



Eni SpA

Raffineria di Livorno

Bioraffineria Livorno

Studio di Impatto Ambientale

Allegato 7.1 – Studio Specialistico di Qualità dell’Aria

Data: Novembre 2022

Progetto: n° 2226215

Identificatore: SIA_BioRaLi_7_all7.1



Preparato	Team di lavoro HPC	Revisionato	M. Pellegatta HPC	Approvato	A. Cappellini HPC
-----------	-----------------------	-------------	----------------------	-----------	----------------------



HPC Italia Srl – via Francesco Ferrucci 17/A –Milano



Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA	5
3.1 Zonizzazione regionale e reti di monitoraggio	5
3.2 Limiti normativi della qualità dell'aria	10
3.3 Stato di qualità dell'aria esistente a livello regionale	11
3.4 Stato di qualità dell'aria esistente a livello locale.....	12
3.4.1 Biossido di Azoto (NO ₂)	14
3.4.2 Materiale particolato (PM ₁₀ e PM _{2.5})	16
3.4.3 Biossido di Zolfo (SO ₂).....	20
3.4.4 Monossido di carbonio (CO)	22
4. DATI DI INPUT DEL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI	23
4.1 Calpuff model system	23
4.2 Caratterizzazione meteorologica.....	25
4.3 Scenari emissivi ed inquinanti considerati.....	30
4.4 Sorgenti emissive	31
4.5 Effetti building downwash	35
4.6 Maglie di calcolo	37
4.7 Recettori Sensibili	38
4.7.1 Valori di fondo rappresentativi	42
5. RISULTATI.....	43
5.1 NO ₂	44
5.2 PM ₁₀ /PM _{2.5}	46
5.3 SO ₂	49
5.4 CO.....	52
5.5 NH ₃	53
6. CONCLUSIONI.....	54
7. RIFERIMENTI.....	56
ALLEGATO A – TABELLE DEI RISULTATI	57
ALLEGATO B – MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE	73



1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto al fine di identificare e quantificare, per la Raffineria ENI di Livorno, gli effetti delle emissioni in atmosfera nelle configurazioni Ante Operam e Post Operam descritte rispettivamente nelle Sezioni 4 e 5 dello Studio di Impatto Ambientale per il progetto “Bioraffineria Livorno”, confrontandole con gli Standard di Qualità dell’Aria indicati dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/10).

Lo studio di qualità dell’aria è stato effettuato usando il sistema di modelli chiamato CALPUFF MODEL SYSTEM secondo le seguenti fasi di lavoro:

- ricostruzione del campo di vento tridimensionale mediante l’utilizzo del modello diagnostico CALMET;
- ricostruzione dello scenario emissivo per ciascun assetto operativo oggetto di studio;
- dispersione di inquinanti in atmosfera: le emissioni sono state inserite all’interno del campo di vento 3D attraverso l’applicazione del modello di dispersione CALPUFF;
- valutazione degli effetti sulla qualità dell’aria attraverso il confronto dei livelli di concentrazione di inquinanti (ottenuti con il post-processing dei dati) con gli standard di qualità dell’aria previsti nella normativa vigente (D. Lgs. 155 / 2010).

Le simulazioni hanno considerato i seguenti Scenari con riferimento alla massima capacità produttiva dell’installazione:

- Sc.1 – Ante Operam, come definito nei decreti AIA n. 32 del 02/02/2018 (Raffineria e TG4/Caldaia D) e n. 436 del 27/10/2021 (TG5/Caldaia E);
- Sc.2 – Post Operam, che vedrà integrare i cicli di produzione di carburanti, basi lubrificanti e prodotti solventi con un ciclo di produzione di biocarburanti.

Per ciascun inquinante considerato (NO_x/NO_2 , SO_2 , CO , $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$, NH_3), la valutazione è stata basata sul confronto tra il contributo aggiuntivo che il processo in esame determina al livello di inquinamento nell’area geografica interessata (C_A), il livello finale d’inquinamento atteso nell’area (L_F) ed il corrispondente requisito di qualità ambientale (SQA).

Al fine di valutare il Contributo Aggiuntivo (C_A) che le emissioni identificate possono esercitare sulla matrice ambientale, si è proceduto come di seguito descritto:

- sono stati analizzati gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) della normativa vigente;
- è stata analizzato lo stato attuale di qualità dell’aria nell’area di studio e sono stati definiti i valori di fondo rappresentativi;
- è stata valutata la dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera e gli impatti sulla qualità dell’aria (anche alla luce dei confronti con i valori limite stabiliti dalla vigente normativa);
- sono stati stimati, in maniera quantitativa, gli impatti sulla qualità dell’aria e sui recettori;
- si è infine proceduto ad analizzare il livello finale d’inquinamento nell’area (L_F) in relazione agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per i recettori identificati.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La Raffineria ENI di Livorno è ubicata nell'area di Stagno, nella zona di confine tra i comuni di Livorno e Collesalvetti.

Nella seguente figura è riportata una rappresentazione dell'area su foto satellitare delle aree di raffineria e delle pertinenze costituite dalla Darsena Petroli e dalla Darsena Ugione.



Figura 2-1: Inquadramento territoriale



3. STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 ZONIZZAZIONE REGIONALE E RETI DI MONITORAGGIO

Al fine della valutazione della qualità dell'aria, il D.Lgs 155/2010 ha previsto che le regioni individuino la propria rete di misurazione mediante un progetto di adeguamento conforme alla zonizzazione del territorio regionale. Sulla base delle indicazioni del decreto, su scala regionale, la gestione della qualità dell'aria deve quindi essere affrontata nell'ambito di zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. In base a ciò, la Regione Toscana, ha effettuato, la zonizzazione del territorio che è stata ufficializzata con la DGRT 1025/2010.

La struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata negli anni a partire da quella descritta dall'allegato III della DGRT 1025/2010, fino alla struttura dell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015.

Nel corso del 2021 la Regione Toscana ha rivalutato la configurazione della Rete Regionale di rilevamento alla luce dei risultati del monitoraggio degli ultimi 5 anni.

Dal 2017 sono state attivate tutte le 37 stazioni previste dalla DGRT n. 964/2015.

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

1. zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene), comprende un agglomerato e cinque zone;
2. zonizzazione per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010, comprende tre zone secondo la DGRT n°1025/2010 e un agglomerato.

Come si evidenzia dalle mappe riportate nelle seguenti figure, l'area in cui si trova la Raffineria di Livorno, fa parte della "zona costiera", sia per quanto riguarda la zonizzazione dell'allegato V del D.Lgs. 155/2010, che per quanto riguarda la zonizzazione dell'ozono dell'allegato IX del D.Lgs. 155/2010.

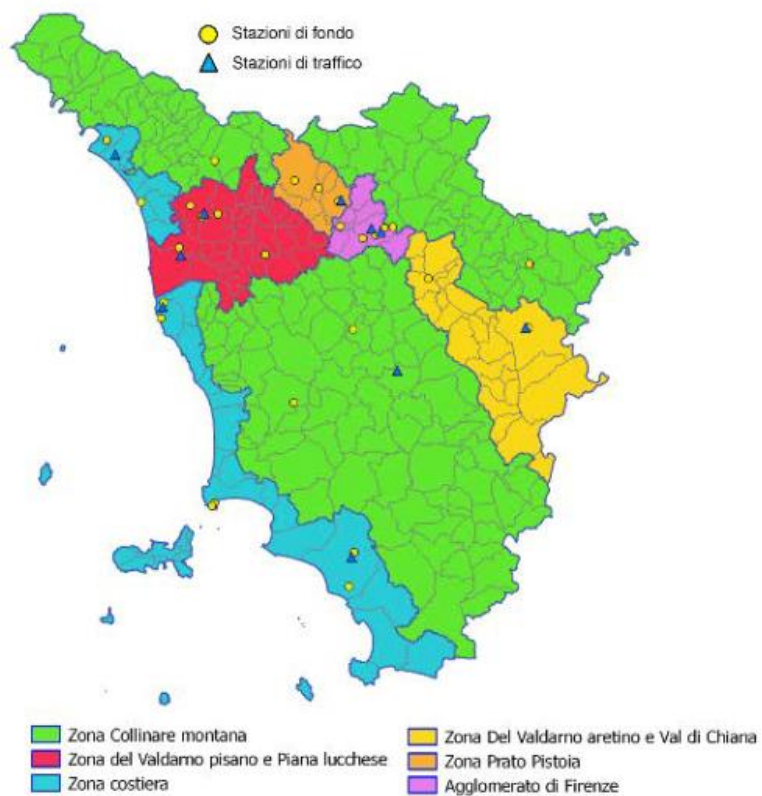


Figura 3.1 - Rete Regionale Inquinanti all. V D.Lgs 155/2010

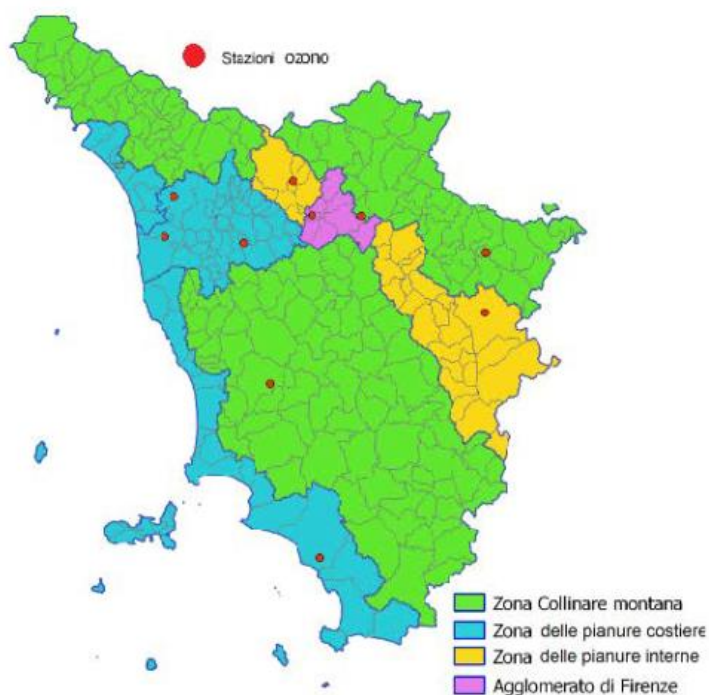


Figura 3.2 - Rete regionale ozono

Nella seguente *Tabella 1* si riporta la raccolta dei dati relativi all'anno 2021 degli analizzatori degli inquinanti inseriti nella rete regionale per il monitoraggio degli inquinanti dell'Allegato V del D.Lgs.155/2010 e s.m.i. e per l'ozono secondo i criteri definiti dalla normativa D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. (Fonte: Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana, anno 2021).

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni analizzatore in continuo l'insieme dei dati raccolti è considerato conforme ed utilizzabile per il calcolo dei parametri statistici quando il periodo minimo di copertura (rendimento strumentale) è almeno pari al 90%, eccetto che per il benzene per il quale nelle stazioni di tipo traffico e fondo è necessaria la copertura del 35%. Nelle stazioni di tipo industriale invece la copertura deve essere almeno del 90 % anche per il benzene. Il rendimento è calcolato come percentuale di dati generati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori).

Tabella 1: Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. Zona Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X												
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X	X	X							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	X		X										
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	X		X										
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	X		X									X	U
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X									X	S
	U	F	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	X	X	X	X									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	X		X										
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Montale	X	X	X								X	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	S
Zona costiera	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	X		X										
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X	X									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X										
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	X		X										
Zona pianure costiere	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			X								X	R	
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	X	X	X										
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X								
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	X		X	X	X	X	X	X	X	X			
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	X		X		X								
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	X		X			X	X	X	X	X	X		
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	X		X										
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X										
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X										
	Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X								
U		F	LU	Lucca	LU-San Concordio	X		X		X	X	X	X	X	X			
U		T	LU	Lucca	LU-Micheletto	X		X										
R		F	LU	Lucca	LU-Carignano			X									X	S
Zona collinare e montana	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X								X	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	X	X	X	X									
	S	F	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	X		X	X	X(1)							X	S
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	X		X	X	X(1)			X	X	X	X	X	S
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	X		X									X	R
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X			X							
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	X		X		X								
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	X		X										

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg - Rurale fondo regionale; (1) misura di H₂S e non SO₂;
 [X] parametro non ancora ufficializzato ma previsto nella RR in fase di approvazione e monitorato nel 2021

Oltre alla rete regionale, ARPAT gestisce anche la rete provinciale di monitoraggio, costituita dalle seguenti stazioni, la cui posizione è di seguito raffigurata:

1. AR-ENELSB-SANGIOVANNI (Urbana): Comune di San Giovanni Valdarno (AR);
2. AR-ENELSB-CASTELNUOVODEISABBIONI (Urbana di Fondo): Comune di Cavriglia (AR);
3. LI-POGGIO-SAN-ROCCO (Suburbana): Comune di Rosignano Marittimo (LI);
4. LI-ENI-STAGNO (Urbana Industriale): Comune di Collesalveti (LI).

