



ATB Mobilità S.p.A.  
**REDAZIONE DEL PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE  
DEL COMUNE DI BERGAMO**



# PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE DI BERGAMO (2030) ALLEGATI

**AUTORE:**  
TRT TRASPORTI E TERRITORIO

MILANO, GENNAIO 2023



## Seconda di copertina

---

<b>Cliente</b>	ATB Mobilità S.p.A.
<b>Riferimento contratto</b>	Prot. n. 434 AMT n. di rep. 5 del 25 luglio 2018
<b>Nome progetto</b>	Redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile del Comune di Bergamo
<b>Nome file</b>	PUMS-Bergamo_Documento-di-Piano_ALLEGATI
<b>Versione</b>	1
<b>Data</b>	30/01/2023

### Classificazione del documento

Bozza	<input type="checkbox"/>	Finale	<input checked="" type="checkbox"/>	Riservato	<input type="checkbox"/>	Pubblico	<input checked="" type="checkbox"/>
-------	--------------------------	--------	-------------------------------------	-----------	--------------------------	----------	-------------------------------------

<b>Autore</b>	Patrizia Malgieri, Ivan Uccelli, Andrea Selan, Andrea Lai, Fabrizio Delfini, Francesca Fermi, Francesco Chirico
<b>Approvazione finale</b>	Patrizia Malgieri

## Contatti

---

TRT Trasporti e Territorio  
Via Rutilia 10/8  
Milano - Italia  
Tel: +39 02 57410380  
E-mail: info@trt.it  
Web: www.trt.it



## INDICE

<b>1</b>	<b>VERBALI DEI FOCUS GROUP .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MODELLO DI SIMULAZIONE AIMSUN .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>GRAFO STRADALE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>MATRICI E ZONIZZAZIONE NEL MODELLO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>CALIBRAZIONE .....</b>	<b>20</b>

# 1 Verbali dei focus group

## Spazio pubblico e ambiente

- Verbale incontri tecnici 31/01/2019, Bergamo, Palazzo Frizzoni

Uno dei problemi più sentiti nella città di Bergamo è la congestione veicolare nelle strade urbane e la situazione parcheggi soprattutto nel centro città: Sosta e spazi carrabili riducono notevolmente le occasioni di utilizzo dello spazio pubblico da parte dell'utenza ciclopedonale. Si sente la necessità di avviare un ragionamento che stravolga il concetto dello spazio pubblico e che restituisca parte di questo spazio alla città; politiche, quindi, volte a ridurre l'occupazione delle piazze e strade da parte delle automobili, attraverso una riduzione della sosta e una valorizzazione degli arredi e dell'organizzazione degli spazi pubblici.

La **sosta** è un tema focale in quanto un aumento dell'offerta di parcheggi interrati nel centro città, avvenuta negli ultimi decenni, non è stata accompagnata da una riduzione degli stalli su strada, provocando una duplice offerta di sosta (maggior traffico) e un'occasione persa di recuperare spazi per altri usi. Puntare maggiormente anche sulla varietà tariffaria della sosta: i costi per parcheggiare su strada sono ancora molto contenuti e questi non disincentivano abbastanza l'arrivo delle auto fino al centro; bisogna rendere più "appetibili" i parcheggi di interscambio combinati col trasporto pubblico in modo da rendere più competitiva la scelta di lasciar fuori la macchina e arrivare in centro col TPL. Ragionamento analogo sulle agevolazioni per chi parcheggia in centro: offerte o agevolazioni che inducono a lasciare l'auto in Città Bassa e prendere poi la funicolare in Città Alta, hanno come effetto negativo quello di incentivare le persone ad arrivare in auto fino ai piedi delle Mura.

Pur essendo un Piano strategico della città di Bergamo, è comunque necessario avviare un ragionamento su scala metropolitana, in quanto politica dei parcheggi e regolamentazione dei flussi di traffico devono essere necessariamente affrontati ad una scala sovra comunale (ragionare ad esempio su come politiche volte a disincentivare il traffico in centro, possono avere ripercussioni negative nelle aree periferiche, soprattutto quelle che si sviluppano lungo le principali radiali urbane). Un esempio è la zona tra via Spino (quartiere Carnovali): in quest'area molti pendolari provenienti da via dell'Autostrada lasciano la propria auto durante l'intero arco della giornata, creando disagi a residenti e ai commercianti. Approccio metropolitano deve averlo anche un possibile sviluppo del **car sharing**: essendo una città medio-piccola, il car sharing solo urbano viene visto come un intervento poco utile; contrariamente a quanto ci si può aspettare ad una scala più ampia.

Il tema della sosta è sentito anche nei periodi dei grandi eventi, dove c'è bisogno di una maggior regolamentazione e controllo (vedi partite di calcio, feste ed eventi in centro, ecc.).

Altro tema fondamentale per la mobilità sono le **Zone a Traffico Limitato**. Sono emersi in particolare punti specifici:

- In alcuni casi le ZTL sono solo nelle fasce notturne (es. ZTL San Bernardino-San Leonardo dalle ore 23:00-7:00), mentre potrebbero essere estese durante tutto l'arco della giornata proprio per disincentivare l'arrivo dell'auto direttamente in centro;
- Spesso le ZTL vengono viste come un intervento "punitivo" perché queste non sono accompagnate da politiche e azioni volte a valorizzare lo spazio regolamentato. Rimane molto importante il rapporto con i commercianti perché, oltre alla questione di chi lavora, il commercio nella città garantisce molte volte un'adeguata vivibilità del quartiere; diventa quindi necessario ridurre il più possibile il disagio provocato dalle ZTL e, allo stesso tempo, massimizzare i benefici che questa politica può produrre. Esempi possono essere quelli di avviare un ragionamento più dettagliato sulla logistica dell'ultimo chilometro (consegna della merce nei negozi e recapito della spesa in casa non solo per i supermercati ma anche per le piccole attività), premialità varie che involino ad andare in centro con i mezzi sostenibili.

Strettamente legato anche alle ZTL è il tema della **valorizzazione dello spazio pubblico e delle sue funzioni**: come anticipato nei punti precedenti, la progettazione degli spazi e la scelta di arredi sono fondamentali per rendere una ZTL o un'area pedonale frequentata; necessario quindi creare un ambiente, facilmente raggiungibile, ben organizzato tra le varie attività e piacevole da frequentare (modello centro commerciale diffuso). Esempio piazza della Cittadella che, seppur in Città Alta in un bellissimo contesto, la sosta veicolare diffusa in tutta la piazza disincentiva pesantemente la presenza dei pedoni. Un altro beneficio che si riesce ad ottenere con una corretta organizzazione degli spazi e degli arredi è l'impedimento fisico della sosta veicolare non regolamentata: a Bergamo è molto sentito il problema della sosta abusiva; oltre ad una maggior presenza dei vigili, non dipendente dal PUMS, si richiede un'indicazione più incisiva sulla progettazione degli spazi.

Anche le funzioni che questi spazi hanno influiscono notevolmente su come vengono utilizzati e sulle scelte di mobilità per raggiungerli. La scelta di localizzare grandi eventi solo in centro e lo spostamento del mercato settimanale dal Sentierone all'area del rondò autostradale provoca una continua congestione nel centro della Città Bassa e un'accentuazione delle differenze sociali.

Altro aspetto importante è il tema della **comunicazione**. Spesso comportamenti più virtuosi non entrano nelle abitudini delle persone non perché non ci sia l'interesse, ma semplicemente perché non c'è un'adeguata conoscenza: una corretta informazione delle distanze (spesso a vantaggio della pedonalità e alla micromobilità) e/o dei vantaggi economici, di tempo, ecc. di modalità di trasporto come TPL e ciclabilità, potrebbero aumentare il numero di persone che preferiscono utilizzare mezzi più sostenibili. Questo tema si accompagna al concetto di premialità affrontato nei paragrafi precedenti.

Nell'ambito della **ciclabilità**, viene affrontato il tema nella sua concezione più ampia; per incentivare l'uso della bicicletta bisogna rispondere a tutte le esigenze della potenziale domanda. Oltre agli interventi più comuni come possono essere quelli legati alla rete infrastrutturale (piste/percorsi e rastrelliere), è necessario fare un lavoro approfondito anche sulle politiche e iniziative pubbliche/private volte a rendere più facile la vita del ciclista. È necessario un approfondimento sugli spostamenti sistematici come casa-scuola/lavoro, ma anche spostamenti durante l'intero arco della giornata (es. pausa pranzo) in quanto i ritmi del singolo individuo sono determinanti nella scelta della modalità di trasporto. Fondamentale anche il rapporto pubblico/privato soprattutto per gli spostamenti casa-lavoro: la disponibilità di docce o di altri servizi rivolti ai ciclisti, possono incentivare i lavoratori a spostarsi in bicicletta e non in auto.

