



Provincia
di Milano

Il calcolo delle emissioni inquinanti come strumento decisionale nella redazione dei PUT

I casi pilota di Cernusco sul Naviglio e Bovisio Masciago



**Provincia
di Milano**

Il calcolo delle emissioni inquinanti come strumento decisionale nella redazione dei PUT

I casi pilota di Cernusco sul Naviglio e Bovisio Masciago

**Direzione centrale
trasporti e viabilità**

Settore mobilità e
sicurezza della
circolazione stradale

Direttore del Settore: arch. Francesco Pierri

Redazione a cura di: Gabriella De Sanctis
Marco Parolin

Collaboratori: Elena Cenzato

Si ringraziano inoltre per la collaborazione:

L'Amministrazione Comunale di Cernusco sul Naviglio

La Società Tau s.r.l. Trasporti e Territorio

L'Amministrazione Comunale di Bovisio Masciago

La Società E.S.C. s.r.l.

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (A.R.P.A.) della Lombardia -
Dipartimento Milano Città -

La Società Galileo Ambiente s.n.c.

Copertina: Settore mobilità e sicurezza della circolazione stradale

Impaginazione: Anna Borroni

Stampa: PMS Colours s.r.l. - -Milano

Indice

1.	Il Piano Urbano del Traffico	8
1.1.	La pianificazione comunale	8
2.	Descrizione della genesi del lavoro, dei problemi salienti, degli obiettivi	12
3.	I casi di Bovisio Masciago e Cernusco sul Naviglio	14
3.1.	Variazione percentuale di emissioni nel caso di Cernusco sul Naviglio	21
3.2.	Variazione percentuale di emissioni nel caso di Bovisio Masciago	27
4.	L'analisi dei dati	40
5.	Considerazioni conclusive	44

Allegato

Elenco dei dati necessari per poter effettuare il calcolo delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera dovute alla componente traffico veicolare		47
	Rappresentazione del grafo	47
	Curve di deflusso	51
	Fattori di forma	52
	Parco circolante	53
	Scenari	54
	Sintesi e note	55

Bibliografia	56
---------------------	-----------

I recenti modelli di evoluzione urbana hanno introdotto notevoli cambiamenti sul sistema di spostamento dei singoli individui e sulla capacità di vivere le distanze nelle aree urbane e suburbane, incentivando la separazione tra abitazione ed attività economiche, e producendo un forte aumento dei flussi di traffico caratterizzati dal generale predominio del veicolo privato. L'automobile, da simbolo della libertà di movimento è così diventata simbolo di un'opprimente prigione nel caotico tragitto quotidiano tra l'abitazione e il luogo di lavoro o di divertimento; ciononostante non sembra essere vicino il punto d'inversione della tendenza in atto.

La diffusione di rapporti sempre più allarmanti sullo stato di salute della popolazione residente nelle aree urbane inoltre lega ormai in modo inconfutabile molte malattie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare all'inquinamento atmosferico che, in buona percentuale, dipende dalle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli. I provvedimenti adottati dai responsabili delle Pubbliche Amministrazioni per limitare le emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, sebbene giustificati dall'emergenza, hanno dimostrato la loro efficacia relativa e temporanea per il miglioramento della situazione ambientale.

È dunque compito delle Amministrazioni degli Enti locali fornire risposte concrete al problema della mobilità: la Provincia di Milano, da tempo impegnata nella ricerca di linee metodologiche di studio ed analisi finalizzate, nella redazione del Piano Urbano del Traffico, a mitigare gli effetti prodotti sull'ambiente, intende con questo volume offrire il proprio fattivo contributo in merito.

Lo studio e l'analisi dell'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico veicolare in due aree tipo è stato possibile grazie all'efficace collaborazione tra i diversi soggetti pubblici e privati coinvolti (le Amministrazioni Comunali di Cernusco sul Naviglio e di Bovisio Masciago, la Provincia di Milano, l'A.R.P.A. Lombardia e gli studi professionali di pianificazione del traffico): una sinergia di competenze e ruoli istituzionali che ha permesso di mettere a punto uno strumento tecnico da offrire in supporto agli Amministratori Comunali, per affrontare scelte nel campo della pianificazione del traffico che tengano in considerazione valutazioni di carattere ambientale, con la consapevolezza che la tutela dell'ambiente corrisponde, ora più che mai, alla tutela della salute pubblica.

*Assessore alla Viabilità, Opere pubbliche stradali, Mobilità e trasporti
dott. Paolo Matteucci*

1. Il Piano Urbano del Traffico

1.1. La pianificazione comunale

Con il Decreto Legislativo del 30 aprile 1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada" sono stati individuati un insieme di interventi finalizzati a migliorare e ottimizzare nell'immediato il sistema di viabilità esistente, noti come il Piano Urbano del Traffico (P.U.T.) ed il Piano del Traffico per la Viabilità Extraurbana (P.T.V.E.). Il disegno complessivo della pianificazione del traffico, con l'introduzione di tali strumenti, viene strutturato dal legislatore su due livelli diversi e complementari: un primo livello, quello comunale, cui compete una pianificazione della viabilità urbana e che si riferisce a un ambito territoriale identificabile generalmente con il centro abitato, ed un secondo livello provinciale che, in modo un po' sintetico, ha il compito di coordinare su tutto il territorio provinciale l'azione coerente della pianificazione stabilita a livello comunale. Spetta dunque al Piano del Traffico per la Viabilità Extraurbana il delicato onere di integrare il livello di pianificazione precedente¹ e conciliare con accortezza tutte le diverse esigenze, non sempre armoniche, che sono via via emerse a livello comunale.

Considerata la loro complementarietà, gli obiettivi che il Piano Urbano del Traffico e il Piano del Traffico per la Viabilità Extraurbana devono perseguire sono analoghi, e cioè:

- ridurre la congestione da traffico;
- migliorare le condizioni di sicurezza stradale;
- ridurre l'inquinamento acustico ed atmosferico;
- preservare e mantenere le caratteristiche ambientali;
- favorire il recupero dell'ambiente e degli spazi urbani;
- contenere i consumi energetici.

Tuttavia non tutti i Comuni sono tenuti a redigere il Piano Urbano del Traffico, visto che l'obbligo, secondo quanto stabilito dal decreto 285/92, vige esclusivamente laddove sussistano particolari condizioni di congestione della circolazione, e quindi per quei Comuni che abbiano una popolazione residente superiore a 30.000 abitanti o che, se pur con popolazione residente inferiore, siano interessati da una intensa affluenza turistica o pendolare, o ancora che presentino particolari punti di blocco e di intasamento del traffico e che risultino iscritti nell'elenco completo redatto dalla regione territorialmente competente, cui viene demandata una verifica in proposito.

¹ Deliberazione 7 aprile 1993 – Comitato interministeriale per la programmazione economica nel trasporto. – Indicazioni per l'elaborazione delle direttive interministeriali relative alla predisposizione dei piani urbani del traffico veicolare, ai sensi dell'art. 36 del decreto legislativo 30.04.92, n. 285, concernente il "Nuovo codice della strada".

Sulla base di queste disposizioni, la Regione Lombardia² ha parzialmente rivisto le condizioni del decreto legislativo estendendo l'obbligo di redazione del Piano a tutti i Comuni con popolazione residente superiore ai 20.000 abitanti, ai Comuni che attraggono un movimento pendolare superiore a 3.000 persone (valutato tramite censimento ISTAT), ai Comuni dove sono localizzati importanti nodi di interscambio dei passeggeri perché sedi delle principali stazioni del Servizio Ferroviario Regionale, e infine ai Comuni che sono soggetti a particolari situazioni di congestione veicolare, determinata dalla presenza di un flusso turistico importante.

Per chi ha responsabilità in tema di pianificazione del traffico, l'unico strumento di riferimento attualmente esistente consiste nelle "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico" emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici e pubblicate in Gazzetta Ufficiale n.146 del 24 giugno 1995, dalle quali si evince che il P.U.T. deve essere costituito da un insieme coordinato di interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni della circolazione stradale nell'area urbana (interessando pedoni, mezzi pubblici e veicoli privati) secondo un programma da realizzarsi nell'arco del biennio di validità del piano.

In proposito è importante sottolineare che la durata volutamente limitata presuppone che il P.U.T sia uno strumento molto agile, e mirato alla gestione razionale del sistema della mobilità grazie alla proposta di un complesso di azioni e interventi non strutturali che siano immediatamente realizzabili, e di conseguenza comportino un onere economico modesto.

Da tempo la Provincia di Milano ha avviato una attività di analisi della pianificazione del traffico che viene elaborata a livello comunale, in modo da recuperare le linee di coerenza e di congruenza esistenti tra i diversi piani e col dichiarato intento di costruire un vasto quadro d'unione armonico e omogeneo, dove sia possibile far confluire tutte le operazioni di pianificazione e arrivare così alla definizione di uno strumento concreto, efficace e valido per tutto il territorio provinciale. La necessità di affrontare tale analisi risponde sostanzialmente al ruolo di coordinamento affidato alla Provincia non solo nella pianificazione del traffico per la viabilità extraurbana (il Decreto Legislativo 285/92 "Nuovo Codice della Strada", istitutivo del P.T.V.E., rimanda infatti ad una conferenza di

2 Deliberazione della Giunta Regionale 12 ottobre 1993, n. 5/42288 "Adempimenti ex art. 36 decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada). Individuazione comuni tenuti all'adozione dei piani urbani del traffico (P.U.T.)" (B.U.R.L. 13 dicembre 1993, n. 50).

servizi necessaria ad attuare il piano del traffico di competenza provinciale³) ma anche per quanto stabilito da un disposto normativo regionale, secondo il quale alla Provincia interessata debbono essere trasmessi i piani urbani del traffico approvati dai singoli Comuni⁴.

L'analisi del materiale finora raccolto ha permesso di rilevare una notevole difformità dei contenuti e dei metodi d'indagine adottati nella redazione dei vari Piani Urbani del Traffico, rendendo praticamente impossibile il confronto delle informazioni ottenute ed elaborate dai diversi Comuni. In generale è tuttavia possibile osservare che i piani presi in esame possiedono un taglio prettamente trasportistico; tendono cioè ad ottimizzare l'efficienza della rete di trasporto utilizzando parametri quali la redistribuzione del traffico in base alle capacità delle strade, alla velocità media di percorrenza ed i tempi di spostamento, senza peraltro approfondire quello che dovrebbe essere il tema principale di questo strumento, e cioè fornire una risposta concreta al problema del traffico indotto dalla mobilità attraverso la mitigazione degli effetti negativi prodotti sull'ambiente. Mancano quindi diffusamente osservazioni sulle tematiche di carattere ambientale, già enunciate dal decreto legislativo, come interventi volti a migliorare la qualità dell'aria, a ridurre l'impatto acustico e a prevenire il fenomeno dell'incidentalità stradale.

Le maggiori problematiche emerse da una prima analisi dei Piani Urbani del Traffico possono dunque essere sintetizzate nei seguenti punti:

- difformità dei criteri in base ai quali è stato costruito il quadro conoscitivo e sono state individuate le maggiori criticità del sistema infrastrutturale;
- mancanza di riferimenti all'incidentalità monitorata sulla rete stradale nella fase di definizione degli interventi per migliorare la sicurezza;
- mancanza di una programmazione in materia di prevenzione e contenimento dell'impatto ambientale ed acustico del traffico sul tessuto urbano;
- mancanza di un programma adeguato, con indicazioni di metodi e contenuti delle indagini, per il monitoraggio;
- assenza di indicazioni relative all'adozione di criteri per la verifica e per l'aggiornamento del Piano Urbano del Traffico.

Partendo da questa osservazione è risultato quindi di primaria importanza riuscire ad unificare tutti i criteri di raccolta dati, analisi e gestione. In proposito, il Settore mobilità e sicurezza della circolazione stradale della Provincia di Milano ha avviato l'elaborazione di un documento da proporre come linea guida per la redazione e l'attuazione dei Piani

³ Decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo codice della strada", art. 36, comma 7.

⁴ Legge Regione Lombardia 29.10.1998, n. 22 "Riforma del trasporto pubblico locale in Lombardia". Legge Regione Lombardia 29.10.1998, n. 22 "Riforma del trasporto pubblico locale in Lombardia".

Urbani del Traffico, dettagliando con maggior evidenza i contenuti proposti dalle linee guida ministeriali e insistendo sulle tematiche di tipo ambientale, che dovrebbero acquistare un maggior risalto all'interno di questo strumento di pianificazione. Nello stesso tempo e secondo quanto specificato nel documento ministeriale, si è cercato di costruire un quadro sintetico del lavoro di analisi dei Piani Urbani del Traffico, riassumendone i principali punti delle fasi di elaborazione e i diversi livelli di approfondimento, in modo da diffondere l'idea che la pianificazione del traffico non possa e non debba essere limitata, e pertanto esaurirsi, al solo ambito comunale. Le questioni della mobilità e del traffico hanno ormai raggiunto un livello di criticità tale da richiedere soluzioni più allargate e complesse che, gioco forza, travalicano i confini del ristretto ambito comunale.

Parimenti è opportuno nella fase preliminare estendere ulteriormente il campo di indagine per comprendervi altri aspetti in grado di completare il quadro conoscitivo in materia di mobilità; non è infatti sufficiente limitarsi ad analizzare quanto avviene sulle arterie stradali nelle sole ore di punta della circolazione, e trascurare di conseguenza le enormi sollecitazioni da traffico che interessano le fasce orarie "di morbida giornaliera", perché il quadro che viene così costruito non sarebbe aderente alla realtà degli spostamenti che insistono sulla rete viaria.

Sulla scorta di tali valutazioni, in questo volume viene presentato uno studio che affronta con particolare attenzione il tema dell'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico veicolare in due Comuni che hanno affrontato la redazione del Piano Urbano del Traffico accettando di collaborare con la Provincia. Si tratta di un ulteriore contributo alla definizione di quelle linee metodologiche di studio e analisi rese necessarie dall'evidente carenza accertata in materia: sul totale di 35 Piani Urbani del Traffico trasmessi dai Comuni alla Provincia di Milano, solo il 24% esamina con chiarezza tale problematica. Nuove considerazioni su questo fondamentale aspetto sono rese ancora più urgenti non solo dalle criticità emerse in campo ambientale ma soprattutto dalla volontà di mantenere piena adesione a quanto sancito dalla sottoscrizione del protocollo di Kyoto. Per affrontare il problema in maniera seria e competente è opportuno quindi iniziare a capire quanto pesa, in termini di emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, il traffico autoveicolare e quanto il regime di moto e quindi la velocità di marcia degli autoveicoli incida sull'emissione delle sostanze inquinanti: solo raccogliendo informazioni in tal senso è possibile formulare ipotesi di stima delle variazioni di emissioni di inquinanti in funzione dei diversi assetti della circolazione stradale e della relativa distribuzione dei flussi di traffico.

2. Descrizione della genesi del lavoro, dei problemi salienti, degli obiettivi

Viene qui presentato uno studio che è nato all'inizio del 2000 come semplice resoconto del lavoro di analisi e catalogazione dei vari Piani Urbani del Traffico redatti nella Provincia di Milano e che in corso d'opera, e grazie alle considerazioni emerse durante la valutazione dei diversi contenuti, si è trasformato in un vero e proprio metodo di stima degli effetti delle misure di governo del traffico sulle emissioni inquinanti in atmosfera.

Nel periodo intercorso dall'inizio del lavoro di raccolta e analisi fino alla presente pubblicazione è andata infatti delineandosi in maniera sempre più chiara una metodologia operativa finalizzata alla tutela della qualità dell'aria: un obiettivo ritenuto prioritario in una zona tipicamente a rischio come la grande area metropolitana milanese e che può essere raggiunto soltanto coordinando in un progetto organico diverse professionalità e competenze, fondendo cioè, come è successo in questo caso, le sinergie di Amministrazioni Comunali, Provincia, studi professionali di pianificazione del traffico e dei trasporti e Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia (ARPA).

Il risultato forse più importante di tale impegno è la sperimentazione della metodologia sui due casi reali di Cernusco sul Naviglio e di Bovisio Masciago: la validità delle scelte adottate ha consentito di estendere ulteriormente la sperimentazione, dando avvio a un circolo virtuoso di indirizzamento e retroazione fra pianificazione ed effetti sul territorio della stessa.

Nel 1992 il Nuovo Codice della Strada introduce il Piano Urbano del Traffico come strumento di regolamentazione di breve periodo della mobilità su scala urbana. L'arco di validità di tale strumento è individuato in due anni. Le successive direttive ministeriali del 1995 ne definiscono meglio contenuti e finalità, indicando fra queste ultime anche la tutela ambientale, in particolare la previsione e la mitigazione di fenomeni di inquinamento acustico ed atmosferico.

Il lavoro ha preso avvio con la minuziosa analisi dei Piani Urbani del Traffico già redatti ed adottati dalle Amministrazioni Comunali in modo da giungere ad una visione completa dello "stato di fatto" per quanto concerne la pianificazione del traffico. La composizione del quadro ha consentito di evidenziare la prassi consolidata nella pianificazione locale mettendo in luce le diverse carenze riscontrate, che rendono difficoltosa la stima delle emissioni inquinanti.

Dati raccolti per la redazione dei PUT analizzati

Su un totale di **48** PUT adottati, solo **34** sono stati trasmessi al Settore mobilità e sicurezza della circolazione stradale della Provincia di Milano. Di questi:

- ## **26** classificano la funzione e le caratteristiche tecniche degli archi stradali secondo le direttive del Codice della Strada e/o secondo le indicazioni del CNR
- ## **19** hanno modellizzato la propria rete stradale in un grafo digitalizzato e georeferenziato
- ## **19** contengono una classificazione del parco veicolare circolante, **15** non contengono alcuna classificazione
- ## **16** hanno previsto rilievi (automatici o manuali) sulle strade; di questi
 - 13 lo hanno fatto da mattina a sera senza interruzione (11 lo hanno fatto sulle 24 ore)
 - 2 lo hanno fatto sulle 3 fasce orarie di punta (mattina, mezzogiorno e sera)
 - 1 lo ha fatto su una fascia di punta (mattina)
- ## **6** attribuiscono un dato di velocità agli archi stradali (2 lo rilevano direttamente, 4 lo attribuiscono al tipo di strada da bibliografia)
- ## **7** usano dati (rilevati o simulati) di inquinamento atmosferico
- ## **3** usano dati (rilevati o simulati) di inquinamento acustico
- ## **19** contengono rilievi e analisi delle manovre di svolta
- ## **3** svolgono una analisi dei meccanismi di formazione delle code
- ## **7** analizzano i cicli semaforici

Parallelamente, grazie alla collaborazione con uno studio professionale specializzato nell'analisi della mobilità e con l'ARPA Lombardia, è stata effettuata una valutazione "a posteriori" delle emissioni inquinanti a Cernusco sul Naviglio, prima e dopo cioè l'adozione degli interventi previsti dal PUT. Anche se tale indagine non ha permesso com'è ovvio di indirizzare la redazione del piano - dal momento che è stata compiuta in tempi successivi alle decisioni assunte dall'Amministrazione Comunale di Cernusco sul Naviglio - è tuttavia risultata di grande utilità per sciogliere i problemi operativi che si sono invece presentati in seguito, quando cioè l'indagine è stata svolta durante la fase di elaborazione del PUT. E' quanto è accaduto a Bovisio Masciago, grazie al coinvolgimento e alla collaborazione dell'Amministrazione Comunale, del Corpo dei Vigili Urbani e della società incaricata della redazione del PUT. Determinante in tal senso è stato l'apporto fornito dall'ARPA della Lombardia, che ha consentito di indicare all'Amministrazione Comunale **in tempo reale** (rispetto ai tempi di elaborazione delle proposte progettuali del Piano Urbano del Traffico) tutte le stime delle conseguenze sulle emissioni inquinanti prodotte dal traffico veicolare, mano a mano che i tecnici individuavano possibili scenari di intervento circa la disciplina viabilistica comunale.

3. I casi di Bovisio Masciago e Cernusco sul Naviglio

Bovisio Masciago e Cernusco sul Naviglio sono due comuni della cintura suburbana di Milano che, per densità abitativa, morfologia del territorio e caratteristiche delle reti di trasporto, costituiscono esempi particolarmente rappresentativi dell'hinterland situato a nord del capoluogo lombardo.

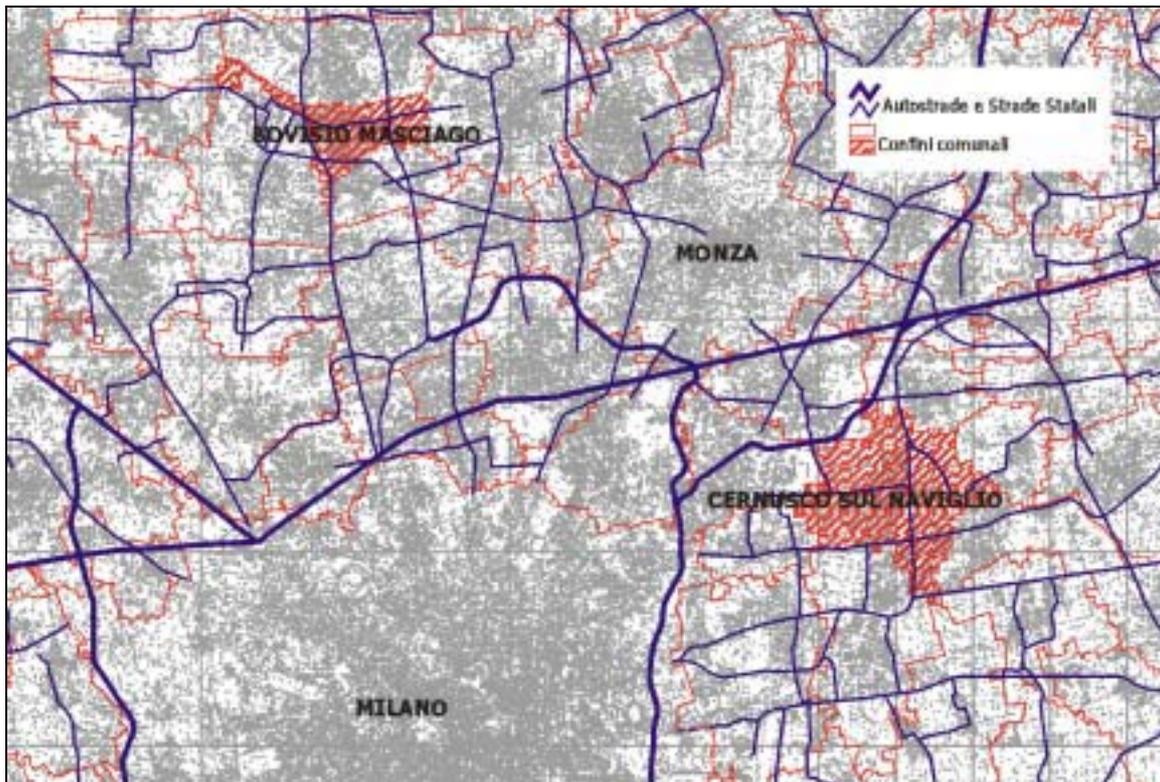


Figura 1 - Inquadramento territoriale di Bovisio Masciago e Cernusco sul Naviglio

Bovisio Masciago conta nel gennaio 2000 circa 13.000 abitanti distribuiti su una superficie di 5 km² mentre alla stessa data risultano invece a Cernusco sul Naviglio 28.000 residenti su una superficie molto maggiore, che si estende per circa 13 km². Come riportato in Figura 1, il comune di Bovisio Masciago si trova esattamente a nord di Milano lungo la SS 36 dei Giovi, mentre Cernusco sul Naviglio è invece situato a est-nord-est del capoluogo, in prossimità dell'incrocio fra la Tangenziale Est e l'Autostrada A4 Torino-Venezia. In Figura 2 e sono rappresentate due diverse immagini aeree di Cernusco sul Naviglio e Bovisio Masciago dalle quali è possibile osservarne la caratteristica più evidente, e cioè l'alta densità edilizia a discapito di aree più tipicamente agricole; in entrambi i casi si scorge inoltre come la forma dell'abitato venga modellata lungo le principali direttrici, non soltanto in direzione radiale verso il centro di Milano ma anche in direzione perpendicolare alla prima.



