

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE  
CERTIFICATO DA DNV GL  
= ISO 9001 =  
= ISO 14001 =  
= OHSAS 18001 =

# **Progetto di fattibilità tecnico economica relativo all'attuazione dell' Area di Trasformazione TR 04c Nuovo Centro della Città**

COMUNE DI SCANDICCI

## **VALUTAZIONE DI IMPATTO IN ATMOSFERA: RELAZIONE MODELLISTICA**



**ambiente spa** – Firenze, Via di Soffiano, 15 - tel. 055-7399056 – Carrara, Via Frassina 21 – Tel. 0585-855624

**Coordinamento tecnico**

Ing. Francesca Tamburini

**Gruppo di lavoro**

Dott.ssa Mariagrazia Equizi



## INDICE

### PREMESSA 3

<b>1. DESCRIZIONE PROGETTUALE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI LEGGE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. DESCRIZIONE DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ).....	14
2.2.2. Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	15
2.2.3. PM <sub>10</sub> (Polveri fini).....	15
2.2.4. PM <sub>2,5</sub> .....	17
2.2.5. Benzene .....	17
2.2.6. Monossido di carbonio (CO).....	17
<b>3. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. DATI METEOROLOGICI .....</b>	<b>18</b>
<b>4. APPROCCIO METODOLOGICO.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. MODELLO DI DISPERSIONE .....</b>	<b>21</b>
4.1.1. Scelta e tipologie di modelli diffusionali.....	21
4.1.2. Criteri che concorrono alla scelta del modello .....	22
4.1.3. Il modello CALINE.....	23
4.1.3.1. Descrizione del modello .....	24
<b>5. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA COMPONENTE ATMOSFERA E STIMA DELLE CONCENTRAZIONI INQUINANTI AL SUOLO .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1. DOMINIO DI CALCOLO.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2. RECETTORI DISCRETI.....</b>	<b>32</b>
<b>5.3. PARAMETRI DI CALCOLO.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4. SIMULAZIONI CON CALINE.....</b>	<b>36</b>
<b>5.5. RISULTATI .....</b>	<b>40</b>
5.5.1. Applicazione GIS e redazione delle mappe di concentrazione .....	40
5.5.2. Ricettori discreti – Scenario di progetto .....	40
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>42</b>

## PREMESSA

Il presente Studio specialistico redatto a supporto dello *Studio preliminare ambientale* è finalizzato ad identificare, quantificare e valutare i potenziali impatti sulla qualità dell'aria che le modifiche della viabilità indotta dalla realizzazione della progettazione prevista per l'Area di trasformazione TR04c inclusa nel PO comunale di Scandicci, indurranno a carico della componente ambientale atmosfera.

In considerazione della complessità ed importanza della matrice ambientale e del particolare ambito urbano di inserimento si è ritenuto utile presentare i contenuti del presente studio attraverso la seguente articolazione:

- analisi della normativa di riferimento applicabile e dei relativi limiti;
- caratterizzazione iniziale dello stato di qualità dell'aria e dei fattori di pressione antropica presenti;
- caratterizzazione del regime climatologico e identificazione dei dati di base utilizzati a supporto della modellistica numerica;
- identificazione e valutazione degli impatti correlati allo *Stato riferimento* e allo *Stato di progetto*, ossia fase di entrata in esercizio di tutte le previsioni stabilite dal Piano particolareggiato a cui risponde la progettazione in analisi.

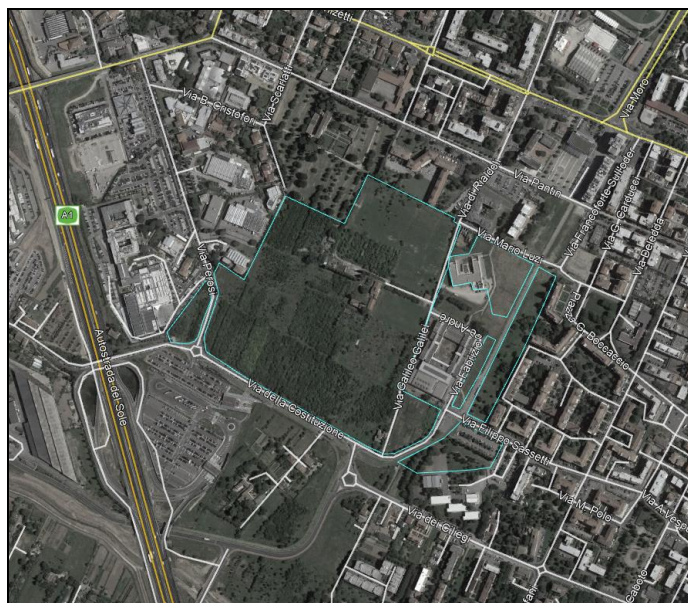
La modellistica numerica implementata per la valutazione degli effetti ambientali muove, ovviamente, a partire dalle risultanze dello studio trasportistico a cui si rimanda alla consultazione per maggiori dettagli tecnici.

## 1. DESCRIZIONE PROGETTUALE

Il progetto di fattibilità tecnico economica oggetto del presente *Studio specialistico* costituisce l'attuazione di quanto disposto dal Piano Particolareggiato (PP) dell'Area di trasformazione del Nuovo centro della città TR04c previsto dal Piano Operativo (PO) comunale di Scandicci quale conferma degli interventi strategici di sviluppo della città finalizzati alla creazione di una nuova centralità urbana, con parziale ricalibratura delle destinazioni d'uso e ridimensionamento delle superfici utili lorde complessive. L'ambito in analisi risulta destinato alla realizzazione della porzione quantitativamente più rilevante del nuovo centro della città attorno al tracciato tramviario e caratterizzata dall'inserimento di servizi e funzioni, quali, ad esempio, strutture per la formazione, turistico – ricettive, attività direzionali e di servizio, attività commerciali, residenze, etc... La *Scheda Norma* allegata al PO comunale ha previsto per l'area, quale modalità di attuazione, il Piano Attuativo di iniziativa pubblica (Piano Particolareggiato).

L'intervento progettuale proposto contribuisce al *perseguimento dell'obiettivo volto a rafforzare la centralità urbana e la riorganizzazione della rete di spazi pubblici e a realizzare tessuti compatti e continui in prossimità della sede comunale e lungo l'asse della tramvia e dunque a mitigare le attuali criticità connesse alla presenza di un assetto paesaggistico urbano frantumato e incompleto*. Tali strategie, unite alla previsione di un vasto parco pubblico in estensione dei giardini comunali circostanti il Castello dell'Acciaio consentiranno, inoltre, di migliorare gli attuali livelli di fruizione e accessibilità delle aree verdi, consentendo altresì di incentivare la mobilità pedonale e ciclabile nella UTOE, e di mitigare le criticità connesse all'antropizzazione del territorio.

Il sito interessato dal progetto è compreso nella perimetrazione urbana di Scandicci (FI), costituito ad oggi da un'area verde in prossimità del centro di proprietà del CNR, delimitata da Via Sette Regole a sud-ovest, via Don Lorenzo Perosi a ovest, il nuovo tracciato tramviario a est.



**Figura 1 – Immagine aerea della zona di intervento**

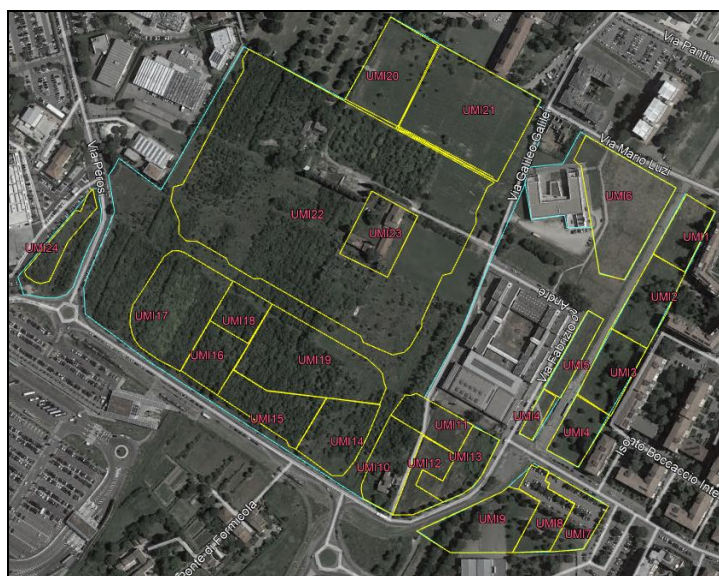
Tale area si configura, ad oggi, come un ampio vuoto urbano, non più agricolo, e non fruibile dai cittadini in quanto area privata recintata non accessibile. Il progetto si inserisce nel cuore del tessuto esistente di Scandicci con l'obiettivo di *elevare la qualità della vita urbana dei cittadini e l'identità dell'intero centro abitato*, introducendo nuove funzioni e spazi pubblici a disposizione della comunità locale e dei visitatori esterni, andando a costituire il primo nucleo insediativo del Nuovo

Centro della città di Scandicci, avente come fulcro il Palazzo Comunale e la stazione della Linea 1 della tramvia. L'area d'intervento è situata lungo il lato Sud-Est del palazzo comunale e costituisce porzione della zona omogenea classificata "C1 - Espansione speciale: stazione della tranvia veloce e attrezzature connesse pubbliche e private".

La progettazione in analisi fonda strettamente le proprie basi all'interno del Piano Particolareggiato precedentemente già citato; nel dettaglio, l'intera area di progetto risulta suddivisa in tre Unità di Intervento (U.I.) a cui corrispondono delle macroaree (denominate Zone) che a loro volta risultano composte da più Unità Minime di Intervento (U.M.I.) in ciascuna delle quali sono previste differenti destinazioni d'uso (comparti residenziali, direzionali, commerciali, turistico recettivo, etc...).



**Figura 2. Suddivisione dell'area di intervento per Zone**



**Figura 3. Localizzazione delle singole Unità Minime di intervento (UMI)**

Nella matrice di seguito riportata viene schematizzato quanto sopra anticipato.

ZONA	U.M.I.	Edificio n.	DESTINAZIONI PREVISTE				
			Residenza	Direzionali o terziarie	Commercio (al dettaglio, esercizi di alimenti e bevande al pubblico)	Turistico- ricettive	Altro tipo di destinazione
3_4	<b>1</b>	1	X		X		
3_4	<b>2</b>	2	X	X	X		
3_4	<b>3</b>	3	X	X	X		
3_4	<b>4</b>	4a	X		X		
3_4	<b>4</b>	4b		X			
3_4	<b>4</b>	4c		X	X		
3_4	<b>5</b>	5		X	X		
3_4	<b>6</b>	6a		X			
3_4	<b>6</b>	6b		X			
5	<b>7</b>	7				X	
5	<b>8</b>	8					Parcheggio
5	<b>9</b>	9a			X		
5	<b>9</b>	9b		X			
5	<b>10</b>	10	X				
5	<b>11</b>	11	X		X		
5	<b>12</b>	12	X		X		
5	<b>13</b>	13	X	X	X		
8	<b>21</b>	21	X				
6_7	<b>14</b>	14	X				
6_7	<b>15</b>	15a		X			
6_7	<b>15</b>	15b		X			
6_7	<b>16</b>	16		X	X		
6_7	<b>17</b>	17				X	
6_7	<b>18</b>	18		X	X		
6_7	<b>19</b>	19			X		
8	<b>20</b>						Lotto destinato a futuri interventi di edilizia scolastica
9	<b>22</b>						Parco pubblico
9	<b>23</b>						Interventi di recupero e riqualificazione funzionale
6_7	<b>24</b>						Parcheggio
<b>SE (mq)</b>			<b>31.400</b>	<b>36.000</b>	<b>7.900</b>	<b>11.700</b>	



## 2. CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

L'atmosfera ricopre un ruolo centrale nella protezione dell'ambiente che deve passare attraverso una conoscenza approfondita e definita in un dominio spazio-temporale, da un lato delle condizioni fisico-chimiche dell'aria e delle sue dinamiche di tipo meteorologico, dall'altro delle emissioni di inquinanti in atmosfera di origine antropica e naturale.

La conoscenza dei principali processi responsabili dei livelli di inquinamento è un elemento indispensabile per definire le politiche da attuare in questo settore. In tal senso uno degli strumenti conoscitivi principali è quello di avere e mantenere un sistema di rilevamento completo, affidabile e rappresentativo.

La valutazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante la verifica del rispetto dei valori limite degli inquinanti, ma anche attraverso la conoscenza delle sorgenti di emissione e della loro dislocazione sul territorio, tenendo conto dell'orografia, delle condizioni meteorologiche, della distribuzione della popolazione, degli insediamenti produttivi. La valutazione della distribuzione spaziale delle fonti di pressione fornisce elementi utili ai fini dell'individuazione delle zone del territorio regionale con regime di qualità dell'aria omogeneo per stato e pressione.

Di seguito si riporta una caratterizzazione della qualità dell'aria del territorio in esame, con valori misurati dalle stazioni della rete regionale e valutazioni in riferimento ai limiti normativi.

### 2.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI LEGGE

Il quadro normativo di riferimento per l'inquinamento atmosferico si compone di:

- D.Lgs. 351/99: recepisce ed attua la Direttiva 96/69/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare, definisce e riordina un glossario di definizioni chiave che devono supportare l'intero sistema di gestione della qualità dell'aria, quali ad esempio valore limite, valore obiettivo, margine di tolleranza, zona, agglomerato etc;
- D.M. 261/02: introduce lo strumento dei Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria, come metodi di valutazione e gestione della qualità dell'aria: in esso vengono spiegate le modalità tecniche per arrivare alla zonizzazione del territorio, le attività necessarie per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i contenuti dei Piani di risanamento, azione, mantenimento;
- D. Lgs. 152/2006, recante "Norme in materia ambientale", Parte V, come modificata dal D. Lgs. n. 128 del 2010. Allegato V alla Parte V del D. Lgs. 152/2006, intitolato "Polveri e sostanze organiche liquide". Più specificamente: Parte I "Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti";
- D.Lgs n. 250/2012. Il nuovo provvedimento non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione.

Il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. recepisce la direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. A livello nazionale il D.Lgs. 155/2010 conferma in gran parte quanto stabilito dal D.M. 60/2002, e ad esso aggiunge nuove definizioni e nuovi obiettivi, tra cui:

- valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM<sub>10</sub>, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze

scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;

- soglie di allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto, ossia la concentrazione atmosferica oltre, la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunta la quale si deve immediatamente intervenire;
- valore limite, valore obiettivo, obbligo di concentrazione dell'esposizione ed obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM<sub>2,5</sub>;
- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

La Tabella riporta i valori limite per la qualità dell'aria vigenti e fissati D. Lgs. 155/2010 e smi (esposizione acuta ed esposizione cronica).

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Biossido di azoto NO <sub>2</sub>	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/m <sup>3</sup>
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/m <sup>3</sup>
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 µg/m <sup>3</sup>
Ozono O <sub>3</sub>	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120 µg/m <sup>3</sup>
Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/m <sup>3</sup>
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/m <sup>3</sup>
Particolato Atmosferico PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/m <sup>3</sup>
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m <sup>3</sup>
Benzene C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/m <sup>3</sup>
Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
IPA come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m <sup>3</sup>
Metalli pesanti			
Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/ m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	5 ng/ m <sup>3</sup>
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m <sup>3</sup>

**Tabella 1. Valori di riferimento della qualità dell'aria Dlgs 155/2010 e smi**

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente in Italia sono attualmente regolamentate dal D.Lgs 155/2010 e smi, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE, che ha modificato in misura strutturale, e da diversi punti di vista, quello che è l'approccio a questa tematica.

Il D.Lgs 155/2010 è stato modificato ed integrato dal D.Lgs n. 250/2012 che non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione.

Al fine della valutazione della qualità dell'aria, il D.Lgs. 155/2010 e smi prevede che le Regioni individuino la propria rete di misurazione mediante un progetto di adeguamento conforme alla zonizzazione del territorio regionale. La DGRT 1025/2010 ha suddiviso il territorio della regione toscana in 6 zone (agglomerato Firenze, zona Prato-Pistoia, zona costiera, zona Valdarno pisano e piana lucchese, zona Valdarno aretino e Valdichiana e zona collinare montana) per quanto riguarda gli inquinanti indicati nell'allegato V del D.Lgs. 155/2010 e smi (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub>, benzene, monossido di carbonio) e 4 zone (zona pianure costiere, zona pianure interne, agglomerato Firenze e zona collinare montana) per quanto attiene l'ozono indicato nell'appendice I del D.Lgs. 155/2010 e smi.

Al fine della valutazione della qualità dell'aria, il D.Lgs. 155/2010 e smi prevede che le Regioni individuino la propria rete di misurazione mediante un progetto di adeguamento conforme alla zonizzazione del territorio regionale.

A seguito del completamento dell'iter previsto dal DLgs 155/2010, la zonizzazione, classificazione, il programma di valutazione e la struttura della rete regionale sono stati approvati dal Ministero dell'ambiente e dalla Giunta Regionale con DGR 964 dell'ottobre 2015. Nel 2020, a seguito della decorrenza dei cinque anni previsti dalla normativa statale, con DGR 1626 del 21 Dicembre 2020, è stata aggiornata la classificazione delle zone e degli agglomerati della Regione Toscana.

Con la DGR 228/2023 sono state ridefinite le aree di superamento che erano state individuate ed adottate nel 2015 con DGR 1182 del 9 dicembre 2015 e modificata con DGR 814 del 1 agosto 2016, ai fini di una gestione più efficace della qualità dell'aria. Dall'aggiornamento delle aree di superamento per i vari inquinanti deriva il nuovo elenco dei comuni identificati come critici per la qualità dell'aria e tenuti quindi alla predisposizione dei PAC.