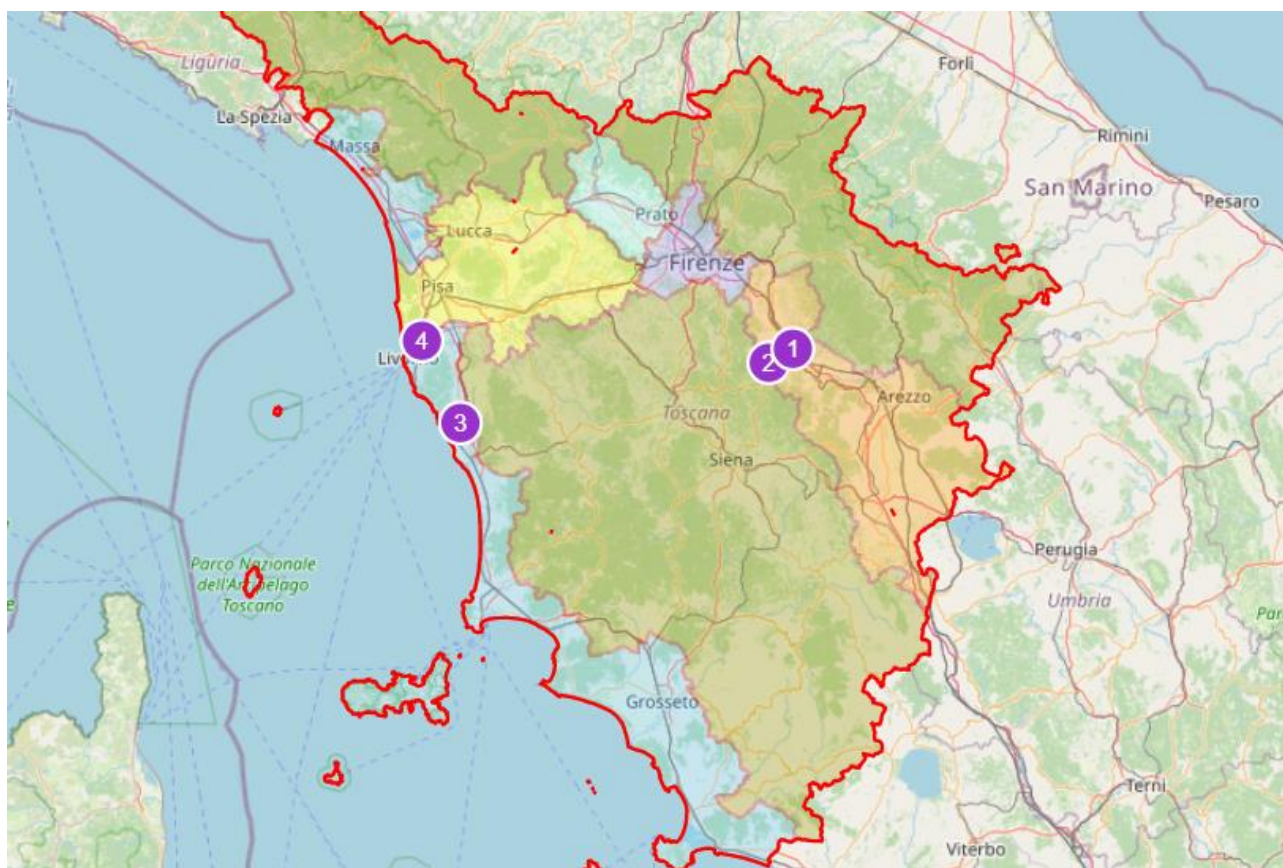


Figura 3-3 – Rete delle stazioni provinciali di monitoraggio

3.2 LIMITI NORMATIVI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Le concentrazioni di inquinanti stimate con il modello di dispersione CALPUFF sono state riferite agli indicatori della normativa vigente per la qualità dell'aria (Allegati XI e XII al D.Lgs. 155/2010), riportati nella seguente tabella.

Tabella 2: Tabella Limiti normativi per la valutazione della qualità dell'aria secondo D.Lgs 155/2010

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs 155/2010			
Biossido di azoto NO₂	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/m ³
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m ³
Ossidi di azoto NO_x	Livello critico per la protezione della vegetazione	1° ottobre ÷ 1° marzo	30 µg/m ³
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/m ³
Ozono O₃	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120 µg/m ³
Biossido di Zolfo SO₂	Valore limite orario	Numero di superamenti Media giornaliera (max 24 volte in un anno)	350 µg/m ³
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/m ³
	Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile; 1° ottobre ÷ 1° marzo	20 µg/m ³
Particolato atmosferico PM₁₀	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/m ³
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m ³
Particolato atmosferico PM_{2,5}	Valore limite annuale	Media annua	25 µg/m ³
Benzene C₆H₆	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/m ³
Benzo(a)pirene nel PM₁₀	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m ³
Metalli pesanti nel PM₁₀			
Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/m ³
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/m ³
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m ³
Piombo	Valore limite	Media annua	500 ng/m ³

Per le concentrazioni in aria ambiente di NH₃ la normativa nazionale ed europea non stabiliscono valori limite o standard da rispettare. Le Linee Guida WHO (Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000) stabiliscono il livello critico per l'ambiente per i composti azotati. I livelli critici sono basati su un'indagine di evidenze scientifiche pubblicate di effetti fisiologici ed ecologicamente importanti solo sulle piante, in particolare acidificazione ed eutrofizzazione. Il livello critico fissato per l'NH₃ è di 270 µg/m³ come media giornaliera.

Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l'NH₃, mentre sono fissate le soglie di esposizione professionale (TLV-TWA: 25 ppm, pari a 17 mg/m³; TLV-STEL: 35 ppm, pari a 24 mg/m³) che risultano di almeno tre ordini di grandezza superiori rispetto alle concentrazioni usualmente registrate in campagne di monitoraggio di NH₃ in aria ambiente.



3.3 STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA ESISTENTE A LIVELLO REGIONALE

Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente in Toscana aggiornato al 2021, emerso dall'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità dell'aria forniti dalla Rete Regionale, conferma quanto emerso negli ultimi anni, indicando una situazione nel complesso positiva a livello regionale per il periodo 2018-2021 (Fonte: ARPAT 2019, 2020, 2021, 2022).

Anche nel 2021 la criticità più evidente è quella riscontrata nei confronti dei 2 valori obiettivo per l'ozono; altre riguardano i due inquinanti PM₁₀ ed NO₂ legate a situazioni particolari.

Di seguito, per ciascun inquinante, si riportano i risultati principali registrati presso le stazioni di monitoraggio della rete regionale per il periodo 2018-2021.

PM₁₀: il limite massimo pari a 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutti i siti, eccetto la stazione LU-Capannori di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, mentre il limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni.

PM_{2,5}: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della rete regionale.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni, eccetto la stazione FI-Gramsci di traffico dell'Agglomerato di Firenze, mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni. Nel periodo considerato non si è verificato alcun episodio di superamento della media oraria di 200 µg/m³.

Ozono: è confermata la criticità di questo parametro nei confronti di entrambi i valori obiettivo previsti dalla normativa. I valori del 2020 erano stati nettamente più bassi dei valori medi degli ultimi precedenti anni e nel 2021 le concentrazioni monitorate sono risultate inferiori per il secondo anno consecutivo, in particolare nel periodo estivo. Nel 2021 la soglia di attenzione e quella di allarme non sono mai state superate.

CO, SO₂ e benzene: per il periodo considerato, i monitoraggi hanno confermato l'assoluta assenza di criticità ed il pieno rispetto dei valori limite.

Benzo(a)pyrene: nel 2020 e 2021 si conferma il pieno rispetto dei valori obiettivo.

Metalli pesanti: i monitoraggi hanno confermato l'assenza di criticità per As, Cd, Ni e Pb ed il pieno rispetto dei valori limite per il Piombo e dei valori obiettivo per Arsenico, Nichel e Cadmio.



3.4 STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA ESISTENTE A LIVELLO LOCALE

Per la caratterizzazione della qualità dell'aria dell'area di studio, si fa riferimento ai risultati riportati nei rapporti annuali per l'area costiera redatti da ARPAT con riferimento particolare al triennio 2019-2021 (Fonte: ARPAT 2020, 2021, 2022) e ai dati reperibili presso il sito istituzionale di ARPAT, per gli anni precedenti (ARPAT - Archivio storico dati orari di qualità dell'aria).

In particolare, sono state prese in considerazione 3 stazioni appartenenti alla Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della città di Livorno (LI-Cappiello, LI-La Pira e LI-Carducci) e una stazione della Rete Provinciale di Monitoraggio (LI-ENI-Stagno), situata nelle vicinanze della Raffineria di Livorno e attiva dal 2018.

Nella seguente tabella si fornisce una descrizione delle stazioni di monitoraggio poste in prossimità dell'area di interesse, in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana.

In Figura 3-4 è riportata la localizzazione geografica delle 4 centraline meteo di riferimento per la città di Livorno.

Tabella 3: Caratteristiche stazioni di monitoraggio ed inquinanti misurati dalla rete regionale

Stazione	Rete	Zona	Tipo stazione	Inquinanti monitorati
Livorno Cappiello	Regionale	Urbana	Fondo	PM ₁₀ , P _{2.5} , NO ₂
Livorno Carducci	Regionale	Urbana	Traffico	PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , CO
Livorno La Pira	Regionale	Urbano	Fondo	PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, Benzene, IPA, As, Ni, Cd, Pb
Livorno ENI-Stagno	Provinciale	Urbana/Industriale	Fondo	PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , H ₂ S, SO ₂ , BTEX

Per ciascun parametro di interesse, i seguenti paragrafi descrivono lo stato della qualità dell'aria attuale, riportando laddove possibile un confronto tra la stazione di LI-ENI-Stagno, la più prossima alla Raffineria, e le altre stazioni presenti nell'area di interesse.



Figura 3-4: Localizzazione delle centraline di Qualità dell'Aria nell'area di interesse

3.4.1 Biossido di Azoto (NO₂)

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

I valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) per il biossido di azoto, ovvero il numero massimo di 18 superamenti all'anno per le medie orarie con concentrazione superiore a 200 µg/m³ e la media annuale di 40 µg/m³, sono stati confrontati con gli indicatori calcolati sui dati registrati nel 2021.

Dalle seguenti tabelle risulta che dal 2011 al 2021 il trend delle medie annuali di biossido di azoto degli ultimi anni tende alla diminuzione e, in particolare, dal 2015 in poi in tutte le stazioni di interesse non è mai stato superato il valore limite per la media annuale e la media oraria.

Tabella 4: NO₂ – superamenti valore orario di 200 µg/m³ – Andamenti 2011-2021

N° superamenti media oraria di 200 µg/m ³												Media 2019-2021
V.L. = 18 gg/anno												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno ENI Stagno	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
Livorno Cappelletto	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Livorno Carducci	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Livorno La Pira	-	-	-	*	0	0	0	0	0	0	0	0

* efficienza analizzatore <90% - parametro non attivo

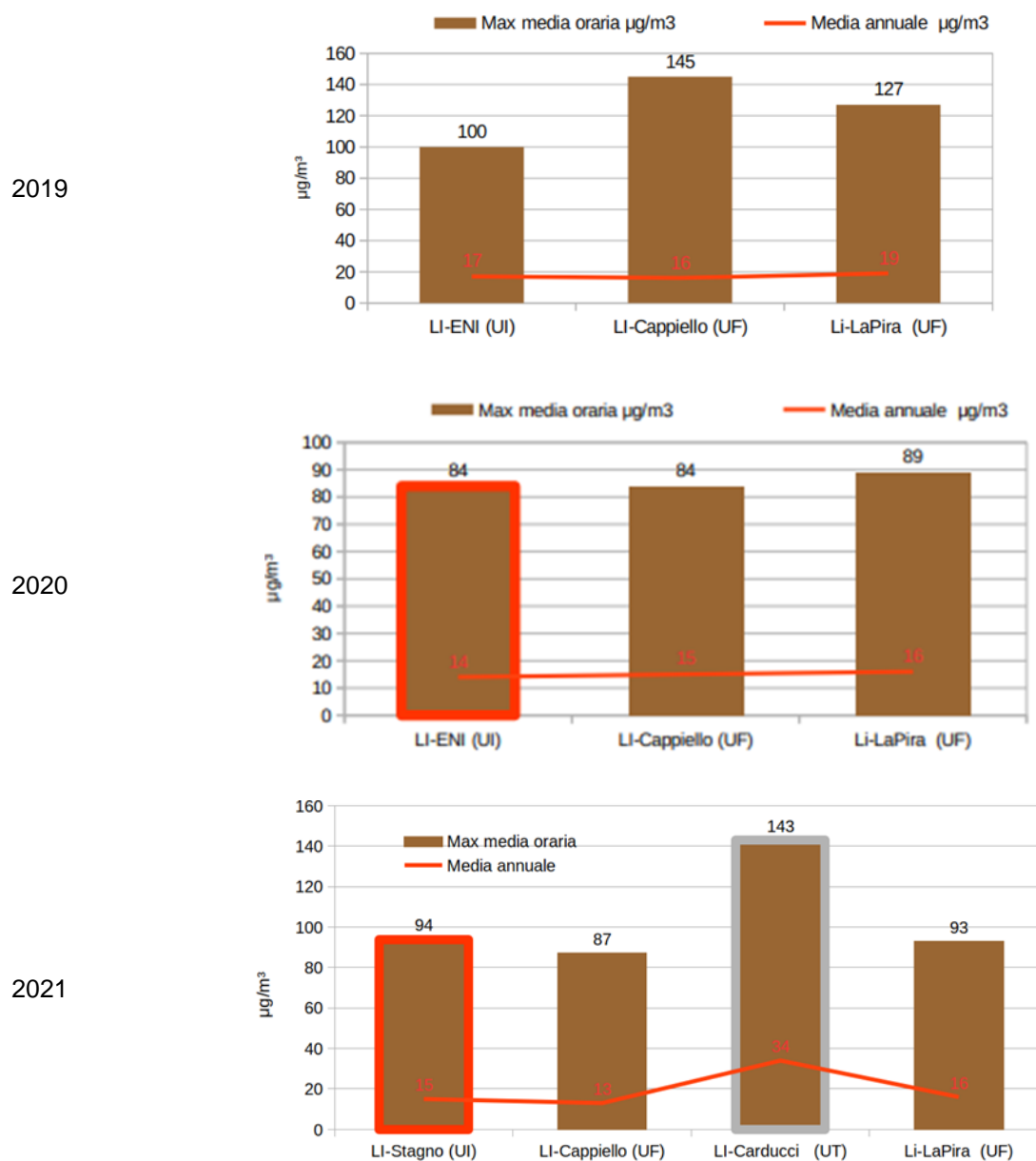
Tabella 5: NO₂ – Medie annuali - Andamenti 2011-2021

Medie annuali in µg/m ³												Media 2019-2021
V.L. = 40 µg/m ³												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno ENI Stagno	-	-	-	-	-	-	-	17	17	14	15	15,3
Livorno Cappelletto	*	26	29	19	19	16	16	14	16	15	13	14,6
Livorno Carducci	48	60	50	41	40	33	36	39	*	33	34	33,5
Livorno La Pira	-	-	-	*	23	21	22	17	19	16	16	17

* efficienza analizzatore <90% - parametro non attivo

Per il parametro NO₂, i valori medi annuali di concentrazione registrati presso la stazione di LI-ENI-STAGNO risultano compresi tra 14 e 17 µg/m³, molto contenuti e paragonabile alle medie delle altre due stazioni di fondo comunali. Stessa considerazione per la massima media oraria registrata. Anche presso la stazione di LI-ENI-STAGNO, analogamente a quanto osservato per le altre, non si è verificato alcun superamento della media oraria di 200 µg/m³ e i valori limite nazionali e i valori guida sono rispettati.