Figura 2 - Ortofotocarta di Bovisio Masciago



Figura 3 - Ortofotocarta di Cernusco sul Naviglio

Come già accennato, lo studio sul comune di Cernusco sul Naviglio è stato effettuato solo in seguito all'approvazione del Piano Urbano del Traffico da parte dell'Amministrazione Comunale, ed è servito per "verificare sul campo" la concreta disponibilità di tutte informazioni indispensabili per effettuare una efficace valutazione in materia di inquinamento atmosferico. Questa progetto ha quindi avuto utilità per testare concretamente la linea metodologica individuata, e valutarne l'opportunità di applicazione nella ricerca degli effetti sulle emissioni inquinanti in atmosfera rilasciate dal traffico veicolare, sia nella situazione corrispondente allo "stato di fatto" (o scenario Zero), sia a seguito dei provvedimenti contenuti nel PUT approvato.

La società incaricata della rilevazione ha quindi fornito i dati relativi ad un Piano Urbano del Traffico già elaborato ed adottato dall'Amministrazione Comunale di Cernusco sul Naviglio, dove sono stati previsti alcuni interventi di riorganizzazione della viabilità interna e la realizzazione del tratto sud-orientale della tangenziale al centro abitato. I due diversi scenari sono illustrati qui di seguito: in Figura 4 sono riportati i flussi di traffico nell'ora di punta di un giorno feriale tipo prima dell'attuazione degli interventi previsti dal Piano, in Figura 5 gli stessi previsti a piano adottato⁵.



Figura 4 - Volumi di traffico prima dell'adozione del PUT - Cernusco sul Naviglio

⁵ La resa grafica, differente fra il caso di Cernusco sul Naviglio e quello di Bovisio Masciago, dipende dai differenti software adottati; nel primo caso si tratta dell'output grafico del programma TRIPS, nel secondo l'algoritmo di assegnazione - sviluppato autonomamente dalla Società redattrice del piano - è interfacciato al GIS ArcView.



Figura 5 - Volumi di traffico previsti a PUT adottato - Cernusco sul Naviglio

Se si osservano i diagrammi colorati sui diversi assi stradali (dove la successione dei colori blu - rosso - verde evidenzia volumi di traffico crescenti) si nota come il completamento della tangenziale est all'abitato di Cernusco sul Naviglio comporti complessivamente un aumento consistente di traffico sulla stessa variante e, nel contempo, alleggerisca in modo sensibile la rete stradale interna al centro abitato, che risulta in questo modo libera da una significativa quota dei flussi di attraversamento.

Lo stesso procedimento è stato applicato al caso di Bovisio Masciago: nelle due pagine seguenti sono riportati i volumi di traffico rilevati prima dell'adozione del Piano Urbano del Traffico (Figura 6) e quelli invece previsti in due differenti e possibili scenari di intervento individuati in corso d'opera dai tecnici incaricati (Figura 7 e 8).

E' importante tuttavia precisare che per Bovisio Masciago non sono stati previsti dai tecnici redattori interventi di tipo infrastrutturale, e le due diverse ipotesi presentate all'interno del Piano Urbano del Traffico corrispondono esclusivamente a possibili riorganizzazioni del sistema della viabilità interna. Questo nuovo disegno della disciplina viabilistica interna si ripercuote in maniera diversa dal caso precedente sui flussi dei veicoli, e non comporta un alleggerimento del volume di traffico ma una sua diversa distribuzione all'interno del centro abitato, con maggior insistenza su un asse oppure sull'altro.

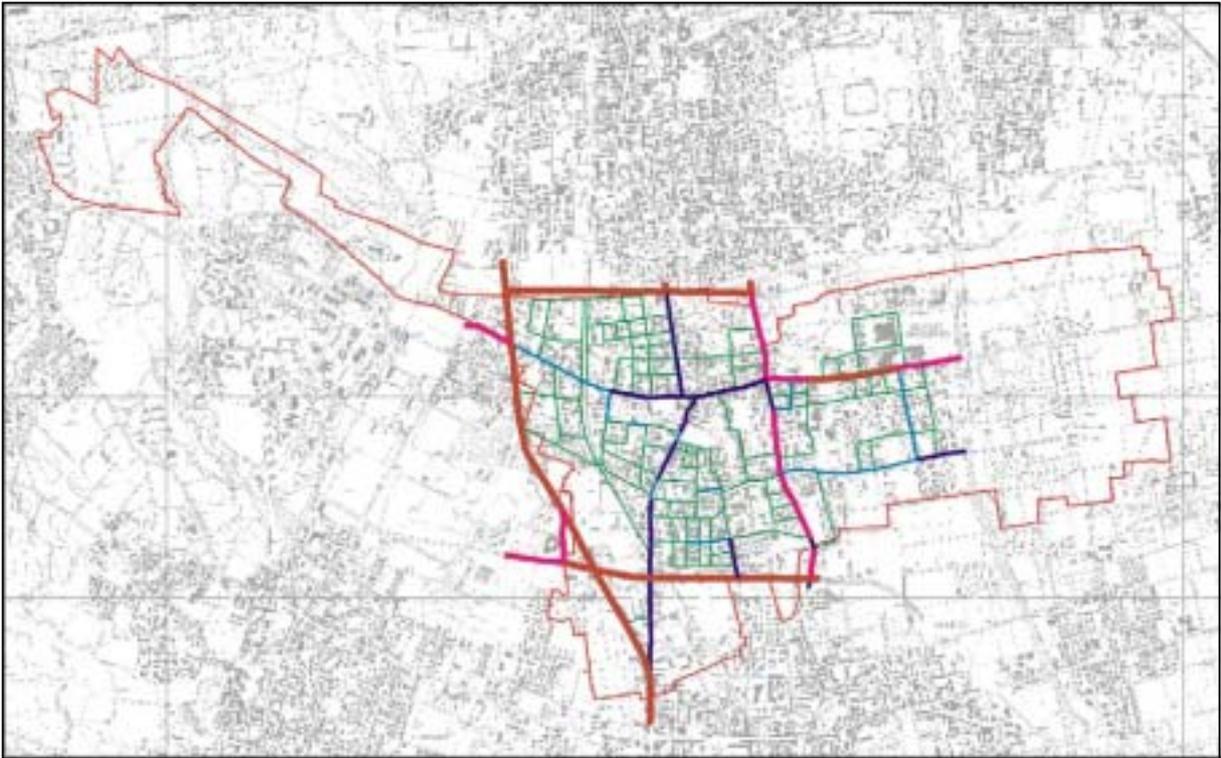


Figura 6 - Volumi di traffico prima dell'adozione del PUT - Bovisio Masciago

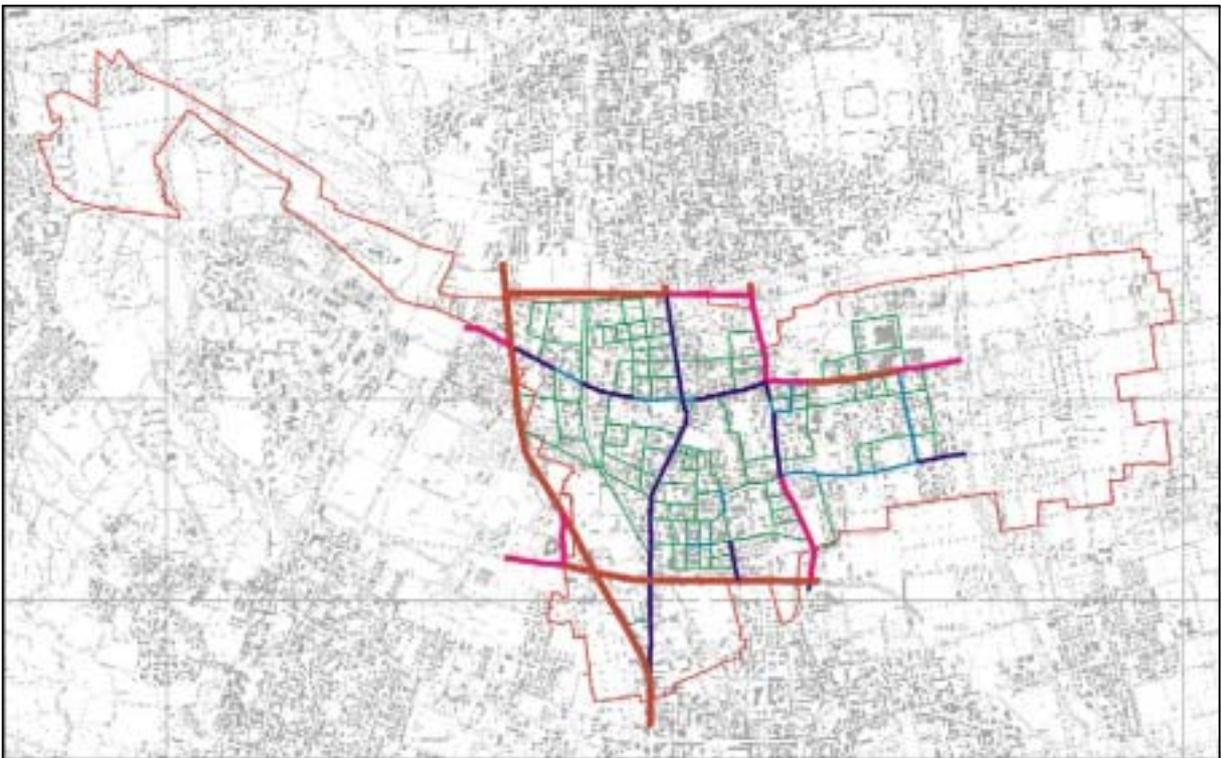


Figura 7 - Volumi di traffico previsti nello scenario 1 - Bovisio Masciago

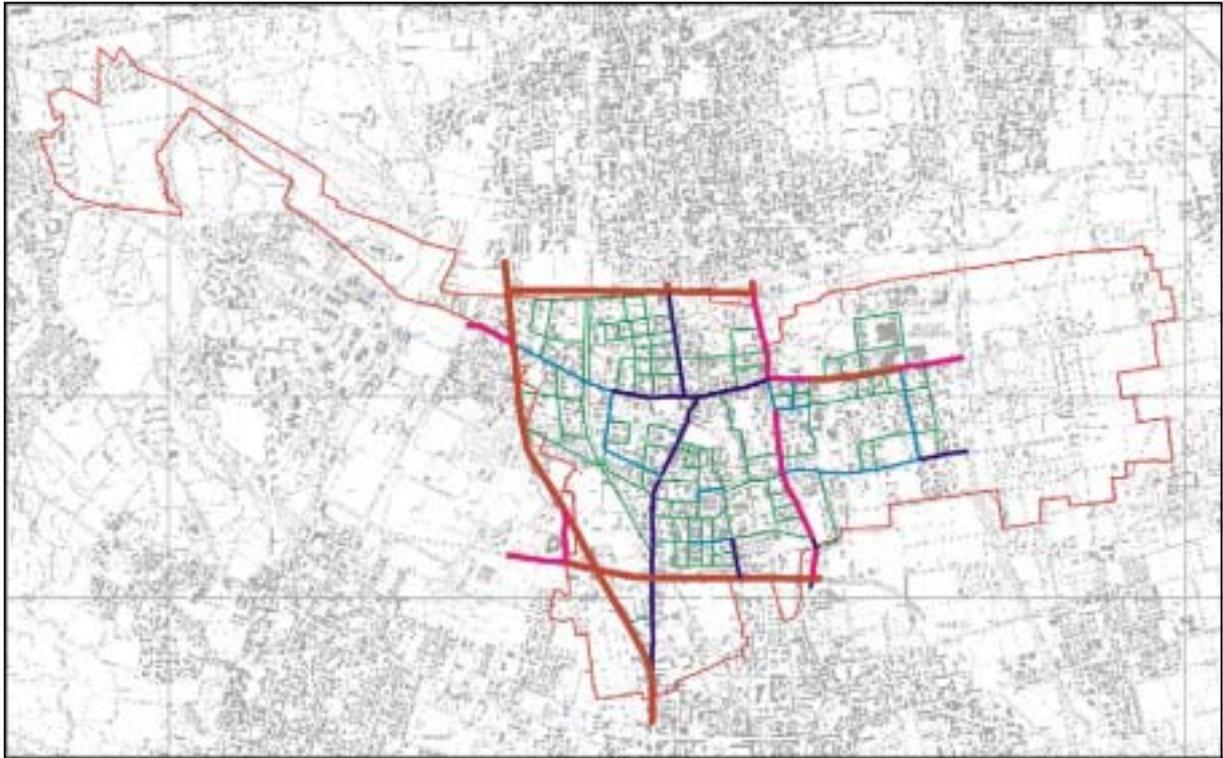


Figura 8 - Volumi di traffico previsti nello scenario 2 - Bovisio Masciago

Come facilmente è intuibile, la differenza tra i due casi presi in esame è davvero significativa: la scelta di realizzare una tangenziale per portare all'esterno del centro abitato il traffico di attraversamento, come previsto dalle scelte di piano, a Cernusco sul Naviglio determina una variazione dei volumi di traffico molto più considerevole rispetto a Bovisio Masciago, e un deciso alleggerimento dei flussi veicolari. Viene quindi logicamente da aspettarsi, di conseguenza, una differenza analoga tra i due comuni anche nelle conseguenze sulle emissioni inquinanti.

Nelle pagine di seguito sono riportate le variazioni percentuali di emissione inquinante sulla rete stradale per ogni cella del grigliato di calcolo del software EMITR per le undici sostanze inquinanti prese in considerazione: da Figura 9 a Figura 19 sono illustrate le variazioni percentuali previste su Cernusco sul Naviglio nei due momenti precedente e successivo all'adozione del PUT; da Figura 20 a Figura 41 si trovano invece le variazioni previste su Bovisio Masciago per ognuno degli undici inquinanti nei due possibili scenari futuri. Per maggior chiarezza, si riporta anche una tabella contenente la descrizione del modello di calcolo. Dal punto di vista metodologico, si è scelto di rappresentare le variazioni percentuali di emissione calcolate come differenza tra i valori dello scenario "Zero" (prima) ed i valori degli scenari di progetto (dopo), non solo perché più sintetiche, ma anche perché meglio chiariscono le conseguenze delle decisioni adottate dal Piano Urbano del Traffico.

Descrizione del modello di calcolo utilizzato nella valutazione delle emissioni di sostanze inquinanti

Il modello EMITR (versione 4.0) è stato sviluppato dai tecnici dell'ARPA Lombardia, ufficio di modellistica ambientale, al fine di poter utilizzare la metodologia COPERT II per calcolare le emissioni da traffico sulla rete di strade della provincia di Milano.

Il modello EMITR 4.0 utilizza i dati relativi ai volumi di traffico georeferenziati rispetto alla rete stradale, insieme ad altri dati relativi alla meteorologia o alla composizione del parco macchine, ed è in grado di calcolare la distribuzione delle emissioni sul territorio.

Di fatto EMITR permette di sapere dove una grande quantità di emissioni rischia di creare situazioni pericolose per la salute, essendo per esempio possibile sovrapporre le carte tematiche delle emissioni a quelle della densità abitativa.

Gli inquinanti considerati sono ovviamente quelli della metodologia COPERT II, così come i fenomeni che ne sono all'origine. In particolare nei casi di Bovisio Masciago e Cernusco sul Naviglio si sono calcolate le emissioni previste di:

- Benzene (C₆H₆)
- Metano (CH₄)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO₂)
- Protossido di Azoto (N₂O)
- Ammoniaca (NH₃)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Piombo (Pb)
- Polveri Totali Sospese (PTS)
- Ossidi di Zolfo (SO₂)
- Composti Organici Volatili (COV)

Sulla base dei fattori di emissione, della composizione del parco circolante, dei chilometri totali percorsi (calcolati in base alla lunghezza degli archi stradali ed ai flussi di traffico) e dell'andamento orario della temperatura dell'ambiente, il modello fornisce le emissioni totali di traffico sull'intera rete stradale considerata.

Per il calcolo delle emissioni sul grafo principale, il modello EMITR 4 richiede diversi gruppi di informazioni, e cioè:

- l'andamento della temperatura ambiente
- la composizione del parco circolante
- la composizione sintetica in macroclassi
- i flussi primari per l'ora di riferimento
- i fattori di forma per il traffico primario
- la distribuzione areale del traffico secondario
- le curve di deflusso
- le coordinate e le caratteristiche degli archi della rete stradale
- la speciazione dei COV.

3.1. Variazione percentuale di emissioni nel caso di Cernusco sul Naviglio

Nelle figure seguenti sono riportate le variazioni suddivise per le diverse sostanze inquinanti: da un rapido confronto si osserva come l'andamento percentuale mostri dei valori di fatto del tutto simili per ogni singola sostanza presa in esame. La differenza significativa si rileva non tanto nella proporzione quanto nelle quantità assolute delle sostanze inquinanti emesse prima e dopo l'attuazione del Piano Urbano del Traffico: in proposito, si vedano i dati relativi al calcolo complessivo espresso in tonnellate per giorno su tutta la superficie comunale, con dettaglio di ogni singolo inquinante, in Tabella 1 a pagina 37.

Come è naturale, viene registrato un deciso aumento delle emissioni inquinanti tanto sulla tangenziale orientale di nuova costruzione quanto nella zona industriale a sud est, che risulta maggiormente interessata da nuovi percorsi viabilistici in seguito alla deviazione dei flussi nord-sud, nord-est, sud-est e viceversa all'esterno del perimetro del centro abitato.

In generale tutti gli incrementi delle emissioni inquinanti si localizzano sulle arterie all'esterno del centro vero e proprio dell'abitato, dove si assiste invece ad una diminuzione considerevolmente diffusa di tutte le diverse emissioni inquinanti.

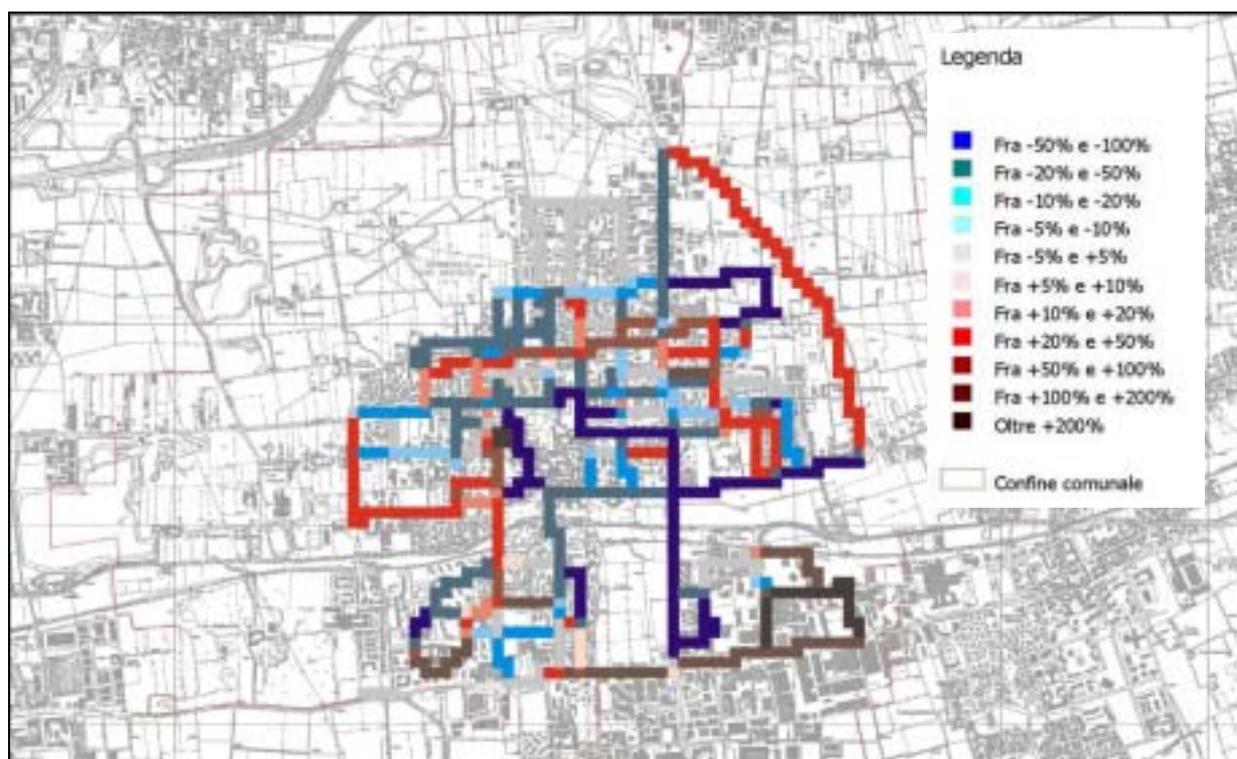


Figura 9 - Variazione percentuale di emissioni di Benzene (C₆H₆)

