ≤ 20
	Chiesa		Rete prevalente $20 < \text{sat.} \leq 40$
	Residenziale		Rete rallentata $40 < \text{sat.} \leq 70$
	Archi grafo		Rete congestionata $70 < \text{sat.} \leq 100$
	Archi senso unico		
1, ..., 38	Nodi grafo		

3.2.4 Scenario D, la simulazione dei flussi e dell'indice di saturazione



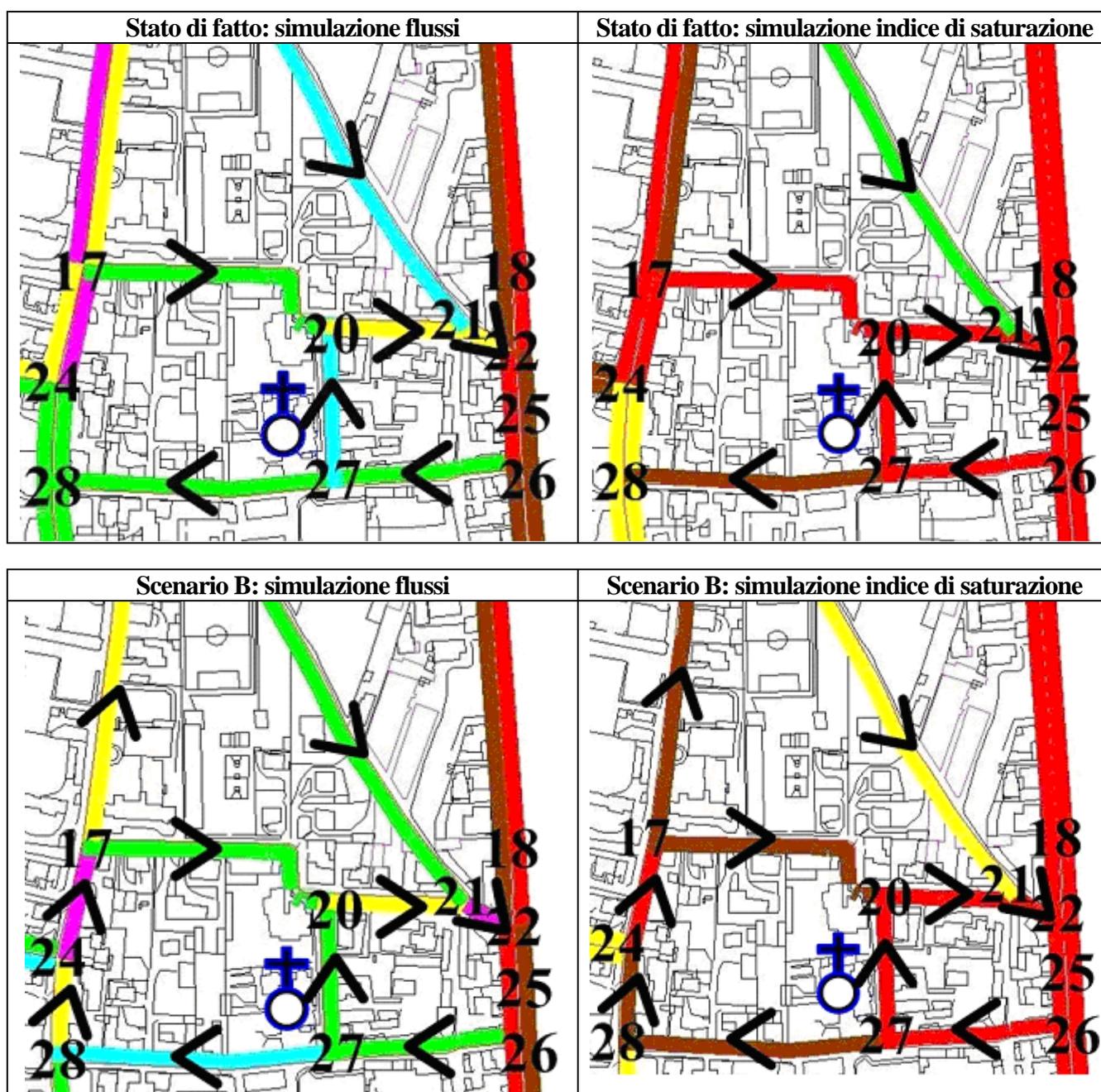


Legenda