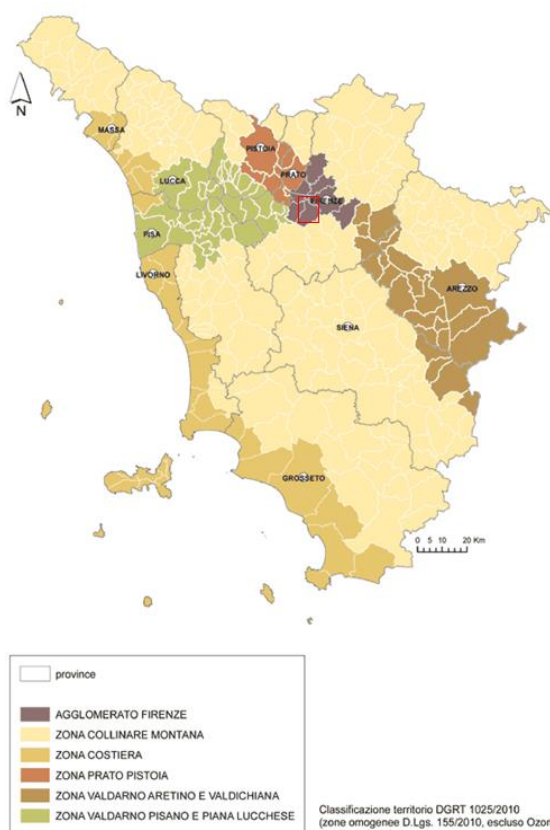
Per l'individuazione delle zone e degli agglomerati, si è fatto riferimento ai confini amministrativi a livello comunale, secondo i criteri stabiliti dal D.Lgs. suddetto; per il territorio regionale sono state effettuate due distinte zonizzazioni:

- zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene), comprende un agglomerato e cinque zone.
- zonizzazione per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010, comprende quattro zone secondo

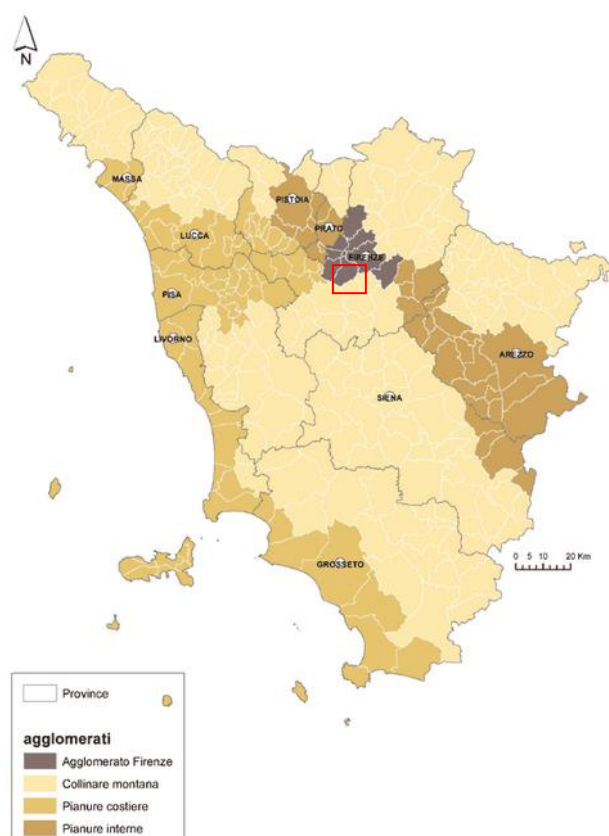
Come è evidenziato dalle tabelle e dalle mappe sottostanti, l'area, oggetto del progetto in esame, fa parte della **Zona agglomerato di Firenze** sia per quanto riguarda la zonizzazione dell'allegato V del D.Lgs. 155/2010, sia per la zonizzazione dell'ozono dell'allegato IX del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.

NOME	COMUNI	
<b>AGGLOMERATO DI FIRENZE</b> <b>Pop. 609.644</b> <b>Sup 452 km²</b> <b>Codice (IT0906)</b>	CAMPI BISENZIO BAGNO A RIPOLI <b>FIRENZE</b> CALENZANO	LASTRA A SIGNA SCANDICCI SESTO FIORENTINO SIGNA
	<b>DESCRIZIONE AGGLOMERATO DI FIRENZE</b> L'agglomerato presenta caratteristiche omogenee dal punto di vista del sistema di paesaggio, con alta densità di popolazione e, di conseguenza di pressioni in termini emissivi derivanti prevalentemente dal sistema della mobilità pubblica e privata e dal condizionamento degli edifici. Non presenta contributi industriali di particolare rilevanza. Comprende, racchiusi in un'unica piana, i centri urbani di Firenze e dei comuni contigui (Area omogenea fiorentina) per i quali rappresenta un centro attrattore.	

**Tabella 2. Zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020)**



**Figura 4. Zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (Fonte ARPAT)**



**Figura 5. Zonizzazione per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010 (Fonte ARPAT)**

La classificazione delle zone ed agglomerati ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente è stata effettuata sulla base delle disposizioni contenute nell'art. 4 del D.Lgs. 155/2010 e smi. Tale classificazione è indispensabile per determinare le necessità di monitoraggio in termini di numero delle stazioni, loro localizzazione e dotazione strumentale.

Agglomerato Firenze (500.000-750000 abitanti)	Classificazione		N° minimo siti fissi
	2010-2014	2015-2019	
PM10	> SVS	> SVS	3 somma con PM2,5
PM2,5	> SVS	SVI < X < SVS	2 somma con PM10
NO2	> SVS	> SVS	2
CO	<SVI	<SVI	0
SO2	<SVI	<SVI	0
Benzene	> SVS	SVI < X < SVS	1
Benzo(a)pyrene	SVI < X < SVS	> SVS	1
Piombo	<SVI	<SVI	0
Arsenico	<SVI	<SVI	0
Cadmio	<SVI	<SVI	0
Nichel	<SVI	<SVI	0

**Figura 6. Estratto della classificazione di agglomerati e zone relativamente agli inquinati di cui all'allegato V del Dlgs 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020)**



OZONO	Classificazione 2010-2014	Classificazione 2015-2019	N° minimo siti fissi 2015-2019
Agglomerato Firenze (500.000- 1000000 abitanti)	> OLT	> OLT	2

**Figura 7. Estratto della classificazione di agglomerati e zone in base agli obiettivi a lungo termine (OLT) relativamente all'ozono di cui all'allegato VII del Dlgs 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020)**

La classificazione delle zone ed agglomerati ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente è stata effettuata sulla base delle disposizioni contenute nell'art. 4 del D.lgs. 155/2010 e smi. Tale classificazione è indispensabile per determinare le necessità di monitoraggio in termini di numero delle stazioni, loro localizzazione e dotazione strumentale. Il 18 Luglio 2018 con delibera consiliare n. 72/2018, il Consiglio regionale della Toscana ha approvato il Piano Regionale per la Qualità dell'Aria ambiente (PRQA).

In sintesi, gli obiettivi generali del PRQA del 2018 erano:

- portare a zero entro il 2020 la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento atmosferico superiori ai valori limite;
- ridurre la percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento superiori al valore obiettivo per l'ozono;
- mantenere una buona qualità dell'aria nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinamenti siano stabilmente al di sotto dei valori limite;
- aggiornare e migliorare il quadro conoscitivo e diffusione delle informazioni

In definitiva le azioni previste nel PRQA 2018-2022 hanno prodotto, un miglioramento progressivo della qualità dell'aria, registrando la persistenza di due criticità residue di ordine locale che hanno richiesto l'adozione di ulteriori azioni aggiuntive

La Giunta Regionale della Toscana ha dato avvio con la delibera N 262 del 13/03/2023 all'iter per la formazione del nuovo Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA) che individua le linee di intervento ripartendo dai risultati conseguiti dal precedente Piano tenendo conto dell'evoluzione normativa comunitaria, dei miglioramenti registrati dalla qualità dell'aria nella Regione Toscana e delle misure aggiuntive già inserite nell'Accordo di Programma con l'ex Ministero dell'Ambiente per la risoluzione dei ricorsi presentati dalla Commissione Europea e recepite con delibera di Giunta regionale n.907 del 20 luglio 2020 e n.1075 del 18 ottobre 2021.

## 2.2. DESCRIZIONE DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

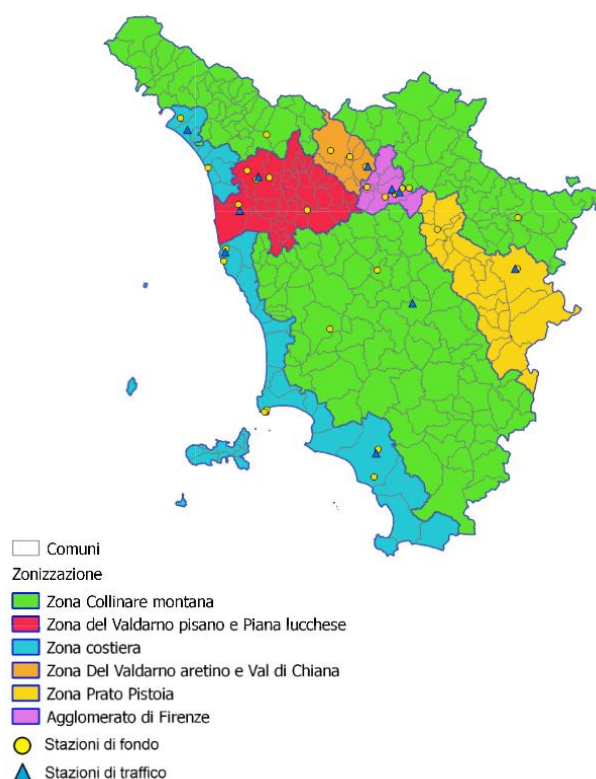
La rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria era stata inizialmente individuata e descritta dall'allegato V della DGRT 1025/2010. Questa rete prevedeva, inizialmente, il monitoraggio di 109 parametri complessivi attraverso 32 stazioni fisse, per sei delle quali non era ancora stata definita l'esatta ubicazione territoriale, ma soltanto la tipologia di inquinamento che la stazione era tenuta a rilevare (fondo, traffico, industriale) e la tipologia di sito (urbano, periferico, rurale).

La struttura delle Rete Regionale è stata modificata negli anni rispetto a quella descritta dall'allegato III della DGRT 1025/2010 fino alla struttura attualmente ufficiale che è quella dell'allegato C della Delibera n.964 del 12 ottobre 2015.

Nell'anno del 2015 sono state collocate in modo definitivo due stazioni, rispettivamente del comune di Massa MS-Marina Vecchia (UF) e nel comune di Lucca LU-S.Concordio (UF), inoltre la stazione provinciale del comune di Bagni di Lucca LU-Fornoli (UF) è stata ufficialmente inserita in Rete Regionale dalla Delibera n.964 .

Nei primi mesi del 2016 sono state inoltre attivate le stazioni di GR-Sonnino (UT), nel comune di Grosseto e la stazione di FI-Figline (UF), nel comune di Figline ed Incisa Val d'Arno completando la rosa delle stazioni previste nella nuova Rete Regionale, che con la nuova delibera sono 37.

Si riportano di seguito le tabelle dell'allegato 3 per la zona dell'Agglomerato di Firenze completa delle stazioni previste dalla Delibera n.964 del 12 ottobre 2015, con evidenziata la zona in cui ricade il dominio di studio e le centraline.



**Figura 8. Rete regionale inquinanti all. V D.Lgs 155/2010**

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All	Class. Zona e stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> o H <sub>2</sub> S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O <sub>3</sub>	Class. Zona Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O <sub>3</sub>
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X											
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X	X	X						
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	X		X									
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	X		X									
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	X		X							X	U	
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X							X	S	

**Tabella 3. Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti (Fonte ARPAT)**

Legenda classificazione stazioni (All. III D.Lgs 155/2010)	UF – Urbana fondo UT – Urbana traffico RF – Rurale fondo PF – Periferica fondo PI-Periferica Industriale
--	--

Per ciascun inquinante vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati e viene mostrato il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa vigente in materia ambientale.

Ai fini dell'elaborazione degli indicatori da confrontare con i valori limite previsti dalla normativa, si considerano le serie di dati raccolti per ogni inquinante monitorato mediante le stazioni fisse della rete di monitoraggio con rappresentatività annuale o assimilabile ad essa.

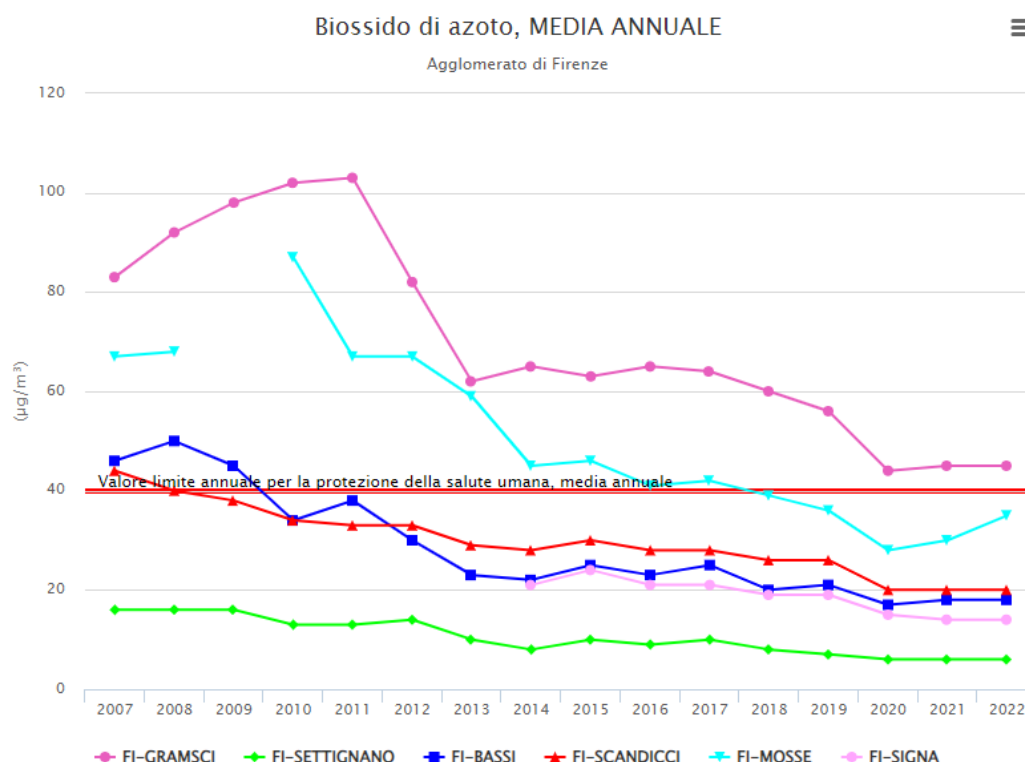
Di seguito si mostra l'andamento riferito all'anno 2022 di ogni inquinante monitorato dalle stazioni sopra citate e si confrontano i livelli attuali con i valori limite previsti dalla normativa vigente; la fonte dei dati è la **Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Toscana anno 2022 di ARPAT**.

### 2.2.1. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Il biossido di azoto è un inquinante secondario, generato dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di emissione del biossido di azoto. Gli impianti di riscaldamento civili ed industriali, le centrali per la produzione di energia e numerosi processi industriali rappresentano altre fonti di emissione.

Stazione	2022	
	N° medie orarie >200 µg/m <sup>3</sup> (V.L. 18)	Media annuale (V.L. 40 µg/m <sup>3</sup> )
FI-Bassi	0	18
FI-Gramsci	0	<b>45</b>
FI-Mosse	0	30
FI-Scandicci	0	20
FI-Signa	0	14
FI-Settignano	0	6

**Tabella 4. Confronto con i limiti di riferimento**



**Figura 9. Andamenti delle medie annuali di NO<sub>2</sub> periodo 2007-2022 (Fonte ARPAT)**

### 2.2.2. Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante secondario in quanto si forma in seguito a reazioni fotochimiche che coinvolgono i cosiddetti precursori o inquinanti primari rappresentati da ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e composti organici volatili (COV). I precursori dell'ozono (NO<sub>x</sub> e COV) sono indicatori d'inquinamento antropico principalmente traffico e attività produttive. La concentrazione di ozono in atmosfera è strettamente correlata alle condizioni meteorologiche, infatti, tende ad aumentare durante il periodo estivo e durante le ore di maggiore irraggiamento solare. È risaputo che l'ozono ha un effetto nocivo sulla salute dell'uomo soprattutto a carico delle prime vie respiratorie provocando irritazione delle mucose di naso e gola, l'intensità di tali sintomi è correlata ai livelli di concentrazione ed al tempo di esposizione.

Stazione	Max media 8h >120 µg/m <sup>3</sup> 2020-2022 (V.L 25)	ATO Mag-lugl 2018-2022 (V.L 18000)
FI-Signa	36	23142
FI-Settignano	31	23045

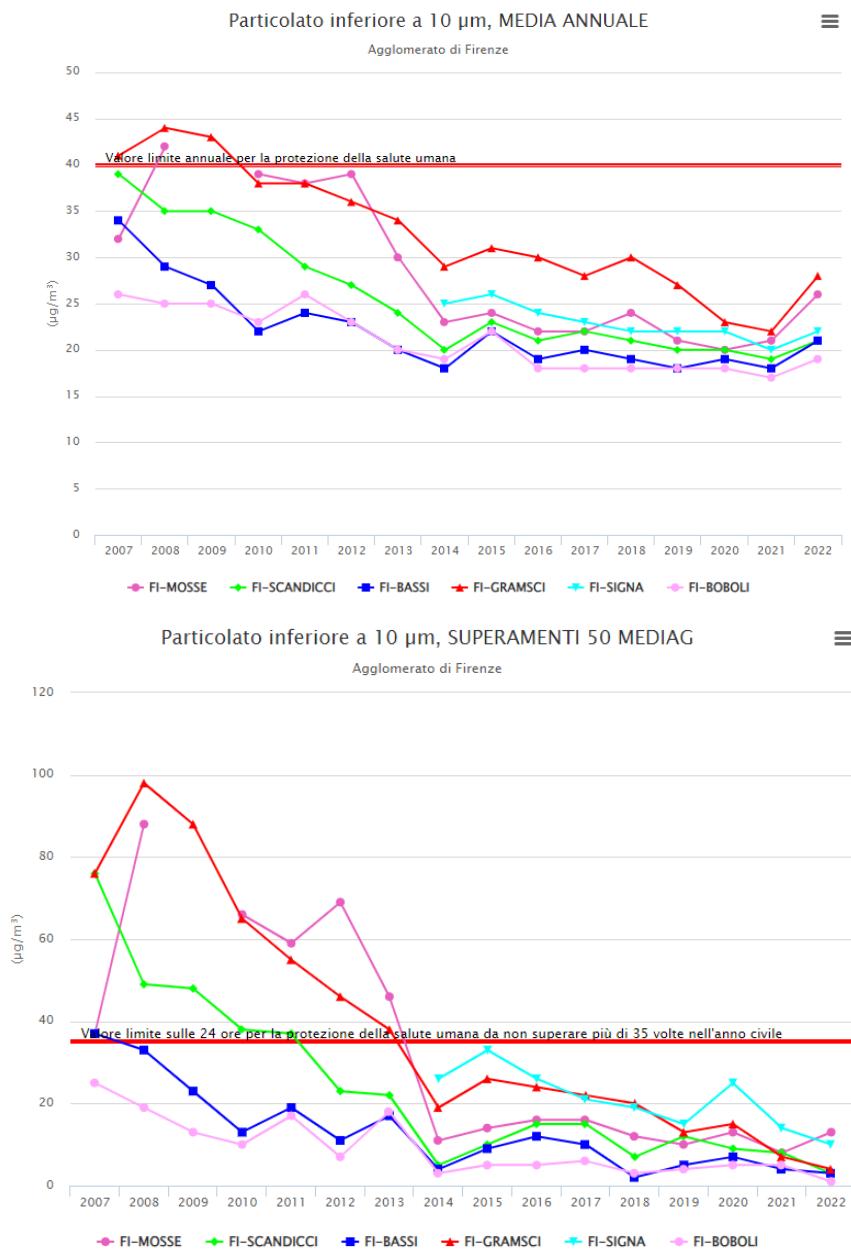
**Tabella 5. Confronto con i limiti di riferimento**

### 2.2.3. PM<sub>10</sub> (Polveri fini)

Con il termine PM<sub>10</sub> si fa riferimento al materiale particolato con diametro uguale o inferiore a 10µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM<sub>10</sub> sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi etc.