Viene affrontato il tema della **mobilità elettrica**. Pur considerando le grandi potenzialità che questa nuova modalità può offrire, viene fatto un ragionamento sul messaggio che alcune politiche possono erroneamente dare: le auto elettriche non risolvono il problema della congestione e il libero accesso nelle ZTL, pur sapendo che si tratta di uno strumento di incentivo al rinnovo parco auto, dà il messaggio sbagliato che con l'elettrico si può girare ovunque; si presenta, inoltre, un problema anche di equità sociale poiché l'accessibilità con auto privata viene garantita solo per chi si può permettere un'auto nuova e costosa.

Ultimo approfondimento sul tema del traffico veicolare sono le concentrazioni eccessive di **automobili davanti alle scuole nelle fasce orarie di ingresso/uscita degli studenti**. Questo malcostume provoca non solo problematiche gravi dal punto di vista ambientale, ma anche ripercussioni negative sul traffico locale e sulla sicurezza stradale.

Sul tema della mobilità sostenibile e del suo futuro nell'ambito urbano è necessario avviare una pianificazione a lungo termine, avendo ben chiari gli indirizzi e gli obiettivi; è necessario darsi una road map per le azioni future, in modo da avere una linea comune su **tutti gli interventi legati alla mobilità**:

- Privilegiare il traffico pubblico e non il traffico veicolare, quindi dare priorità alle superfici dedicate alla ciclopedonalità;
- Privilegiare interventi di piccole dimensioni, più puntuali ed economici, ma che comportano significativi benefici alla mobilità e sicurezza stradale;

- Focalizzarsi sui nodi, spesso lasciati irrisolti negli ultimi anni. Diversi incroci sono molto pericolosi, sia per il traffico viabilistico, ma soprattutto per gli attraversamenti ciclopedonali. In diverse occasioni le ciclabili si interrompono prima dell'intersezione e riprendono dopo, non tutelando il ciclista nei punti dove c'è maggior pericolo;
- Valorizzare e migliorare le piste ciclabili esistenti, rendendole più visibili (sia per i ciclisti che per gli automobilisti) e, in alcuni casi, inserendole meglio nella viabilità locale (es. ciclabili sui marciapiedi)
- Creare nuovi percorsi ciclabili che riescano a soddisfare le esigenze quotidiane dei residenti/pendolari, ma anche le esigenze turistiche; maggior attenzione nell'inserimento di ciclabili sui marciapiedi, inserirli solo dove le dimensioni lo consentono e dove è strettamente necessario;
- Necessario avviare un ragionamento di scala vasta, quindi collaborare con i Comuni limitrofi;
- Creare un'unica ZTL, rendendo più comprensibili e omogenee le limitazioni. Sul tema rimane prioritario ragionare sulle esigenze dei commercianti e concordare le fasce orarie carico/scarico che garantiscano il miglior equilibrio tra esigenze dei commercianti e dei residenti/turisti;
- Puntare sull'accessibilità. Dato l'invecchiamento della popolazione, la città dovrà essere sempre più predisposta "a misura di anziano e delle persone più fragili". Attenzione alle barriere architettoniche, situazione ancora irrisolta;
- Approcciarsi alla viabilità considerando non solo il traffico locale, ma anche il traffico di attraversamento, problematica rimasta ancora irrisolta;
- Approfondire il tema degli interventi temporanei e/o sperimentali, molto interessanti per le potenzialità che hanno (bassi costi, reversibilità), ma a volte difficili da relazionarsi alle regole esistenti, in particolare con il Codice della Strada.

#### *Città alta e centro storico*

- Verbale incontri tecnici 31/01/2019, Bergamo, Palazzo Frizzoni

Tema cardine della Città Alta e sempre più del centro della Città Bassa è la costante crescita della presenza turistica. Necessario analizzare maggiormente le necessità dei turisti, ovvero una **maggior conoscenza/informazioni** dei mezzi a disposizione (funicolare con lunghe code, mentre pochi salgono facendo le scale o utilizzando la linea autobus) e una miglior **vivibilità degli spazi pubblici** (strade più sicure, presenza di furgoni/trasporti merci più regolamentata, ecc.).

Su quest'ultimo aspetto ci si sofferma sulla pedonalizzazione di alcune piazze (piazza del Mercato del Fieno, piazza Angelini, piazza della Cittadella) con un'attenzione sulla qualità degli arredi e degli interventi: le piazze pedonali, esistenti e future, non devono seguire solo logiche commerciali, ma devono avere una maggior attenzione verso le esigenze residenziali, affinché si colga l'occasione del recupero di spazio per conferire **identità e vivibilità del quartiere**.

Maggior turismo significa anche un ulteriore impulso al commercio di prossimità di varie categorie merceologiche e quindi anche a un costante aumento della movimentazione delle merci. Questo significa inevitabilmente un **approfondimento della logistica delle merci** che punti ad un'ottimizzazione dei mezzi (mezzi più leggeri e meno impattanti) per ridurre al minimo i loro impatti negativi (sicurezza stradale, congestione, traffico). Ipotizzata anche la distribuzione nelle fasce orarie notturne anche se va in conflitto con le esigenze dei residenti. Va considerata anche la **raccolta dei rifiuti**: anche in questo caso è necessario trovare un maggior equilibrio tra il non interferire troppo il traffico senza però penalizzare i residenti. Viene

citata la possibilità di individuare pochi punti di raccolta delle merci, da cui poi smistarle con piccoli mezzi elettrici dal contenuto impatto ambientale.

Necessario un maggior controllo del rispetto degli **ingressi nelle ZTL** in quanto capita che il limite non venga rispettato. Bisogna però stare attenti a non penalizzare troppo il commercio, in particolare quello di prossimità, più sensibile nella Città Alta.

Tema importante è la **connessione della Città Alta con il resto della città**. Citati diversi possibili collegamenti (diversi livelli progettuali, da proposta a interventi presenti nei piani urbanistici) che possono essere nuove infrastrutture o servizi:

- Collegamento Est tra Sant'Agostino e via Baioni (funicolare?)
- Collegamento ovest tra l'ex ospedale e Colle Aperto/piazza della Cittadella (funicolare?)
- Collegamento con la nuova area di Porta Sud/stazione FS (cabinovia)
- Linea bus passante per la Città Alta, con predisposizione a creare un punto di interscambio tra linea T2 e bus (es. tra villa d'Almè – porta San Lorenzo – porta Sant'Agostino e Porta Nuova- Centro città Bassa, oppure Ospedale-Città Alta-via Giulio Cesare)

Interventi infrastrutturali che interessano di più la città bassa, ma che può essere occasione per migliorare l'accessibilità anche della Città Alta, sono le linee tranviarie:

- Con la realizzazione della linea T2, sarà necessario un parcheggio di interscambio a Villa d'Almè, in grado di intercettare tutto il traffico proveniente dalla Val Brembana e dalle aree limitrofe e dirette al centro di Bergamo e città Alta;
- Recuperare progetto della linea T3 che, collegandosi con la linea per la Val Seriana, attraversa il centro della Città Bassa facendo un collegamento est-ovest.

Il tema della **sosta e dell'uso dello spazio pubblico** è molto sentito:

- L'offerta della sosta per residenti nell'area centrale è insufficiente. Gli stalli regolamentati con strisce gialle sono molto pochi;
- Sulla base del concetto del valore dello spazio e della carenza di questo soprattutto nelle aree centrali, viene proposto di diversificare anche le tariffe sanzionatorie legate al mancato rispetto delle regole relative alla sosta, aumentando nel centro il valore delle multe

Altro tema molto sentito nel centro urbano è la questione del **traffico veicolare**. Viene citata in particolare una strada della Città Alta, **via San Lorenzo**, come strada critica dal punto di vista viabilistico: diverse criticità colpiscono questa strada, quali il doppio senso di marcia in una sezione stradale ridotta, la presenza diffusa di furgoni e la velocità eccessiva in una strada priva di marciapiedi, quindi mettendo a forte rischio l'utenza debole. Un possibile problema che interesserà l'intera Città Alta sarà il **parcheggio Fara**, in fase di realizzazione: bisogna ancora approfondire come si regolerà l'ingresso dei veicoli nella Città Alta senza penalizzare l'accesso del nuovo parcheggio. Timore che questa nuova infrastruttura possa provocare un aumento del traffico in ingresso alla Città Alta.