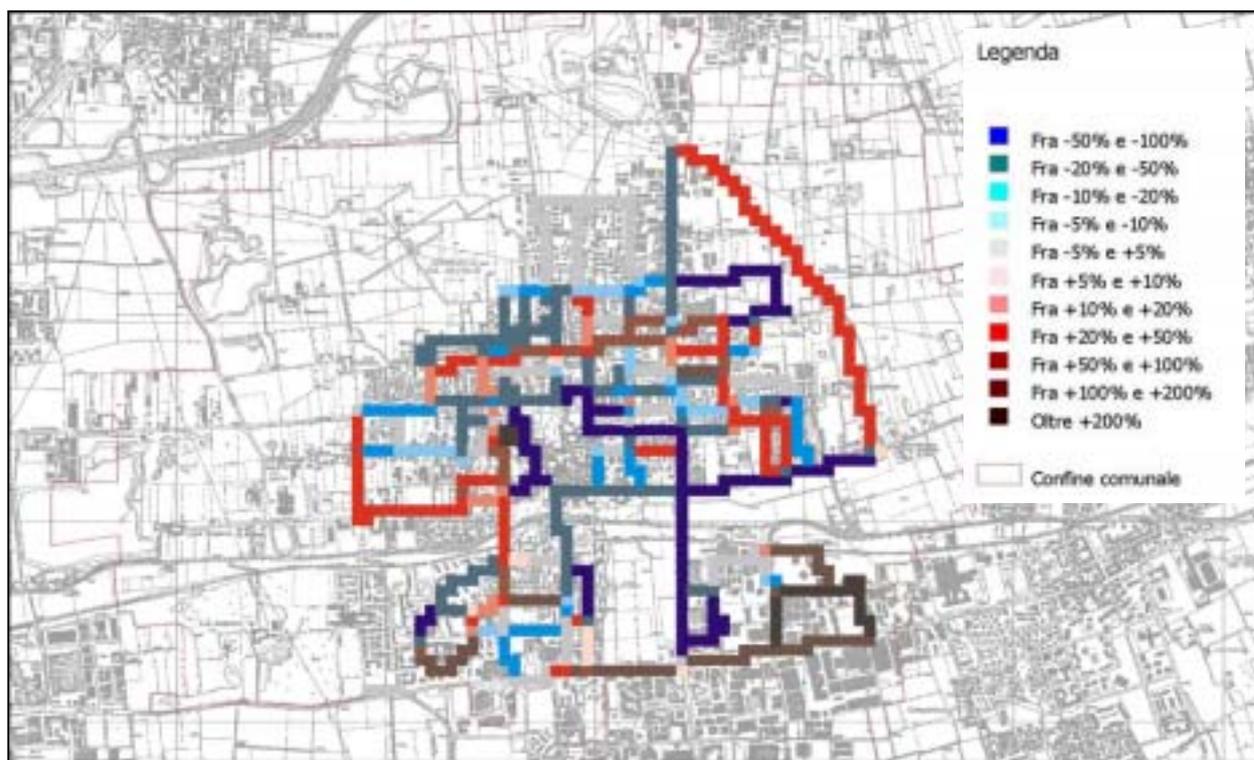


Figura 10 - Variazione percentuale di emissioni di Metano (CH₄)

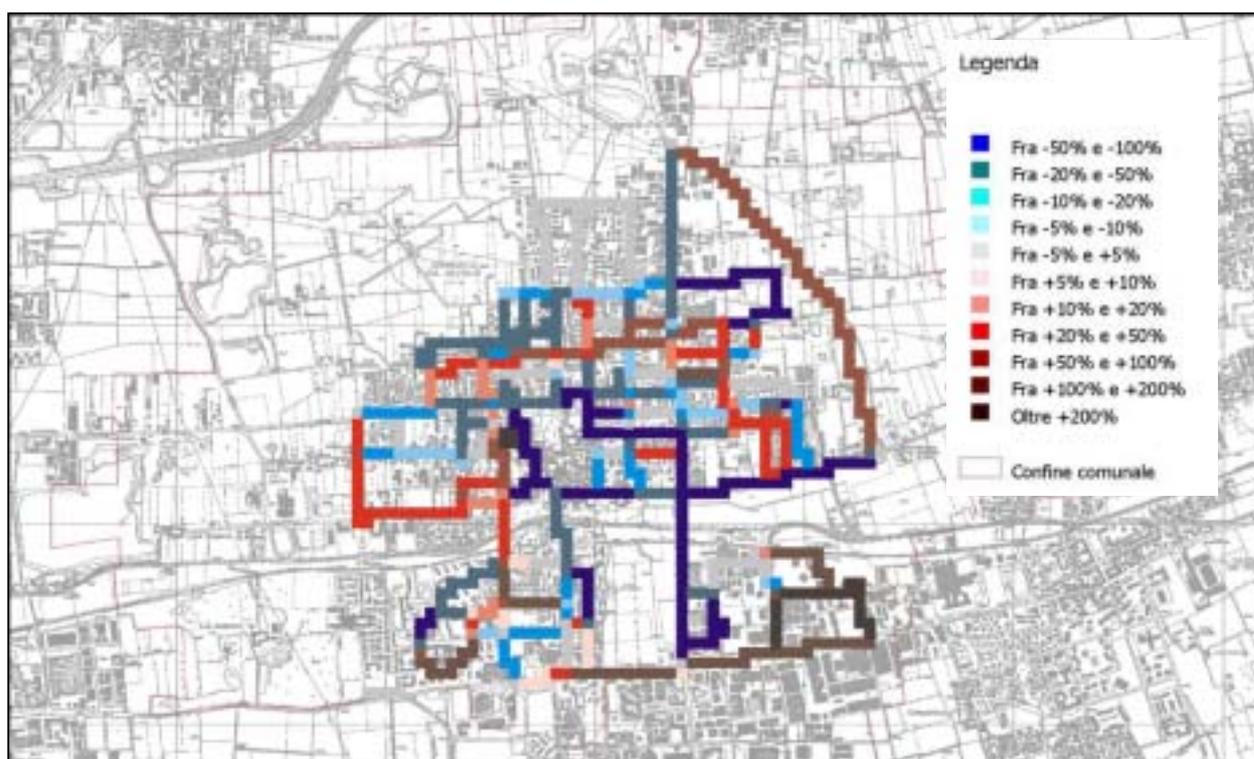


Figura 11 - Variazione percentuale di emissioni di Monossido di Carbonio (CO)

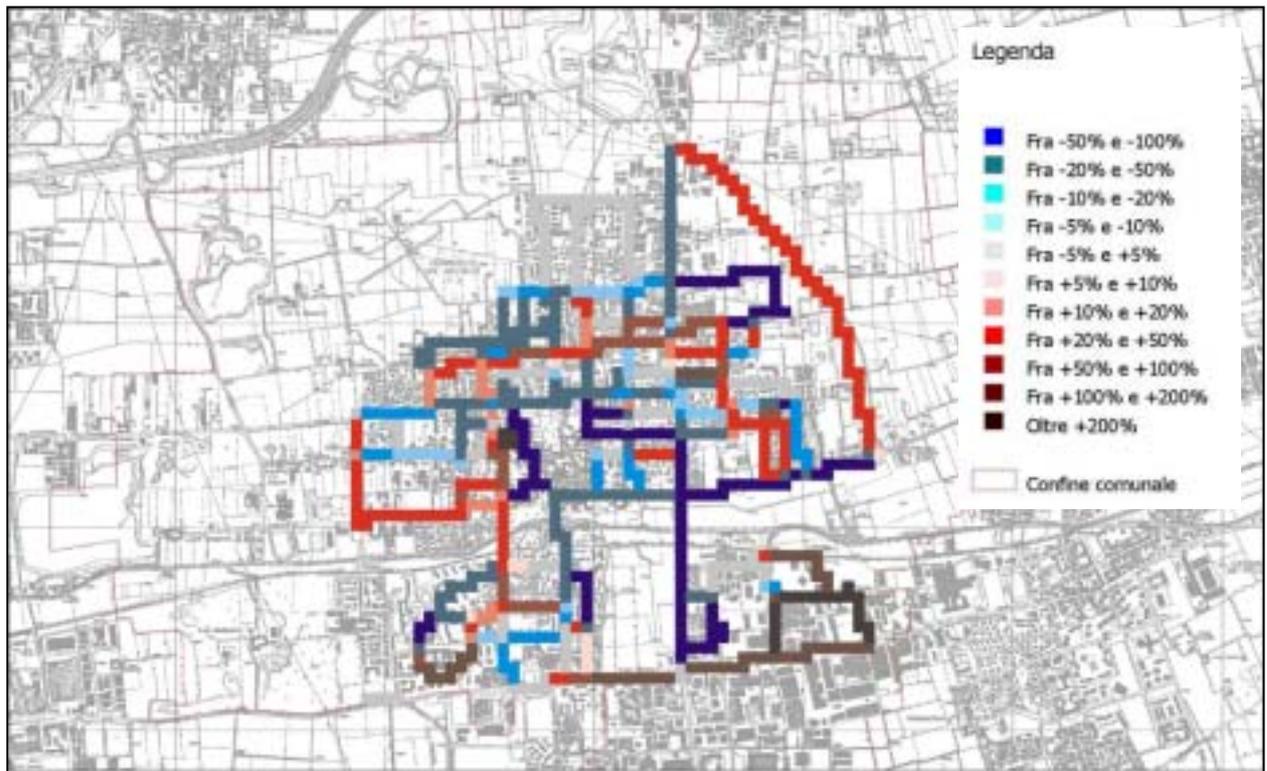


Figura 12 - Variazione percentuale di emissioni di Biossido di Carbonio (CO₂)

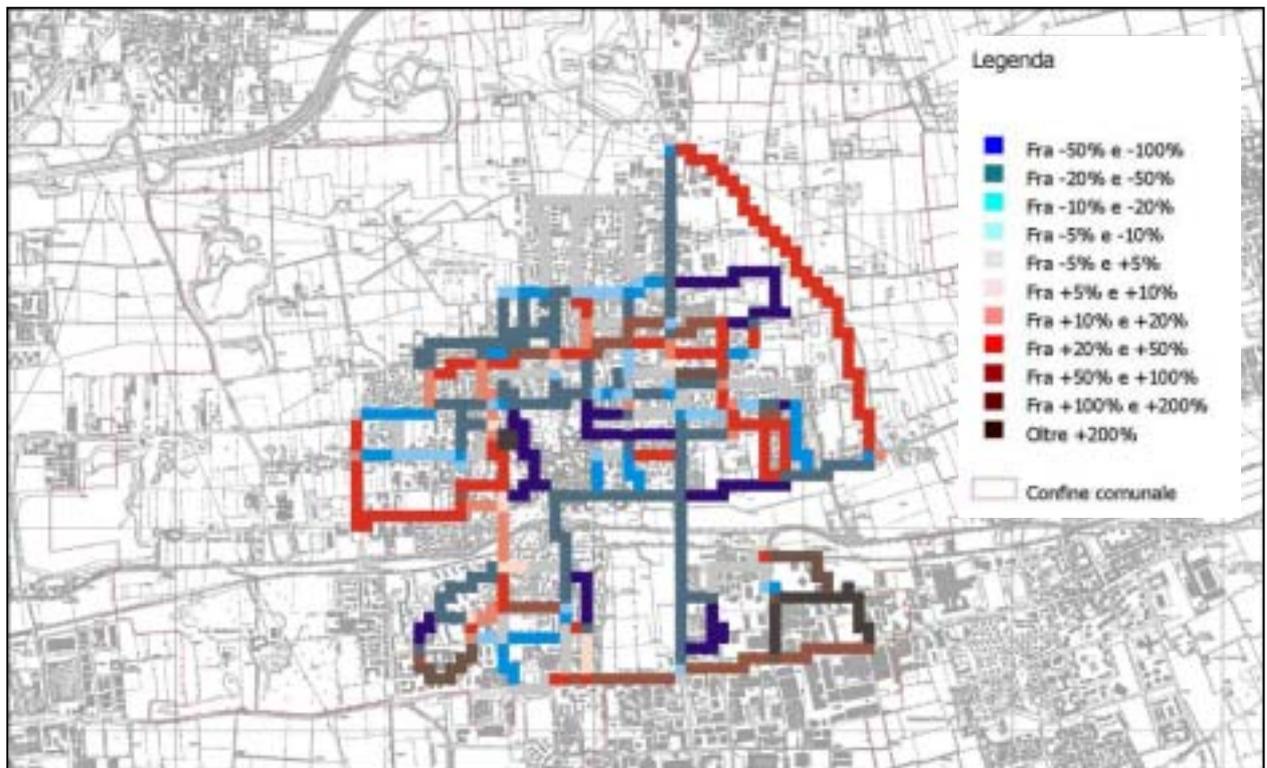


Figura 13 - Variazione percentuale di emissioni di Protossido di Azoto (N₂O)

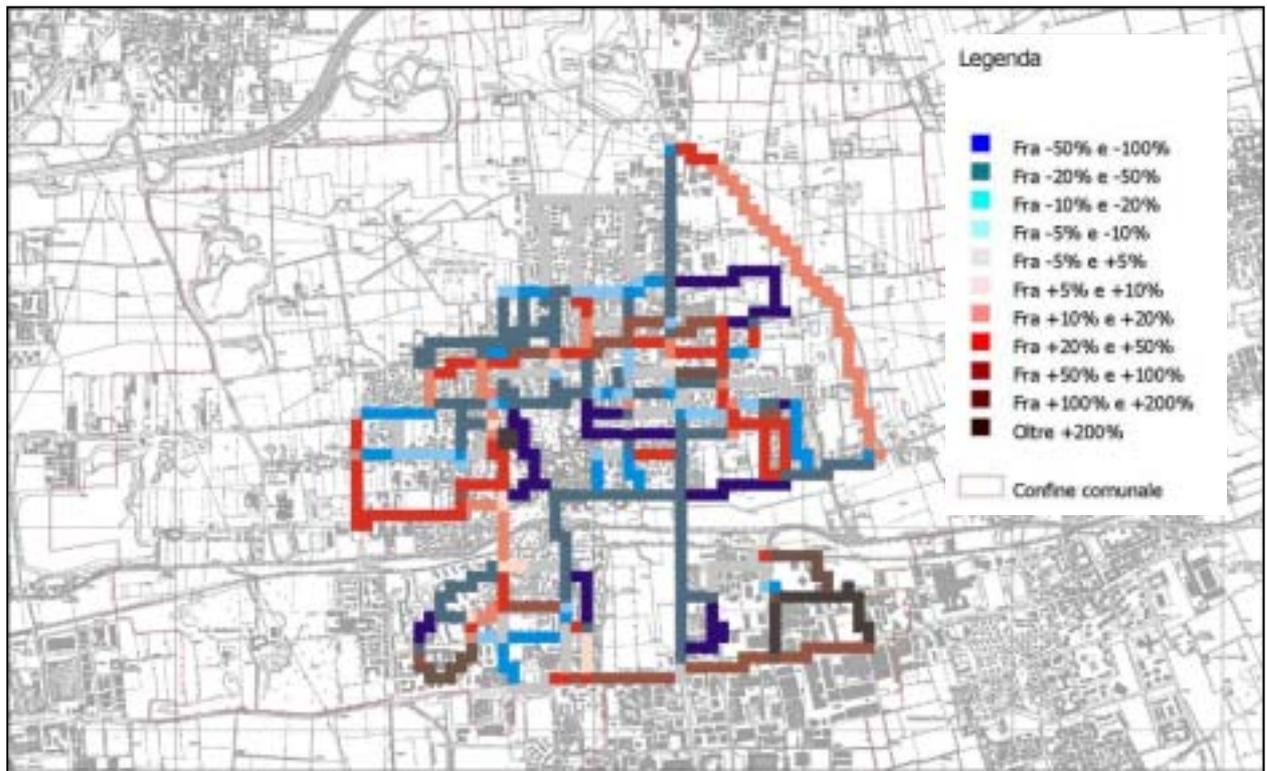


Figura 14 - Variazione percentuale di emissioni di Ammoniaca (NH₃)

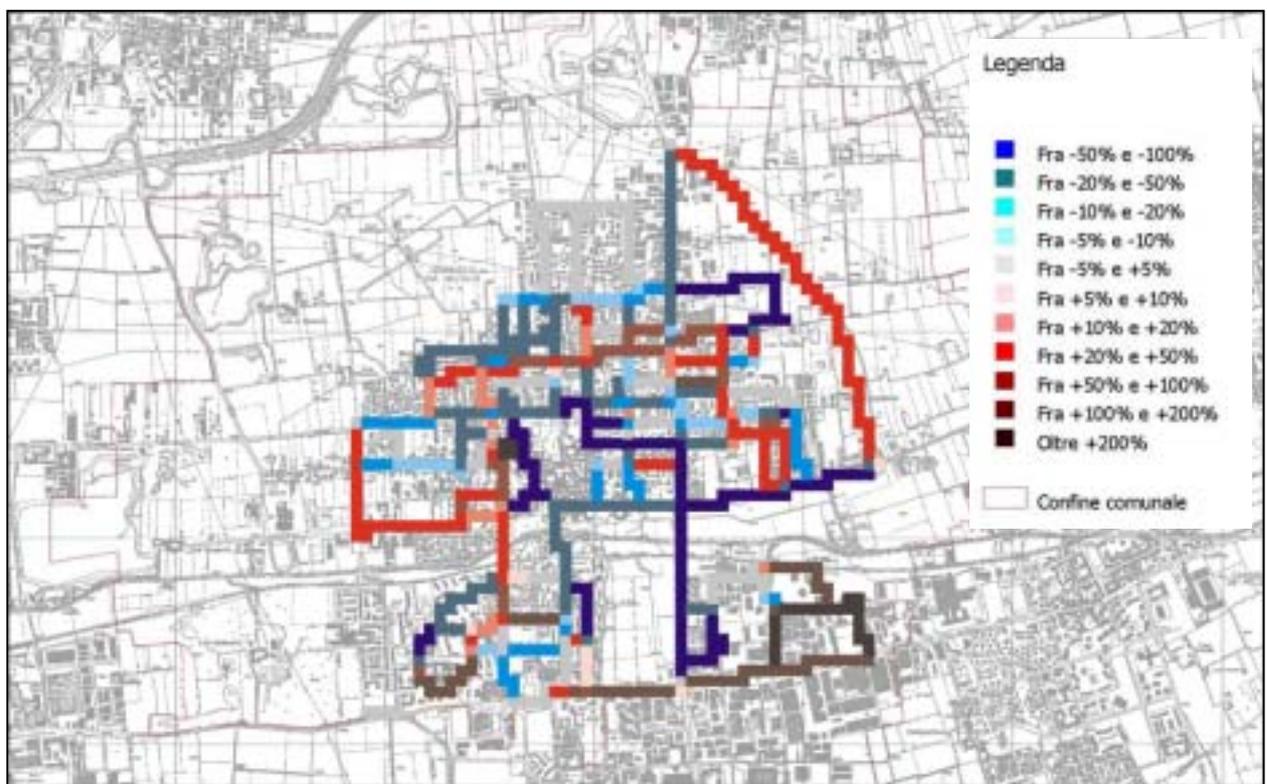


Figura 15 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Azoto (NO_x)

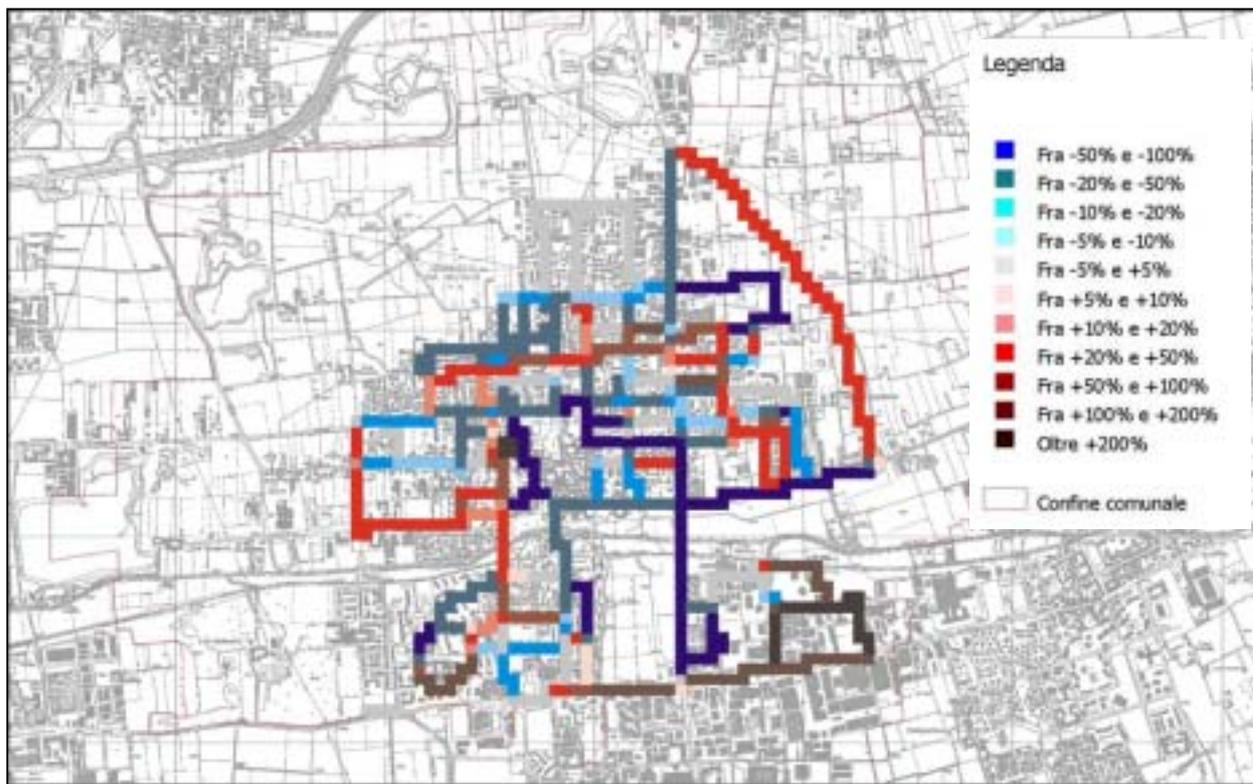


Figura 16 - Variazione percentuale di emissioni di Piombo (Pb)

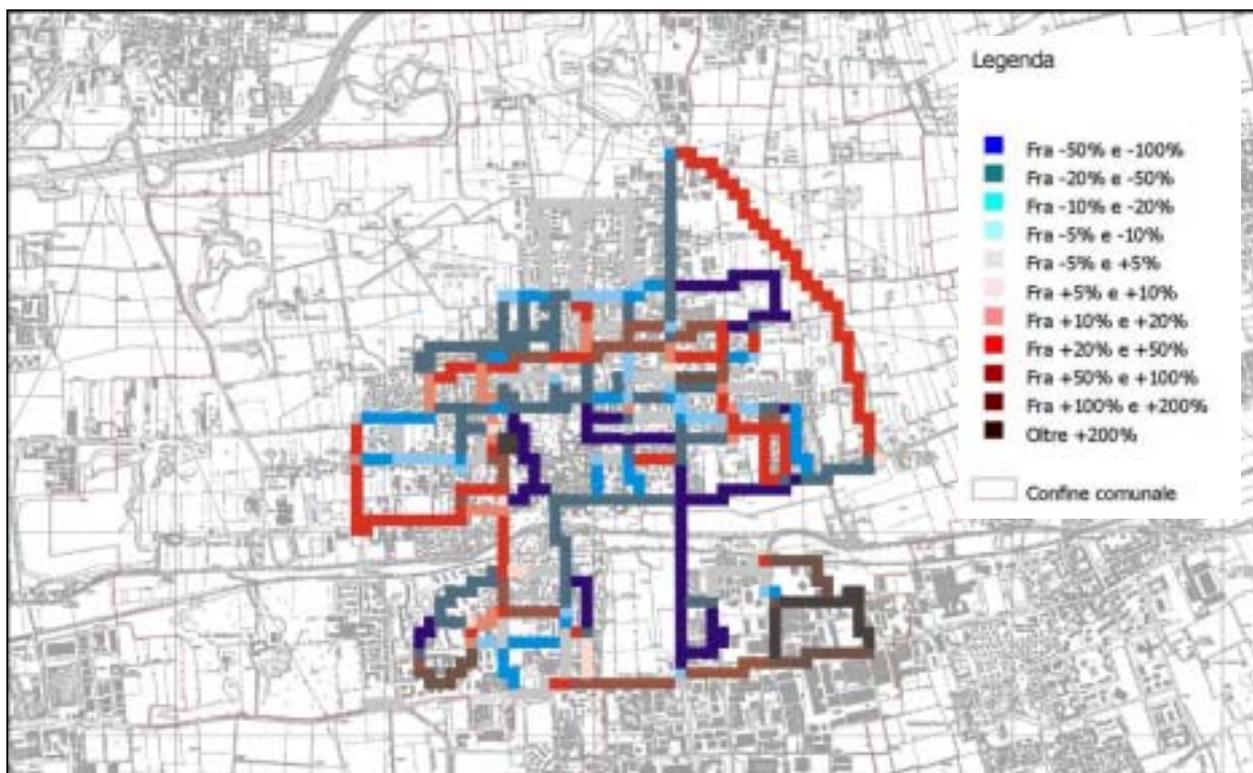


Figura 17 - Variazione percentuale di emissioni di Polveri Totali Sospese (PTS)

