

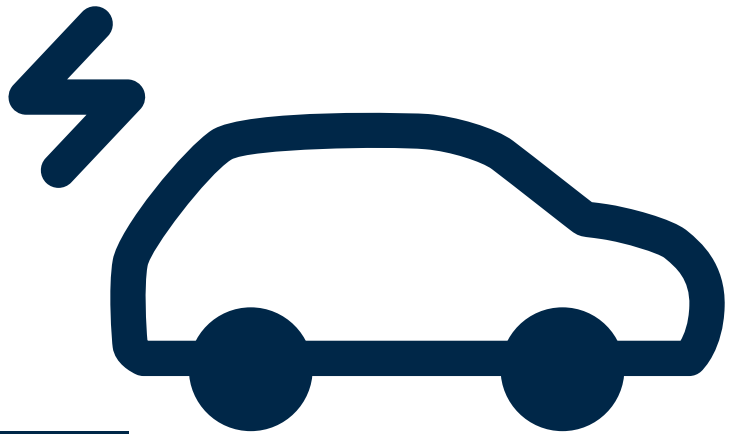
Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

a cura di Valeria Rizza, Francesco Petracchini,
Dino Marcozzi e Francesco Naso



MOTUS 





Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

a cura di Valeria Rizza, Francesco Petracchini,
Dino Marcozzi e Francesco Naso



Indice

Executive Summary	7
Ringraziamenti	9
Introduzione	11
Gli obiettivi programmatici europei e nazionali nel settore dei trasporti	13
Il quadro normativo europeo e nazionale sulla qualità dell'aria e i cambiamenti climatici	18
Gli effetti della mobilità urbana sulla qualità dell'aria in Italia	23
Scenari di penetrazione della mobilità elettrica in Italia e confronto con il contesto europeo	38
Le proposte di Motus-E e del CNR-IIA per la mobilità elettrica	47
Schede delle città	49
Torino	50
Bologna	61
Palermo	72
Milano	79
Roma	86
Conclusioni	93
Metodologia, assunzioni e limitazioni	95

Executive summary

L'impatto sull'ambiente e sulla salute dell'inquinamento atmosferico negli ultimi anni è al centro dell'attenzione non solo da parte della comunità scientifica, ma anche delle amministrazioni locali, dei governi e dei cittadini. Il comparto dei trasporti è uno dei settori responsabile delle emissioni di inquinanti in percentuale significativa in ambito urbano.

I principali inquinanti di interesse sono il particolato atmosferico (il PM_{10} e il $PM_{2.5}$) e il biossido di azoto (NO_2) associati in modo inequivocabile ad effetti sanitari quali l'aumento di sintomi cardio-respiratori, l'incremento di patologie croniche cardiorespiratorie, l'aumento della mortalità e la riduzione della speranza di vita.

Recentemente l'Agenzia Europea dell'ambiente (EEA – Air quality in Europe, 2020 report) ha rilevato che, nel 2018, il particolato fine ($PM_{2.5}$) ha causato circa 417000 decessi prematuri tra i cittadini dell'Unione Europea, l' NO_2 ne ha provocati circa 55000 e l' O_3 20600 all'anno.

Il CNR- Istituto sull'Inquinamento Atmosferico in collaborazione con MOTUS-E, l'associazione per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia, ha condotto uno studio per la valutazione della dispersione in atmosfera e della ricaduta al suolo degli inquinanti primari e secondari e il relativo impatto emissivo nelle città di Torino, Milano, Bologna, Roma e Palermo. Lo studio esamina e confronta due scenari prospettici, rispettivamente al 2025 e al 2030, dell'attuale parco circolante di veicoli relativi variabilmente ai comparti del trasporto privato e della logistica delle cinque città italiane oggetto di studio.

Dai risultati ottenuti è evidente che, all'interno di uno scenario più ampio di ricambio del parco veicolare privato, la penetrazione di una percentuale di veicoli elettrici (4% -veicoli privati- e del 5% -veicoli commerciali leggeri- per lo scenario al 2025 e 20% -veicoli privati- e il 15% veicoli commerciali leggeri- per lo scenario al 2030) gioca un ruolo fondamentale nella riduzione delle concentrazioni degli inquinanti locali, in particolare di NO_2 e comunque significative di PM_{10} .

Significativa è anche la riduzione del numero dei morti per città come Milano, Roma e Torino in relazione alle concentrazioni di NO_2 e PM_{10} e il relativo costo sociale (VSL) associato al numero di morti evitate, legate ai cambiamenti di concentrazioni di PM_{10} e NO_2 dovute al solo contributo del traffico, che si verificano nei diversi scenari ipotizzati, e che varia tra circa 140 milioni e circa 2 miliardi di euro allo scenario 2025, e circa 222 milioni e 3 miliardi allo scenario 2030.

Ringraziamenti

Il rapporto "*Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane*" è stato coordinato da Dino Marozzi (Motus-E) e Francesco Petracchini (CNR-IIA), in collaborazione con Valeria Rizza (CNR-IIA) che ha curato l'implementazione degli scenari di penetrazione della mobilità elettrica, elaborati in collaborazione con Motus-E, per la valutazione dei benefici della qualità dell'aria e gli impatti sanitari ed economici e Laura Tomassetti (CNR-IIA), Valentina Cozza (CNR-IIA), Marco Torre (CNR-IIA) e Patrizio Tratzi (CNR-IIA) che hanno curato la raccolta e l'elaborazione dati sulla qualità dell'aria e i dati sulla mobilità.

Un grazie particolare per i contributi al testo a Cristina Leonardi e Roberta Spinetti (CNR-IIA), Cinzia Perrino (CNR-IIA), Francesco Naso e Matteo Corda (Motus-E).

Si ringrazia per aver fornito i dati relativi alla mobilità ASSTRA, ACI, ISTAT, 5T, i Comuni di Milano, Bologna, Palermo e Roma.

Per i dati relativi alla qualità dell'aria e i dati climatici si ringrazia Arpa Emilia Romagna, Arpa Lazio, Arpa Sicilia, Arpa Lombardia, Arpa Piemonte.

Un grazie per la collaborazione a tutto lo staff di Motus-E e del CNR-IIA per la realizzazione del presente rapporto.

Progetto grafico, architettura dell'informazione, infografiche ed impaginazione:
Giorgia Ghergo - Heap Design

Introduzione

Il CNR- Istituto sull'Inquinamento Atmosferico in collaborazione con MOTUS-E, l'associazione per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia, ha condotto uno studio per la valutazione della dispersione in atmosfera e della ricaduta al suolo degli inquinanti primari e secondari e il relativo impatto emissivo nelle città di Torino, Milano, Bologna, Roma e Palermo.

Secondo l'ultimo rapporto dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) "Ambient Air Pollution: a global assessment of exposure and burden of disease", pubblicato a settembre 2016, l'inquinamento atmosferico costituisce la principale fonte di rischio ambientale per la salute della popolazione mondiale, in particolare nelle aree urbane che costituiscono le zone maggiormente più popolate.

L'Agenzia Europea dell'ambiente (EEA – Air quality in Europe, 2020 report) ha rilevato che, nel 2018, il particolato fine ($PM_{2.5}$) ha causato circa 417000 decessi prematuri tra i cittadini dell'Unione Europea, l' NO_2 ne ha provocati circa 55000 e l' O_3 20600 all'anno.

Secondo uno studio condotto dall'università di Utrecht¹, le città italiane detengono il primato in termini di morti premature legate all'inquinamento atmosferico.

Lo studio fa riferimento al numero di morti premature attribuibili all'inquinamento atmosferico che si sarebbero potute evitare, rispetto ai due principali inquinanti presi in esame, il particolato fine ($PM_{2.5}$) e il biossido di azoto (NO_2), sulla base della popolazione e del tasso di mortalità di ogni città. Le città italiane in cui l'inquinamento da NO_2 è maggiore sono Torino (al terzo posto) e Milano (al quinto).

Un altro studio², commissionato dall'European Public Health Alliance (EPHA) nel 2018, riporta Roma, Milano e Torino tra le prime 25 città europee per costi sociali in assoluto relativi all'inquinamento atmosferico.

Il traffico veicolare rappresenta quasi ovunque la causa principale di questo inquinamento, con contributi variabili dal 40% all'80% a seconda dei diversi contesti territoriali geografici³. Il parco veicolare risulta ancora per larga parte costituito da vetture Euro 4 o categorie inferiori, mentre una quota rilevante delle nuove immatricolazioni (circa il 58%) è rappresentata da vetture diesel⁴. Motus-E ha elaborato scenari di penetrazione della mobilità elettrica in Italia che possono essere alla base delle elaborazioni di sviluppo industriale della transizione per l'ecosistema della mobilità sostenibile. Lo studio ha il fine di quantificare gli effetti derivanti da una eventuale implementazione e comprendere i benefici, non solo in termini ambientali, ma anche sanitari ed economici, che lo sviluppo della mobilità elettrica porterà al clima delle nostre città.

1 [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(20\)30272-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(20)30272-2/fulltext)

2 <https://www.cedelft.eu/en/environmental-economics>

3 <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente>

4 <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Lo studio considera scenari su modelli di flusso di traffico e regimi meteo rigorosamente scientifici, mediante modelli elaborati per valutare l'impatto della penetrazione della mobilità elettrica, considerando naturalmente le principali modalità di trasporto impattanti, quindi non solo gli autoveicoli, ma anche il trasporto merci leggero, molto importante nei centri urbani per lo sviluppo che ha e che sempre più avrà nel post-lockdown.

Il CNR-IIA ha sviluppato lo studio utilizzando il software ADMS (Advanced Dispersion Modelling System) - Roads⁵, un modello analitico stazionario avanzato per la stima della dispersione degli inquinanti atmosferici dal caso più semplice, come una singola sorgente puntuale o lineare, a quello più complesso della realtà urbana, sulla base di dati meteo specifici per ogni città esaminata, in funzione dei flussi di traffico relativi ad ogni comparto di mobilità urbana analizzato e implementando gli scenari ipotizzati da Motus-E.

In seguito alla stima delle concentrazioni degli inquinanti in esame, in particolar modo PM₁₀ e NO₂, tali dati sono stati utilizzati per stimare, mediante il software BenMap⁶, sviluppato dall'ente U.S. Environmental Protection Agency (EPA), i benefici in termini di impatto sulla salute, quali le morti, e di impatto economico (stima dei costi associati) provocati dai cambiamenti di concentrazione derivanti dagli scenari implementati.

5 <http://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-Roads-model.html>

6 <https://www.epa.gov/benmap>

Gli obiettivi programmatici europei e nazionali nel settore dei trasporti

A cura di Francesco Naso e Matteo Corda

L'obiettivo primario a lungo termine condiviso all'interno dell'Unione Europea è l'annullamento delle emissioni nette di CO₂ nel perimetro continentale entro il 2050. A dicembre 2020 si è consolidato l'obiettivo intermedio per ciascun paese al 2030 di riduzione di almeno il 55% delle emissioni GHG rispetto ai valori del 1990. "Fit for 55" è il nome dato al pacchetto di leggi sul cambiamento climatico che accompagneranno gli Stati membri nel raggiungimento del target al 2030. Questo **comporterà entro giugno 2020 un ulteriore inasprimento degli obiettivi che sono sintetizzati nel seguente capitolo**, che saranno per forza di cose rivisti al rialzo e si tradurranno, specie nel caso dei Regolamenti, in nuovi obiettivi vincolanti per singoli Stati membri e per industrie manifatturiere. Se i settori coperti dallo scambio di quote di emissioni di CO₂eq (ETS) sottostanno a un sistema di controllo centralizzato e armonizzato a livello europeo, i settori esclusi (tra cui rientrano i trasporti su strada) sono disciplinati da un Regolamento sulla condivisione degli impegni (Effort Sharing Regulation o Regolamento 2018/842).

Qualora, come auspicabile, il meccanismo dell'Effort Sharing Regulation (attualmente in revisione) rimanga in piedi per i settori non coperti dal sistema di scambio delle emissioni (ETS), all'Italia spetterebbe una riduzione delle emissioni di CO₂ del -33% al 2030 rispetto ai valori del 2005. In questo contesto i trasporti italiani sono i primi emettitori di CO₂ e il settore chiamato quindi al maggior contributo; per il Piano Nazionale Integrato di Energia e Clima pari a -46 milioni di tonnellate equivalenti di CO₂.

Anno	2005	2015	2020		2025		2030	
Settore			Scenario		Scenario		Scenario	
			Base	PNIEC	Base	PNIEC	Base	PNIEC
Industria (incl. processo e F-gas)	55	42	42	41	39	37	36	34
Civile	87	73	72	72	67	61	65	52
Agricoltura (consumi energetici)	9	8	8	8	7	7	7	7
Trasporti	125	103	100	95	101	92	93	79
Agricoltura (allevamenti coltivazioni)	32	29	31	31	31	31	31	31
Rifiuti	22	19	16	16	14	14	13	13
Totale	330	274	268	263	258	242	245	216
Obiettivo -33% al 2030			291	291	243	243	221	221

Tabella 1 - Andamento storico delle emissioni nei settori ETS e scenari futuri a politiche correnti e PNIEC (Mt di CO₂eq)
Fonte: PNIEC-ISPRA

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Di questi livelli emissivi i maggiori responsabili sono senza dubbio i trasporti su strada e in particolare per il 61% autoveicoli e furgoni.

Per tale ragione i target sulle emissioni a livello europeo sono stati declinati in una serie di Regolamenti e Direttive che impongono obiettivi vincolanti sia agli Stati membri sia all'industria:

Regolamento/Direttiva	Target 2025/2030	Destinatario
Standard CO ₂ per auto	-15%/-37,5%	Costruttori
Standard CO ₂ per furgoni	-15%/-31%	Costruttori
Standard CO ₂ per veicoli pesanti	15%/30%	Costruttori
REDII	14%FER nei trasporti al 2030 in Transport in 2030 (di cui 7% obbligatorio da biocarburanti avanzati e elettricità rinnovabile e max 7% opzionale da biocarburanti convenzionali)	Stato Membro su Fornitori di Carburante
Direttiva Veicoli Puliti	45% al 65% di HDV puliti, di cui almeno dal 22,5 % al 32,5% a zero emissioni	PA

Tabella 2 – Target sulle emissioni a livello europeo e Regolamenti e direttive

Fonte: Mobilitaria 2019

- Il Regolamento 631/2019 sugli Standard di CO₂ ha rivisto i limiti massimi di gCO₂/km che in media il parco circolante di auto e furgoni, immatricolato ogni anno da ciascuna Casa automobilistica, potrà emettere nel perimetro europeo. E' di fatto una spinta al miglioramento dell'efficienza e dei profili emissivi dei veicoli che ha portato i costruttori a produrre e vendere un numero crescente anno dopo anno di veicoli a zero emissioni, pena il pagamento di importanti multe. Per le auto quindi è stato imposto nel 2020 un limite medio di 95gCO₂/km: in realtà tale limite deve essere calcolato da ciascun OEM in base alla massa media dei nuovi veicoli immatricolati. Tale limite dovrà essere ulteriormente ridotto del 15% al 2025 e del 37,5% al 2030. Per i furgoni invece la riduzione rispetto al valore calcolato da ciascun OEM dovrà essere del 15% e del 31% rispettivamente nel 2025 e nel 2030. Ci sono comunque per entrambe le categorie dei meccanismi di aggiustamento, come un maggior conteggio delle auto a zero emissioni nella valutazione del rispetto dell'obiettivo oppure la possibilità di acquistare crediti da altri costruttori più virtuosi per abbassare il proprio valore medio di gCO₂/km (possibilità di formare dei pool tra diversi costruttori).
- Il regolamento 1242 del 2019 sugli standard di CO₂ per i veicoli pesanti (autobus e camion): quanto descritto sopra è stato impostato anche per gli autobus e i camion immatricolati in Europa dal 2025. In particolare da quell'anno, incluso, si dovrà rispettare una riduzione del 15% del dato medio di gCO₂/km di tutti i veicoli venduti da ciascun costruttore,

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

per raggiungere una riduzione del 30% nel 2030. Il target 2030 inoltre sarà ulteriormente rivisto nel 2022, verificando lo stato di sviluppo delle tecnologie che potranno rispondere a queste esigenze. Se da un lato per gli autobus la soluzione elettrica è già una realtà di mercato, sul trasporto merci pesante di lungo raggio si devono ancora smarcare i problemi legati al costo delle soluzioni, alla portata del mezzo e alla sua autonomia.

- La direttiva RED II impone agli Stati Membri un utilizzo del 14% di fonti di energia rinnovabile nel settore dei trasporti al 2030, come mostrato dal grafico tratto dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima di seguito. Tale limite si raggiunge attraverso un mix di risorse rinnovabili (biocombustibili avanzati, biometano, elettricità), ciascuna con un fattore moltiplicativo che concorre al calcolo dei contributi. Tuttavia tale valore, già rivisto al rialzo nel dicembre 2019 rispetto al precedente valore pari al 21,7% , alla luce delle nuove sfide sulla riduzione di CO₂ che l'UE si pone, si prevede dovrà aumentare fino a raggiungere un target del 28-30% al 2030. Questo ovviamente renderà ancora più importante il contributo dell'elettricità da fonti rinnovabili, che, in particolare, nel trasporto su strada vedono assegnarsi il fattore moltiplicativo più alto pari a 4, che già ora nel PNIEC è previsto contribuiscano con 404 kTep.

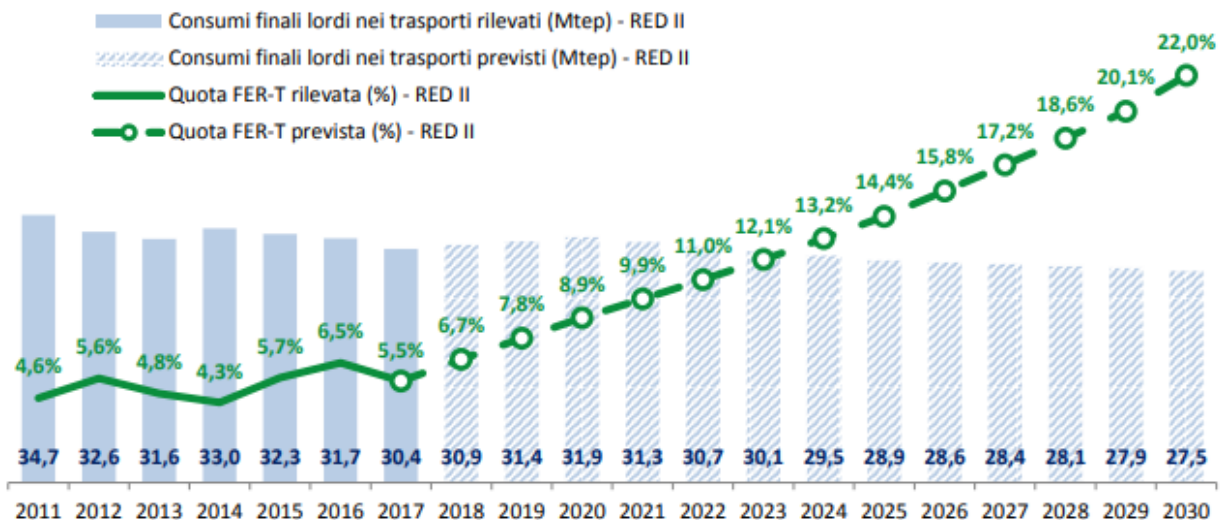


Fig. 1 - Traiettoria della quota FER nel settore trasporti (fonte GSE e RSE)

Fonte: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf

- La Clean Vehicle Directive, ovvero la Direttiva 1161/2019, interviene sull'acquisto di mezzi da parte della pubblica amministrazione e impone che le flotte pubbliche (auto, furgoni, autobus, camion delle utility comunali, ecc.) abbiano una percentuale minima di veicoli a basse emissioni (il 45% e il 65% di tutti gli acquisti o noleggi effettuati nel 2025 e 2030 rispettivamente) e di veicoli a zero emissioni (dal 22,5% al 32,5%). Il recepimento della Direttiva sui combustibili alternativi (Legge 256/2016) prima e la Legge di Bilancio del 2020 poi hanno già in qualche modo recepito alcune indicazioni, imponendo che il 50% dei mezzi acquistati dalla PA siano ibridi, elettrici o a idrogeno.

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Questi contesti normativi, che si ripete sono in continuo cambiamento e comportano un aggiornamento a stretto giro degli obiettivi qui esposti, sottendono agli obiettivi nazionali sui trasporti al 2030 che sono stati delineati nei seguenti documenti di pianificazione, fra i vari presentati dal Governo:

- Il **Piano Nazionale Integrato di Energia e Clima (PNIEC)**, che dovrà essere ulteriormente revisionato nel corso del 2021, ha previsto
 - 4 milioni di veicoli elettrici a batteria e 2 milioni di ibridi plug in
 - Aumento della quota modale del trasporto pubblico locale e dello sharing
 - Il 22% dell'energia primaria nei trasporti dovrà provenire da fonti rinnovabili

Parametri e variabili generali	Unità	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Numero di passeggeri-km	milioni pkm	934,705	959,227	939,935	996,913	1.011,175	1.044,145	1.066,586	1.086,495
Trasporto pubblico su strada	milioni pkm	101,454	109,322	102,605	105,08	107,022	108,901	112,051	112,281
Auto private	milioni pkm	680,000	698,39	676,350	717,501	714,012	724,982	730,551	736,163
Motoveicoli	milioni pkm	49,212	41,480	41,300	40,966	41,442	42,321	44,314	46,401
Trasporto su rotaia	milioni pkm	56,400	54,300	58,900	64,919	73,433	87,268	91,549	96,040
Aerei	milioni pkm	42,655	50,904	55,919	63,446	70,138	75,439	82,748	90,020
Navigazione interna	milioni pkm	4,983	4,831	4,861	5,001	5,127	5,234	5,373	5,590
Numero di tonnellate-km	milioni di tkm	269,484	268,341	218,909	235,774	249,073	262,740	274,132	283,832
Strada	milioni di tkm	192,400	201,593	150,237	160,580	169,946	179,773	187,361	190,715
Rotaia	milioni di tkm	22,761	18,600	20,781	24,506	26,136	27,701	29,112	31,241
Navigazione interna	milioni di tkm	54,323	48,148	47,891	50,687	52,991	55,266	57,659	60,877

Tabella 3 – Obiettivi programmatici del Piano Nazionale Integrato di Energia e Clima (PNIEC) dal 2005 al 2040

Fonte: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

- Il **Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile** stanziava 3,7 miliardi di euro per il ricambio/rinnovo della flotta autobus del trasporto pubblico locale su gomma e il miglioramento della qualità dell'aria. Obiettivo dichiarato è l'avvicinamento dell'età media del parco dagli 11,4 anni attuali ai 7,5 della media europea.
- Il **Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PNIRE)** prevede disposizioni volte a favorire lo sviluppo della mobilità sostenibile mediante veicoli alimentati ad energia elettrica. Nello specifico prevede misure volte a favorire la realizzazione di infrastrutture di ricarica abilitanti la diffusione di flotte pubbliche e private di veicoli a basse emissioni. In particolare:
 1. Realizzare 4.500 – 13.000 punti di ricarica di tipo lento/accelerato **ad accesso pubblico** entro il 2020;
 2. Realizzare 2.000 – 6.000 stazioni di ricarica veloce* **ad accesso pubblico** entro il 2020;
 3. Allestire con stazioni di ricarica veloce ad accesso pubblico almeno 500 stazioni di rifornimento autostradale entro il 2020;
 4. Allestire con stazioni di ricarica veloce ad accesso pubblico almeno 1.750 stazioni di rifornimento stradali entro il 2020;
 5. Allestire con stazioni di ricarica veloci ad accesso pubblico almeno 1.750 *"poli attrattori di traffico"* (i.e. centri commerciali, supermercati, grandi stazioni ferroviarie, parchi divertimento, parcheggi di interscambio nei capolinea delle metropolitane, aeroporti e porti etc.) entro il 2020.

Il PNIRE è anch'esso in revisione e si prevede un aggiornamento nella prima metà del 2021 che produrrà degli obiettivi per il 2030, con target intermedi al 2025.

*(Per stazioni di ricarica veloce si devono intendere siti dotati di sistemi di ricarica "fast multistandard" di potenza maggiore di 40 kW e in grado di garantire la assoluta interoperabilità con tutti i veicoli elettrici ed ibridi plug in).

E' stato inoltre analizzata l'attuale versione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) come presentata a Parlamento e Senato a gennaio 2021: al momento non solo non vi sono definiti nuovi target o aggiornamenti di quelli esistenti, ma non c'è alcun collegamento fra gli obiettivi che il Governo si è proposto sulla mobilità elettrica e la qualità dell'aria (e che abbiamo cercato di riassumere nel presente capitolo) e le misure descritte nel Piano.

Il quadro normativo europeo e nazionale sulla qualità dell'aria e i cambiamenti climatici

A cura di Cristina Leonardi e Roberta Spinetti

Negli anni '90 l'Unione Europea ha avviato una profonda opera di riorganizzazione della normativa che regola le attività di valutazione e gestione della qualità dell'aria nei Paesi membri, con l'obiettivo di armonizzare le procedure impiegate per il monitoraggio degli inquinanti atmosferici e potenziare le politiche volte a conseguire una generale riduzione delle concentrazioni in aria delle sostanze nocive per la salute umana e per l'ambiente.

Nonostante le numerose azioni messe in campo per migliorare la qualità dell'aria in tutto il territorio dell'Unione, gli standard di qualità fissati dalla normativa vigente, ossia le direttive 2008/50/CE e 2004/107/CE, sono ancora superati in vaste aree del territorio europeo. E, come risulta dal report 2020 "Air quality in Europe" prodotto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, l'inquinamento atmosferico è ormai una delle cause accertate di morbidità e mortalità tra i cittadini dell'Unione; risulta, infatti, che il numero di morti premature attribuibili alle concentrazioni di materiale particolato $PM_{2,5}$ nel 2018 corrisponda a circa 379.000 mentre quelle correlate alle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) e di ozono (O_3), rispettivamente, a 54.000 e 19.400.

Anche in Italia, sussistono ancora criticità in ampie aree del territorio in cui si registrano superamenti dei valori limite e dei valori obiettivo stabiliti dalla normativa per gli inquinanti menzionati. In particolare, resta critica la situazione relativa al materiale particolato e al biossido di azoto, per cui la Commissione europea ha avviato procedure di infrazione per il mancato rispetto della normativa. Le procedure di infrazione aperte sono le seguenti:

- n. 2014/2147 per il mancato rispetto dei valori limite del materiale particolato PM_{10} – emessa sentenza;
- n. 2015/2043 per il mancato rispetto dei valori limite del biossido di azoto (NO_2) – deferita alla Corte di Giustizia;
- n. 2020/2299 relativa al materiale particolato $PM_{2,5}$ – in fase iniziale, di messa in mora.

Con riferimento al PM_{10} , a novembre dello scorso anno è stata emessa una sentenza che condanna l'Italia per aver superato ripetutamente i valori limite e perché, pur avendo applicato misure di riduzione, le concentrazioni non sono state riportate al di sotto degli standard di qualità dell'aria nel più breve tempo possibile, come previsto dalla normativa.

I trend emissivi per questi inquinanti sono decrescenti e la riduzione delle concentrazioni è evidente su tutto il territorio nazionale ma tale miglioramento non è ancora sufficiente ad assicurare il rispetto dei valori limite. Per promuovere un miglioramento della situazione, la Commissione europea ha messo in campo numerose azioni, di tipo normativo e non, tra cui va menzionata l'adozione della direttiva 2016/2284/UE (la cosiddetta direttiva

NEC – National Emission Ceilings) concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici. Tale direttiva mira ad agire sui settori che maggiormente contribuiscono ai livelli degli inquinanti più critici, introducendo obiettivi di riduzione delle emissioni dei seguenti inquinanti: biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca (NH₃), composti organici volatili non metanici (COVNM) e materiale particolato PM_{2,5}. A ciascuno Stato è assegnato un obiettivo di riduzione percentuale delle emissioni al 2020 e al 2030, rispetto ai valori registrati nel 2005. Con gli obiettivi stabiliti per il 2030 si prevede di ottenere una riduzione di circa il 50% di morti premature rispetto a quelle del 2005.

Parallelamente, è stata portata avanti anche un'analisi dell'efficacia della normativa vigente sulla qualità dell'aria, il cosiddetto "Fitness check", finalizzato ad evidenziare gli aspetti che richiedono un aggiornamento in vista della prossima revisione delle direttive 2008/50/CE e 2004/107/CE. Il processo si è basato sull'esperienza accumulata in tutti gli Stati membri nel periodo che va dal 2008 al 2018 e ha portato a concludere, tra l'altro, che sarà necessario rendere più ambiziosi gli standard di qualità dell'aria, soprattutto quello stabilito per il PM_{2,5}, e che sarà utile elaborare ulteriori linee guida per armonizzare le procedure seguite per il monitoraggio, l'impiego di strumenti modellistici e la redazione dei piani di qualità dell'aria.

Dalle discussioni in corso su molti tavoli internazionali e comunitari, inoltre, sembra ormai inevitabile che sia valutata anche la introduzione di disposizioni relative ad altri inquinanti, che tra l'altro hanno collegamenti anche con il tema dei cambiamenti climatici, quali il metano, il black carbon e il particolato ultrafine.

A livello nazionale, sono state messe in campo numerose iniziative volte a produrre il necessario miglioramento della qualità dell'aria, sia a livello nazionale che in stretto coordinamento con le Autorità regionali.

In attuazione della direttiva NEC, recepita in Italia con il decreto legislativo 30 maggio 2018, n.81, è stato predisposto un Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico, finalizzato all'adozione di misure di riduzione utili a conseguire gli obiettivi assegnati all'Italia, riportati nella seguente tabella.

Inquinante	Obiettivi 2020	Obiettivi 2030
SO ₂	35%	71%
NO _x	40%	65%
COVNM	35%	46%
NH ₃	5%	16%
PM _{2,5}	10%	40%

Obiettivi assegnati all'Italia indicati nel Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Il primo Programma è stato elaborato e trasmesso nella sua versione preliminare alla Commissione europea entro la scadenza prevista del 1° aprile 2019. Attualmente il documento è sottoposto alla procedura di Valutazione Ambientale Strategica, alla fine della quale potrà essere adottato ufficialmente con decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Le misure di riduzione sono state individuate sulla base di una istruttoria tecnica svolta da ISPRA ed ENEA che si è basata sull'analisi degli inventari delle emissioni nazionali e degli scenari emissivi al 2020 e al 2030, nell'ipotesi business as usual e in quella di adozione di alcune politiche di riduzione. Dagli scenari al 2020 risulta che gli obiettivi di riduzione saranno raggiunti per tutti gli inquinanti nello scenario tendenziale mentre sono indispensabili misure di riduzione aggiuntive per conseguire gli obiettivi del 2030. Le misure individuate riguardano i settori che maggiormente contribuiscono ai livelli emissivi nazionali ossia la produzione di energia elettrica, il residenziale e terziario, i trasporti e l'agricoltura, e sono state individuate in coerenza con quelle incluse nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima, finalizzato alla riduzione delle emissioni di gas serra.

Alcune misure sono state già adottate mentre altre sono al momento solo pianificate e vedranno attuazione negli anni a venire.

Alcune delle misure per cui sono state già stanziare delle risorse sono in particolare relative al settore dei trasporti, sicuramente uno dei settori maggiormente responsabili delle emissioni di alcuni inquinanti, principalmente il biossido di azoto nelle aree urbane o nei territori attraversati dalle principali arterie stradali.

Misure sulla mobilità sono ad esempio incluse negli Accordi del Ministero dell'ambiente della tutela del territorio e del mare con le Regioni del Bacino Padano e nel Protocollo Aria Pulita sottoscritto dal Presidente del Consiglio dei Ministri, dai rappresentanti di otto Ministeri e dalla conferenza delle Regioni il 4 giugno 2019 a Torino, alla presenza della Commissione Europea.

Le azioni previste riguardano lo spostamento della mobilità privata dei passeggeri verso la mobilità collettiva e la smart mobility, del trasporto merci da gomma a rotaia ma anche l'efficientamento dei veicoli, la promozione dell'uso dei biocarburanti avanzati e altri carburanti rinnovabili, la forte metanizzazione del trasporto merci sia su strada che navale nonché una forte spinta, attraverso misure fiscali e regolatorie, a favore dell'auto elettrica.

È inoltre prevista la riduzione del fabbisogno di mobilità privata, grazie alla maggiore diffusione di strumenti quali lo smart working, il car sharing e il car pooling e la mobilità ciclo-pedonale, con un contestuale incremento del trasporto pubblico locale, anche attraverso l'attuazione del Piano sulla mobilità sostenibile che prevede risorse per l'acquisto di bus elettrici e a metano per l'integrazione e l'ammodernamento del parco autobus esistente.

Le strategie messe in campo per ridurre l'inquinamento atmosferico sono state individuate in coerenza con quanto parallelamente elaborato nel settore della lotta al cambiamento climatico. È ormai chiaro, infatti, che solo la promozione di sinergie tra i due settori potrà portare risultati sensibili per la realizzazione delle nuove politiche europee finalizzate alla protezione dell'ambiente.

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Il settore dei trasporti, ad esempio, oltre ad essere uno dei principali responsabili delle emissioni di biossido di azoto, è anche responsabile di un quarto delle emissioni di CO₂ in Europa. Nel 2018, in Italia, i trasporti hanno contribuito per il 24,4 % alle emissioni nazionali di gas serra; il trasporto su strada è la fonte più rilevante, rappresentando il 92,9% delle emissioni del settore, nonché il 22,7% delle emissioni nazionali totali di gas serra.

Al fine di ridurre tali emissioni, già nel 2009, la legislazione dell'UE ha fissato obiettivi di emissione obbligatori per le nuove autovetture (Regolamento (EC) 443/2009) e dal 2011, per i nuovi veicoli commerciali leggeri (Regolamento (UE) 510/2011). Gli obiettivi che tali Regolamenti prevedevano a partire dal 2015 per le autovetture e dal 2017 per i van, sono stati raggiunti già nel 2013. Il 17 aprile 2019 è stato quindi adottato il Regolamento (UE) 2019/631 che stabilisce nuovi standard di emissione di CO₂ per le autovetture e per i veicoli commerciali leggeri. Il Regolamento si applica a partire dal 1 gennaio 2020 e prevede obiettivi di riduzione più ambiziosi a partire dal 2025 e successivamente dal 2030 (riportati nella seguente tabella).

Veicoli	2025	2030
Autovetture	15%	37,5%
Van	15%	31%

Obiettivi di riduzione delle emissioni Regolamento (UE) 2019/631

In particolare il Regolamento prevede un obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ a livello eu-ropéo pari al 15% a partire dal 2025 sia per le autovetture che per i van, e, dal 2030, pari al 37,5% per le autovetture e al 31% per i van. Gli obiettivi europei sono ripartiti tra i costruttori ai quali viene assegnato un obiettivo specifico di riduzione in funzione della massa dei veicoli venduti sul territorio europeo. Il Regolamento, inoltre, prevede un incentivo all'introduzione sul mercato di veicoli a basse-zero emissioni. I costruttori che supereranno una specifica soglia di immissione in commercio di veicoli a basse-zero emissioni, otterranno un bonus sull'obiettivo specifico.

Inoltre, nel 2019, per la prima volta nell'Unione Europea, sono stati stabiliti obiettivi di riduzione delle emissioni medie dai nuovi veicoli pesanti (Regolamento (UE) 2019/1242). In particolare, il Regolamento prevede un obiettivo vincolante a partire dal 2025 pari al 15% di riduzione rispetto alla media specifica delle emissioni di CO₂ relativa all'anno 2019, e un obiettivo del 30% dal 2030, salvo altrimenti stabilito nell'ambito del riesame previsto nel 2022.

I trasporti su strada, inoltre, ricadono nel campo di applicazione del Regolamento (UE) 2018/842 relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra a carico degli Stati membri nel periodo 2021-2030 (cosiddetto Regolamento "Effort sharing"). Tale Regolamento ripartisce l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni di gas serra del 30% tra gli Stati membri sulla base del PIL pro-capite del 2013. Per l'Italia è previsto un obiettivo di riduzione al 2030 pari al -33% rispetto al 2005. Il Regolamento si applica, oltre che al settore dei trasporti, anche al settore industriale non

soggetto alla Direttiva ETS, all'agricoltura, ai rifiuti e al settore civile (edifici). L'11 dicembre 2019 la Commissione europea ha presentato la Comunicazione sul Green Deal europeo, un pacchetto di misure che prevede una riduzione ambiziosa delle emissioni di gas a effetto serra, nonché investimenti in ricerca e innovazione, e misure per promuovere l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, ripristinare la biodiversità e ridurre l'inquinamento. Di fatto, con il Green Deal, viene definita una tabella di marcia iniziale delle principali politiche e misure europee necessarie per raggiungere l'obiettivo europeo di neutralità climatica entro il 2050. Inoltre, il 10 dicembre 2020, il Consiglio Europeo ha rivisto l'attuale obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra per il 2030 pari al 40% rispetto ai livelli del 1990, incrementandolo ad "almeno il 55%". In linea con le misure individuate dal Green Deal, è previsto, già dal giugno 2021, la presentazione da parte della Commissione europea delle proposte di revisione della legislazione climatica ed energetica al fine del raggiungimento di tale obiettivo.