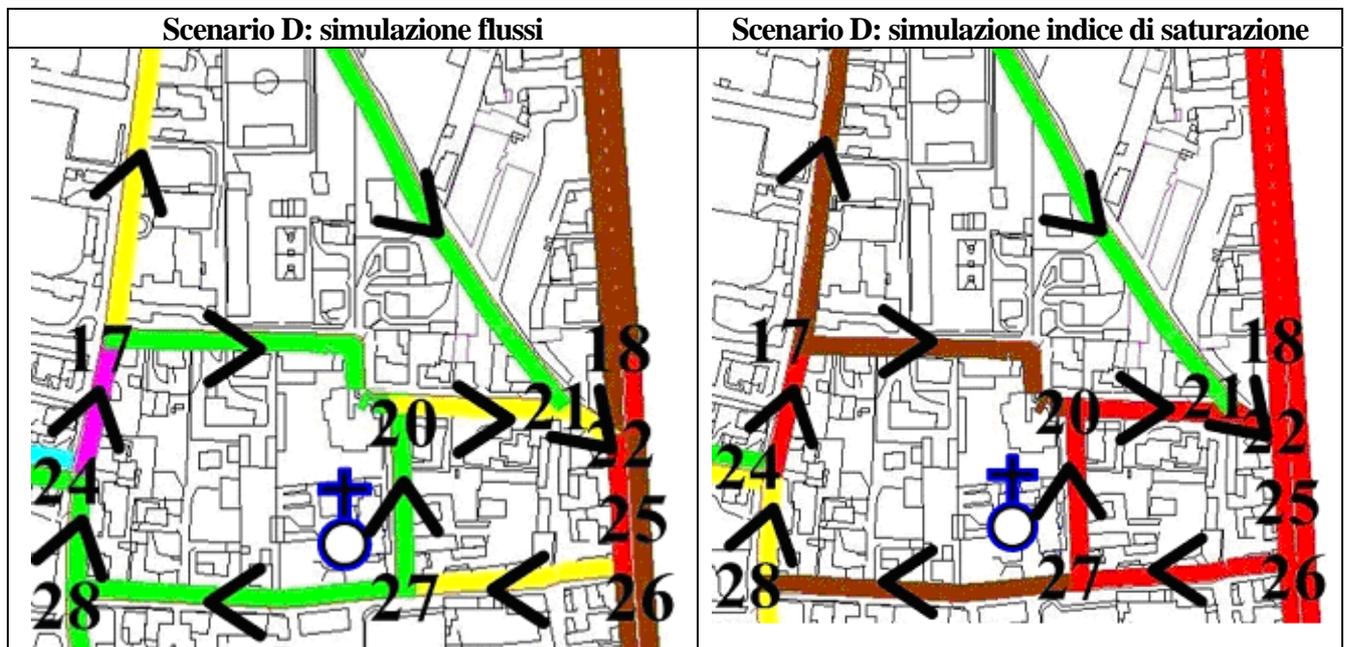
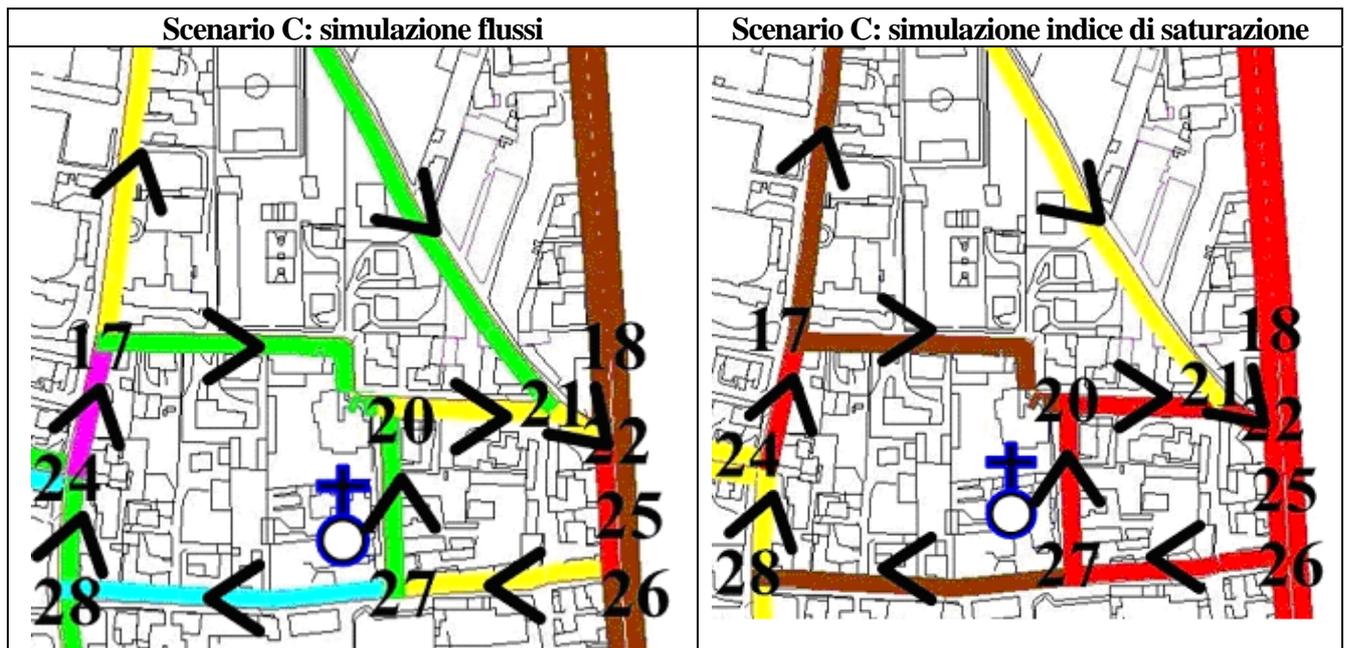
	Attività produttive	Saturazione (%)		Rete fluida sat. ≤ 20
	Servizi pubblici			Rete prevalente $20 < \text{sat.} \leq 40$
	Chiesa		Rete rallentata $40 < \text{sat.} \leq 70$	
	Residenziale		Rete congestionata $70 < \text{sat.} \leq 100$	
	Archi grafo			
	Archi senso unico			
1, ..., 38	Nodi grafo			