Figura 3-5: NO₂ – Stazione di LI-ENI-STAGNO a confronto con le altre del comune di Livorno (2019-2021)



3.4.2 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2,5})

PM₁₀

Con il termine PM₁₀ si fa riferimento al materiale particolato con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM₁₀ sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi, etc.

I dati nelle tabelle seguenti mostrano che i valori medi di PM₁₀ negli ultimi 10 anni sono stati sempre inferiori al limite di legge per tutte le stazioni di interesse (40 µg/m³).

Dall'esame dei dati riportati nelle successive tabelle risulta che dal 2011 in tutte le stazioni di interesse non è mai stato superato il limite di 35 superamenti annui del limite della media giornaliera (50 µg/m³). Alcuni superamenti sono stati riscontrati nella sola stazione di traffico urbano di Li-Carducci, con un trend in diminuzione che ha portato nell'ultimo triennio ad un solo superamento per gli anni 2019-2020 e a nessun superamento nel 2021.

Tabella 6: PM₁₀ – media annuale – Andamenti 2011-2021

Medie annuali (ug/m ³)												Media 2019- 2021
V.L. = 40 ug/m ³												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno ENI Stagno	-	-	-	-	-	-	-	19	17	19	18	18
Livorno Carducci	28	27	23	23	25	24	23	23	23	22	20	21,7
Livorno Capiello	-	-	-	17	18	18	17	17	17	16	16	16,3
Livorno La Pira	-	-	-	-	21	19	19	18	18	17	17	17,3

- parametro non attivo

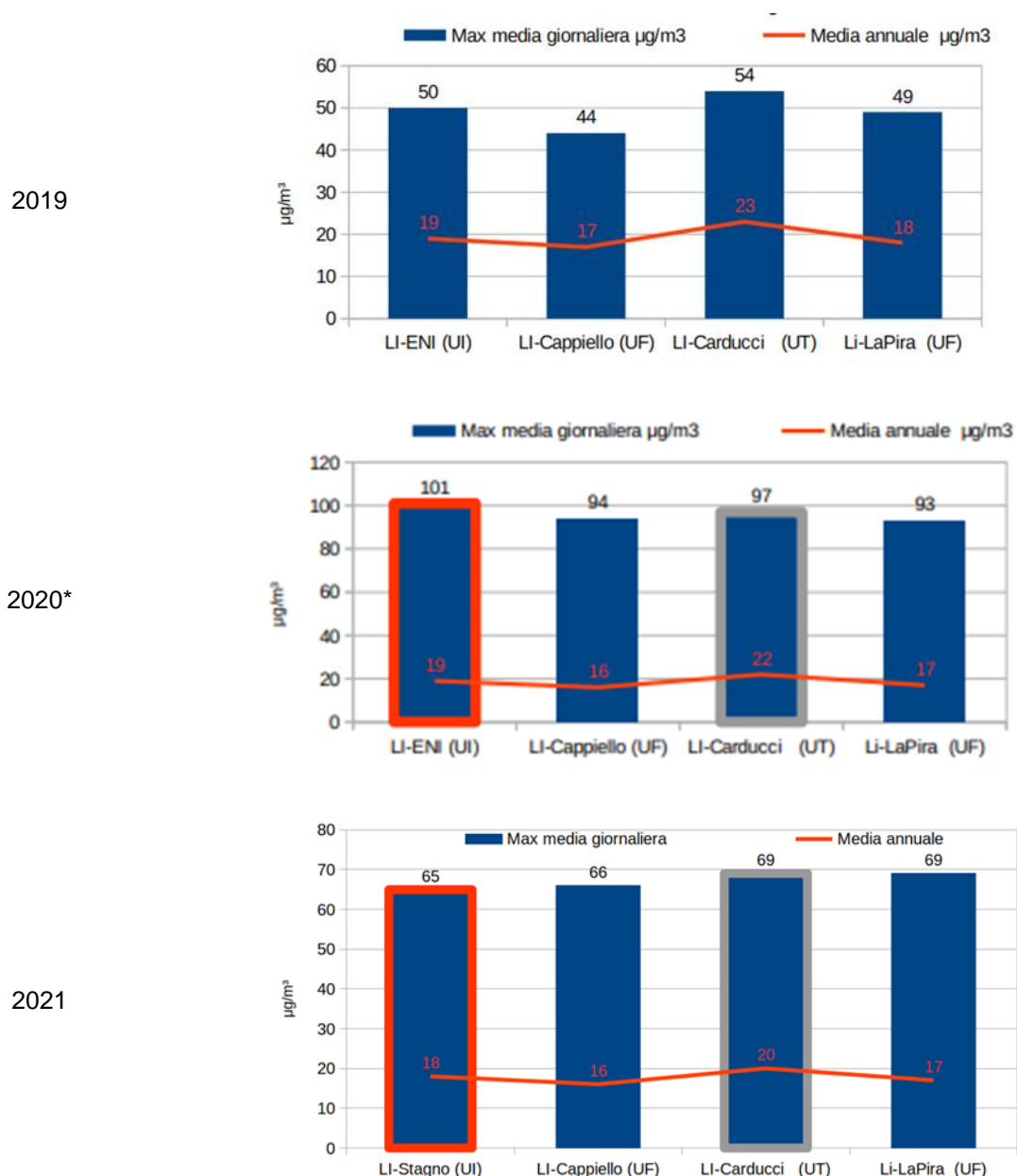
Tabella 7: PM₁₀ – superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ – Andamenti 2011-2021

N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³												Media 2019-2021
V.L. = 35 gg/anno												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno ENI Stagno	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0,3
Livorno Capiello	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Livorno Carducci	7	4	1	0	2	2	2	0	1	1	0	0,7
Livorno La Pira	-	-	-	-	*	0	0	0	0	0	0	0

* efficienza minore del 90% , - parametro non attivo.

Per il parametro PM₁₀ (Figura 3-6), il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di LI-ENI-STAGNO è stato molto contenuto e compreso nel range delle concentrazioni medie registrate presso le stazioni della rete regionale. La massima media giornaliera di PM₁₀ è stata in linea con quelle registrate dalle altre stazioni. Presso la stazione di LI-ENI-STAGNO sono stati rispettati i valori limite del D.Lgs.155/10 ed anche i valori guida OMS (media annuale 20 µg/m³, max 3 superamenti annui della media giornaliera di 50 µg/m³), come per le altre stazioni di fondo del comune di Livorno.

Figura 3-6: PM₁₀ – Stazione LI-ENI-STAGNO a confronto con le altre del comune di Livorno (2019-2020)



**Nota: le massime medie giornaliere riportate in figura per l'anno 2020 sono comprensive dei contributi dati dalle fonti naturali, e non concorrono al calcolo del numero di superamenti del limite normativo come previsto dall'applicazione della normativa europea.*

PM_{2,5}

Il termine PM_{2,5} identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 2,5 µm, una frazione di dimensioni aerodinamiche minori del PM₁₀ e in esso contenuta. Il particolato PM_{2,5} è detto anche 'particolato fine', denominazione contrapposta a 'particolato grossolano', che indica tutte quelle particelle sospese con diametro maggiore di 2,5 µm o, all'interno della frazione PM₁₀, quelle compreso tra 2,5 e 10 µm. Sorgenti del particolato fine sono un po' tutti i tipi di combustione, inclusi quelli dei motori di auto e motoveicoli, degli impianti per la produzione di energia, della legna per il riscaldamento domestico, degli incendi boschivi e di molti altri processi industriali. Anche il particolato PM_{2,5} è in parte emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM_{2,5} primario) ed è in parte formato attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM_{2,5} secondario). Si può sostenere senza troppa approssimazione che tutto il particolato secondario all'interno del PM₁₀ (e che ne rappresenta spesso la quota dominante) sia costituito in realtà da particelle di PM_{2,5}.

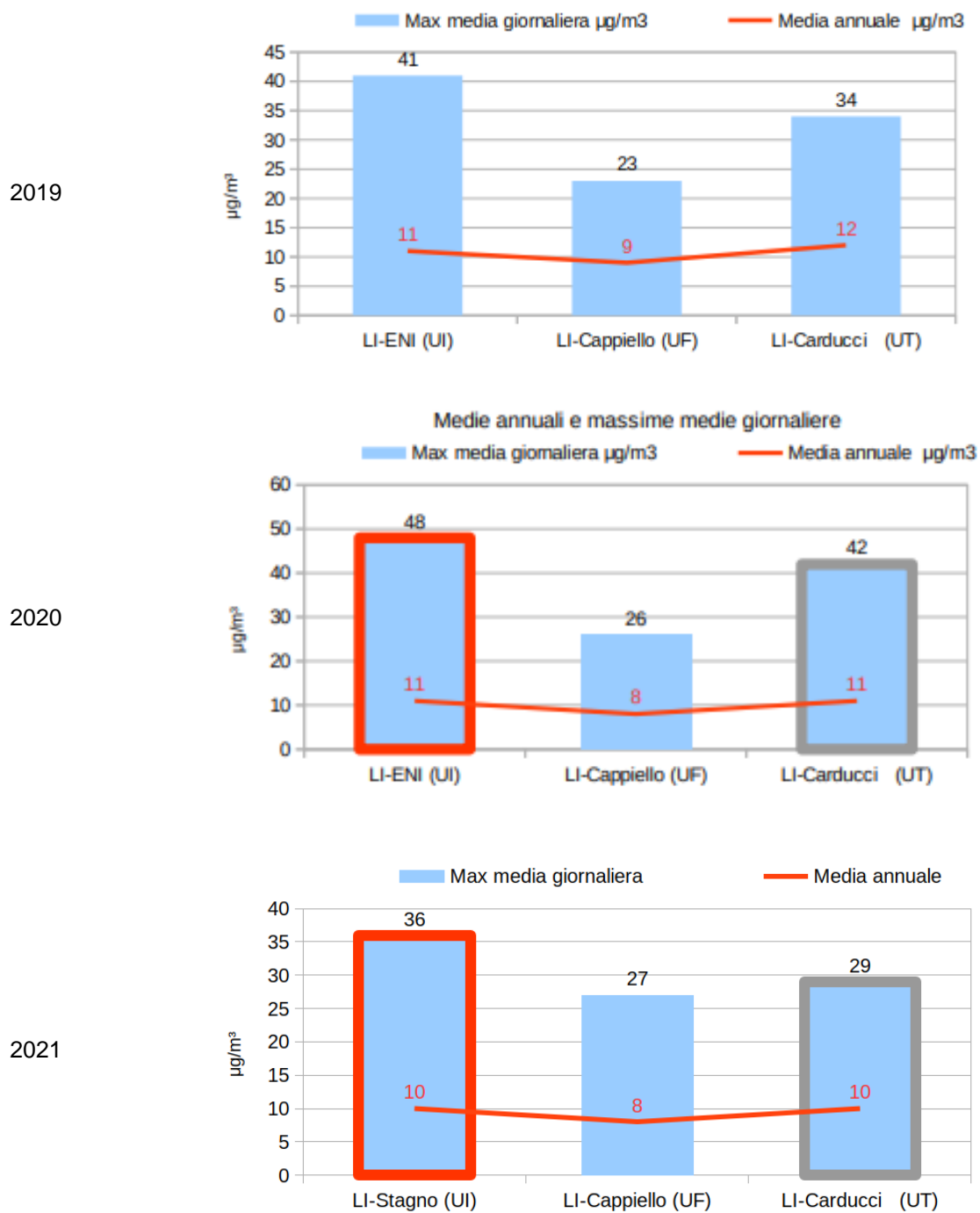
La tabella seguente evidenzia come le medie annuali di PM_{2,5} registrate dalle stazioni di interesse nell'ultimo decennio siano state inferiori al limite del D.lgs 155/2010 con un leggero trend di diminuzione.

Tabella 8: PM_{2,5} - Medie annuali - Andamenti 2011-2021

Medie annuali µg/m ³												Media 2019- 2021
V.L. = 25 µg/m ³												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno ENI Stagno	-	-	-	-	-	-	-	11	11	11	10	10,7
Livorno Cappiello	-	-	-	9	11	10	9	9	9	8	8	8,3
Livorno Carducci	16	14	13	13	15	13	13	13	12	11	10	11
- parametro non attivo												

Come per il PM₁₀ anche per il PM_{2,5}, il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di interesse locale è stato molto contenuto (valori compresi tra 10-11 µg/m³) e dai grafici sotto riportati si evince che tale valore è paragonabile alle concentrazioni medie registrate presso le altre stazioni. Il limite di 25 µg/m³ stabilito del D.Lgs. 155/10 risulta pertanto rispettato.

Figura 3-7: $PM_{2.5}$ – Stazione LI-ENI-STAGNO a confronto con le altre del comune di Livorno (2019-2021)



3.4.3 Biossido di Zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas incolore, dall'odore acre e pungente e molto solubile in acqua. È un inquinante primario che, una volta immesso in atmosfera, permane inalterato per alcuni giorni e può essere trasportato a grandi distanze. Il biossido di zolfo contribuisce sia al fenomeno dell'inquinamento transfrontaliero, sia alla formazione di deposizioni acide, secche e umide e alla formazione di PM secondario. Le principali sorgenti sono gli impianti di produzione di energia, gli impianti termici di riscaldamento, alcuni processi industriali e in minor misura, il traffico veicolare, con particolare riferimento ai motori diesel.

I dati riportati evidenziano per le stazioni di interesse che i valori di SO₂ si sono mantenuti costantemente molto contenuti negli ultimi anni, senza che si siano mai verificati superamenti né del valore limite per la media giornaliera, né del valore limite per la media oraria.

Tabella 9: SO₂ – Andamenti dei valori medi annuali 2011-2021

Media annuale massima µg/m ³ Valore critico per la protezione della Vegetazione = 20 µg/m ³												Media 2019- 2021
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
LI-ENI-STAGNO	-	-	-	-	-	-	-	3	3	2	3	2,7
Livorno La Pira	-	-	-	*	4	5	3	3	1	0	2	1

* efficienza minore del 90%, - parametro non attivo.