Per quanto concerne il settore trasporti su strada, saranno pertanto rivisti i Regolamenti in materia di prestazione dei veicoli leggeri e pesanti, il Regolamento Effort sharing, la Direttiva in materia di rinnovabili, la Direttiva su un'infrastruttura per i combustibili alternativi e il Regolamento sulle reti transeuropee dei trasporti, nonché sarà presentata una proposta di norme più rigorose in materia di emissioni inquinanti nell'atmosfera per i veicoli con motore a combustione interna.

Il 10 dicembre 2020, la Commissione ha presentato una Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente, che definisce una tabella di marcia per mettere il settore dei trasporti europeo sulla strada giusta per un futuro sostenibile e intelligente, identificando 10 aree principali e prevedendo un piano d'azione. Gli scenari elaborati per la definizione della Strategia, in linea con gli obiettivi climatici, mostrano che un adeguato livello di ambizione e la combinazione delle misure e delle politiche individuate dalla Strategia, consentirebbero di raggiungere una riduzione del 90% delle emissioni del settore dei trasporti entro il 2050. La Strategia identifica, inoltre, una serie di tappe verso il raggiungimento degli obiettivi di una mobilità sostenibile, intelligente e resiliente. In particolare, entro il 2030 è previsto, inter alia, la circolazione di 30 milioni di veicoli a zero emissioni sulle strade europee; il raddoppio del traffico ferroviario ad alta velocità; l'implementazione su larga strada della mobilità automatizzata. Inoltre, è previsto che, entro il 2050, quasi tutte le automobili, i van, gli autobus e i nuovi veicoli pesanti siano a emissioni zero, nonché il raddoppio del traffico merci su rotaia e che il traffico ferroviario ad alta velocità sia triplicato.

Le politiche nazionali messe in atto ai fini della protezione della salute umana dai possibili danni provocati dagli inquinanti atmosferici e dai gas climalteranti sono, dunque, in linea con le strategie europee di settore e sono state richiamate anche nella versione preliminare del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) #Next Generation Italia.

La transizione ecologica sarà la base del nuovo modello economico e sociale di sviluppo su scala globale ed è stata individuata come prioritaria dal Piano nazionale. Una quota considerevole delle risorse disponibili sarà utilizzata per favorire tale processo, intervenendo innanzitutto sulla produzione e la distribuzione di energia, favorendo il ricorso alle fonti rinnovabili e realizzando gli interventi infrastrutturali necessari alla decarbonizzazione del settore dei trasporti.

Gli effetti della mobilità urbana sulla qualità dell'aria in Italia

A cura di Cinzia Perrino e Laura Tomassetti

La pandemia dovuta al COVID-19 ha causato effetti devastanti in ambito sanitario ed ha avuto importanti ripercussioni anche in ambito socio-economico ed ambientale. Le particolari condizioni di vita che la lotta al virus ha imposto alla popolazione per alcuni mesi, mai sperimentate in precedenza, hanno avuto risvolti interessanti da molti punti di vista. Fra questi, è da considerare in particolar modo la mobilità, che è stata drasticamente ridotta dalle misure imposte per contrastare la diffusione del virus, soprattutto durante i mesi di Marzo ed Aprile 2020. Queste misure hanno coinvolto la popolazione in una sorta di esperimento collettivo, che ha permesso di mostrare quali sono le conseguenze e l'influenza delle attività umane, ed in particolare della mobilità, sullo stato dell'ambiente e sulla qualità dell'aria.

L'obiettivo del presente capitolo è analizzare alcuni dati di qualità dell'aria in quattro città-campione (Torino, Milano, Roma e Napoli) per valutare gli impatti locali dovuti alla riduzione degli spostamenti durante il lock-down. Oltre a verificare il generale miglioramento della qualità dell'aria, si intende quantificare la diminuzione dei singoli inquinanti legati alle emissioni da traffico veicolare.

Diversi studi, effettuati in varie aree del mondo, hanno riportato osservazioni sugli impatti che il blocco delle attività ha prodotto sulla qualità dell'aria, e sui cambiamenti che si sono verificati rispetto al periodo pre-lock-down o rispetto agli stessi mesi di annualità precedenti. Queste osservazioni rivelano che il lock-down ha causato un drastico calo dell'inquinamento nella maggior parte delle aree prese in esame, sia per quanto riguarda gli inquinanti gassosi sia il materiale particolato sospeso in atmosfera (PM). Ad esempio, come indicato da Baldasano et al. (2020)¹, in dieci grandi città, Delhi, Londra, Los Angeles, Milano, Mumbai, New York, Roma, São Paulo, Seoul e Wuhan, sono stati registrati valori di concentrazione di NO₂ compresi tra -9% e -60% rispetto ai dati del 2019, e tra + 2% e -55% rispetto alla media del quadriennio precedente.

L'Italia è fra i primi dei molti Paesi che hanno utilizzato il lock-down come strumento di riduzione della diffusione dell'infezione. Il primo caso confermato di infezione da Covid sul territorio italiano è stato registrato il 20 Febbraio 2020 a Codogno (Lodi). A partire dal giorno successivo, il governo italiano ha adottato le prime misure di restrizione, che limitavano spostamenti, assembramenti e altre attività in alcune aree ristrette della Lombardia e del Veneto. Dal 4 all'8 Marzo sono state adottate ulteriori misure sul territorio nazionale, che hanno comportato una limitazione degli spostamenti per 16 milioni di persone, circa un quarto dell'intera popolazione italiana. A partire dall'11 Marzo è stata quindi predisposta la chiusura di tutte le attività commerciali e di ristorazione, e dal 22 Marzo la chiusura di tutte le attività non essenziali, nonché il divieto di spostamento con esclusione dei soli motivi di lavoro, salute o urgenza.

¹ Baldasano, J. M. (2020). COVID-19 lock-down effects on air quality by NO₂ in the cities of Barcelona and Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 741, 140353

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

L'insieme di questi provvedimenti ha comportato una progressiva diminuzione delle fonti di inquinamento da traffico su tutto il territorio nazionale in conseguenza della riduzione degli spostamenti dei cittadini nei centri urbani, come dimostrato dalle statistiche sviluppate da Enel X in partnership con HERE Technologies². Nei grafici riportati in Figura 1 sono rappresentate le variazioni dei movimenti, espressi come % di incremento/decremento del flusso totale di mobilità comunale; la variazione è calcolata rispetto ad un periodo di riferimento standard (media pesata per i giorni della settimana dei flussi registrati nel periodo 13 Gennaio – 16 Febbraio 2020). Le variazioni percentuali dei movimenti durante il periodo di lock-down mostrano una certa variabilità, soprattutto tra i periodi infrasettimanali ed i giorni festivi e prefestivi, ma sono tuttavia sempre maggiori del 50% rispetto al periodo di riferimento, con valori che arrivano a superare anche il 94%.

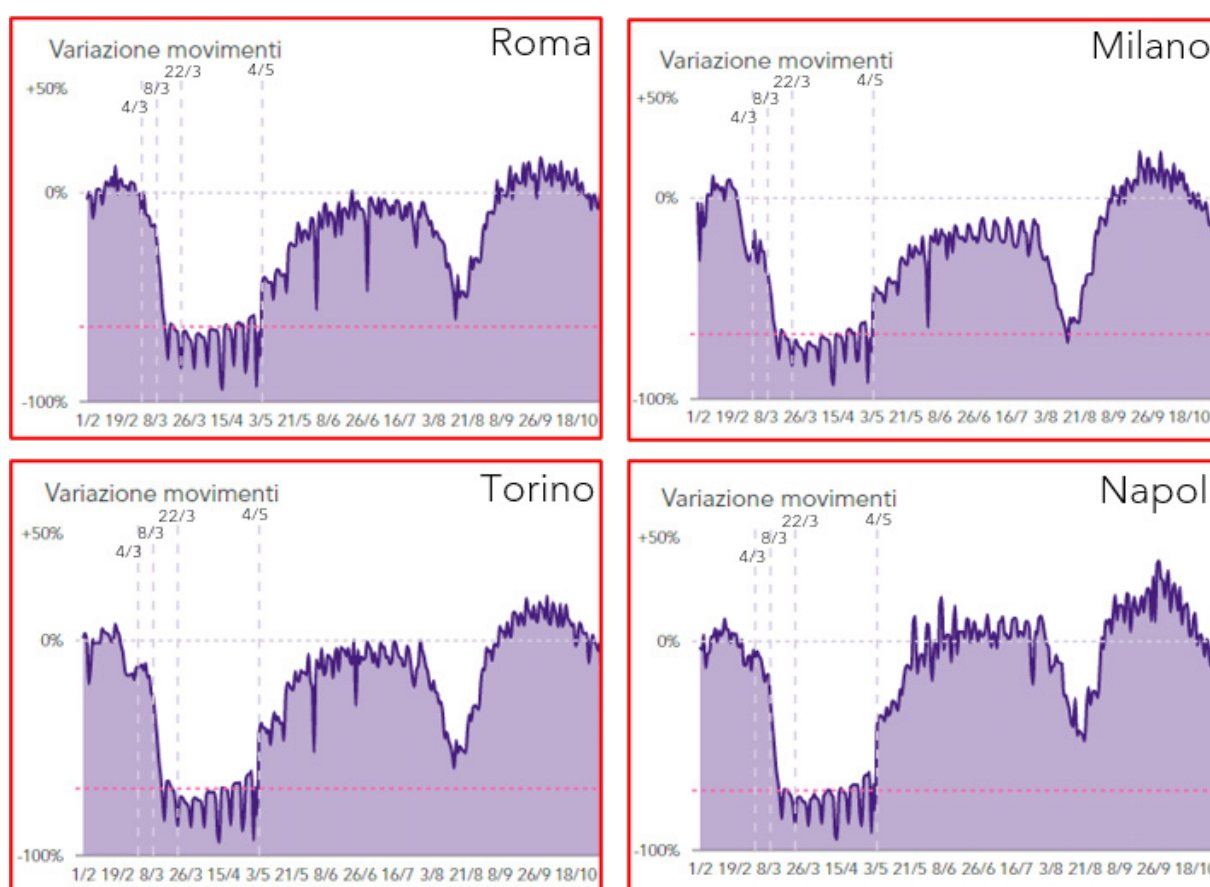


Figura 1 – Variazione dei movimenti, espressi in percentuale rispetto al periodo di riferimento, per le città di Roma, Milano, Torino e Napoli (mappe di mobilità tratte dal portale ENEL X1).

Poiché, come è noto, la qualità dell'aria risente sia dell'intensità delle sorgenti emissive che delle capacità di diluizione dell'atmosfera, determinate dalla situazione meteo-climatica, entrambi questi fattori devono essere presi in considerazione quando si voglia valutare l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti.

² <https://enelx-mobilityflowanalysis.here.com/dashboard/ITA/index.html#41.2928!12.5735!6!2020-11-25> (ultimo accesso 05/02/2021)

Dal punto di vista dei parametri meteorologici, il periodo del lock-down non ha mostrato particolari singolarità rispetto agli stessi mesi degli anni 2016-2019. Durante il mese di Marzo le uniche variazioni significative sono consistite in un valore di radiazione globale inferiore nelle città di Milano e Torino, e superiore nella città di Roma. Inoltre, sono state registrate precipitazioni più copiose a Milano, e inferiori alle media dei quattro anni precedenti a Roma e Torino. Durante il mese di Aprile, in tutte le città prese in esame si è osservato un valore di radiazione globale più elevato rispetto al periodo di riferimento, minori precipitazioni, ad esclusione della città di Torino, e minore umidità relativa percentuale a Milano e a Roma.

Più rilevanti, dal punto di vista della qualità dell'aria, sono due eventi, registrati durante il mese di Marzo, che hanno coinvolto in misura variabile le quattro città prese in esame. Il primo è un periodo di stabilità atmosferica intensa, verificatosi tra il 17 e il 19 Marzo, che ha coinvolto l'intero Nord Italia. Le condizioni di stabilità limitano il rimescolamento delle masse d'aria e sono quindi responsabili dell'accumulo degli inquinanti, in particolare di quelli di formazione secondaria (non direttamente emessi dalle sorgenti ma prodotti per reazione in atmosfera a partire da precursori). Successivamente, dal 26 al 31 Marzo, le condizioni meteo nel Paese sono state influenzate da una depressione ciclonica, con centro nel Mediterraneo, che ha richiamato masse d'aria dall'Est-Europa. In questa circostanza è stato registrato un massivo trasporto di sabbia dai deserti dalla regione Caucasica, che ha determinato un innalzamento della concentrazione delle polveri atmosferiche in tutto il Centro-Nord. È da sottolineare che episodi di stabilità atmosferica, seppure meno intensa di quello del 17-19/3, si sono verificati anche in altri periodi in tutte e quattro le città prese in esame. In particolare, sono da segnalare per la città di Roma due episodi di media intensità verificatisi nei periodi 17 - 22 Marzo e 7 - 13 Aprile.

Al fine di analizzare i dati di qualità dell'aria e valutare la riduzione dei singoli inquinanti in ambito urbano, sono stati considerati i dati forniti dalle Agenzie ARPA³ relativi al periodo 1° gennaio-30 Aprile 2020 delle quattro città prese in esame. I dati sono stati confrontati con quelli relativi allo stesso periodo nelle quattro precedenti annualità (2016-2019). I parametri presi in esame sono il biossido di azoto (NO₂) ed il particolato di diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri (PM₁₀). I dati sono relativi a tutte le stazioni catalogate come "di traffico".

Per una più efficace valutazione dei risultati, è utile confrontare i dati di concentrazione con i limiti imposti della legislazione italiana ed Europea. Tali limiti sono pari a 40 µg/m³, come concentrazione media annuale, sia per l'NO₂ (protezione della salute umana) che per il PM₁₀. Per quest'ultimo parametro, è stato anche identificato un limite per la concentrazione media giornaliera, che può eccedere il valore di 50 µg/m³ non più di 35 volte per anno solare.

3 Dati Qualità dell'aria - ARPA Piemonte, ARPA Lombardia, ARPA Lazio, ARPA Campania

Concentrazione di NO₂ e PM₁₀

Torino

Per la città di Torino si osservano ancora criticità nel rispetto dei limiti di legge sia per NO₂ che per PM₁₀, nonostante negli ultimi due anni i valori di concentrazione si siano sensibilmente ridotti rispetto alle annualità precedenti. Elaborando i dati relativi alla mobilità durante il periodo del lock-down⁴, si può osservare come in questa città il numero dei movimenti giornalieri rispetto al periodo di riferimento 13/1 - 16/2 si sia ridotta da un minimo di 61% fino ad un massimo del 93%.

Per NO₂, durante il lock-down si osserva una netta variazione delle concentrazioni medie registrate nelle stazioni di traffico durante i mesi di Marzo e soprattutto di Aprile 2020, rispetto a quanto registrato nelle annualità precedenti (2016-2019)⁵. In particolare, la concentrazione media del mese di Marzo per le annualità 2016-2019 si attesta a 69 µg/m³, mentre nello stesso periodo del 2020 il valore è stato pari a 39 µg/m³. Analoga differenza è stata riscontrata per il mese di Aprile 2020, quando sono stati registrati 28 µg/m³ rispetto ai 57 µg/m³ delle annualità precedenti. La riduzione di concentrazione, 43% a Marzo e 51% ad Aprile, è stata quindi significativa.

Più in dettaglio, l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 2) mostra che queste sono state nettamente inferiori non solo alla media relativa al periodo 2016-2019, ma anche all'intervallo identificato dalla deviazione standard; la riduzione è divenuta particolarmente accentuata dopo il 22 Marzo, giorno in cui ha avuto inizio il lock-down totale.

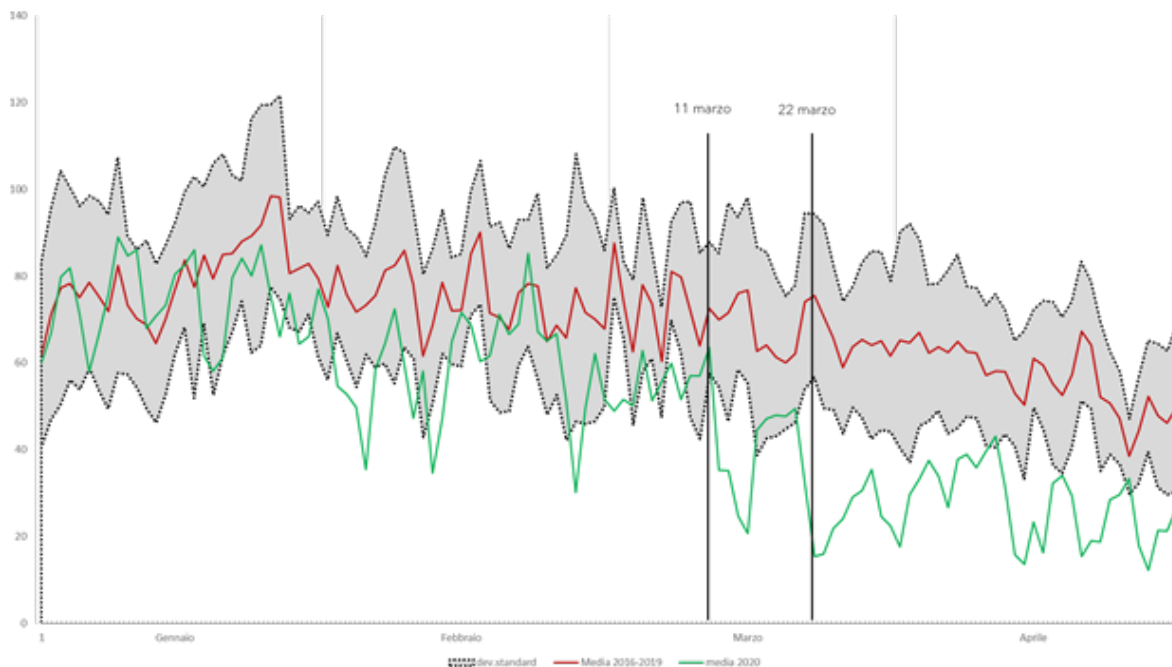


Figura 2 – Torino: Andamento della concentrazione media giornaliera di NO₂ nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico). La linea rossa indica la media del periodo 2016-2019; l'area in grigio indica la deviazione standard delle misure.

4 <https://enelx-mobilityflowanalysis.here.com/dashboard/ITA/index.html#41.2928!12.5735!6!>

5 <http://www.arpa.piemonte.it/news/la-qualita-dell2019aria-a-torino-durante-l2019emergenza-coronavirus>

Per quanto riguarda le concentrazioni di PM_{10} , non si osservano invece evidenti riduzioni, anzi, durante i mesi di Marzo ed Aprile le medie mensili sono risultate più elevate rispetto alle annualità precedenti.

Il grafico di Figura 3, relativo al confronto tra l'andamento giornaliero delle concentrazioni nel 2020 rispetto al periodo 2016-2019, mostra che la diminuzione durante il periodo del lock-down è stata molto modesta, anche se si osserva, a partire dal lock-down nazionale, una generale tendenza al decremento rispetto alla media del periodo di riferimento. Questo andamento è interrotto da due eventi che possono essere ricollegati ai citati fenomeni di stabilità atmosferica, nel periodo compreso tra 17 e 19 Marzo, e al trasporto di polveri provenienti dalle regioni caucasiche, nelle giornate del 28 e 29 Marzo (come indicato anche da ARPA Piemonte⁶). Il peso di questi eventi ha influenzato significativamente le concentrazioni medie stagionali.

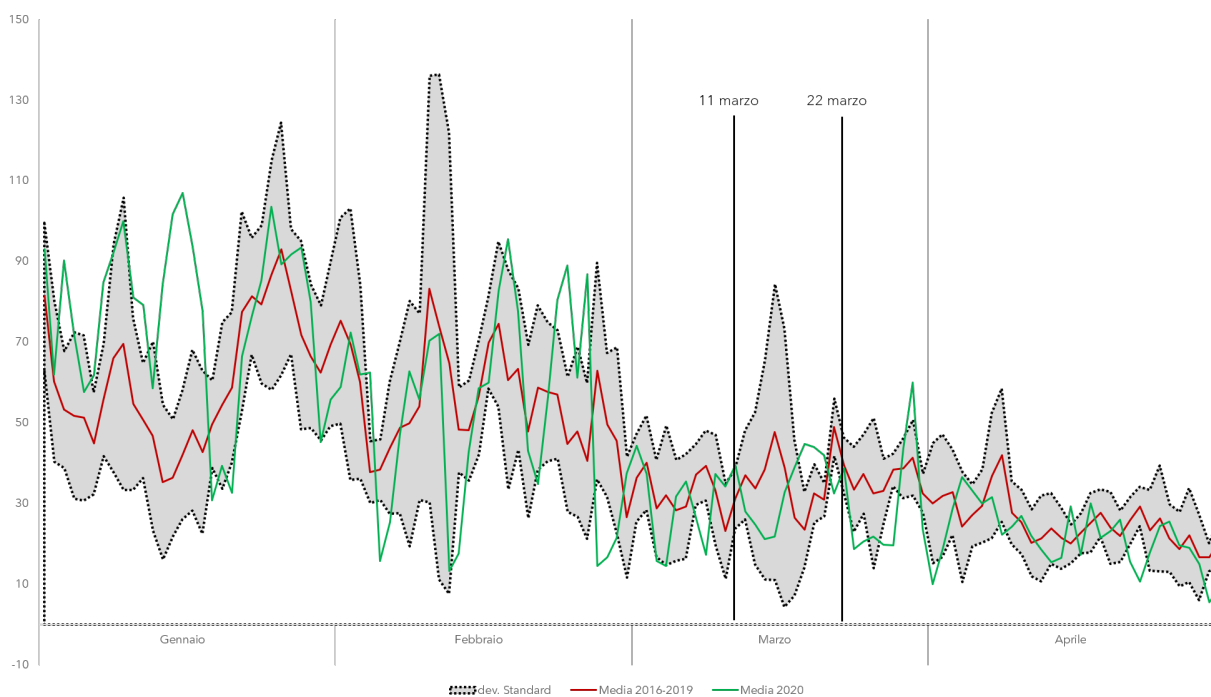


Figura 3 – Torino: Andamento della concentrazione media giornaliera del PM_{10} nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico).

⁶ <http://www.arpa.piemonte.it/news/la-qualita-dell2019aria-in-piemonte-durante-l2019emergenza-coronaviru>

Milano

La città di Milano tipicamente presenta concentrazioni medie annuali di NO_2 superiori al limite normativo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in particolar modo per le stazioni di traffico; per quanto concerne il PM_{10} , invece, le concentrazioni medie annuali risultano al di sotto dei limiti di legge ma con un numero di superamenti giornalieri sempre al di sopra del limite delle 35 giornate annue, seppure con una tendenza alla diminuzione.

Durante il lock-down, i movimenti nella città di Milano hanno subito una drastica riduzione rispetto al periodo di riferimento (13/1-16/2), raggiungendo una riduzione percentuale giornaliera fra il 62 ed il 93%. I dati rilevati in Marzo ed Aprile 2020, mostrano che le concentrazioni medie mensili di NO_2 nelle stazioni di traffico si sono anch'esse ridotte in modo significativo: sono risultate inferiori a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel mese di Marzo (media 2016-2019: $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e inferiori a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel mese di Aprile (media 2016-2019: $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con una riduzione, rispettivamente, del 29% e del 43%.

A questo proposito, ARPA Lombardia nel report "Analisi preliminare della qualità dell'aria in Lombardia durante l'emergenza COVID-19" osserva: *"L'analisi dei dati di qualità dell'aria evidenzia che le misure messe in atto per fronteggiare l'emergenza hanno certamente determinato una riduzione delle emissioni derivanti in particolare dal traffico veicolare, che sono più evidenti analizzando le concentrazioni degli inquinanti legati direttamente al traffico, ovvero NO , benzene e in parte NO_2 , attestandosi attorno ai valori minimi o inferiori ai valori più bassi registrati in ciascun giorno di calendario nel periodo di osservazione"*.

I dati giornalieri delle concentrazioni di NO_2 nelle stazioni di traffico durante il periodo Gennaio-Aprile, riportati in Figura 4, mostrano chiaramente che nel periodo Gennaio-Febbraio non si sono verificati scostamenti significativi rispetto alle annualità precedenti, mentre durante il periodo di lock-down si sono verificati diversi casi in cui i valori sono stati nettamente inferiori alla media del periodo di confronto e, talvolta, anche inferiori all'intervallo identificato dalla deviazione standard. Nella maggior parte dei casi, i dati sono stati anche al di sotto del limite di legge di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo alla concentrazione media annuale.

Per quanto riguarda le concentrazioni medie mensili di PM_{10} , durante i mesi di lock-down le riduzioni non sono state particolarmente evidenti, anche se le concentrazioni medie sono state tra le più basse degli ultimi 5 anni. A questo proposito, Arpa Lombardia riporta: *"La riduzione rilevata per il particolato è influenzata nel bacino padano in modo significativo dalla presenza della componente secondaria. In determinate condizioni, come ad esempio quelle verificatesi tra il 18 e il 20 Marzo, gli andamenti registrati sono comunque stati influenzati dalla persistenza di alcune fonti e dalle condizioni atmosferiche. L'osservazione che drastiche riduzioni di alcune sorgenti non sempre impediscano il superamento dei limiti, pur contribuendo a ridurre l'entità, mostra in modo chiaro la complessità dei fenomeni correlati alla formazione e all'accumulo di particolato atmosferico e la conseguente difficoltà di ridurre in modo drastico i valori presenti in atmosfera in situazioni ordinarie"*.

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

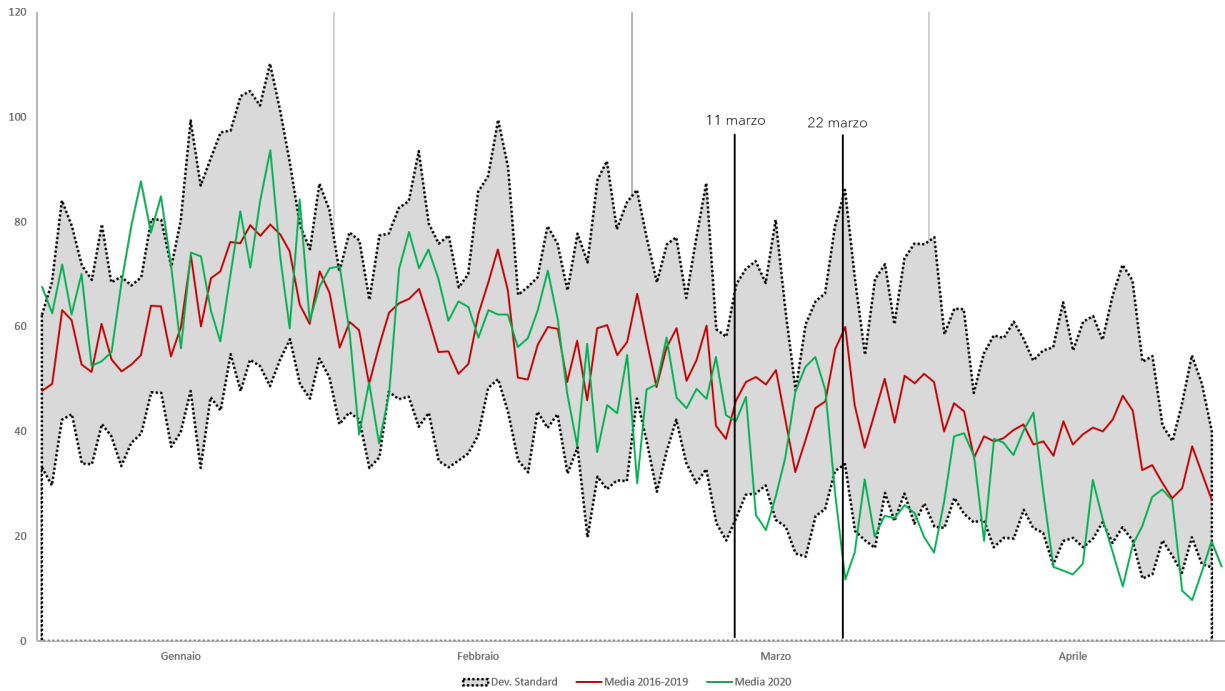


Figura 4 – Milano: Andamento della concentrazione media giornaliera di NO₂ nel 2020 e confronto con il periodo 2016–2019 (stazioni di traffico).

Dall'esame dell'andamento delle medie giornaliere della concentrazione del PM₁₀ (Figura 5) si evince che i valori del 2020 sono stati lievemente inferiori rispetto agli anni passati, anche se, in generale, ricadenti all'interno dell'intervallo definito dalla deviazione standard. A ciò fanno eccezione le giornate in cui si sono verificati gli eventi straordinari già descritti per la città di Torino (17–19 e 28–29 Marzo).

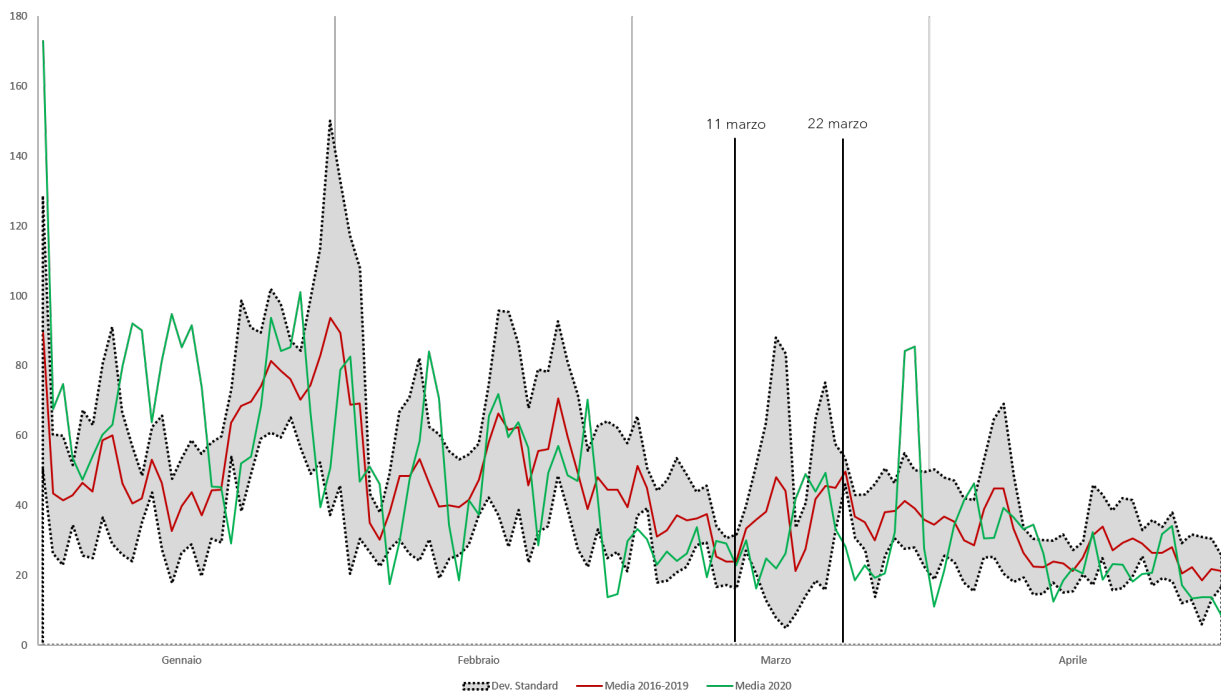


Figura 5 – Milano: Andamento della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ nel 2020 e confronto con il periodo 2016–2019 (stazioni di traffico).

Roma

A differenza delle città di Torino e Milano, Roma ha una collocazione geografica che consente di avere delle condizioni meteorologiche e un'orografia più favorevoli al rimescolamento delle masse d'aria. Ciò nonostante, il grande volume di traffico della Capitale fa sì che permangano problemi relativi al rispetto dei limiti normativi per NO_2 . Per quanto riguarda il PM_{10} , la concentrazione media annuale è rientrata al di sotto dei limiti di legge già dal 2008, mentre il numero consentito di superamenti della concentrazione giornaliera è stato rispettato a partire dal 2017.

Anche nel caso della città di Roma, durante il periodo del lock-down è stata registrata una sensibile diminuzione dei movimenti, che, su base giornaliera, ha oscillato fra il 70% ed il 93%. Di conseguenza, nel bimestre Marzo-Aprile si è osservata una decisa riduzione delle concentrazioni medie mensili di NO_2 , che, rispetto al periodo 2016-2019, hanno subito un decremento del 59% nel mese di Marzo e del 71% nel mese di Aprile. L'andamento giornaliero delle concentrazioni nelle stazioni di traffico, riportato in Figura 6, mostra infatti, già a partire dai primi giorni di Marzo 2020, una riduzione delle concentrazioni costantemente al di sotto sia della media del periodo 2016-2019 che dell'intervallo definito dalla deviazione standard.

A questo proposito, Arpa Lazio nel report "L'effetto sulla qualità dell'aria nel Lazio dell'emergenza COVID-19. Analisi preliminare dei dati di Marzo", osserva: "Tenendo conto di quanto sopra esposto, l'analisi dei dati evidenzia che il lock-down ha determinato una significativa riduzione delle emissioni legate al settore dei trasporti, che risulta chiaramente dalla diminuzione delle concentrazioni degli inquinanti legati direttamente al traffico (monossido di azoto, benzene e in parte biossido di azoto)".

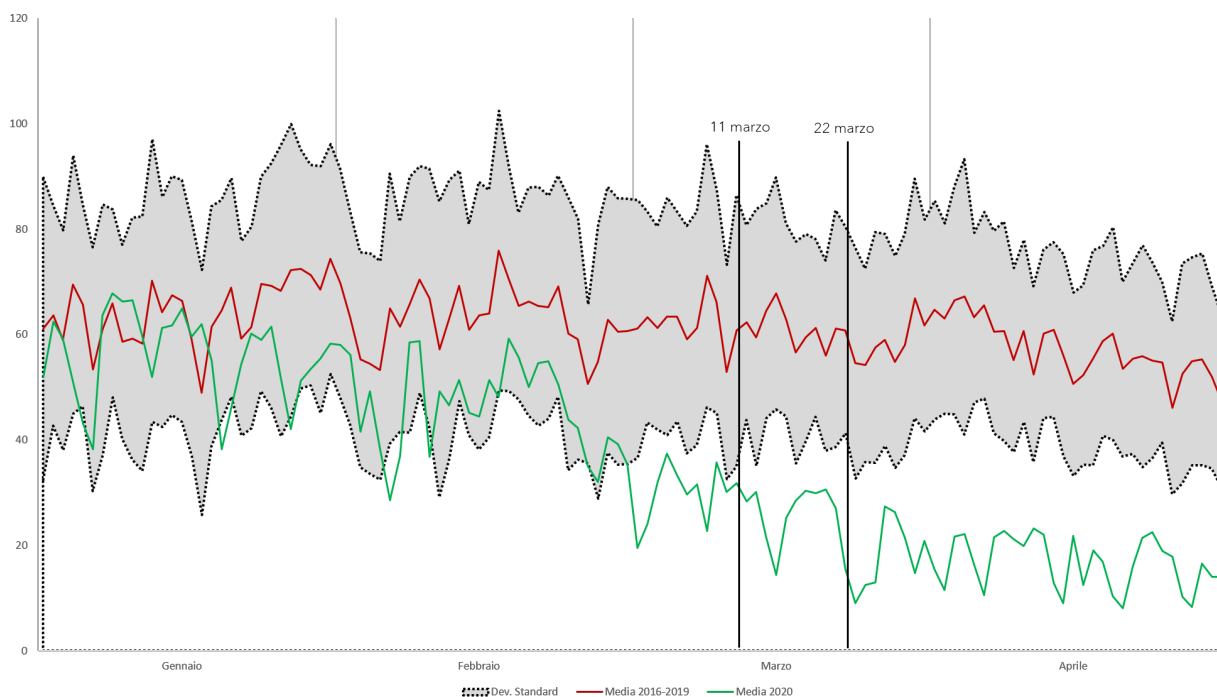


Figura 6 – Roma: Andamento della concentrazione media giornaliera di NO_2 nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico).