3.3. Un approfondimento su un nodo aperto

Di particolare importanza per il Piano urbano del traffico risulta essere la viabilità in prossimità del plesso scolastico di Birone per i conflitti che quotidianamente si manifestano a seguito dell'apertura/chiusura di tale servizio; a seguito dei conteggi dei volumi di traffico, effettuati dalla Polizia Locale, e sulla base delle simulazioni di traffico descritte nei paragrafi precedenti possiamo evidenziare quanto segue: i) la soluzione dei problemi dei volumi di traffico mattiniero e pomeridiano in corrispondenza dell'apertura/chiusura del plesso scolastico non sono risolvibili attraverso l'introduzione di nuovi sensi di circolazione; ii) i flussi che caratterizzano tali archi⁷ sono da attribuirsi per la più parte alla matrice O/D alunni; iii) nella frazione sono del tutto carenti (unico caso in Giussano) i servizi di bus per il trasporto degli scolari; iv) i possibili interventi non devono essere indirizzati alla ridefinizione dei sensi unici limitrofi, ma alla riduzione dei flussi all'origine. Sulla base delle simulazioni sotto riportate (per le quali non si propone lo scenario A, palesemente insostenibile) s'avverte che la saturazione simulata e rilevata nelle ore di punta mattutine potrebbe essere risolta istituendo un servizio di autobus (attualmente non presente) e la conseguente area pedonale.



⁷17-20, 20-21, 21-22 via S. F. Neri; 27-20 via S. G. Bosco; 26-27, 27-28 via G. Leopardi; 28-24, 24-17 via G. Bruno.



Flusso (veicoli/h)		Saturazione (%)		Attività produttive	
	1 - 50		Rete fluida sat. ≤ 20		Attività produttive
	50 - 100		Rete prevalente $20 < \text{sat.} \leq 40$		Servizi pubblici
	100 - 200		Rete rallentata $40 < \text{sat.} \leq 70$		Chiesa
	200 - 300		Rete congestionata $70 < \text{sat.} \leq 100$		Residenziale
	300 - 400				Archi grafo
	400 - 500				Archi senso unico
	500 - 750				1, ..., 38 Nodi grafo