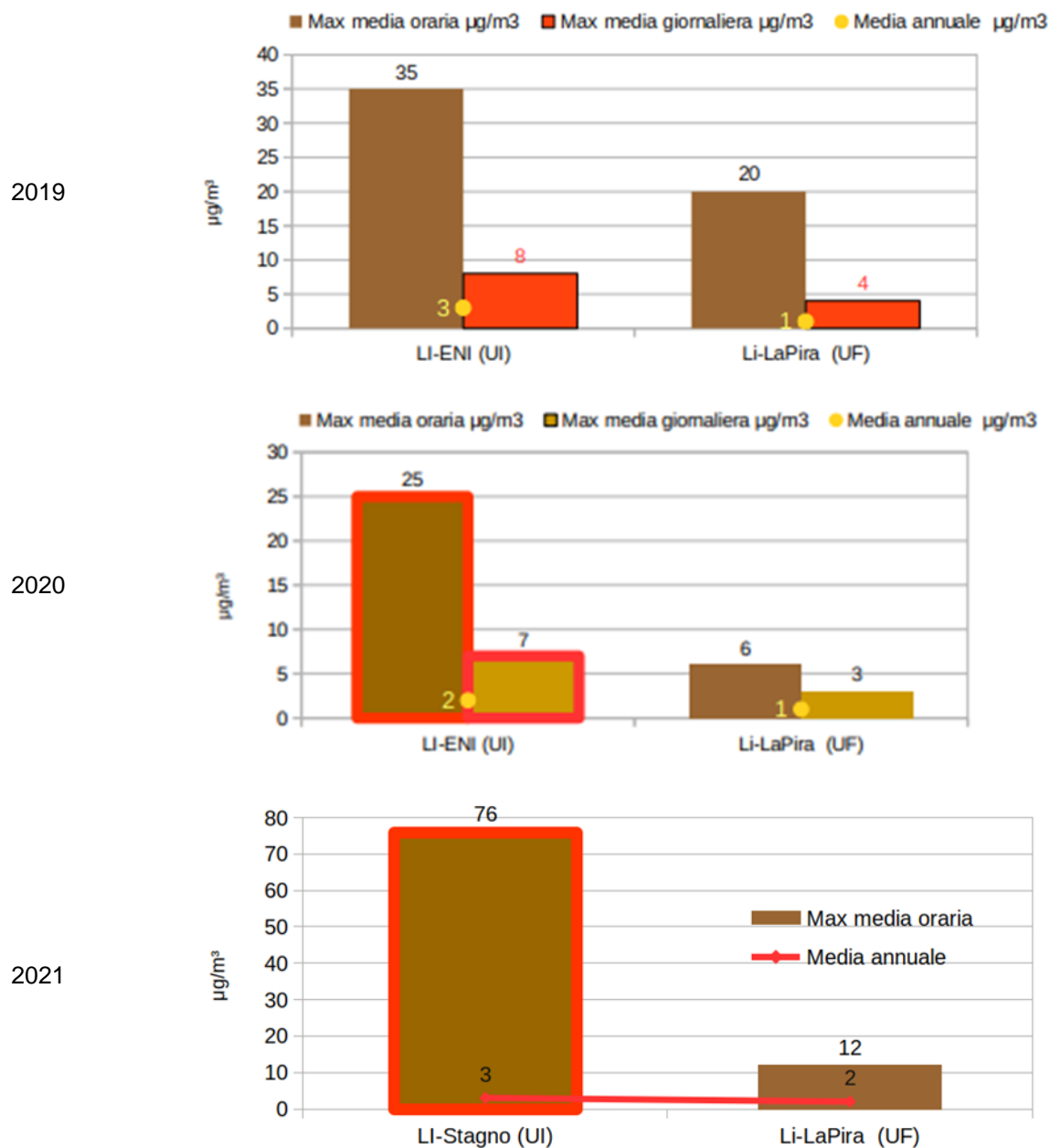
Tabella 10: SO₂ – Massimi registrati dalle stazioni di interesse - anni 2018-2021

Stazione	Anno	Valore orario massimo µg/m ³ VL 350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)	Valore giornaliero massimo µg/m ³ VL 125 µg/m ³ (da non superare più di 3 volte per anno civile)
LI-ENI-STAGNO	2018	65	18
	2019	35	8
	2020	25	7
	2021	76	*
Livorno La Pira	2018	24	3
	2019	20	4
	2020	6	3
	2021	12	*

* dato non disponibile

Presso la stazione di LI- ENI-STAGNO i valori medio annuale, medio massimo giornaliero (non disponibile per il 2021) e massimo medio orario di SO₂ sono stati molto contenuti rispetto ai limiti di legge anche se sempre superiori ai valori registrati presso la stazione LI LaPira, come si evince dalla figura seguente.

Figura 3-8: SO₂ – Stazione LI-ENI-STAGNO a confronto con la Stazione LI-La Pira (2019-2021)



3.4.4 Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è prodotto quasi esclusivamente dalle emissioni allo scarico dei veicoli a motore ed è caratterizzato da un forte gradiente spaziale. Questo inquinante non rappresenta un problema per la qualità dell'aria in Toscana, si continua infatti cautelativamente a rilevarne le concentrazioni solo in alcuni siti da traffico, dove gli indicatori indicano che comunque i limiti di legge sono ampiamente rispettati già da diversi anni.

La seguente tabella conferma che negli ultimi anni la massima media giornaliera su 8 ore si è mantenuta ben al di sotto dei valori limite di normativa presso la stazione Livorno Carducci, unica stazione tra quelle in analisi che rileva tale inquinante.

Tabella 11: CO Medie annuali - Andamenti 2011-2021 per le stazioni di rete regionale

Media massima giornaliera di 8 ore												Media 2019- 2021
V.L. = 10 µg/m³												
Stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Livorno Carducci	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5	2,4	2,3	2,4



4. DATI DI INPUT DEL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

Per la valutazione di impatto sulla qualità dell'aria, mediante simulazione di dispersione in atmosfera e ricaduta al suolo, è stato utilizzato il modello di dispersione CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto della California Air Resources Board (CARB) ed inserito nei modelli raccomandati dall'U.S Environmental Protection Agency (US EPA), che rappresenta di fatto lo standard più largamente adottato nella valutazione della dispersione di sostanze in atmosfera. Nei seguenti capitoli si riporta in dettaglio lo sviluppo dello studio diffusionale.

4.1 CALPUFF MODEL SYSTEM

Il sistema integrato di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM è stato sviluppato dalla Earth Tech Inc per conto della California Air Resources Board (CARB). Tale sistema di modelli è composto da tre componenti:

- **CALMET**: È il preprocessore meteorologico di tipo diagnostico in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali (superficiali) di parametri quali, ad esempio, altezza di mescolamento, caratteristiche superficiali e parametri dispersivi. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso step successivi a partire da un campo di vento iniziale rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Il codice è inoltre dotato di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.
- **CALPUFF**: È un modello Lagrangiano Gaussiano a "puff", non stazionario, le cui caratteristiche principali sono:
 - capacità di trattare sorgenti puntuali, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc);
 - notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio della simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
 - capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente quali transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso) ecc;
 - capacità di trattare situazioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
 - capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;



- possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido e ad inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, in fenomeno di smog fotochimica ecc...

Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in pacchetti discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono sia dalle condizioni di rilascio che dalle condizioni meteorologiche locali.

Gli input di CALPUFF sono costituiti da:

- Dati meteorologici e territoriali, che vengono ricavati dal file di output del preprocessore CALMET, comprendente i dati orari dei parametri meteorologici, i campi tridimensionali di vento e temperatura, nonché dati geofisici quali altimetria, rugosità del terreno, uso del suolo;
- Dati emissivi, comprendenti le fonti di emissione (schematizzate in sorgenti puntuali, lineari e areali) e i relativi quantitativi di inquinanti emessi;

Il principale output di CALPUFF contiene, per ciascun inquinante analizzato, le concentrazioni o le deposizioni orarie valutate ad ogni recettore sensibile impostato.

- CALPOST: elabora l'output del modello di simulazione CALPUFF costituito da una serie di matrici contenenti i valori orari delle concentrazioni degli inquinanti esaminati in corrispondenza della griglia di calcolo. La funzione di questo post processore è quella di gestire l'output di CALPUFF in funzione delle proprie esigenze per ricavare i parametri di interesse: ad esempio, i valori di concentrazione massima oraria o di media annua, calcolo dei percentili, ecc. Inoltre, CALPOST è in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2000a).

Le simulazioni modellistiche sono state condotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- area di studio con orografia semplice (Opzione *Complex Terrain* disattivata);
- opzione *partial plume penetration* per il trattamento delle inversioni termiche in quota;
- utilizzo dei coefficienti di dispersione (σ_v e w) calcolati internamente a partire da variabili continue micrometeorologiche (MDISP=2);
- disattivazione degli effetti di deposizione secca e umida;
- considerazione degli effetti di downwash (algoritmi BPIP).
- attivazione dell'effetto di *stack tip downwash* (MTIP): se il rapporto tra la velocità di uscita del gas dal camino e la velocità del vento ambientale è inferiore a 1,5, il pennacchio può essere trascinato sottovento al camino. Questa opzione fa sì che l'altezza del camino venga modificata per adattarsi a questo effetto.

4.2 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

Il regime dei venti dell'area di studio è stato caratterizzato utilizzando i dati meteorologici¹ dell'anno solare 2020. I dati utilizzati sono stati forniti da LaMMA² (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile), un consorzio pubblico tra la Regione Toscana e il Consiglio Nazionale delle Ricerche. Di seguito si riporta la rosa dei venti e la distribuzione della frequenza delle classi di vento (media annuale 3,22 m/s), ottenuti a valle della ricostruzione del campo meteorologico tramite il modello CALMET (Scire et al., 2000b), che descrive, su base annuale, il regime dei venti all'interno dell'area oggetto di analisi (Raffineria Eni di Livorno).

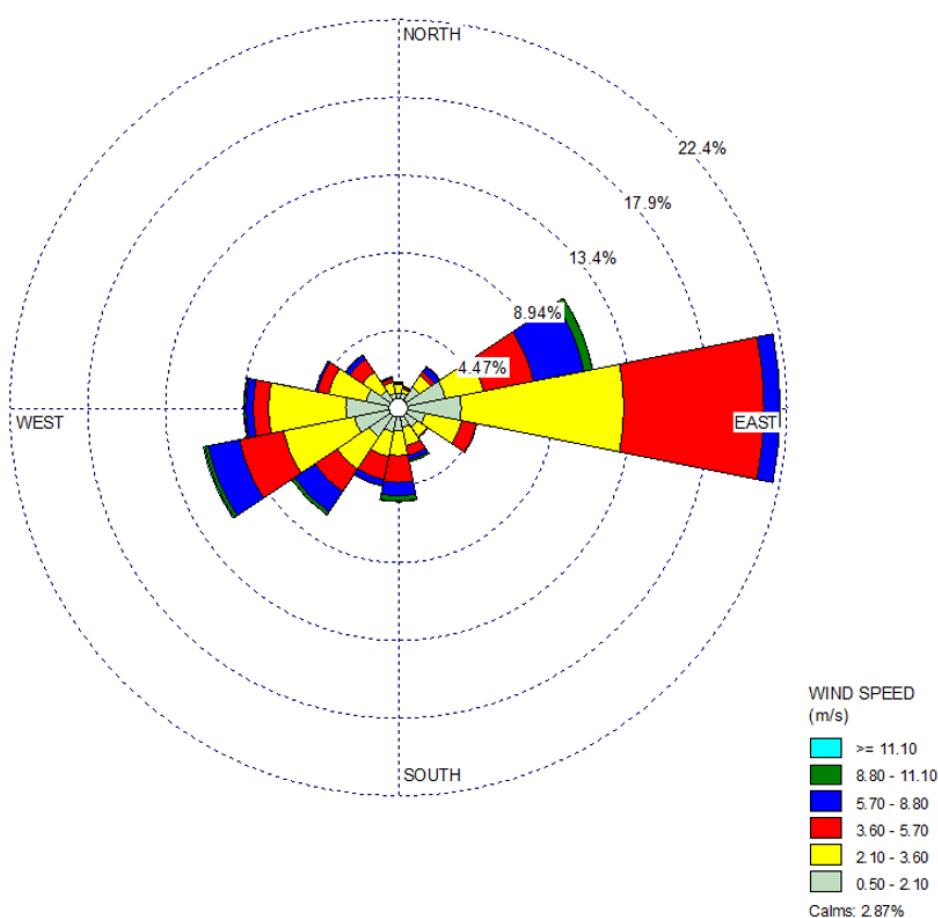


Figura 4-1 – Rosa dei venti presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

¹ Il dataset utilizzato risulta completo per tutti i giorni ad eccezione dei seguenti periodi: 20-22 maggio, 7-10 agosto e 31 dicembre. Per colmare tali gap del dataset meteo (pari complessivamente al 2% delle ore annue), si è proceduto con il metodo della sostituzione, replicando i dati dei corrispettivi periodi temporali immediatamente antecedenti a disposizione.

² <http://www.lamma.rete.toscana.it/mare/modelli/vento-e-mare>

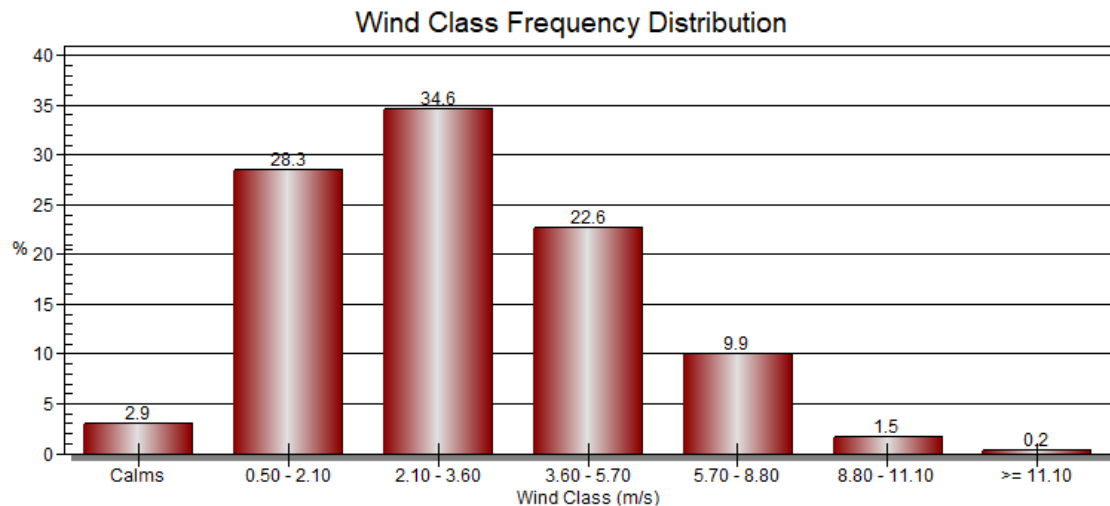


Figura 4-2 – Distribuzione della frequenza delle classi di vento presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

Di seguito nel paragrafo vengono mostrate le rose dei venti e le distribuzioni di frequenza delle classi di vento basate su un arco di tempo stagionale. Nel periodo invernale (dicembre - gennaio - febbraio) la velocità media del vento è di 3,58 m/s. In primavera (marzo - aprile - maggio) si registra una velocità del vento pari a circa 3,42 m/s. Per quanto riguarda il periodo estivo (giugno - luglio - agosto) la velocità media è di 2,71 m/s, segnando un calo rispetto ai mesi precedenti. In fine, in autunno (settembre – ottobre – novembre) si registra una media di velocità di 3,71 m/s, in crescita rispetto al periodo precedente.