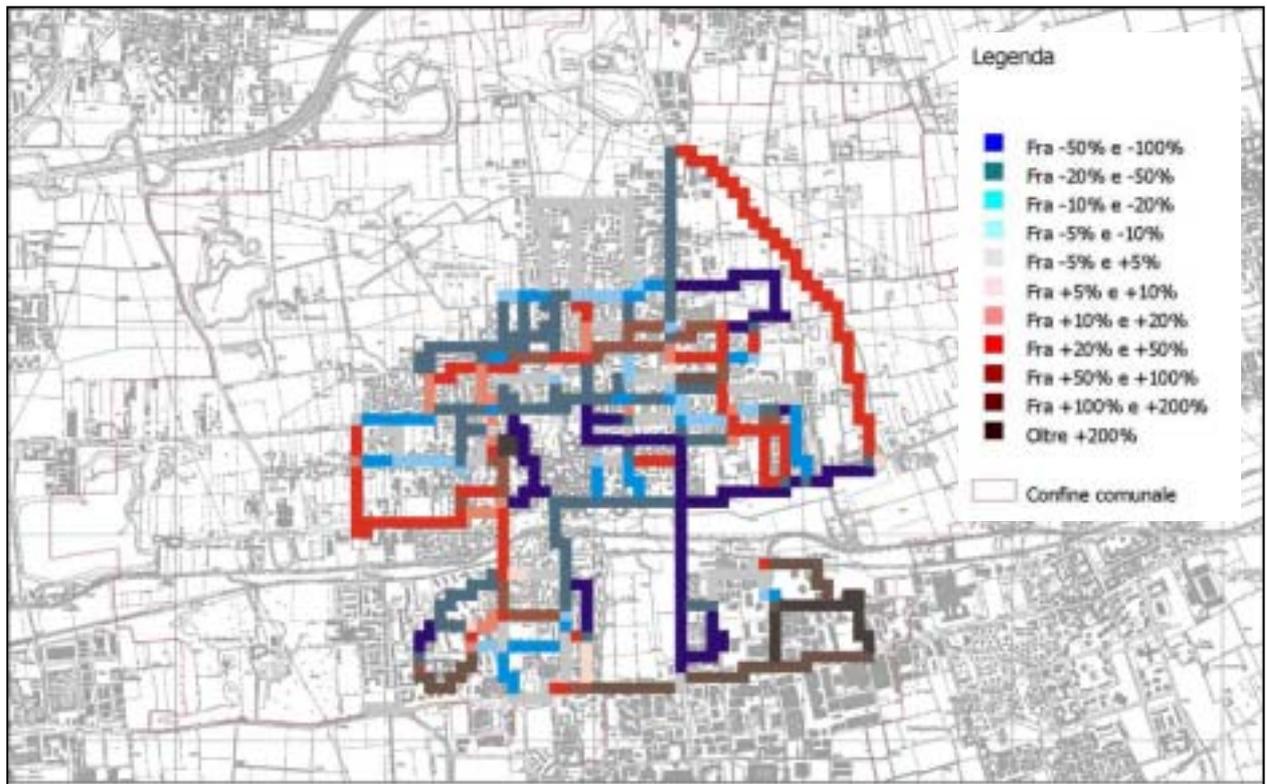


Figura 18 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Zolfo (SO₂)

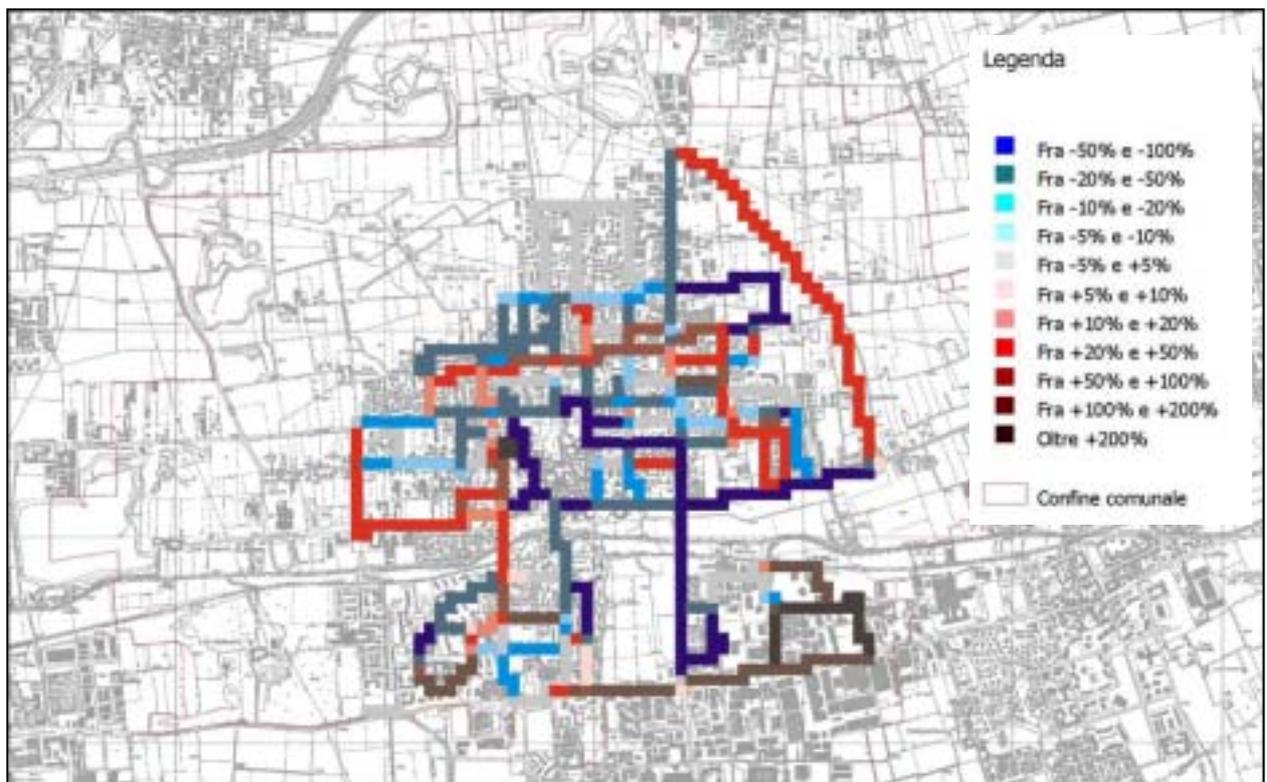


Figura 19 - Variazione percentuale di emissioni di Composti Organici Volatili (COV)

3.2. Variazione percentuale di emissioni nel caso di Bovisio Masciago

Il Comune di Bovisio Masciago rappresenta per tipo di urbanizzazione, caratteristiche di traffico e problemi ambientali, un caso rappresentativo della situazione tipica dell'hinterland nord di Milano. L'Amministrazione Comunale, accettando di inserire nel capitolato speciale d'appalto dei lavori di redazione del proprio Piano Urbano del Traffico quei punti necessari ad ottenere una completa rilevazione dei dati di traffico, ha permesso lo svolgimento delle indagini per la rilevazione dei flussi di traffico sia durante le ore di punta (dalle 7.30 alle 9.00 e dalle 17.00 alle 19.00) sia nelle ore cosiddette di "morbida" e, quindi, ha consentito l'applicazione della metodologia individuata per il calcolo delle emissioni inquinanti sul proprio territorio.

Schematicamente i dati necessari per effettuare il calcolo delle emissioni tramite il modello EMITR dell'ARPA Lombardia, sia che si faccia riferimento ad uno stato di fatto sia invece ci si riferisca ad uno stato di progetto della rete stradale, sono: il grafo di rete, i volumi di traffico per ogni arco stradale e con un dettaglio temporale massimo di un'ora, la velocità media di detti flussi, la composizione del parco circolante (anche qui dettagliabile al limite arco per arco) e infine, nel caso di comuni di collina o montagna, anche la pendenza media degli archi stradali, elemento quest'ultimo trascurabile nella provincia di Milano.

I tecnici redattori del PUT di Bovisio Masciago hanno quindi elaborato due possibili scenari di piano incentrati sulla riorganizzazione dell'assetto viabilistico della rete viaria, allo scopo di ottenere una sensibile riduzione dei flussi di traffico nelle vie centrali: la soluzione adottata in proposito è la separazione netta del traffico di carattere locale da quello tipico di attraversamento, e la deviazione di quest'ultimo sulle arterie periferiche.

Nelle immagini seguenti vengono riportate le mappe rappresentanti la variazione percentuale per le undici sostanze inquinanti analizzate; per ogni inquinante sono indicati i valori in entrambi gli scenari ipotizzati, e la loro impaginazione a coppie (i dati riferiti allo scenario Uno sono tutti nella parte alta della pagina; quelli dello scenario Due, nella parte bassa) rende di immediata evidenza le differenze in termini di emissioni dei due progetti di intervento.

Come già accennato precedentemente, per Bovisio Masciago è stata sfruttata appieno l'esperienza maturata nel caso di Cernusco sul Naviglio, quindi la conoscenza dei requisiti del software e del formato dei dati in ingresso ha consentito di effettuare uno scambio di dati in tempo reale fra l'Amministrazione Comunale e l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente: una sinergia che ha permesso di consegnare in pochi giorni ai

tecnici redattori del PUT le carte relative alle stime delle emissioni corrispondenti per ogni scenario presentato.

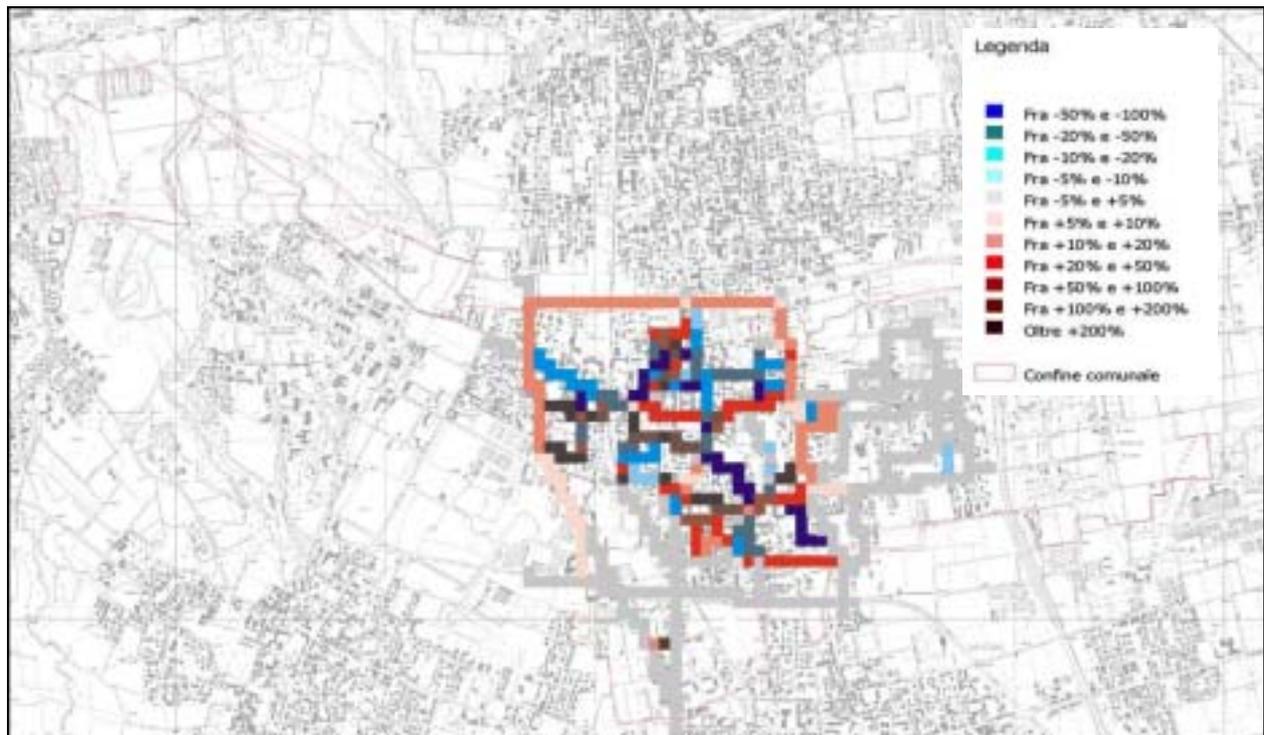


Figura 20 Variazione percentuale di emissioni di Benzene (C_6H_6) - Scenario Uno

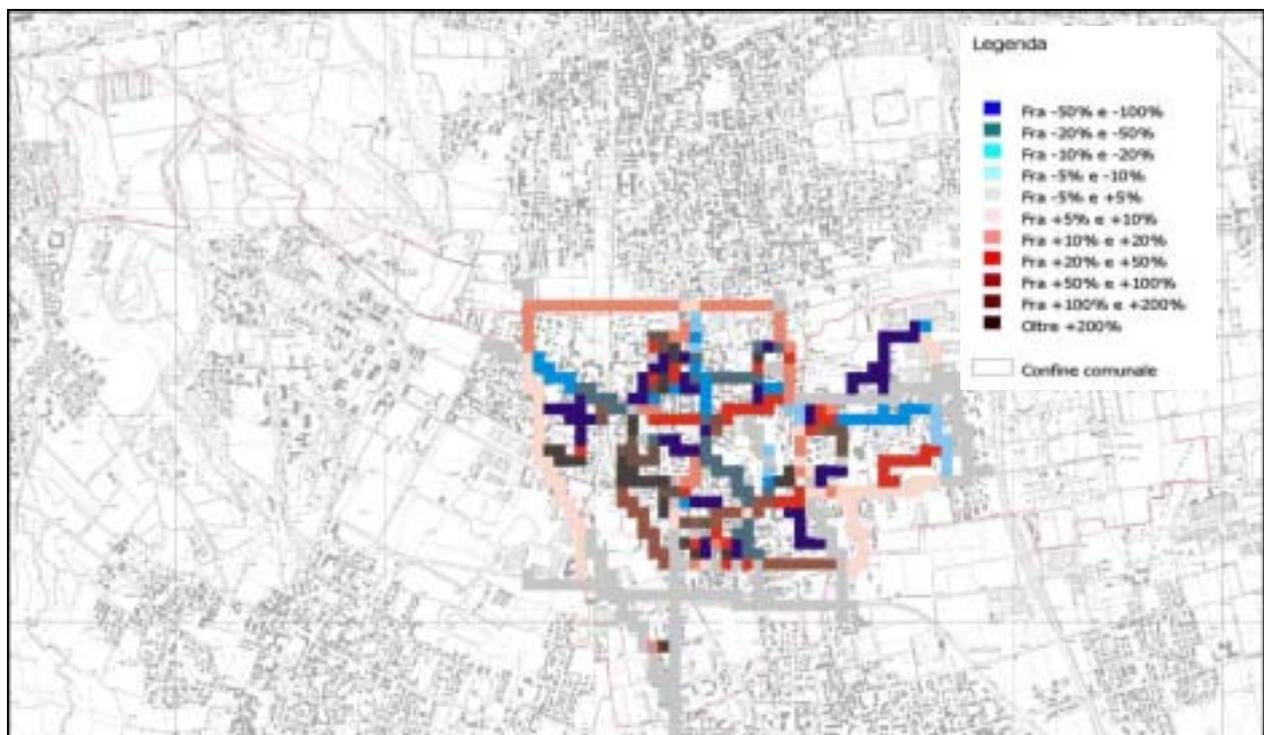


Figura 21 Variazione percentuale di emissioni di Benzene (C_6H_6) - Scenario Due

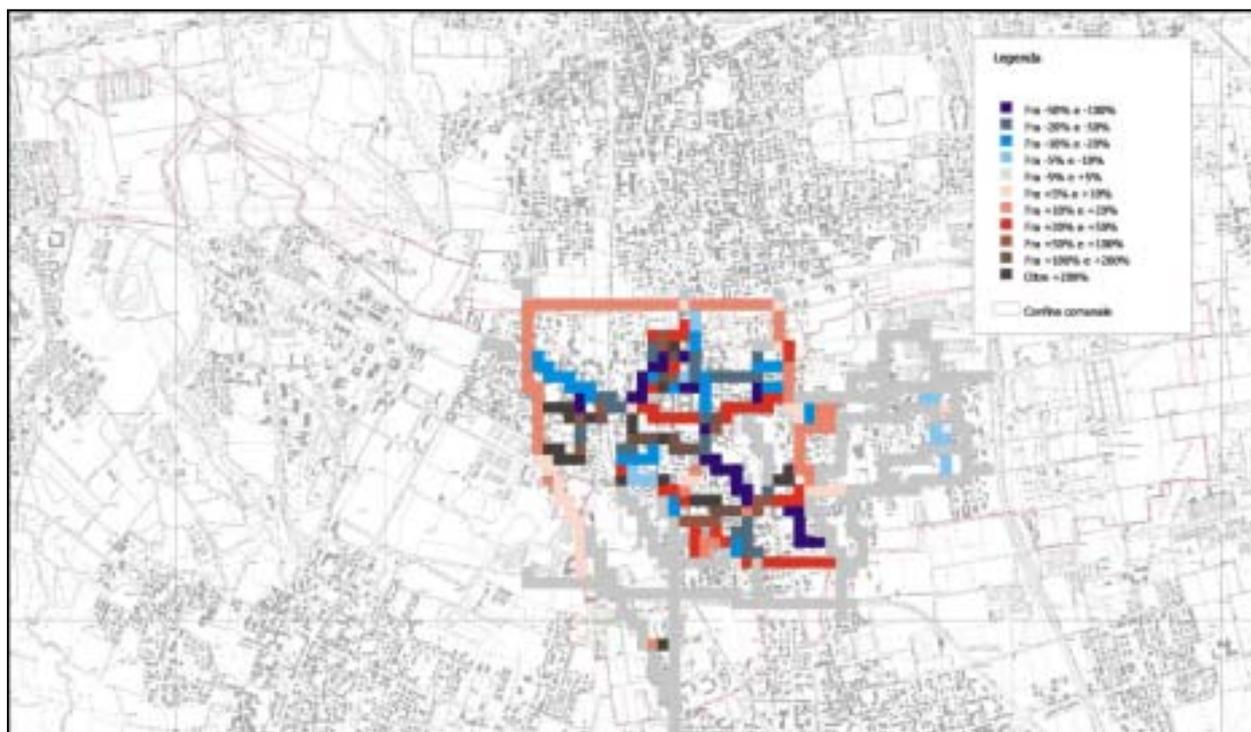


Figura 22 - Variazione percentuale di emissioni di Metano (CH_4) - Scenario Uno

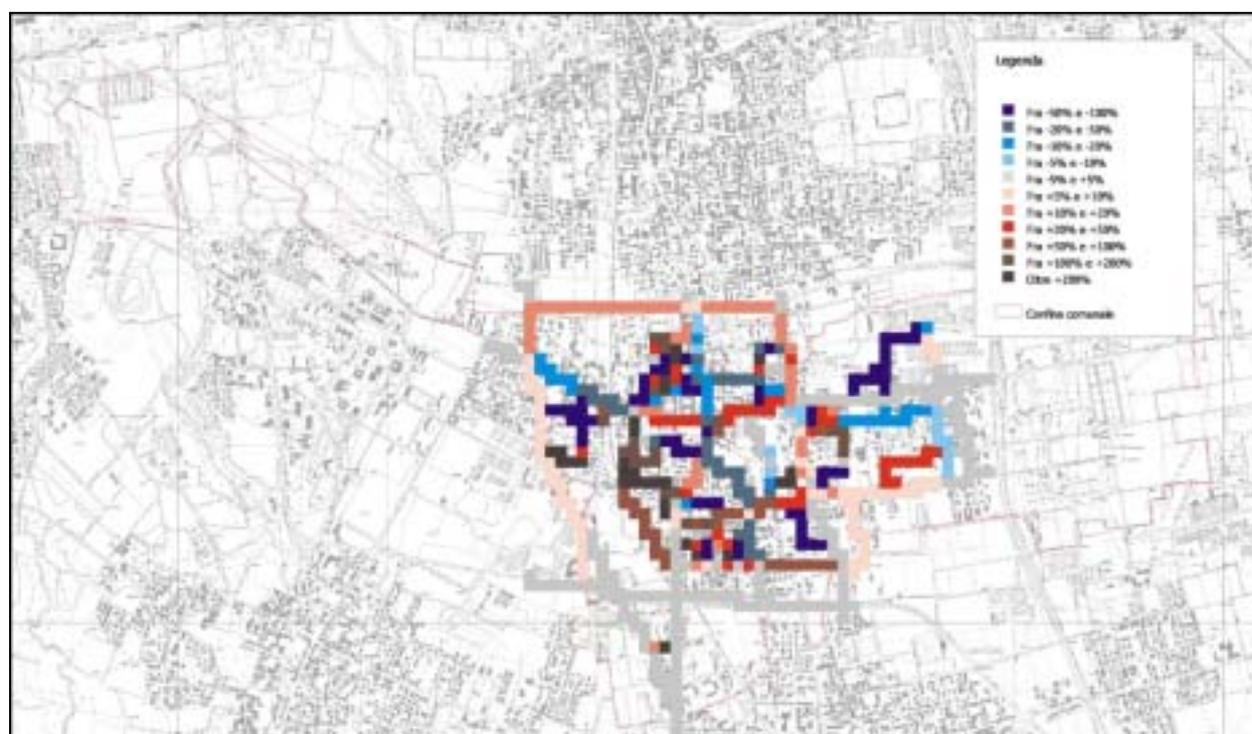


Figura 23 - Variazione percentuale di emissioni di Metano (CH_4) - Scenario Due

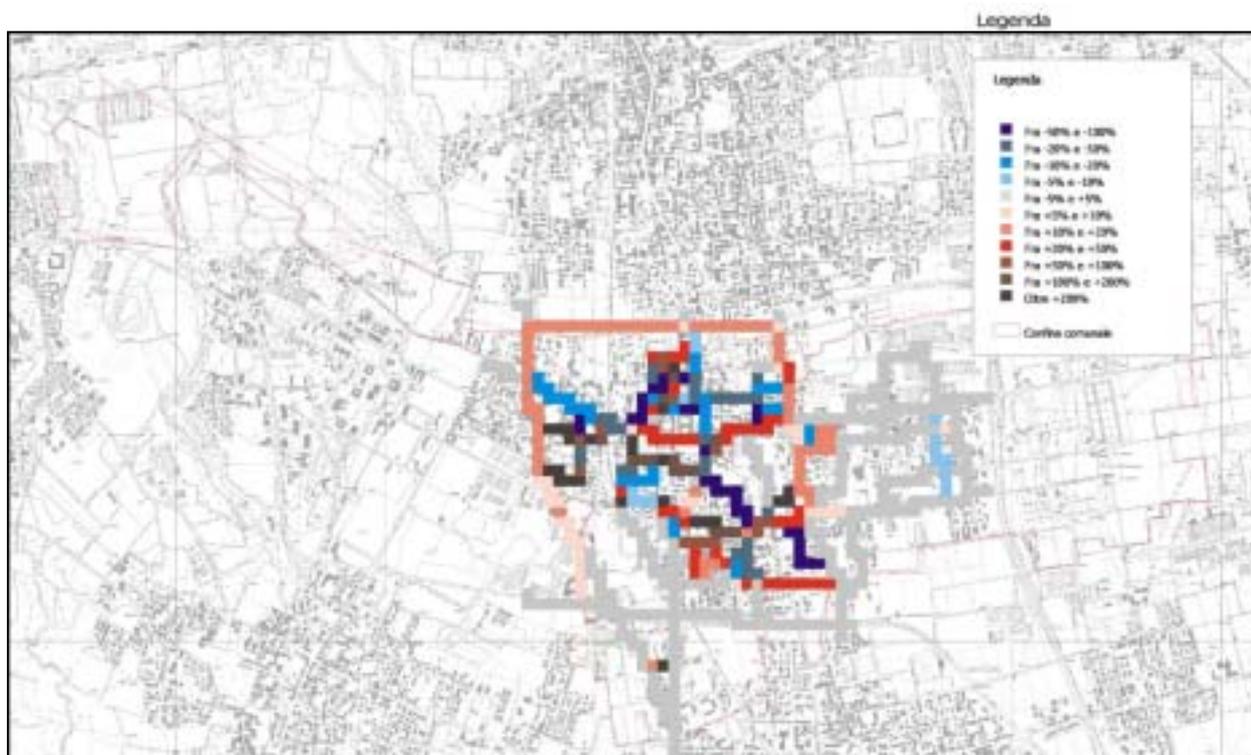


Figura 24 - Variazione percentuale di emissioni di Monossido di Carbonio (CO) - ScENARIO Uno