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Per quanto riguarda le concentrazioni di PM_{10} , i dati registrati a Roma nei periodi di Marzo ed Aprile mostrano due risultati differenti. Durante il mese di Marzo la concentrazione del PM_{10} non si è discostata molto dalla media del periodo degli anni precedenti, mentre per il mese di Aprile si è osservata una discreta riduzione, pari al 27%. Le concentrazioni giornaliere relative al periodo in esame, riportate in Figura 7, presentano notevoli oscillazioni, che determinano valori talvolta nettamente più bassi della media del periodo 2016-2019, e talvolta sovrapponibili.

Le riduzioni pressoché trascurabili registrate nel primo dei due mesi presi in esame sono dovute sia al peso relativo della prima decade, in cui la mobilità era ancora elevata, sia all'episodio di stabilità atmosferica verificatasi nel periodo 17-22/3, sia all'evento di trasporto di sabbie desertiche, che a Roma si è verificato nei giorni 29 e 30 (ad un giorno di distanza rispetto al Nord Italia). Nel mese di Aprile, invece, l'unico periodo critico è stata la stabilità atmosferica dal 7° al 13° giorno, mentre nel resto del mese la riduzione rispetto al periodo di riferimento appare più marcata, anche grazie allo spegnimento dei riscaldamenti domestici.

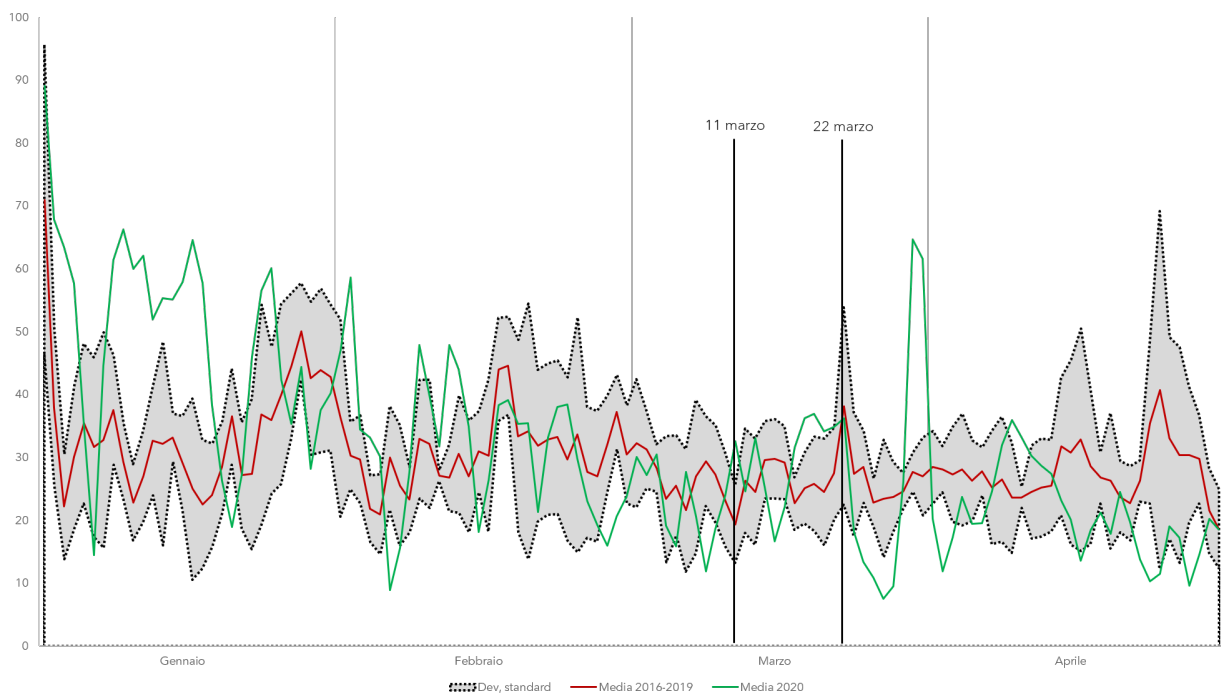


Figura 7 – Roma: Andamento della concentrazione media giornaliera di PM_{10} nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico).

Napoli

Nonostante le favorevoli condizioni meteorologiche determinate dalla sua condizione di città costiera, negli ultimi anni Napoli ha fatto registrare, nelle stazioni di traffico, concentrazioni medie annuali di NO_2 superiori ai limiti normativi; superiore ai limiti è stato anche il numero di superamenti della concentrazione media giornaliera del PM_{10} , mentre il limite per la concentrazione media annuale è stato rispettato.

Durante il periodo del lock-down, la riduzione del traffico veicolare è stata notevole, con una diminuzione dei movimenti giornalieri fra il 62% ed il 95% rispetto al periodo 13/1-16/2. In conseguenza di questa riduzione, la concentrazione di NO_2 nelle stazioni di traffico si è ridotta del 33% nel mese di Marzo e del 57% nel mese di Aprile.

Tale osservazione trova riscontro con quanto riportato dall'Arpa Campania nel documento "I provvedimenti per il contenimento del contagio da Covid-19 e la qualità dell'aria in Campania": "Il calo è evidente per quanto riguarda le concentrazioni di monossido di azoto. Lo scostamento rilevato rispetto alle stime della modellistica non può che dipendere dalla riduzione delle emissioni da traffico: la Regione Campania stima che nel mese di Marzo, mediamente, il 65% delle emissioni totali di ossidi di azoto provenga dai trasporti stradali". L'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di NO_2 , riportato in Figura 8, mostra valori molto inferiori alla media 2016-2019, che, a partire dalla data del lock-down generalizzato per tutta l'Italia, ricadono in gran parte anche al di sotto dell'intervallo definito dalla deviazione standard.

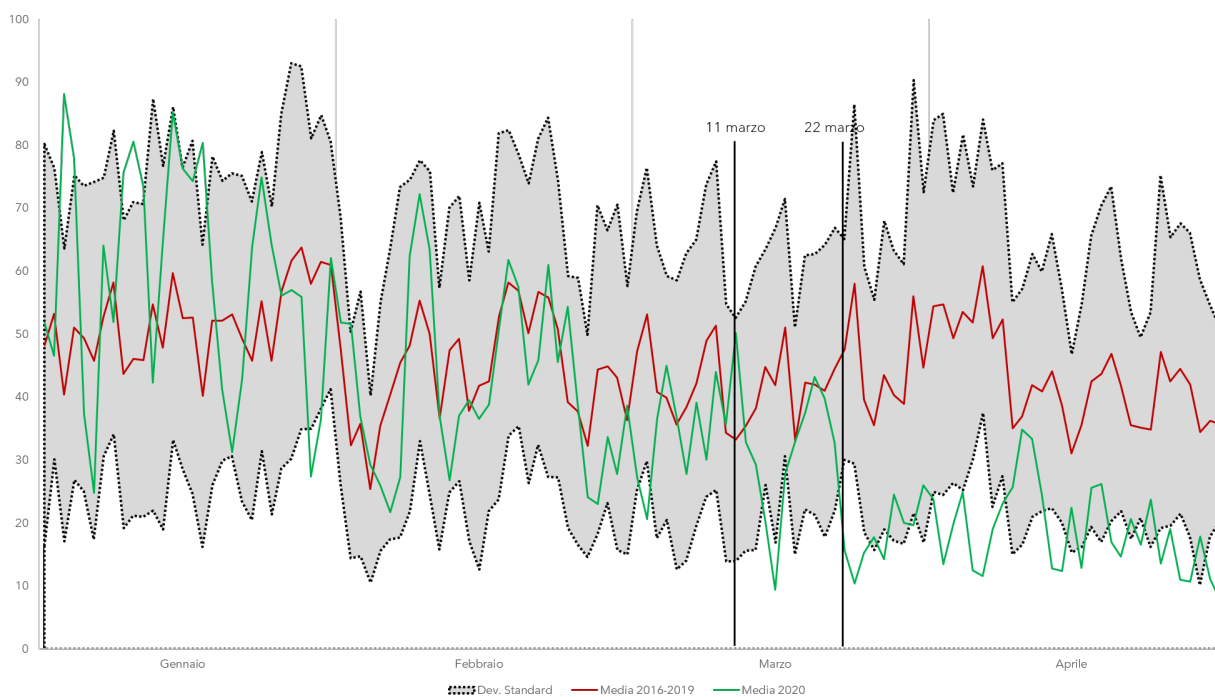


Figura 8 – Napoli: Andamento della concentrazione media giornaliera di NO_2 nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico).

Come nel caso di Roma, per il PM_{10} , è stato riscontrato un comportamento diverso nei mesi di Marzo e Aprile. Nel primo mese non si osservano variazioni rispetto alle concentrazioni dei 4 anni precedenti, mentre per Aprile 2020, il valore medio, pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è significativamente inferiore (del 23%) rispetto alla media 2016-2019 ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Riguardo il mese di Marzo, queste osservazioni trovano riscontro nel report di Arpa Campania, in cui si riporta: *“Discorso diverso per le polveri sottili PM_{10} e $PM_{2,5}$: in questo caso la riduzione tra valore atteso e valore effettivo è più lieve. Le stime della Regione indicano che in Campania, mediamente, nel mese di Marzo i riscaldamenti, per quanto riguarda il PM_{10} , fornicano oltre l'80% dei contributi emissivi. Questa fonte di emissioni non è stata affatto bloccata dalle misure di contenimento, anzi, per effetto delle temperature rigide registrate in alcuni periodi di Marzo e per effetto della maggiore permanenza delle persone tra le mura domestiche, le emissioni da riscaldamenti sono probabilmente aumentate rispetto alle medie storiche”*.

Anche l'analisi del trend delle concentrazioni medie giornaliere del PM_{10} alle stazioni di traffico (Figura 9) ha evidenziato una riduzione rispetto alla media del periodo 2016-2019 più evidente ad Aprile, nonostante la presenza di alcuni picchi di concentrazione probabilmente dovuti ad episodi di stabilità atmosferica.

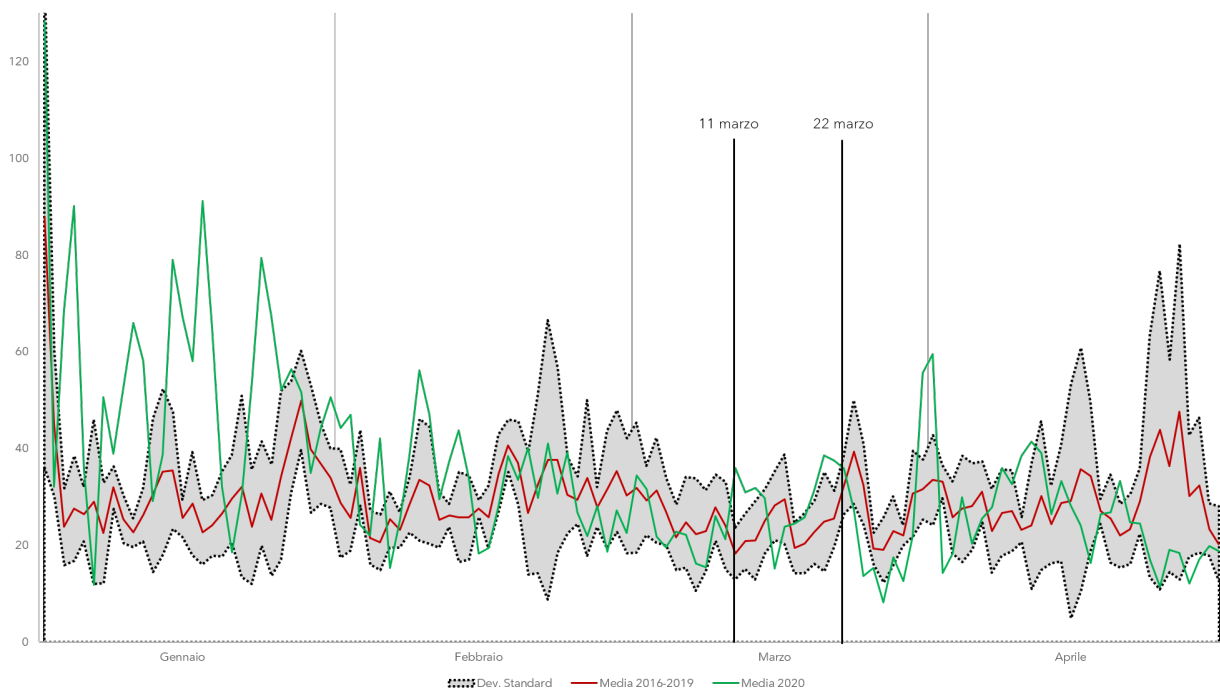


Figura 9 – Napoli: Andamento della concentrazione media giornaliera di PM_{10} nel 2020 e confronto con il periodo 2016-2019 (stazioni di traffico).

Considerazioni sulla chimica del particolato atmosferico

A differenza degli inquinanti gassosi, come ad esempio per il NO_2 , per i quali la misura della concentrazione è generalmente sufficiente a definire ed interpretare il loro andamento, il particolato atmosferico è una classe di inquinanti di particolare complessità. Le particelle possono differire fra loro, fra l'altro, per composizione chimica, dimensione, forma, densità, carica elettrica, igroscopicità, fase chimica (solida, liquida o mista), sorgenti ed effetti sulla salute umana e sull'ecosistema. Per questo motivo la misura della sola concentrazione in massa è un parametro molto grossolano, e la comprensione delle sue variazioni nel tempo deve necessariamente passare per la conoscenza di almeno alcuni di questi parametri, primo fra tutti la composizione chimica.

Una volta determinate le specie chimiche principali che costituiscono il PM, diventa possibile anche individuare le sorgenti da cui il particolato viene prodotto. Le sorgenti principali, che sono presenti in qualunque ambiente urbano del nostro Paese, sono il suolo, il mare, la combustione (traffico e riscaldamenti), la biosfera e la formazione secondaria in atmosfera (reazioni che producono specie sia organiche che inorganiche) a cui può aggiungersi, in alcune zone, una sorgente industriale. E' quindi evidente che la riduzione della mobilità, che ha effetto solo su alcune di queste sorgenti, non può che causare un abbassamento moderato della concentrazione in massa del PM.

Tipicamente, in una stazione di traffico le emissioni veicolari dirette ("exhaust") possono contribuire per il 20-30% alla concentrazione del PM_{10} ⁷. Tuttavia, le emissioni da marmitta non esauriscono le modalità con cui il traffico veicolare contribuisce al PM. Un secondo importante contributo è quello dovuto alle emissioni cosiddette "non-exhaust", dovute all'abrasione di freni, asfalto e pneumatici ed al risollevarlo, causato dal transito dei veicoli, delle polveri depositate a terra. Il risollevarlo riguarda prevalentemente le polveri di origine crustale (sorgente "suolo") ma, in misura minore, coinvolge tutte le particelle, di qualsiasi origine, già presenti a terra. È importante notare che i contributi "non-exhaust" non sono legati al combustibile usato, e che anche i veicoli con alimentazione elettrica contribuiscono al rilascio di queste particelle. Le polveri prodotte dalle emissioni "non-exhaust", al contrario di quelle generate dalla combustione, sono nella frazione dimensionale più grande (generalmente definita come "coarse", che comprende particelle di diametro aerodinamico compreso fra 2.5 e 10 μm). Per questo motivo, il peso di questo contributo diminuisce sensibilmente allontanandosi, anche di poche decine di metri, dalla sorgente. Un terzo contributo del traffico alla concentrazione del PM è legato all'emissione degli ossidi di azoto. Queste specie in fase gassosa costituiscono infatti il primo anello di una catena di reazioni chimiche che porta alla formazione di acido nitrico e quindi, per ulteriore reazione con ammoniaca, alla produzione di nitrato di ammonio in fase particellare (inquinante di natura secondaria, formato in atmosfera a partire da precursori).

⁷ Elaborazioni a partire da misure sperimentali effettuate dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

L'insieme delle particelle direttamente emesse, di quelle abrase e risollevate e di quelle prodotte per via secondaria a partire dagli ossidi di azoto può portare il contributo del traffico, misurato in prossimità delle strade, a sfiorare il 50%⁸.

Nel grafico riportato in Figura 10 sono mostrati dati di composizione del PM in cui le diverse specie chimiche che compongono il particolato sono state raggruppate come segue: specie rilasciate dal suolo, aerosol marino, specie organiche, specie inorganiche di formazione secondaria (nitrate, solfato e cloruro di ammonio), emissioni da combustione. Si può osservare come la differenza di concentrazione fra una stazione di traffico ed una di fondo urbano, ovvero non direttamente influenzata dalle emissioni stradali, risieda soprattutto nelle emissioni da processi di combustione e, in misura minore, nella componente suolo, che comprende una frazione significativa dovuta al risollevamento. La frazione organica, quella dovuta all'aerosol marino e quella secondaria rimangono sostanzialmente invariate.

Per quest'ultimo gruppo, va tenuto conto del fatto che le specie secondarie, per la loro peculiare via di formazione, sono presenti esclusivamente nella frazione fine del PM, e possono quindi raggiungere aree anche molto lontane dal punto di formazione, continuando a generarsi durante il processo di invecchiamento delle masse d'aria. Gli inquinanti secondari, presentano dunque un gradiente spaziale molto inferiore rispetto alle specie direttamente emesse e si distribuiscono omogeneamente su un'area molto maggiore di quella cittadina. In altre parole, mentre le specie stabili (ovvero che non subiscono trasformazioni una volta emesse in atmosfera) e quelle presenti nella frazione grossolana delle polveri mostrano un decremento di concentrazione man mano che ci si allontana dal punto di emissione, le specie secondarie si formano anche a distanza notevole, generando una concentrazione più o meno costante su un'area estesa. Queste specie sono inoltre particolarmente sensibili alle condizioni di stabilità atmosferica, che consentono di proseguire ed intensificare il processo di formazione. Per questo motivo, nella zona della pianura Padana, dove l'emissione dei precursori degli inquinanti secondari è molto intensa (produzione di ammoniaca dagli allevamenti di bestiame e dalle pratiche agricole) e dove le frequenti stabilità atmosferiche aumentano le possibilità di reazione, la concentrazione di nitrate di ammonio è sempre molto elevata e distribuita in maniera sostanzialmente omogenea su un territorio che supera la dimensione regionale.

Infine, il confronto con una stazione semi-rurale, posta a circa 30 chilometri dal centro di Roma e a circa 50 chilometri dalla costa (terza colonna in Figura 10) mostra una ulteriore diminuzione delle emissioni da combustione ed un decremento del contributo legato all'aerosol marino. E' infine da sottolineare che la componente legata ai processi di combustione contiene anche un contributo stagionale molto importante, dovuto al riscaldamento domestico ed in particolare quello che utilizza legna come combustibile.

⁸ Elaborazioni a partire da misure sperimentali effettuate dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

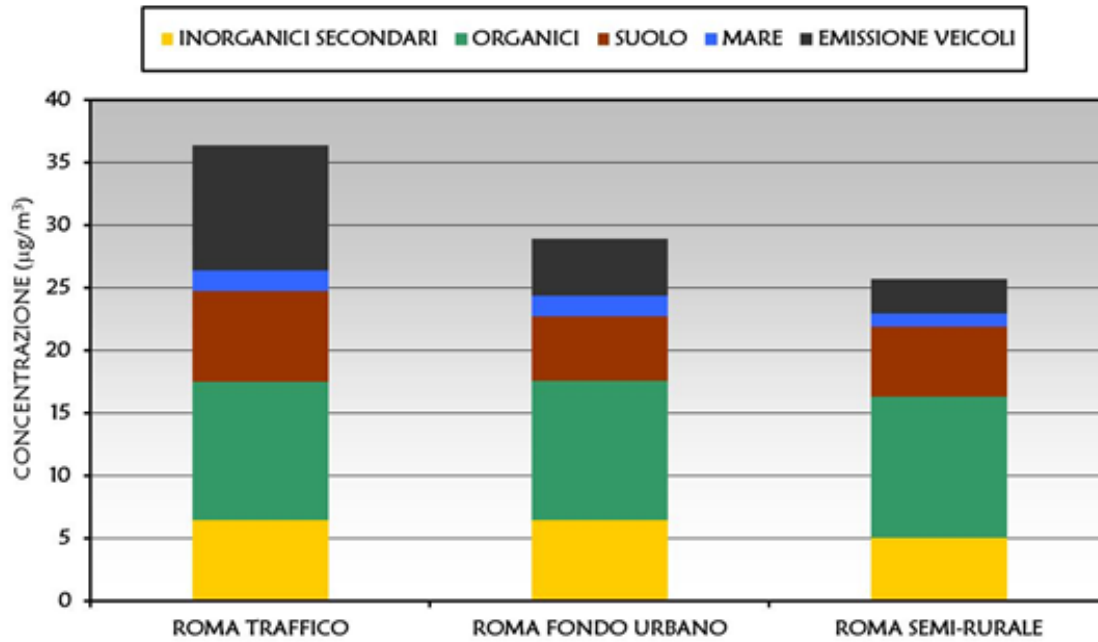


Figura 10 – Composizione media del PM₁₀ in tre stazioni dell'area urbana e peri-urbana di Roma (anno 2011) ⁹.

Sulla base delle considerazioni precedenti, si può comprendere come il lock-down abbia avuto effetti molto significativi sulla concentrazione di NO₂, che viene emesso pressoché esclusivamente dal traffico e dagli impianti di riscaldamento, mentre gli effetti sulla concentrazione del PM₁₀ siano stati molto meno importanti, ed in genere visibili soprattutto durante il mese di Aprile. È infatti da considerare che il blocco della mobilità non ha avuto nessun effetto sulle sorgenti naturali del PM (mare, suolo e parte degli organici), né sulle emissioni da riscaldamento, che hanno influenzato sensibilmente i risultati del mese di Marzo. Dobbiamo inoltre considerare che nel mese di marzo era compresa una prima decade di pre-lock-down, un periodo di forte stabilità atmosferica, che ha aumentato la produzione delle specie secondarie, ed un fenomeno di trasporto di sabbie dalle zone desertiche del mar Caspio, che naturalmente non ha alcun legame con la mobilità locale. Durante il mese di Aprile, invece, a riscaldamenti quasi completamente spenti, complice la mitezza della stagione, è stato possibile evidenziare un decremento nella concentrazione di PM₁₀ che nelle città di Roma e Napoli è stato compreso fra il 20 ed il 30%. Questo valore costituisce una stima del contributo dovuto al traffico e fornisce un'indicazione dei risultati che possono essere raggiunti attuando politiche di efficace riduzione della mobilità.

⁹ Elaborazioni a partire da misure sperimentali effettuate dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

In conclusione, durante il periodo del lock-down la mobilità dei cittadini nelle aree urbane di Torino, Milano, Roma e Napoli è diminuita sensibilmente, con una riduzione percentuale dei movimenti, rispetto al pre-lock-down, compresa fra il 60 ed il 95%.

Questa sensibile diminuzione della mobilità ha causato un decremento importante della concentrazione di NO_2 nelle stazioni di misura definite come "di traffico". Rispetto all'analogo periodo dell'anno nel quadriennio 2016-2019, il decremento, su base mensile, è stato pari al 30-60% nel mese di Marzo e al 40-70% nel mese di Aprile, periodo meno influenzato dalle emissioni da riscaldamento che, insieme alle emissioni da traffico, costituiscono la sorgente principale di NO_2 .

Per il PM_{10} , invece, le riduzioni di concentrazione sono state molto inferiori e, soprattutto nel mese di Marzo, spesso non osservabili. Ciò è dovuto alla complessa natura chimica del materiale particolato atmosferico, che comprende frazioni, tra cui quelle di origine naturale, non influenzate dalle emissioni da traffico. Per le città di Roma e Napoli, durante il mese di Aprile è stato possibile apprezzare una certa riduzione, rispetto al quadriennio di riferimento, anche nella concentrazione del PM_{10} , riduzione che tuttavia, su base mensile, non ha superato il 27%. L'influenza dei contributi naturali locali, dei trasporti da lunga distanza e delle condizioni di stabilità atmosferica, che favoriscono la formazione di specie secondarie, rendono critico l'ottenimento di riduzioni importanti della concentrazione del PM_{10} anche in condizioni di riduzione estrema della mobilità, come quelle verificatesi durante il periodo del lock-down.

Un effetto di riduzione certamente più rilevante può essere ottenuto per le frazioni più fini del particolato atmosferico ($\text{PM}_{2.5}$ o frazioni ancora inferiori), che risentono in misura più modesta dei contributi naturali e per le quali il traffico veicolare, insieme al riscaldamento domestico, costituisce una sorgente di importanza primaria.

Scenari di penetrazione della mobilità elettrica in Italia e confronto con il contesto europeo

A cura di Dino Marcozzi e Francesco Naso

L'anno zero

Per i costruttori auto europei, il 2020 sarà certamente ricordato come l'“annus horribilis” dal punto di vista delle vendite complessive, con percentuali di riduzione tra il 20 ed il 30% a causa del lockdown, ma certamente anche l'anno della definitiva partenza del mercato dei veicoli elettrici. Tutte le case auto hanno infatti registrato aumenti esponenziali delle vendite, si pensi che la sola Volkswagen ha annunciato di aver venduto 212mila vetture “alla spina” (di cui 134mila veicoli puramente elettrici (+197% rispetto al 2019). Ancora indietro rispetto al precursore Tesla, che con mezzo milione di auto elettriche vendute ha raggiunto esattamente l'obiettivo era stato fissato nel lontano 2014 e guardato con scetticismo da molti.

L'Italia, seppure con un ritardo di 2-3 anni rispetto agli altri grandi Paesi europei, è comunque andata oltre le più rosee previsioni con un consuntivo di 32.500 auto vendute sul territorio nel 2020.

Il mercato odierno in Italia

La domanda di mezzi elettrici è attualmente orientata da dinamiche che ne determinano la velocità di crescita, legate alla percezione degli utenti in Italia, dove negli ultimi sondaggi quasi 9 su 10 intervistati acquisterebbero un'auto elettrica¹:

- **I vantaggi:** la principale motivazione è quella ambientale, che testimonia una sensibilità sul tema della qualità dell'aria e del riscaldamento climatico che sta crescendo in tutto il mondo. Gli utenti tuttavia apprezzano anche i vantaggi economici dell'operatività dei mezzi elettrici, in termini di rifornimento, di risparmio su bollo e parcheggi, di accesso alle zone a traffico limitato e i costi di manutenzione. L'esperienza positiva è anche determinata dai test drive che sempre più confermano l'importanza per gli Italiani della silenziosità e dello stile di guida rilassato, oltre che delle prestazioni anche a bassi giri e anche su auto di segmenti popolari (A o B).
- **Il prezzo:** i cittadini italiani percepiscono ancora come determinante il limite sul prezzo di acquisto. Se da una parte questo è legato alla scarsa propensione degli Italiani a valutare i costi a vita intera dei beni che acquistano, dall'altra è indubbio che i prezzi di acquisto ancora non consentono, nonostante gli incentivi, l'accesso a questo tipo di soluzione a cittadini appartenenti alle fasce di reddito più basse. I margini unitari dei costruttori al momento sono molto bassi se non inesistenti, perché dovranno distribuire su poche unità per il momento costi di sviluppo e di riconfigurazione delle linee e delle catene di fornitura molto importanti;

¹ Ultimo sondaggio Areté: <https://insideevs.it/photo/5336863/i-risultati-di-un-sondaggio-sul-rapporto-tra-gli-italiani-e-la-mobilita-sostenibile/>

per questo quasi tutti i costruttori sono partiti nello sviluppo con auto almeno di segmento B e comunque puntando a fasce di prezzo da segmento C in confronto con i veicoli termici. In particolare il pacco batterie pesa per il 40% sul costo del veicolo ma la nascita di nuovi poli di produzione, soprattutto in ambito europeo, si prevede farà scendere entro 3 anni il prezzo al di sotto della soglia dei 100 €/kWh, individuata da più soggetti autorevoli come un obiettivo fondamentale per il pareggio di costo di acquisto. Da qui si deriva che la politica di incentivazione dovrà essere proseguita oltre il 2021 al fine di permettere la diffusione dei mezzi nel Total market fino a percentuali di penetrazione del 10-15%. Questa percentuale è considerata un target fondamentale sia per la creazione di una cultura diffusa del mezzo elettrico nella popolazione e fra le aziende, sia per far raggiungere ai costruttori margini utili all'abbassamento dei prezzi di acquisto. I vari sondaggi mostrano che comunque gli utenti sono disposti a spendere il 10% in più rispetto a un veicolo termico per l'acquisto di un mezzo elettrico. A livello di *Total Cost of ownership* invece già oggi alcuni casi d'uso risultano vantaggiosi per chi adotta il mezzo elettrico, sia nel caso delle flotte aziendali MI, sia per alcuni utilizzatori privati con alti chilometraggi annui sia in ultimo per i veicoli commerciali leggeri.

- **L'infrastruttura di ricarica:** è l'altra dinamica dominante, soprattutto per gli utilizzatori delle grandi città dove il rimessaggio privato dei veicoli è più difficoltoso e la capillarità della ricarica pubblica, in particolare di potenza contenuta, diventa decisiva per favorire l'adozione dei mezzi elettrici puri. Centrale perciò sarà una pianificazione nazionale accorta e modulata nel corso del tempo, che non potrà quindi prescindere da un'attenta e radicale revisione del PNIRE (Piano Nazionale delle Infrastrutture di Ricarica dei veicoli Elettrici), che sconta da tempo un distacco marcato rispetto alle dinamiche di mercato del business delle infrastrutture di ricarica. Nei sondaggi comunque si evince che gli utenti hanno una scarsa percezione dell'utilizzo dei propri mezzi di trasporto, anche in termini di quanto lo tengono fermo (per più del 90% del tempo) o dei km che effettivamente percorrono (più del 75% degli utilizzatori di mezzi di trasporto privati coprono una distanza giornaliera al di sotto dei 25km), nonché del cambiamento radicale che i mezzi elettrici apportano alle modalità di rifornimento, potendo sfruttare le soste per ricaricare il mezzo mentre si fanno altre attività. Al contempo si evidenzia però l'esigenza di una rete diffusa di ricariche ad alta potenza, le cosiddette veloci e ultra veloci (dai 50 kW in su), che permettono una ricarica all'80% anche in meno di 10 minuti e abilitano l'utilizzo del mezzo elettrico come unico mezzo privato di una famiglia o di una impresa. Tale rete dovrà velocemente essere realizzata in autostrada e sulle direttrici principali, ma anche in ambito urbano facendo particolare attenzione alla scelta dei luoghi di installazione (es. stazioni ferroviarie, distributori di carburanti, ecc.). Un discorso a sé andrebbe inoltre fatto sulla logistica, in particolare dell'ultimo miglio, al fine di riuscire a elettrificare anche i veicoli di trasporto merci in ambito urbano che necessitano di una rete di ricarica dedicata, anch'essa ad alta potenza. Ad ogni modo la *range anxiety*, l'ansia dell'autonomia, sta pian piano scemando grazie ai miglioramenti tecnologici delle batterie che stanno consentendo aumenti significativi sia della densità di energia e potenza, e quindi di autonomia e consumi, sia della potenza di ricarica.
- **La disponibilità dei modelli:** il numero dei modelli è destinato a crescere. Per quanto rallentate dalla pandemia, l'uscita di modelli per il *mass market* è effettivamente avvenuta con la presentazione, fra le altre, della

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

500e (balzata subito a dicembre al primo posto tra le elettriche vendute in Italia) e della ID.3 della VW (dominatrice nel mercato europeo. Si prevede la presentazione di più di 80 modelli nei prossimi 3 anni, questo ampliarà la rosa di scelta per gli utenti e aumenterà di conseguenza la propensione all'acquisto. La disponibilità dei mezzi tuttavia sarà decisiva in termini di volumi e di tempi di consegna: la nascita di nuove linee produttive e l'aumento dei volumi di produzione determineranno la velocità di crescita delle BEV (Battery Electric Vehicle) e delle PHEV (Plug-in Hybrid) nel circolante.

Andando al consuntivo dell'anno 2020 riassunto nella Tabella 5.1, i numeri mostrano il grande sviluppo che si sta realizzando nelle due motorizzazioni "alla spina", pur a fronte di una drammatica riduzione del mercato complessivo (- 27,9%)

Per quanto riguarda i segmenti di distribuzione in Italia (Tabella 5.2), l'effetto del COVID ha portato a una contrazione nell'incidenza di flotte, cioè le auto acquistate dalle aziende, e noleggio a lungo termine (pur in crescita

ANALISI DI MERCATO	Dicembre 2020	Dicembre 2019	Diff. Mese %	YTD 2020	YTD 2019	Diff. YTD %
BEV	7,258	856	747,90%	32,500	10,728	202,95%
PHEV	6,354	695	814,24%	27,375	6,306	334,11%
BEV+ PHEV	13,612	1,551	777,63%	59,875	17,034	251,50%
Percentuale su tutte le alimentazioni	11,41%	1,10%	10,31%	4,33%	0,89%	3,44%
Tutte le alimentazioni	119,304	140,854	-15,30%	1.383,54	1.919,303	-27,91%

BEV – Battery Electric Vehicle, auto caratterizzate da motore elettrico, alimentato quindi da batterie.

PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle, caratterizzate da propulsione sia elettrica sia a combustione interna.

Tabella 5.1 Dati di consuntivo vendite 2020 e confronti con 2019

Fonte: <https://www.motus-e.org/analisi-di-mercato/dicembre-2020-la-rivoluzione-che-non-si-ferma>

rispettivamente del 60% e 185% rispettivamente) a vantaggio di uno sviluppo del canale privato che sale del 253%. Salgono anche le auto-immatricolazioni di BEV e PHEV, entrambe sopra il 300%, per l'aumento significativo di nuovi modelli da far testare ai clienti, e del noleggio a breve termine che finalmente e meritoriamente, nonostante il momento di grande difficoltà che sta vivendo, sta inserendo veicoli "alla spina" nel proprio *infleet*.

DISTRIBUZIONE NUOVE IMMATRICOLAZIONI AUTO ELETTRICHE

	Anno 2020	Anno 2019
PRIVATI	23,028	5,685
FLOTTE AZIENDALI	4,661	2,531
RIVENDITORI	9,675	2,103
NOLEGGIO (Lungo Termine)	20,725	6,147
NOLEGGIO (Breve Termine)	1,786	568
TOTALE	59,875	17,034

Tabella 5.2 Dati di consuntivo segmenti di distribuzione 2020 e confronti con 201

Fonte: Motus-E

<https://www.motus-e.org/analisi-di-mercato/dicembre-2020-la-rivoluzione-che-non-si-ferma>

In sintesi, mentre il mercato delle PHEV si sta sviluppando con tanti nuovi modelli, quello delle BEV è ancora fortemente influenzato dalle politiche di produzione e consegna che ancora non raggiungono un regime di mercato di massa. Ad esempio, Tesla pone il mercato europeo in coda a quelli americano e asiatico, in attesa della produzione della Gigafactory tedesca, che segnerà un ulteriore impulso su alcuni mercati europei, in particolare quello italiano.

Scenari italiani al 2030

Motus-E ha sviluppato scenari di penetrazione dei veicoli elettrici che prendono le mosse dagli obiettivi di decarbonizzazione presentati nel PNIEC dal Governo. E' da considerare che lo stesso PNIEC sarà soggetto di revisione nei prossimi 2 anni, sulla base di ulteriori restrizioni nelle emissioni di gas climalteranti (dal 38 al 55%) da parte della UE; questo porterà ad un ulteriore aumento della penetrazione della mobilità elettrica, rispetto a quanto visto nell'attuale scenario.

Lo scenario realizzato tiene conto dell'attuale andamento del mercato, della sostanziale riduzione del costo dei veicoli puramente elettrici, dello sviluppo delle infrastrutture di ricarica e rappresenta un andamento di progressiva minor partecipazione alla transizione da parte dei veicoli ibridi plug-in. Va sottolineato che tale scenario rappresenta un passo importantissimo per raggiungere, se non per superare, il target del 21,6% di consumo da fonti rinnovabili e di riduzione dei consumi di 2,6 Mtep nei trasporti!

Vengono inoltre riportati gli scenari relativi ai veicoli per il trasporto merci leggero (LCV), trasporto pubblico (TPL) e trasporti merci pesante (HGV).

Si è assunto un mercato delle nuove immatricolazioni sostanzialmente costante nel tempo sia per le vetture private sia per gli LCV, favorito dalle politiche di sostegno alla sostituzione dei mezzi aziendali e di rottamazione

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

di mezzi privati inquinanti, dalle politiche locali sulla circolazione dei mezzi privati, in particolare a combustione interna nei centri urbani e di norme per lo sviluppo dello shifting modale tra trasporto pubblico locale, sharing mobility e mobilità dolce, di matrice elettrica.

Quella dei mezzi TPL e HGV è invece crescente entrambe per la necessità di un ricambio del parco che sconta mezzi con età medie elevate (11,4 anni per il TPL, 4 anni sopra la media europea). L'elettrificazione del TPL su gomma sarà centrale sia come esempio verso i privati, sia per aumentare la qualità del servizio pubblico e attrarre i passeggeri; d'altro canto è tuttora ritenuta meno probabile l'adozione della tecnologia elettrica a batterie per i mezzi pesanti di trasporto merci.