### *Trasporto pubblico e servizi di sharing*

- Verbale incontri tecnici 01/02/2019, Bergamo, Palazzo Frizzoni

Già affrontato nel tavolo del giorno precedente, viene fatto notare che non c'è un'adeguata **informazione relativa ai collegamenti con la Città Alta**. Mentre ci sono lunghe code per prendere la funicolare, spesso la linea bus 1 circola vuota perché poche persone conoscono il servizio.

Anche il **collegamento tra la Città Alta e San Vigilio necessita un potenziamento**: negli ultimi anni, complice anche l'aumento dei flussi turistici, la frazione sta registrando un aumento delle presenze e di attività commerciali. Diventa quindi necessario migliorare il collegamento, con una maggior frequenza e un allargamento della fascia oraria di attività della funicolare.

Sul tema del trasporto pubblico, le linee tranviarie rappresentano gli interventi principali: la presenza dei parcheggi di interscambio, dislocandoli nelle parti più esterne e facendo un ragionamento di scala vasta, possono essere elemento determinante per ridurre il volume di traffico che interessa quotidianamente le strade urbane. Necessario progettare i punti di interscambio non solo come passaggio tra modalità diverse di trasporto, ma come veri e propri **hub della mobilità**, nuovi centri dotati di servizi che possono rispondere a diverse esigenze (turistiche, pendolarismo (info, commercio, ecc.)). Un esempio di possibile hub è nel quartiere di Celadina che potrebbe rispondere ad esigenze anche legate ai grandi eventi (partite di calcio comprese). Questi nuovi centri dovrebbero rispondere non solo alle esigenze di mobilità (parcheggi, TPL, sharing mobility, ecc.), ma dovrebbero diventare nuovi centri urbani, ricoprendo il ruolo di nuove centralità (legame con la pianificazione urbanistica comunale e sovralocale). Priorità ai nodi già esistenti come stazioni ferroviarie urbane/metropolitane.

Altro tema molto importante su cui lavorare è il miglioramento dell'**accessibilità del trasporto pubblico**: al necessario lavoro di rendere completamente accessibile il servizio a persone con difficoltà motorie (adeguamento alle fermate, accessibilità ai mezzi), è necessario avere una maggior sensibilità sulle disabilità sensoriali: interventi come annunci sonori e segnaletica visiva/tattile possono rappresentare un grande aiuto alle persone con problematiche alla vista o all'udito migliorando quindi l'accessibilità del trasporto pubblico.

Viene fatta un'osservazione puntuale sulla **linea bus 3**, considerata poco utile per via della bassissima frequenza e degli orari di servizio ridotti; bisogna considerare le potenzialità di questa linea, dato che collega centralità più o meno importanti come la Città Alta, lo stadio e l'ostello. Più in generale, viene proposto di **migliorare l'offerta** (maggior durata del servizio, maggior frequenza, ecc) e **migliorare i collegamenti con le centralità urbane**, in particolare quelle culturali e artistiche (ma anche storiche, naturalistiche, enogastronomiche, ecc.), utili non solo per i turisti, ma anche per chi vive e frequenta quotidianamente la città. Questa attenzione la si dovrebbe avere non solo sul trasporto pubblico, ma anche sulla mobilità ciclabile, migliorando così anche l'**integrazione tra TPL e ciclabilità**.

Affrontare il trasporto pubblico in ambito metropolitano diventa elemento fondamentale per rendere competitivo questa modalità di servizio. È doveroso avviare un ragionamento non solo **infrastrutturale** (preso come riferimento il potenziamento della linea ferroviaria tra Ponte San Pietro (verso Milano/Lecco) e Montello (verso Brescia)), ma anche un impegno sul miglioramento della **qualità del servizio**. La preoccupazione è che una volta migliorata l'infrastruttura, che deve comunque essere affrontata come intervento di scala metropolitana, non si riesca però ad attirare nuova utenza perché il servizio non è abbastanza appetibile (treni vecchi, scarsa frequenza, irregolarità di servizio, ecc.). Questa preoccupazione, che ricade sia sulla ferrovia che sul TPL di superficie è accentuata nelle ore serali o festive, fasce orarie notoriamente più sensibili. Su quest'ultimo tema, basta osservare l'irregolarità del servizio anche nelle fasce orarie durante un giorno lavorativo: nelle ore di punta spesso i bus sono a livello di saturazione, mentre nelle fasce orarie di morbida avviene una drastica riduzione di frequenze.



La linea ferroviaria può senza dubbio rappresentare elemento cardine della rete portante del trasporto pubblico bergamasco, anche se non può da sola rispondere a tutta la domanda: un giusto equilibrio tra **linee su ferro (treno+tram) e su gomma (bus priority)**, con l'individuazione di centri di interscambio anche extraurbani (tra questi, vengono considerati prioritari Ponte San Pietro e Montello), deve diventare il principio base del futuro Scenario di piano del PUMS. Progetti legati a nuove opere, ma anche valorizzare l'esistente, in base alle esigenze: ne sono l'esempio i **parcheggi di interscambio lungo la linea T1**. Albino e gli altri parcheggi più esterni (Pradalunga e Nembro) sono insufficienti per soddisfare l'intera domanda. Soprattutto il parcheggio di Albino che, nelle ore di punta, è oggetto di code e rallentamenti, ha demotivato una parte della domanda potenziale che ha preferito continuare ad utilizzare l'automobile per recarsi a Bergamo: lunga la linea sono presenti altri parcheggi, ma questi più si avvicinano al capoluogo meno sono utilizzati perché l'automobilista non percepisce più il vantaggio di parcheggiare la macchina e utilizzare il tram. Diventa quindi necessario aumentare l'offerta di interscambio direttamente all'origine, velocizzando e migliorando il passaggio gomma-ferro. Questi accorgimenti servono soprattutto a ridurre i disagi provocati dalle "rotture di carico", elemento determinante nella scelta del mezzo da utilizzare.

Soffermandosi sulla linea T1, viene discussa la possibilità di **prolungare la linea tranviaria verso il centro**: dati i volumi di traffico (privato e pubblico) dell'area centrale si consiglia di approfondire il suo inserimento per evitare di compromettere il servizio attuale; necessario quindi proteggerla in maniera adeguata, proprio per mantenere alta la qualità del servizio, caratteristica importante della linea tranviaria attuale.

Altre **direttrici importanti (su gomma)** sono **via Broseta** e **Borgo Palazzo**: seppur parallele alla linea ferroviaria da potenziare, queste radiali non entrano in conflitto con il sistema del ferro perché intercettano una domanda diversa da quella soddisfatta dal treno. Inoltre più linee extraurbane si concentrano su queste direttrici, quindi se venisse fatto un ragionamento più ampio di orari, si creerebbe un servizio frequente e cadenzato senza fare grandi modifiche al servizio esistente. Fondamentale collegare maggiormente **Dalmine**, non solo perché centro urbano importante, ma perché sede di servizi, anche università, in stretta relazione con il capoluogo. L'approccio da considerare, in linea anche con il PTCP in fase di aggiornamento, è quello di superare in alcuni casi anche l'area indicata come "Grande Bergamo" e rispondere alle esigenze di mobilità dell'area vasta.

Rete unica significa, ovviamente, anche **integrazione del servizio** (orari della rete minore definiti in relazione alla rete portante, integrazione tariffaria e dell'informazione, ecc).

Si consiglia di avere un **approccio temporale sulla realizzazione della grande rete portante e sugli interventi principali che influenzano la mobilità urbana**:

- A breve-medio, facilmente realizzabile dal punto di vista tecnico, economico e di gestione di servizio. Possono essere intesi anche interventi legati agli orari delle attività (scuola, lavoro, commercio, svago) in modo da trovare una maggior relazione tra la domanda e l'offerta; citato il Piano degli orari; Interventi infrastrutturali che si possono considerare in questa fascia temporale sono, ad esempio, la creazione di corsie riservate;
- A medio-lungo periodo, opere più impegnative come ferrovia, ecc. Può essere considerata anche la pianificazione urbanistica in quanto le future centralità urbane dovrebbero essere individuate soprattutto in base ai centri di mobilità presenti e futuri. Una maggior integrazione anche dal punto di vista della Pianificazione diventa quindi fondamentale.

Nuovi interventi infrastrutturali legati al trasporto pubblico sono anche l'occasione per attuare nuove **politiche di mobilità**; la realizzazione di una linea di bus priority, ad esempio, può essere accompagnata da una deviazione del traffico privato lungo strade limitrofe, dedicando quindi le principali direttrici, che solitamente attraversano i centri dei quartieri, al trasporto pubblico (con notevoli miglioramenti sull'affidabilità e la velocità commerciale) e al traffico locale. L'inserimento di linee portanti del TPL, quindi, comportano non solo ad una riorganizzazione del servizio di mobilità, ma anche a una riqualificazione degli spazi pubblici.