Stazione	2022	
	N° medie giornaliere >50µg/m3 (V.L. 35 giorni)	Media annuale (V.L. 40 µg/m3)
FI-Boboli	1	19
FI-Bassi	3	21
FI-Gramsci	4	28
FI-Mosse	13	26
FI-Scandicci	3	21
FI-Signa	10	22

**Tabella 6. Confronto con i limiti di riferimento**



**Figura 10. Andamenti delle medie annuali di PM<sub>10</sub> e superi della media giornaliera periodo 2007-2022 (Fonte ARPAT)**



#### 2.2.4. $PM_{2.5}$

Con il termine  $PM_{2.5}$  si fa riferimento al materiale particellare con diametro uguale o inferiore a 2.5  $\mu m$ . Nella seguente tabella si riportano i dati disponibili anno 2022.

Stazione	2022
	Media annuale (V.L. 25 $\mu g/m^3$ )
FI-Bassi	12
FI-Gramsci	14

**Tabella 7. Confronto con i limiti di riferimento**

#### 2.2.5. Benzene

Il Benzene è un idrocarburo aromatico volatile. È generato dai processi di combustione naturali, quali incendi ed eruzioni vulcaniche e da attività produttive inoltre è rilasciato in aria dai gas di scarico degli autoveicoli e dalle perdite che si verificano durante il ciclo produttivo della benzina (preparazione, distribuzione e l'immagazzinamento). Considerato sostanza cancerogena riveste un'importanza particolare nell'ottica della protezione della salute umana.

Stazione	2022
	Media annuale (V.L. 5 $\mu g/m^3$ )
FI-Bassi	1.1
FI-Gramsci	2.2

**Tabella 8. Confronto con i limiti di riferimento**

I valori medi annuali sono nettamente inferiori al valore limite pari a 5  $\mu g/m^3$ .

#### 2.2.6. Monossido di carbonio (CO)

Per quanto riguarda il CO, questo inquinante è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale; perciò, come si può vedere dai grafici riportati, nelle stazioni a distanza dai flussi veicolari (urbane fondo) le concentrazioni di CO risultano ampiamente inferiori rispetto a quelle misurabili a pochi metri dalle emissioni. Il valore indicato dall'OMS per questo inquinante è pari al limite indicato dal D.Lgs. 155/2010 e smi, media massima su 8 ore inferiore a 10  $mg/m^3$ . In Toscana le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono quindi ampiamente inferiori ai valori indicati dall'OMS.

Stazione	2022
	Media massima giornaliera su 8h (V.L. 10 $mg/m^3$ )
FI-Gramsci	2.0

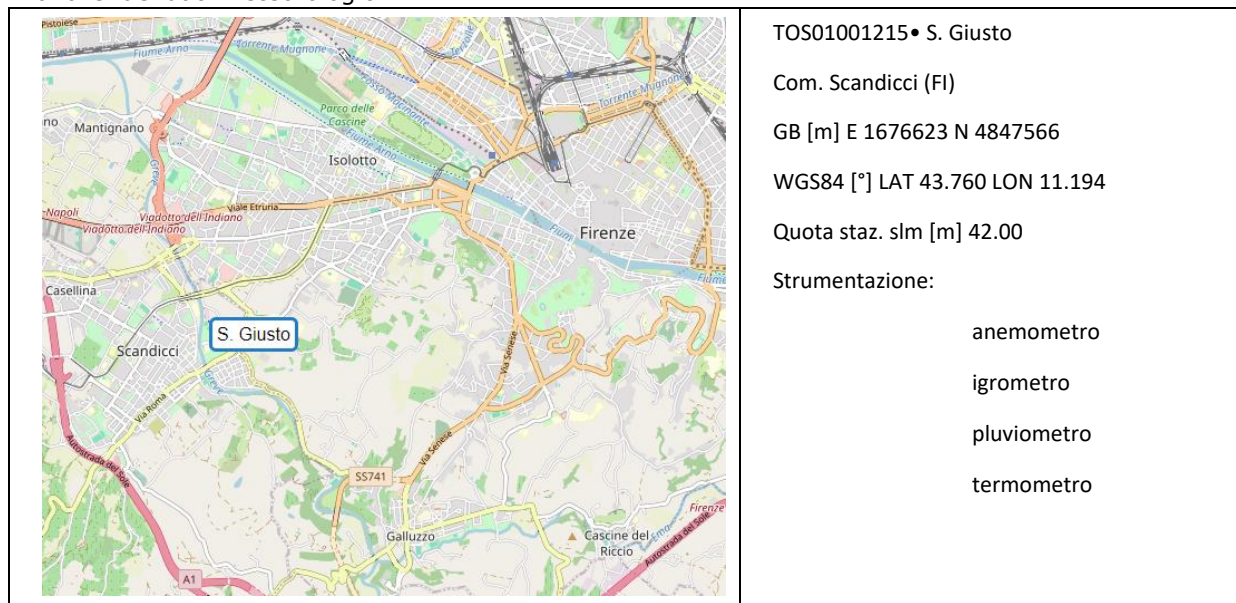
**Tabella 9. Confronto con i limiti di riferimento**

### 3. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Nel presente paragrafo, relativo alla caratterizzazione meteorologica dell'area di studio, si è provveduto ad elaborare i dati meteorologici selezionati per il dominio di calcolo.

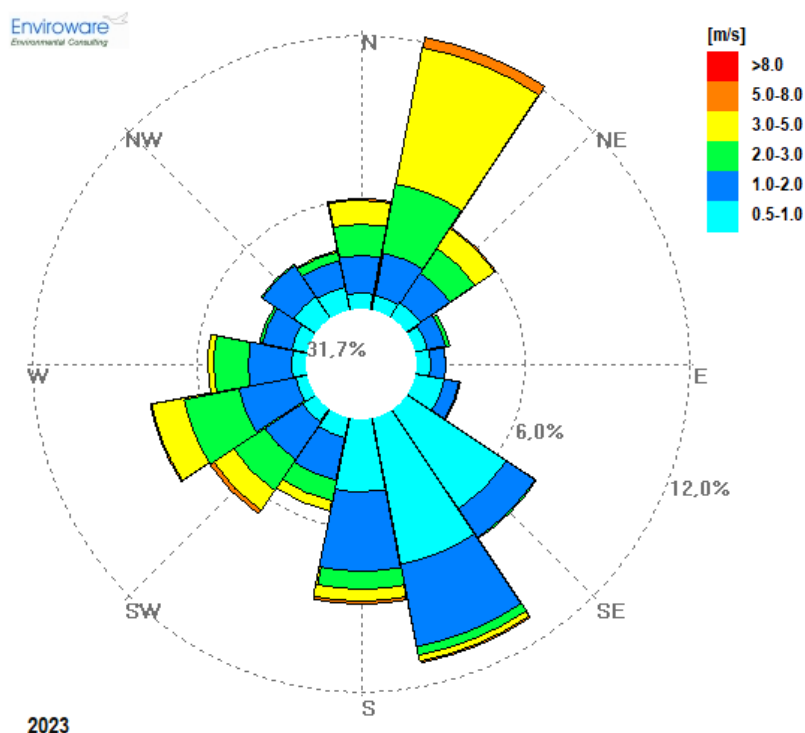
#### 3.1. DATI METEOROLOGICI

I dati meteorologici per la caratterizzazione dell'area di studio e l'implementazione del codice CALPUFF sono stati reperiti dal servizio SIR della Regione Toscana per la stazione "S. Giusto" codice stazione TOS01001215. I dati analizzati fanno riferimento all'anno solare 2023. Di seguito l'analisi dei dati meteorologici.

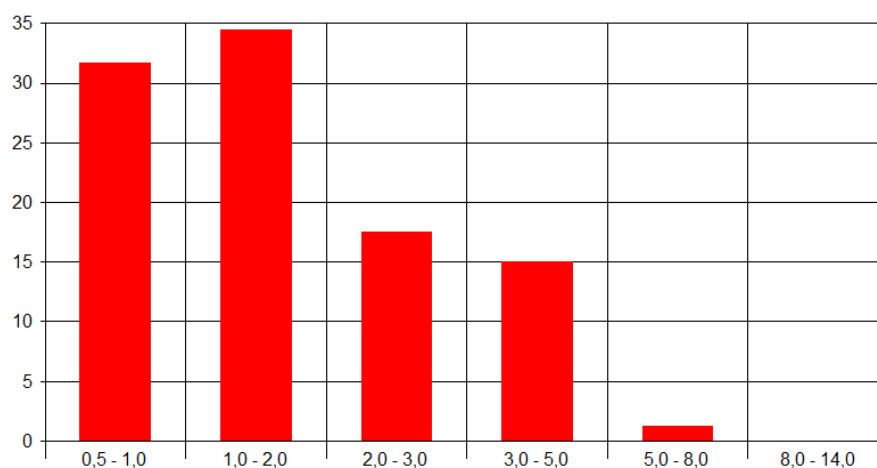


**Figura 11. Localizzazione della stazione meteorologia di superficie utilizzata per lo studio  
diffusionale**

Di seguito si riportano le tabelle e le figure che descrivono, su base annuale, il dettaglio del regime dei venti dell'area in esame per l'anno 2023.



**Figura 12 Rosa dei venti per l'anno 2023**



**Figura 13 frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento per l'anno 2023**

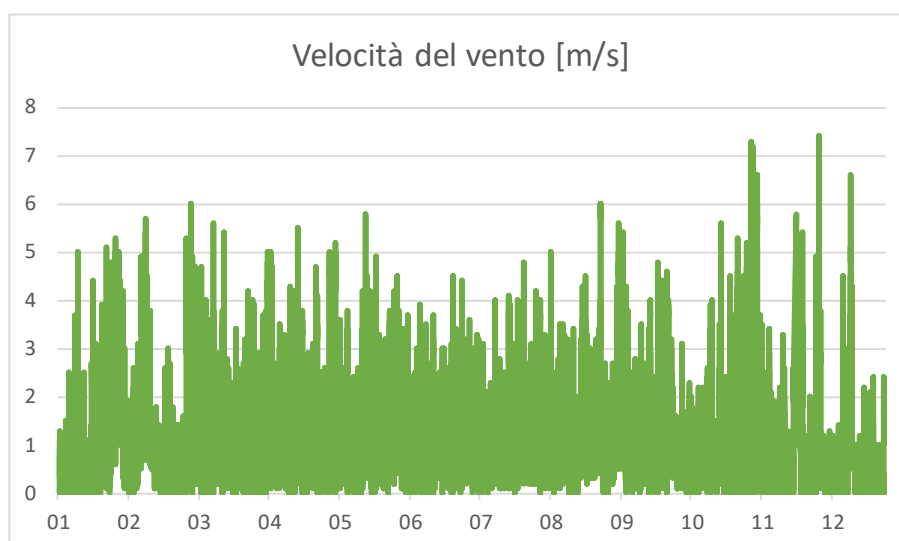
Dai dati di velocità e direzione del vento misurati dalla stazione e riportati nella rosa dei venti, si nota come le direzioni prevalente di provenienza dei venti siano NORD-NORD-EST con frequenza totale di circa 10.2%, e quella SUD-EST-SUD che conta circa 9.1% su base annuale. Le altre direzioni di provenienza del vento, che concorrono agli accadimenti, sono inferiori al 10%.

**Tabella 10 Velocità del vento [m/s] per l'anno 2023**

periodo	Max [m/s]	Media [m/s]	Min [m/s]
Gen	5.3	1.3	0.0
Feb	6.0	1.4	0.0
Mar	5.6	1.4	0.0

periodo	Max [m/s]	Media [m/s]	Min [m/s]
Apr	5.5	1.5	0.0
Mag	5.8	1.5	0.0
Giu	4.5	1.1	0.0
Lug	4.8	1.3	0.0
Ago	6.0	1.3	0.0
Set	5.6	1.5	0.0
Ott	5.6	1.1	0.0
Nov	7.3	1.1	0.0
Dic	7.4	0.9	0.0
<b>Anno</b>	<b>7.4</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>

Il mese più ventoso risulta il mese di novembre con valori massimi orari del vento fino a 7.3 m/s e valore medio della velocità, su base mensile, di 1.1 m/s



**Figura 14 Serie temporale velocità del vento, anno 2023**

I dati meteorologici sono stati integrati con i dati del modello meteorologico COSMO di ARPAE per i medesimi anni sopra descritti.

Nella seguente tabella si mostra, in base a quanto descritto dai dati dell'archivio meteorologico COSMO, l'occorrenza dei principali parametri meteorologici per l'area di studio.

Hmix Classi di Stabilità	<200 m	200-800 m	800-1400 m	1400-2000 m	2000-3000 m	Parziale
A	0.0%	0.3%	1.3%	1.3%	0.3%	3.3%
B	0.0%	5.5%	4.3%	4.1%	1.6%	15.6%
C	5.1%	5.5%	3.6%	2.9%	0.9%	18.1%
D	5.6%	5.9%	4.4%	2.0%	0.4%	18.3%
E	2.1%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%
F+G	41.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	41.1%
Totale	53.9%	18.9%	13.6%	10.3%	3.3%	100.0%

**Tabella 11. Valori di occorrenza oraria delle classi di stabilità e altezza di miscelamento per l'area di Firenze- dati COSMO ARPAE.**

Dal database è stato possibile stimare le calme di vento ( $< 1$  m/s) pari a circa il 20% dei dati orari annuali, mentre i dati con velocità registrata inferiore a 0.5 m/s sono pari a circa il 4%.

Classi di Stabilità	Media di Velocità [m/s]	Dev. standard [m/s]	Massimo di Velocità [m/s]
A	1.08	0.73	2.80
B	1.51	0.91	4.70
C	1.80	1.27	8.20
D	2.93	1.78	9.40
E	2.90	0.86	5.40
F+G	1.46	0.62	3.30
Totale complessivo	1.84	1.24	9.40

**Tabella 12. Valori di occorrenza oraria delle classi di stabilità e altezza di miscelamento per l'area di Firenze.**

## 4. APPROCCIO METODOLOGICO

### 4.1. MODELLO DI DISPERSIONE

#### 4.1.1. Scelta e tipologie di modelli diffusionali

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica:

- del problema: scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;
- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;
- delle risorse economico-temporali disponibili.

Naturalmente, la complessità della realtà fisica, fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.





#### 4.1.2. Criteri che concorrono alla scelta del modello

In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- *modelli deterministici;*
- *modelli statistici.*

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera. Si dividono a loro volta in due classi:

- *modelli euleriani:* riferiti ad un sistema di coordinate fisse;
- *modelli lagrangiani:* riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.

I *modelli euleriani* si suddividono, a loro volta, in:

- modelli analitici;
- modelli a box;
- modelli a griglia.

I *modelli analitici* si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteorologiche possono considerarsi stazionarie (*plume models*) oppure dipendenti dal tempo (*puff models*).

I *modelli a box* suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. E' inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I *modelli a griglia* si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I *modelli lagrangiani* si suddividono in:

- *modelli a box;*
- *modelli a particelle.*

I *modelli lagrangiani a box*, differentemente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante).

Nei *modelli a particelle la dispersione* dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- modelli di distribuzione;
- modelli stocastici;
- modelli di recettore.

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinzioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emmissive.

**All'interno del presente studio per la descrizione del traffico veicolare nello Stato riferimento e in quello di progetto è stato utilizzato il modello CALINE4.**

#### **4.1.3. Il modello CALINE**

CALINE è il modello di calcolo utilizzato per lo studio di sorgenti lineari, come le emissioni dovute a traffico veicolare, appositamente realizzato dal Dipartimento dei Trasporti della California per le autostrade americane e successivamente convalidato dall'US-EPA. Tale modello è basato sull'utilizzo congiunto di un "box model" e della formulazione dell'equazione gaussiana di dispersione, valida per moti del vento laminari e atmosfera stabile.

La versione attualmente utilizzata del codice è CALINE4, che è anche la più recente al momento disponibile. Lo scopo di questo modello è di stimare gli impatti sulla qualità dell'aria nei pressi di strade o infrastrutture viarie lineari. CALINE4 è in grado di simulare le concentrazioni in aria ambiente di inquinanti primari inerti come CO e particolato ed NO<sub>2</sub>, originate dalle emissioni degli autoveicoli.