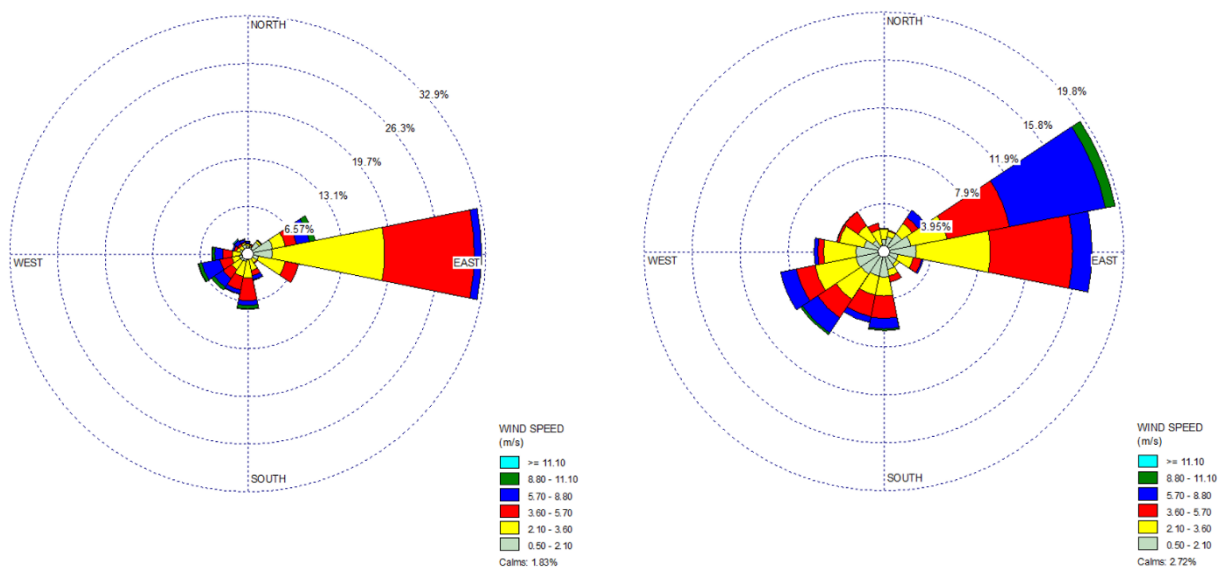


Figura 4-3 – Rose dei venti presso la Raffineria di Livorno: sinistra inverno, destra primavera (anno di riferimento 2020)

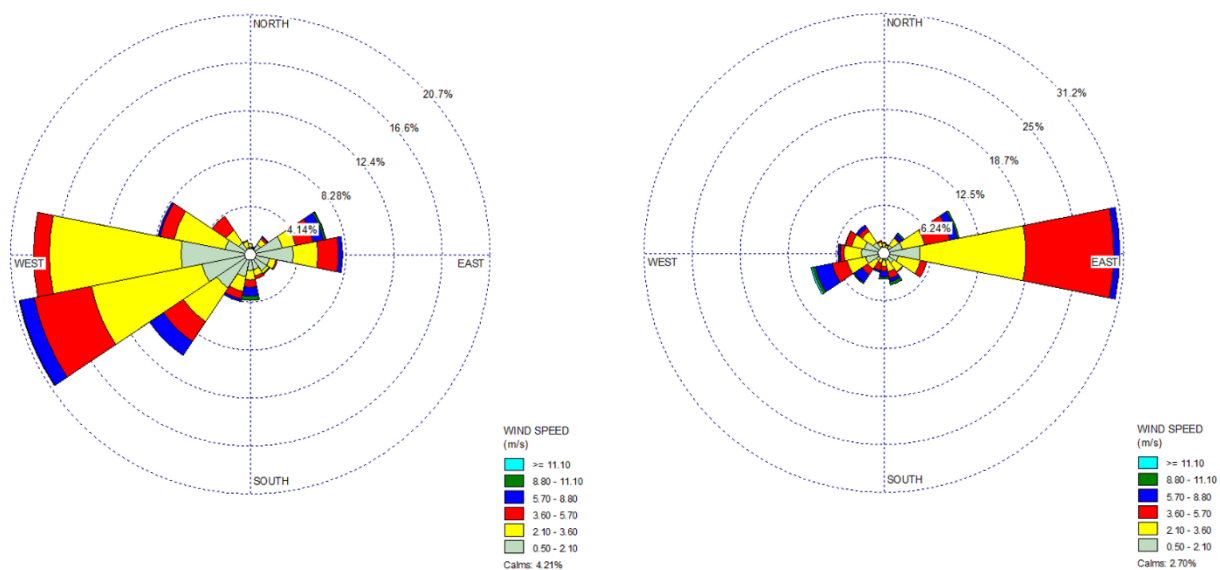


Figura 4-4 – Rose dei venti presso la Raffineria di Livorno: sinistra estate, destra autunno (anno di riferimento 2020)

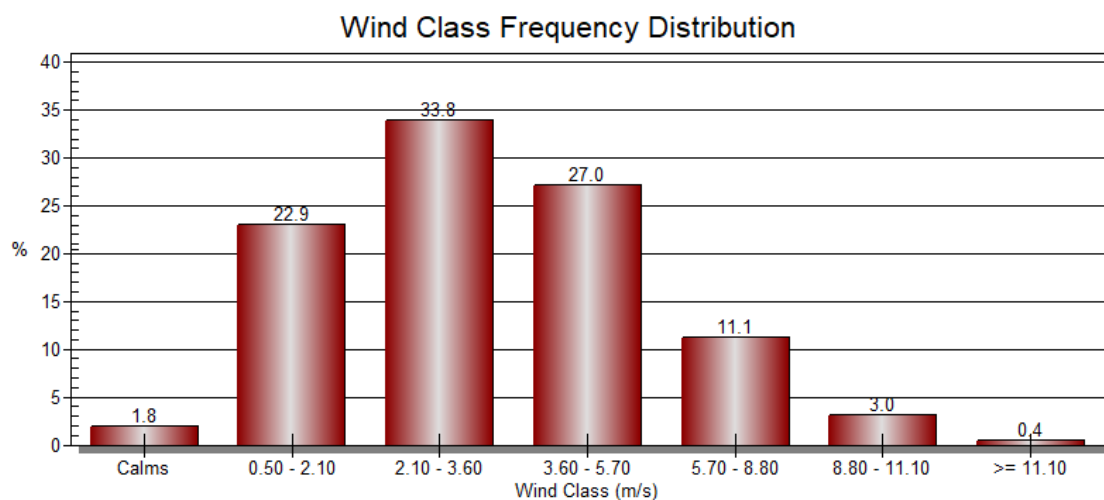


Figura 4-5 – Distribuzione della frequenza delle classi di vento invernali presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

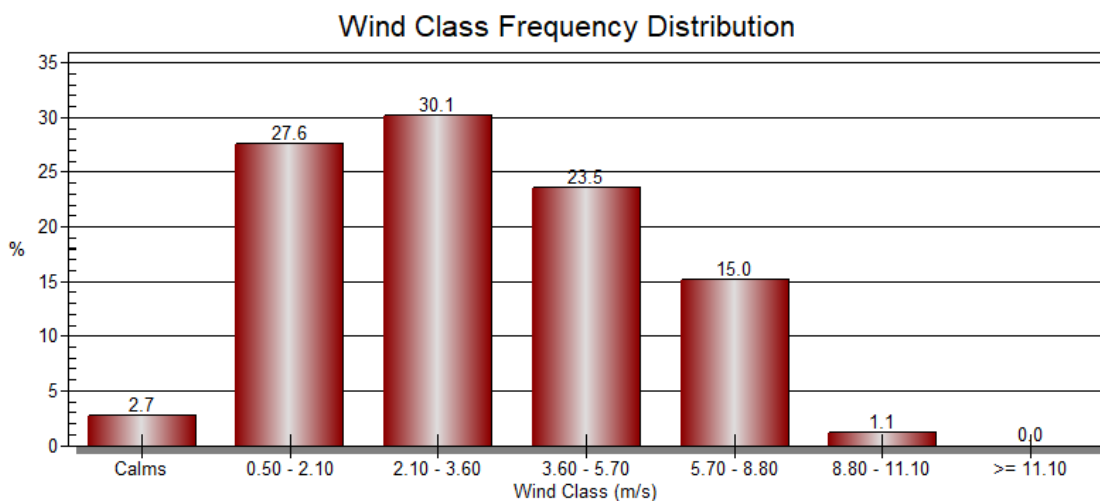


Figura 4-6 – Distribuzione della frequenza delle classi di vento primaverili presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

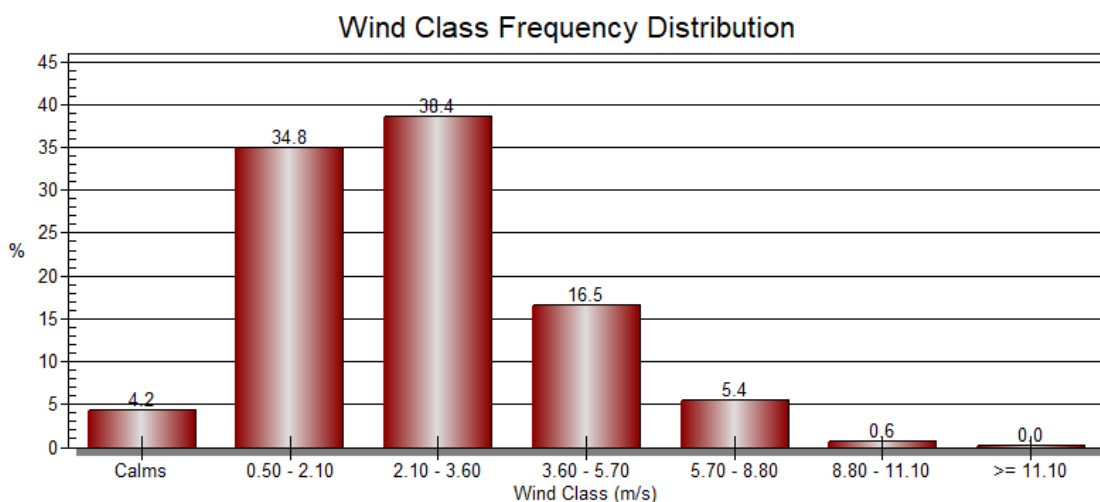


Figura 4-7 – Distribuzione della frequenza delle classi di vento estive presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

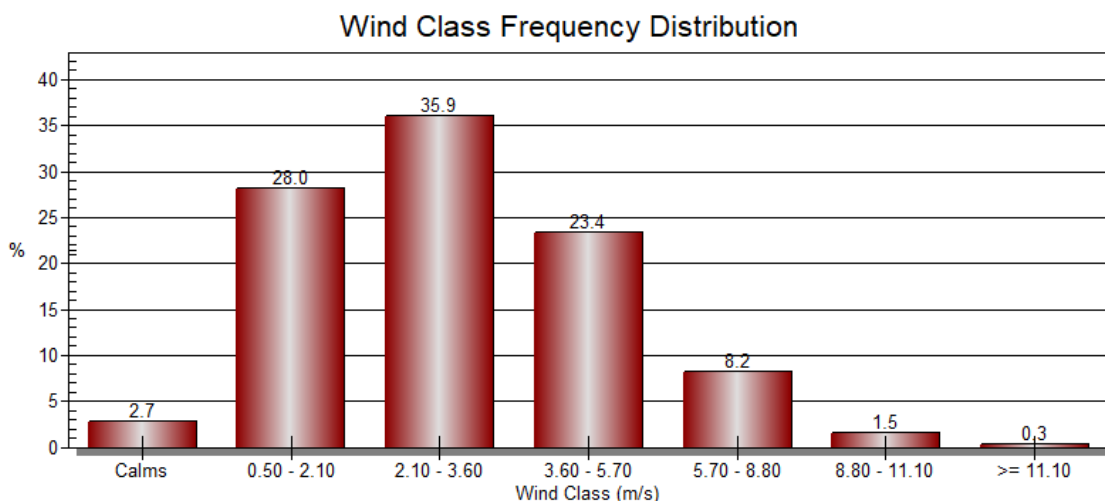


Figura 4-8 – Distribuzione della frequenza delle classi di vento autunnali presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)

Nel seguente grafico vengono inoltre riportate le classi di stabilità atmosferica, basate su un arco di tempo stagionale, ottenute dalla simulazione CALMET.