Ultimo tema affrontato è l'invito a ragionare sulle **politiche volte a incentivare comportamenti più virtuosi** e disincentivare l'uso dell'auto privata. Viene quindi considerata utile inserire non solo azioni di disincentivo, ma anche premialità che involino a cambiare mezzo di trasporto.

### Logistica

- Verbale incontri tecnici 01/02/2019, Bergamo, Palazzo Frizzoni

Il tema che il PUMS dovrà affrontare è la costante **espansione dell'e-commerce** e di conseguenza della distribuzione a domicilio di prodotti mediamente di piccole dimensioni, fatto non solo con mezzi tradizionali a motore, ma sempre più da biciclette e ciclomotori. Questa espansione sta compromettendo ulteriormente il fragile equilibrio tra il commercio di dettaglio e la grande distribuzione. Ogni politica che può quindi interessare il commercio di vicinato, comprese quelle che riguardano l'accessibilità delle persone e delle merci, hanno delle inevitabili ripercussioni che bisogna considerare.

Si è ipotizzata anche la realizzazione di **micro-centri logistici in ambito urbano**, ma la loro progettazione è assai complessa e onerosa, data la varietà delle merci trasportate (scadenze, prodotti speciali come medicine, necessità di conservazione in ambienti controllati, ecc) e delle caratteristiche del territorio.

Come possibile politica viene considerata utile quelle che incentivano la **sostituzione dei mezzi più inquinanti**, in particolare verso quelle piccole attività/imprese che hanno difficoltà a sostenere un tale costo.

Tema degli **incentivi/disincentivi** è molto importante anche se è determinante individuare quali siano i soggetti colpiti (chi paga, chi subisce le politiche) e quali ne traggono vantaggio. Tra i soggetti è fondamentale considerare sia il commercio di vicinato, sia la grande distribuzione che l'e-commerce (es: come disincentivare l'e-commerce e avvantaggiare il commercio di prossimità?). Per individuare le politiche migliori risulta sempre più importante un rapporto più stretto tra commercianti e i soggetti decisori di politiche sulla mobilità e sulla pianificazione urbana. Tali politiche devono essere poi fatte rispettare attraverso anche un maggior controllo con l'uso delle telecamere.

Viene citata la possibilità di **distribuire le merci**, soprattutto nella Città Alta, **nelle fasce orarie serali e/o notturne**. Tale proposta entra in conflitto con le esigenze dei residenti in quanto la distribuzione delle merci può provocare disturbo nelle ore notturne.

Il futuro intervento di **Porta Sud** può essere l'occasione per affrontare la logistica del centro urbano e allo stesso tempo avviare la sperimentazione di una nuova modalità di distribuzioni delle merci. La scelta di sperimentare nuovi centri di micro logistica risulta molto interessante non solo nell'area di Porta Sud ma anche negli interventi recenti di dimensioni considerevoli (es. ex OTE).

Il problema della logistica rimane comunque più sentito a Città Alta: come modello su cui ispirarsi, è il modello veneziano che, senza l'utilizzo di mezzi motorizzati su gomma, riesce a garantire un'adeguata distribuzione delle merci.

## 2 Modello di simulazione AIMSUN

### 2.1 Grafo stradale

La rete stradale oggetto di simulazione (**grafo**) è costituita dalla maglia viaria principale interna all'area urbana di Bergamo (capoluogo e comuni dell'area urbana).

Il grafo stradale è stato ricostruito utilizzando diverse categorie d'arco secondo la classificazione funzionale (Art. 2 del nuovo Codice della Strada) contenute nel vigente Piano Urbano della Mobilità di Bergamo. Le categorie d'arco utilizzate sono riportate nella tabella seguente.

**Tabella 2-1: Categorie d'arco utilizzate nel modello e caratteristiche**

CATEGORIA	CAPACITA' PER CORSIA (V/H)	VELOCITA' (KM/H)
A - Autostrada	2.000	130
B - Strada extraurbana principale	1.500	100
C - Strada extraurbana secondaria	1.200	80
D - Strada di scorrimento	1.000	60
DE - Strada urbana interquartiere	900	50
E - Strada urbana di quartiere	800	40
EF - Strada locale interzonale	700	30
F - Strada locale/ Connettore zona	500	30
Rampe	900	40

La viabilità di connessione zone traffico è una categoria (F) associata agli archi introdotti nel modello con lo specifico scopo di connettere le zone di traffico alla rete in modo da evitare fenomeni di generazione di traffico in corrispondenza di sezioni interne agli archi.

## Categorie stradali

L'immagine seguente riporta l'estensione della rete modellizzata con gli archi distinti per categoria.

### Categorie stradali - area urbana

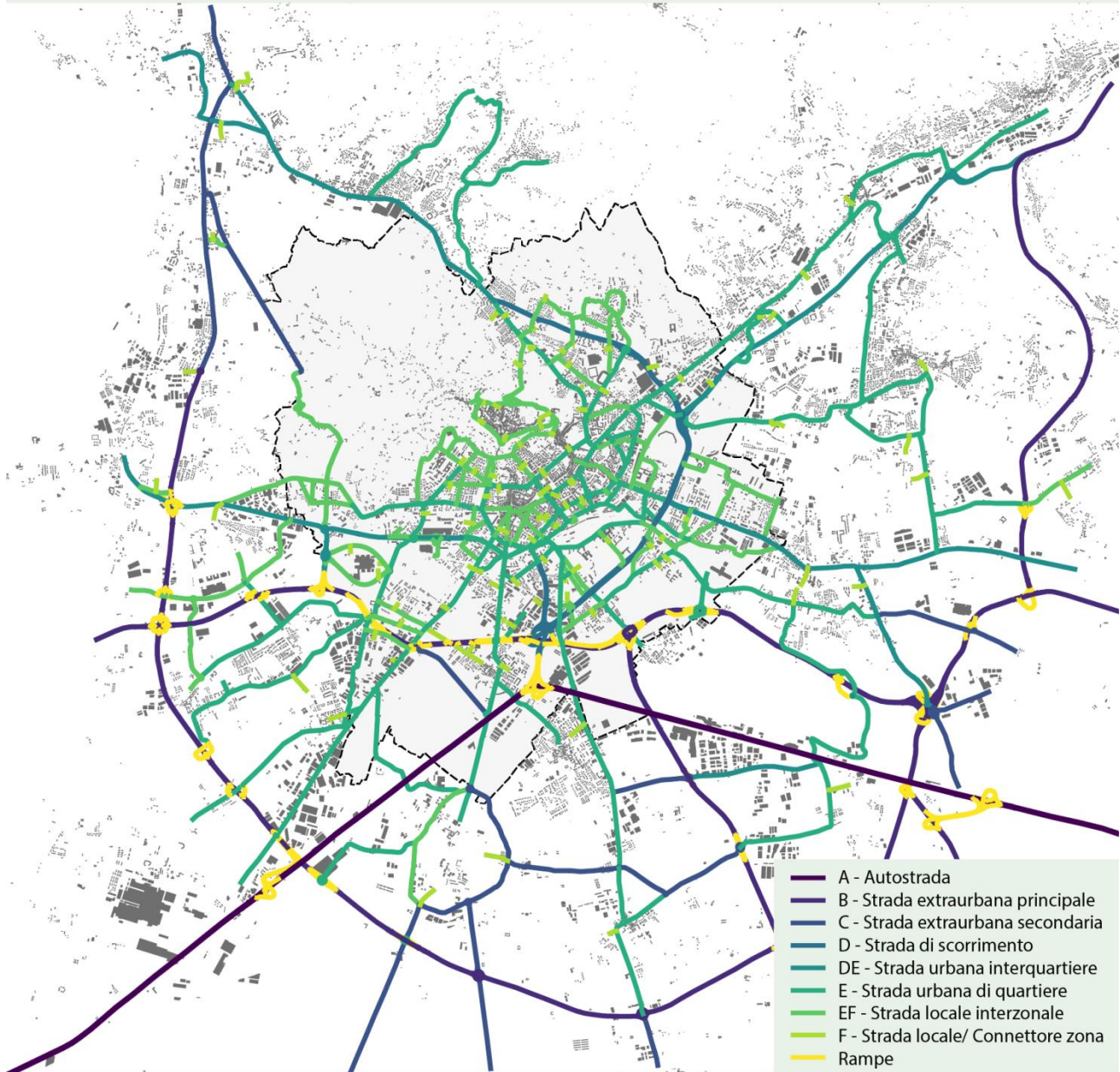


Figura 2-1: Categorie d'arco per l'area urbana



Di seguito viene riportato il dettaglio relativo alla porzione centrale del grafo (Bergamo).