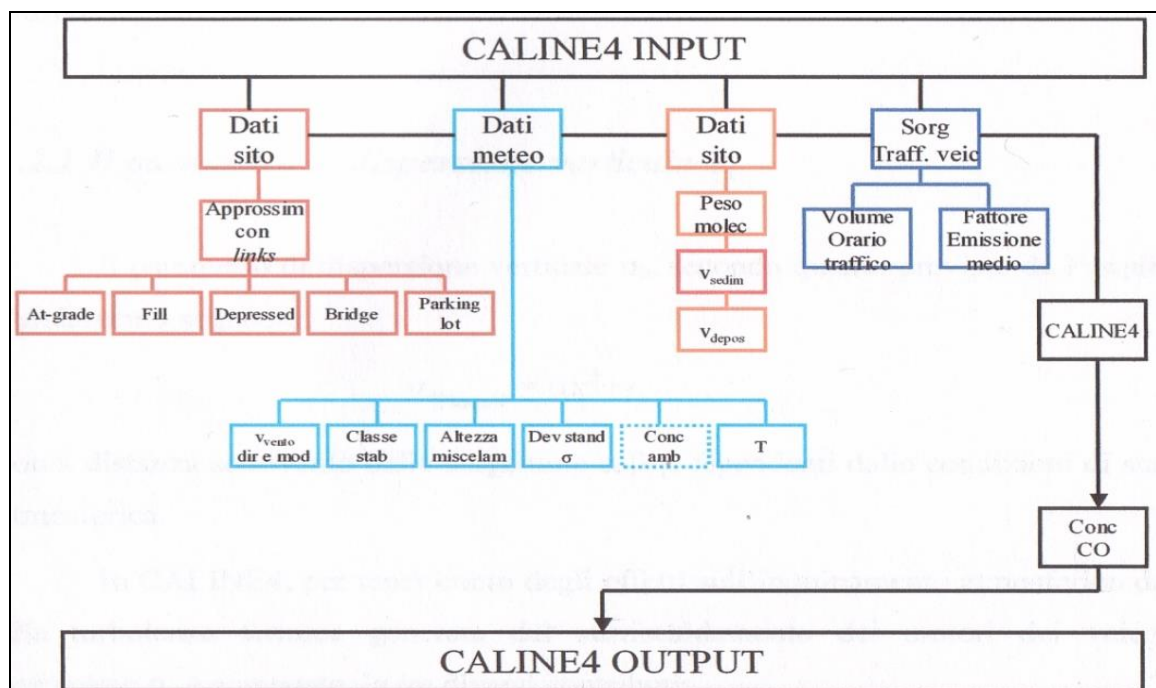
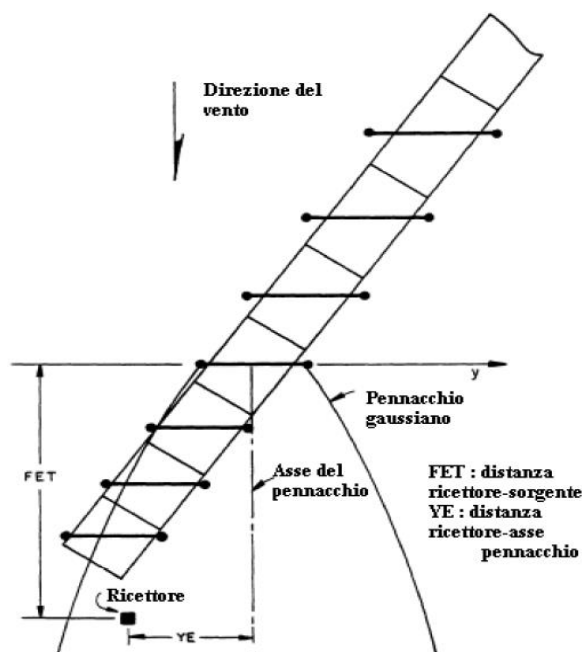


Figura 15. Schema a blocchi INPUT/OUTPUT del codice CALINE4

#### 4.1.3.1. Descrizione del modello

##### Schematizzazione del sito

Il modello suddivide l'asse stradale in una serie di elementi discreti (determinati tenendo conto della direzione del vento e della posizione rispetto alla strada del punto recettore in cui deve essere stimata la concentrazione) per i quali le singole concentrazioni sono calcolate e poi sommate per ottenere il valore finale in corrispondenza di un particolare recettore. Ciascun elemento in cui è ripartito il tratto stradale è schematizzato come una sorgente lineare fittizia di emissione perpendicolare alla direzione del vento: per ognuna di queste sorgenti viene simulato un processo di dispersione gaussiana delle sostanze inquinanti.



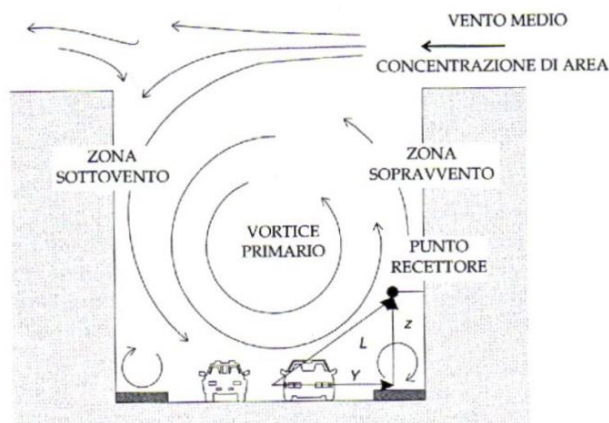
**Figura 16. Schematizzazione della sorgente in CL4.**

Per quanto concerne la definizione della geometria della strada, il modello permette di suddividere il tratto studiato fino ad un massimo di 20 segmenti continui, ognuno con differente orientamento. Ogni segmento è definito come retto e con un'ampiezza, una quota, un traffico ed un fattore di emissione per veicolo costante. E' possibile simulare sia tratti in trincea che sezioni elevate o ponti, oltre che stimare gli impatti generati da parcheggi posti a livello del terreno.

E' importante considerare come le variazioni della topografia al contorno possano influenzare in maniera decisiva la buona applicabilità del modello, in particolare l'utilizzo su terreni orograficamente complessi potrebbe invalidare l'applicabilità dell'equazione gaussiana di diffusione. All'interno del codice di calcolo è stato quindi incluso un algoritmo per la simulazione di canyon urbani o naturali, il quale prevede il calcolo degli effetti della riflessione orizzontale del pennacchio.

Il canyon proposto da CL4 è formato da barriere di altezza fissa (dipendente dall'altezza media degli edifici nel caso urbano) con distanze (destra e sinistra) variabili dall'asse della strada. Questo tipo di rappresentazione che ben si adatta alla struttura delle arterie dei centri urbani americani e dell'Europa centro-settentrionale, pone a priori qualche dubbio circa la riproducibilità delle caratteristiche delle arterie di centri posti nella Piana di Lucca dove le barriere dei canyon urbani sono costituite spesso da edifici non allineati e con altezze sensibilmente diverse.

L'input del codice, in presenza dell'opzione canyon urbano, richiede che la direzione del vento sia posta parallela all'asse stradale: condizione apparentemente non restrittiva imponendo un allineamento del flusso conforme alla topografia del sito.



**Figura 17. Caratteristiche geometriche e di circolazione dell'aria in un canyon urbano**

### **Equazione per il calcolo della concentrazione**

Sono impiegati due differenti equazioni per calcolare le concentrazioni sottovento, nei casi limite di venti paralleli o trasversali ad ogni asse viario:

- un'equazione per sorgente lineare continua infinita (direzione del vento perpendicolare alla strada);
- un'equazione per sorgente puntiforme (direzione parallela alla strada).

In questo caso ogni tratto della strada viene considerato come una successione di sorgenti areali quadrate di dimensione pari alla larghezza della strada, assimilate poi a sorgenti puntuali equivalenti, delle quali sono sommati gli effetti sulle concentrazioni.

In tutti i casi intermedi di direzione prevalente del vento viene utilizzata una media pesata delle due formule. La concentrazione in un punto  $P(x,y,z)$ , in riferimento ad un tratto infinitesimo di strada e ammettendo una riflessione totale da parte del suolo, è la seguente:

$$dC = \frac{q \cdot dv}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$

Dove:

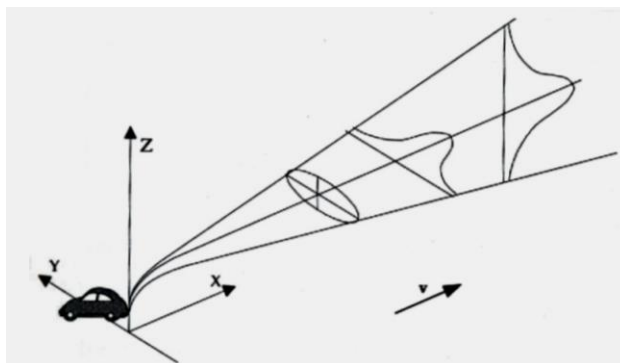
dC: incremento della concentrazione (ppm)

dQ: emissione sul tratto infinitesimo (mg/s)

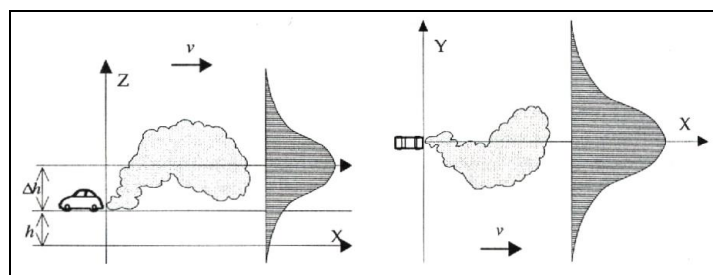
u: velocità del vento all'altezza H (m/s)

H: altezza della sorgente (m)

$\sigma_y$  e  $\sigma_x$  parametro di dispersione orizzontale e verticale rispettivamente (m)



**Figura 18. Schema della dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento**



**Figura 19. Vista dei piani (x,z) e (x,y) dello schema di dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento.**

Osservando le immagini sopra riportate, per una sorgente puntuale continua è assunto che il materiale inquinante venga trasportato dal vento nel verso in cui esso spira, distribuendosi secondo un sistema di riferimento cartesiano avente origine degli assi in un punto del suolo con l'asse Z ortogonale al piano stradale e uscente da esso e gli assi X e Y orizzontali. Come è facile notare, nella sua formulazione standard il modello gaussiano è infatti sottoposto ad una serie di limitazioni, tra le quali ricordiamo:

- stazionarietà delle emissioni: si assume che le emissioni siano costanti;
- stazionarietà ed omogeneità delle condizioni atmosferiche: si assume che non intervengano variazioni della direzione e della velocità del vento, della stabilità atmosferica, durante il trasporto di inquinante dalla sorgente al recettore, ipotesi ragionevole solo per brevi distanze e in assenza di rapide variazioni delle condizioni meteorologiche;
- assenza di reazioni chimiche nell'atmosfera che interessino gli inquinanti e fenomeni di dispersione al suolo;
- estensione infinita del dominio spaziale di dispersione degli inquinanti: si assume che la dispersione non sia alterata dalla presenza del suolo, ostacoli, stratificazioni termiche dell'atmosfera
- impossibilità di simulare calme di vento: per velocità di vento prossime a 0, la concentrazione di un inquinante va all'infinito, dunque è necessario adottare un artificio considerando le calme di vento pari a 1 m/s.



### **I coefficienti di dispersione verticale ed orizzontale**

Per i coefficienti di dispersione verticale ( $\sigma_z$ ), CL4 utilizza una versione modificata delle curve di Pasquill-Smith, in modo da includere la turbolenza termica generata dal surriscaldamento dei motori dei veicoli. In questo modo tale parametro risulta composto da tre diversi contributi:

$$\sigma_z = \sigma_z(I) + \sigma_z(M) + \sigma_z(F)$$

$\sigma_z(I)$ ,  $\sigma_z(M)$ ,  $\sigma_z(F)$  = parametro di dispersione verticale Iniziale, Medio, Finale

Tale parametro, indipendentemente dalla classe di stabilità atmosferica e dalla rugosità superficiale, dipende dal tempo di residenza della particella d'aria nella zona di turbolenza: maggiore è il tempo di permanenza in questa zona, maggiore è la dispersione verticale subita dalla particella. Tale parametro rimane costante fino ad una distanza della sorgente dipendente dall'ampiezza della strada e dall'angolo formato dalla direzione del vento e dalla posizione della strada stessa. All'aumentare della distanza, gli effetti della turbolenza termica producono un aumento nella dispersione verticale rappresentato tramite il parametro  $\sigma_z(M)$ , che ad una distanza dipendente dal parametro di dispersione orizzontale  $\sigma_y$  si esauriscono, conferendo alla dispersione il tipico andamento gaussiano indicato da Pasquill:

$$\sigma_z^2(X) = \alpha \zeta \beta + \gamma$$

con X distanza sottovento dalla sorgente (Km) e  $\alpha, \beta, \gamma$  dipendenti dalle condizioni di stabilità atmosferica.

Il parametro di dispersione orizzontale ( $\sigma_y$ ), invece, oltre che dalla deviazione standard della fluttuazione della direzione del vento orizzontale e dalla distanza sottovento dalla sorgente, dipende anche dal tempo di diffusione secondo il modello Draxler che pone:

$$\sigma_y = \sigma_\theta * X * F(T, t_L)$$

$\sigma_\theta$  = deviazione standard della direzione del vento orizzontale;

X = distanza sottovento alla sorgente;

F(T, tL) = funzione del tempo di diffusione T e del tempo di scala lagrangiano tL, data da:

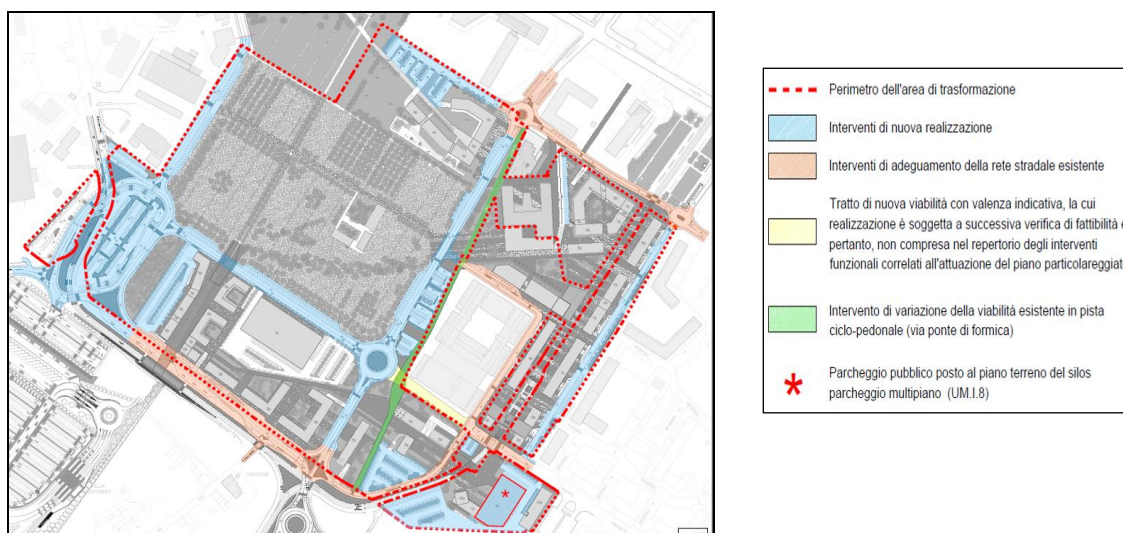
$$F(T, t_L) = 1 / [1 + 0.9 * (T/T')^{0.5}]$$

Dove T' è il tempo di diffusione necessario perché la funzione raggiunga il valore F=0.5 e  $T' \propto t_L$

## 5. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA COMPONENTE ATMOSFERA E STIMA DELLE CONCENTRAZIONI INQUINANTI AL SUOLO

Il progetto oggetto del presente studio rappresenta l'attuazione di quanto disposto dal Piano particolareggiato (PP) dell'Area di trasformazione "Nuovo centro della città" TR04c previsto dal PO comunale di Scandicci quale conferma degli interventi strategici di sviluppo della città finalizzati alla creazione di una nuova centralità urbana in corrispondenza del tracciato tramviario esistente. Tale area si configura, ad oggi, come un ampio vuoto urbano, non più agricolo, e non fruibile dai cittadini in quanto area privata recintata non accessibile. Il progetto si inserisce nel cuore del tessuto esistente di Scandicci con l'obiettivo di elevare la qualità della vita urbana dei cittadini e l'identità dell'intero centro abitato, introducendo nuove funzioni e spazi pubblici a disposizione della comunità locale e dei visitatori esterni, andando a costituire il primo nucleo insediativo del Nuovo Centro della città di Scandicci, avente come fulcro il Palazzo Comunale e la stazione della Linea 1 della tramvia.

La progettazione in analisi prevede lo sviluppo dell'intera area attraverso la previsione di nuovi insediamenti abitativi, commerciali, direzionali e ricettivi, oltre ad un parco pubblico cittadino e la risistemazione del sistema della mobilità. Il progetto tra le altre cose prevede la ridefinizione di un sistema di viabilità interna e di riqualificazione e collegamento con quella esterna.



**Figura 20. Estratto della viabilità di progetto così come prevista dal Piano Particolareggiato approvato**

Come anticipato nel paragrafo sulla modellistica per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria del traffico nello *Stato di progetto* (ossia a seguito dell'entrata in esercizio di tutte le destinazioni in previsione per l'area interessata dal Piano Particolareggiato) si è utilizzato il modello CALINE. Il modello diffusivo CALINE 4 è stato sviluppato dal CALTRANS (*Californian Institute of Transportation*) californiano per lo studio della diffusione degli inquinanti emessi da traffico autoveicolare. Il modello nasce espressamente per implementare il protocollo del CO secondo la legislazione USA vigente ma permette lo studio della diffusione di altre specie chimiche sempre emesse da sorgenti lineari stradali quali: NO<sub>2</sub>, particolato, generico inquinante chimico non reattivo.

Scopo della presente sezione è quello di valutare le modificazioni positive e/o negative introdotte dallo *Stato di progetto* (*scenario futuro*) rispetto allo *Stato di gestione riferimento* (*scenario*

riferimento), in termini di impatto atmosferico sulla qualità dell'aria, per le aree adiacenti a quelle interessate dall'intervento

Per la valutazione delle modificazioni sulla qualità dell'aria è stato scelto un approccio quantitativo mediante applicazione modellistica diffusionale atmosferica, in grado di riprodurre, nelle condizioni meteorologiche tipiche dell'area, lo stato di dispersione degli inquinanti emessi dai veicoli circolanti sui tratti di strade interessati dalla modificazione progettuale.

Al fine di implementare correttamente il modello di calcolo CALINE4 si è provveduto a svolgere delle simulazioni preliminari che permettessero di individuare la curva di dispersione dei vari inquinanti allo studio quali **PM<sub>10</sub>**, **NO<sub>x</sub>**, **CO** e **Benzene** per tipologia di strada. In particolare, si è suddiviso lo scenario di studio costituito da circa 600 archi viari per i due Scenari di simulazione per tipologia di strada in funzione delle caratteristiche fornite dagli sviluppatori dello studio trasportistico.

Le emissioni totali sono state calcolate prendendo a riferimento tutti i tronchi/archi viari considerati nello studio citato e compresi nel dominio di calcolo individuato. In questo modo, è stato possibile stimare le emissioni totali da traffico nel dominio in esame che sono state successivamente utilizzate nella configurazione del codice CALINE per la valutazione dell'impatto di queste sulla qualità dell'aria.

I dati per tutte le sezioni individuate ed i relativi tronchi viari sono rappresentati in base ai parametri di volume di traffico nell'Ora di Punta (ODP) e come traffico medio giornaliero TGM. Per ognuno degli archi viari sono disponibili le classi di veicoli AUTO/LEGGERI, VEICOLI PESANTI. Tutte le valutazioni saranno quindi svolte in base a questa classificazione.

Per la valutazione delle emissioni, sono stati utilizzati i fattori di emissione medi disponibili nella base di dati ISPRA – APAT, e quelli del progetto COPERT 5.1<sup>1</sup> disponibili per l'anno 2017. I fattori di emissione utilizzati per le simulazioni sono stati acquisiti dalla banca dati nazionale di ISPRA SINANET<sup>2</sup> dal file fe2021.xls dove sono contenuti i fattori di emissione per tipologia di veicolo e inquinante.