È evidente che la tecnologia elettrica risulta più facile da adottare in alcune applicazioni specifiche, come per l'appunto gli LCV per la logistica dell'ultimo miglio, o per il TPL urbano, dove, verosimilmente al 2030, le nuove immatricolazioni per il contesto puramente urbano potrebbero raggiungere il 100% di veicoli elettrici.

Concentrandoci sui veicoli M1, nella tabella 5.3 si riportano gli sviluppi numerici di immatricolazioni e circolante di auto BEV e PHEV in base agli obiettivi che ci si è posti con il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima e al lavoro svolto nei Tavoli di Lavoro di MOTUS-E; obiettivi, quelli del Governo al 2030 di 4 milioni di BEV e 2 milioni di PHEV, che si possono raggiungere con i valori di immatricolato annuali riportati in tabella.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
BEV	60,000	110,000	170,000	280,000	450,000	500,000	600,000	700,000	850,000	1,000,000
PHEV	40,000	60,000	90,000	110,000	130,000	150,000	160,000	200,000	250,000	300,000
TOTAL MRKT(M)	1,78	1,83	1,87	1,91	1,93	1,94	1,94	1,94	1,93	1,92
% BEV	3%	6%	9%	15%	23%	26%	31%	36%	44%	52%
%PHEV	2%	3%	5%	6%	7%	8%	8%	10%	13%	16%
Circolante netto BEV	116,400	223,100	397,700	669,300	1.105,800	1.590,800	2.172,800	2.851,800	3.676,300	4.646,300

Tabella 5.3 Sviluppi numerici immatricolazioni e circolanti veicoli M1 (scenario Motus-E)

Fonte: <https://www.motus-e.org/analisi-di-mercato/dicembre-2020-la-rivoluzione-che-non-si-ferma>

Tuttavia è bene comprendere che tali valori sono a dir poco sfidanti e che alcuni scenari, basati sugli attuali piano industriali delle case europee e su delle previsioni molto conservative sugli strumenti di supporto alla domanda e alle infrastrutture, riportano invece valori di immatricolato annui, e di conseguenza di circolante al 2030, decisamente più bassi rispetto ai target PNIEC: IHS Markit, in uno studio per MOTUS-E, ad esempio riporta, in uno scenario di supporto blando e breve e di crescita contenuta delle Infrastrutture di Ricarica per l'appunto, un circolante al 2030 poco inferiore agli 1,8 milioni di BEV e agli 0,9 milioni di PHEV, come mostrato nel grafico alla Figura 5.4.

Full Electric Italia, Scenario PNIEC vs Scenario No Bonus (in migliaia)

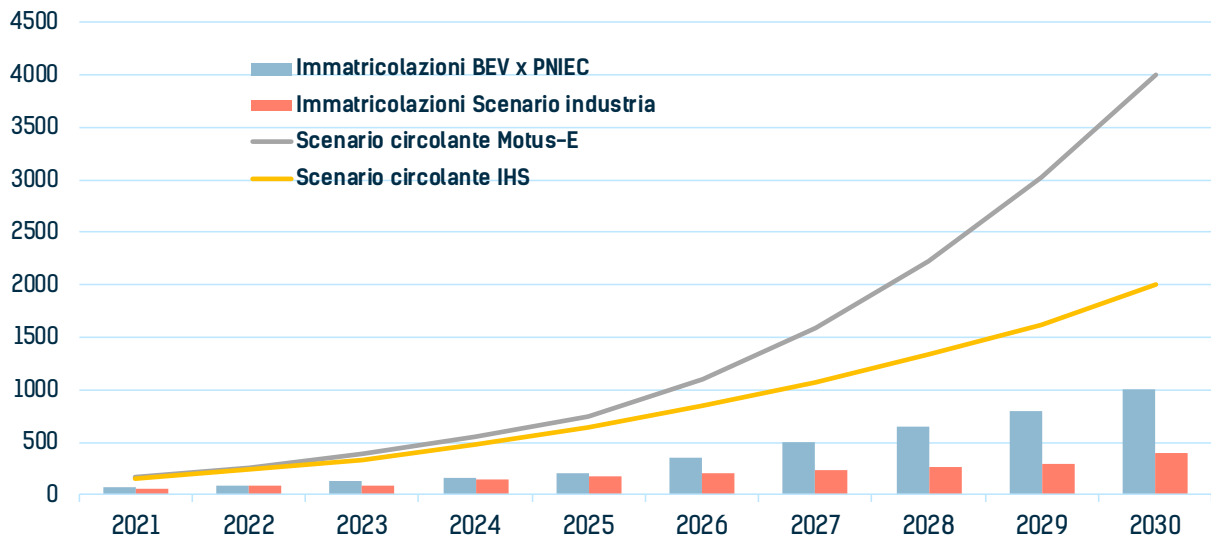


Figura 5.4 Andamenti immatricolazioni e circolante MI BEV

Fonte: <https://www.motus-e.org/analisi-di-mercato/dicembre-2020-la-rivoluzione-che-non-si-ferma>

Si ritiene importante evidenziare che tutti gli scenari non prevedono la mera sostituzione degli attuali 39 milioni di veicoli privati passeggeri alimentati a combustibili fossili con veicoli "alla spina", ma sarà invece ineluttabile e da accompagnare da parte delle istituzioni decongestionare le nostre strade e ridurre il volume di auto private a favore di una espansione delle altre modalità di trasporto.

La riduzione significativa del parco circolante, che trasforma le nostre strade in parcheggi (ricordiamo che il tasso di utilizzo medio delle auto in Italia è del 5%), avverrà se si investirà sul cambio di paradigma verso la *Mobility as a Service*, con il positivo riflesso di aumentare il tasso di utilizzo dei mezzi privati, andando oltre il concetto di veicolo di proprietà, come sta avvenendo in altri Paesi europei. Questa dinamica potrebbe avere effetti anche sugli acquisti di mezzi nuovi, che hanno raggiunto un minimo storico nel 2020 a causa della pandemia (1,35 milioni di veicoli venduti, -27% rispetto al 2019) e che potrebbero stentare a ritornare ai valori pre-pandemia, con conseguenze nefaste sul circolante che aumenterà la sua età media e, intrinsecamente, il suo impatto ambientale. Ribadiamo quindi l'importanza di mantenere per alcuni anni un sostegno alla domanda di veicoli nuovi a zero emissioni, al fine di favorire un ricambio che si rende sempre più necessario. In quest'ottica, sicuramente la penetrazione di veicoli elettrici e il rapporto tra elettrici puri e plug-in all'interno del PNIEC sembrano valori poco realistici rispetto agli obiettivi di decarbonizzazione che ci si pone. Abbiamo per questi motivi costruito uno **scenario che limita il volume del Parco Circolante a 32 milioni di veicoli**.

Questo valore è calcolato mantenendo costante il numero di nuove immatricolazioni annuali, circa 2 milioni, a fronte di una crescita del tasso di sostituzione, che passa dall'attuale 3,5% al 8%. Supponiamo infatti che negli anni a venire tutte le classi di auto inferiori all'EURO 4, che costituiscono circa il 40% dell'attuale parco circolante, avranno serie limitazioni o divieti di accesso nei contesti urbani, causando un problema di circolazione per tali veicoli, che dovrebbe essere sostituiti o rottamati.

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Con un parallelo massiccio potenziamento del TPL urbano e periurbano sarebbe possibile cambiare il modo di effettuare gli spostamenti e riuscire ad abbassare il tasso di motorizzazione in Italia, che si attesta tra i più alti d'Europa, di 0.662 auto/abitante, che significa 2 autoveicoli ogni 3 abitanti (di qualunque fascia d'età).

È perciò fondamentale sostenere l'elettrificazione delle flotte aziendali e quelle, crescenti, di noleggio e servizi di mobilità, mentre va accompagnata la riduzione del circolante privato, specie attraverso la dismissione dei mezzi inquinanti ma anche attraverso la diffusione e l'uniformazione delle politiche locali sull'accesso ai centri urbani e sui parcheggi, insieme a una revisione delle tasse di utilizzo dei mezzi inquinanti.

Uno sguardo all'attuale contesto europeo

In Europa continua l'impressionante corsa delle elettriche. Il dato fondamentale è il raggiungimento di un milione di auto BEV + PHEV immatricolate nel 2020 (in Fig. 5.5 la crescita delle vendite nell'area geografica globale europea).

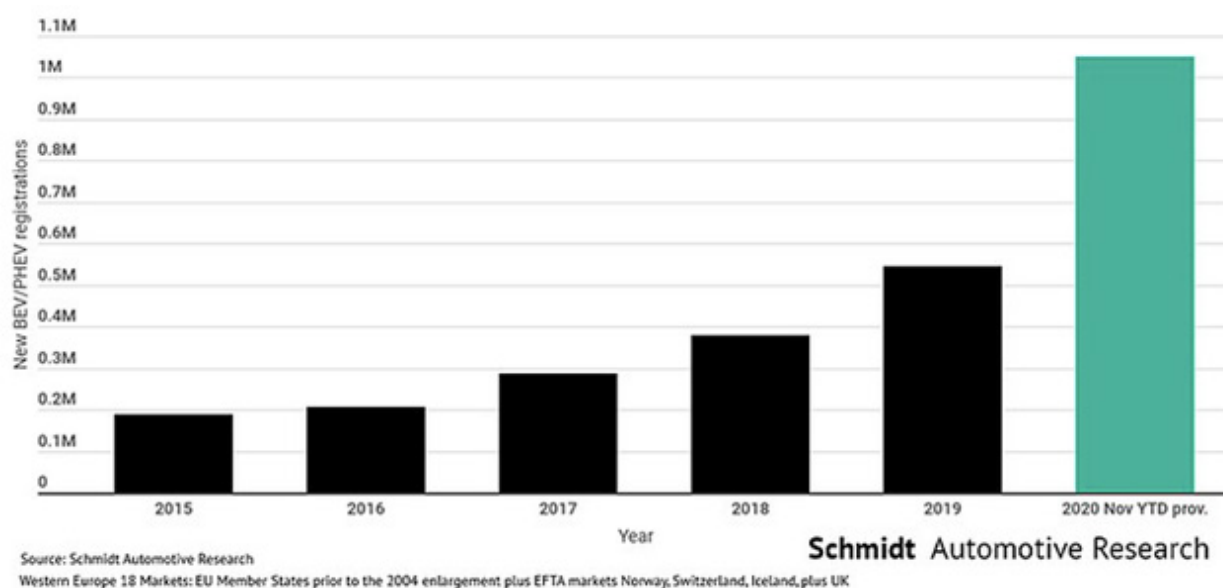


Fig. 5.5 Immatricolazioni BEV + PHEV Europa, totale area geografica 2015 - 2016
Fonte: "Schmidt Automotive Research"

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

In Germania, il più grande mercato europeo in termini di immatricolazioni di veicoli elettrici, a dicembre 2020 sono state targate 43.671 BEV con una crescita del 660% rispetto al corrispondente dicembre 2019. Dall'inizio dell'anno 194.163 BEV sono state registrate in Germania (sei volte che in Italia).

In Olanda a novembre 2020 le BEV toccavano il 49% del mercato totale, anche grazie ad un ambiente favorevole generato dalla rete di infrastruttura di ricarica più capillare e sviluppata d'Europa. Per avere un'idea della crescita si pensi che nel mese di dicembre le prime quattro auto vendute (nel mercato complessivo) sono state quattro BEV: ID.3, Kona, Model 3, ID.4

In Francia le BEV superano le 100.000 unità immatricolate nel 2020, consolidandosi come il secondo maggior mercato di elettriche in Europa. Dunque non più solo i mercati nordici (Norvegia, Svezia,...) ma anche i mass market analoghi all'Italia, pur denunciando la stessa crisi globale delle vendite auto (-26,5%) mostrano una transizione verso l'elettrico avviata al compiersi, staccandosi sempre più dal nostro Paese. Questo gap deve preoccupare chi ha a cuore la sostenibilità, se solo pensiamo che i limiti alle emissioni allo scarico sulle auto di nuova immatricolazione sono limiti continentali, non nazionali. Aumenterà quindi, a fronte di politiche ritardatarie nel nostro Paese, la tentazione dei Costruttori di riservare all'Italia le quote di produzione di auto fossili, sempre più marginali.


Le proposte di Motus-E e del CNR-IIA per la Mobilità Elettrica

Con l'obiettivo di aumentare il benessere dei cittadini sia in termini di qualità dell'aria e quindi di salute l'elettrificazione della mobilità cittadina rappresenta una fra le soluzioni tecnologiche da applicare con decisione e rappresenta un valido contributo alla decarbonizzazione del settore trasporti rispetto ai combustibili fossili.

E' dunque necessario mettere in campo azioni nuove e più incisive a livello nazionale e locale, di seguito le proposte da parte di Motus-E e del CNR-IIA:

- 1. Fissare termine ultimo per la vendita delle auto endotermiche:** resta necessario un target europeo per lo stop delle vendite delle auto a combustione interna con quote annuali crescenti.
- 2. Potenziare le reti cittadine** (della distribuzione elettrica, di trasmissione dati, stradali, del trasporto pubblico locale, di ricarica dei veicoli) seguendo un modello di Smart City e inter-connetterle nei loro nodi di scambio in quanto sono decisivi sia per l'elettrificazione del trasporto passeggeri sia per quello merci.
- 3. Auto Private:** è centrale che la domanda di veicoli M, N ed L a zero e basse emissioni (sotto i 60 gCO₂/km) venga sostenuta e che, in ottica di continuità e certezza degli strumenti, si mantenga la struttura attualmente prevista per l'ecobonus, prorogandone la validità sino al 2025 e mantenendo la forma dell'incentivo diretto all'acquisto. Si ritiene comunque fondamentale una forte riduzione dell'uso delle auto private in ambiente urbano e deve quindi essere obiettivo fondamentale delle istituzioni locali e nazionali abbassare il tasso di motorizzazione, oggi fra i più elevati del mondo (65 auto ogni 100 abitanti).
- 4. Trasporto Pubblico:** è necessario un ricambio della flotta del trasporto pubblico locale su gomma con mezzi a zero emissioni che ASSTRA e ANEV stimano essere il triplo dello stanziamento del Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile, che già ammonta a 3,9 miliardi fino al 2033.
- 5. Predisporre una logistica urbana Sostenibile delle merci a basso impatto** e con veicoli elettrici di intesa con gli operatori. Promozione dei veicoli elettrici con sistemi premiali sulle regole di accesso alla ZTL.
- 6. Identificare un Fondo per lo sviluppo di una rete nazionale di infrastrutture di ricarica** ad accesso pubblico.
- 7. Realizzare infrastrutture di ricarica nei centri logistici** e nei rimessaggi dei veicoli merci, accompagnando il trend di elettrificazione del trasporto merci, in una prima fase dei veicoli merci leggeri della logistica urbana e in una seconda fase dei camion per medio e lungo raggio.

- 8. Rivedere le Linee guida Ministeriali sui PUMS** e integrare maggiormente nei Piani Urbani l'elettrificazione dei mezzi come misura per il miglioramento della qualità dell'aria nelle città.
- 9. Nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) per accedere ai fondi di Next Generation EU (NGEU), richiedere maggiori investimenti per una adeguata rete di mobilità urbana e regionale elettrica**, al momento non è prevista nessuna voce specifica sullo sviluppo di un'adeguata rete di ricarica elettrica nazionale ad uso pubblico, nessun investimento per la riconversione industriale del comparto trasporti, briciole per la sicurezza stradale.
- 10. Investire in ambito industriale automotive** per la riconversione dei settori coinvolti nella trasformazione di veicoli e infrastrutture elettriche (componentistica elettrica ed elettronica, digitalizzazione di mezzi e C-ITS, piattaforme SW per nuovi servizi).
- 11. Potenziare gli studi scientifici sulle fonti dell'inquinamento atmosferico**, sulla composizione chimica del particolato e sugli inquinanti emergenti (comprese le nanoparticelle) per comprendere appieno i fenomeni e le principali fonti di emissione su cui intervenire.
- 12. Ampliare le indagini sulle correlazioni epidemiologiche** e gli effetti sulla salute e quindi stabilire una relazione tra le emissioni di inquinanti in tutti i settori influenti e gli effetti sulla salute umana e gli impatti economici. L'obiettivo è potenziare la raccolta, analisi e ricerca sulla qualità dell'aria, i fenomeni correlati e gli effetti sulla salute.
- 13. Attuare il piano di Azione contenuto all'interno del Protocollo Aria Pulita sottoscritto** a Torino agli inizi di giugno 2019 e articolato in 5 ambiti di intervento che istituisce un fondo per il controllo dell'inquinamento atmosferico.

An aerial, long-exposure photograph of a city street at night. A tram is visible on the left side of the road, moving towards the viewer. The image is characterized by vibrant light trails from cars and streetlights, creating a sense of motion. The street layout includes crosswalks, sidewalks, and utility poles. The overall atmosphere is urban and modern.

**Benefici ambientali
e sanitari connessi
alla mobilità elettrica
per il contributo al
raggiungimento
degli obiettivi
programmatici**

Torino

Il parco veicolare è costituito, in questo caso, dai soli due comparti del trasporto privato e della logistica. Sono esclusi dallo studio sia il Trasporto Pubblico Locale, e anche tutte le altre tipologie di veicoli (motocicli, veicoli pesanti ecc.) e altre sorgenti emmissive non oggetto di studio. In relazione allo scenario base, per quanto riguarda il parco veicolare si nota che le due categorie maggiormente presenti, per il comparto privato, sono i veicoli a benzina e i veicoli diesel, principalmente di classe ambientale Euro 4, Euro 5 ed Euro 6, con una percentuale rispettivamente del 48% e del 40%. Le altre tecnologie seppur presenti, lo sono in percentuali nettamente inferiori. Da notare la completa assenza dei veicoli elettrici.

In relazione al comparto della logistica la tecnologia più diffusa è quella relativa ai veicoli diesel, presenti con una percentuale dell'85% e principalmente veicoli a classe Euro 0.

Facendo riferimento agli scenari ipotizzati, il primo scenario (Scenario 2025), è meno favorevole nei riguardi della diffusione dei veicoli elettrici, è configurato ipotizzando un aumento del 4% dei veicoli privati ed una maggiore penetrazione di auto ibride (circa 20%), con auto omologate EURO 5 e EURO 6. Per il comparto della logistica si prevede una penetrazione dei veicoli elettrici pari al 5% e veicoli ibridi pari al 15%.

Il secondo scenario prevede una maggiore incidenza delle auto elettriche pari al 20% e delle ibride pari al 50% al 2030 facendo rimanere costante il parco veicolare (il numero dei veicoli totali) ovvero pari allo scenario del 2025, ma con solo auto omologate EURO 6. In riferimento al parco veicolare del settore della logistica le percentuali relative ai veicoli elettrici arrivano al 15% e quelle relative all'ibrido arrivano al 25%.

Concentrazione di NO₂

Le concentrazioni medie orarie simulate arrivano fino ad un massimo di circa 130 µg/m³ nello scenario base. Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione passando da una percentuale del 50% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione dell'87% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 58 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una diminuzione costante che arriva comunque ad un massimo di 53 µg/m³.

Concentrazione di PM₁₀

Nello scenario base, i valori di concentrazione giornaliera di PM₁₀ arrivano fino ad un massimo di circa 23µg/m³. Le aree maggiormente interessate dal contributo del parco veicolare privato sono concentrate negli archi con maggior flussi di traffico. Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione passando da una percentuale del 35% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione, non molto significativa, del 36% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 7,5 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una differenza poco significativa, inferiore ad 1 µg/m³.

Impatto sanitario ed economico

Utilizzando i valori di concentrazione simulate, nelle sole centraline di traffico all'ora di punta (8 a.m.) nel periodo invernale (mese di Gennaio), con ADMS-Roads e implementando i dati nel software BenMap per ogni inquinante analizzato, PM₁₀ e NO₂ e per ogni scenario ipotizzato è stato stimato il numero di morti premature a causa degli effetti a breve termine relativo al solo comparto del trasporto e si è stimato il relativo costo associato.

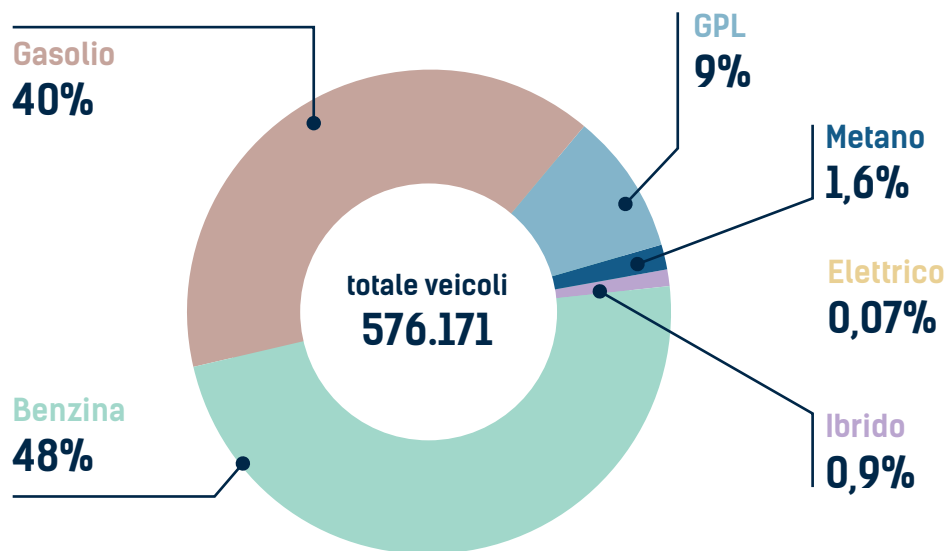
	Scenario base		Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	63	166	41	83	40	22
VSL (milioni di Euro)	240	630	155	315	153	82

Torino

Parco veicolare privato

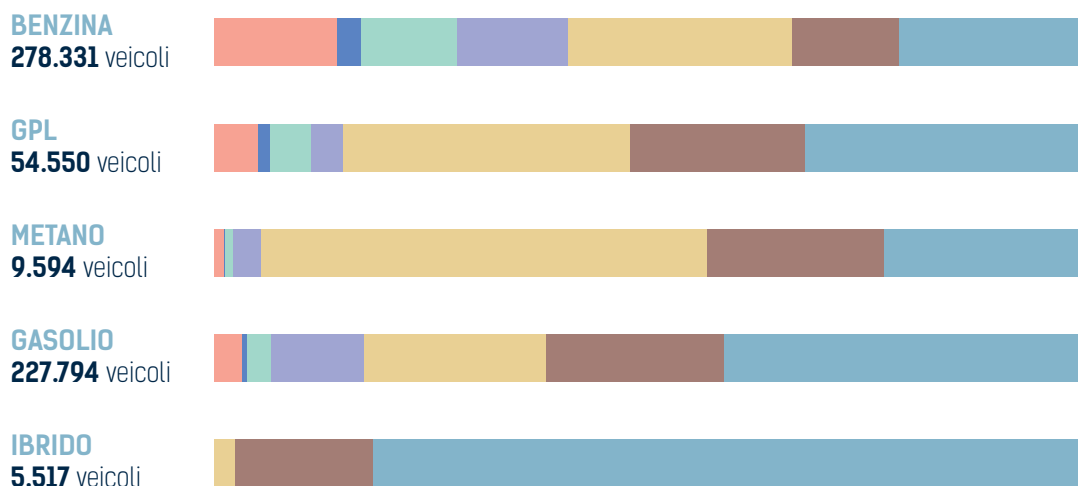
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	63	166
VSL (milioni di Euro)	240	630

Veicoli Elettrici



385

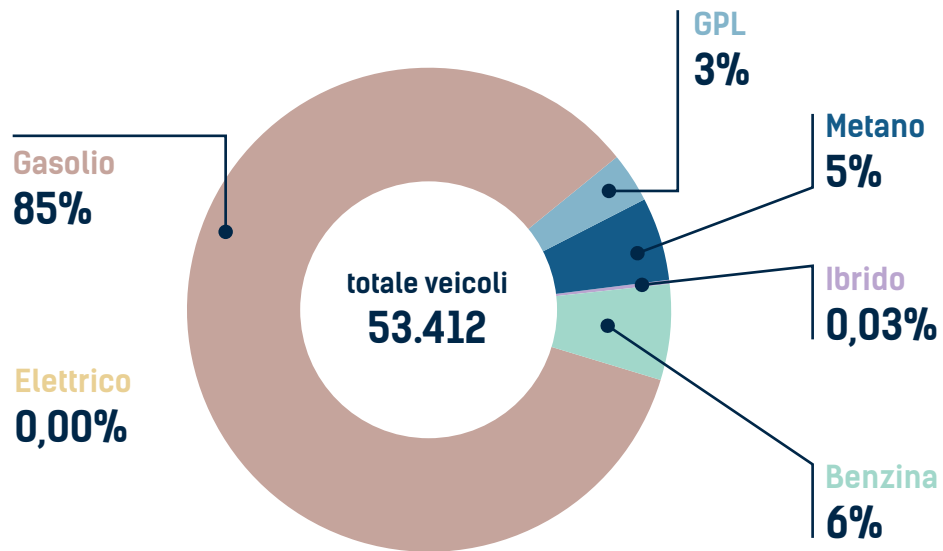
0,07% sul totale dei veicoli

Torino

Parco veicolare logistica

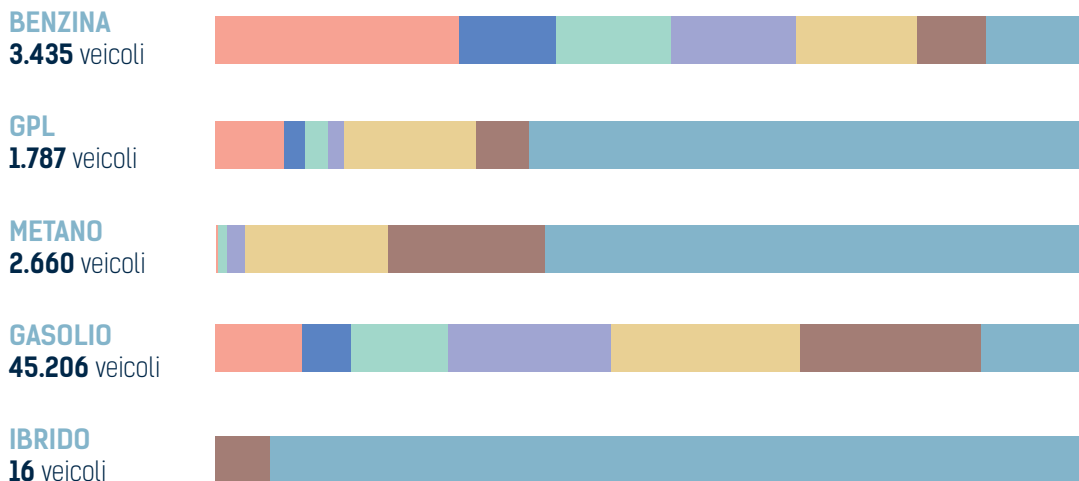
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



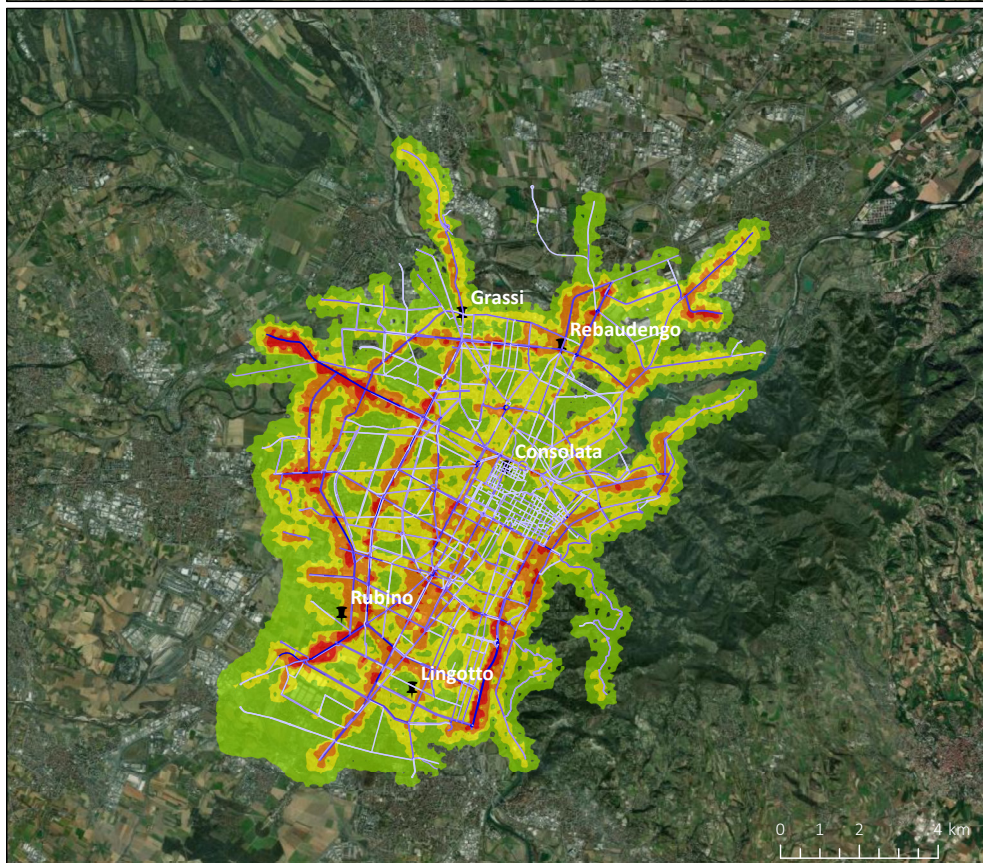
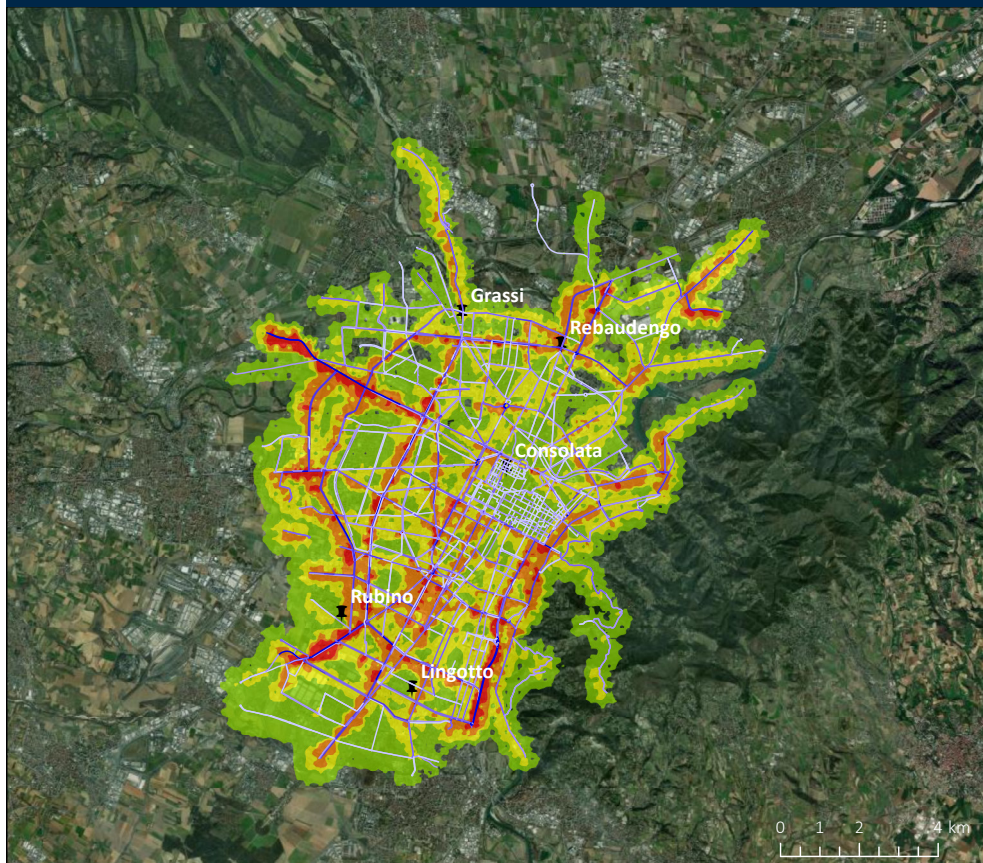
Veicoli Elettrici



Torino

Qualità dell'Aria

Scenario 2018

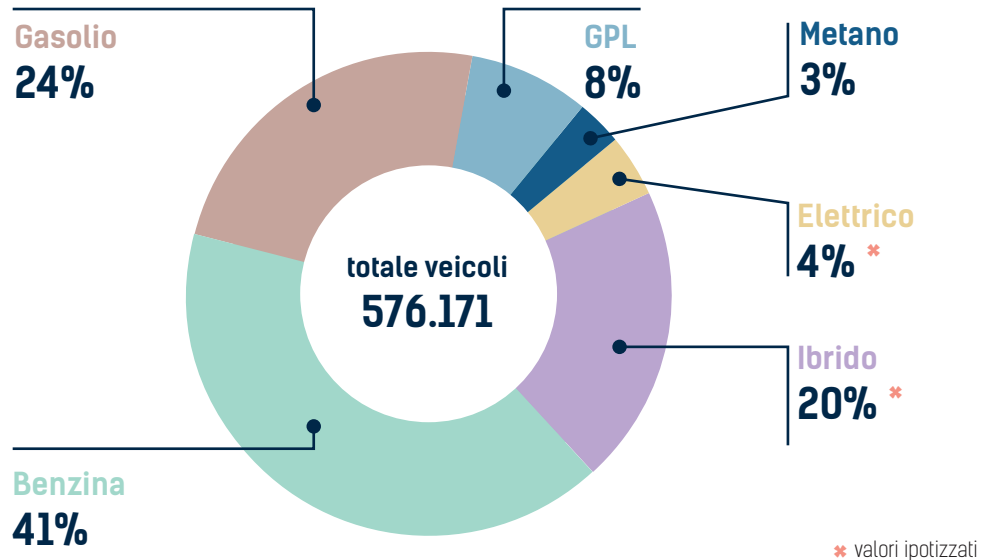


Torino

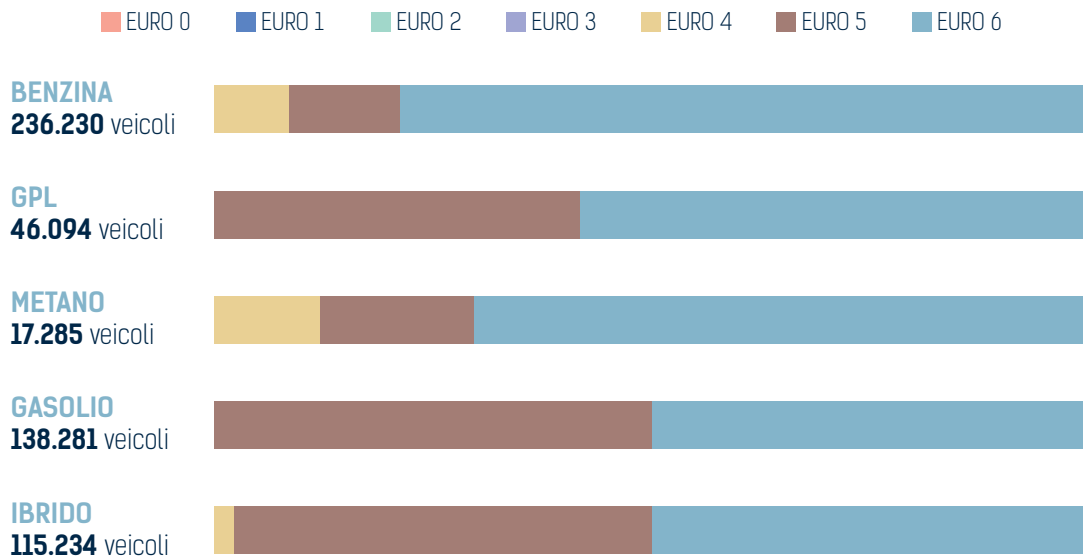
Parco veicolare privato

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	41	83
VSL (milioni di Euro)	155	315