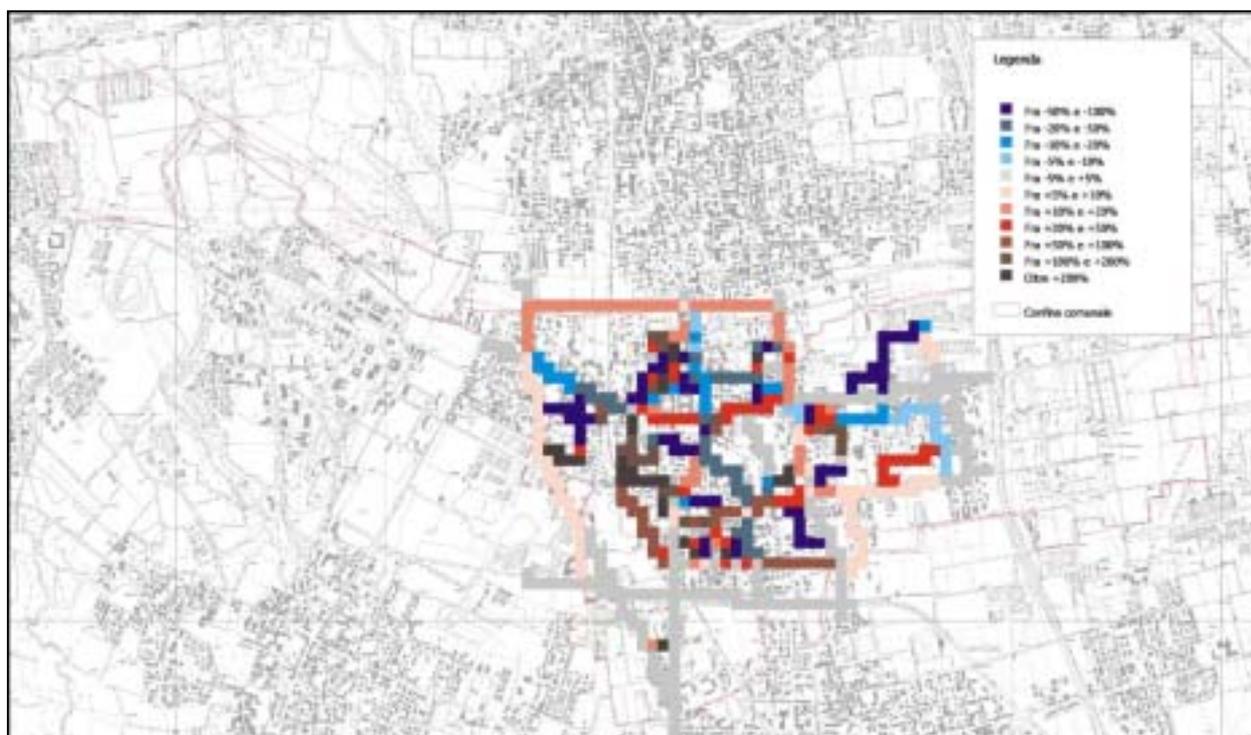


Figura 25 - Variazione percentuale di emissioni di Monossido di Carbonio (CO) - ScENARIO Due

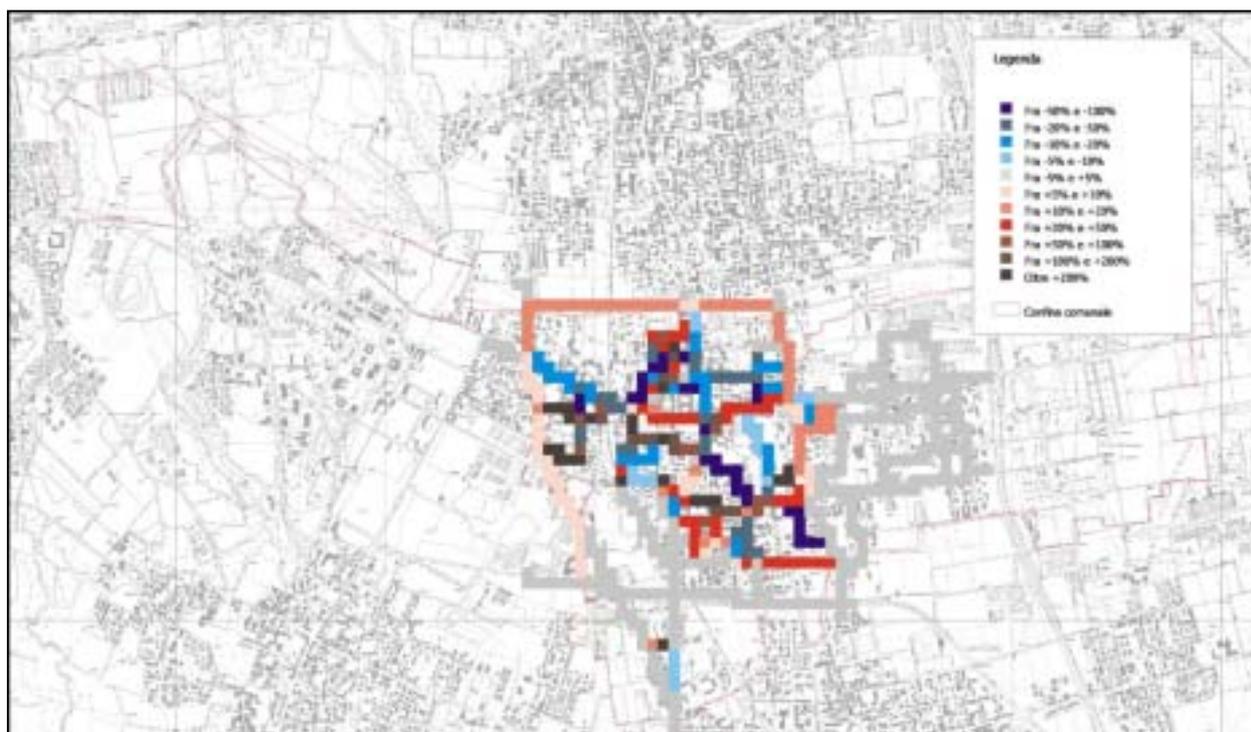


Figura 26 - Variazione percentuale di emissioni di Biossido di Carbonio (CO₂) - Scenario Uno

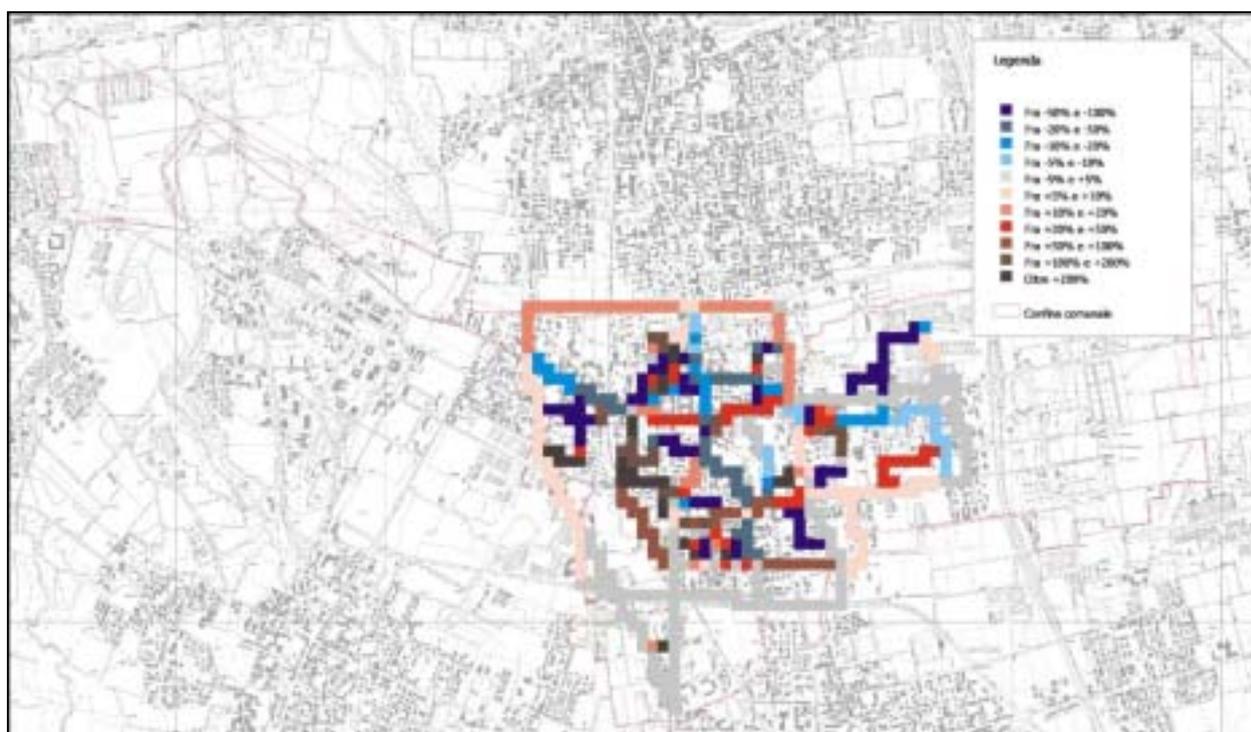


Figura 27 - Variazione percentuale di emissioni di Biossido di Carbonio (CO₂) - Scenario Due

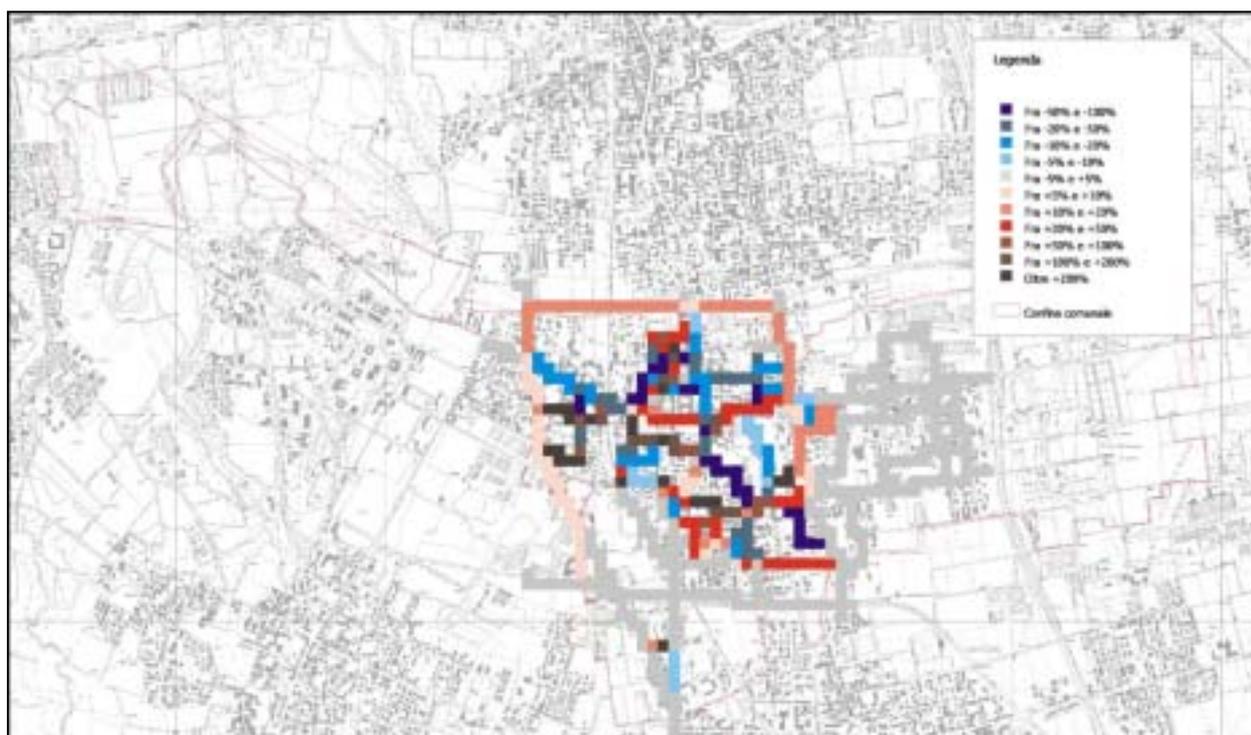


Figura 28 - Variazione percentuale di emissioni di Protossido di Azoto (N_2O) - Scenario Uno

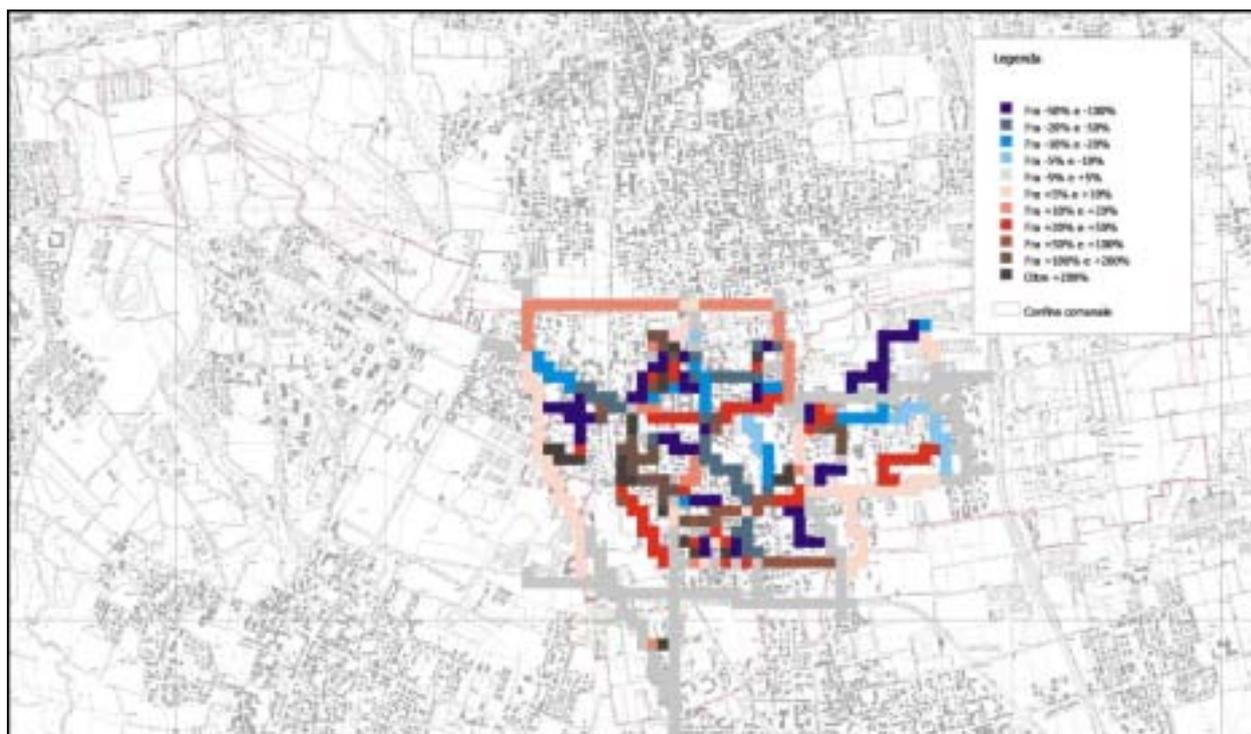


Figura 29 - Variazione percentuale di emissioni di Protossido di Azoto (N_2O) - Scenario Due

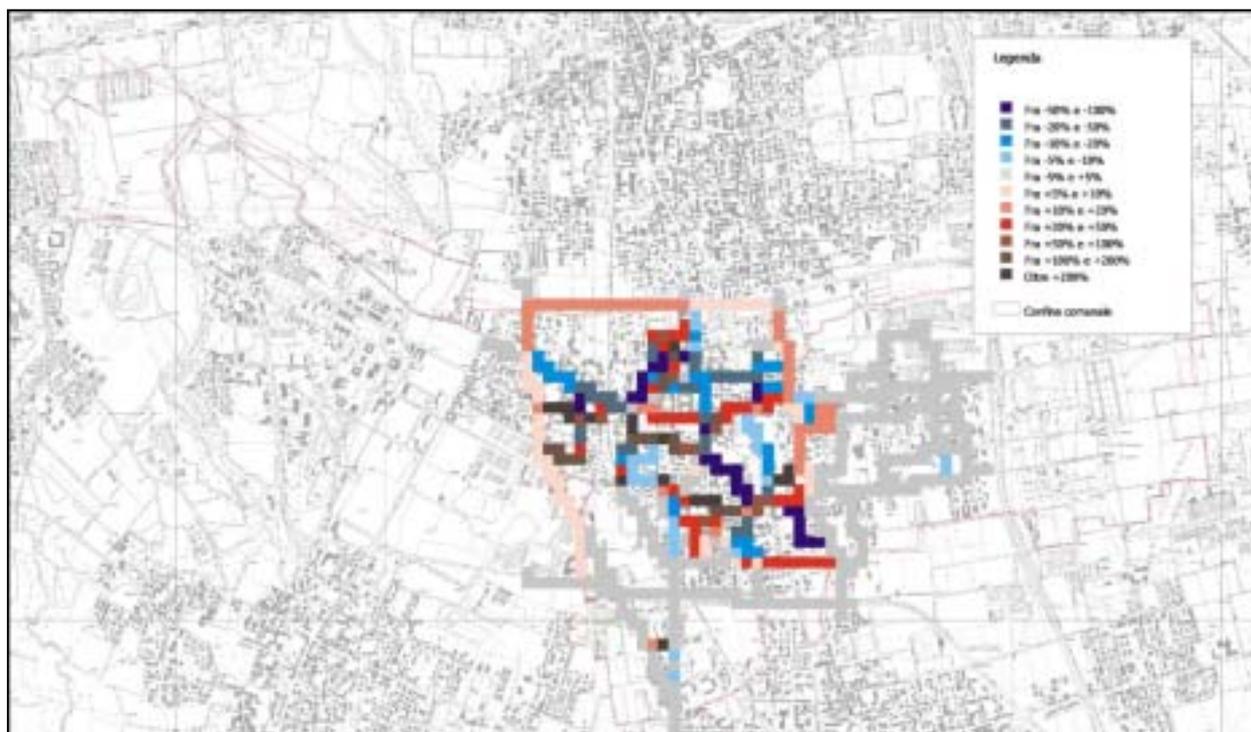


Figura 30 - Variazione percentuale di emissioni di Ammoniaca (NH₃) - Scenario Uno

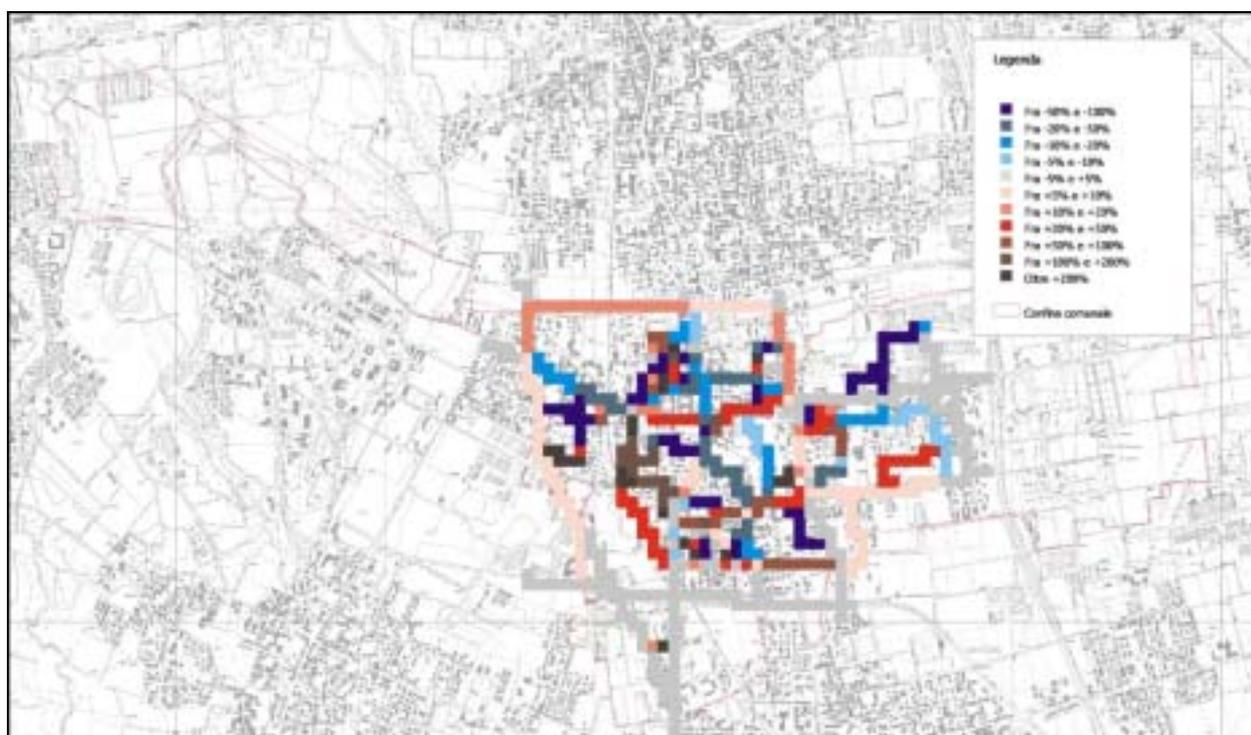


Figura 31 - Variazione percentuale di emissioni di Ammoniaca (NH₃) - Scenario Due