Sulla base delle informazioni disponibili si sono desunti i seguenti fattori di emissione in coerenza con lo studio trasportistico che divide i veicoli in transito nei vari scenari tra:

- Autoveicoli e veicoli leggeri;
- Veicoli pesanti.

<sup>1</sup> <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>

<sup>2</sup> <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>

Tipologia di Veicolo Parametro	CO g/veic*km	NOx g/veic*km	Benzene mg/veic*km	PM <sub>10</sub> g/veic*km
Autoveicoli	0.4223	0.3157	0.00163	0.0328
Veicoli pesanti	0.7987	2.4609	0.00005	0.1351

**Tabella 13. fattori di emissione per tipologia di veicolo e parametro estratti da FE2021.xlsx di SINANET ISPRA**

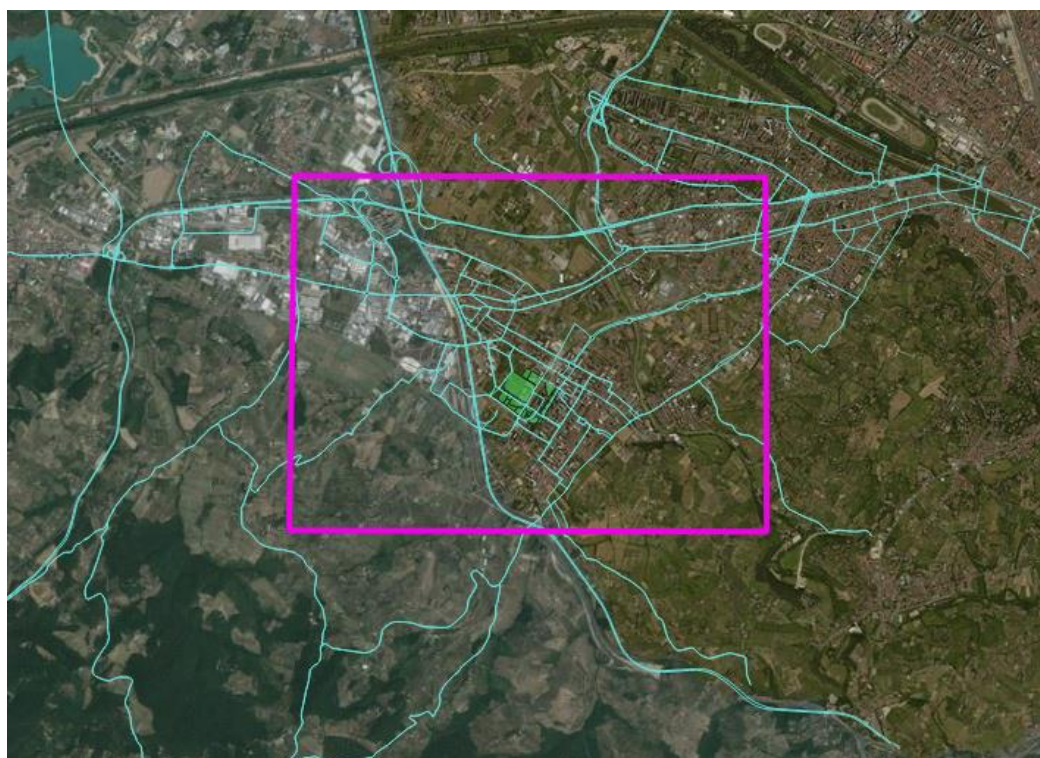
### 5.1. DOMINIO DI CALCOLO

L'area in analisi è destinata alla realizzazione della porzione quantitativamente più rilevante del nuovo centro della città attorno al tracciato tramviario e caratterizzata dall'inserimento di servizi e funzioni, quali, ad esempio, strutture per la formazione, turistico – ricettive, attività direzionali e di servizio, attività commerciali, residenze, etc... Il sito interessato dal progetto in analisi è compreso nella perimetrazione urbana di Scandicci (FI), costituito da un'area verde in prossimità del centro di proprietà del CNR, delimitata da Via Sette Regole a sud-ovest, via Don Lorenzo Perosi a ovest, il nuovo tracciato tramviario a est.

Il dominio di calcolo scelto ai fini della simulazione modellistica nello Scenario di progetto è stato individuato a partire dall'analisi dello studio trasportistico, analizzando quindi gli archi viari soggetti a maggiore variazione in termini di flusso di traffico tra lo scenario riferimento e di progetto per l'area di Scandicci. Il dominio di calcolo individuato è compreso in un'area di 5.0 km x 4.0 km.

	Estensione del dominio UTM WGS84 FUSO 32 [m]	Passo griglia
Dominio simulazione	E 673000 E 678000 N 4845500 N 4849500	10 m

**Tabella 14. Domini di calcolo per la dispersione**

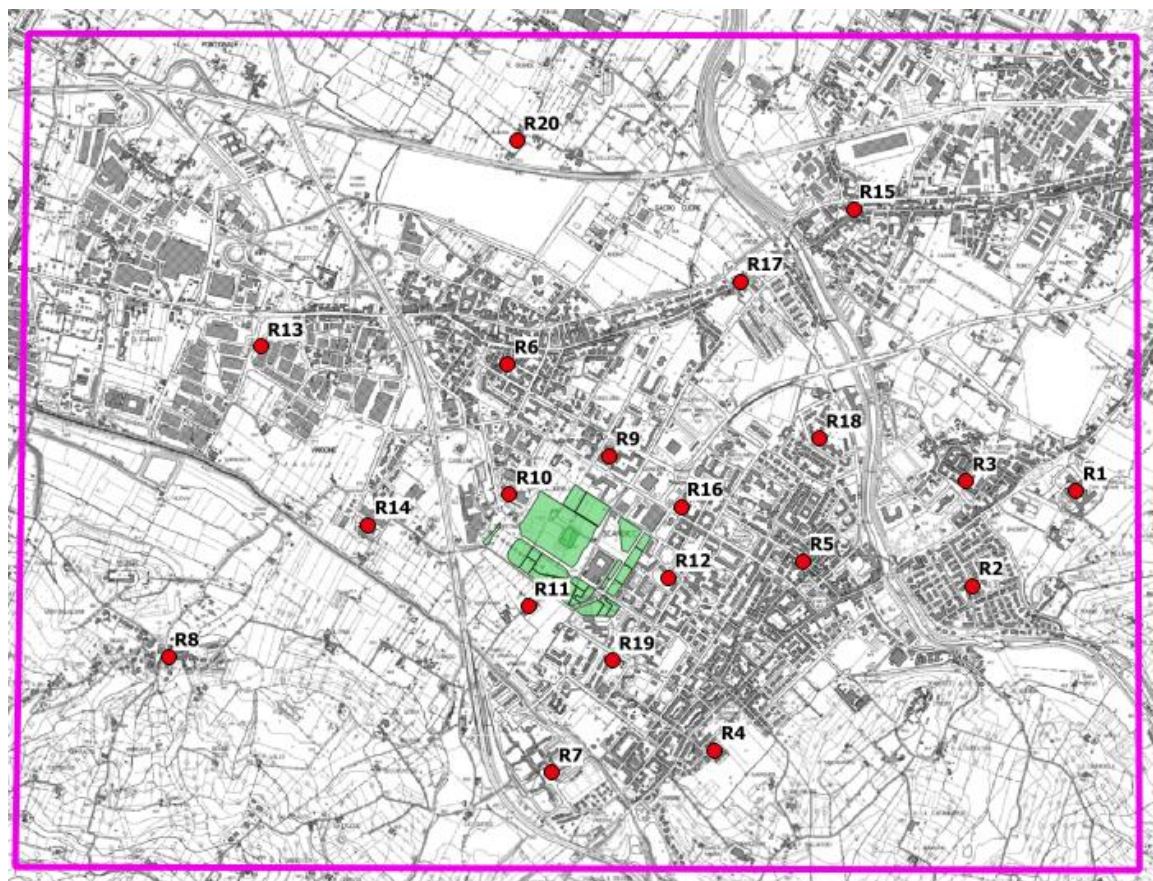


**Figura 21. Dominio di calcolo**



## 5.2. RECETTORI DISCRETI

Le mappe di isconcentrazione sviluppate con la risoluzione spaziale di 10 metri, sono state utilizzate come base per l'estrazione dei valori nei singoli recettori puntuali di seguito elencati in tabella. I valori di concentrazione sono stati estratti dalle mappe tramite applicazione di un algoritmo di QGIS (Strumenti di Gestione dati – "Join attributes by location"<sup>3</sup>) che permette di associare ad ogni punto del dominio il valore della cella che ha le stesse coordinate geografiche nel dominio.



**Figura 22. Localizzazione dei recettori discreti all'interno del dominio di calcolo**

ID	Descrizione	X [E] UTM WGS84 FUSO 32 [m]	Y [N] UTM WGS84 FUSO 32 [m]
R1	Nuovo Ospedale San Giovanni di Dio	677399.78	4847331.53
R2	Abitazioni	676956.51	4846928.56
R3	Scuola Primaria S. Pertini	676929.64	4847371.83
R4	Scuola primaria Gabbrielli	675861.77	4846230.08
R5	Abitazioni	676237.88	4847032.66
R6	Abitazioni	674981.95	4847868.82
R7	Abitazioni	675170.00	4846136.05
R8	Abitazioni	673537.97	4846626.33
R9	Scuola media statale E fermi	675413.47	4847479.29
R10	Abitazioni	674990.35	4847314.74
R11	Abitazioni	675067.58	4846841.25
R12	Abitazioni	675665.32	4846962.14

<sup>3</sup> QGIS Join attributes by location : This algorithm takes an input vector layer and creates a new vector layer that is an extended version of the input one, with additional attributes in its attribute table. The additional attributes and their values are taken from a second vector layer. A spatial criteria is applied to select the values from the second layer that are added to each feature from the first layer in the resulting one.

ID	Descrizione	X [E] UTM WGS84 FUSO 32 [m]	Y [N] UTM WGS84 FUSO 32 [m]
R13	area industriale	673932.55	4847942.70
R14	Abitazioni	674389.25	4847187.13
R15	Abitazioni	676450.25	4848528.67
R16	Abitazioni	675716.81	4847264.36
R17	Abitazioni	675971.77	4848221.33
R18	Abitazioni	676307.05	4847554.25
R19	Abitazioni	675426.93	4846611.26
R20	Abitazioni	675021.79	4848818.55

**Tabella 15. Recettori discreti individuati nel dominio di calcolo**

### 5.3. PARAMETRI DI CALCOLO

Per stimare le ricadute degli inquinanti derivanti dal traffico in ambito urbano degli inquinanti primari l'agenzia US-EPA raccomanda la versione del modello CALINE4, sviluppata dal CALTRANS (California Department of Transportation) nel 1984. L'utilizzo del CALINE IV è indicato dall'Istituto Superiore della Sanità (ISTISAN 93/36) e nella guida web del Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni. CALINE è un modello stazionario gaussiano che simula le ricadute degli inquinanti da traffico da archi viari. L'approccio del modello nel ricostruire le condizioni di dispersione degli inquinanti (e quindi le dimensioni laterale e verticale del pennacchio gaussiano), consiste nel considerare la zona direttamente sopra la carreggiata come una regione di rimescolamento uniforme, definita mixing zone. In tale zona i meccanismi dominanti sono la turbolenza meccanica creata dal movimento dei veicoli e termica dei gas di scarico.

Queste componenti aggiuntive della turbolenza atmosferica impartiscono una dispersione verticale iniziale, in funzione del tempo di permanenza della massa inquinante nella mixing zone. Minore è la velocità del vento, maggiore è la dispersione verticale che subisce una particella d'aria prima di essere trasportata fino al recettore. Il parametro che ha il maggior peso nel calcolo delle ricadute è la direzione del vento, che pone o meno i siti recettori sottovento alla sorgente emissiva. La topografia urbana e la presenza di edifici lungo l'arco viario considerato comportano l'incanalamento del vento, con variazione di velocità e direzione rispetto al vento esterno all'area edificata. La presenza degli edifici ai bordi della carreggiata, inoltre, influisce sulla turbolenza meccanica. Questo effetto, che comporta un incremento della dispersione verticale, viene quantificato attraverso la roughness (lunghezza di rugosità) dell'area di studio, ricavata in modo empirico come un decimo dell'altezza media degli edifici lungo entrambe le carreggiate dell'arco viario considerato. L'applicazione del modello CALINE IV nel presente caso di studio ha previsto le seguenti fasi:

#### Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali:

L'area, sufficientemente estesa per comprendere un dominio di calcolo, comprende l'area di Scandicci interessata dalla variante legata alla realizzazione dell'opera in oggetto.

#### Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative alle emissioni del traffico

<sup>4</sup> Caltrans (1989) CALINE4 – A Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations Near Roadways, Final Report prepared by the Caltrans Division of New Technology and Research (report No. FHWA/CA/TL-84/15).



Sono stati elaborati i dati di emissione per il calcolo dei fattori di emissione di auto, veicoli leggeri e veicoli pesanti utilizzando i fattori di emissione dell'inventario nazionale di ISPRA SINANET FE2017 applicandoli al flusso di veicoli per i tre scenari di progetto sviluppati nello studio trasportistico.

Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni nei recettori.

Il codice di dispersione CALINE IV viene utilizzato per la valutazione delle ricadute degli inquinanti dalle sorgenti emissive da traffico in area urbana.

Le simulazioni forniscono come risultati le concentrazioni sul dominio di calcolo selezionato.

Risultati

I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma di tabelle per i recettori individuati e confrontati con i valori limite di qualità dell'aria e saranno realizzate mappe di isoconcentrazione su griglia cartesiana per il dominio di calcolo e su recettori puntuali opportunamente individuati.

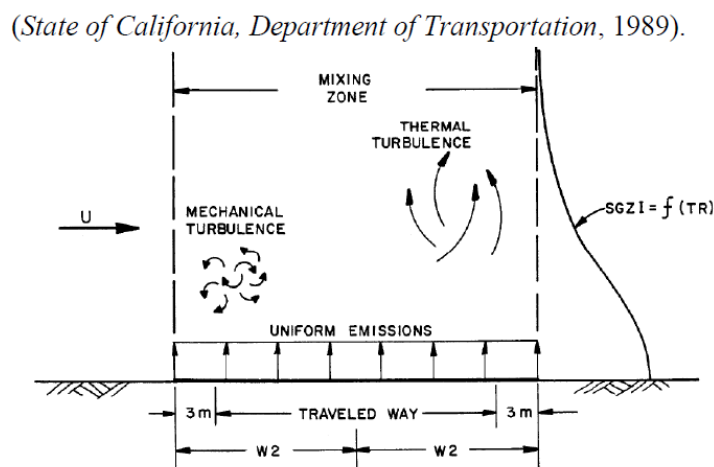
All'interno di CALINE4 le strade sono definite come segmenti rettilinei dei quali è necessario specificare le seguenti caratteristiche:

- endpoint delle coordinate;
- altezza delle strade dal piano campagna;
- larghezza della "mixing zone";
- dispersione verticale di canyon o bluff.

Endpoint delle coordinate: le coordinate cartesiane degli endpoint (x1, y1) e (x2, y2) definiscono le posizioni degli estremi dei tratti stradali. La lunghezza del segmento impostato in CALINE4 le coordinate degli endpoint sono state definite secondo il sistema metrico.

Altezza delle strade dal piano campagna: per tutti i tipi di strade questo parametro che rappresenta l'altezza della strada sopra il terreno circostante è stato definito a quota 0 m.

Larghezza della "mixing zone": i calcoli gaussiani di diffusione si basano sul modello della "mixing zone" definita come un'area di spessore pari alla dimensione della strada +3 metri a destra e +3 metri a sinistra di essa (per tenere conto della dispersione orizzontale d'inquinante legata alla scia generata dal movimento dei veicoli). In quest'area si assume che la turbolenza e l'emissione siano costanti e che la turbolenza (termica e meccanica) sia dovuta alla presenza di veicoli in movimento a temperature elevate. La dispersione verticale di inquinante (SGZ1) è funzione della turbolenza ed è indipendente dal numero di veicoli (in un intervallo di 4000 – 8000 veicoli/ora) e dalla loro velocità (in un intervallo di circa 40 – 96 km/h): questo perché un incremento del traffico aumenta la turbolenza termica ma riduce la turbolenza meccanica legata alla velocità (da qui l'ipotesi di costanza della turbolenza nella "mixing zone"). SGZ1 dipende invece dal tempo di residenza TR dell'inquinante nella "mixing zone" che è funzione della velocità del vento.



**Figura 23. Arco stradale e parametri considerati dal modello CALINE4**

Dispersione verticale di canyon o bluff: il modello è basato su due assunzioni – il flusso del vento orizzontale omogeneo e le condizioni meteorologiche di stato stazionario – piuttosto restrittive. La topografia complessa può invalidare ognuna di queste assunzioni: canyon possono canalizzare i venti, colline e valli possono causare frequenti spostamenti della direzione del vento. L'utilizzo di CALINE4 in terreni complessi deve pertanto procedere con cautela. Il modello gestisce situazioni di bluff e canyon riflettendo il flusso di dispersione dell'inquinante a distanze specificate su uno o più siti della mixing zone. La topografia dell'area urbana di Firenze, il fatto che la presenza degli edifici sia già considerata con il parametro "rugosità superficiale" e l'assenza di stretti e continui canyon urbani che possano alterare la curva di dispersione verticale hanno portato a inserire entrambi questi parametri (canyon e bluff) con valore uguale a 0 per tutti gli archi stradali considerati.

Per definire la classificazione ai fini delle simulazioni con CALINE4 si sono valutati i seguenti parametri per ciascuna tipologia di strada necessari per individuare i dati di input per il modello.