Figura 2-2: Categorie d'arco per la porzione centrale del grafo (Bergamo)

### Capacità sezioni stradali modellizzate

L'immagine seguente riporta le capacità delle sezioni modellizzate (capacità complessiva della sezione in considerazione del numero di corsie).

## Capacità (N°veicoli/ora) - area urbana

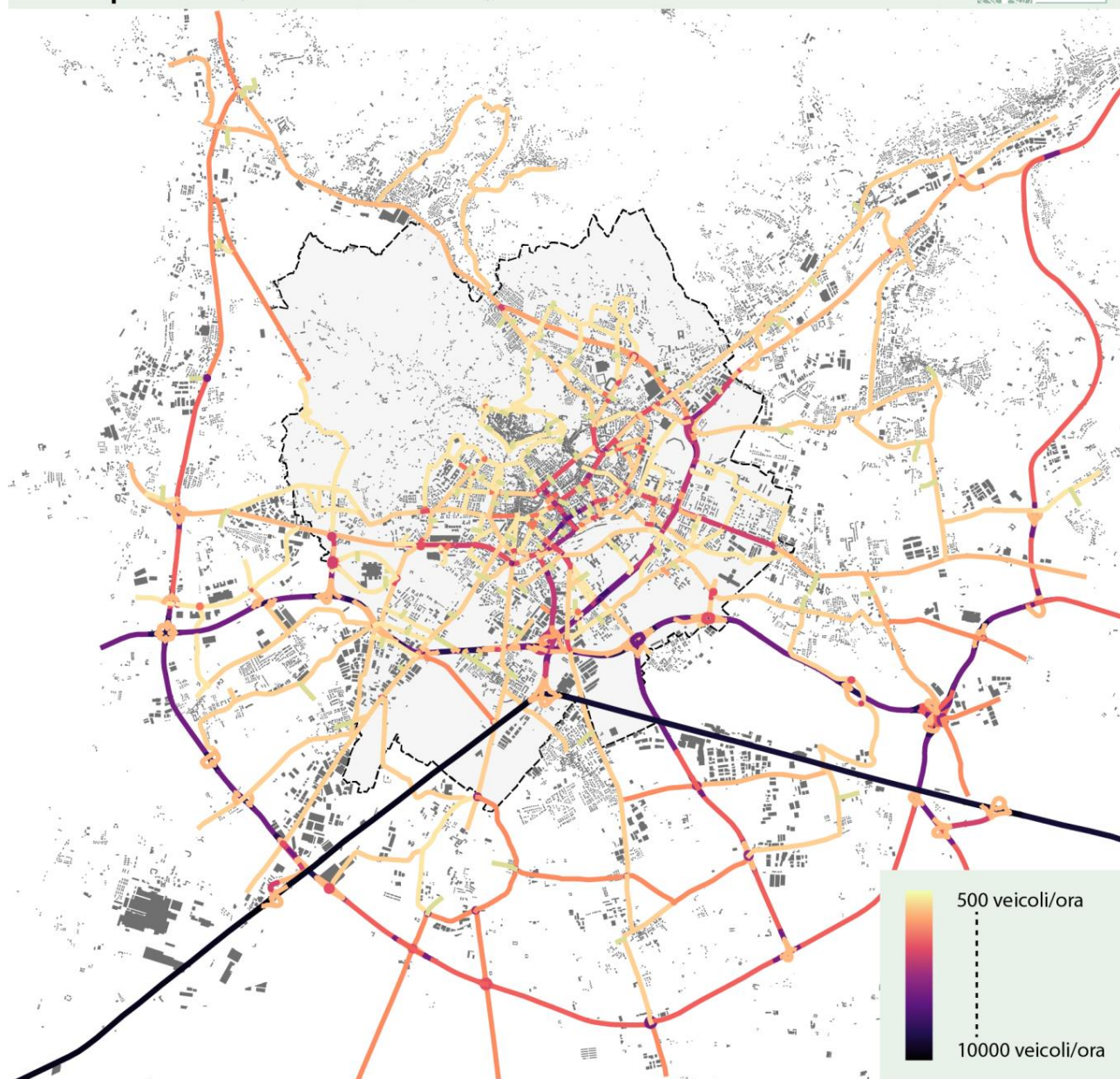


Figura 2-3: Capacità delle sezioni per l'area urbana



Di seguito viene riportato il dettaglio relativo alla porzione centrale del grafo (Bergamo).

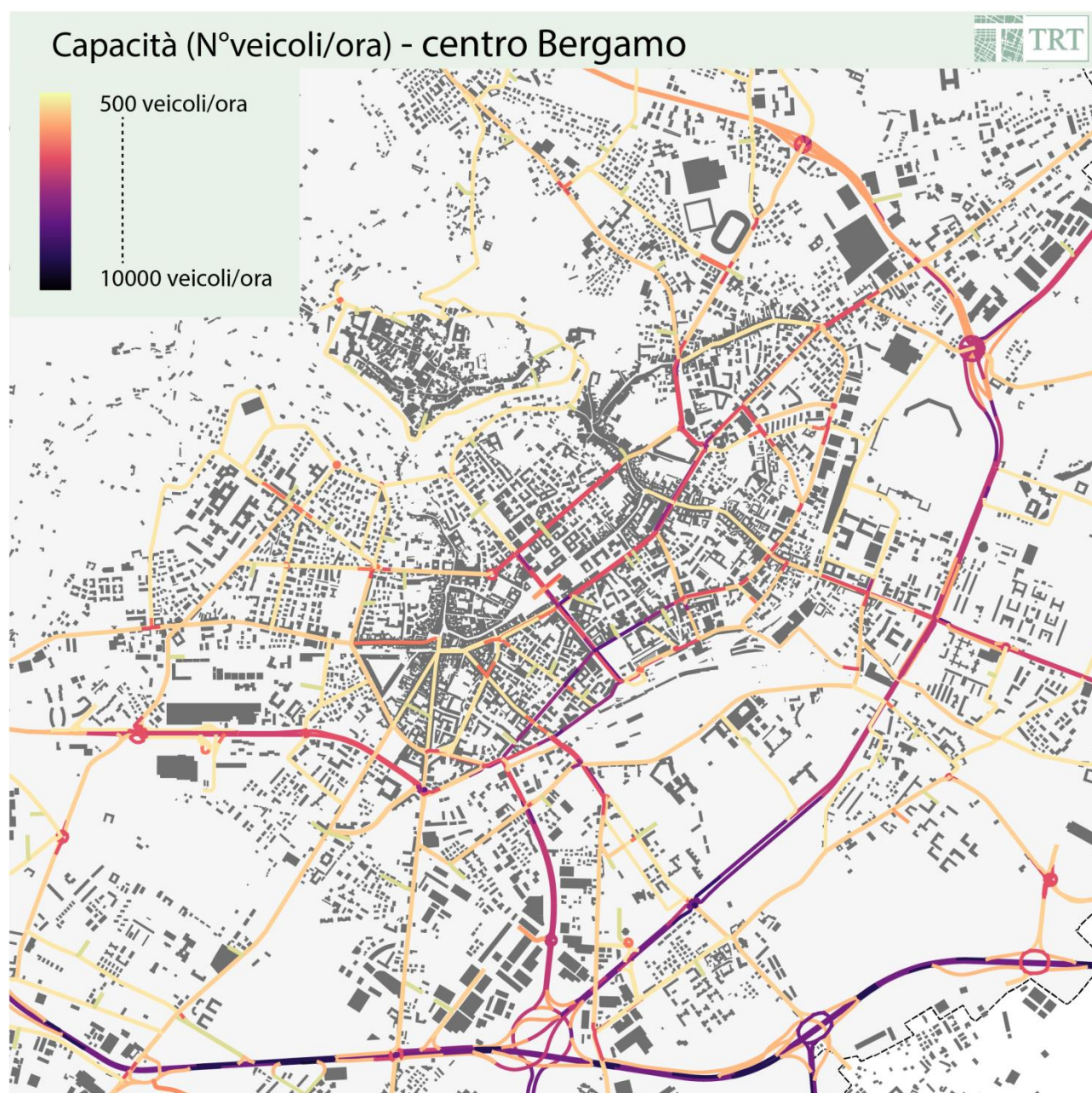


Figura 2-4: Capacità sezioni per la porzione centrale del grafo (Bergamo)

Velocità d'arco

L'immagine seguente riporta le velocità d'arco considerate nella costruzione della rete.