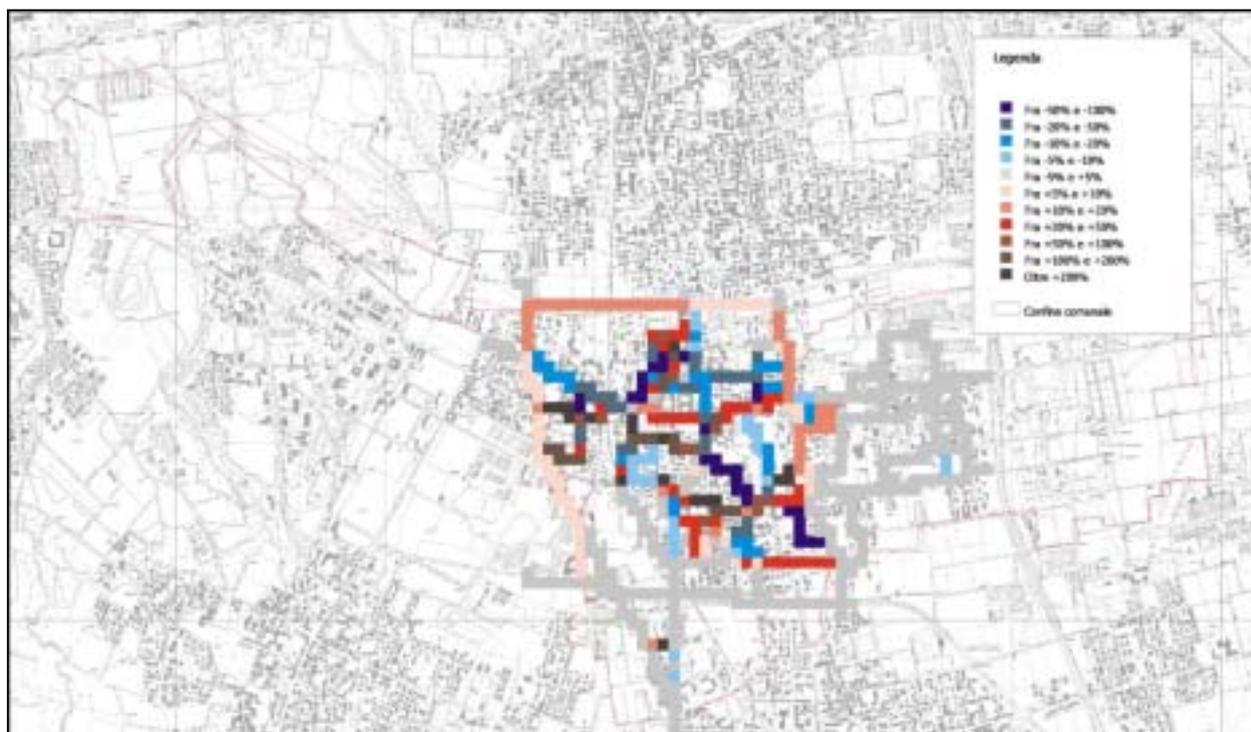


Figura 32 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Azoto (NO_x) - Scenario Uno

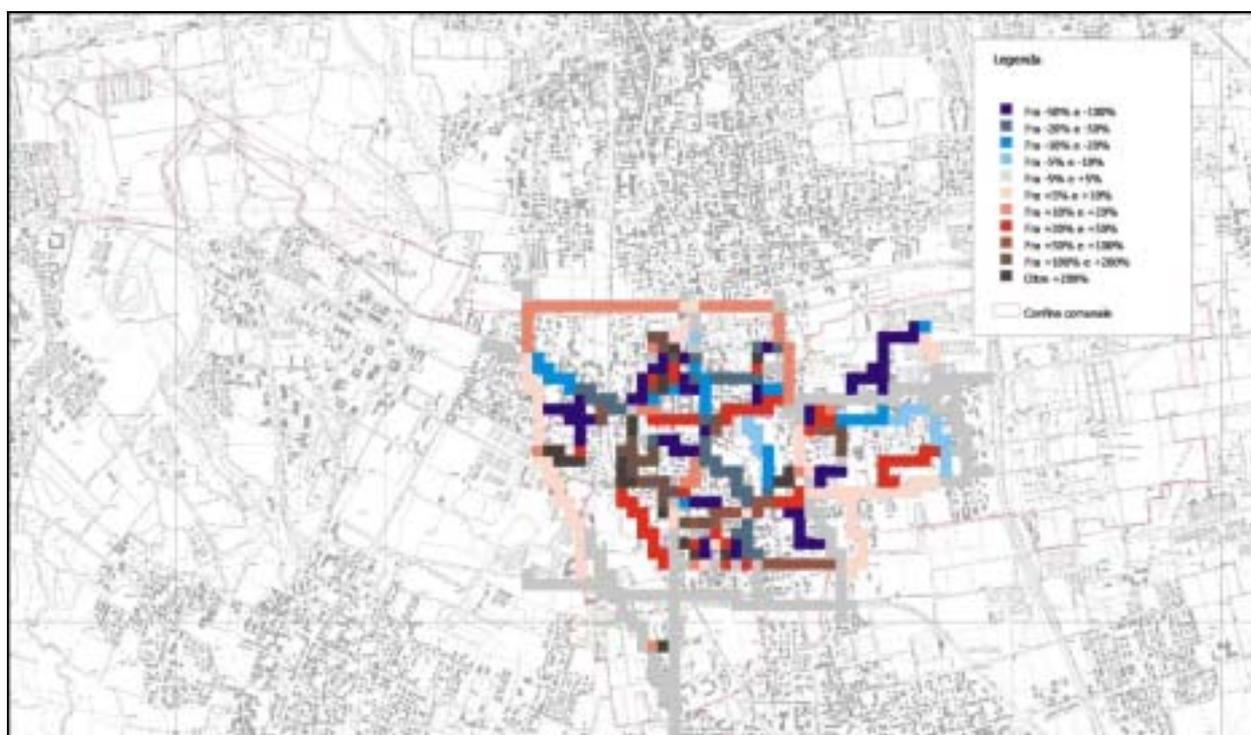


Figura 33 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Azoto (NO_x) - Scenario Due

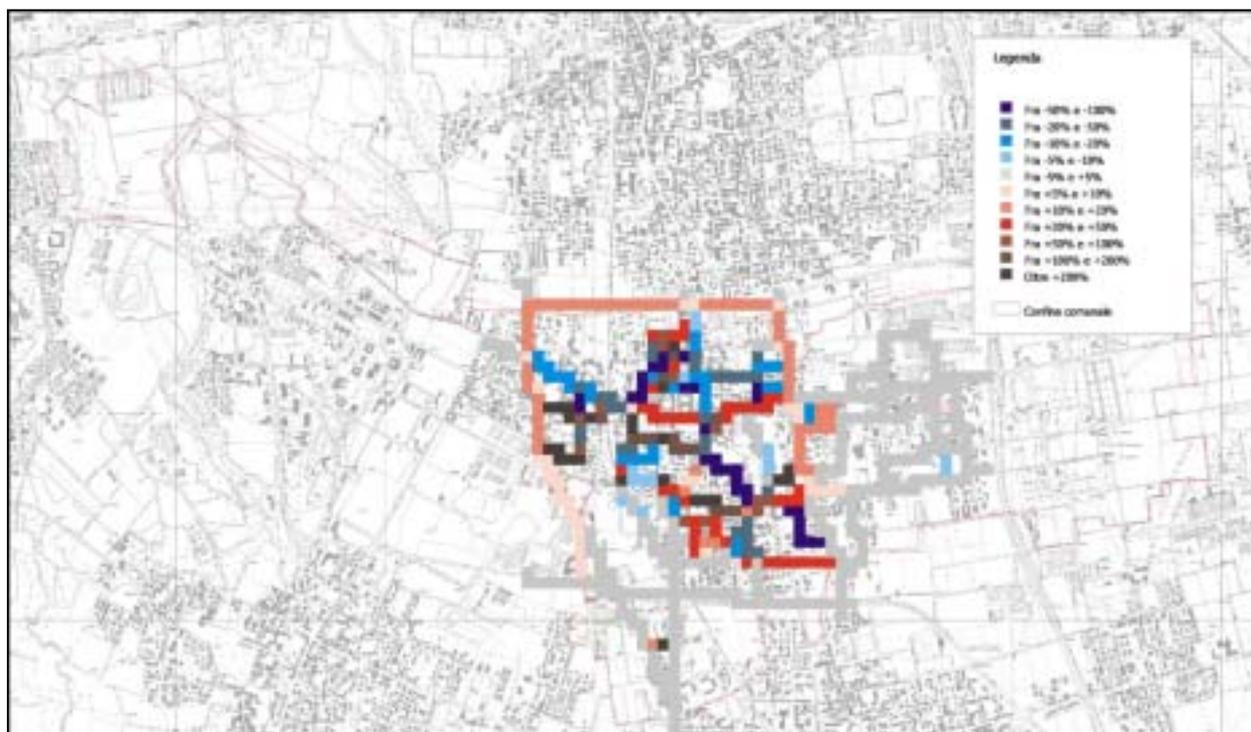


Figura 34 - Variazione percentuale di emissioni di Piombo (Pb) - Scenario Uno

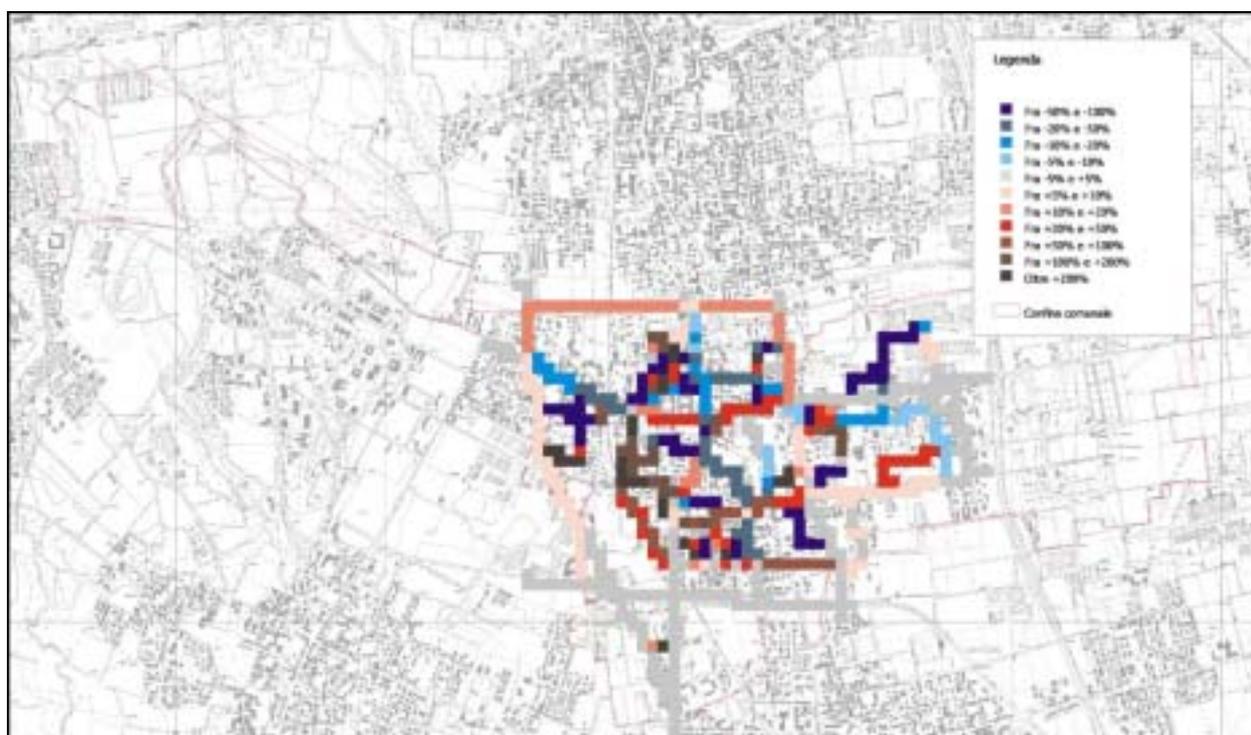


Figura 35 - Variazione percentuale di emissioni di Piombo (Pb) - Scenario Due

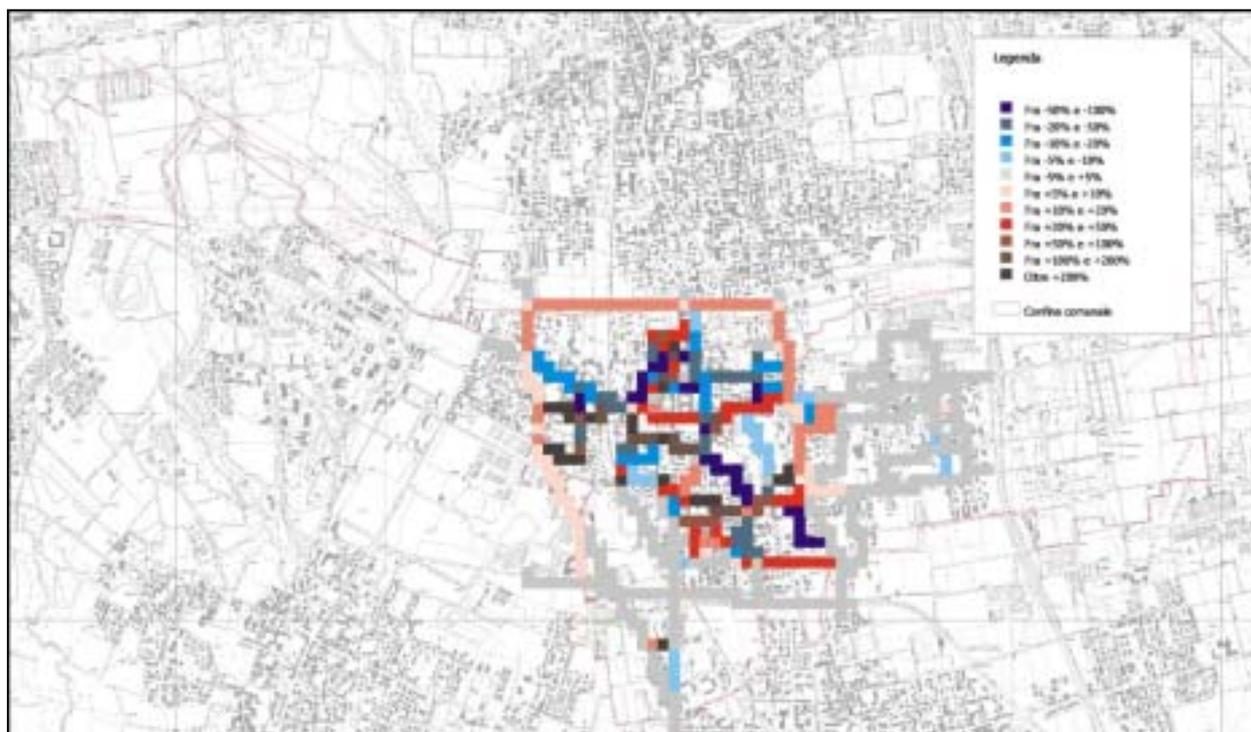


Figura 36 - Variazione percentuale di emissioni di Polveri Totali Sospese (PTS) - ScENARIO Uno

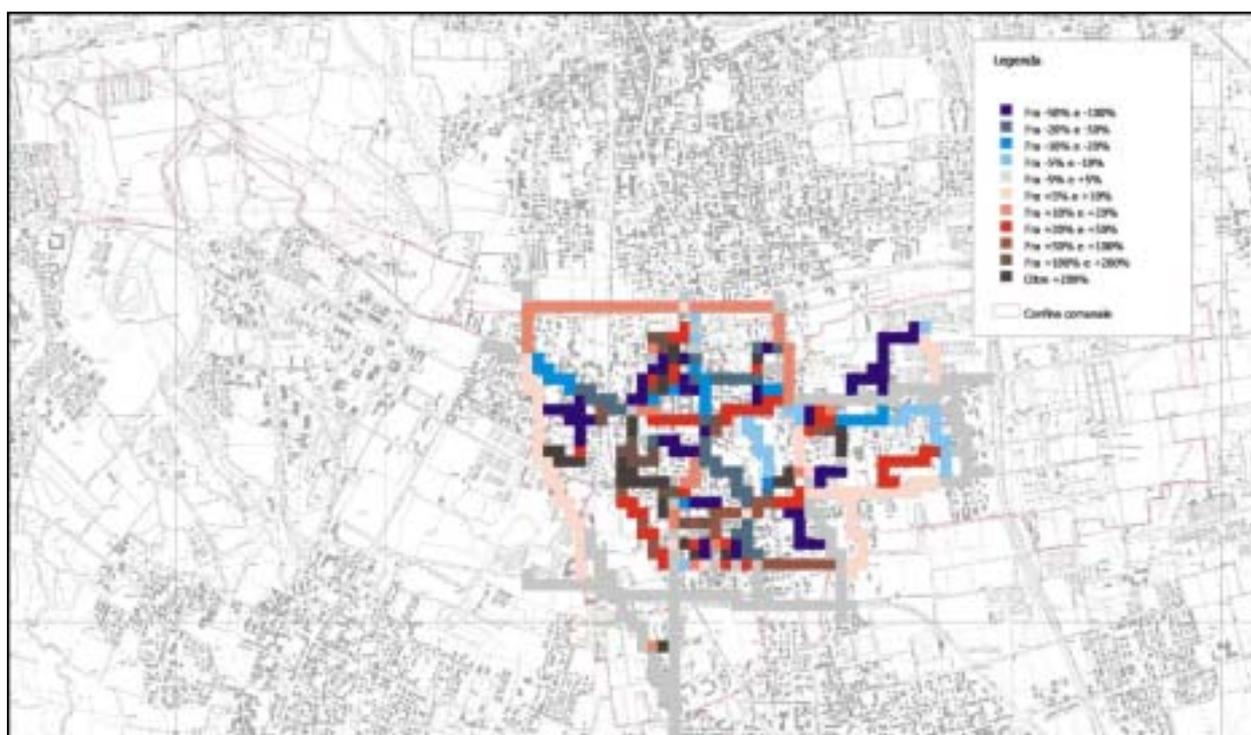


Figura 37 - Variazione percentuale di emissioni di Polveri Totali Sospese (PTS) - ScENARIO Due

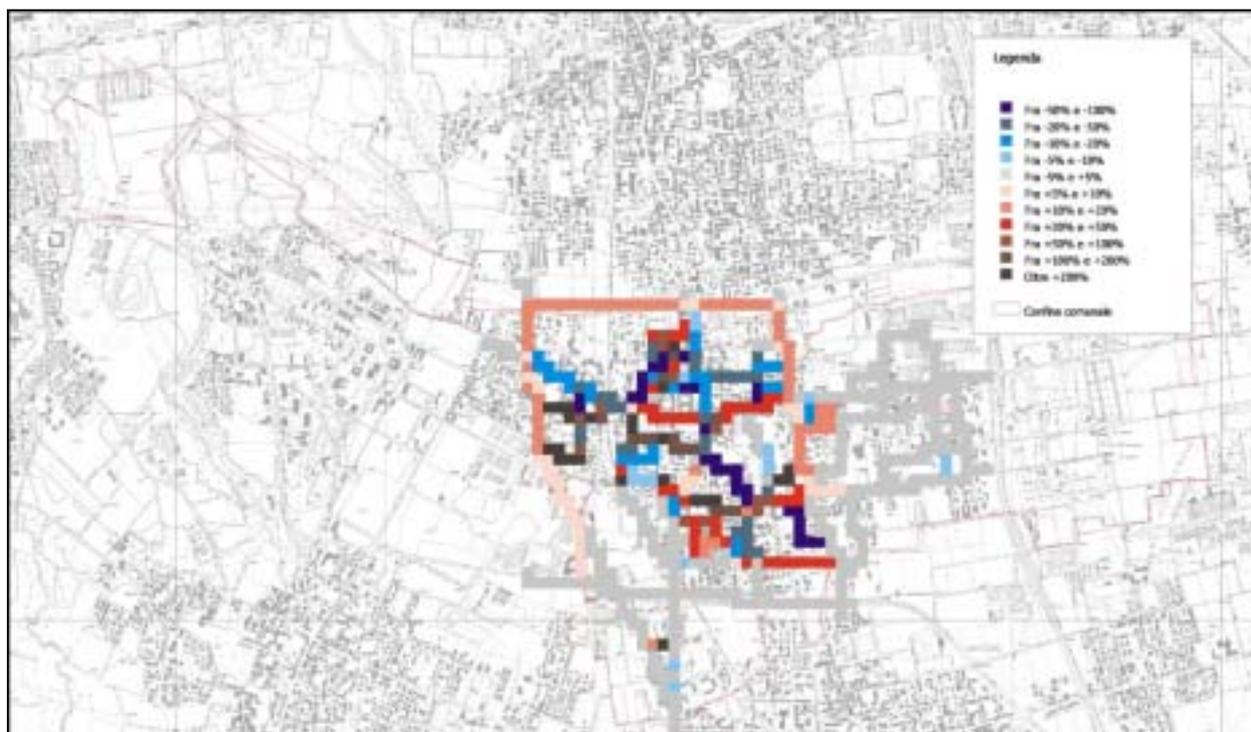


Figura 38 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Zolfo (SO₂) - Scenario Uno