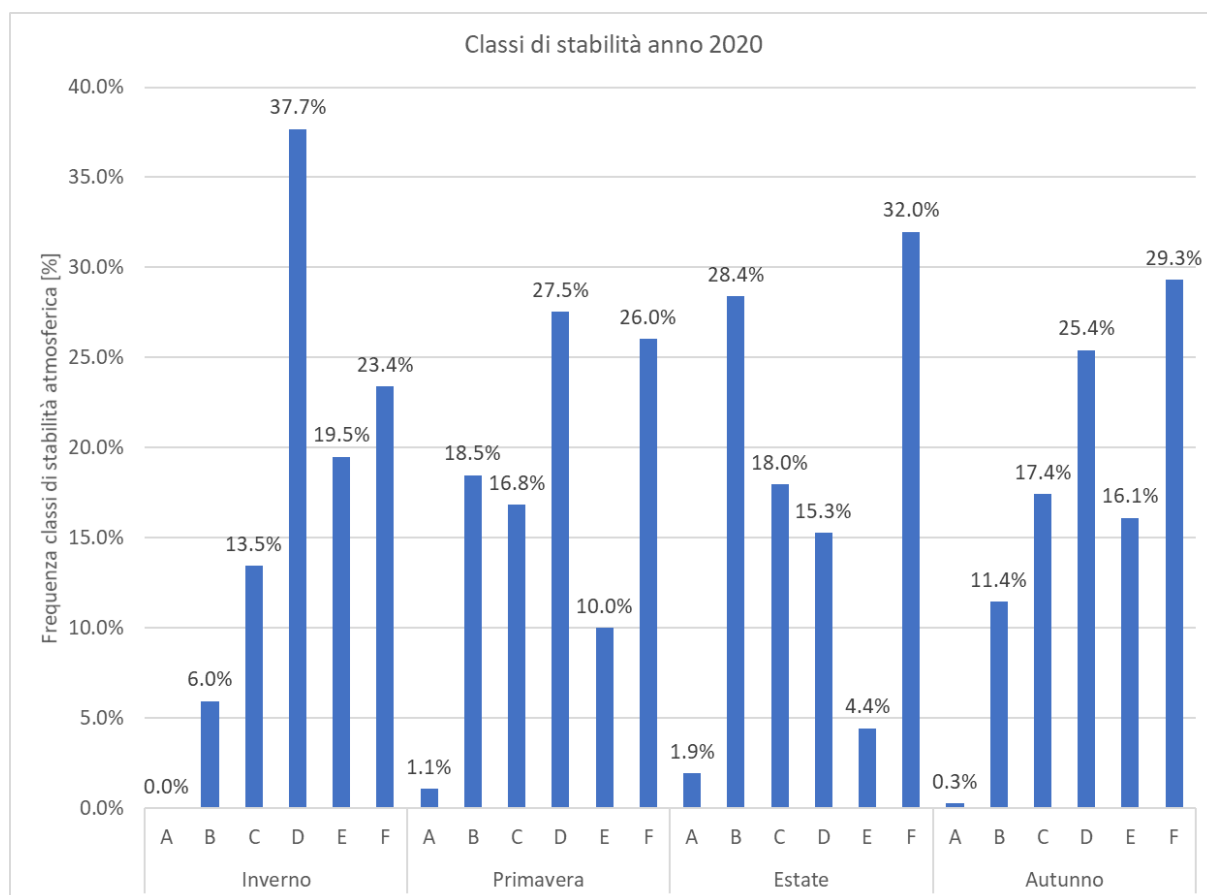


Figura 4-9 – Distribuzione delle classi di stabilità presso la Raffineria di Livorno (anno di riferimento 2020)



4.3 SCENARI EMISSIVI ED INQUINANTI CONSIDERATI

Il presente studio è stato elaborato al fine di valutare il potenziale impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni convogliate della Raffineria di Livorno. In particolare, sono stati analizzati i seguenti scenari con riferimento alla massima capacità produttiva dell'installazione:

- **Sc.1 – Ante Operam**, come definito nei decreti AIA n. 32 del 02/02/2018 (Raffineria e TG4/Caldaia D) e n. 436 del 27/10/2021 (TG5/Caldaia E);
- **Sc.2 – Post Operam**, che vedrà integrare i cicli di produzione di carburanti, basi lubrificanti e prodotti solventi con un ciclo di produzione di biocarburanti.

Nello scenario Post Operam si considera in particolare l'assetto di raffineria più gravoso in termini di emissioni complessive annue per le più credibili condizioni operative, ossia, come descritto nella Sezione 5 dello SIA, quello che prevede le unità appartenenti alla sezione Carburanti in marcia, con la sola esclusione delle unità Topping, di desolforazione HD2, HD3 e HSW, e con uno solo dei due nuovi treni di SR della Bio-Raffineria in funzione, oltre ai due punti di emissione della nuova sezione Ecofining.

Per la valutazione delle ricadute determinate dai due differenti scenari emissivi sono stati considerati i seguenti inquinanti:

- Polveri/PM₁₀/PM_{2,5}
- NO_x/NO₂
- SO₂
- CO
- NH₃³

Le polveri emesse dall'impianto sono state cautelativamente equiparate ad emissioni di PM₁₀ e PM_{2,5}. Il biossido d'azoto (NO₂) è stato cautelativamente considerato pari alla totalità degli ossidi di azoto (NO_x). Nelle simulazioni non sono stati attivati cautelativamente gli algoritmi per il calcolo della deposizione secca e umida.

Le elaborazioni con CALPUFF sono state effettuate simulando un intero anno di emissioni massimali, considerando cautelativamente un funzionamento continuo per 366 giorni/anno⁴ e 24 h/giorno di tutte le sorgenti considerate.

³ assumendo l'abbattimento di NO_x al camino E32 (SR) tramite sistema DeNO_x con iniezione di urea.

⁴ L'anno di riferimento scelto per le simulazioni (2020) è un anno bisestile.

4.4 SORGENTI EMISSIVE

Le caratteristiche delle sorgenti emissive considerate per gli scenari di simulazione, rappresentative del funzionamento dell'installazione alla capacità produttiva relative ai due assetti di marcia analizzati, sono riassunte nelle seguenti tabelle in termini di caratteristiche geometriche e di parametri emissivi.

Tabella 12: Caratteristiche geometriche delle sorgenti emissive

Punto di emissione	Caratteristiche			Coordinate WGS84 UTM 33		Scenari di utilizzo
	Altezza (m)	Sezione (m ²)	Diametro (m)	Longitudine (X)	Latitudine (Y)	
E1 (TOPPING, HD3)	80	9.07	3.40	608047	4826479	1
E4 (PLAT, UNI1, HD2, HSW, ZOLFO1, ZOLFO2, SCOT)	90	6.15	2.80	607894	4826572	1,2
E5 (UNI2, ISOM)	60	8.29	3.25	607959	4826649	1,2
E6 (Caldaia C)	120	15.19	4.40	608260	4826523	1,2
E6 (TG4, Caldaia D)	120	15.19	4.40	608260	4826523	1,2
E6bis (TG5 + Caldaia E)	70	16.61	4.60	608232	4826444	1,2
E7 (VPS, FT 1, HOT OIL)	100	12.87	4.05	608234	4826783	1,2
E9 (HF 2)	25	0.27	0.59	608082	4826875	1,2
E10 (HF3)	29	0.47	0.77	608078	4826877	1,2
E11 (WAX VAC.)	23	0.27	0.59	608086	4826873	1,2
E30 (Ecofining)	42	4.90	2.5	607625	4826453	2
E31 (Ecofining)	42	8.03	3.2	607618	4826430	2
E32 (SR)	40	4.90	2.5	607790	4826471	2

Tabella 13: Caratteristiche emissive delle sorgenti simulate (Sc.1 – Scenario Ante Operam)

Punto di emissione	Portata	Temperatura		Velocità	Flussi di massa (g/s)				
	(Nm ³ /h)	(°C)	(K)	(m/s)	SO ₂	NO _x	CO	PLV = PM ₁₀	NH ₃
E1	66913	220,40	493,6	3,7	7,435	5,576	1,673	0,372	0,019
E4	94377	246,60	519,8	8,1	15,730	7,865	2,622	0,603	0,393
E5	17932	217,35	490,5	1,1	0,697	0,747	0,498	0,025	0,050
E6 (Caldaia C)	109697	185,00	458,2	3,4	0,609	3,047	1,524	0,152	0,030
E6 (TG4 + Caldaia D)	412249	185,00	458,2	12,6	2,290	9,161	3,435	0,573	0,115
E6bis (TG5 + Caldaia E)	1115701	150,00	423,2	28,9	1,550	18,595	7,748	1,550	0,310
E7	196471	192,30	465,5	7,2	32,745	16,373	5,458	1,255	0,819
E9	3288	334,85	608,0	7,5	2,429	0,099	0,091	0,005	0,009
E10	3554	243,65	516,8	4,0	2,873	0,176	0,099	0,005	0,010
E11	966	319,95	593,1	2,1	0,173	0,024	0,027	0,001	0,003
Flusso di massa complessivo simulato (g/s)					66,531	61,663	23,174	4,540	1,757
Flusso di massa complessivo simulato (t/anno)					2098	1945	731	143	55
I valori di concentrazione degli inquinanti impiegati nella simulazione sono stati desunti dall'AIA o sono stati stabiliti sulla base di assunzioni definite dal gestore, stimati per condizioni operative riconducibili alla massima capacità produttiva. In particolare, per i camini minori E9, E10 ed E11 sono state considerate le concentrazioni rappresentative di SO ₂ e NO _x riferite all'ultimo triennio 2019-2021.									

Tabella 14: Caratteristiche emissive delle sorgenti simulate (Sc.2 – Scenario Post Operam)

Punto di emissione	Portata	Temperatura		Velocità	Flussi di massa (g/s)				
	(Nm ³ /h)	(°C)	(K)	(m/s)	SO ₂	NO _x	CO	PLV = PM ₁₀	NH ₃
E4 ⁽¹⁾	80006	246,60	519,8	6,9	13,334	6,667	2,222	0,511	0,333
E5	17932	217,35	490,5	1,1	0,697	0,747	0,498	0,025	0,050
E6 (Caldaia C)	109697	185,00	458,2	3,4	0,609	3,047	1,524	0,152	0,030
E6 (TG4 + Caldaia D)	412249	185,00	458,2	12,6	2,290	9,161	3,435	0,573	0,115
E6bis (TG5 + Caldaia E)	1115701	150,00	423,2	28,9	1,550	18,595	7,748	1,550	0,310
E7	196471	192,30	465,5	7,2	32,745	16,373	5,458	1,255	0,819
E9	3288	334,85	608,0	7,5	2,429	0,099	0,091	0,005	0,009
E10	3554	243,65	516,8	4,0	2,873	0,176	0,099	0,005	0,010
E11	966	319,95	593,1	2,1	0,173	0,024	0,027	0,001	0,003
E30	24855	493,00	766,2	4,0	0,414	1,381	0,690	0,035	0,021
E31	38626	493,00	766,2	3,7	0,644	2,146	1,073	0,054	0,032
E32 ⁽²⁾	57857,5	173,00	446,2	5,4	0,964	0,161	1,607	0,080	0,129
Flusso di massa complessivo simulato (g/s)					58,723	58,577	24,472	4,245	1,860
Flusso di massa complessivo simulato (t/anno)					1852	1847	772	134	59
⁽¹⁾ Per il camino E4 si considera una portata ridotta rispetto allo scenario Ante Operam, a seguito della disattivazione delle unità HD2 e HSW.									
⁽²⁾ Per il camino E32 (Steam Reformer) la portata considerata è pari al 50% della portata massima prevista, in quanto l'assetto Post Operam in valutazione prevede il funzionamento di un solo treno di Steam Reforming e il mantenimento in esercizio delle unità di Platforming afferenti al camino E4.									

Si evidenzia il carattere altamente cautelativo delle simulazioni, che considerano per i camini esistenti il massimo quadro emissivo risultante dalle portate massime dei fumi dichiarati alla capacità produttiva e dai valori limite di emissione (VLE) in termini di concentrazione. Per completezza, l'analisi comprende anche il camino E6bis, attinente al gruppo TG5 e Caldaia E, oggetto di diversa AIA.

In particolare, si evidenzia come le emissioni complessive annuali reali misurate nel triennio 2019-2021 (max: 2019) risultano pari rispettivamente al 38% (SO₂), 26% (NO_x), 18% (CO) e 9% (Polveri) rispetto a quanto simulato per lo scenario (1) Ante Operam.

Rispetto allo scenario Ante Operam (1), lo scenario Post Operam (2) prevede la disattivazione della sorgente E1, una riduzione di circa il 15,2% delle portate massimali del camino E4, e l'introduzione di tre nuovi camini E30, E31 ed E32.

Le seguenti figure riportano e la localizzazione e le ricostruzioni 3D dell'installazione con evidenziati i punti di emissione analizzati nei due scenari di simulazione.