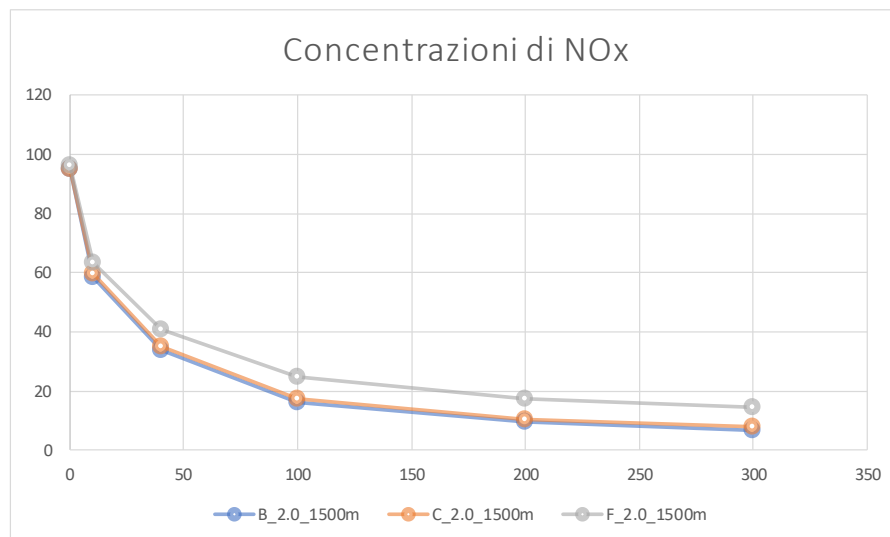
Tipologia di Strada	Aerodynamic Roughness Coefficient	Mixing Zone Height
Extraurbana	200 cm	10
Urbana	300 cm	12
Viali	100 cm	14

#### 5.4. SIMULAZIONI CON CALINE

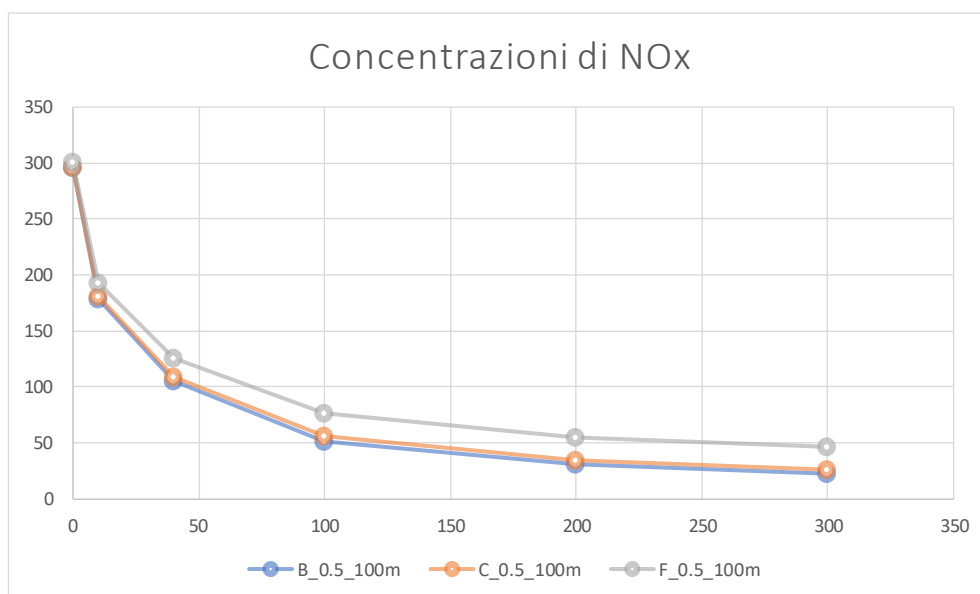
Al fine di valutare le ricadute determinate dal traffico veicolare nel dominio di calcolo si è proceduto dapprima alla stima delle concentrazioni in funzione dei principali parametri meteorologici fissate le condizioni al contorno caratteristiche delle strade oggetto delle simulazioni.

Si sono svolte simulazioni parametriche, di cui si riportano i risultati nelle seguenti tabelle e figure con il codice CALINE 4.

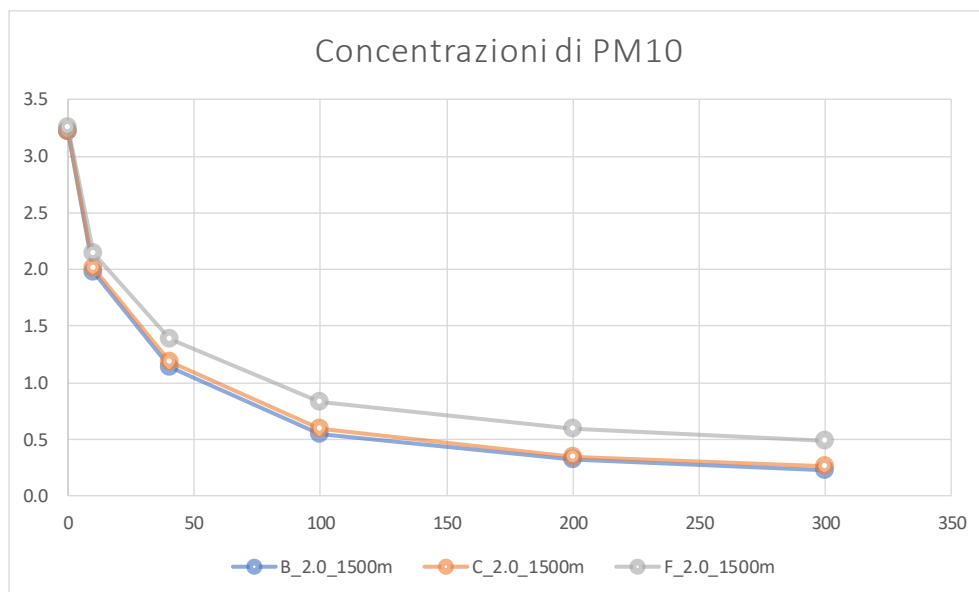
Per fare questo si è presa a riferimento una delle strade contenute nel database definito con lo studio trasportistico ed in particolare un tratto del viale Spartaco Lavagnini in direzione NORD-EST che per lo scenario SC2018 è caratterizzato dai parametri di seguito riportati in tabella.



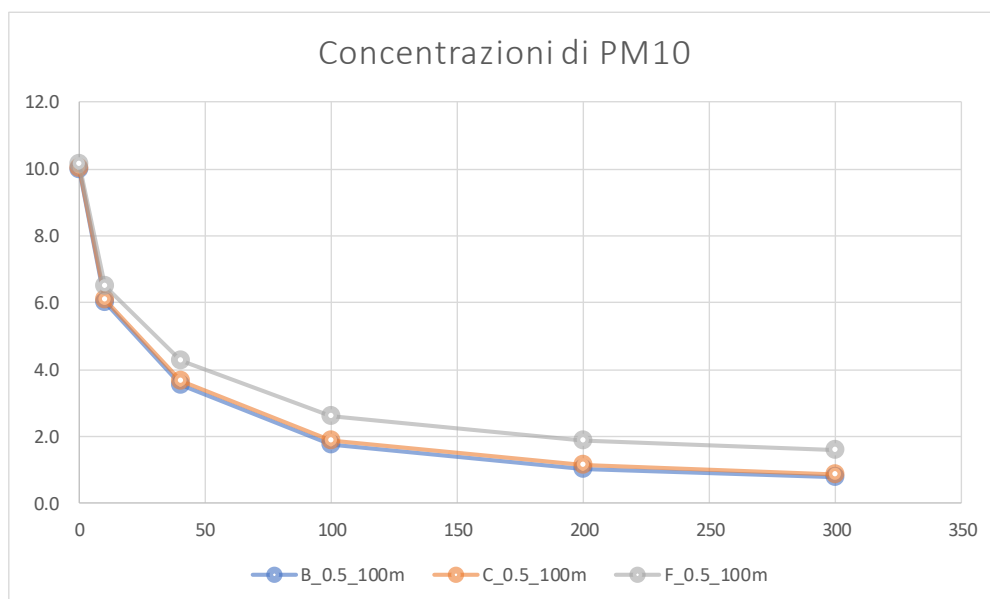
**Figura 24. Concentrazione di NOX espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2m/s e  $H_{\text{mix}} = 1500$  m sul livello del suolo**



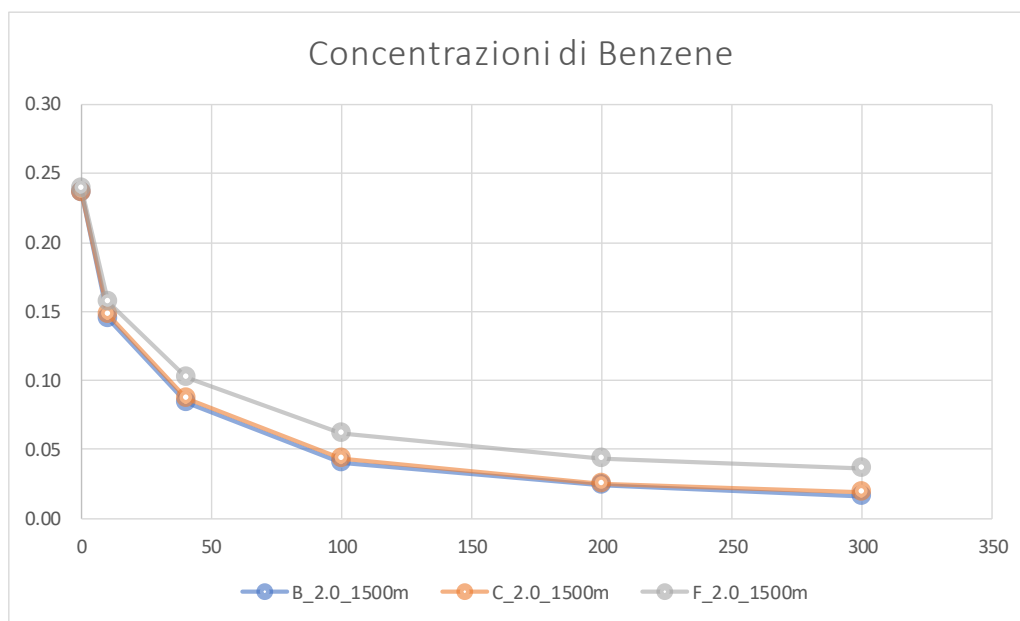
**Figura 25. Concentrazione di NOX espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e  $H_{\text{mix}} = 100$  m sul livello del suolo.**



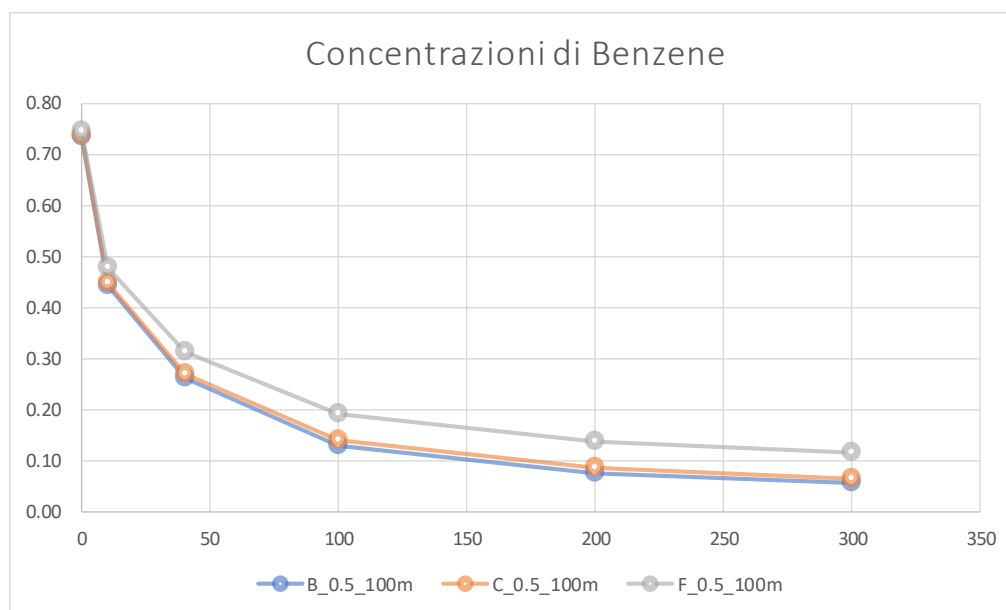
**Figura 26. Concentrazione di  $PM_{10}$  espressa in  $ug/m^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e  $H_{mix} = 1500$  m sul livello del suolo.**



**Figura 27. Concentrazione di  $PM_{10}$  espressa in  $ug/m^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e  $H_{mix} = 100$  m sul livello del suolo.**

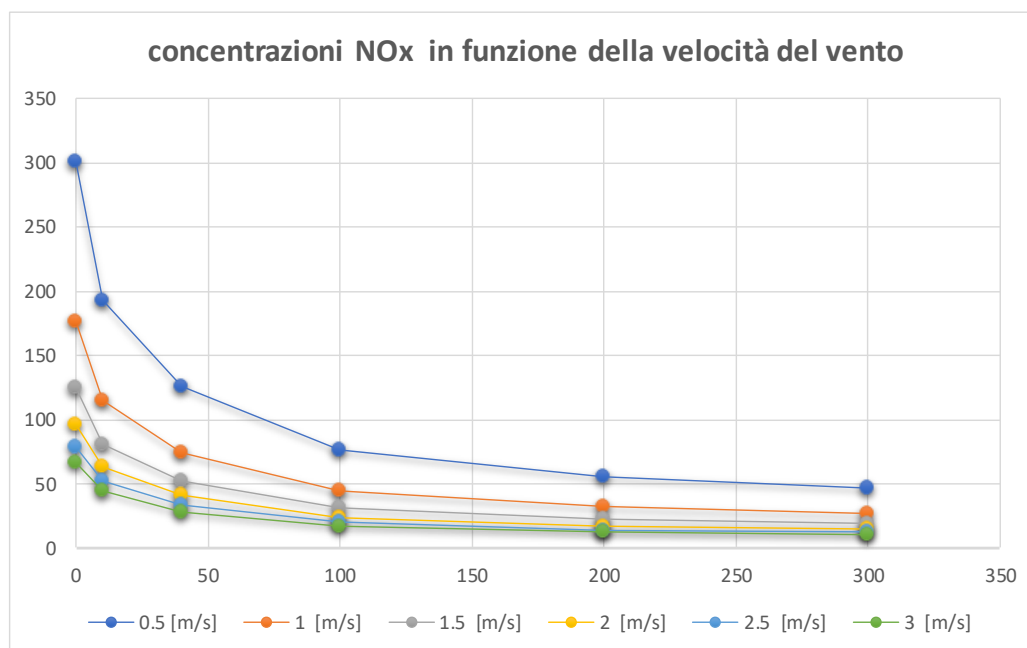


**Figura 28. Concentrazione di Benzene espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e  $H_{\text{mix}} = 1500$  m sul livello del suolo.**



**Figura 29. Concentrazione di Benzene espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e  $H_{\text{mix}} = 100$  m sul livello del suolo.**

Inoltre si è proceduto alla valutazione della variabilità dei risultati con la velocità del vento al fine di costruire una curva interpretativa del fenomeno in relazione al vento. Nella seguente figura i risultati delle simulazioni.



**Figura 30. Concentrazione di NOx espressa in ug/m<sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti velocità del vento e fissata la Classe di Stabilità e l'altezza Hmix = 1500 m sul livello del suolo.**



## 5.5. RISULTATI

### 5.5.1. Applicazione GIS e redazione delle mappe di concentrazione

E' stato sviluppato un apposito algoritmo che permettesse di applicare il modello CALINE4 in modo sistematico ad un dominio di calcolo di grandi dimensioni (5 km x 4 km) quale quello descritto ed individuato per queste simulazioni ed in relazione al consistente numero di archi viari (circa 900 strade) da considerare ed alla loro lunghezza (circa 280km di rete stradale).

L'algoritmo permette di ottenere risultati delle simulazioni sull'intera estensione del dominio di calcolo (20 km<sup>2</sup>) che è suddiviso in una griglia regolare di passo cella 10 m x 10 m costituita da X: celle 500 e Y: celle 400.

I risultati basati sul calcolo del massimo orario per l'ora di punta, così come definito dallo Studio trasportistico sono stati poi elaborati al fine di ottenere in ognuno dei punti recettori la serie temporale oraria su base annuale.

Per fare questo si sono estratti i dati puntuali nei 20 recettori per l'ora di punta e si è proceduto alla ricostruzione della serie temporale oraria sulla base di due criteri principali:

- la disaggregazione oraria del traffico veicolare per singola strada che influisce direttamente sul rateo emissivo.
- le condizioni meteorologiche che determinano la dispersione dell'inquinante che sono identificabili principalmente nella velocità del vento.

In pratica per ogni ora dell'anno solare si è proceduto a rivalutare la concentrazione stimata da CALINE nel singolo recettore per l'ora di punta sulla base del valore reale (Studio trasportistico) del traffico e per il valore della velocità del vento in base ai risultati dello studio parametrico esposto in precedenza.

### 5.5.2. Ricettori discreti – Scenario di progetto

I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo CALPUFF per le emissioni derivanti dallo **Scenario di Riferimento e Scenario di progetto**.

I risultati delle mappe diffusionali relative allo Scenario di progetto sono riportate in allegato al presente documento.