## Limiti velocità - area urbana

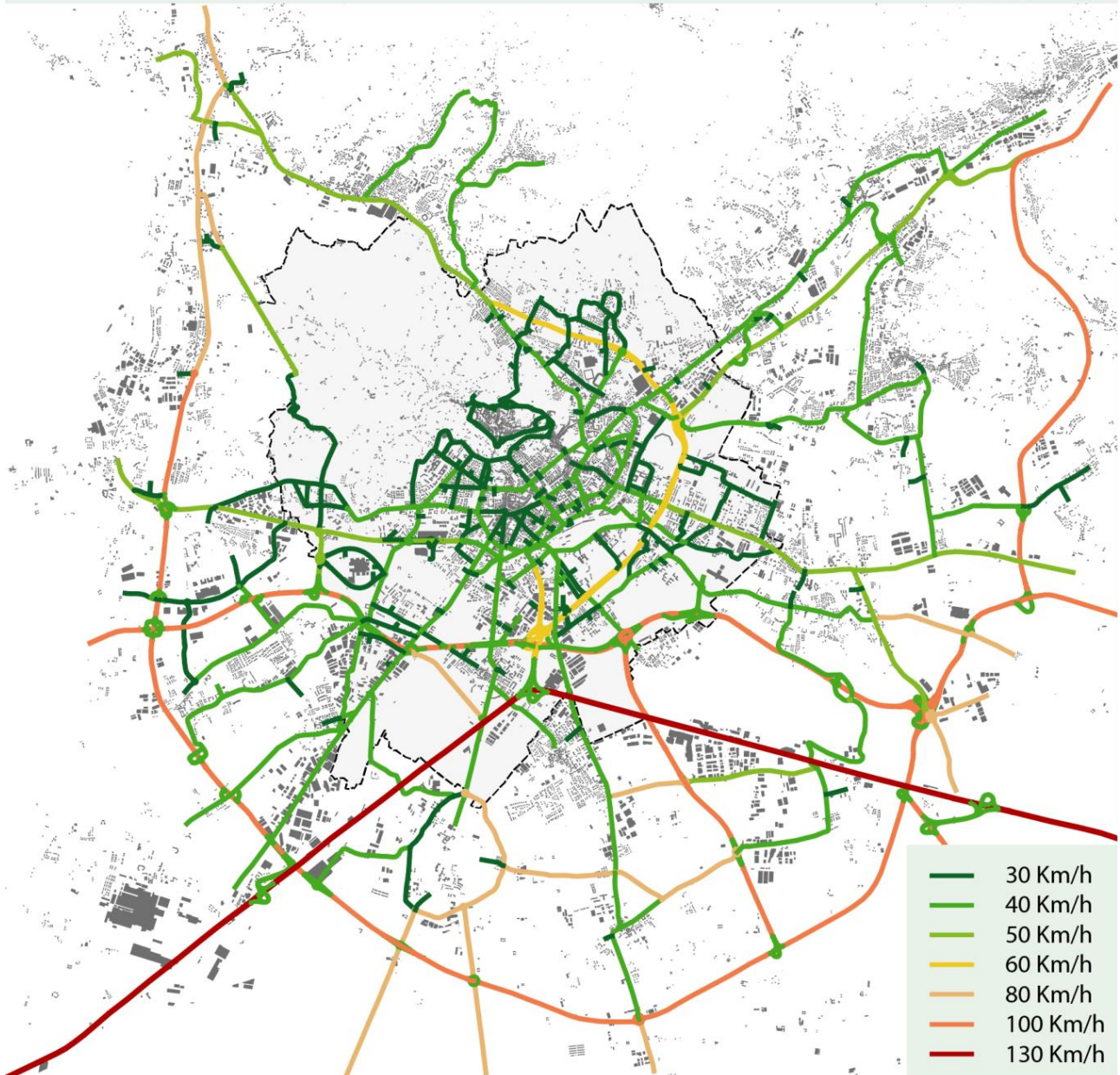


Figura 2-5: Velocità d'arco per l'area urbana



Di seguito viene riportato il dettaglio relativo alla porzione centrale del grafo (Bergamo).

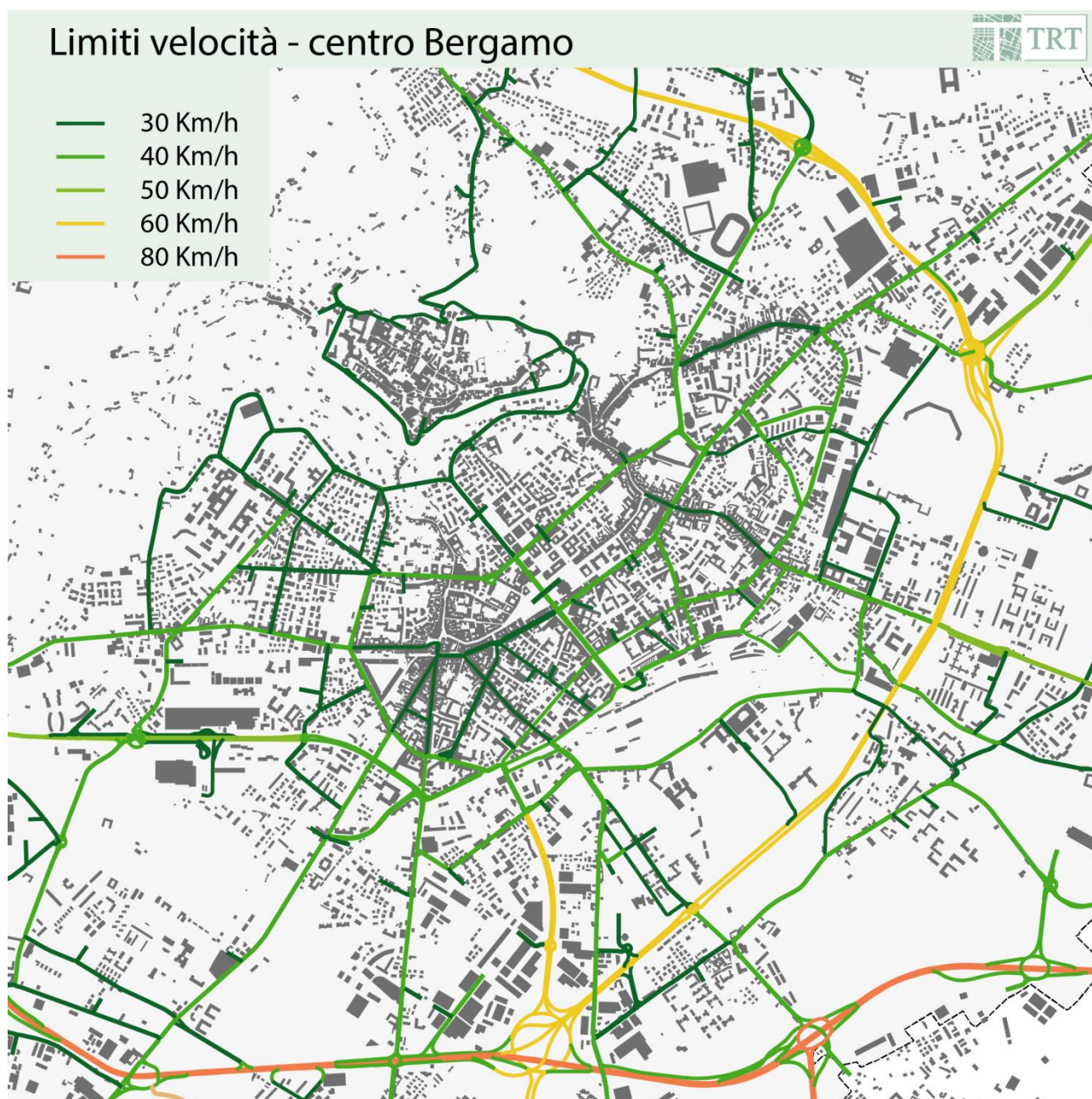


Figura 2-6: Velocità d'arco per la porzione centrale del grafo (Bergamo)

#### Caratteristiche e funzionali geometriche nodi

Il dettaglio delle intersezioni è stato riprodotto fedelmente rispetto a quanto rilevato durante i sopralluoghi effettuati ad hoc in termini di:

- caratteristiche geometriche,
- numero di corsie,

- utilizzo delle corsie.

L'immagine seguente riporta un esempio del dettaglio della configurazione delle intersezioni introdotte nel modello (Viale Papa Giovanni – Largo Porta Nuova).