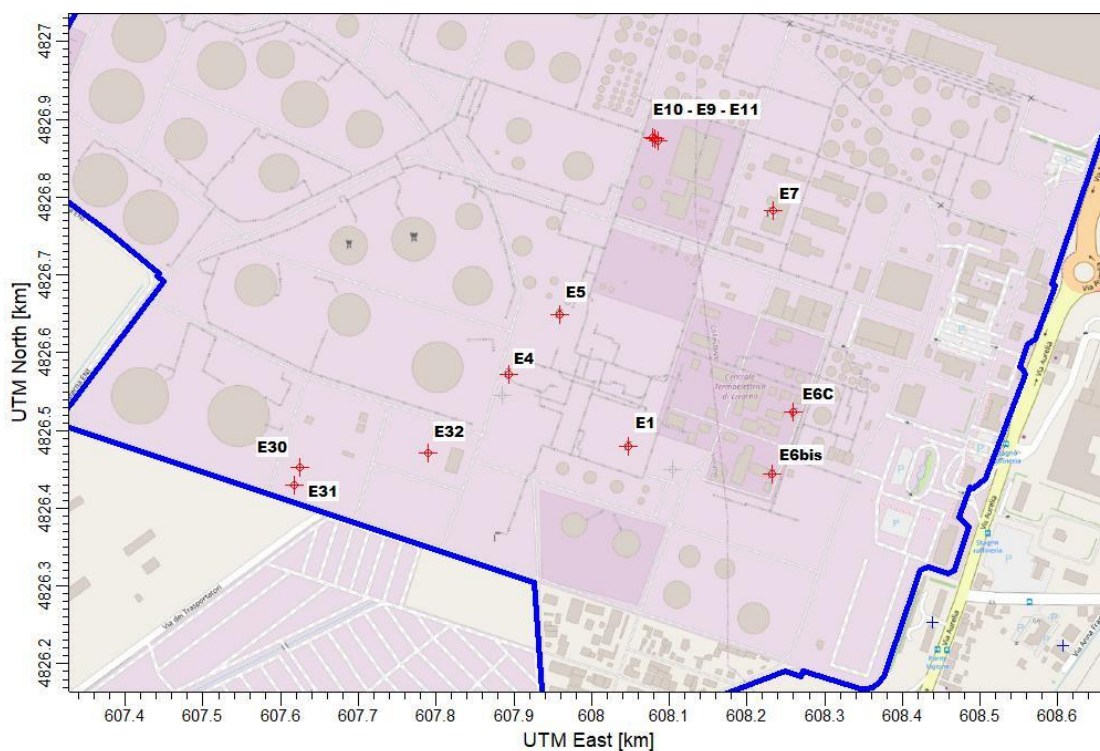


Figura 4-10: Posizione delle sorgenti di emissione simulate

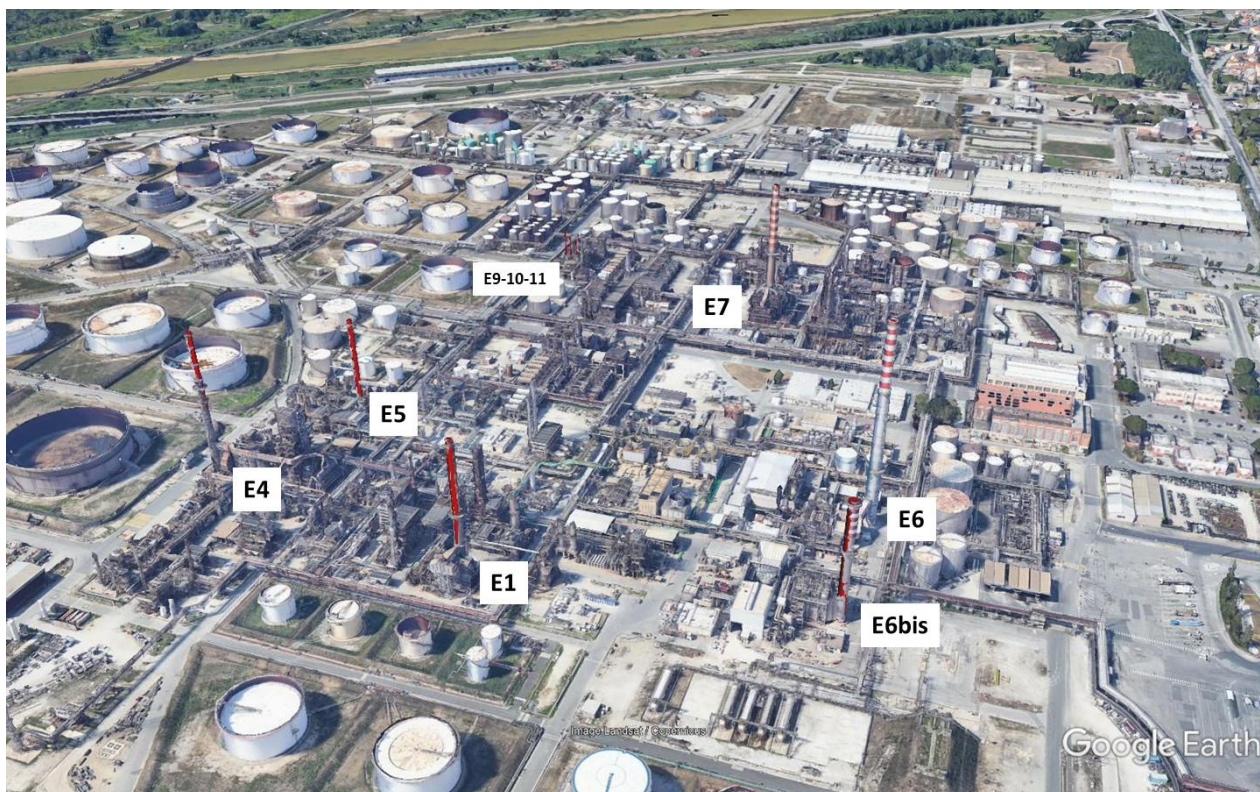


Figura 4-11 – Ricostruzione 3D delle sorgenti di emissione (Sc.1 – Scenario Ante Operam)

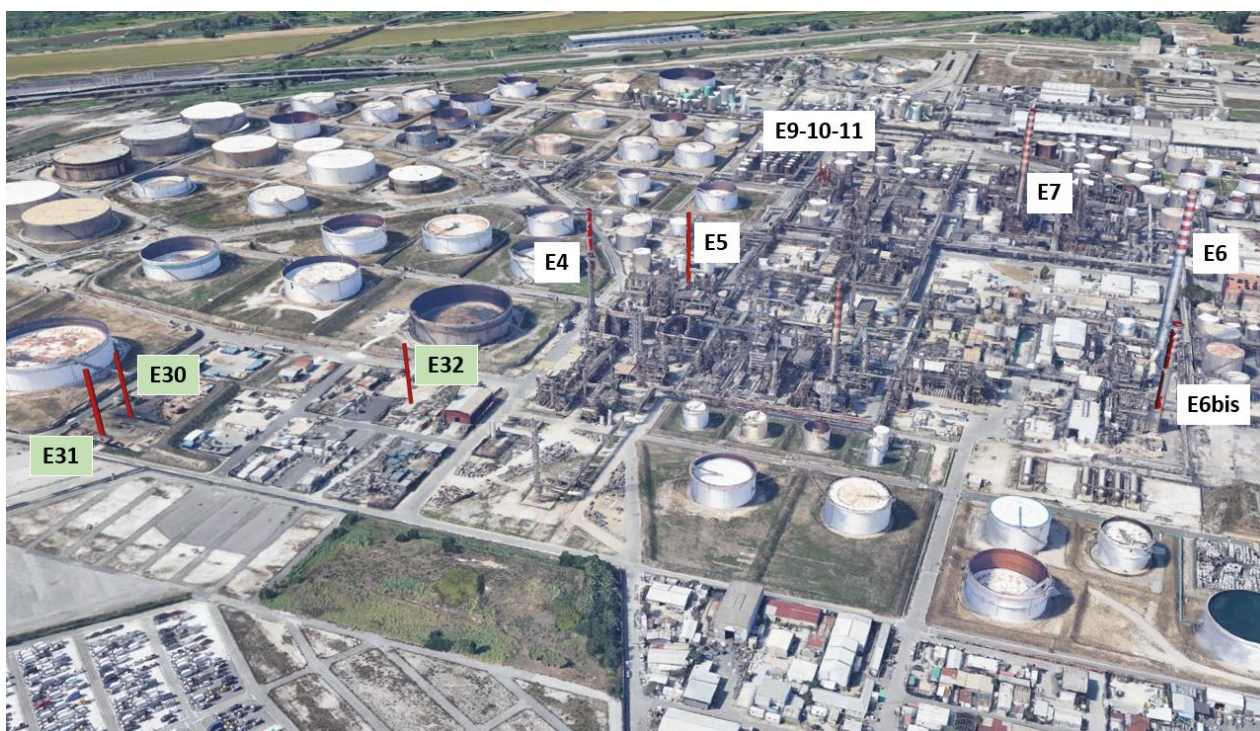


Figura 4-12 – Ricostruzione 3D delle sorgenti di emissione (Sc.2 – Scenario Post Operam)



4.5 EFFETTI BUILDING DOWNWASH

Per le simulazioni svolte è stata presa in considerazione la possibile interazione tra le emissioni degli effluenti dai camini e la presenza di altri fabbricati/impianti/serbatoi, interni allo stabilimento, che potessero influenzare la dispersione in aria delle stesse.

L'interazione del flusso atmosferico con un ostacolo, come un edificio, produce una regione, soprattutto sottovento all'ostacolo, in cui il flusso risulta fortemente modificato. La dispersione da una sorgente situata entro tale regione può essere complessa da rappresentare. Seguendo quanto indicato dall'EPA [11], se H è l'altezza dell'edificio e L è la lunghezza minima tra l'altezza H e le dimensioni orizzontali dell'edificio, l'estensione di tale regione di potenziale influenza può essere calcolata empiricamente come pari ad un cerchio di raggio $5L$.

Se all'interno di quest' area intorno all'edificio vi è una sorgente di emissione, sono possibili due casi:

- l'altezza della sorgente è superiore/uguale a $H_{gep} = H + 1.5L$ ("good engineering practice stack height"): in tal caso l'effluente non risente della presenza dell'edificio;
- l'altezza della sorgente è inferiore a H_{gep} : in tal caso si presume che la dispersione sia influenzata dalla presenza dell'edificio ed è opportuno l'utilizzo di uno specifico algoritmo per il calcolo del "building downwash".

Nel caso in oggetto è stato applicato l'algoritmo BPIP considerando le principali strutture (Serbatoi/Edifici) presenti nell'intorno delle sorgenti E9-E10-E11 (esistenti) ed E32 (in progetto).

Le seguenti figure mostrano la ricostruzione delle strutture (in blu) poste nelle vicinanze delle sorgenti citate.

Le simulazioni hanno evidenziato un effetto molto limitato provocato dalla attivazione dell'effetto building downwash nel codice di calcolo. Nelle immediate vicinanze delle sorgenti coinvolte si osserva un aumento delle ricadute di pochi punti percentuali (<10%), mentre in corrispondenza dei recettori discreti si osservano variazioni limitate a $\pm 1\%$ a seconda della distanza e dell'orientamento spaziale dei recettori rispetto alle sorgenti in esame.



Figura 4-13: ricostruzione delle principali strutture per il calcolo dell'effetto building downwash nell'intorno delle sorgenti E9-E10-E11

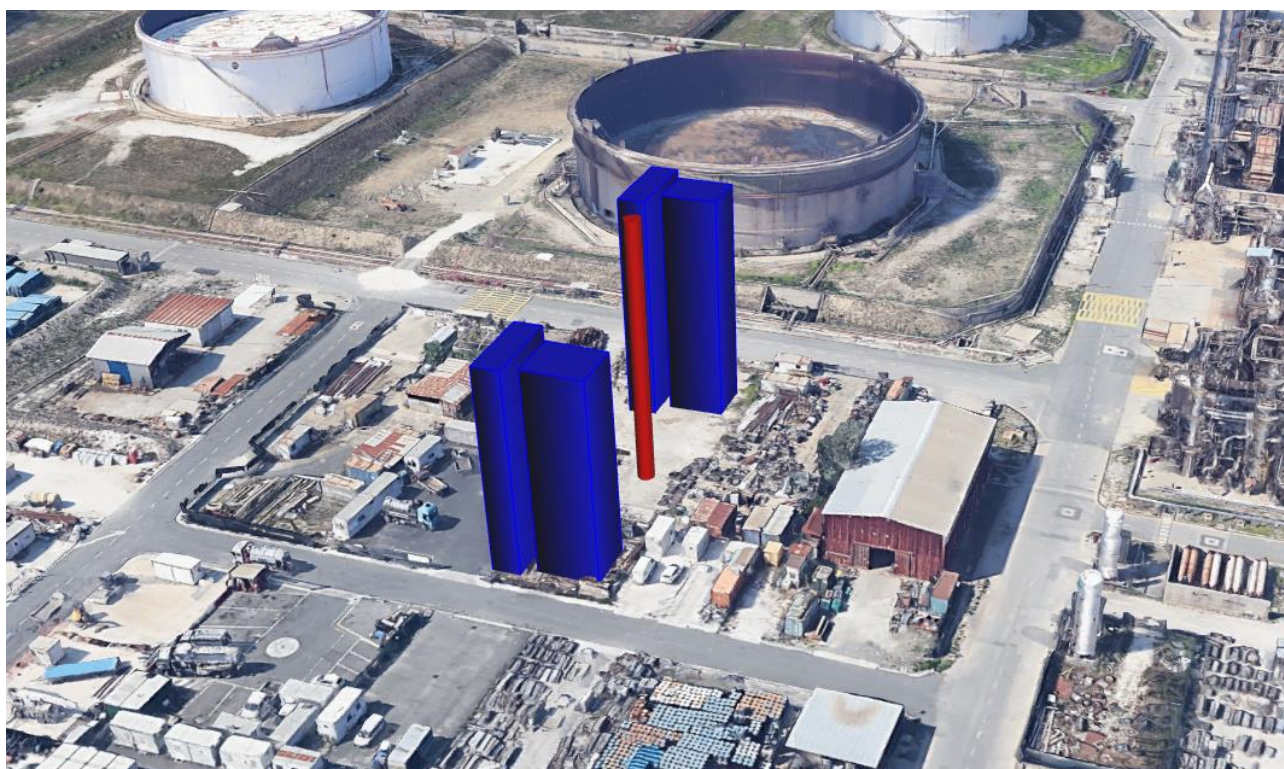


Figura 4-14: ricostruzione delle principali strutture per il calcolo dell'effetto building downwash nell'intorno della nuova sorgente E32

4.6 MAGLIE DI CALCOLO

La selezione del dominio di calcolo e del passo griglia è molto importante in quanto un dominio troppo piccolo ed un passo griglia troppo ampio rischiano di non identificare le aree di massimo impatto mentre un dominio troppo grande ed un passo griglia troppo dettagliato determinano tempi di calcolo e dimensioni dei file di output elevati che possono rendere difficoltosa la successiva analisi dei risultati.

Nel caso in esame, il dominio utilizzato per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti al suolo emessi dall'installazione ha dimensioni pari a 20 km x 20 km ed è centrato sull'installazione in oggetto.

Per quanto riguarda il passo griglia, sono state utilizzate tre diverse definizioni (cfr. figura seguente):

- Passo 500 m esteso su tutto il dominio di calcolo,
- Passo 100 m fino a 1 km dal centroide delle sorgenti emissive;
- Passo 200 m tra 1 e 2 km dal centroide delle sorgenti emissive.