### SCENARIO DI RIFERIMENTO

Rec	PM <sub>10</sub>		NO <sub>x</sub>		BENZENE	CO
	Media Anno (µg/m³)	90.4° delle medie giornaliere (µg/m³)	Media Anno (µg/m³)	99.8° percentile delle medie orarie (µg/m³)	Media Anno (µg/m³)	Media oraria (µg/m³)
R1	6.4E-04	1.0E-03	6.5E-03	2.3E-02	7.0E-05	6.8E-02
R2	5.0E-05	8.0E-05	4.7E-04	1.7E-03	1.0E-05	5.0E-03
R3	1.6E-03	2.6E-03	1.6E-02	5.8E-02	1.8E-04	1.7E-01
R4	6.3E-04	1.0E-03	6.3E-03	2.3E-02	7.0E-05	6.7E-02
R5	1.3E-01	2.0E-01	1.3E+00	4.5E+00	1.4E-02	1.3E+01
R6	1.2E-01	1.9E-01	1.2E+00	4.3E+00	1.3E-02	1.3E+01
R7	3.0E-05	6.0E-05	3.4E-04	1.2E-03	0.0E+00	3.6E-03
R8	2.7E-02	4.4E-02	2.8E-01	9.9E-01	3.1E-03	2.9E+00
R9	7.2E-02	1.2E-01	7.3E-01	2.6E+00	8.0E-03	7.7E+00
R10	2.9E-02	4.8E-02	3.0E-01	1.1E+00	3.3E-03	3.1E+00
R11	1.4E-02	2.3E-02	1.4E-01	5.0E-01	1.6E-03	1.5E+00
R12	1.6E-01	2.6E-01	1.6E+00	5.7E+00	1.8E-02	1.7E+01
R13	1.4E-01	2.3E-01	1.5E+00	5.2E+00	1.6E-02	1.5E+01
R14	9.6E-03	1.6E-02	9.7E-02	3.5E-01	1.1E-03	1.0E+00
R15	4.3E-01	7.0E-01	4.4E+00	1.6E+01	4.8E-02	4.6E+01
R16	2.3E-01	3.7E-01	2.3E+00	8.3E+00	2.6E-02	2.5E+01
R17	2.0E-01	3.2E-01	2.0E+00	7.2E+00	2.2E-02	2.1E+01
R18	2.0E-05	3.0E-05	1.9E-04	6.9E-04	0.0E+00	2.1E-03
R19	2.0E-01	3.2E-01	2.0E+00	7.2E+00	2.2E-02	2.1E+01
R20	6.6E-03	1.1E-02	6.7E-02	2.4E-01	7.4E-04	7.1E-01

### SCENARIO DI PROGETTO

Rec	PM <sub>10</sub>		NO <sub>x</sub>		BENZENE	CO
	Media Anno (µg/m³)	90.4° delle medie giornaliere (µg/m³)	Media Anno (µg/m³)	99.8° percentile delle medie orarie (µg/m³)	Media Anno (µg/m³)	Media oraria (µg/m³)
R1	6.4E-04	1.0E-03	6.4E-03	2.3E-02	7.0E-05	6.8E-02
R2	5.0E-05	8.0E-05	5.0E-04	1.8E-03	1.0E-05	5.2E-03
R3	1.7E-03	2.7E-03	1.7E-02	6.0E-02	1.8E-04	1.8E-01
R4	6.3E-04	1.0E-03	6.4E-03	2.3E-02	7.0E-05	6.7E-02
R5	1.2E-01	2.0E-01	1.3E+00	4.5E+00	1.4E-02	1.3E+01
R6	1.3E-01	2.2E-01	1.4E+00	4.8E+00	1.5E-02	1.4E+01
R7	3.0E-05	6.0E-05	3.4E-04	1.2E-03	0.0E+00	3.6E-03
R8	3.6E-02	5.8E-02	3.6E-01	1.3E+00	4.0E-03	3.8E+00
R9	6.3E-02	1.0E-01	6.4E-01	2.3E+00	7.1E-03	6.8E+00
R10	4.1E-02	6.7E-02	4.2E-01	1.5E+00	4.6E-03	4.4E+00
R11	1.4E-02	2.3E-02	1.4E-01	5.0E-01	1.6E-03	1.5E+00
R12	1.3E-01	2.1E-01	1.3E+00	4.8E+00	1.5E-02	1.4E+01
R13	1.6E-01	2.6E-01	1.6E+00	5.9E+00	1.8E-02	1.7E+01
R14	2.7E-02	4.4E-02	2.7E-01	9.7E-01	3.0E-03	2.9E+00
R15	4.4E-01	7.1E-01	4.4E+00	1.6E+01	4.9E-02	4.7E+01
R16	1.8E-01	3.0E-01	1.9E+00	6.7E+00	2.1E-02	2.0E+01
R17	2.7E-01	4.4E-01	2.7E+00	9.7E+00	3.0E-02	2.9E+01
R18	2.0E-05	3.0E-05	2.0E-04	7.2E-04	0.0E+00	2.1E-03
R19	2.5E-01	4.1E-01	2.5E+00	9.1E+00	2.8E-02	2.7E+01
R20	6.8E-03	1.1E-02	6.9E-02	2.5E-01	7.6E-04	7.3E-01

## 6. CONCLUSIONI

L'attività svolta nell'ambito della relazione oggetto di questo documento ha previsto la valutazione delle modifiche della qualità dell'aria a seguito della ridefinizione di un sistema di viabilità interna e di riqualificazione e collegamento con quella esterna nell'ambito del progetto di attuazione (in fase preliminare) dell'Area di trasformazione "Nuovo centro della città" TR04c prevista dal PO comunale di Scandicci.

L'attività svolta ha visto l'espletamento delle seguenti fasi:

- caratterizzazione territoriale dell'area;
- caratterizzazione meteorologica e di qualità dell'aria dell'area;
- quantificazione dello scenario emissivo dalle sorgenti da traffico per lo Scenario riferimento e di progetto in base alle indicazioni ricevute dallo studio del traffico e dei fattori di emissione Sinanet Ispra 2017;
- predisposizione dello scenario emissivo per l'applicazione del codice di dispersione degli inquinanti;
- configurazione ed applicazione del codice numerico CALINE ai due scenari comprendente lo svolgimento di simulazioni per la descrizione delle ricadute sull'intera area considerata e sui 20 recettori discreti individuati per la restituzione di dettaglio dell'impatto sulla qualità dell'aria.

L'inventario delle emissioni è stato valutato sulla base dello studio del traffico, ed ha permesso di caratterizzare ogni singola emissione lineare compresa nel dominio di calcolo con un elevato livello di dettaglio per quanto riguarda le strade selezionate dallo studio trasportistico e di progetto per le quali sono state calcolate le emissioni inquinanti.

Infine, le simulazioni di calcolo della dispersione degli inquinanti hanno permesso di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni inquinanti sia tramite la restituzione grafica in mappe di isoconcentrazione sul territorio che sotto forma tabellare per alcuni punti recettori presi a riferimento.

Le curve di isoconcentrazione prodotte rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato agli archi viari considerati, e non tengono conto del livello di qualità dell'aria locale. (vedi Allegati al presente documento).

Nella seguente tabella sono descritte le concentrazioni stimate ai ricettori per le simulazioni eseguite per lo **Scenario riferimento e di progetto** secondo gli standard di qualità dell'aria.

***I valori di concentrazione stimati dal modello per lo Scenario di Riferimento e di Progetto in generale non evidenziano criticità in quanto i valori di concentrazione di tutti i parametri ai recettori risultano inferiori ai valori limite di legge.*** Come si desume dalle tabelle lo Scenario di progetto riporta valori di concentrazione più alti in alcuni recettori e più bassi in altri rispetto allo Scenario riferimento, in linea con lo Studio trasportistico e gli effetti della redistribuzione del traffico locale in seguito alla riqualificazione dell'area.

***Sia per le polveri che per gli altri inquinanti non si registrano situazioni di criticità per nessuno dei parametri di qualità dell'aria normati.***

### OSSIDI DI AZOTO (NO<sub>x</sub>) espresso in [µg/m<sup>3</sup>]

Valore massimo tra i recettori	PREVISIONE MODELLISTICA		Stazione ARPAT QA Scandicci 2022 - NO <sub>2</sub>
	Media Annuale	99.8° percentile delle media oraria	Media Annuale (V.L.40 µg/m <sup>3</sup> )
SCENARIO DI RIFERIMENTO	4.43	15.63	20
SCENARIO DI PROGETTO	4.44	15.67	

### PARTICOLATO (PM<sub>10</sub>) espresso in [µg/m<sup>3</sup>]

Valore massimo tra i recettori	PREVISIONE MODELLISTICA		Stazione ARPAT QA Scandicci 2022 PM <sub>10</sub>
	Media annuale	90.4° percentile della media giornaliera	Media annuale (V.L.40 µg/m <sup>3</sup> )
SCENARIO DI RIFERIMENTO	0.43	0.71	21
SCENARIO DI PROGETTO	0.44	0.70	

### BENZENE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) espresso in [µg/m<sup>3</sup>]

Valore massimo tra i recettori	PREVISIONE MODELLISTICA	Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2022 BENZENE
	Media annuale	Media annuale (V.L.5 µg/m <sup>3</sup> )
SCENARIO DI RIFERIMENTO	0.0482	1.1 - 2.2
SCENARIO DI PROGETTO	0.0489	

### MONOSSIDO DI CARBONIO (CO espresso in [µg/m<sup>3</sup>]

Valore massimo tra i recettori	PREVISIONE MODELLISTICA	Stazione ARPAT QA Urbane traffico 2022 CO
	Media annuale	Media massima giornaliera su 8h (V.L. 10 mg/m <sup>3</sup> )
SCENARIO DI RIFERIMENTO	46.23	2.0
SCENARIO DI PROGETTO	46.93	

Al fine di esplicitare in modo più approfondito i risultati delle simulazioni dello **Scenario di progetto** si riporta di seguito una **tabella di raffronto con lo Scenario Riferimento**.

Tale tabella riporta il valore percentuale di riduzione delle emissioni tra i due Scenari analizzati.

La % = (Scenario di Progetto – Scenario Riferimento) / Scenario Riferimento

Rec	RAFFRONTO SCENARI
	PROGETTO vs RIFERIMENTO
	Media anno
R1	0%
R2	6%
R3	3%
R4	1%
R5	-1%
R6	12%
R7	0%
R8	30%
R9	-12%
R10	41%
R11	0%
R12	-17%
R13	12%
R14	50%
R15	2%
R16	-20%
R17	35%
R18	5%
R19	26%
R20	2%

**Tabella 16. Raffronto dei valori percentuali di riduzione delle emissioni tra i due Scenari analizzati**

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Immagine aerea della zona di intervento.....	4
Figura 2. Suddivisione dell'area di intervento per Zone.....	5
Figura 3. Localizzazione delle singole Unità Minime di intervento (UMI) .....	5
Figura 4. Zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (Fonte ARPAT) .	10
Figura 5. Zonizzazione per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010 (Fonte ARPAT).....	11
Figura 6. Estratto della classificazione di agglomerati e zone relativamente agli inquinati di cui all'allegato V del Dlgs 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020).....	11
Figura 7. Estratto della classificazione di agglomerati e zone in base agli obiettivi a lungo termine (OLT) relativamente all'ozono di cui all'allegato VII del Dlgs 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020) .....	12
Figura 8. Rete regionale inquinanti all. V D.Lgs 155/2010.....	13
Figura 9. Andamenti delle medie annuali di NO <sub>2</sub> periodo 2007-2022 (Fonte ARPAT) .....	15
Figura 10. Andamenti delle medie annuali di PM <sub>10</sub> e superi della media giornaliera periodo 2007-2022 (Fonte ARPAT) .....	16
Figura 11. Localizzazione della stazione meteorologia di superficie utilizzata per lo studio diffusionale.....	18
Figura 12 Rosa dei venti per l'anno 2023 .....	19
Figura 13 frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento per l'anno 2023 .....	19
Figura 14 Serie temporale velocità del vento, anno 2023.....	20
Figura 15. Schema a blocchi INPUT/OUTPUT del codice CALINE4 .....	24
Figura 16. Schematizzazione della sorgente in CL4. ....	25
Figura 17. Caratteristiche geometriche e di circolazione dell'aria in un canyon urbano.....	26
Figura 18. Schema della dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento.....	27
Figura 19. Vista dei piani (x,z) e (x,y) dello schema di dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento. ....	27
Figura 20. Estratto della viabilità di progetto così come prevista dal Piano Particolareggiato approvato.....	29
Figura 21. Dominio di calcolo .....	31
Figura 22. Localizzazione dei recettori discreti all'interno del dominio di calcolo .....	32
Figura 23. Arco stradale e parametri considerati dal modello CALINE4 .....	35
Figura 24. Concentrazione di NOX espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2m/s e Hmix = 1500 m sul livello del suolo.....	36
Figura 25. Concentrazione di NOX espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e Hmix =100 m sul livello del suolo.....	36



Figura 26. Concentrazione di PM <sub>10</sub> espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e Hmix = 1500 m sul livello del suolo. ....	37
Figura 27. Concentrazione di PM <sub>10</sub> espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e Hmix = 100 m sul livello del suolo. ....	37
Figura 28. Concentrazione di Benzene espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 2 m/s e Hmix = 1500 m sul livello del suolo. ....	38
Figura 29. Concentrazione di Benzene espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti classi di stabilità e fissata velocità del vento a 0.5 m/s e Hmix = 100 m sul livello del suolo. ....	38
Figura 30. Concentrazione di NOX espressa in ug/m <sup>3</sup> come media oraria per l'ora di punta, a distanza variabile dal margine della strada per differenti velocità del vento e fissata la Classe di Stabilità e l'altezza Hmix = 1500 m sul livello del suolo. ....	39

### INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Valori di riferimento della qualità dell'aria Dlgs 155/2010 e smi .....	8
Tabella 2. Zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (Fonte DGR 1626 del 21 Dicembre 2020) .....	10
Tabella 3. Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti (Fonte ARPAT) .....	14
Tabella 4. Confronto con i limiti di riferimento .....	14
Tabella 5. Confronto con i limiti di riferimento .....	15
Tabella 6. Confronto con i limiti di riferimento .....	16
Tabella 7. Confronto con i limiti di riferimento .....	17
Tabella 8. Confronto con i limiti di riferimento .....	17
Tabella 9. Confronto con i limiti di riferimento .....	17
Tabella 10 Velocità del vento [m/s] per l'anno 2023 .....	19
Tabella 11. Valori di occorrenza oraria delle classi di stabilità e altezza di miscelamento per l'area di Firenze- dati COSMO ARPAE. ....	20
Tabella 12. Valori di occorrenza oraria delle classi di stabilità e altezza di miscelamento per l'area di Firenze.....	21
Tabella 13. fattori di emissione per tipologia di veicolo e parametro estratti da FE2021.xlsx di SINANET ISPRA .....	31
Tabella 14. Domini di calcolo per la dispersione .....	31
Tabella 15. Recettori discreti individuati nel dominio di calcolo .....	33
Tabella 16. Raffronto dei valori percentuali di riduzione delle emissioni tra i due Scenari analizzati .....	44



SCENARIO di  
RIFERIMENTO  
NOx

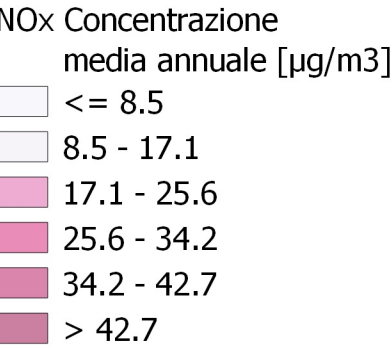
- recettori
  - Viabilità di progetto
  - Perimetro area di intervento
- NOx Concentrazione  
media annuale [µg/m3]
- ≤ 8.5
  - 8.5 - 17.1
  - 17.1 - 25.6
  - 25.6 - 34.2
  - 34.2 - 42.7
  - 42.7 - 51.6





SCENARIO DI  
PROGETTO  
NOx

- recettori
  - Viabilità di progetto
  - Perimetro area di intervento
- CTR 1:10000





SCENARIO DI  
PROGETTO  
NOx

- recettori
- Viabilità

CTR 1:10000

Concentrazione  
99.8° perc 1hr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

- $\leq 10.0$
- 10.0 - 20.0
- 20.0 - 40.0
- 40.0 - 60.0
- 60.0 - 100.0
- 100.0 - 184.0



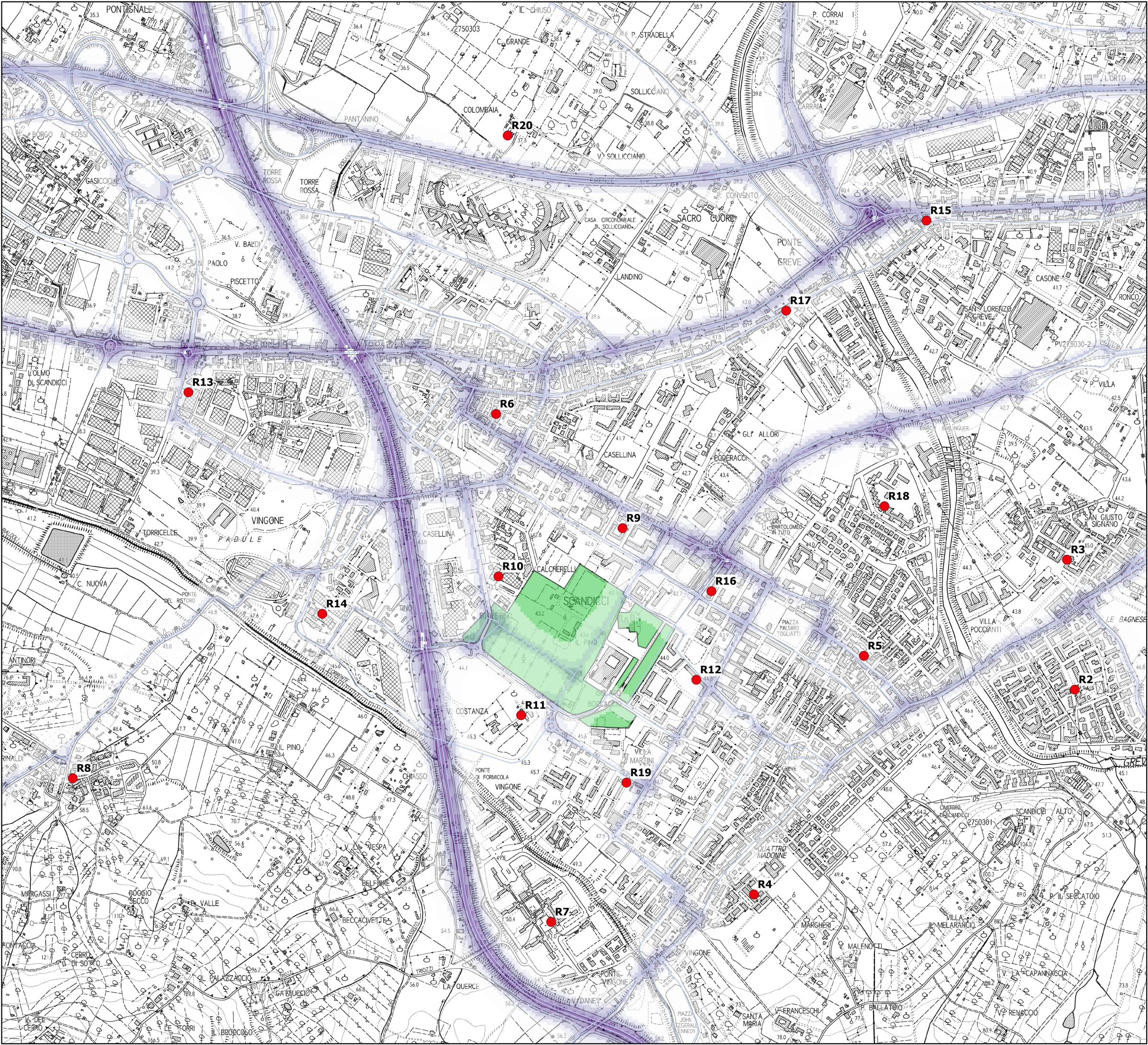
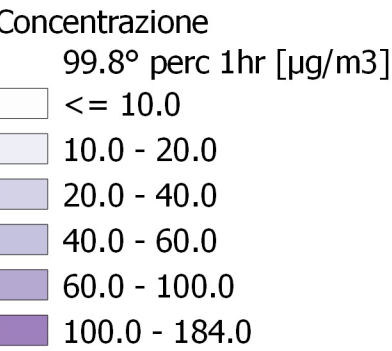
N