Veicoli Elettrici

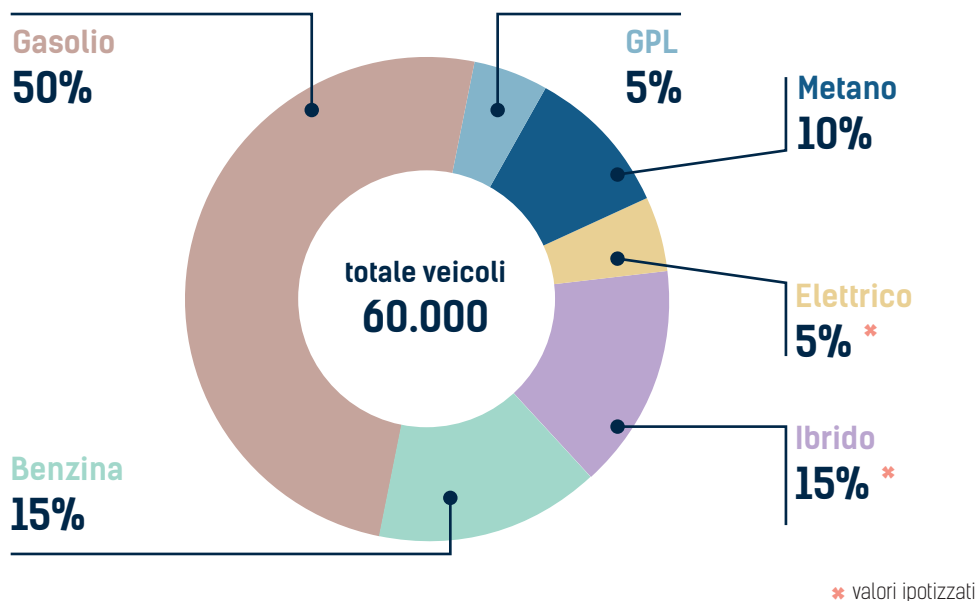


Torino

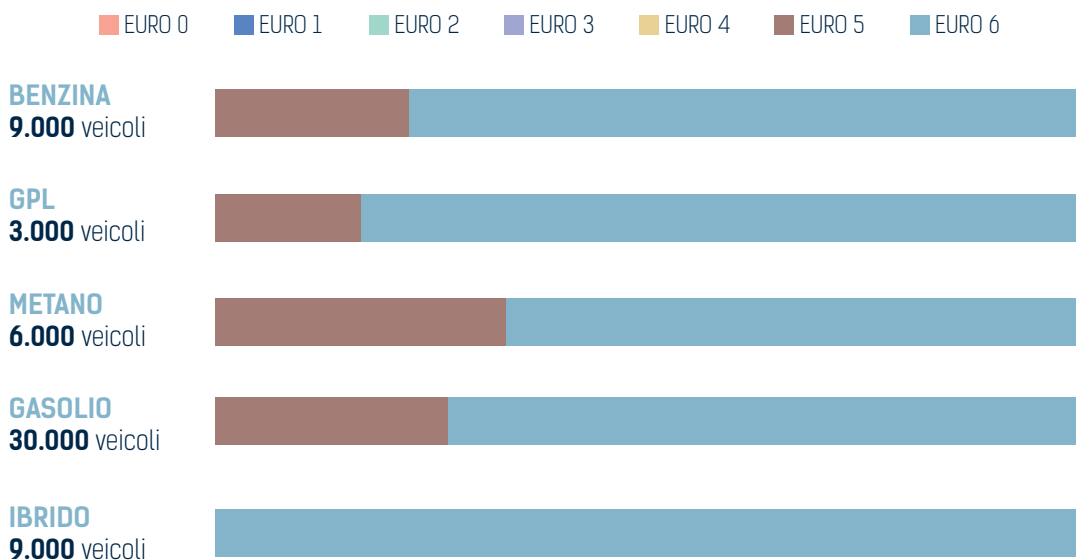
Parco veicolare logistica

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



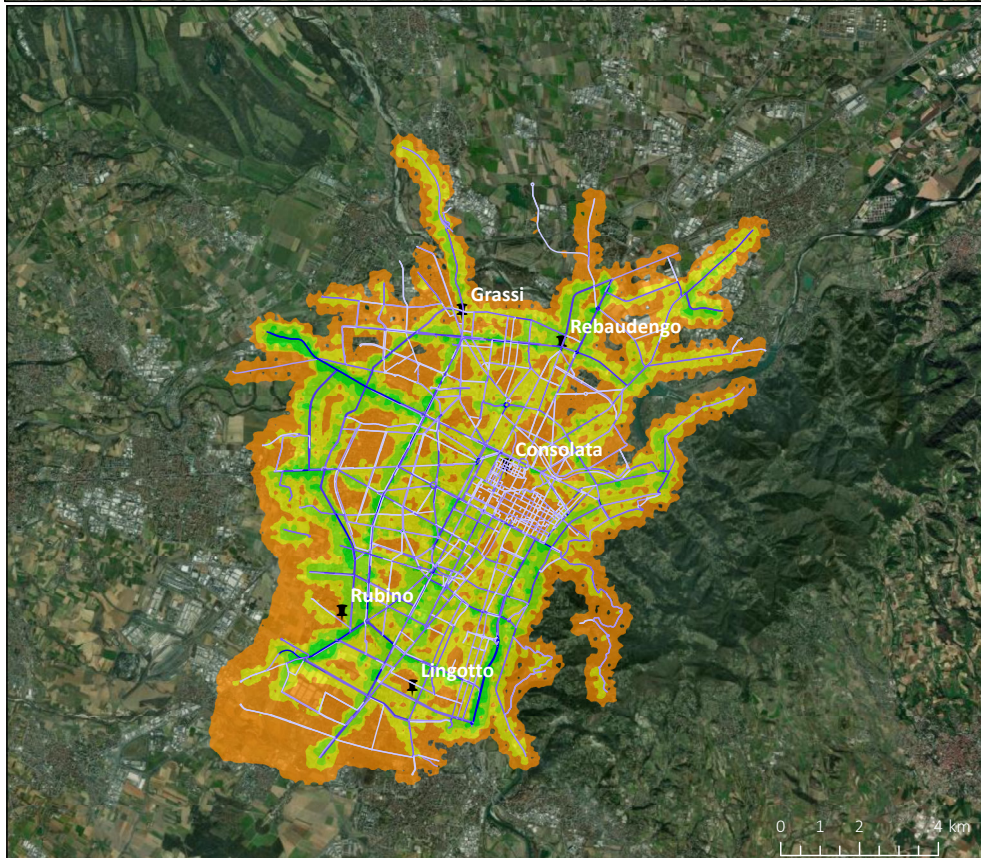
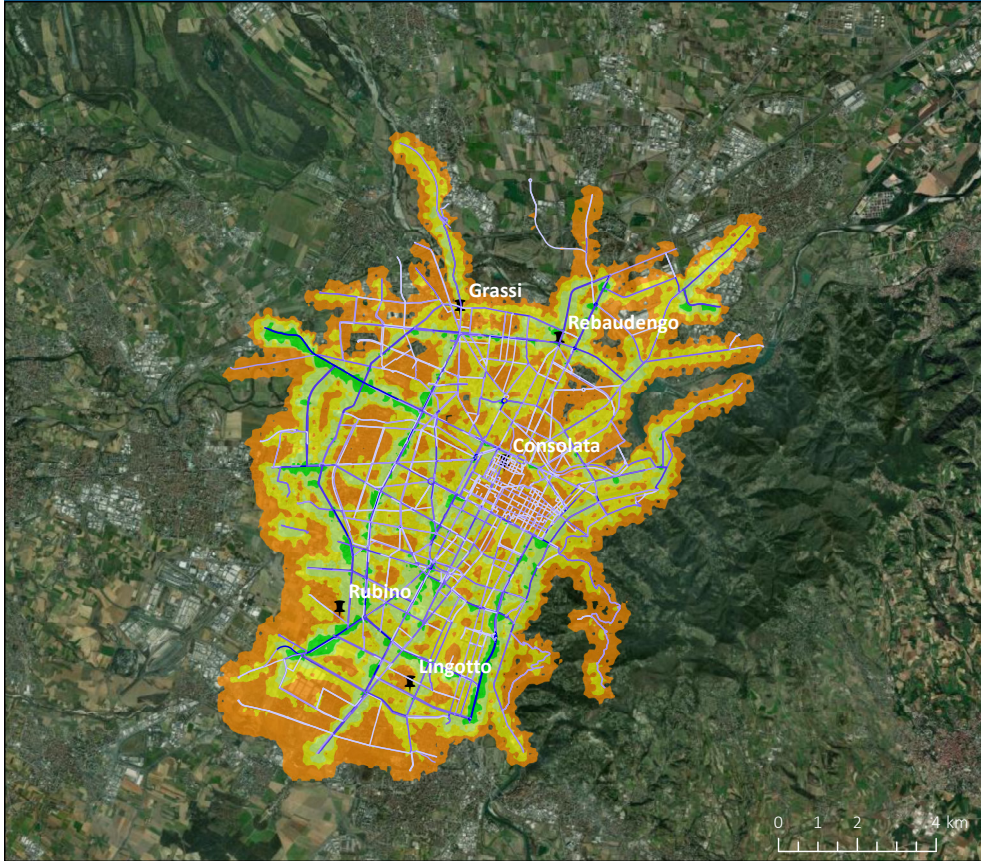
Veicoli Elettrici



Torino

Qualità dell'Aria

Scenario 2025



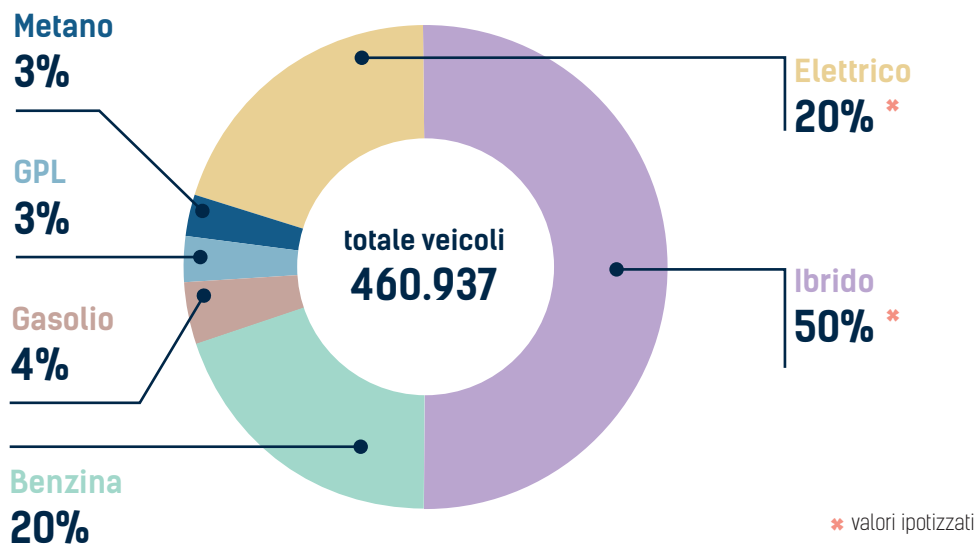
Torino

Parco veicolare privato

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione:

Parco circolante totale ridotto del 20%



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	40	22
VSL (milioni di Euro)	153	82

Veicoli Elettrici

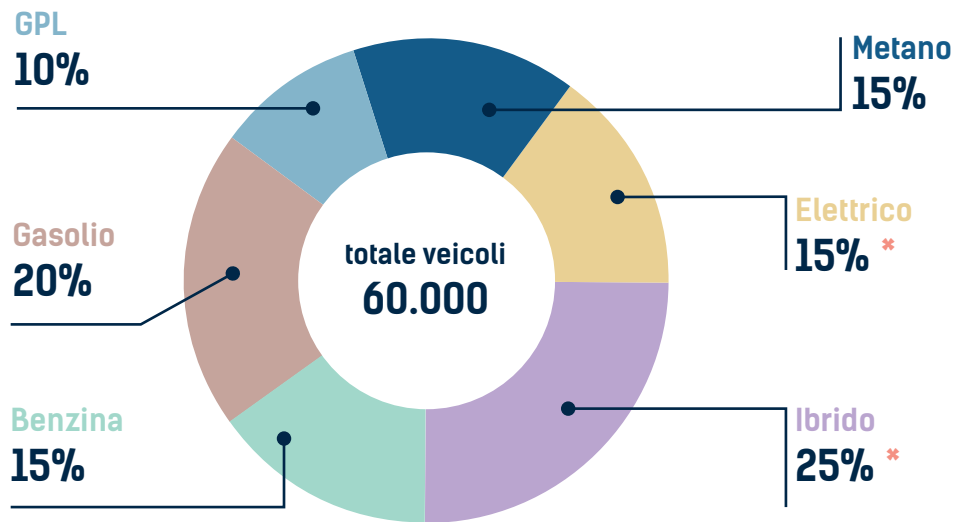


Torino

Parco veicolare logistica

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione:



* valori ipotizzati

Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0 ■ EURO 1 ■ EURO 2 ■ EURO 3 ■ EURO 4 ■ EURO 5 ■ EURO 6



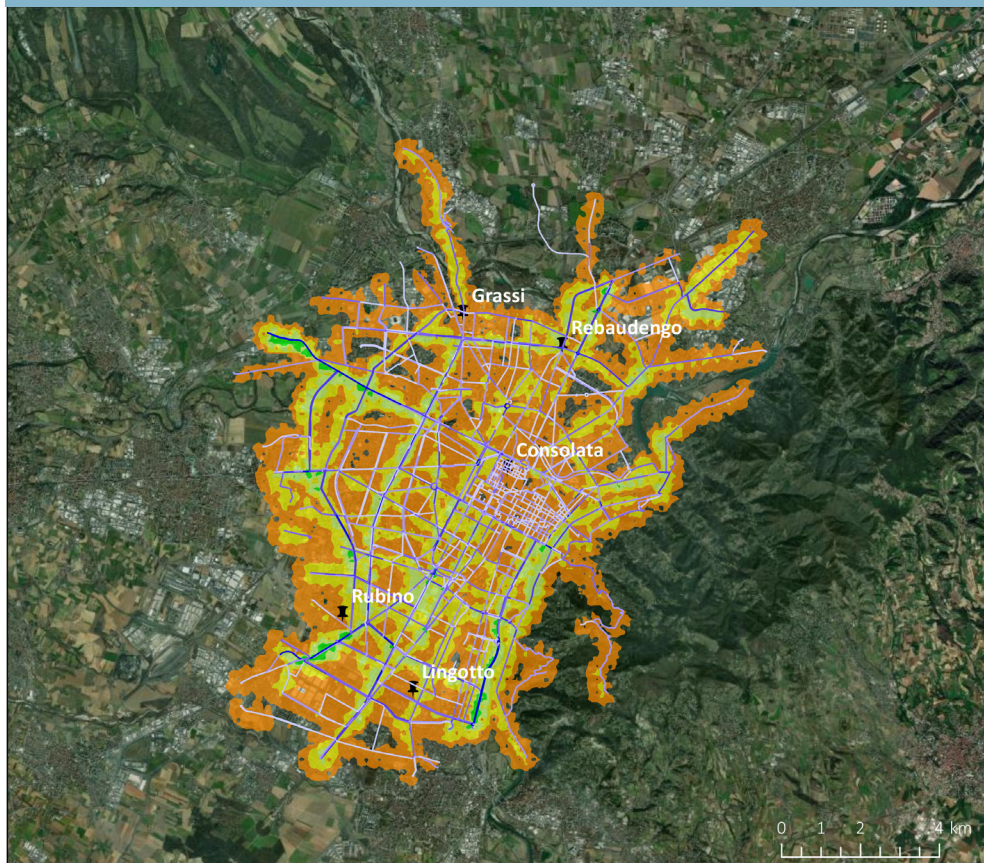
Veicoli Elettrici



Torino

Qualità dell'Aria

Scenario 2030



Flussi veicoli/h

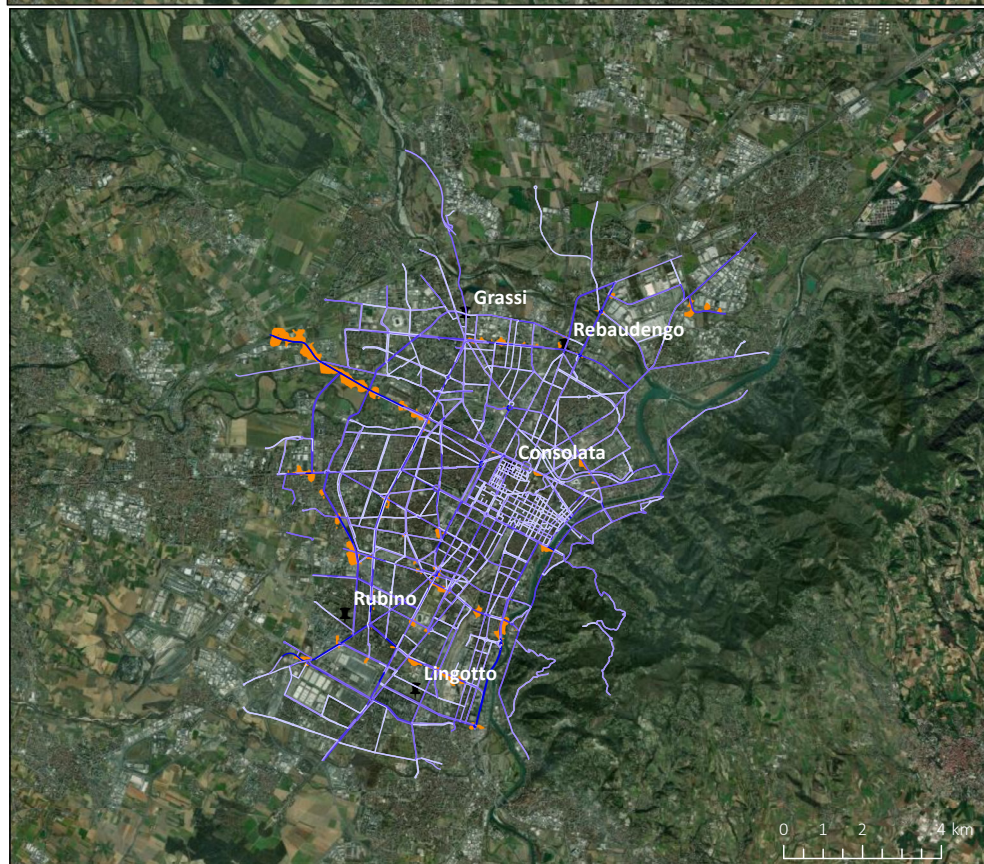
- 0 - 332
- 333 - 687
- 688 - 1164
- 1165 - 1847
- 1848 - 3267

⚡ Centraline di monitoraggio

NO₂ 2030 vs 2025

Differenza in µg/m³

- < 2,8
- 2,8 - 7,3
- 7,3 - 13
- 13 - 20
- 20 - 58



Flussi veicoli/h

- 0 - 332
- 333 - 687
- 688 - 1164
- 1165 - 1847
- 1848 - 3267

⚡ Centraline di monitoraggio

PM₁₀ 2030 vs 2025

Differenza in µg/m³

- < 0,4
- 0,4 - 0,95
- 0,95 - 1,5
- 1,5 - 2,5
- 2,5 - 7,5

Bologna

Il parco veicolare è costituito, in questo caso, dai soli due comparti del trasporto privato e della logistica. Sono esclusi dallo studio sia il Trasporto Pubblico Locale, e anche tutte le altre tipologie di veicoli (motocicli, veicoli pesanti ecc.) e altre sorgenti emissive non oggetto di studio.

In relazione allo scenario base, per quanto riguarda il parco veicolare si nota che le due categorie maggiormente presenti, per il comparto privato, sono i veicoli a benzina e i veicoli diesel, principalmente di classe ambientale Euro 4, Euro 5 ed Euro 6, con una percentuale rispettivamente del 46% e del 36%. Le altre tecnologie seppur presenti, lo sono in percentuali nettamente inferiori. Da notare la completa assenza dei veicoli elettrici.

In relazione al comparto della logistica la tecnologia più diffusa è quella relativa ai veicoli diesel, presenti con una percentuale dell'83% e principalmente veicoli a classe Euro 0.

Facendo riferimento agli scenari ipotizzati, il primo scenario (Scenario 2025), è meno favorevole nei riguardi della diffusione dei veicoli elettrici, è configurato ipotizzando un aumento del 4% del dei veicoli privati ed una maggiore penetrazione di auto ibride (circa 20%), con auto omologate EURO 5 e EURO 6. Per il comparto della logistica si prevede una penetrazione dei veicoli elettrici pari al 5% e veicoli ibridi pari al 15%.

Il secondo scenario prevede una maggiore incidenza delle auto elettriche pari al 20% e delle ibride pari al 50% al 2030 facendo rimanere costante il parco veicolare (il numero dei veicoli totali) ovvero pari allo scenario del 2025, ma con solo auto omologate EURO 6. In riferimento al parco veicolare della logistica le percentuali relative ai veicoli elettrici arrivano al 15% e quelle relative all'ibrido arrivano al 25%.

Concentrazione di NO₂

Le concentrazioni medie orarie simulate arrivano fino ad un massimo di circa 150 µg/m³ nello scenario base.

Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione passando da una percentuale del 47% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione del 79% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 61 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una diminuzione che arriva comunque ad un massimo di 49 µg/m³.

Concentrazione di PM₁₀

Nello scenario base si evince che i valori giornalieri del PM₁₀ arrivano fino ad un massimo di circa 15 µg/m³. Le aree maggiormente interessate dal contributo del parco veicolare, sono quelle in cui ricadono gli archi con maggior flussi di traffico.

Si denota una riduzione delle concentrazioni, passando dallo scenario 2025 allo scenario 2030, rispettivamente del 28% e del 34%. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 6 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una differenza poco significativa, compresa tra 0,2 e 0,65 µg/m³.

Impatto sanitario ed economico

Utilizzando i valori di concentrazione simulate, nelle sole centraline di traffico all'ora di punta (8 a.m) nel periodo invernale (mese di Gennaio), con ADMS-Roads e implementando i dati nel software BenMap per ogni inquinante analizzato, PM₁₀ e NO₂, e per ogni scenario ipotizzato è stato stimato il numero di morti premature associati agli effetti a breve termine del PM₁₀ e NO₂, considerando solo il comparto del trasporto, ed è stato stimato il relativo costo associato.

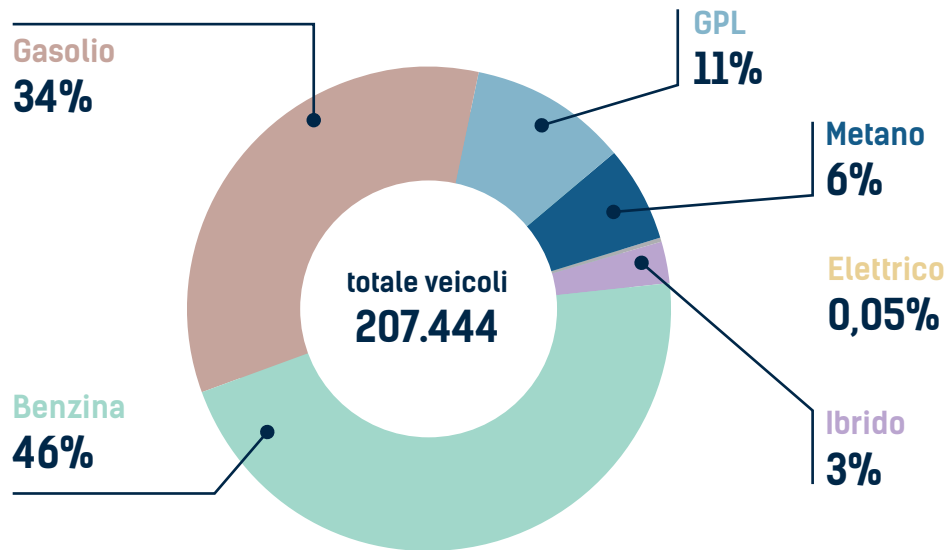
	Scenario base		Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	26	58	19	31	17	12
VSL (milioni di Euro)	107	236	77	125	71	50

Bologna

Parco veicolare privato

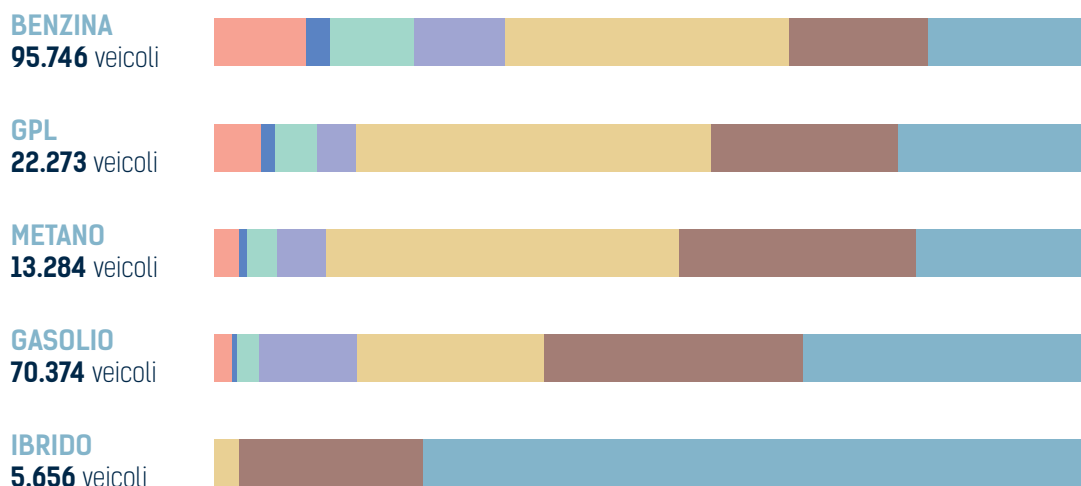
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

EURO 0 EURO 1 EURO 2 EURO 3 EURO 4 EURO 5 EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	26	58
VSL (milioni di Euro)	107	236

Veicoli Elettrici



5.656

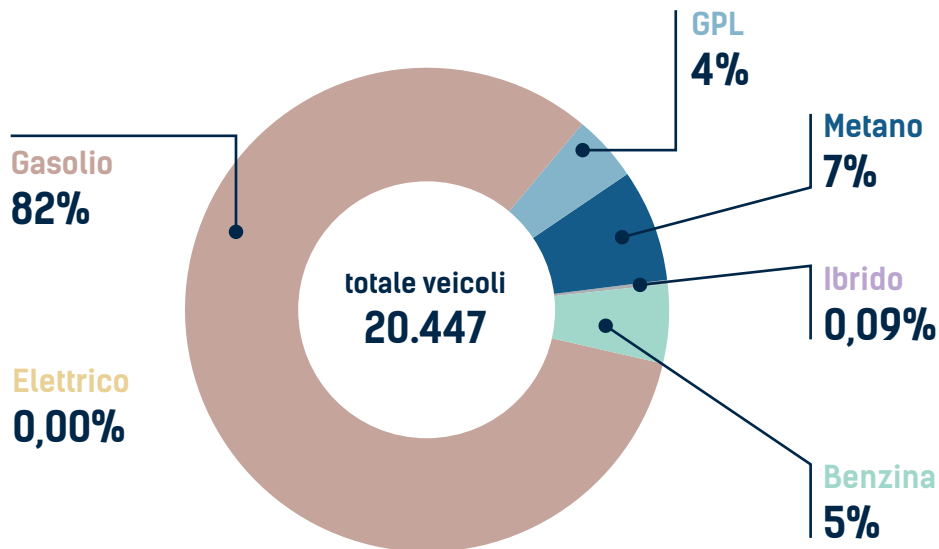
0,05% sul totale dei veicoli

Bologna

Parco veicolare logistica

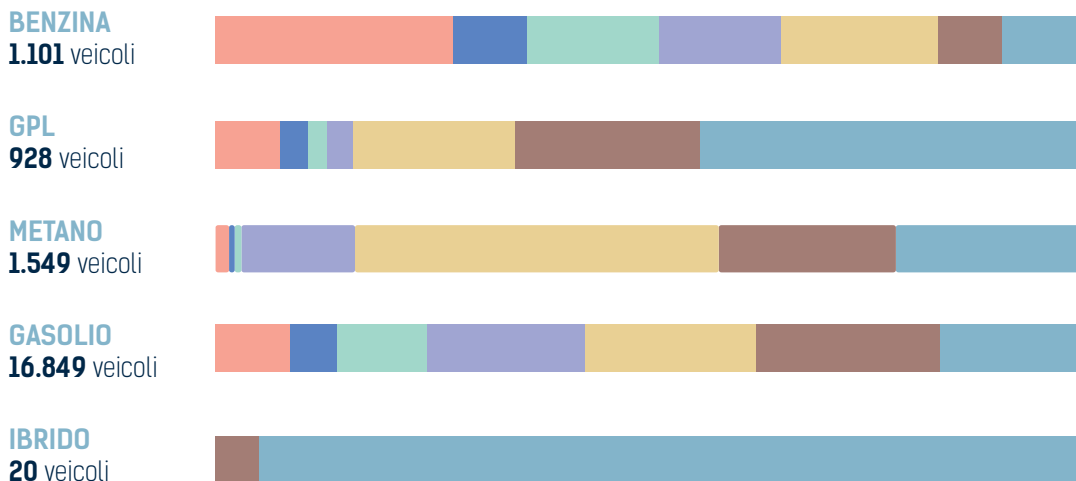
Scenario **2018**

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

EURO 0 EURO 1 EURO 2 EURO 3 EURO 4 EURO 5 EURO 6



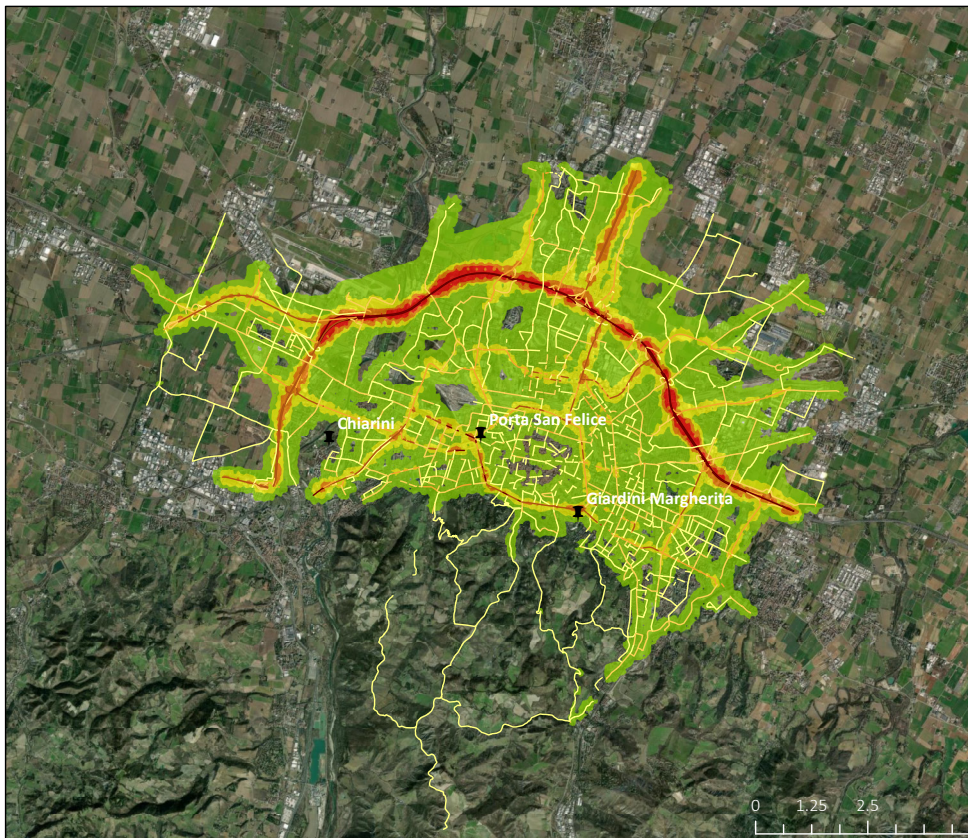
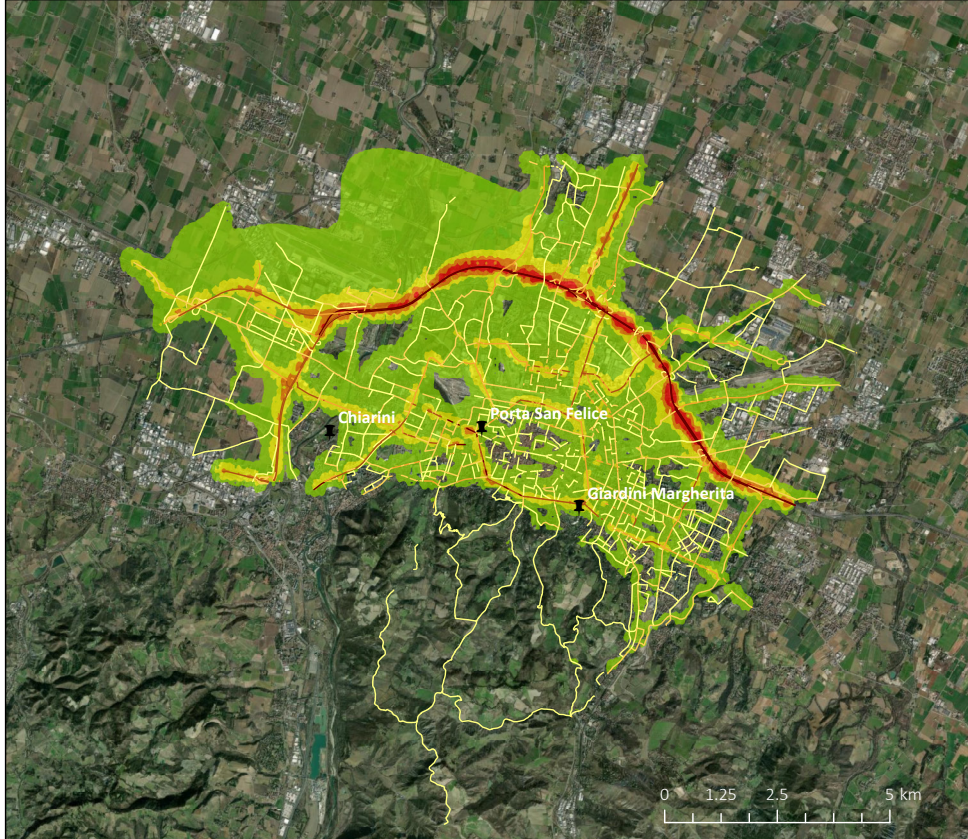
Veicoli Elettrici



Bologna

Qualità dell'Aria

Scenario 2018

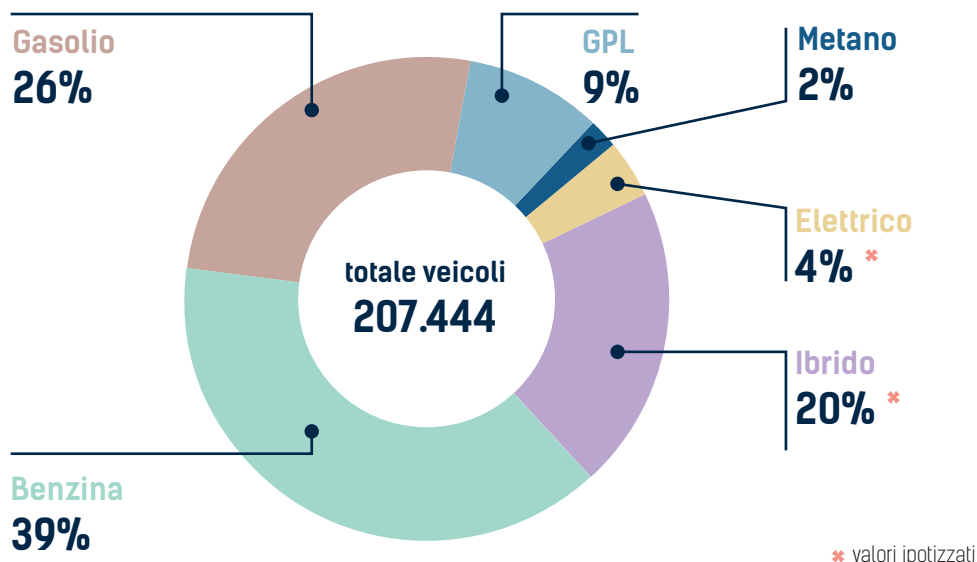


Bologna

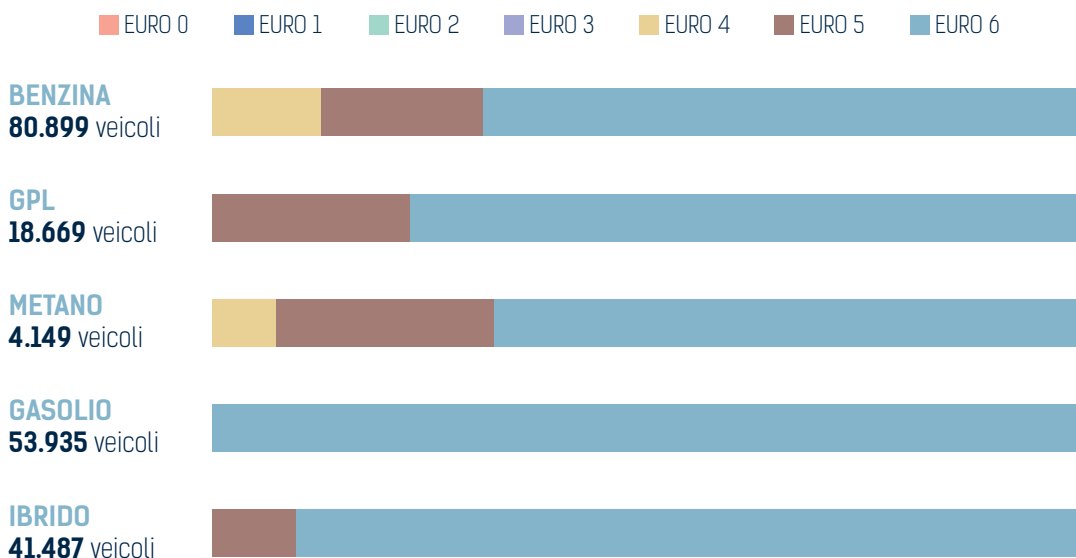
Parco veicolare privato

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	19	31
VSL (milioni di Euro)	77	125