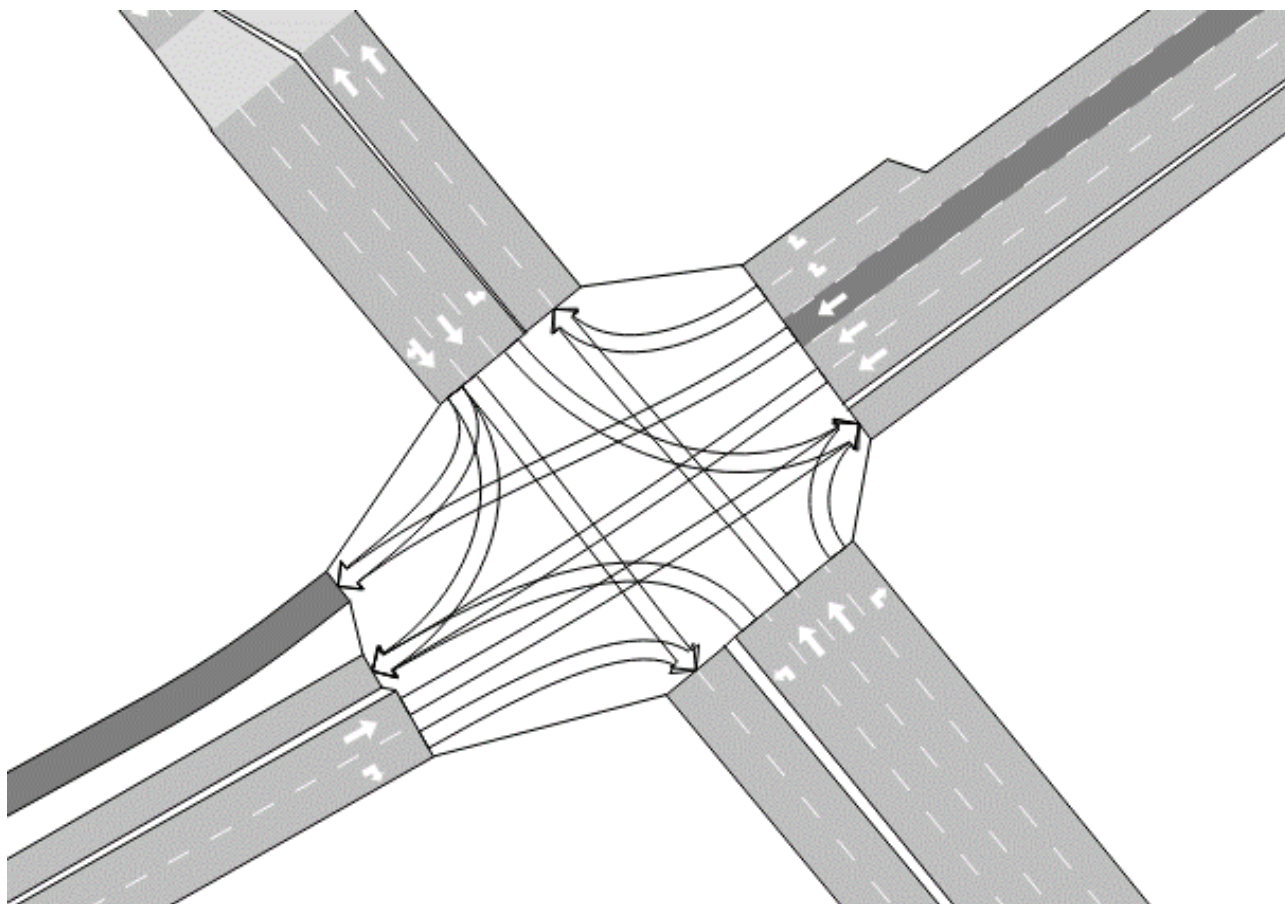


Figura 2-7: Dettaglio di rappresentazione delle intersezioni - (Viale Papa Giovanni – Largo Porta Nuova)

## 2.2 Matrici e zonizzazione nel modello

Per il modello di Bergamo sono state impostate 5 matrici per gli spostamenti nell'ora di punta mattutina (7-8):

- Auto;
- Bus;
- Veicoli commerciali leggeri;
- Autocarri;
- Autoarticolati.

Le Origini e Destinazioni degli spostamenti nella modellizzazione sono state ricondotte a **zone di traffico**.

Il sistema di zone viene introdotto nel modello di simulazione per permettere di rilasciare i veicoli sulla rete e di strutturare la matrice degli spostamenti relativa all'area modellizzata. Il sistema deve essere strutturato



in modo da garantire un dettaglio adeguato ma al tempo stesso deve tenere conto di quelle che sono le informazioni disponibili per la stima della matrice.

Nel caso di Bergamo sono state definite **78 zone di traffico** strutturate su tre “livelli” distinti:

- Zone interne alla Città di Bergamo: 28 zone (7 zone coerenti con l’indagine Origine-Destinazione Regione Lombardia 2014, ognuna suddivisa in 4 sottozone);
- Comuni dell’area urbana: 31 zone;
- Zone esterne: 19 zone (6 per la provincia bergamasca, 11 per le rimanenti provincie lombarde, 1 resto d’Italia e 1 estero).

L’immagine a seguire riporta la localizzazione delle zone di traffico interne alla città di Bergamo.

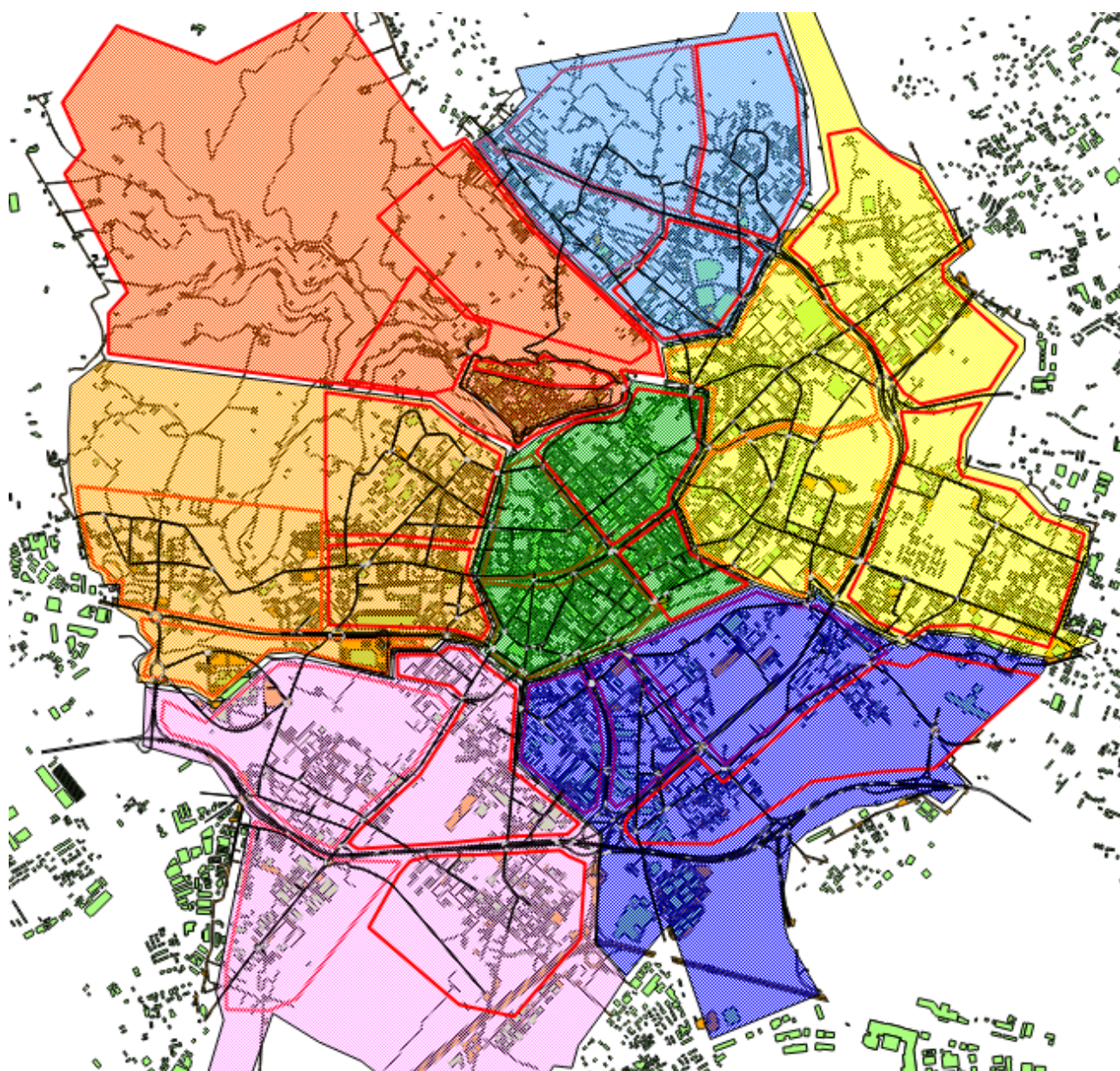


Figura 2-8: Sistema delle zone di traffico interne alla Città di Bergamo

In termini d'implementazione modellistica, la struttura del sistema di zone si traduce in una serie di centroidi, che rappresentano la zona vera e propria, e molteplici archi connettori per ciascun centroide che provvedono al rilascio dei veicoli sulla rete come rappresentato nell'immagine seguente.