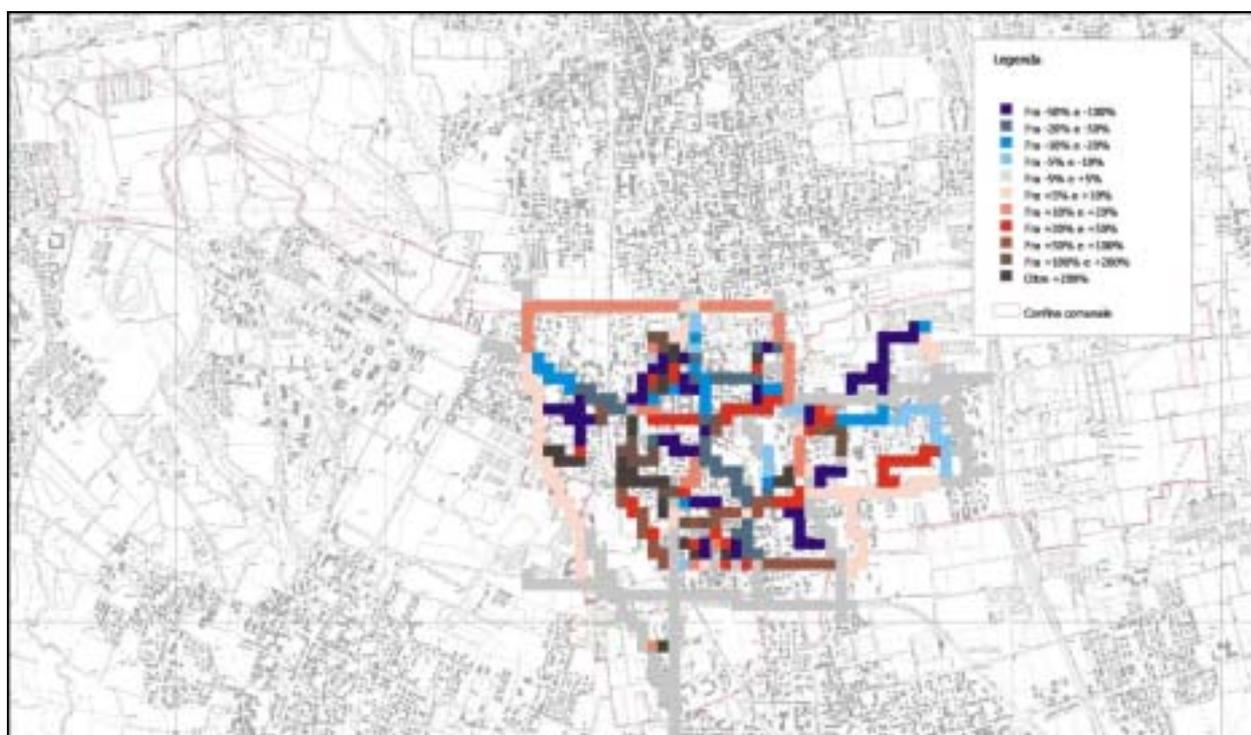


Figura 39 - Variazione percentuale di emissioni di Ossidi di Zolfo (SO₂) - Scenario Due

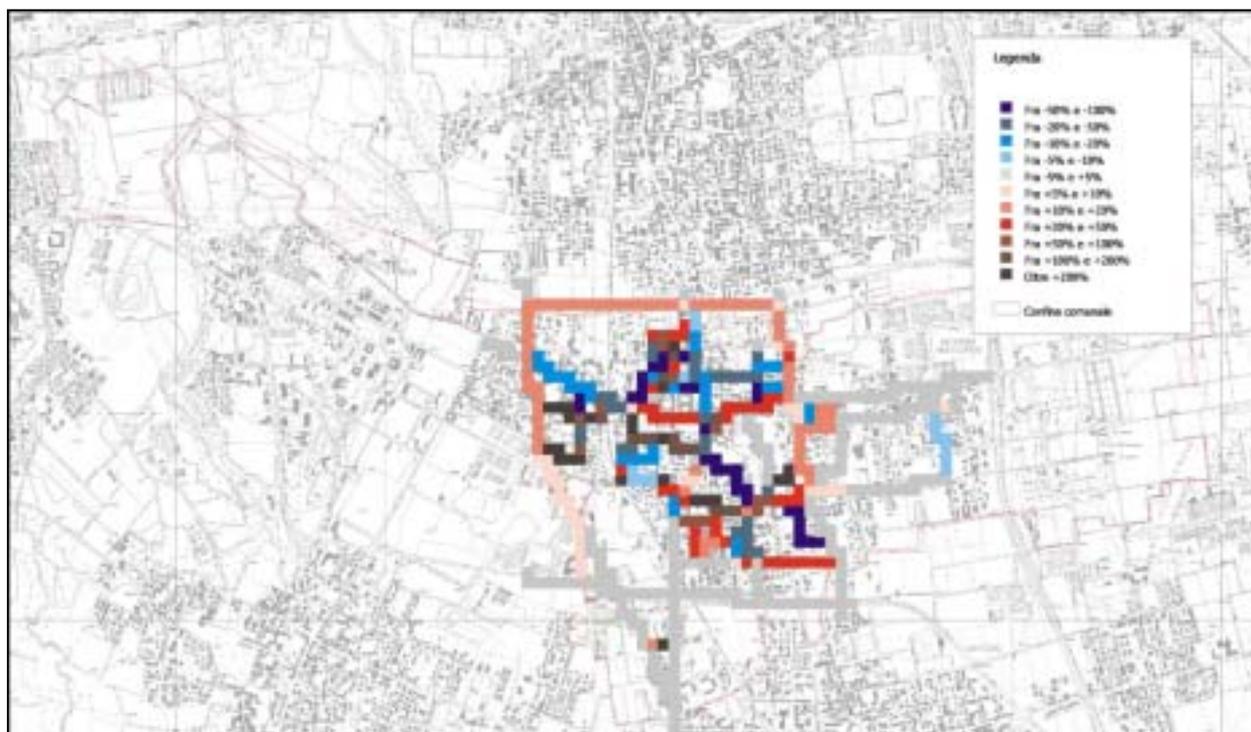


Figura 40 - Variazione percentuale di emissioni di Composti Organici Volatili (COV) - Scenario Uno

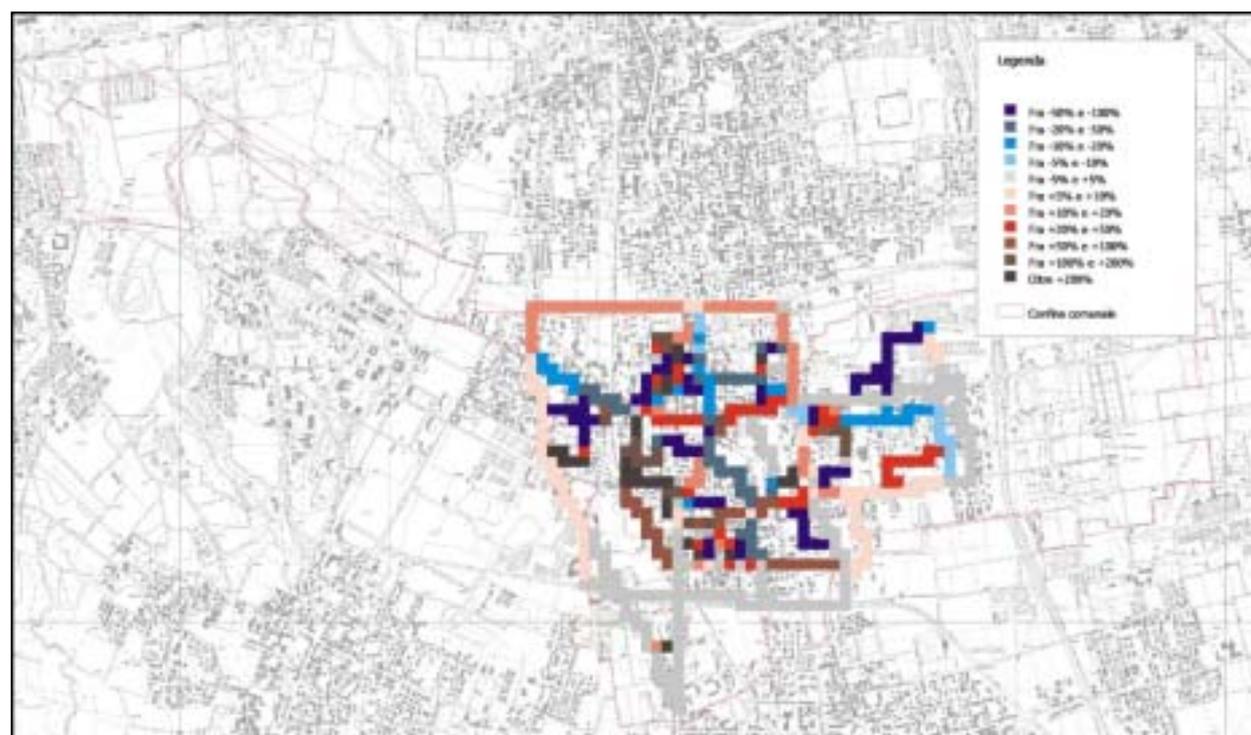


Figura 41 - Variazione percentuale di emissioni di Composti Organici Volatili (COV) - Scenario Due

Come è possibile osservare dalle immagini, in entrambi gli scenari elaborati dai tecnici le variazioni percentuali di emissioni di sostanze inquinanti non sono facilmente localizzabili in zone precise del territorio comunale, ma al contrario i dati risultano fortemente collegati tra loro. Questo fatto porta a considerare come il semplice intervento di riorganizzazione della disciplina viabilistica non sia sufficiente a tutelare un intero centro abitato, ma abbia come unica conseguenza lo spostamento delle emissioni inquinanti tra un'arteria e l'arteria attigua, con effetto tutto sommato molto modesto sulla qualità complessiva dell'aria.

Tuttavia, pur con questi limiti, è possibile scorgere delle differenze importanti tra i due diversi scenari: infatti, rispetto allo scenario Uno, lo scenario Due riesce a spostare una quantità maggiore di emissioni verso la zona industriale che è collocata nella fascia sudorientale di Bovisio Masciago e, nel contempo, ne favorisce la diminuzione nelle aree più tipicamente residenziali dell'abitato. Come già notato nel caso di Cernusco sul Naviglio, è però importante associare alla lettura delle variazioni percentuali di emissioni di sostanze inquinanti, anche i dati assoluti: il calcolo complessivo espresso in tonnellate per giorno su tutta la superficie comunale, con dettaglio di ogni singolo inquinante, è riportato nella Tabella 2 della pagina seguente.

4. L'analisi dei dati

Di seguito in Tabella 1 sono presentati i dati di emissione di inquinante in valore assoluto prima e dopo l'adozione del Piano Urbano del Traffico e le variazioni percentuali valutate nelle ore di punta su tutto il grigliato di calcolo a Cernusco sul Naviglio. Nella Tabella 2, invece, gli stessi dati sono riferiti a Bovisio Masciago: in questo caso è possibile vedere le differenze di valori in termini assoluti per entrambi gli scenari elaborati dai tecnici per il Piano Urbano del Traffico, come pure confrontare le differenze di emissioni derivate dalle ipotesi di intervento dei due scenari al confronto con lo stato di fatto, o scenario Zero.

<i>Inquinante</i>	<i>Tonnellate/giorno pre-PUT</i>	<i>Tonnellate/giorno post-PUT</i>	<i>Variazione emissioni</i>	<i>Variazione percentuale</i>
CO ₂	243.0626	236.3394	-6.7232	-2.77%
NO _x	1.3759	1.3639	-0.012	-0.87%
CO	16.4952	15.6537	-0.8415	-5.10%
VOC	2.1045	2.0251	-0.0794	-3.77%
PTS	0.1257	0.1237	-0.002	-1.59%
CH ₄	0.1198	0.1152	-0.0046	-3.84%
SO ₂	0.3472	0.3368	-0.0104	-3.00%
C ₆ H ₆	0.0829	0.0798	-0.0031	-3.74%
Pb	0.0049	0.0047	-0.0002	-4.08%
N ₂ O	0.0194	0.0195	0.0001	0.52%
NH ₃	0.0224	0.0227	0.0003	1.34%

Tabella 1 - Confronto fra valori di emissioni prima e dopo l'attuazione del PUT di Cernusco sul Naviglio

	<i>Scenario Zero (Ton/giorno)</i>	<i>Scenario Uno (Ton/giorno)</i>	<i>Scenario Due (Ton/giorno)</i>	<i>Variazione Zero - Uno</i>	<i>Variazione Zero - Due</i>	<i>Variazione percentuale Zero - Uno</i>	<i>Variazione percentuale Zero - Due</i>
CO ₂	45.54	48.0484	47.9995	2.5084	2.4595	5.5%	5.4%
NO _x	0.2791	0.2927	0.2942	0.0136	0.0151	4.9%	5.4%
CO	2.6721	2.8326	2.8166	0.1605	0.1445	6.0%	5.4%
VOC	0.309	0.3274	0.3257	0.0184	0.0167	6.0%	5.4%
PTS	0.0192	0.0202	0.0203	0.001	0.0011	5.2%	5.7%
CH ₄	0.0181	0.0192	0.0191	0.0011	0.001	6.1%	5.5%
SO ₂	0.0619	0.0653	0.0653	0.0034	0.0034	5.5%	5.5%
C ₆ H ₆	0.0121	0.0128	0.0128	0.0007	0.0007	5.8%	5.8%
Pb	0.0009	0.001	0.0009	0.0001	0	11.1%	0.0%
N ₂ O	0.0044	0.0046	0.0047	0.0002	0.0003	4.5%	6.8%
NH ₃	0.0056	0.0059	0.0059	0.0003	0.0003	5.4%	5.4%

Tabella 2 - Confronto fra valori di emissioni nel passaggio da scenario 0 a scenario 1 e da scenario 0 a scenario 2 per Bovisio Masciago

Dal confronto di questi dati risulta evidente che, se nel caso di Cernusco sul Naviglio si nota una complessiva diminuzione delle emissioni inquinanti in misura variabile e compresa tra l'1% e il 4%, a seconda della sostanza presa in esame, a Bovisio Masciago entrambi gli scenari di intervento registrano invece un aumento medio delle emissioni superiore al 5%. Il motivo di questo innalzamento dei valori si deve essenzialmente al rallentamento medio del flusso veicolare che viene originato dalle restrizioni della circolazione presenti nel nuovo disegno della viabilità. Tali misure, concepite dai tecnici incaricati della redazione del Piano Urbano del Traffico per tutelare la zona centrale del centro abitato, costringono i flussi interni verso una deviazione lungo percorsi tortuosi e lenti e, se alleggeriscono alcuni assi, allo stesso tempo ne impegnano più intensamente altri. Visto che dunque si registra nel complesso un aumento generale delle emissioni di sostanze inquinanti, è compito del tecnico incaricato della redazione del PUT - con la supervisione dell'Amministrazione Comunale - distinguere in quali punti del centro abitato si localizzino gli incrementi e dove le diminuzioni, e quindi intervenire sulla viabilità in maniera tale da spostare gli incrementi nelle zone ove sia maggiormente favorita la dispersione e spostare le diminuzioni nei quartieri più densamente abitati, e in ogni caso ovunque sia presente la tipica conformazione geometrica da canyon urbano⁶.

SITUAZIONE ATTUALE		<i>FERIALE</i> <i>ora di punta</i>	<i>FERIALE</i> <i>ora di morbida</i>	<i>SABATO</i> <i>ora di punta</i>	<i>DOMENICA</i> <i>ora di punta</i>
monossido di carbonio	(kg/giorno)	236	149	182	102
ossidi di azoto	(kg/giorno)	23	15	18	10
Composti Organici Volatili	(kg/giorno)	27	17	21	12
benzene	(kg/giorno)	1.1	0.7	0.8	0.5
Polveri Totali Sospese	(kg/giorno)	1.6	1.0	1.3	0.7
piombo	(kg/giorno)	0.1	0.04	0.06	0.03
biossido di zolfo	(kg/giorno)	5.2	3.3	4.1	2.3
biossido di carbonio	(kg/giorno)	3843	2443	2986	1682
metano	(kg/giorno)	1.6	1.0	1.2	0.7
protossido di azoto	(kg/giorno)	0.4	0.2	0.3	0.2
ammoniaca	(kg/giorno)	0.4	0.3	0.4	0.2

Tabella 3 - Emissioni atmosferiche orarie prodotte dalla componente traffico veicolare nello scenario Zero a Bovisio Masciago - valori assoluti

Nella Tabella 3 è riportato il dettaglio dei dati di rilevamento delle emissioni a Bovisio Masciago, allo stato di fatto (scenario Zero), espressi in valore assoluto per tutte le sostanze prese in esame. Il valore delle emissioni (in chilogrammi per giorno) viene

⁶ Asse stradale chiuso da edifici su entrambi i lati ove il rapporto fra l'altezza degli edifici e la larghezza della strada superi un determinato valore critico.

riportato nell'ora di punta del giorno feriale medio, nell'ora di morbida del giorno feriale medio, nell'ora di punta del sabato (o giorno prefestivo), nell'ora di punta della domenica. Per Bovisio Masciago è stato possibile effettuare anche un'elaborazione di questo tipo perché durante la definizione del capitolato per l'affidamento della redazione del Piano Urbano del Traffico è stata specificata e inserita anche questa voce; e quindi i tecnici hanno esteso il loro campo di indagine anche a giornate tradizionalmente trascurate dagli analisti del traffico ma comunque importanti dal punto di vista ambientale.

Analogamente gli stessi dati sono stati elaborati e presentati in Tabella 4 come valori percentuali rispetto all'ora di punta del giorno feriale, presa come indice di riferimento.

SITUAZIONE ATTUALE	<i>FERIALE ora di punta</i>	<i>FERIALE ora morbida</i>	<i>di SABATO ora di punta</i>	<i>di DOMENICA ora di punta</i>
CO	100.00%	63.13%	77.11%	43.22%
Nox	100.00%	65.21%	78.26%	43.48%
COV	100.00%	62.96%	77.77%	44.44%
C6H6	100.00%	63.63%	72.73%	45.45%
PTS	100.00%	62.50%	81.25%	43.75%
Pb	100.00%	40.00%	60.00%	30.00%
SO2	100.00%	63.46%	78.85%	44.23%
CO2	100.00%	63.57%	77.70%	43.77%
CH4	100.00%	62.50%	75.00%	43.75%
N2O	100.00%	50.00%	75.00%	50.00%
NH3	100.00%	75.00%	100.00%	50.00%

Tabella 4 - Emissioni atmosferiche orarie da traffico nello scenario Zero a Bovisio Masciago - valori percentuali rispetto alla punta

Tutti i dati presentati in questo studio sono stati forniti all'Amministrazione Comunale, alla quale compete la responsabilità delle decisioni e delle strategie di intervento per la situazione presentata. E' quindi compito dell'Amministrazione valutare l'opportunità delle proposte fino ad ora formulate e, tenendo conto degli studi redatti, decidere se questi siano aderenti alla propria strategia in termini di pianificazione della viabilità o se invece, al contrario, i dati riportati non siano conformi all'obiettivo prefissato. In quest'ultima ipotesi sarà opportuno prevedere nuove soluzioni e incaricare i tecnici di preparare nuovi scenari che comportino minor impatto ambientale e che tengano in considerazione, in maniera più o meno sensibile, le valutazioni elaborate in materia di emissioni di sostanze inquinanti.

Per completare questo studio sono stati riportati nella Tabella 5 i valori espressi in microgrammi per metro cubo dei livelli di attenzione e di allarme di alcune sostanze inquinanti, così come vengono definiti dalla legislazione nazionale e regionale. Anche se tali dati non sono di immediata attinenza con l'argomento qui trattato, visto che è possibile rapportarsi alle soglie indicate come attenzione e allarme solo nel momento in cui si disponga anche di un modello di dispersione delle diverse sostanze in atmosfera - si è tuttavia ritenuto utile riferirli perché ricordano quanto l'esposizione prolungata dell'organismo all'azione di tali sostanze sia un fattore determinante, che deve giustamente essere tenuto in considerazione nel confronto fra mappe delle emissioni. Sarebbe infatti di grande utilità effettuare la sovrapposizione tra le mappe delle emissioni e le mappe della densità abitativa proprio al fine di tutelare la popolazione residente, trovando quindi le soluzioni più idonee per spostare il traffico, e quindi le relative emissioni, verso aree meno densamente abitate.

Sostanza inquinante		Livelli attenzion e	Livelli allarme
<i>I valori sono espressi in microgrammi per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), tranne per il monossido di carbonio, in milligrammi per metro cubo (mg/m^3).</i>			
Polveri (PTS)	concentrazione media giornaliera (D.G.R. 3/8/94)	90	180
	concentrazione media giornaliera (D.M. 25/11/94)	150	300
Polveri fini Pm10	concentrazione mobile settimanale	50	75
Anidride solforosa (SO ₂)	concentrazione media giornaliera	125	250
Biossido di azoto (NO ₂)	concentrazione media oraria	200	400
Ozono (O ₃)	concentrazione media oraria	180	360
Monossido di carbonio (CO)	concentrazione media oraria	15	30
	concentrazione media su 8 ore	10	-
Idrocarburi (NMHC)	media di 3 ore	200	

Tabella 5 - Livelli di attenzione e di allarme per alcuni inquinanti normati

5. Considerazioni conclusive

Dall'analisi dei due casi di studio affrontati sembra che gli unici provvedimenti in grado di abbattere il livello delle emissioni inquinanti complessive siano gli interventi di tipo infrastrutturale, che intervengono sulla viabilità spostando parte del traffico in zone meno densamente popolate e allo stesso tempo permettono di aumentare la velocità media dei veicoli rispetto alla velocità normalmente registrata all'interno dei centri urbani. Non bisogna però dimenticare che, in generale, sul medio periodo nuove infrastrutture attraggono nuovo traffico e nuovi insediamenti e che quindi è prevedibile un'ulteriore evoluzione della viabilità: la necessità di raggiungere tali nuovi insediamenti potrebbe nuovamente cambiare le caratteristiche dell'infrastruttura stessa, abbassando i livelli di servizio e riportando l'intera zona a condizioni simili a quelle che si sono volute correggere in precedenza. Inoltre non sempre è possibile nelle strategie di intervento, sia per ragioni economiche, sia anche per l'oggettiva mancanza di spazio, andare oltre la semplice riorganizzazione della disciplina viabilistica, magari con qualche piccolo intervento di adeguamento della sede stradale finalizzato, ad esempio, alla tutela dei pedoni. Le alternative sono quindi da valutarsi caso per caso e, ferma restando la priorità di abbattimento delle emissioni nelle zone più sensibili, indipendentemente dalla variazione delle emissioni totali sul territorio comunale, dev'essere l'Amministrazione Comunale a stabilire quale sia la soluzione preferibile.

Come si è visto, solo la stima quantitativa e georiferita è in grado di precisare chiaramente quali sono le conseguenze degli interventi proposti: una scelta che sembra consigliabile a prima vista perché protegge dal traffico il centro cittadino, si rivela più dannosa in termini ambientali per le controindicazioni che invece comporta.