Veicoli Elettrici

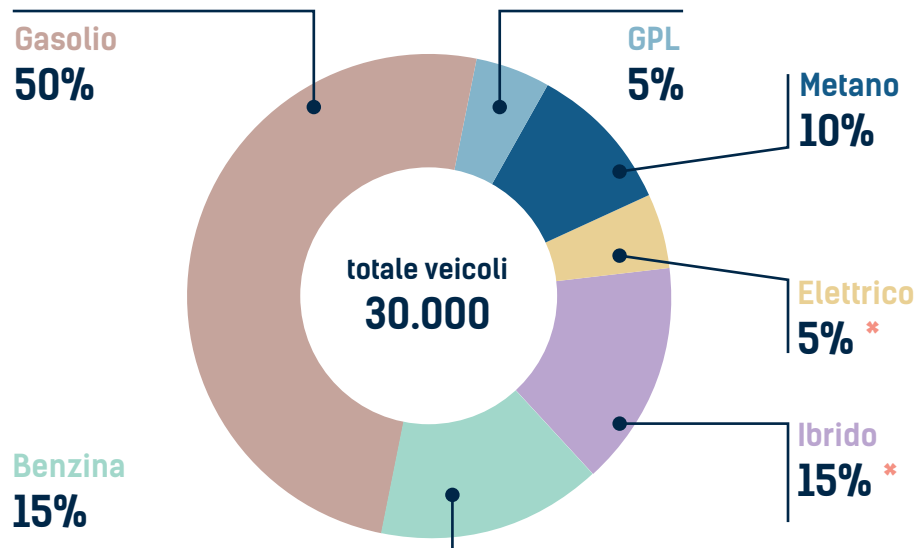


Bologna

Parco veicolare logistica

Scenario 2025

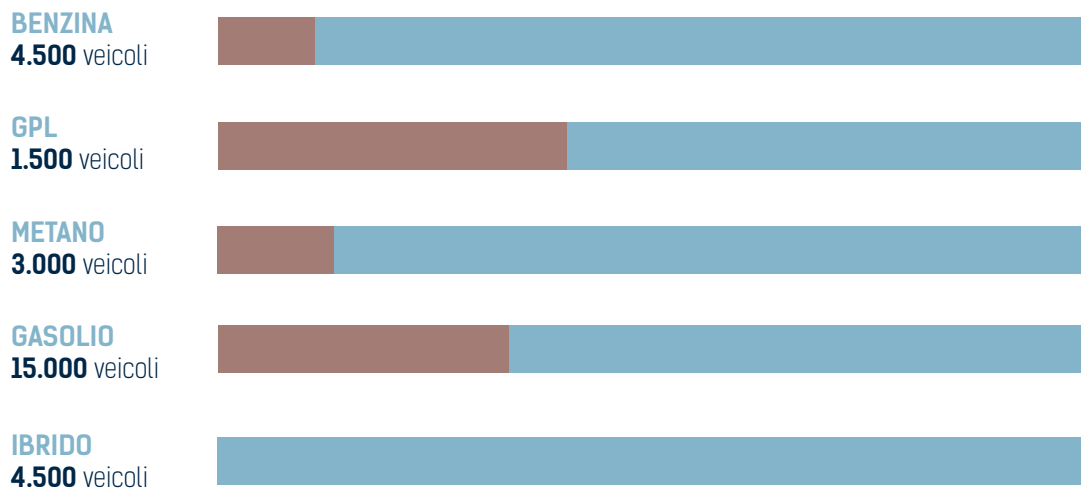
Suddivisione dei veicoli per alimentazione



* valori ipotizzati

Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0 ■ EURO 1 ■ EURO 2 ■ EURO 3 ■ EURO 4 ■ EURO 5 ■ EURO 6



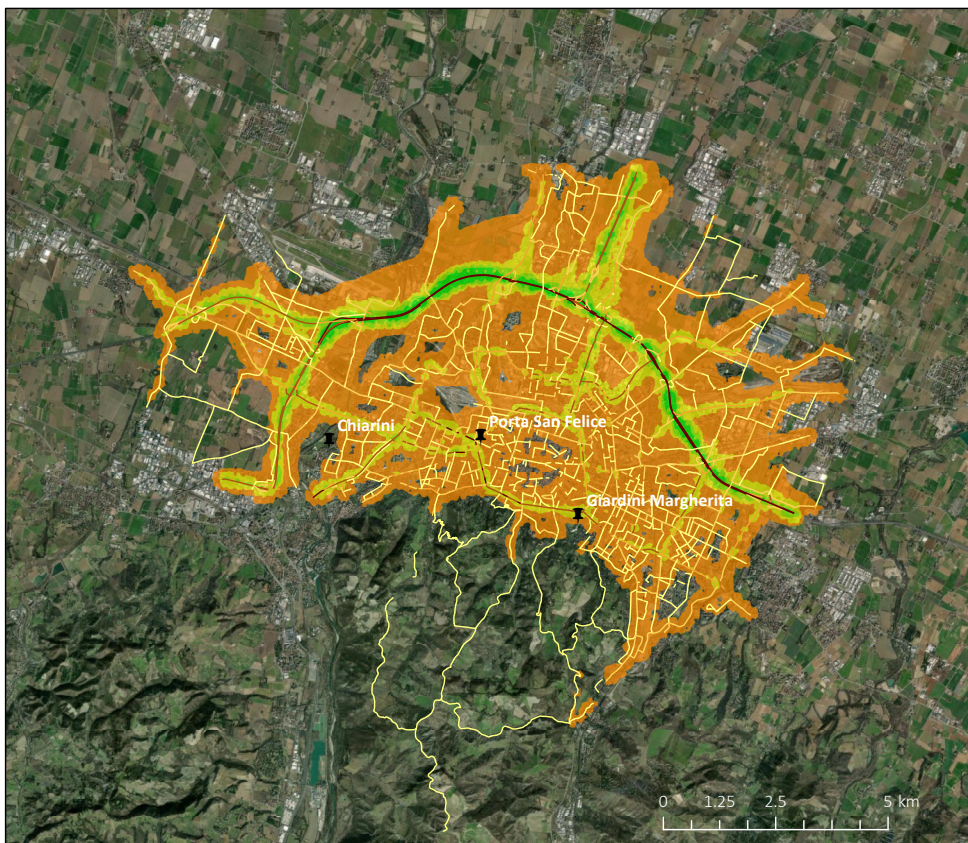
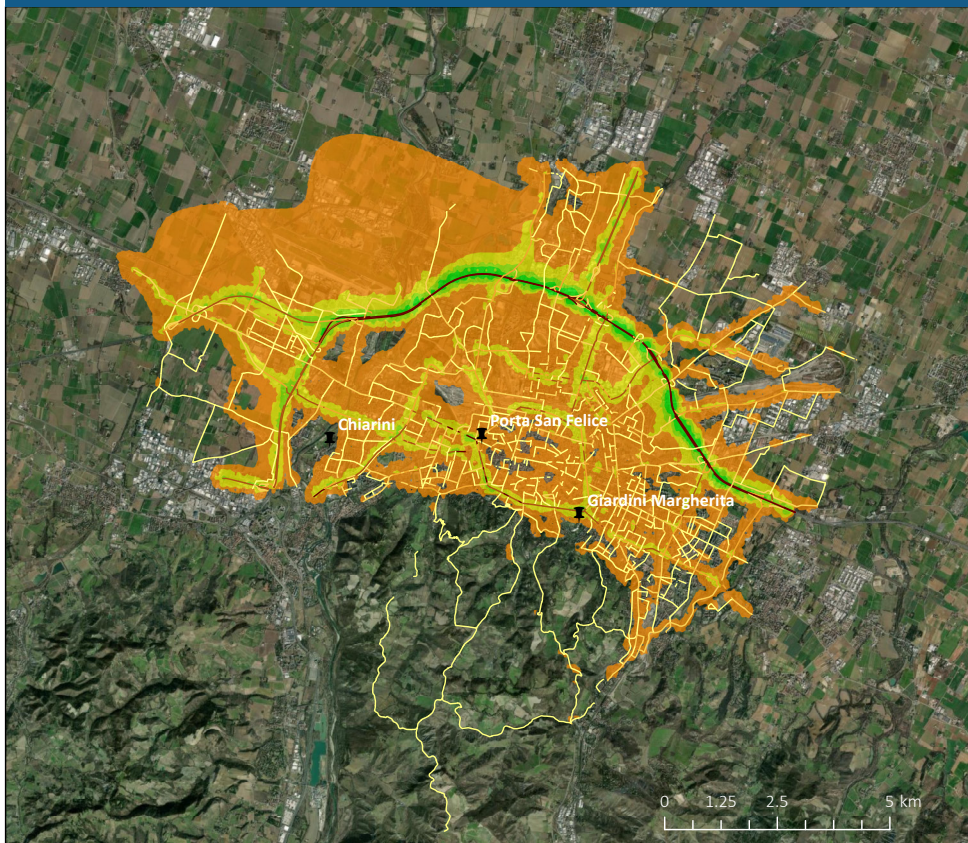
Veicoli Elettrici



Bologna

Qualità dell'Aria

Scenario 2025

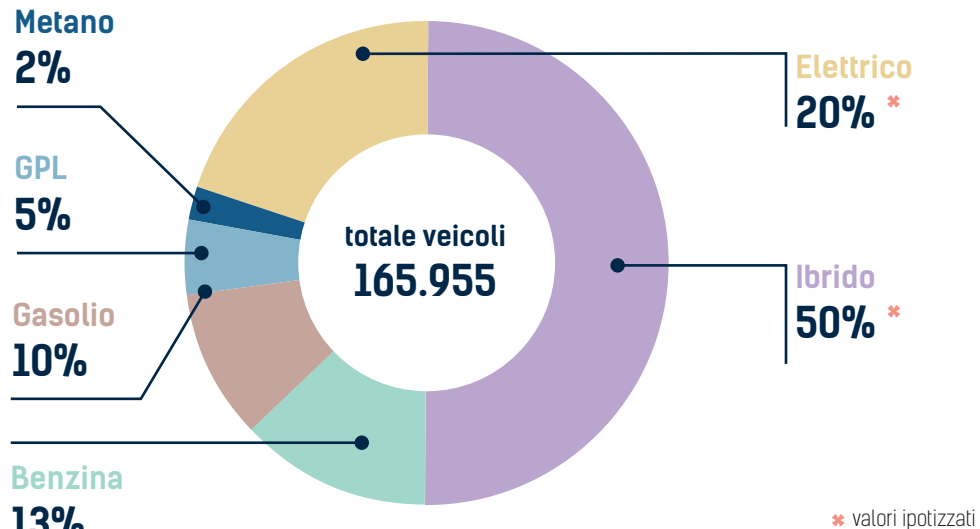


Bologna

Parco veicolare privato

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione: Parco circolante totale ridotto del 20%



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	17	12
VSL (milioni di Euro)	71	50

Veicoli Elettrici

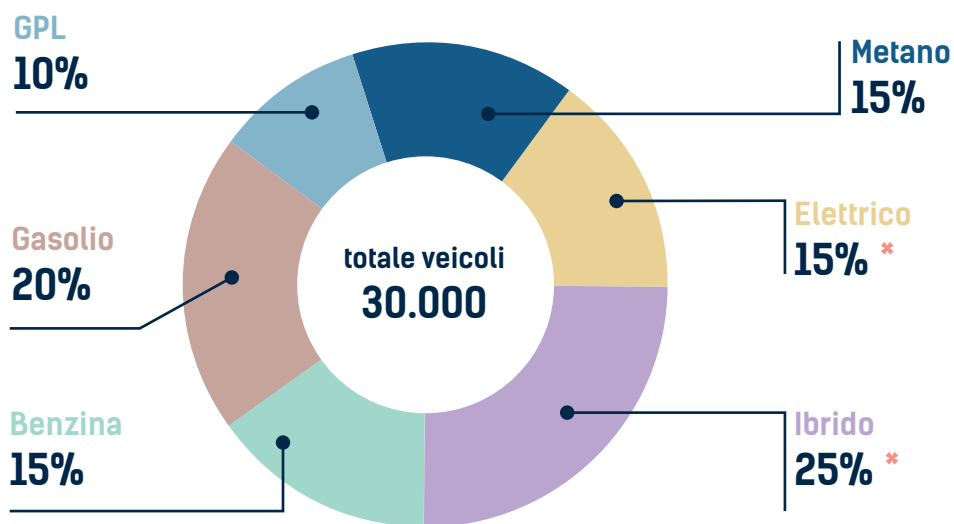


Bologna

Parco veicolare logistica

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione:



* valori ipotizzati

Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

EURO 0 EURO 1 EURO 2 EURO 3 EURO 4 EURO 5 EURO 6



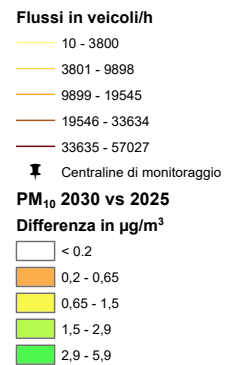
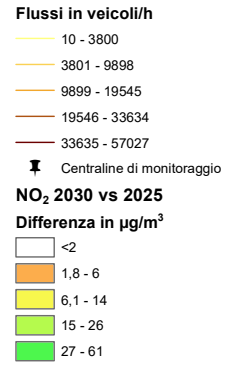
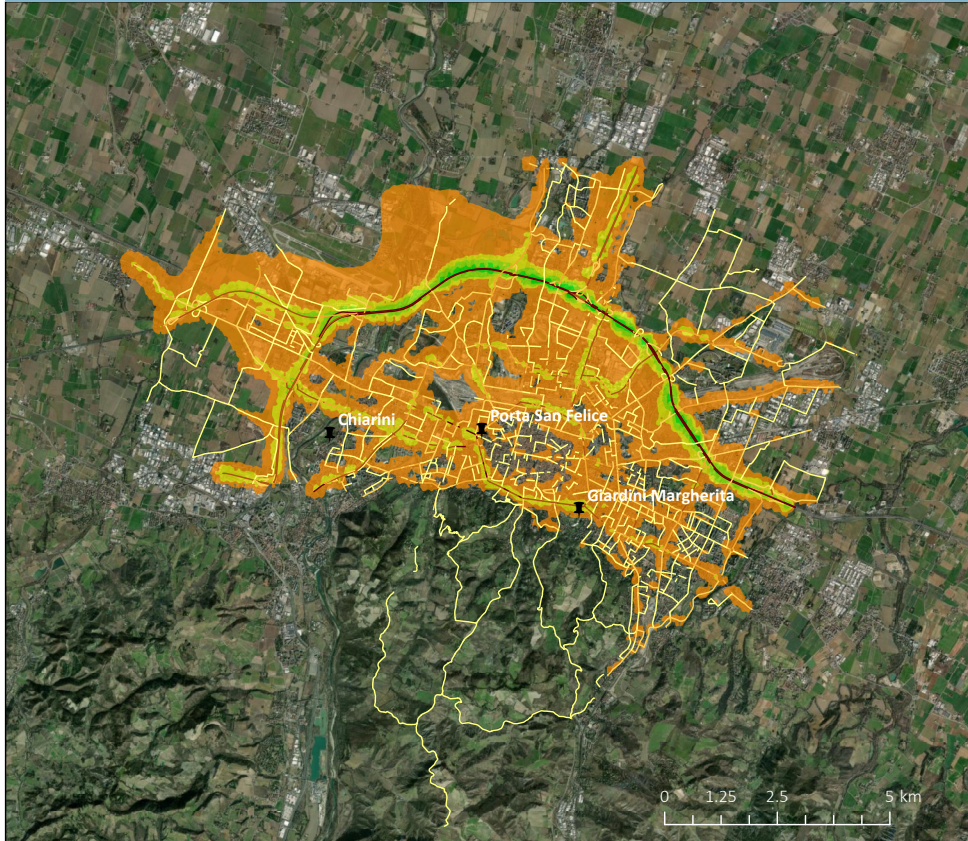
Veicoli Elettrici



Bologna

Qualità dell'Aria

Scenario 2030



Palermo

Il parco veicolare è costituito, in questo caso, dal solo comparto del trasporto privato con una prevalenza di veicoli a benzina (58%) e diesel (35%) e classe ambientale principalmente Euro 0, Euro 4 ed Euro 5. Nello scenario al 2025 si prevede una penetrazione dei veicoli elettrici con una percentuale pari al 3% e dei veicoli ibridi del 15%, mentre al 2030 si è ipotizzata una percentuale del 15% in riferimento ai veicoli elettrici e del 30% per i veicoli ibridi.

Concentrazioni di NO₂

Le concentrazioni simulate arrivano fino ad un massimo di circa 90 µg/m³ nello scenario base.

Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione passando da una percentuale del 52% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione del 74% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 57 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una diminuzione che arriva comunque ad un massimo di 22 µg/m³.

Concentrazione di PM₁₀

Dallo scenario base si evince che i valori del PM₁₀, espressi in µg/m³, arrivano fino ad un massimo di circa 15 µg/m³. Le aree maggiormente interessate dal contributo del parco veicolare, sono quelle aree in cui ricadono gli archi con maggior flussi di traffico.

Si denota una riduzione delle concentrazioni, passando dallo scenario 2025 allo scenario 2030, rispettivamente del 38% e del 46%. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 10 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una differenza poco significativa, compresa tra 0,27 e 1 µg/m³.

Impatto sanitario ed economico

Utilizzando i valori di concentrazione simulate, nelle sole centraline di traffico all'ora di punta (8 a.m) nel periodo invernale (mese di Gennaio), con ADMS-Roads e implementando i dati nel software BenMap per ogni inquinante analizzato, PM₁₀ e NO₂ e per ogni scenario ipotizzato si è stimato il numero di morti premature a causa degli effetti a breve termine relativo al solo comparto del trasporto e si è stimato il relativo costo associato.

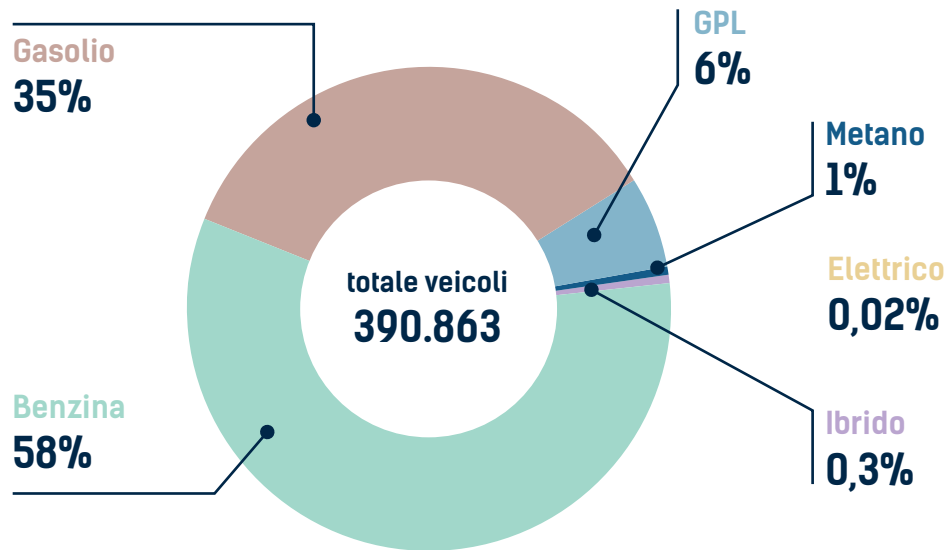
	Scenario base		Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	39	94	24	45	21	25
VSL (milioni di Euro)	73	177	45	85	40	46

Palermo

Parco veicolare privato

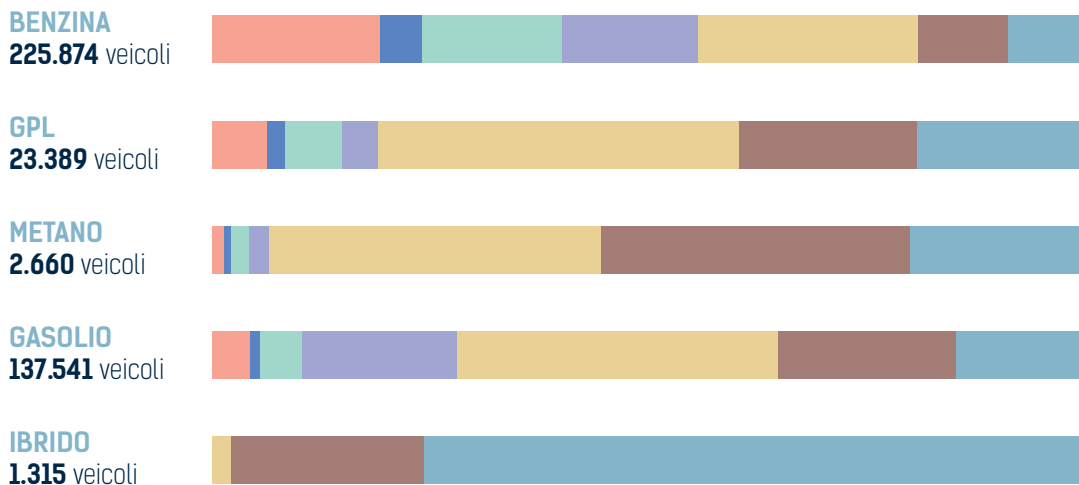
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	39	94
VSL (milioni di Euro)	73	177

Veicoli Elettrici



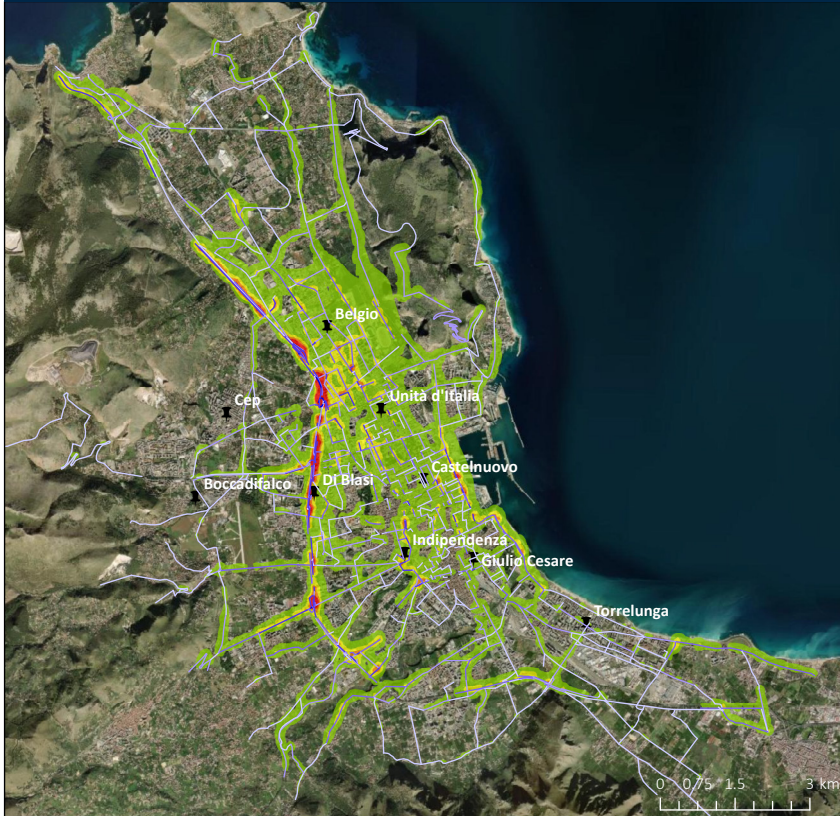
84

0,02% sul totale dei veicoli

Palermo

Qualità dell'Aria

Scenario 2018



Flussi veicoli/h

- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

NO₂ Scenario base

Concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- < 5
- 5 - 15
- 15 - 25
- 25 - 35
- 35 - 80



Flussi veicoli/h

- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

PM₁₀ Scenario base

Concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

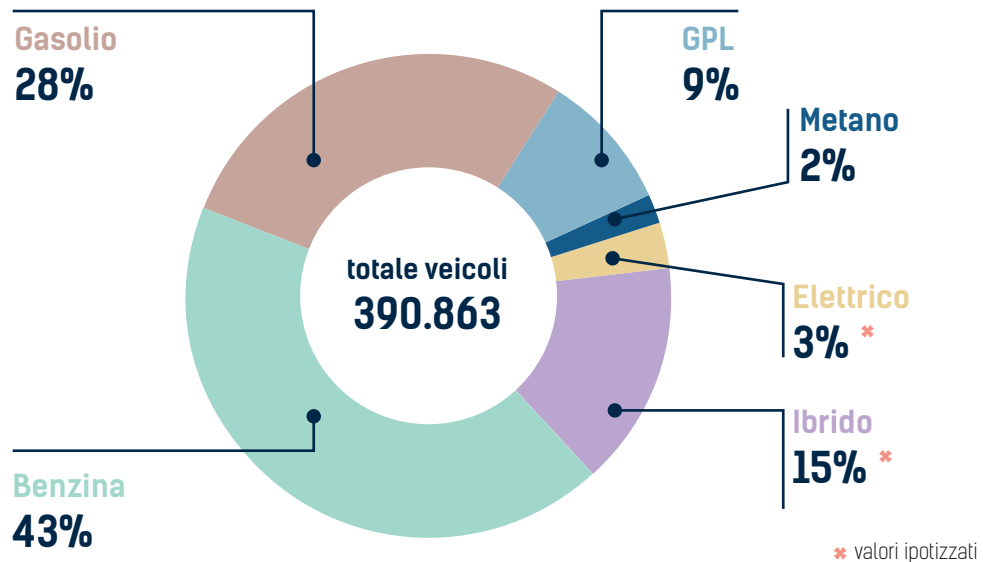
- < 0,5
- 0,5 - 1,5
- 1,5 - 3
- 3 - 6
- 6 - 15

Palermo

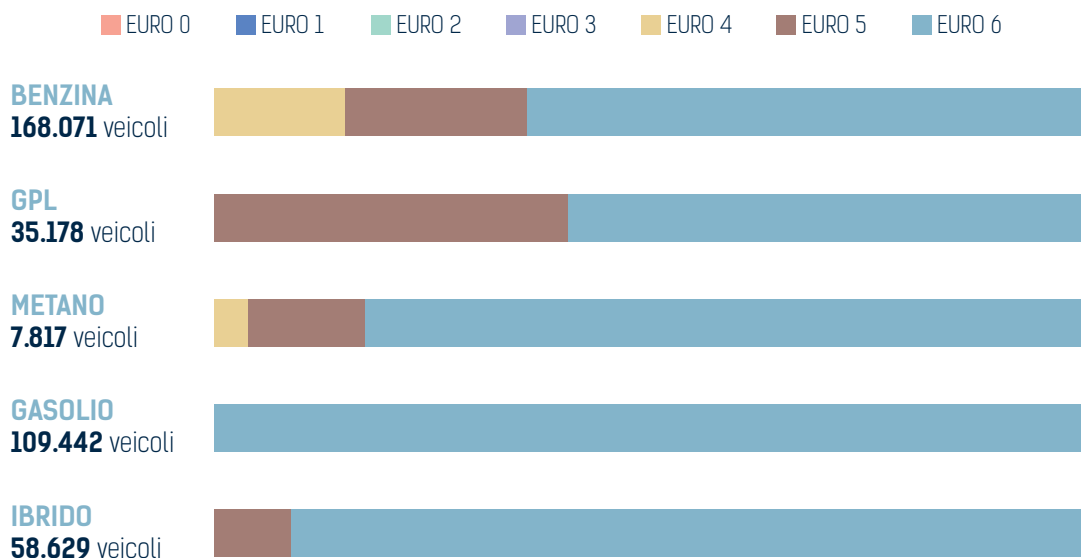
Parco veicolare privato

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	24	45
VSL (milioni di Euro)	45	85

Veicoli Elettrici



Palermo

Qualità dell'Aria

Scenario 2025



Flussi veicoli/h

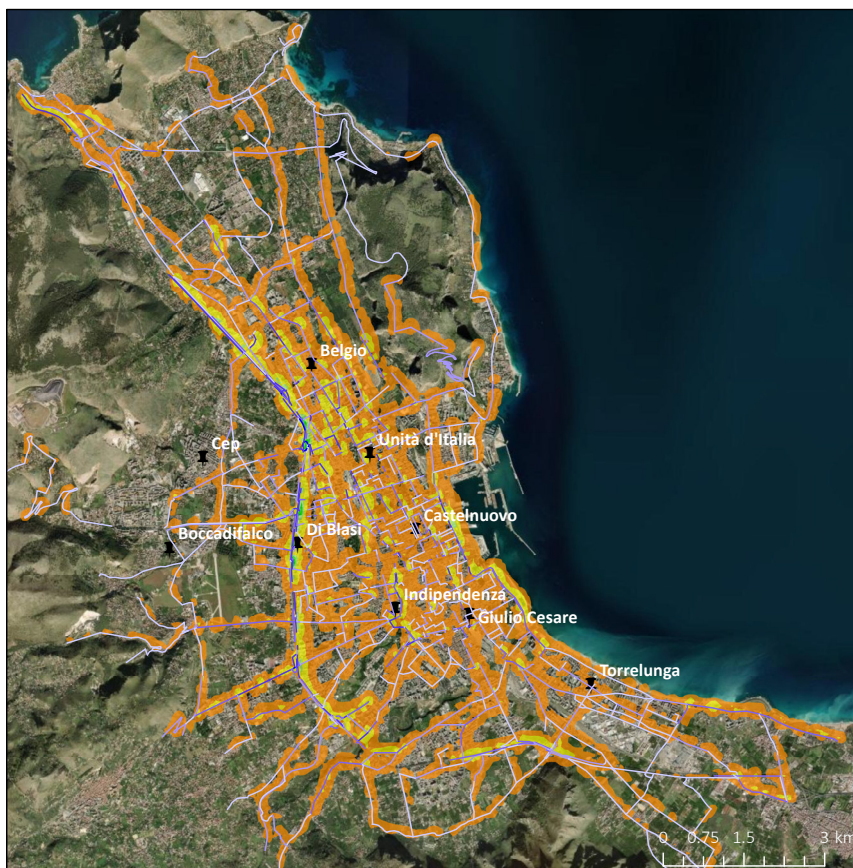
- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

NO₂ 2025 vs base

Differenza in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 15
- 15 - 30
- 30 - 45



Flussi veicoli/h

- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

PM₁₀ 2025 vs base

Differenza in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

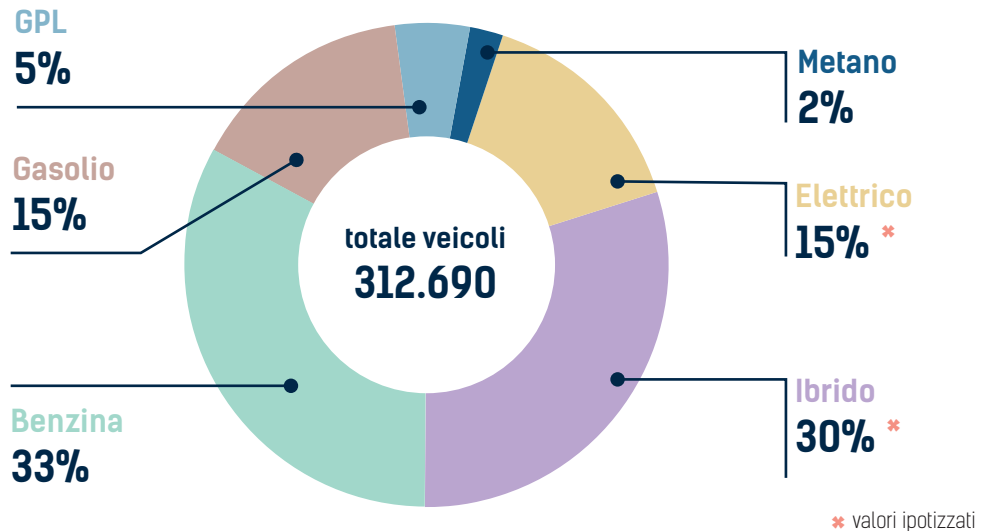
- < 0,5
- 0,5 - 1,5
- 1,5 - 4
- 4 - 6
- 6 - 10

Palermo

Parco veicolare privato

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione: Parco circolante totale ridotto del 20%



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	21	25
VSL (milioni di Euro)	40	46

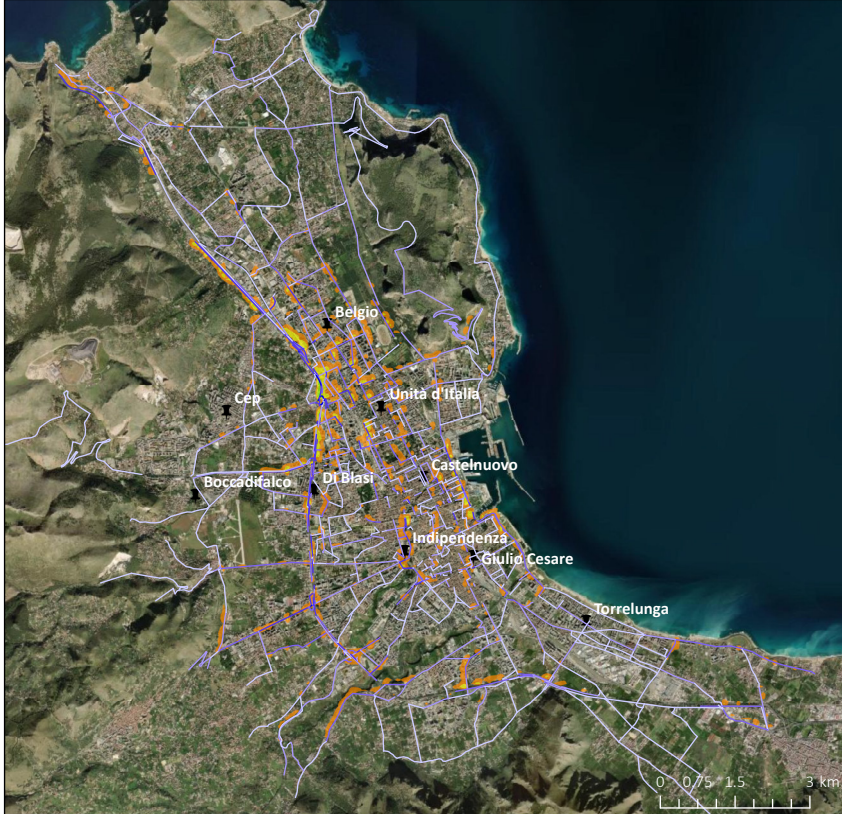
Veicoli Elettrici



Palermo

Qualità dell'Aria

Scenario 2030



Flussi veicoli/h

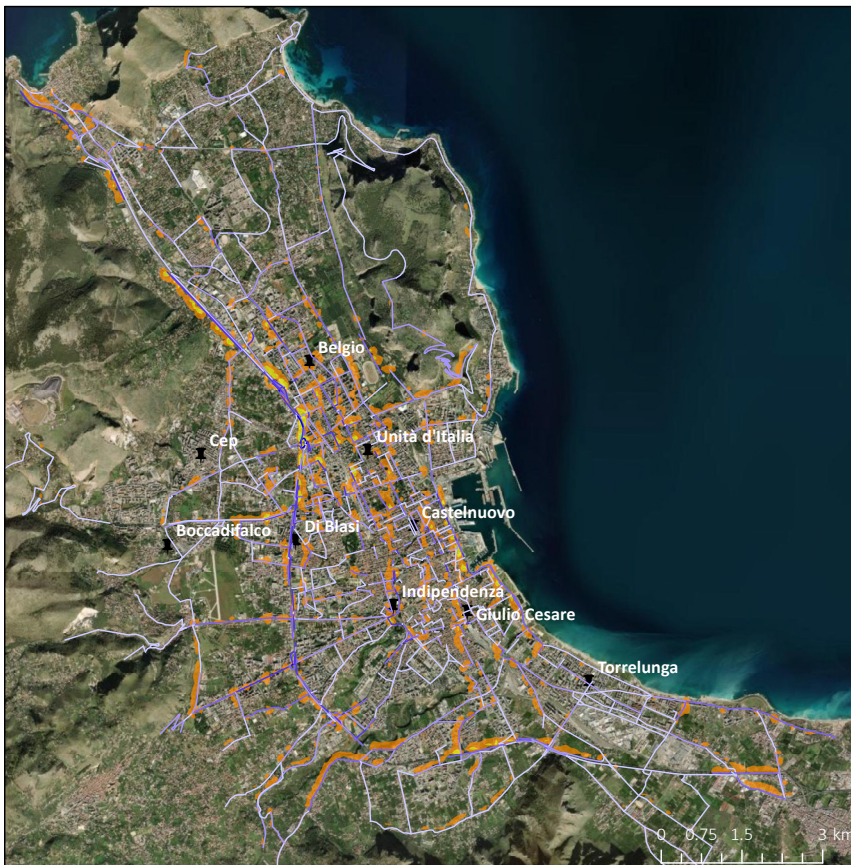
- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

NO₂ 2030 vs 2025

Differenza in µg/m³

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 15
- 15 - 30
- 30 - 45



Flussi veicoli/h

- 1 - 448
- 449 - 1038
- 1039 - 1861
- 1862 - 3439
- 3440 - 5590

⚡ Centraline di monitoraggio

PM₁₀ 2030 vs 2025

Differenza in µg/m³

- < 0,5
- 0,5 - 1,5
- 1,5 - 4
- 4 - 6
- 6 - 10

Milano

Il parco veicolare analizzato è costituito dal solo comparto del trasporto privato, con una prevalenza di veicoli a benzina (58%) e diesel (34%) e classe ambientale principalmente Euro 4, Euro 5 ed Euro 6. Nello scenario al 2025 si prevede una penetrazione dei veicoli elettrici con una percentuale pari al 4% e dei veicoli ibridi del 20%, mentre al 2030 si è ipotizzata una percentuale del 20% in riferimento ai veicoli elettrici e del 50% per i veicoli ibridi.