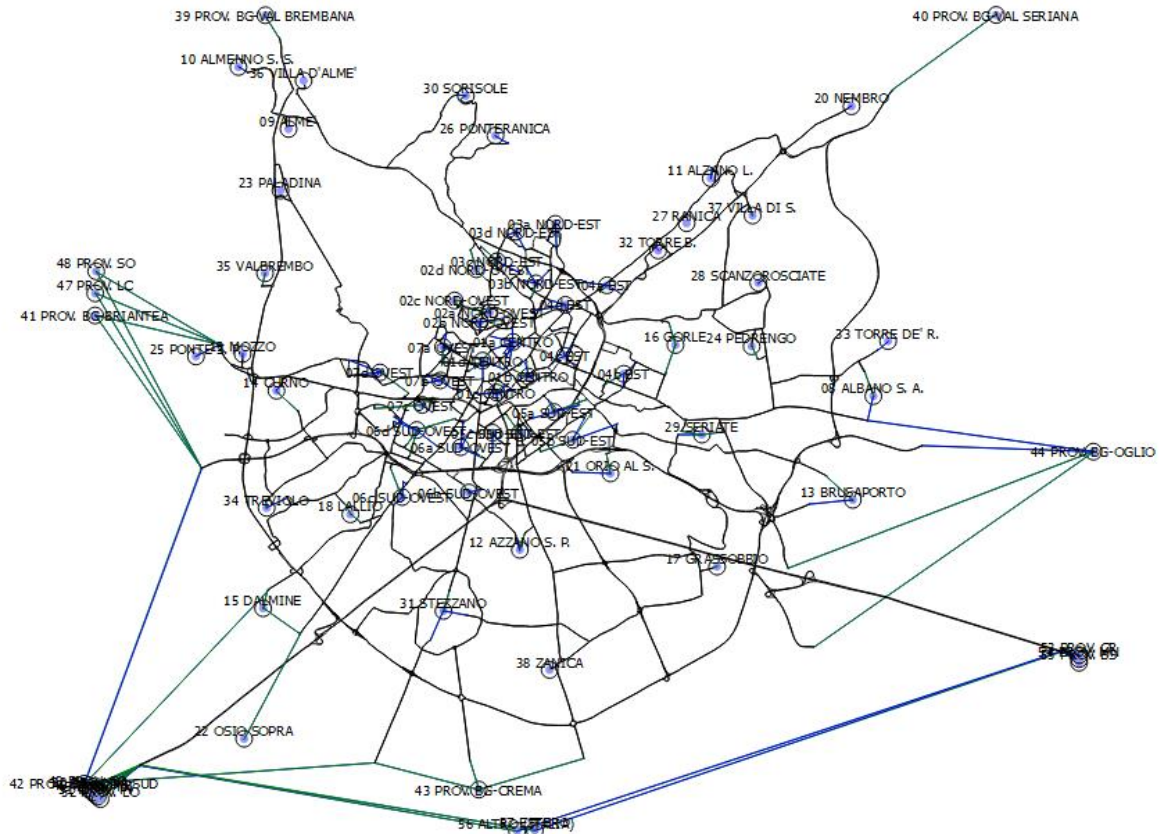


Figura 2-9: Sistema dei connettori di traffico per le zone esterne al Comune di Bergamo

## 2.3 Calibrazione

Il processo di calibrazione è una procedura iterativa di affinamenti dei parametri descrittivi del modello finalizzata ad ottenere una soddisfacente rappresentazione dei dati osservati.

I risultati della calibrazione, in termini di confronto tra flussi assegnati dal modello di simulazione e flussi rilevati durante i rilievi di traffico, sono riportati nel grafico seguente. L'indice statistico sintetico ottenuto ( $R^2$  pari 0.943) mostra un livello di riproduzione dello stato di fatto soddisfacente.



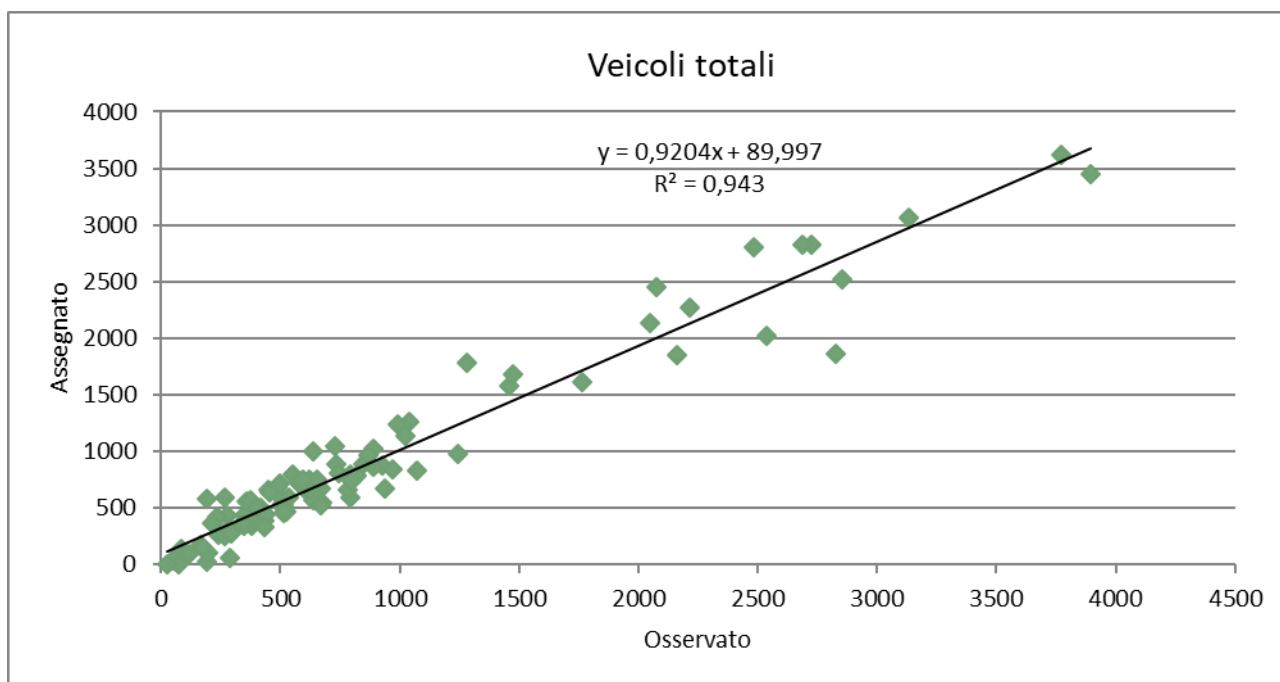


Figura 2-10: Confronto assegnato – rilevato

Un altro indicatore utilizzato per valutare la bontà della calibrazione del modello è il GEH.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Dove:

- M è il flusso simulato
- C è il flusso osservato

Tale indicatore tiene conto, infatti, non solo dello scostamento tra valore osservato e valore simulato, ma anche del valore assoluto dei flussi in questione

È prassi comune considerare, così come specificato nel Design Manual for Road and Bridges (DMRB), una buona corrispondenza tra flussi simulati ed osservati per valori di GEH < 5. Per valori < a 10 la corrispondenza risulta accettabile.

La presenza di alcuni valori di GEH > 10 (comunque in misura inferiore al 10% del totale delle sezioni), risulta accettabile in considerazione dell'estensione e della complessità del modello dell'area urbana di Bergamo.

**Tabella 2-2: valori di GEH per classe veicolare e veicoli totali**

		Auto	Bus	Veicoli commerciali	Autocarri	Autoarticolati	Veicoli totali
GEH < 5	N° of sections	61	95	79	83	89	57
	%	58%	97%	80%	85%	91%	53%
GEH > 5	N° of sections	37	3	19	15	9	41
	%	35%	3%	19%	15%	9%	38%
GEH > 10	N° of sections	7	0	1	0	0	10
	%	7%	0%	1%	0%	0%	9%