A questa scala di pianificazione e con questi strumenti conoscitivi non è possibile fornire indicazioni generali sul modo di mitigare le ripercussioni del traffico sull'ambiente senza considerare anche un intervento sulla domanda di trasporto, ad esempio favorendo il trasporto pubblico. Lo strumento di analisi, descritto in queste pagine, fornisce al decisore pubblico informazioni sulle variazioni di emissioni inquinanti distribuite nel territorio di sua competenza, correlate alle diverse scelte. Ma, di nuovo, è solo la conoscenza dettagliata del territorio che permette di completare le indicazioni fornite dallo strumento di modellistica, e spetta quindi all'Amministrazione stesso, caso per caso, stabilire necessità e priorità.

E' infine opportuno ricordare che lo strumento qui descritto perde gradualmente validità e precisione qualora scenda la scala considerata; è quindi oltremodo consigliato lo sviluppo di strategie di governo del traffico - e delle emissioni da esso generate - di livello

sovracomunale, indicazione peraltro condivisa da chi si occupa tradizionalmente solo di flussi veicolari in contesti fortemente urbanizzati.

Con strumenti modellistici più sofisticati è possibile anche arrivare a una simulazione delle emissioni che tenga conto dei cicli di guida (per esempio accelerazioni, frenate e manovre), ma allo stato attuale la base dati di riferimento - e cioè la quantità di inquinante emessa per metro ad una data velocità ed accelerazione - non può essere considerata del tutto completa e affidabile, e il compito dei tecnici del traffico, generalmente nuovi a questo tipo di elaborazioni, sarebbe reso ancor più complicato nella raccolta e trasmissione dati.

Ciononostante sono già in fase di sperimentazione delle procedure semplificate che tengano conto di distribuzioni statistiche medie delle condizioni di moto, anche se al momento è prematuro prevederne una distribuzione su larga scala.

Azioni correttive e provvedimenti necessari a diminuire i valori delle emissioni totali di sostanze inquinanti prodotte dal traffico devono essere intraprese su vari fronti, come:

- €# miglioramento tecnologico dei motori dei veicoli con lo sviluppo di sistemi di controllo della carburazione (ad esempio: sonda lambda), trattamento dei gas di scarico (come marmitte catalitiche), o altri fattori decisivi per le emissioni inquinanti;
- €# modifica della composizione dei carburanti, come la sostituzione della benzina super con benzina verde con contenuto in piombo standard progressivamente più basso con il passare degli anni;
- €# riduzione della quantità di emissioni dovute al traffico privato, grazie alla promozione del servizio di trasporto pubblico, dei vettori a trazione elettrica e del trasporto non motorizzato;
- €# provvedimenti sul controllo del traffico: interventi sulla geometria stradale per la moderazione delle velocità, interventi sulla fluidificazione dei flussi veicolari per mantenere costante il regime di marcia, introduzione ed estensione delle zone pedonali ed a traffico limitato, limitazione e tariffazione della sosta, introduzione delle tecnologie telematiche a supporto della regolazione del traffico;
- €# provvedimenti sulla regolazione di orari di apertura di scuole, uffici ed esercizi commerciali per livellare i picchi registrati nelle ore di punta, e per la regolazione dei flussi di distribuzione delle merci;
- €# provvedimenti di carattere educativo rivolti sia ai motociclisti sia agli automobilisti, soprattutto se professionisti e autotrasportatori, indirizzati a illustrare la correlazione causa/effetto che si instaura tra i diversi comportamenti di guida e le quantità di emissioni inquinanti prodotte dal motore del veicolo.

Allegato

Elenco dei dati necessari per poter effettuare il calcolo delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera dovute alla componente traffico veicolare

Rappresentazione del grafo

Per poter effettuare il calcolo delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera dovute alla componente traffico veicolare è indispensabile dettagliare il più possibile il movimento dei mezzi sulla rete stradale e circoscrivere i flussi di traffico all'interno dell'area di riferimento.

Come dato di partenza è necessario che venga fornita una rappresentazione schematica della rete stradale, individuata come un insieme punti (nodi) che rappresentano gli incroci, collegati fra di loro da segmenti (archi) che riproducono invece i tratti di strada intermedi fra un incrocio e il successivo. E' possibile tuttavia effettuare una rappresentazione semplificata omettendo dal grafo i tratti di strada di scarsa importanza, come ad esempio i vicoli o le strade di servizio dei terreni agricoli, oppure i percorsi chiusi al traffico autoveicolare.

Tutte le informazioni che riguardano le infrastrutture della rete viaria debbono essere restituite in un grafo di rete informatizzato in ambiente GIS (MapInfo, ArcView) oppure in formato grafico (un file di tipo .dxf), georeferenziato rispetto al sistema di riferimento Gauss-Boaga.

Gli archi devono riprodurre, in maniera eventualmente semplificata⁷, il tracciato della strada rappresentata: è opportuno tuttavia precisare deve essere definito un arco per ogni senso di marcia. Per esemplificare, una strada a doppio senso sarà rappresentata da due archi, mentre una strada a senso unico da un arco soltanto.

Ogni arco deve quindi essere identificato in modo univoco da un indice (tipicamente si sceglie un numero naturale: 1,2, ...n) affinché sia possibile associargli tutte le informazioni necessarie, relative alle caratteristiche strutturali e di viabilità.

Qui di seguito sono elencati i codici di riferimento:

- ## numero progressivo, generalmente non necessario ma utile per operazioni di verifica e controllo sui dati: **PROGR**

- ## codice distintivo del primo nodo dell'arco: **ANODE**

- ## codice distintivo del secondo nodo dell'arco: **BNODE**

- ## coordinata x nel sistema Gauss-Boaga del primo nodo dell'arco: **XA**

⁷ E' importante che, qualora si rappresenti un tratto stradale curvo con un arco rettilineo, si cerchi comunque di non discostarsi troppo dalla posizione reale del tracciato (eventualmente utilizzando una spezzata poligonale al posto di un unico segmento), per non alterare significativamente la distribuzione spaziale delle emissioni.

- €# coordinata x nel sistema Gauss-Boaga del secondo nodo dell'arco: ***XB***
- €# coordinata y nel sistema Gauss-Boaga del primo nodo dell'arco: ***YA***
- €# coordinata y nel sistema Gauss-Boaga del secondo nodo dell'arco: ***YB***
- €# lunghezza reale dell'arco (importante quando si schematizza un tratto stradale curvo con un arco rettilineo): ***LENGHT***⁸
- €# pendenza dell'arco, se significativa (maggiore dell'1%, caso raro in provincia di Milano), con segno positivo se in salita, negativo se in discesa: ***SLOPE***
- €# velocità media del flusso autoveicolare sull'arco nell'intervallo di tempo considerato (tipicamente l'ora di punta): ***SPEED***
- €# flusso di traffico totale transitato sull'arco nell'intervallo di tempo considerato: ***VOLUME***
- €# velocità di flusso libero sull'arco (quella a cui viaggerebbe un veicolo solo, generalmente condizionata soprattutto dalle condizioni della strada): ***VEL_FL_LIB***
- €# capacità dell'arco, espressa in veicoli/ora: ***CAPACITA***
- €# codice della curva di deflusso da utilizzare per l'arco (si veda più avanti nel testo per i dettagli): ***CURVA_DEFL***
- €# indice di identificazione dell'arco nel file grafico fornito ***ID_ARCO_DXF***

A titolo esemplificativo viene riportato in Figura 42 un grafo: tutte le informazioni relative alla viabilità dell'area qui rappresentata e secondo i codici più sopra descritti, sono elencati nella tabella 6 della pagina successiva.

⁸ Vedi Nota 1

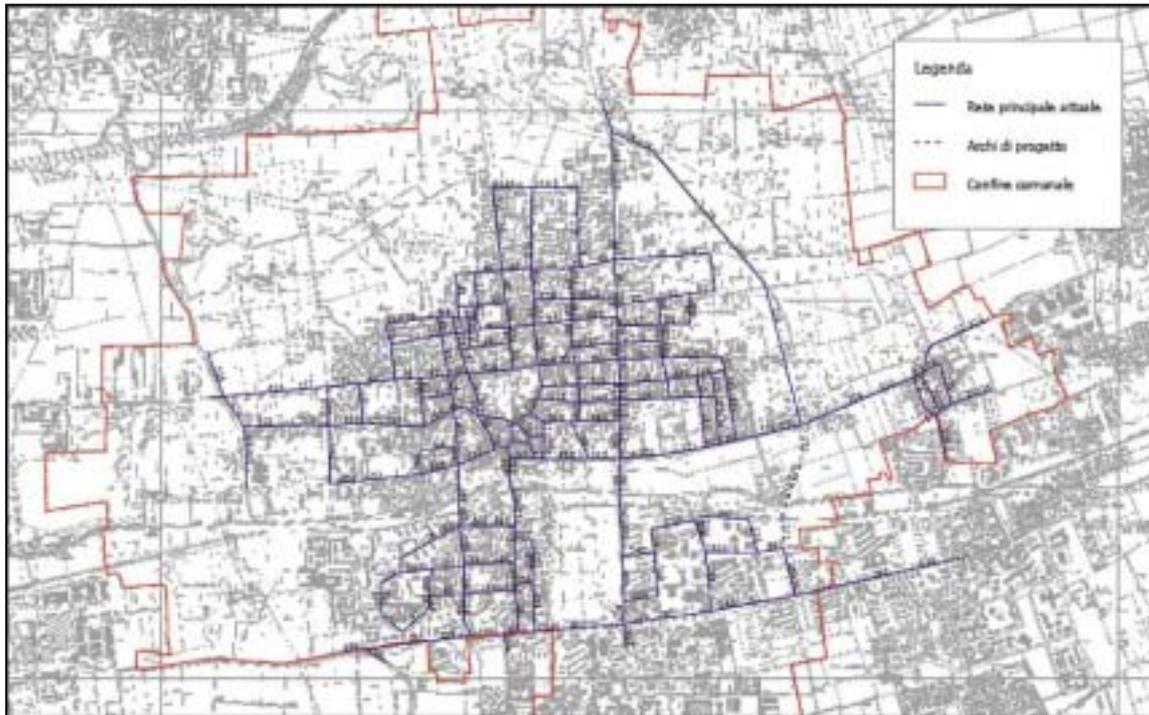


Figura 42 - Esempio di grafo di rete sovrapposto al raster della Carta Tecnica Regionale

E' importante precisare che i nodi devono sempre essere identificati in maniera tale da rappresentare l'effettivo senso di percorrenza dell'arco: se, ad esempio l'arco 148 collega i nodi 12 e 35 e rappresenta, in una strada a doppio senso, il senso di marcia da 35 a 12, l'indicazione corrisponde sul grafo sarà ANODE=35 e BNODE=12.

ID ARCO	ANODE	BNODE	COORDINATA N	COORDINATA E	COORDINATA S	COORDINATA O	SENSO	VELOCITA'	TIPOLOGIA	VAL. FL. IN	COMUNICAZ.	COMUN. DATA	ST. ARCO (M)
1	100	101	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	1
2	100	102	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	2
3	100	103	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	3
4	100	104	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	4
5	100	105	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	5
6	100	106	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	6
7	100	107	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	7
8	100	108	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	8
9	100	109	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	9
10	100	110	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	10
11	100	111	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	11
12	100	112	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	12
13	100	113	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	13
14	100	114	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	14
15	100	115	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	15
16	100	116	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	16
17	100	117	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	17
18	100	118	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	18
19	100	119	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	19
20	100	120	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	20
21	100	121	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	21
22	100	122	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	22
23	100	123	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	23
24	100	124	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	24
25	100	125	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	25
26	100	126	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	26
27	100	127	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	27
28	100	128	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	28
29	100	129	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	29
30	100	130	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	30
31	100	131	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	31
32	100	132	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	32
33	100	133	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	33
34	100	134	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	34
35	100	135	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	35
36	100	136	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	36
37	100	137	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	37
38	100	138	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	38
39	100	139	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	39
40	100	140	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	40
41	100	141	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	41
42	100	142	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	42
43	100	143	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	43
44	100	144	1001000.000	1001000.000	1001000.000	1001000.000	0	30.00	300.00	10.0	0.00	1000	44

Tabella 6 - Esempio di tabella dati collegata al grafo stradale

Curve di deflusso

Le curve di deflusso dovranno essere fornite come espressioni, continue o discretizzate, del rapporto percentuale **fra** (flusso veicolare) **su** (capacità nominale) in funzione del rapporto percentuale fra (velocità media di percorrenza) su (velocità a vuoto) secondo le seguenti convenzioni:

- ≠# quando il flusso veicolare è nullo, il rapporto (velocità media di percorrenza/velocità a vuoto)=0
- ≠# al crescere del rapporto (flusso veicolare/capacità nominale), il rapporto (velocità media di percorrenza/velocità a vuoto) decresce secondo l'andamento fornito dalla curva di deflusso stessa

Una possibile rappresentazione (consigliata) delle curve di deflusso è riportata in Figura 43:

CURVA_DEFL=1		CURVA_DEFL=2	
Vel/Vel_fl_lib	Vol/capacità	Vel/Vel_fl_lib	Vol/capacità
100%	0%	100%	0%
91%	5%	95%	4%
77%	9%	86%	5%
68%	10%	78%	7%
64%	15%	74%	11%
62%	20%	73%	14%
61%	25%	71%	18%
61%	30%	70%	21%
61%	35%	69%	25%
61%	40%	69%	29%
61%	45%	69%	32%
61%	50%	69%	36%
61%	100%	69%	100%

Figura 43 - Esempi di rappresentazione di curve di deflusso

Ogni curva di deflusso va distinta con un proprio indice identificativo (*CURVA_DEFL*) e fornita su appositi file in formato ASCII o in forma tabellare leggibile con i più comuni strumenti di gestione dati (Excel, Access, etc.).

Fattori di forma

I fattori di forma sono le curve che rappresentano la variazione dei flussi di traffico nell'arco della giornata, quando possibile per i singoli archi o quantomeno per archi dalle caratteristiche omogenee, che devono essere specificati in un campo apposito (**FATT_FORMA**) che va a completare le voci della Tabella 6, con l'indice distintivo del particolare fattore di forma da utilizzare. Un esempio di fattore di forma è contenuto di seguito in Figura 44:

Ore	Veicoli/ora	Percentuale rispetto al totale	Percentuale rispetto alla punta 8.00-9.00
7.00	20726	6.2%	75.0%
8.00	27630	8.2%	100.0%
9.00	20851	6.2%	75.5%
10.00	18986	5.7%	68.7%
11.00	19334	5.8%	70.0%
12.00	21993	6.6%	79.6%
13.00	20372	6.1%	73.7%
14.00	19372	5.8%	70.1%
15.00	19786	5.9%	71.6%
16.00	21901	6.5%	79.3%
17.00	25102	7.5%	90.9%
18.00	26175	7.8%	94.7%
19.00	21457	6.4%	77.7%
20.00	13320	4.0%	48.2%
21.00	9669	2.9%	35.0%
22.00	6831	2.0%	24.7%
23.00	6105	1.8%	22.1%
0.00	4315	1.3%	15.6%
1.00	2450	0.7%	8.9%
2.00	1336	0.4%	4.8%
3.00	805	0.2%	2.9%
4.00	584	0.2%	2.1%
5.00	1287	0.4%	4.7%
6.00	5101	1.5%	18.5%

Figura 44 - Esempio di fattore di forma

Ogni tabella deve essere costituita da 24 dati orari rappresentanti il numero orario di veicoli. E' possibile riferire il numero assoluto o il numero normalizzato sul TGM (Traffico Giornaliero Medio): in quest'ultimo caso il fattore di forma è costituito da una sequenza di 24 dati orari la cui somma dà 1. Se non risulta possibile ricavare i fattori di forma, è necessario quantomeno fornire una descrizione dell'andamento medio del traffico sul grafo.

Parco circolante

Per ogni arco stradale è necessario conoscere la composizione media giornaliera del parco circolante; come nel caso dei fattori di forma, qualora risultasse troppo oneroso operare una distinzione dei veicoli per classe arco per arco, è possibile tuttavia indicare la composizione del parco circolante suddiviso per classi di archi omogenei (aggiungendo nella Tabella 6 l'indice della classe corrispondente) oppure segnando al limite una composizione media per tutto il grafo.

Per precisare la composizione media giornaliera del parco circolante per singoli archi o per tipologie, alla Tabella 6 è necessario aggiungere un campo (*PARCO_CIRC*) che contenga un indice distintivo della particolare composizione da utilizzare.

Il numero minimo di classi in cui suddividere il parco circolante è 3+1, che corrisponde cioè a una distinzione dei veicoli nelle seguenti classi:

- €# automobili
- €# autocarri al di sotto delle 3.5t (in questa classe ricadono anche furgoni chiusi o con cassone)
- €# autocarri al di sopra delle 3,5t (in questa classe ricadono anche autobus e pullman)
- €# altri (moto, motorini, biciclette)

<i>SUDDIVISIONE PER TIPO DI MEZZO</i>		
Auto	434593	89.6%
Furgoni	30386	6.3%
Camion	16303	3.4%
N.C.	4014	0.8%
Totale	485297	100.0%

Figura 45- Esempio di rappresentazione della composizione del parco circolante

Come già specificato precedentemente e con l'ovvia esclusione del file grafico, anche questo dato deve essere fornito, come tutti i dati descritti fin'ora, su file in formato ASCII oppure in forma tabellare leggibile dai più diffusi strumenti di gestione dati (Excel, Access, etc.).

Scenari

Tutti i dati descritti si riferiscono allo scenario di una giornata generica.

Per valutare le conseguenze che gli interventi viabilistici possono avere sull'emissione delle sostanze inquinanti in atmosfera, e quindi stabilire quali scelte siano preferibili per abbassare l'impatto ambientale del traffico, è necessario prevedere la raccolta di dati di una serie di giornate "tipo", precedenti e successive agli interventi ipotizzati dal Piano Urbano del Traffico.

In particolare, i dati descritti devono essere forniti per:

- # lo scenario precedente agli interventi (scenario Zero)
- # il primo scenario di progetto individuato (scenario Uno)
- # il secondo scenario di progetto individuato (scenario Due)
- # ... (scenario n.)

Ognuno degli scenari è composto da diverse "giornate tipo", che devono essere tenute in considerazione se si intende ottenere una valutazione completa della variazione di emissioni.

Più precisamente, è necessario fornire un pacchetto di dati distinto per:

- # un giorno feriale tipo (infrasettimanale, non caratterizzato da episodi di modifica temporanea della viabilità quali mercati o fiere)
- # un giorno prefestivo tipo (essenzialmente il sabato, caratterizzato da grossi spostamenti verso i centri commerciali o da flussi di attraversamento verso le mete turistiche)
- # un giorno festivo (nel caso dell'hinterland milanese tale giorno ha caratteristiche sempre più simili a quelle del sabato a causa dell'apertura di molti esercizi e per i flussi di rientro di fine week-end)

E' importante mettere in risalto che la stessa geometria del grafo può cambiare da scenario a scenario, ed anche da giorno tipo a giorno tipo, anche nel caso in cui non siano previsti dal PUT interventi di tipo infrastrutturale. Per esempio, la trasformazione di un doppio senso in senso unico, così come la chiusura di alcune strade ai veicoli, porta alla scomparsa di alcuni archi dal grafo, mentre invece scompaiano (così come potrebbero nascerne di nuovi).

Sintesi e note

I dati necessari ad effettuare il calcolo delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera dovute alla componente veicolare consistono nella rappresentazione del grafo di rete informatizzato a cui vanno legate tutte le informazioni relative ai volumi di traffico, alla velocità media dei flussi, alla pendenza degli archi stradali come indicato nella tabella 6, e completate da curve di deflusso, fattori di forma, composizione del parco circolante. Questi dati vanno precisati per ciascuno degli scenari individuati, a partire dalla situazione di fatto, secondo lo schema seguente:

Scenario Zero: grafo e tabelle allegate per:

- ## un giorno feriale tipico
- ## un giorno feriale prefestivo
- ## un giorno feriale festivo

Scenario Uno: grafo e tabelle allegate per:

- ## un giorno feriale tipico
- ## un giorno feriale prefestivo
- ## un giorno feriale festivo

...

Scenario n : grafo e tabelle allegate per:

- ## un giorno feriale tipico
- ## un giorno feriale prefestivo
- ## un giorno feriale festivo

Per non vanificare l'utilità della valutazione delle emissioni inquinanti, è di importanza determinante dettagliare al massimo ogni scenario completandolo con tutte le informazioni prima della trasmissione ai tecnici redattori di piano, in modo che sia possibile verificarne gli effetti sulle emissioni in un intervallo di tempo significativo, come ad esempio un anno.

Bibliografia

- **Ahlvik P., Eggelston S., Gorißen N., Hassel D., Hickman A. - J., Joumard R., Ntziachristos L., Rijkeboer R., Sa-maras Z., Zierock K. - H. (1997): "COPERT II - Computer Programme to Calculate Emission from Road Transport - Methodology and Emission Factors". Final Draft Report for European Environment Agency - European Topic Center on Air Emission, 89 pagg; aprile 1997**
- **Angelino E., Bedogni M., Mortarino S., Silva S. (2000): "La simulazione dell'inquinamento atmosferico indotto dal traffico. Presentazione di un caso di studio".** Atti del Convegno Traffico e Ambiente; Agenzia Provinciale di Trento per la Protezione dell'Ambiente, febbraio 2000.
- **Angelino E., Bedogni M (2000): "Scenari futuri dell'inquinamento da traffico e interventi di pianificazione".** Atti del Convegno Traffico e Ambiente; Agenzia Provinciale di Trento per la Protezione dell'Ambiente, febbraio 2000.
- **ENEA - TECHNE (1998): "Progetto CORINAIR. Inventario delle emissioni di inquinanti dell'aria in Italia nell'anno 1985"** . ENEA, RTI/STUDI-VASA. Roma, dicembre 1989.
- **E.P.A., U.S. Environmental Protection Agency: "Biogenic Sources Preferred Methods - Finalò Report"**. Report by Radian Corporation for Emission Inventory Improvement Program. Research Triangle Park, North Carolina, U.S.A., maggio 1996.
- **Mortarino S., Angelino E. (1998): "Deliverable 17: Application to Milano Test Site"**. Progetto SIMTRAP (Simulation of Traffic Induced Air Pollution using Parallel Computing in a Distributed Network) n. 22689, Programma ESPRIT, DG III Industria, 1998.
- **Provincia di Milano (1999): "Quadro ambientale: Acqua, Energia, Aria"**. Quaderni del Piano per l'Area Metropolitana Milanese n. 11, Uffici del Programma Pianificazione Territoriale e Sviluppo Sostenibile; Franco Angeli & Amministrazione Provinciale di Milano; Milano, 1999.
- **Angelino E., Bedogni M., Abbattista M., Fossati G. (2001): "Indagine conoscitiva sull'inquinamento atmosferico nel Comune di Ceriano Laghetto"** . Provincia di Milano, Settore Mobilità e Sicurezza della Circolazione Stradale, La Fiaccola, Milano 2001.

Finito di stampare Dicembre 2004

Tipografia PMS Colours s.r.l. - Milano