Concentrazione di NO₂

Le concentrazioni medie orarie simulate in un giorno feriale invernale del mese di gennaio arrivano fino ad un massimo di circa 140 µg/m³ nello scenario base. Il parco veicolare è costituito, in questo caso, dal solo comparto del trasporto privato.

Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione delle concentrazioni da una percentuale del 62% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione dell'84% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 68 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una diminuzione che arriva comunque ad un massimo di 45 µg/m³.

Concentrazione di PM₁₀

I valori medi giornalieri del PM₁₀ arrivano fino ad un massimo di circa 21 µg/m³ per lo scenario base riferito ad un giorno feriale invernale del mese di gennaio. Le aree maggiormente interessate dal contributo del parco veicolare, sono legate alle aree in cui ricadono gli archi con maggior flussi di traffico. Si denota una riduzione delle concentrazioni, passando dallo scenario 2025 allo scenario 2030, rispettivamente del 36% e del 41%. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 14 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una differenza poco significativa, inferiore a 0,45 µg/m³.

Impatto sanitario ed economico

Utilizzando i valori di concentrazione simulate, nelle sole centraline di traffico all'ora di punta (8 a.m) nel periodo invernale (mese di Gennaio), con ADMS-Roads e implementando i dati nel software BenMap per ogni inquinante analizzato, PM₁₀ e NO₂ e per ogni scenario ipotizzato si è stimato il numero di morti premature a causa degli effetti a breve termine relativo al solo comparto del trasporto e si è stimato il relativo costo associato.

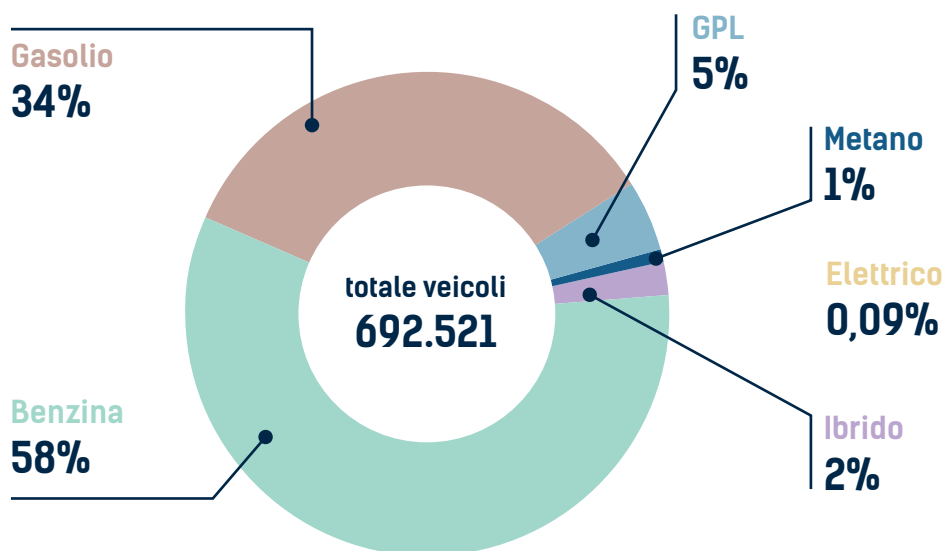
	Scenario base		Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	269	639	173	244	159	103
VSL (milioni di Euro)	1195	2834	766	1083	706	45

Milano

Parco veicolare privato

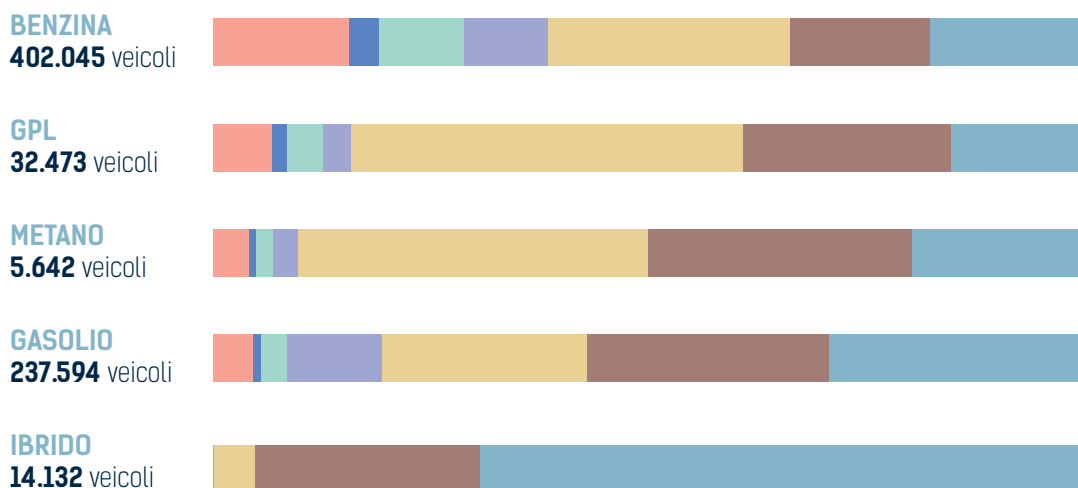
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	269	639
VSL (milioni di Euro)	1.195	2.834

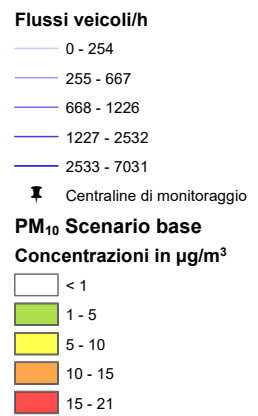
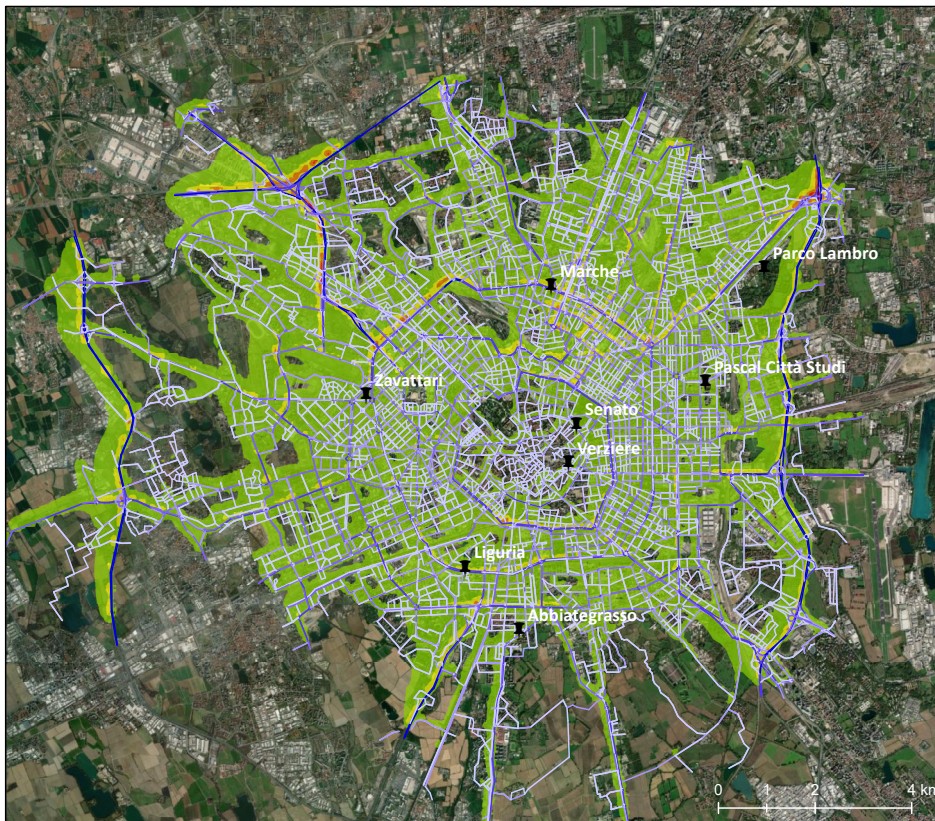
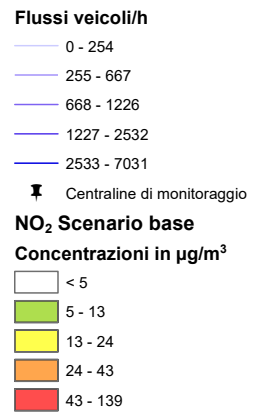
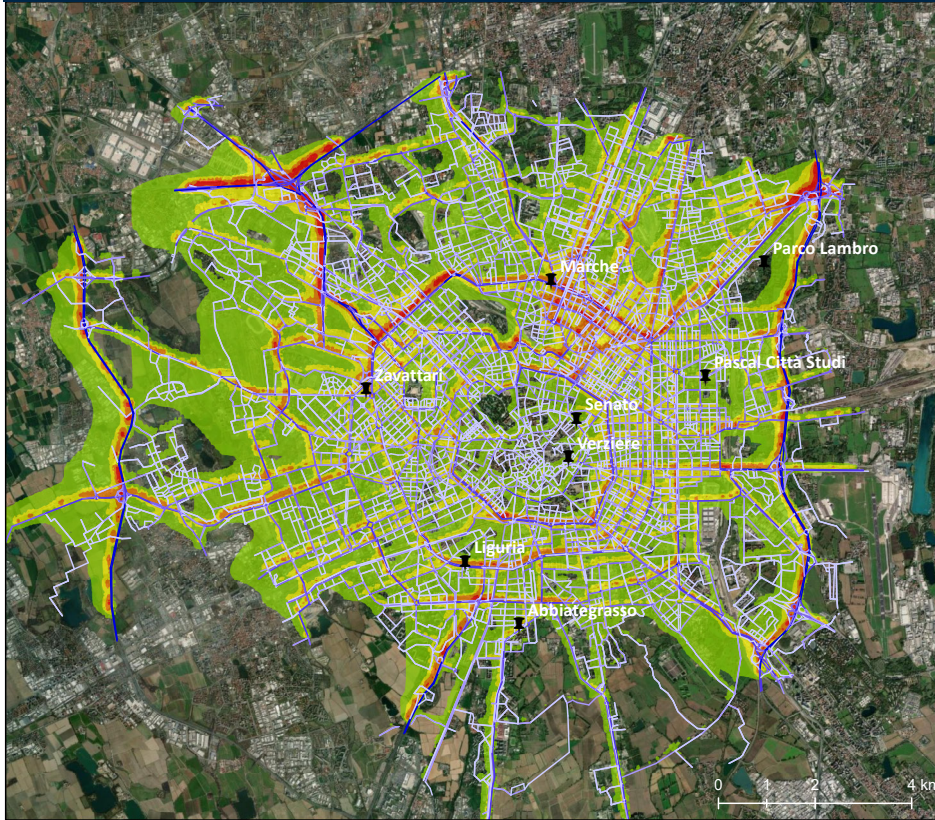
Veicoli Elettrici



Milano

Qualità dell'Aria

Scenario 2018

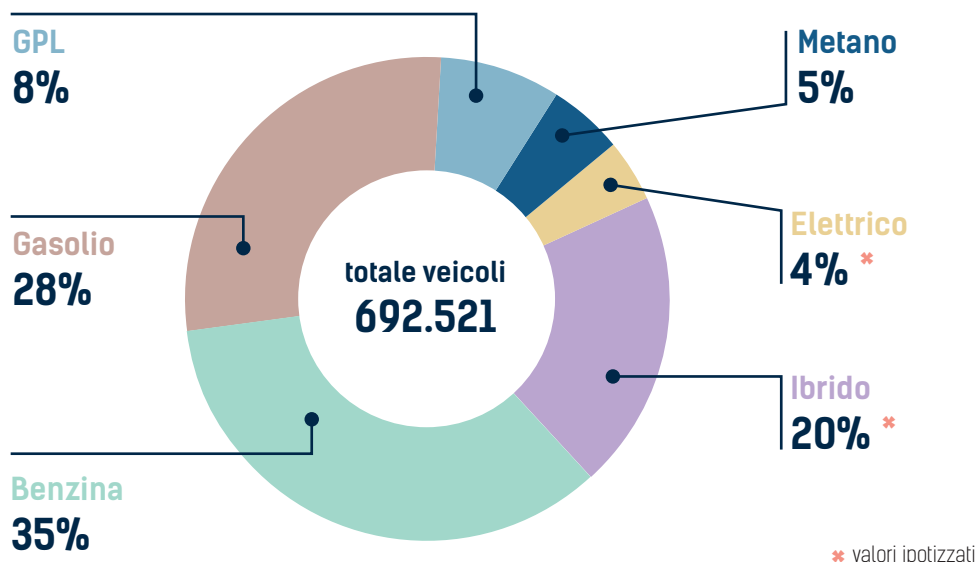


Milano

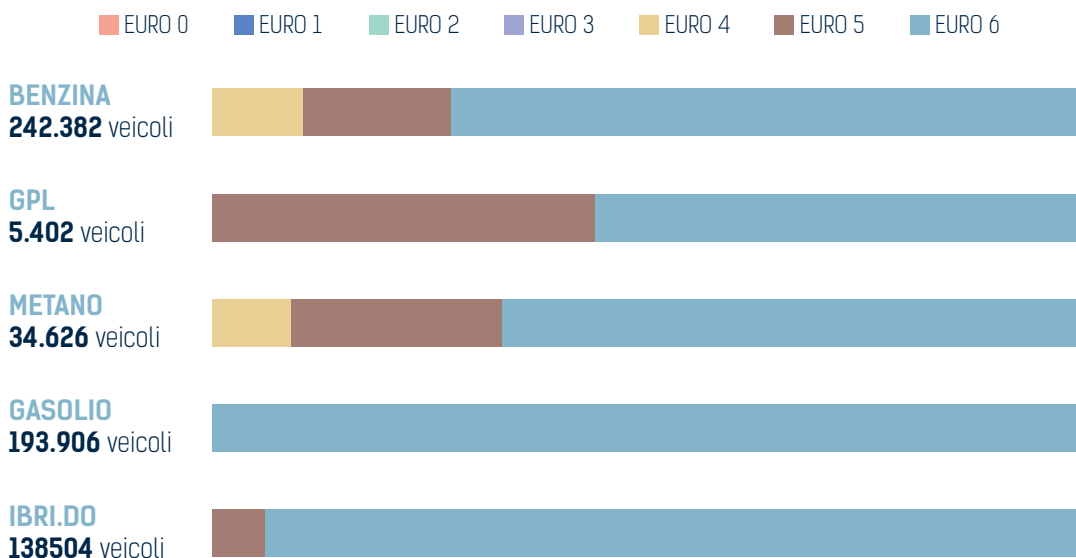
Parco veicolare privato

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	173	244
VSL (milioni di Euro)	766	1.083

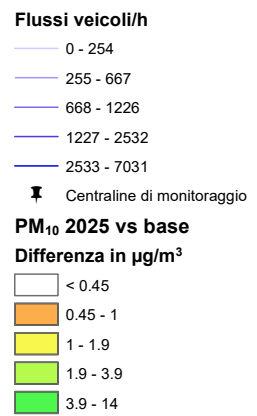
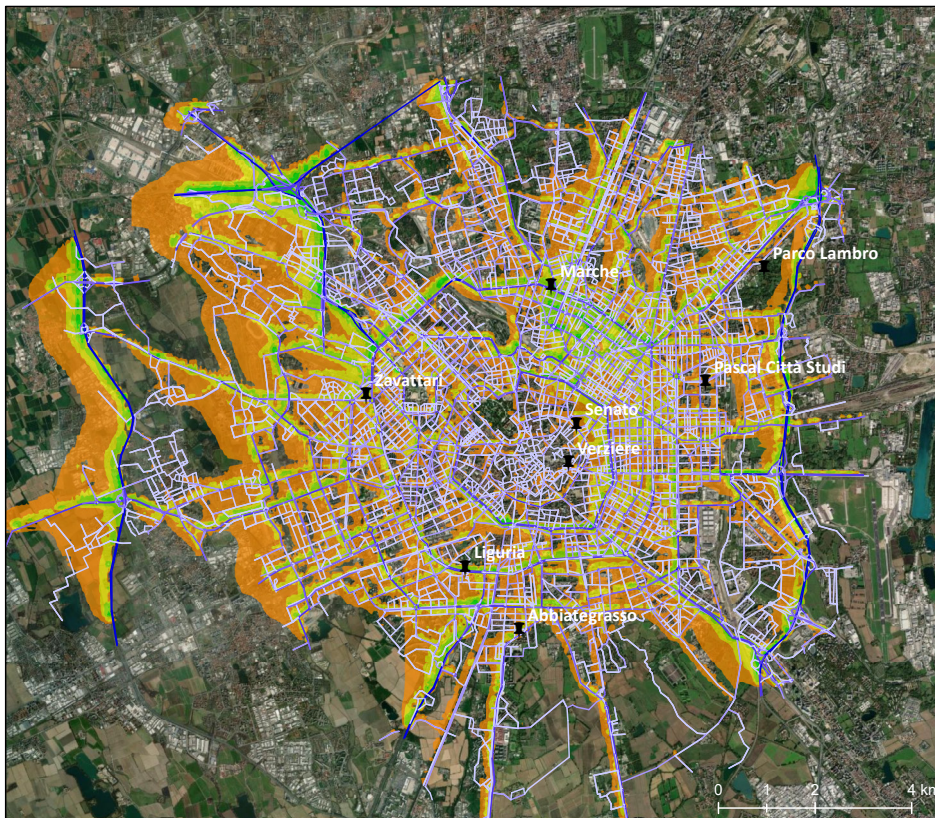
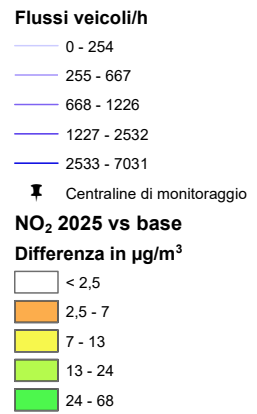
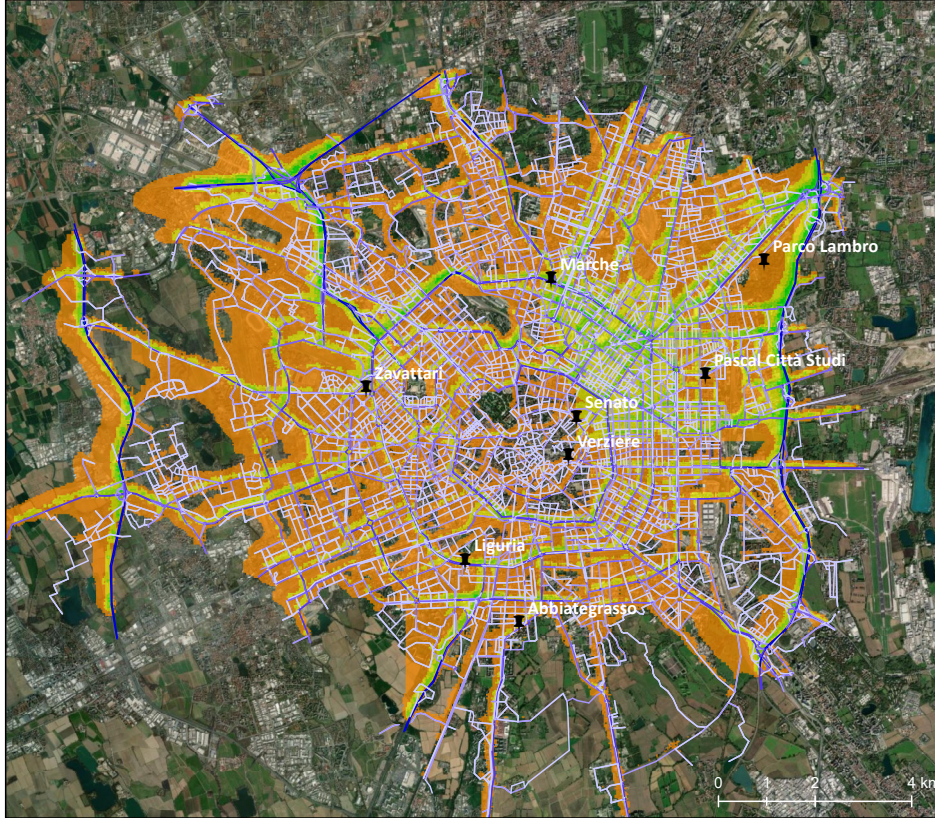
Veicoli Elettrici



Milano

Qualità dell'Aria

Scenario 2025



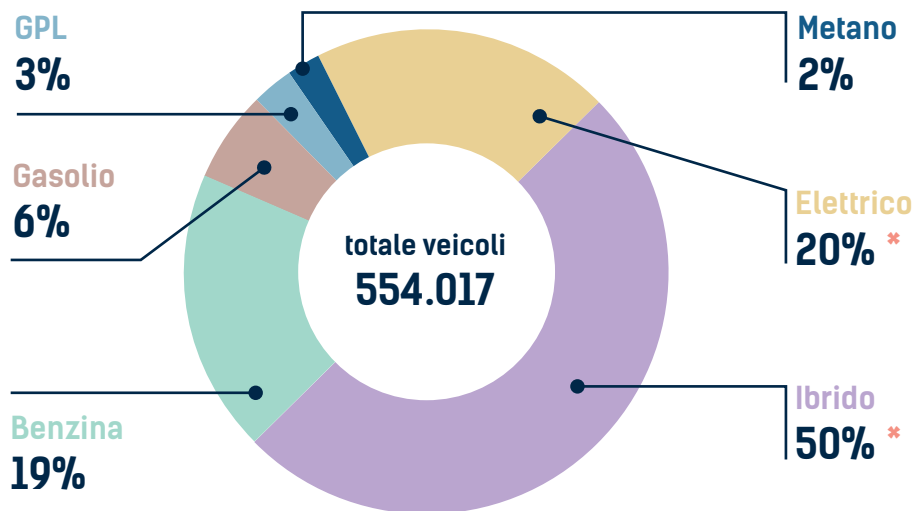
Milano

Parco veicolare privato

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione:

Parco circolante totale ridotto del 20%



* valori ipotizzati

Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6

BENZINA
105.263 veicoli

GPL
16.621 veicoli

METANO
11.080 veicoli

GASOLIO
33.241 veicoli

IBRIDO
277.008 veicoli

Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	159	103
VSL (milioni di Euro)	706	45

Veicoli Elettrici



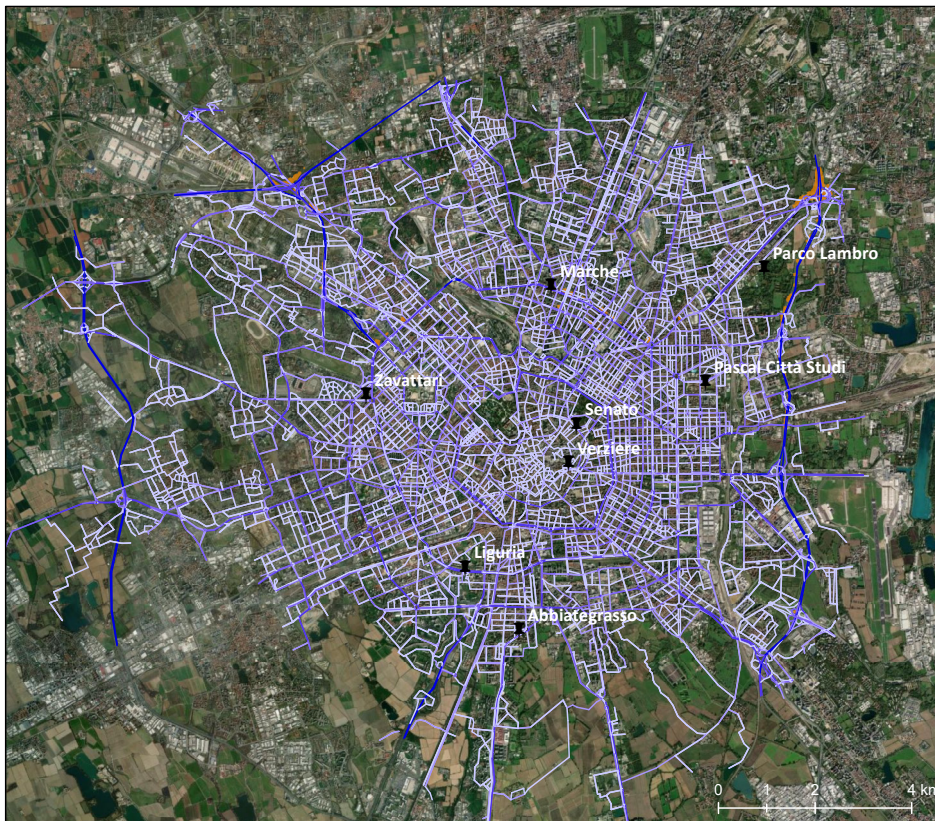
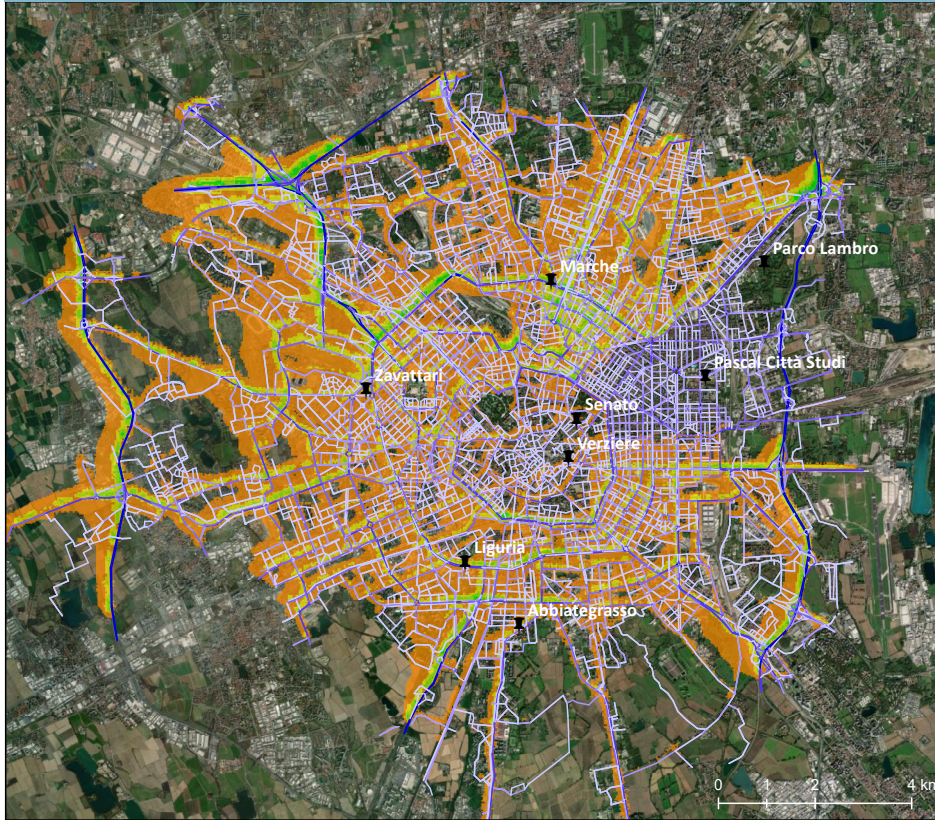
110.803

20% sul totale dei veicoli

Milano

Qualità dell'Aria

Scenario 2030



Roma

Il parco veicolare analizzato è costituito, in questo caso, dal solo comparto del trasporto privato. Nello scenario base il parco veicolare è costituito in prevalenza da veicoli a benzina e diesel con percentuali pari rispettivamente al 53% e 38%. Le classi ambientali più diffuse sono quelle Euro 4, Euro 5 ed Euro 6. Nello scenario al 2025 si prevede una penetrazione dei veicoli elettrici con una percentuale pari al 4% e dei veicoli ibridi del 20%, mentre al 2030 si è ipotizzata una percentuale del 20% in riferimento ai veicoli elettrici e del 50% per i veicoli ibridi.

Concentrazione di NO₂

Le concentrazioni medie orarie simulate arrivano fino ad un massimo di circa 50 µg/m³ nello scenario base.

Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione delle concentrazioni medie orarie di NO₂ dovuto al solo comparto del trasporto privato che passa da una percentuale del 53% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione del 89% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 39 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una diminuzione costante che arriva comunque ad un massimo di 20 µg/m³.

Concentrazione di PM₁₀

Nello scenario base, i valori di concentrazione giornaliera di PM₁₀ dovuti al trasporto privato arrivano fino ad un massimo di circa 22 µg/m³. Le aree maggiormente interessate dal contributo del parco veicolare privato sono concentrate negli archi con maggior flussi di traffico, in questo caso coincidente con il GRA.

Negli scenari futuri assistiamo ad una netta riduzione passando da una percentuale del 36% al 2025 fino ad arrivare ad una riduzione, non molto significativa, del 42% al 2030. In termini di differenze di concentrazione, al 2025 si registrano riduzioni fino ad un massimo di 9 µg/m³ rispetto allo scenario base, mentre confrontando lo scenario al 2025 con lo scenario al 2030 si nota una differenza poco significativa, inferiore ad 1,8 µg/m³.

Impatto sanitario ed economico

Utilizzando i valori di concentrazione simulate, nelle sole centraline di traffico all'ora di punta (8 a.m) nel periodo invernale (mese di Gennaio), con ADMS-Roads e implementando i dati nel software BenMap per ogni inquinante analizzato, PM₁₀ e NO₂ e per ogni scenario ipotizzato si è stimato il numero di morti premature a causa degli effetti a breve termine relativo al solo comparto del trasporto e si è stimato il relativo costo associato.