0 250 500 m



**SCENARIO DI PROGETTO**  
**NOx**

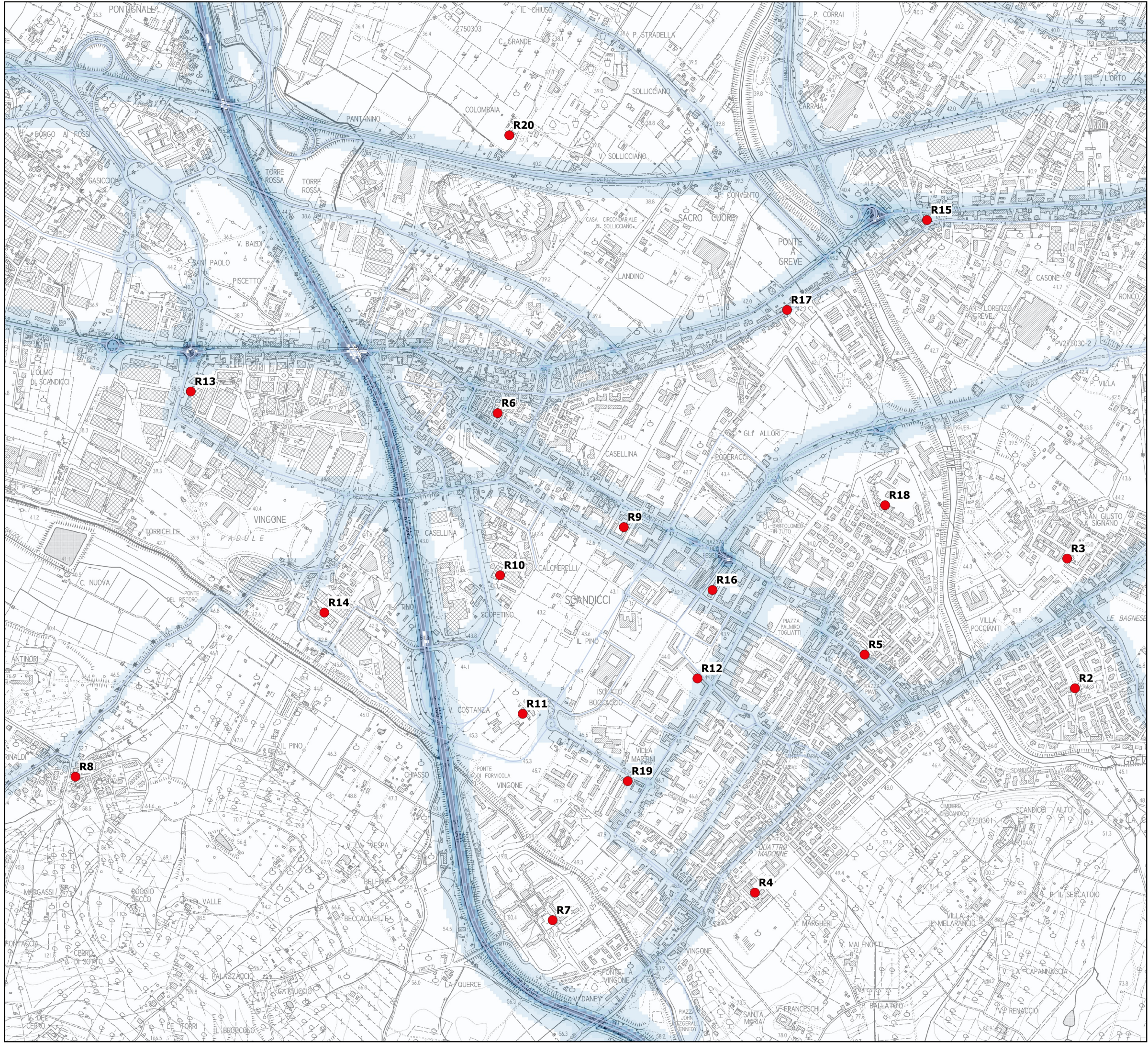
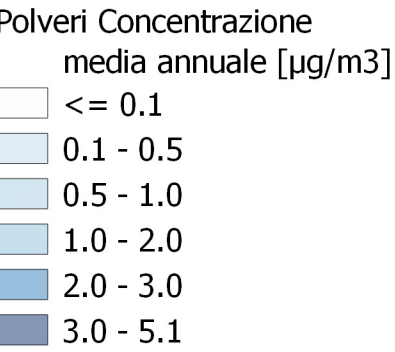
● recettori  
— Viabilità di progetto  
■ Perimetro area di intervento  
CTR 1:10000





SCENARIO DI RIFERIMENTO  
PM10

● recettori  
— Viabilità di riferimento  
CTR 1:10000

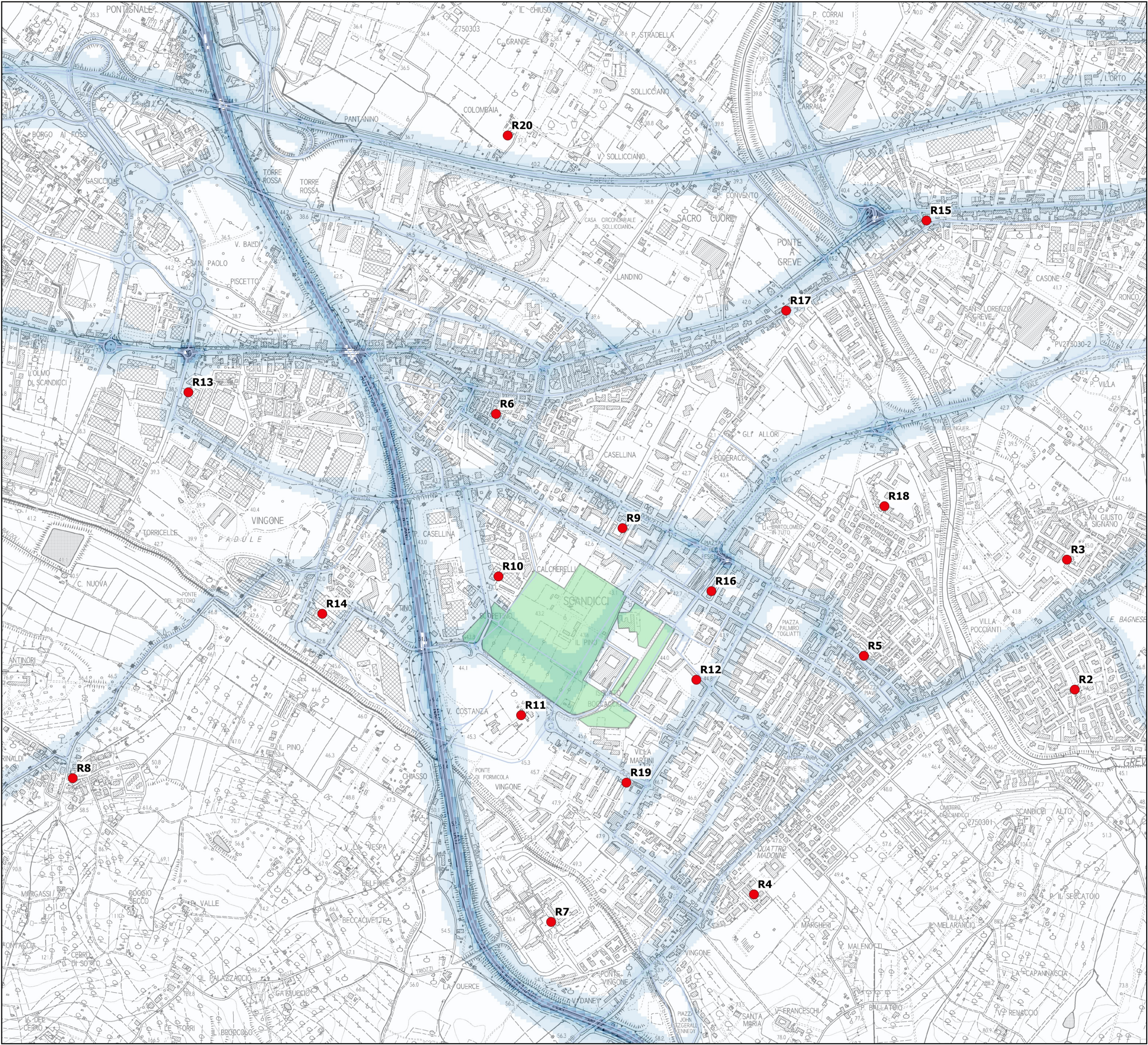
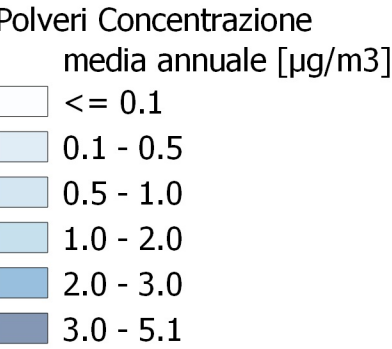




**SCENARIO DI  
PROGETTO  
PM10**

● recettori  
— Viabilità di progetto  
■ Perimetro area di intervento

CTR 1:10000





# SCENARIO DI RIFERIMENTO

## PM10

● recettori

— Viabilità di riferimento

CTR 1:10000

Polveri Concentrazione

90.4° perc 24hr [µg/m3]

<= 0.1

0.1 - 0.5

0.5 - 1.0

1.0 - 2.0

2.0 - 3.0

3.0 - 5.1

N

0

250

500 m

This map illustrates the PM10 concentration scenario in Scandicci, Italy, based on a reference scenario. The map features a network of roads highlighted in blue, representing the 'Viabilità di riferimento' (reference road network). Red dots indicate the locations of 19 receptors, labeled R2 through R20. The background is color-coded to show PM10 concentration levels, with a legend indicating six ranges: ≤ 0.1 µg/m³ (lightest blue), 0.1 - 0.5 µg/m³, 0.5 - 1.0 µg/m³, 1.0 - 2.0 µg/m³, 2.0 - 3.0 µg/m³, and 3.0 - 5.1 µg/m³ (darkest blue). The map includes various geographical labels such as 'Ponte Greve', 'V. Costanza', 'V. Baldo', and 'V. Stradella'. A north arrow and a scale bar (0 to 500 meters) are located in the bottom right corner. The map is oriented with North at the top.



SCENARIO DI  
PROGETTO

PM10

recettori

Viabilità di progetto

Perimetro area di intervento

CTR 1:10000

Polveri Concentrazione

90.4° perc 24hr [µg/m3]

<= 0.1

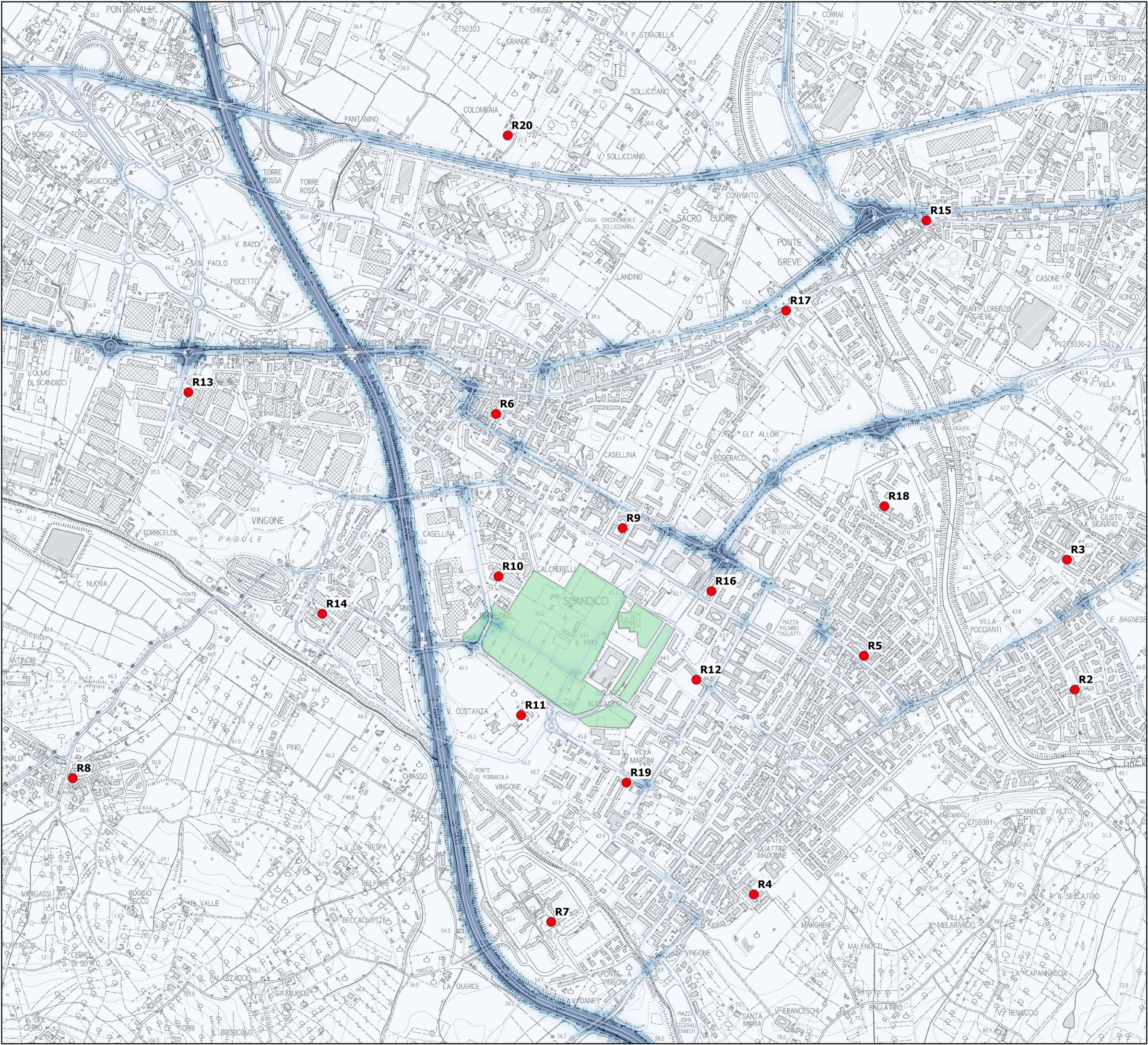
0.1 - 0.5

0.5 - 1.0

1.0 - 2.0

2.0 - 3.0

3.0 - 5.1





SCENARIO DI  
RIFERIMENTO  
CO

● recettori  
— Viabilità

CTR 1:10000

CO concentrazione  
media annuale [µg/m3]

- <= 50
- 50 - 150
- 150 - 250
- 250 - 274
- 274 - 350
- 350 - 546





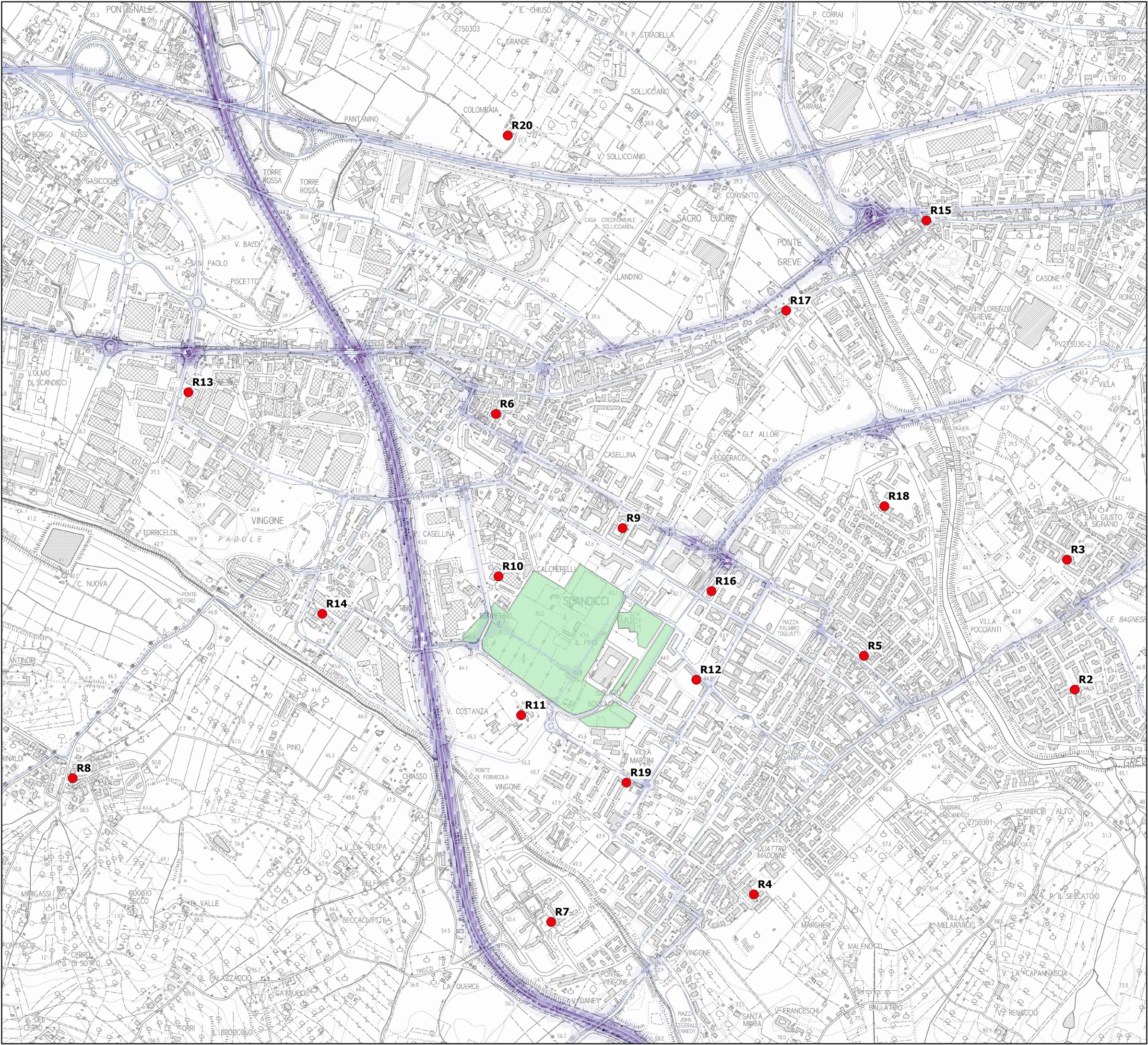
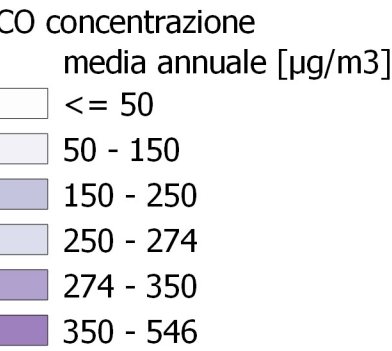
**SCENARIO DI  
PROGETTO  
CO**

● recettori

— Viabilità di progetto

■ Perimetro area di intervento

CTR 1:10000





SCENARIO DI RIFERIMENTO

Benzene C6H6

● recettori

— Viabilità

CTR 1:10000

Benzene Concentrazione media annuale [µg/m3]

- <= 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.57





SCENARIO DI  
PROGETTO  
Benzene C6H6

- recettori
  - Viabilità di progetto
  - Perimetro area di intervento
- CTR 1:10000