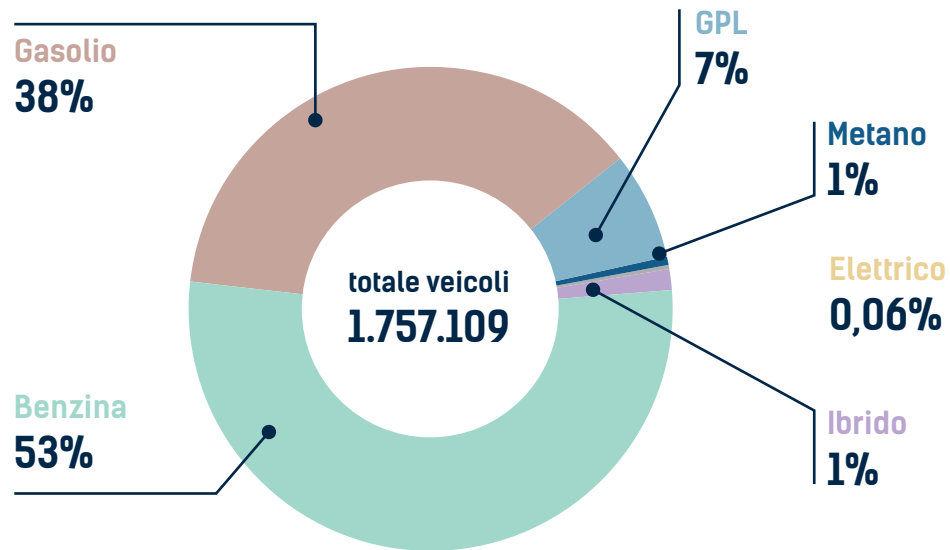
	Scenario base		Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	180	459	115	216	104	51
VSL (milioni di Euro)	640	1633	410	770	371	180

Roma

Parco veicolare privato

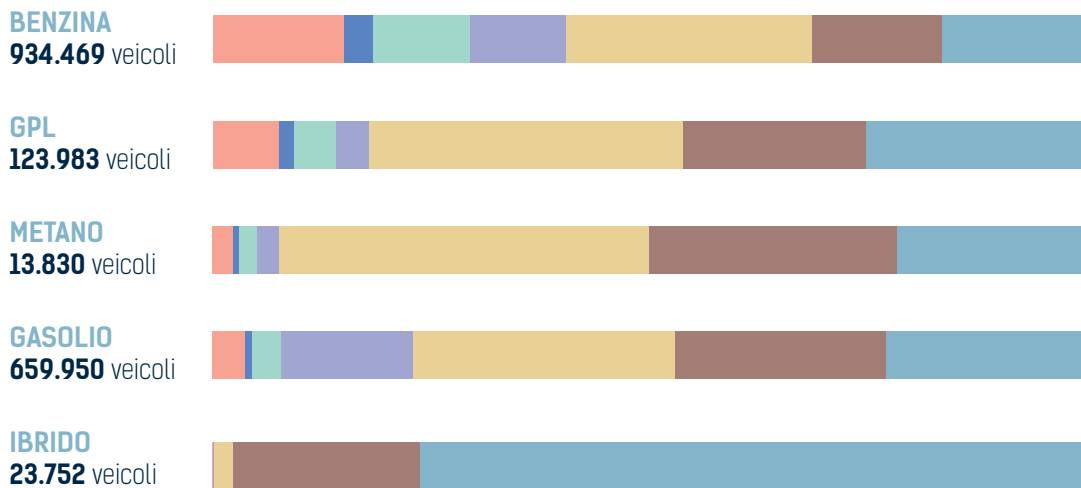
Scenario 2018

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	180	459
VSL (milioni di Euro)	640	1.633

Veicoli Elettrici



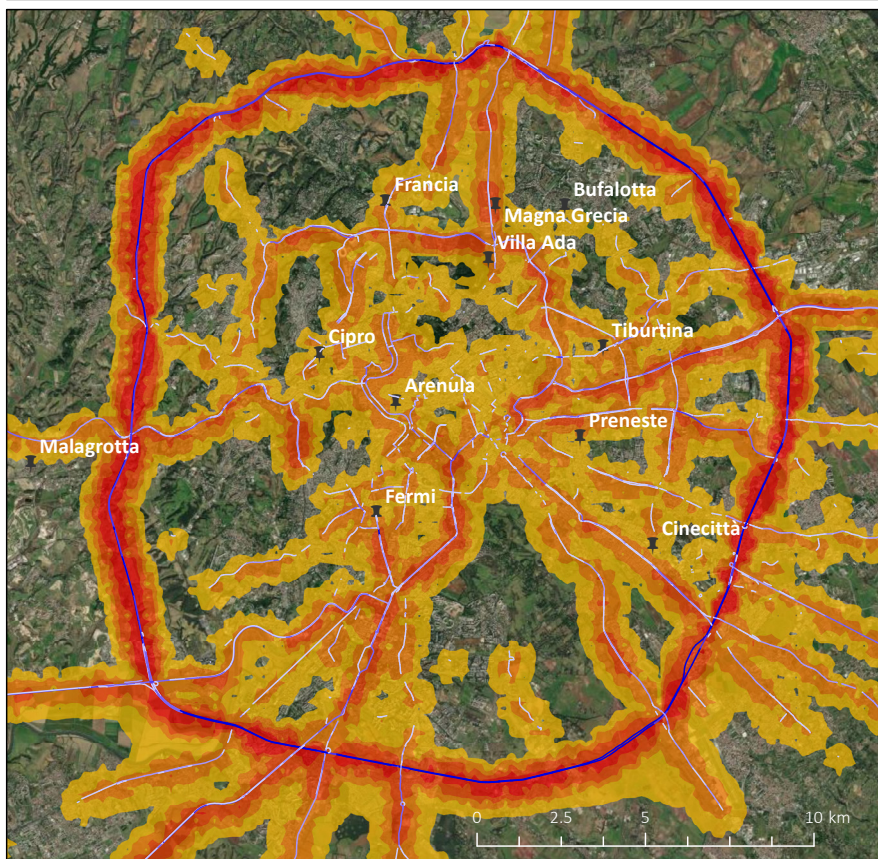
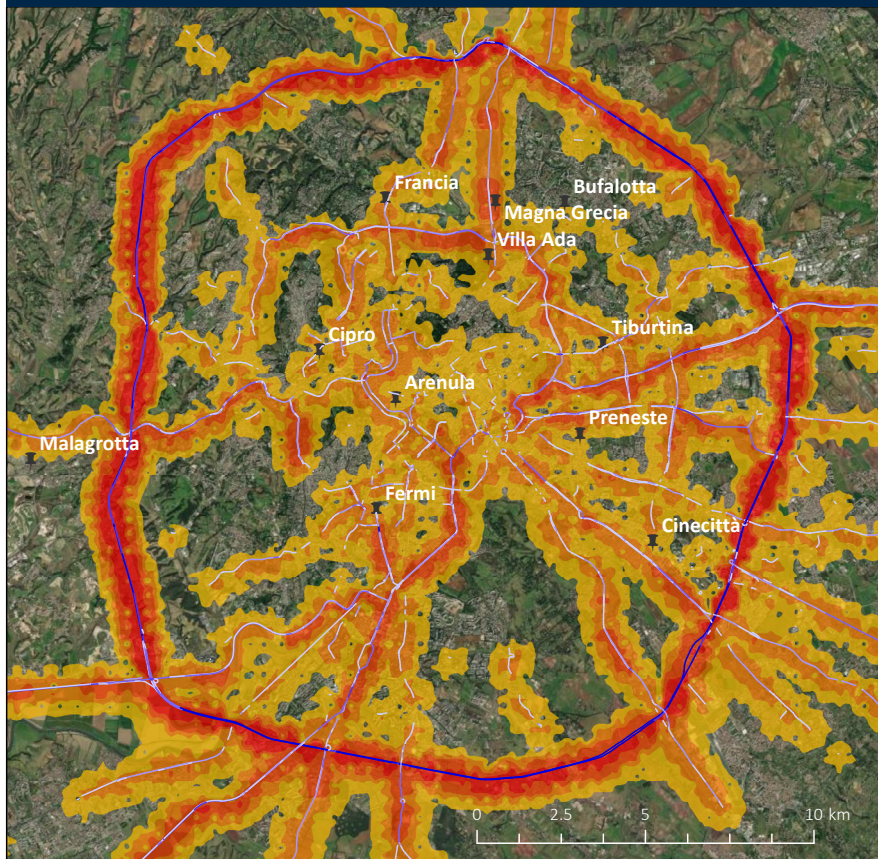
1.125

0,06% sul totale dei veicoli

Roma

Qualità dell'Aria

Scenario 2018

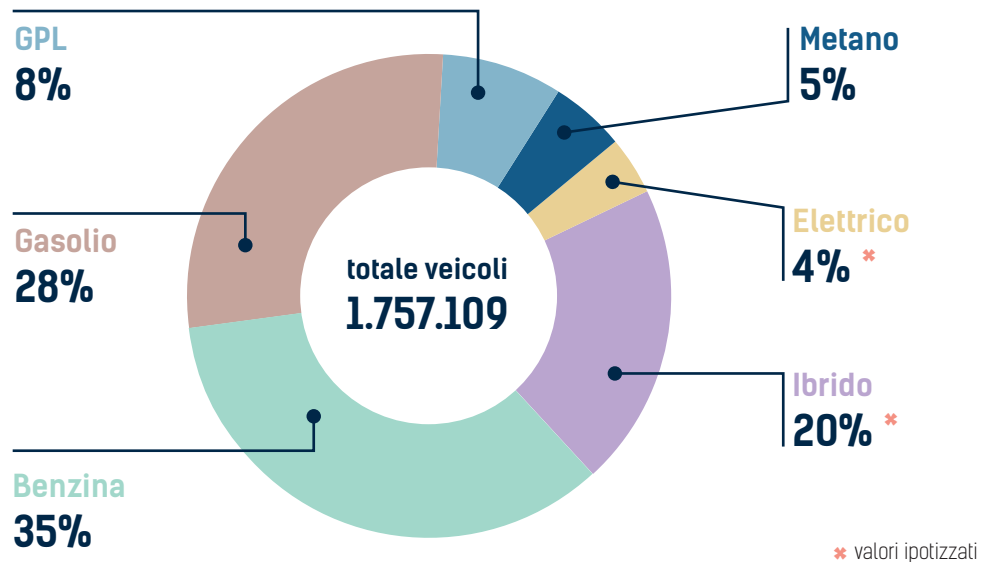


Roma

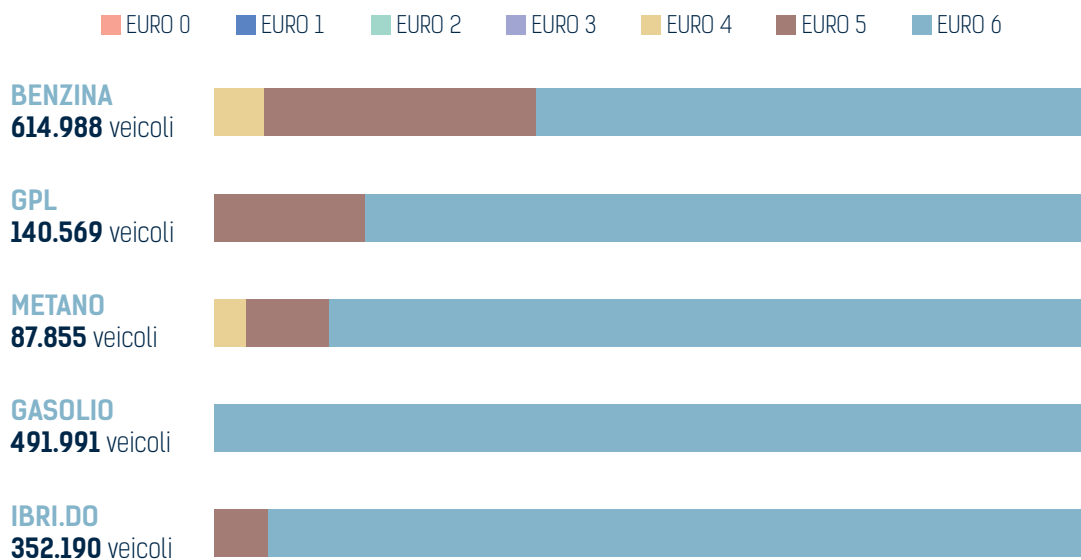
Parco veicolare privato

Scenario 2025

Suddivisione dei veicoli per alimentazione



Suddivisione dei veicoli per classe ambientale



Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	115	216
VSL (milioni di Euro)	410	770

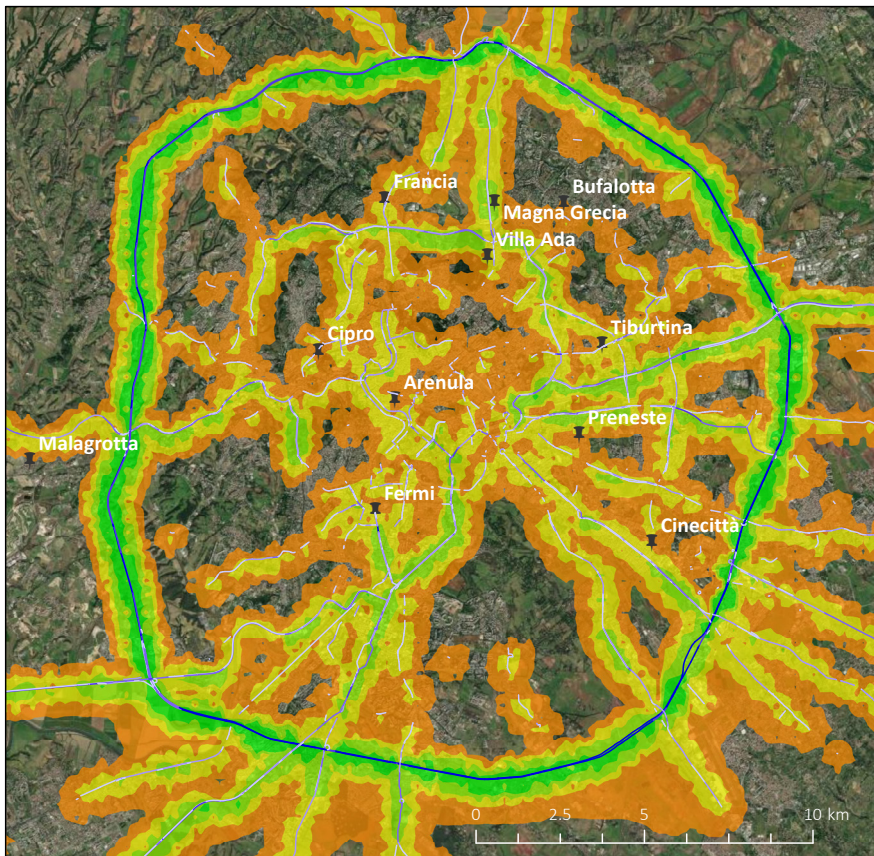
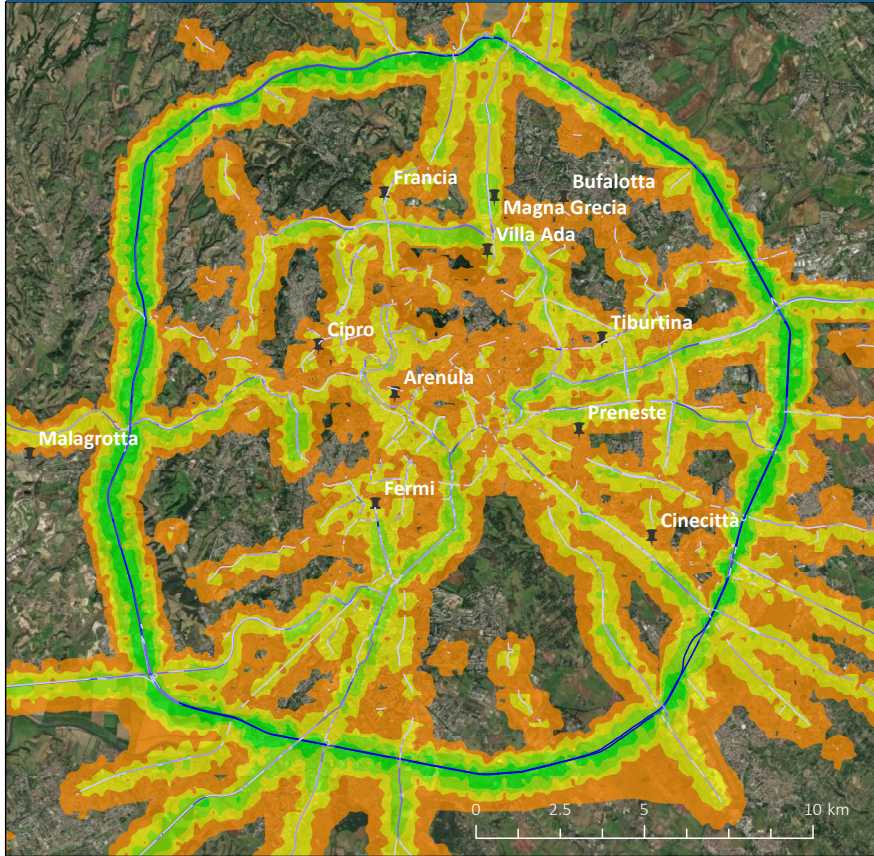
Veicoli Elettrici



Roma

Qualità dell'Aria

Scenario 2025



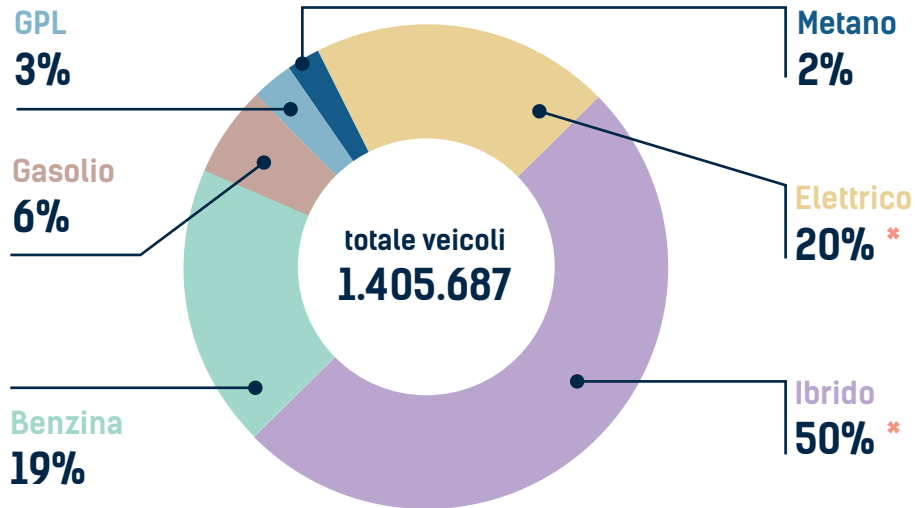
Roma

Parco veicolare privato

Scenario 2030

Suddivisione dei veicoli per alimentazione:

Parco circolante totale ridotto del 20%



* valori ipotizzati

Suddivisione dei veicoli per classe ambientale

■ EURO 0
 ■ EURO 1
 ■ EURO 2
 ■ EURO 3
 ■ EURO 4
 ■ EURO 5
 ■ EURO 6

BENZINA
267.081 veicoli

GPL
42.171 veicoli

METANO
28.114 veicoli

GASOLIO
84.341 veicoli

IBRIDO
702.844 veicoli

Mortalità ed impatto economico

	PM ₁₀	NO ₂
N° morti premature	104	51
VSL (milioni di Euro)	371	180

Veicoli Elettrici



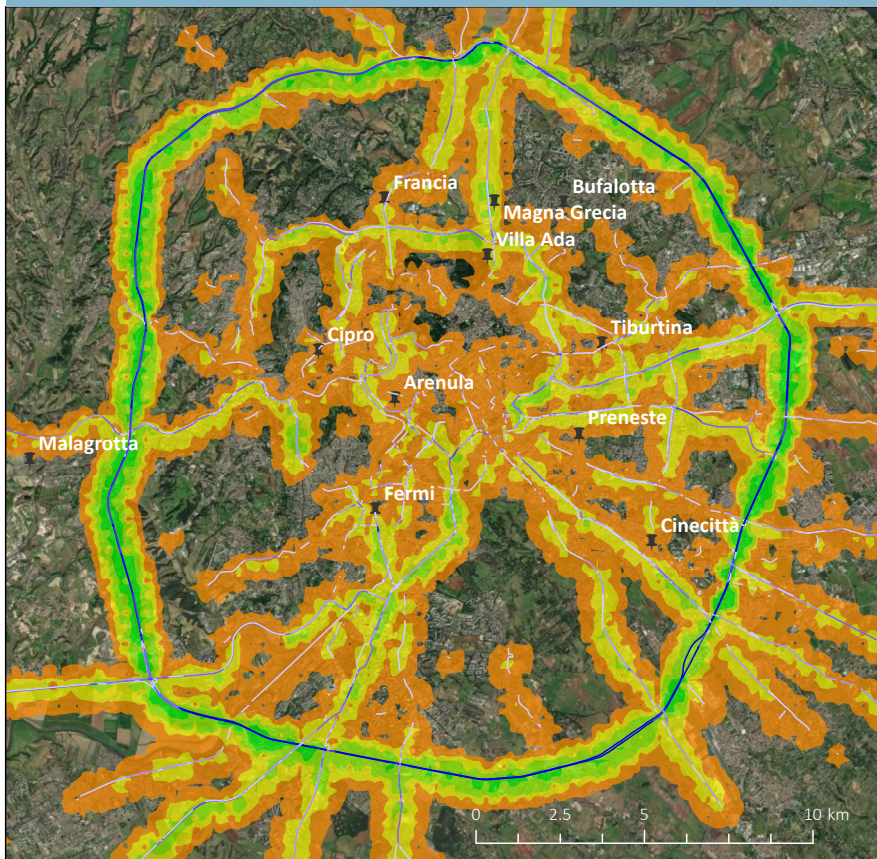
281.137

20% sul totale dei veicoli

Roma

Qualità dell'Aria

Scenario 2030



Flussi in veicoli/h

- 2100 - 2882
- 2883 - 3956
- 3957 - 5818
- 5819 - 8048
- 8049 - 11727

⌘ Centraline di monitoraggio

NO₂ 2030 vs 2025

Differenza in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- <math>< 1,8</math>
- 1,8 - 5,1
- 5,1 - 10
- 10 - 18
- 18 - 39



Flussi in veicoli/h

- 2100 - 2882
- 2883 - 3956
- 3957 - 5818
- 5819 - 8048
- 8049 - 11727

⌘ Centraline di monitoraggio

PM₁₀ 2030 vs 2025

Differenza in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- <math>< 1,8</math>
- 1,8 - 5,1
- 5,1 - 10
- 10 - 18
- 18 - 39

Conclusioni

Lo studio in oggetto ha permesso di evidenziare come il traffico veicolare sia tra le prime cause di inquinamento in ambito urbano, responsabile di troppe morti premature e richiede alla comunità di sostenere costi sociali ed economici non indifferenti.

La pandemia di COVID-19 il conseguente lockdown nei mesi di marzo ed aprile 2020 ha comportato un drastico calo delle concentrazioni sia degli inquinanti gassosi sia del particolato con una conseguente riduzione dell'inquinamento a scala mondiale osservato in molte città del Mondo (Londra, Los Angeles e Mumbai) (Baldasano et al. 2020).

In questo periodo di riduzione drastica del traffico veicolare in cui è stata registrata una variazione dei movimenti fino al -93% rispetto ai valori medi, le concentrazioni degli inquinanti nelle stazioni di traffico, rappresentative del traffico medio dell'area, delle città di Roma, Torino, Milano e Napoli, registrano una diminuzione fino al 71% per il NO₂ e 27% per il PM₁₀. Considerate le conseguenze relative alla riduzione delle emissioni da parte dei veicoli, lo studio ha analizzato i potenziali benefici in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico e dei costi economici, imputabili a morti premature associate ad inquinanti legati al traffico in area urbana, ipotizzando due diversi scenari (Scenario 2025 e scenario 2030) di penetrazione dei veicoli elettrici in contesti urbani.

Dai risultati ottenuti è evidente che, all'interno di uno scenario più ampio di ricambio del parco veicolare privato, la penetrazione di una percentuale di veicoli elettrici (4% -veicoli privati- e del 5% -veicoli commerciali leggeri- per lo scenario al 2025 e 20% -veicoli privati- e il 15% veicoli commerciali leggeri- per lo scenario al 2030) giochi un ruolo fondamentale nella riduzione delle concentrazioni degli inquinanti locali, in particolare di NO₂. Infatti si rileva una riduzione delle concentrazioni, in termini percentuali relative al comparto mobilità, da un minimo di 47% (caso Bologna) ad un massimo di 62% (caso Roma) considerando lo scenario al 2025, mentre prendendo in considerazione lo scenario al 2030 si assiste ad una riduzione che va dal 74% (caso Palermo) fino ad un massimo dell'89% (caso Roma).

Impatto ridotto, ma comunque importante per il PM₁₀. Se si osservano i risultati dello scenario 2025 la percentuale di riduzione parte da un minimo del 28% (caso Bologna) fino ad un massimo del 38% (caso Palermo); per lo scenario 2030 l'abbattimento non è così significativo come per NO₂, la riduzione varia tra 34% e 46%.

Nello studio sono state stimate le riduzioni del costo sociale espresso dal VSL (Value of Statistical Life) e funzione del numero di morti premature. Si riporta di seguito il numero di morti premature evitate passando dallo scenario ipotizzato al 2025 allo scenario al 2030.

Numero morti evitate (N)

	Scenario 2025		Scenario 2030	
	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂
Torino	22	83	23	144
Milano	97	394	110	536
Roma	65	243	76	408
Bologna	7	27	9	46
Palermo	15	49	18	69

Significativa è la riduzione del numero dei morti per città come Milano, Roma e Torino in relazione alle concentrazioni di NO₂ e PM₁₀, considerando le assunzioni riportate in appendice.

Il costo sociale (VSL) associato al numero di morti evitate, legate ai cambiamenti di concentrazioni di PM₁₀ e NO₂ dovute al solo contributo del traffico, che si verificano nei diversi scenari ipotizzati, varia tra circa 140 milioni e circa 2 miliardi di euro allo scenario 2025, e circa 222 milioni e 3 miliardi allo scenario 2030.

Costi sociali risparmiati VSL (milioni di euro)

	Scenario 2025	Scenario 2030
Torino	340	633
Milano	2.180	2.866
Roma	1.092	1.720
Bologna	140	223
Palermo	120	336

Considerati i risultati ottenuti dalle stime sviluppate nello studio e le riduzioni delle concentrazioni di PM₁₀ e NO₂ attese nei due scenari, dovute alla penetrazione dei veicoli elettrici nel parco veicolare, gli scenari individuati potrebbero fornire sostanziali benefici non solo in termini ambientali, ma anche sanitari ed economici. Se ipotizzati su tutto il territorio nazionale e oltre i confini territoriali, contribuirebbero a rispettare gli obiettivi programmatici fissati al livello nazionale ed europeo.

Metodologia, assunzioni e limitazioni

A cura di Valeria Rizza e Francesco Petracchini

Lo studio esamina e confronta due scenari prospettici, rispettivamente al 2025 e al 2030, dell'attuale parco circolante di veicoli relativi variabilmente ai comparti del trasporto privato, della logistica delle cinque città italiane oggetto di studio.

Per l'analisi è stato adottato il modello di simulazione ADMS (Advanced Dispersion Modelling System) - Roads sulla base di dati meteo specifici per ogni città esaminata e in funzione dei flussi di traffico relativi ad ogni comparto di mobilità urbana analizzato e forniti dalle stesse amministrazioni. Lo scenario base è stato calcolato ricorrendo alla stima delle sole concentrazioni degli inquinanti PM_{10} e NO_2 partendo dai flussi veicolari per determinare le emissioni per ogni arco stradale che compone la rete viaria cittadina, fornendo una stima del contributo del traffico dei veicoli nell'area in esame (non sono state considerate tutte le altre fonti di emissione). I flussi di traffico forniti dalle città sono relativi alle 24 ore, e i dati meteo sono relativi ad un giorno tipico feriale invernale (la velocità e la direzione del vento, la stabilità atmosferica, la temperatura, l'umidità, il tasso di precipitazione, la nuvolosità).

Gli scenari prevedono l'incremento della percentuale di tecnologie ibride plug-in/elettriche nel parco veicolare circolante considerando contemporaneamente la riduzione delle percentuali relative alle tecnologie a combustione interna quali benzina e diesel. E anche il progressivo "svecchiamento" del parco veicolare esistente in termini di classe ambientale. I fattori emissivi del contesto italiano relativi alle categorie di alimentazione di benzina, gasolio, GPL, gas naturale e ibrido, utilizzati per il calcolo del tasso di emissione (g/km/s) sono stati ricavati dalla banca dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per l'anno 2017 o, i quali vengono calcolati sia rispetto ai km percorsi che rispetto ai consumi, con riferimento sia al dettaglio delle tecnologie che all'aggregazione per settore e combustibile.

Le riduzioni delle concentrazioni di PM_{10} e NO_2 relative al comparto trasporti, riportate nei due scenari temporali immaginati, sono riconducibili alla redistribuzione delle tecnologie, alla rottamazione di quelle più inquinanti oltre che all'aumentare delle percentuali di penetrazione relative alle tecnologie dell'elettrico e dell'ibrido. Le percentuali delle concentrazioni sono state calcolate considerando come punti recettori le centraline di monitoraggio ARPA.

Gli impatti sulla salute a breve termine e i costi economici derivanti dall'esposizione al PM_{10} e NO_2 sono stati stimati mediante il programma di mappatura e analisi dei benefici ambientali (BenMAP: <https://www.epa.gov/benmap>), uno strumento di valutazione dell'impatto sulla salute progettato

dal US-EPA (Boldo et al.2011; Broome et al; Fann et al.).

I dati utilizzati in questo modello e raccolti dai registri statistici e sanitari nazionali includono diversi input:

- I dati sulla qualità dell'aria, gli output del modello ADMS-Roads per le ore di punta (8:00) nei punti recettori (stazioni di monitoraggio del traffico) sono stati elaborati e introdotti nel BenMAP: l'impatto sulla salute è associato al solo contributo del traffico ovvero relativo ai comparti del privato e dei veicoli commerciali leggeri in relazione ad uno scenario di base in cui le concentrazioni di PM_{10} e NO_2 corrispondono allo scenario corrente (2019), in cui le percentuali relative ai veicoli elettrici sono nulle o molto contenute. Un secondo scenario è stato eseguito per modellare le riduzioni previste per l'anno 2025, quando la percentuale di veicoli elettrici di autovetture private e veicoli commerciali leggeri è rispettivamente del 4% e del 5%. Un terzo scenario è stato eseguito per modellare le riduzioni previste per l'anno 2030, quando la percentuale di veicoli elettrici di autovetture e veicoli commerciali leggeri è rispettivamente del 20% e del 15%.
- La popolazione analizzata ha un'età compresa tra gli 0 e 99 anni
- Dati di incidenza: i dati di incidenza sono stati raccolti in funzione del codice di classificazione internazionale delle malattie (ICD) dell'OMS: ICD-10 A00 -R99 (mortalità per tutte le cause)
- Funzioni di impatto sulla salute: sono state selezionate le relazioni concentrazione-risposta per determinare gli effetti a breve termine per il PM_{10} e NO_2 , nel caso specifico Atkinson et al. (2014) e Biggeri et al. (2004)
- Valutazione economica: il valore economico dei casi di morte correlati all'inquinamento atmosferico viene quantificato utilizzando il Value of Statistical life (VSL)

Gli effetti negativi dell'inquinamento dell'aria hanno anche una dimensione economica, comportano infatti dei costi tanto di natura sanitaria, dovuti alle cure, quanto di natura sociale, legati alla minor qualità della vita delle persone. La stima monetaria di tali costi, fornisce informazioni sul peso economico sopportato dalla collettività in termini di spese per la cura delle patologie correlate agli effetti degli inquinanti, e per i disagi e la perdita di benessere collettiva conseguenti ad un peggioramento della salute e della qualità della vita dei soggetti esposti all'inquinamento. Questo aspetto può costituire un utile contributo informativo nella formulazione delle politiche rivolte alla sostenibilità ambientale in ambito di trasporto.

Oggi è crescente l'attenzione degli studi epidemiologici¹ verso l'impatto delle emissioni del particolato nelle sue varie frazioni e in particolare del PM_{10} e in relazione all' NO_2 . La letteratura epidemiologica è generalmente concorde riguardo al danno per la salute determinato dalla presenza di inquinanti, l'intensità del fenomeno associata al coefficiente dose-risposta è ancora oggetto di studio e approfondimento. Il coefficiente dose-risposta esprime la relazione statistica che lega la concentrazione di inquinanti (in questo caso il PM_{10} e NO_2) al verificarsi di un danno alla salute, fornendo stime del rischio legate all'esposizione.

1 <http://www.irpet.it/archives/33012>

Per quanto riguarda la mortalità, gli studi epidemiologici hanno sviluppato ricerche specializzate e molto diverse, non solo a livello di metodo, ma anche di approccio al problema, distinguendo gli impatti a breve termine (mortalità acuta) – quando tali effetti sono conseguenti ad un innalzamento del livello di inquinanti nell'aria, da quelli a lungo termine (mortalità cronica) – quando gli effetti si manifestano a distanza dopo un lungo periodo di esposizione.

Per tradurre in costi economici le morti premature, lo studio OMS-OCSE, usa la metodologia del “value of statistical life” (VSL), il “valore statistico della vita”. In pratica si stima il valore che le varie società sono disposte a pagare per evitare queste morti e queste malattie: ne esce un valore differenziato a seconda dei vari contesti economici (ad esempio, una vita in Italia, ai fini statistici, può “valere” circa 3 milioni di dollari, in Kirghizistan 490 mila dollari e in Lussemburgo 6,28 milioni).

In questo studio è stata condotta un'analisi dei costi economici relativi alle morti premature a causa degli effetti a breve termine all'esposizione delle concentrazioni di PM_{10} e NO_2 , relative solo al comparto dei trasporti, per le cinque città oggetto di studio.

Scenari di penetrazione – Gli scenari prevedono l'incremento della percentuale di penetrazione delle tecnologie ibride plug-in/elettriche sul parco veicolare circolante considerando contemporaneamente la riduzione delle percentuali relative alle tecnologie a combustione interna quali benzina e diesel. Per ogni categoria, i veicoli sono disaggregati per alimentazione (benzina, gasolio, GPL, gas naturale, energia elettrica e ibrido) e standard emissivo (Euro 0, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6).

Flussi di traffico – Il dataset dei flussi di traffico rappresenta il dato principale sul quale è stata impostata tutta la simulazione e consente di delineare le sorgenti (caratterizzazione delle sorgenti emmissive) ovvero i flussi di traffico relativi ai veicoli privati, ai veicoli commerciali leggeri e al TPL (dove il dato è presente) per arco stradale.

Torino (5T) – Si è in possesso dei flussi per ogni ora di un giorno tipico feriale invernale. La simulazione è stata effettuata considerando per ogni arco i flussi di traffico del privato che della logistica (esclusi i mezzi pesanti) che 5T definisce come mezzi leggeri. 5T raggruppa difatti i veicoli in due categorie, ovvero in mezzi leggeri (motocicli, autovetture e monovolume, autovetture e monovolume con rimorchio, furgoncini e camioncini) e in mezzi pesanti (camion, autotreni, autoarticolati, autobus, veicoli non classificati).

Assumendo come percentuale relativa ai due comparti quella relativa alla composizione del parco veicolare e trascurando dai flussi di traffico le percentuali dei motocicli è stata ottenuta la classificazione dei comparti “privato” (autovetture e monovolume, autovetture e monovolume con rimorchio) e “mezzi commerciali leggeri” (furgoncini e camioncini). Dalle analisi effettuate sulle componenti del parco veicolare è stata estrapolata quindi la penetrazione dei mezzi commerciali leggeri sul privato ottenendo una percentuale di penetrazione di circa il 10% congruente con le analisi effettuate su Bologna (in cui il dato dei flussi di traffico era già suddiviso su mezzi privati e veicoli commerciali leggeri).

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Bologna – Per ogni arco è disponibile il TGM (Traffico Giornaliero Medio). È stata analizzata la distribuzione dei flussi della città di Bologna e si evince che il periodo di maggior flusso veicolare ricade in un arco temporale di 8 ore, per cui si è suddiviso il TGM per le 8 ore per ottenere il flusso orario.

Palermo – Simulazione con flussi del solo comparto del trasporto privato. I flussi di traffico della logistica non sono stati forniti, sono presenti solo rilievi.

Milano – Simulazione effettuata per il solo comparto del trasporto privato.

Roma – Simulazione effettuata per il solo comparto del trasporto privato. Sono stati considerati solo i flussi maggiori di 2100 veicoli/h, data la limitazione del numero di sorgenti che il software permette di implementare, al fine di analizzare soprattutto il contributo dal traffico del GRA.

Periodo di simulazione – Il periodo di simulazione analizzato è il mese di Gennaio, relativo al periodo invernale e più critico in termini di concentrazione, individuato facendo riferimento ai report delle rispettive ARPA di ogni città, in cui sono presenti i dati delle concentrazioni medie del PM_{10} e dell' NO_2 per ogni mese dell'anno. Una volta effettuata la scelta del periodo sono stati individuati i giorni più critici ricadenti nel mese di Gennaio per i quali è stata effettuata la simulazione con il modello ADMS-Roads.

Composizione del parco veicolare – La composizione del parco veicolare è riferita all'anno 2018. Le informazioni relative al numero e alla tipologia di veicolo, sono state ottenute consultando la banca dati dell'ACI (Automobile Club Italia).

Per ogni arco stradale, rappresentante una sorgente emissiva e caratterizzato da un valore non nullo di flusso di traffico, la distribuzione delle classi tecnologiche e delle classi ambientali è considerata uniforme su tutto il territorio urbano.

Fattori di Emissione – I fattori emissivi (g/km) relativi alle categorie di alimentazione di benzina, gasolio, GPL, gas naturale e ibrido, utilizzati per il calcolo del tasso di emissione (g/km/s), implementato nel sistema per ottenere la stima delle concentrazioni, sono stati ricavati dalla banca dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per l'anno 2017 relativi al contesto italiano, i quali vengono calcolati sia rispetto ai km percorsi che rispetto ai consumi, con riferimento sia al dettaglio delle tecnologie che all'aggregazione per settore e combustibile. A differenza dei fattori forniti dalla banca dati EMEP/EEA i fattori di emissione della banca dati ISPRA sono espressi in funzione delle caratteristiche del parco veicolare italiano (età media del parco veicolare).

I fattori di emissioni forniti da ISPRA tengono in conto anche le componenti "non exhaust" e cioè le emissioni derivante dall'usura dei freni, del manto stradale e degli pneumatici in accordo con la banca dati fornita dall'European Environmental Agency (EEA). Non viene invece valutata (poiché ad oggi non esiste metodologia coerente) la quota parte dovuta alla ri-sospensione (sia per i veicoli ICE, con motori a combustione interna che per i veicoli elettrici).

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

I fattori di emissione si riferiscono alle seguenti tecnologie: benzina, diesel, GPL, metano e ibrido. Per quanto riguarda i fattori di emissione per il veicolo elettrico ad oggi non esiste alcuna metodologia consolidata per cui la loro stima è stata desunta utilizzando i risultati della ricerca di Simons et al. (2013) e Timmers et al. (2016). I veicoli elettrici sono il 24% più pesanti delle tecnologie a combustione interna, tale osservazione è stata svolta in base ai confronti tra auto passeggeri di un modello convenzionale e uno equivalente elettrico.

Questo ha permesso di evidenziare che i veicoli elettrici in media sono più pesanti di 280 kg. Utilizzando i risultati della ricerca di Simons (2013), Timmers ha stimato che un aumento in peso di 280 kg produrrebbe un aumento di PM_{10} di 1,1 mg per chilometro (mg/vkm) per l'usura degli pneumatici, 1,1 mg/vkm per l'usura dei freni e 1,4 mg/vkm per l'usura del manto stradale. Anche per l'applicazione della frenata rigenerativa non ci sono ancora metodologie che concordino su quanto quest'ultima riduca le emissioni dovuta all'usura dei sistemi frenanti, per cui in accordo ai risultati del lavoro di Timmers et al. (2016), il quale riporta che le emissioni derivate dall'usura dei freni per i veicoli EV sono trascurabili quindi pari a zero, non è stata considerata.

Parametri meteo – I dati meteo (la velocità e la direzione del vento, la stabilità atmosferica, la temperatura, l'umidità, il tasso di precipitazione, la nuvolosità) sono relativi ad un giorno tipico feriale invernale. Si tratta dei parametri atmosferici che maggiormente influiscono sulla dispersione degli inquinanti e quindi sul calcolo delle concentrazioni.

Punti recettori – Essi possono essere disposti in modo regolare in una griglia di calcolo (che può avere configurazioni diverse: cartesiana, polare etc.) nella quale viene definita la risoluzione spaziale delle concentrazioni calcolate per l'intero dominio di studio. I punti recettori possono essere definiti anche in posizioni specifiche (recettori "discreti") come, in questo caso, in corrispondenza delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria appartenenti alla rete ARPA.

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

Febbraio 2020

Motus E – CNR Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

Progetto grafico, architettura dell'informazione, infografiche ed
impaginazione: Giorgia Ghergo – Heap Design

Più mobilità elettrica: scenari futuri e qualità dell'aria nelle città italiane

a cura di Valeria Rizza, Francesco Petracchini,
Dino Marcozzi e Francesco Naso

ISBN: 978-88-6224-023-9



MOTUS 