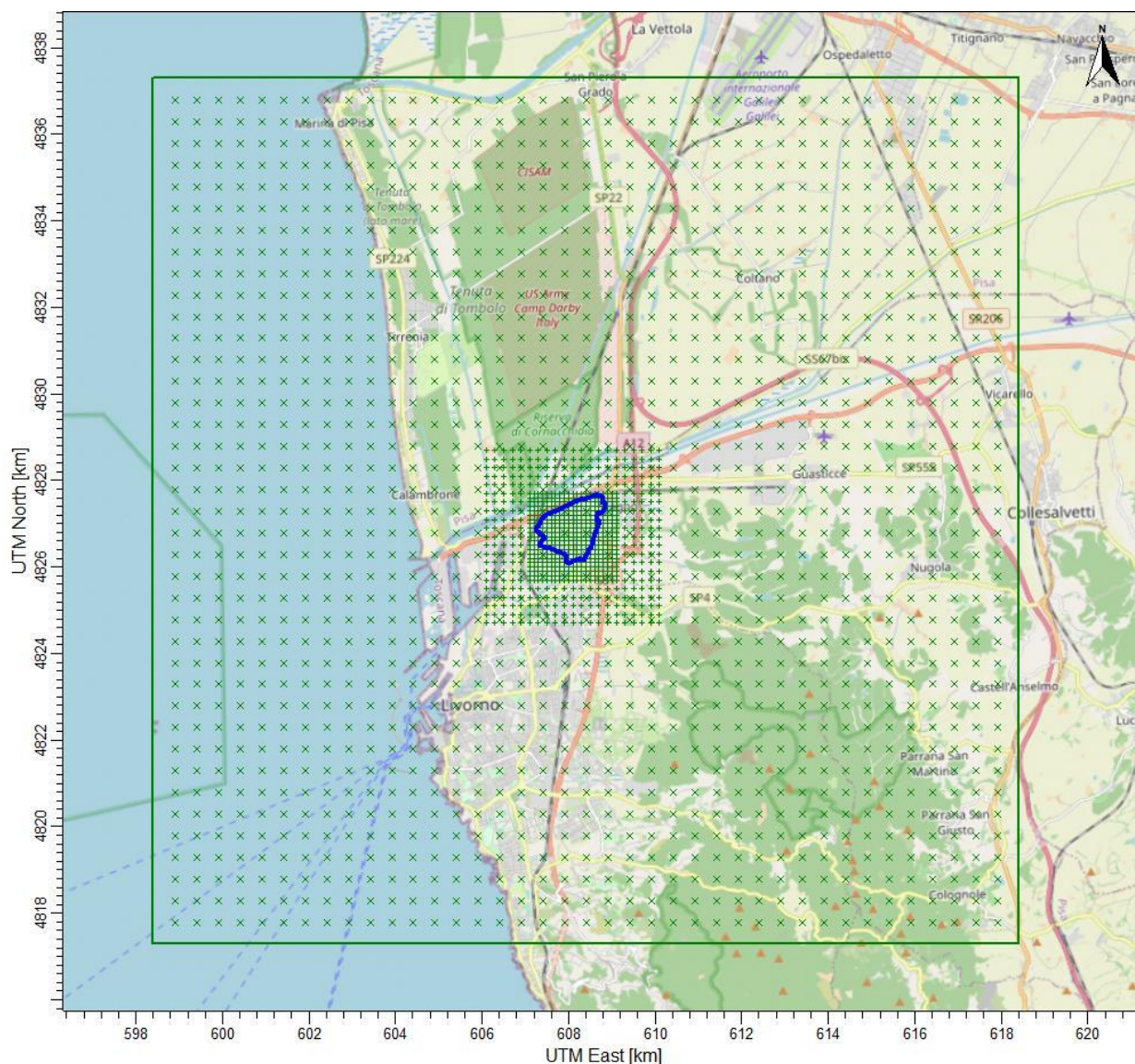


Figura 4-15 – Domini di calcolo

Inoltre, al fine di delimitare le massime ricadute esterne al sito industriale, si è proceduto ad inserire una serie di recettori fittizi posti a distanze regolari lungo tutto il perimetro di Raffineria. La seguente figura illustra il gruppo di recettori discreti (+) posti lungo il perimetro dell'installazione (—), e la posizione relativa delle sorgenti emissive (+) interne al sito.

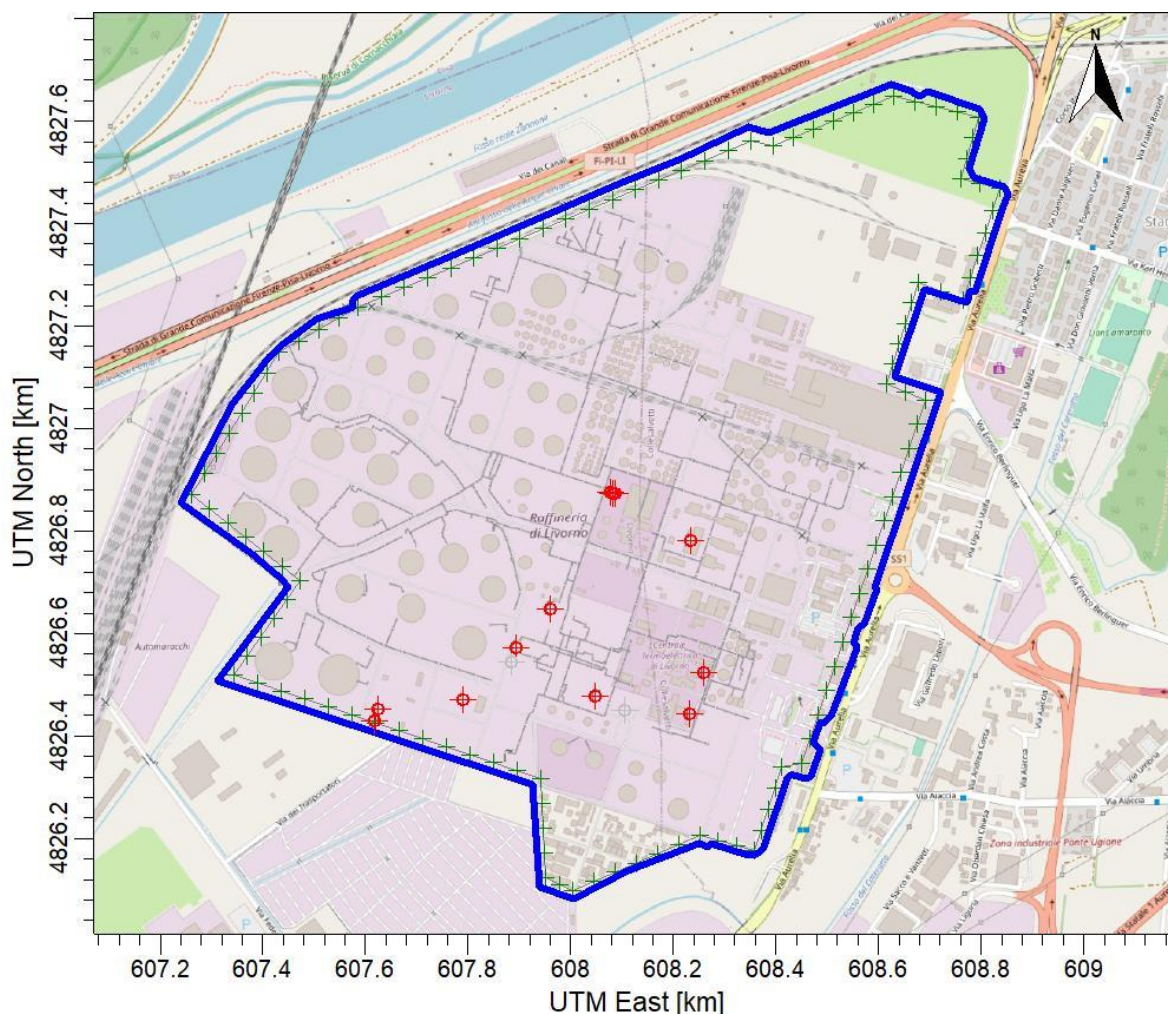


Figura 4-16 – Recettori discreti (+) presso il perimetro di Raffineria (—)

4.7 RECETTORI SENSIBILI

Al fine di poter valutare il rispetto dei limiti di legge di qualità dell'aria individuati dal D.Lgs155/2010 è stato selezionato sul territorio un significativo numero di recettori per i quali sono stati calcolati i valori di concentrazione delle sostanze emesse dalla Raffineria.

Tra tutti i recettori sensibili presenti nell'area di indagine sono stati selezionati quelli presenti nelle vicinanze dell'impianto presso i centri abitati di Stagno (#1-17) Livorno (#18-24) e Pisa (#25-28). Gli ultimi 4 recettori si riferiscono alle tre centraline di monitoraggio della rete regionale (LI-Lapira #29, LI-Carducci #30, LI-Cappiello #31) e a quella della rete provinciale LI-ENI-STAGNO #32.

Centro Abitato	# Rec	X (m)	Y (m)	Descrizione
STAGNO	R_1	608721	4827255	struttura ricettiva - Stagno - Via Aurelia
	R_2	608967	4827637	abitazioni - Stagno - Corso Italia
	R_3	609005	4827545	Scuole secondarie - Stagno - via Buozzi
	R_4	608895	4827331	abitazioni - Stagno - Via Gobetti
	R_5	609067	4827205	Impianti Sportivi -Stagno - Via Curiel
	R_6	609221	4827161	Chiesa San Luca - Stagno
	R_7	609042	4827409	abitazioni Stagno - Via Rosselli
	R_8	609095	4827565	abitazioni Stagno - Via Rosselli
	R_9	609138	4827672	abitazioni Stagno - Via Rosselli
	R_10	609262	4827018	abitazioni Stagno - Via XXV Aprile
	R_11	609430	4827021	abitazioni Stagno - Via Romita
	R_12	609375	4827218	abitazioni Stagno - Via Romita
	R_13	609161	4827825	abitazioni Stagno - SP555
	R_14	608849	4826463	abitazioni Stagno - Via Aiaccia
	R_15	608438	4826253	abitazioni - Stagno - Via Aurelia
	R_16	608606	4826223	abitazione - Stagno - Via Anna Frank
	R_17	608797	4826211	abitazione - Stagno - Via Oberdan
LIVORNO	R_18	607673	4825259	abitazione - Livorno - Via Provinciale Pisana
	R_19	607917	4825384	abitazione - Livorno - Via dell'Artigianato
	R_20	607269	4824547	Scuole primarie - Livorno - Via Valenti
	R_21	606779	4824558	abitazioni Livorno - Via Giolitti
	R_22	607081	4824484	abitazioni Livorno - Via Gigli
	R_23	607599	4824902	abitazioni - Livorno - Via Provinciale Pisana
	R_24	607522	4824179	abitazioni - Livorno - Via Lunardi
PISA	R_25	604679	4826835	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Viale del Tirreno
	R_26	604879	4827391	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Via de Andrè
	R_27	606209	4828766	abitazioni - Pisa - via Porcari
	R_28	605386	4829904	Impianti Sportivi - Pisa - Vione dei Vannini
Stazioni QA	R_29	607618	4824776	LI-LaPira
	R_30	607429	4823285	LI-Carducci
	R_31	606849	4819412	LI-Cappiello
	R_32	609406	4827530	LI-ENI-Stagno

Tabella 15: Coordinate geografiche dei recettori sensibili

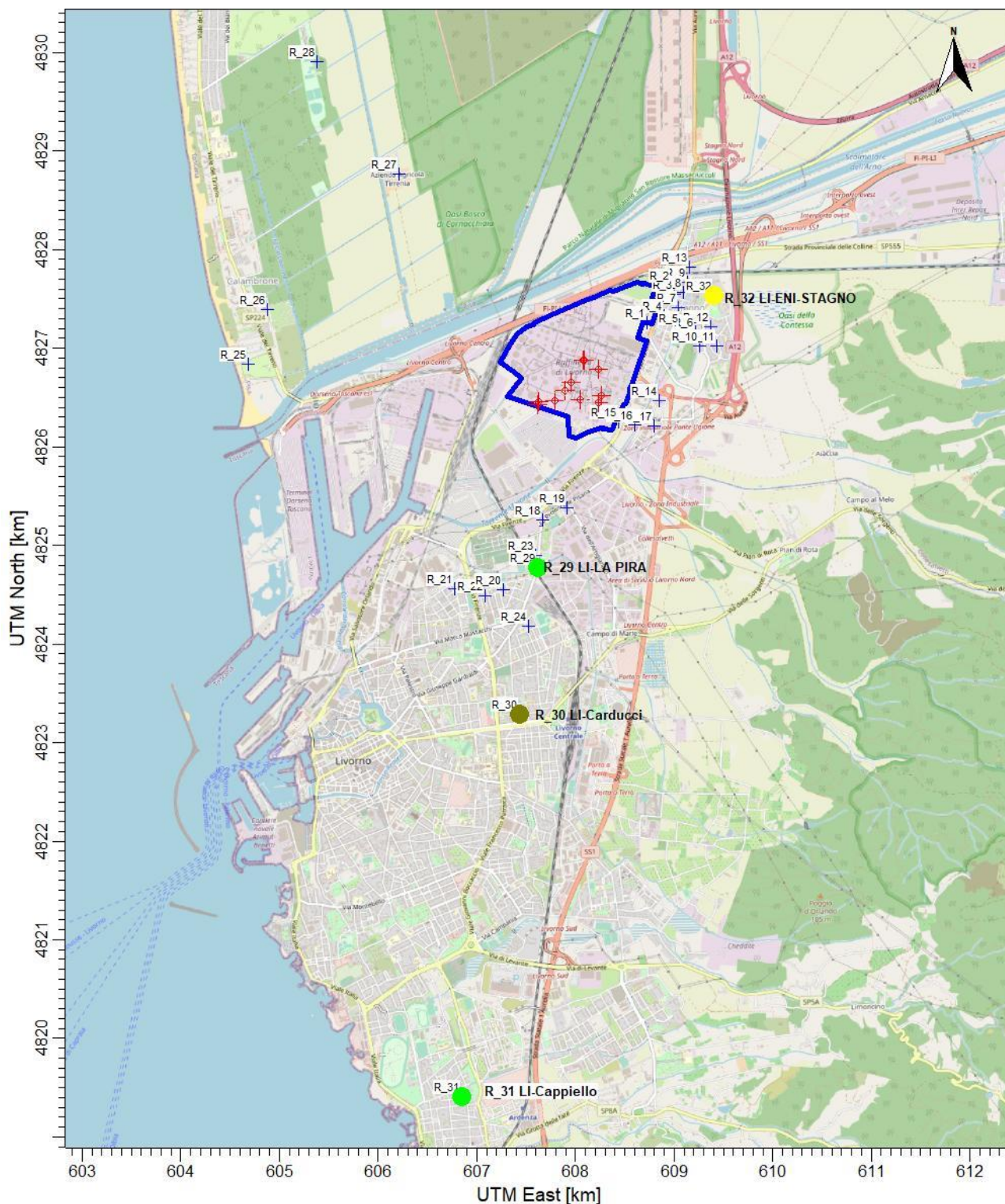


Figura 4-17 – Localizzazione dei recettori sensibili e delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria

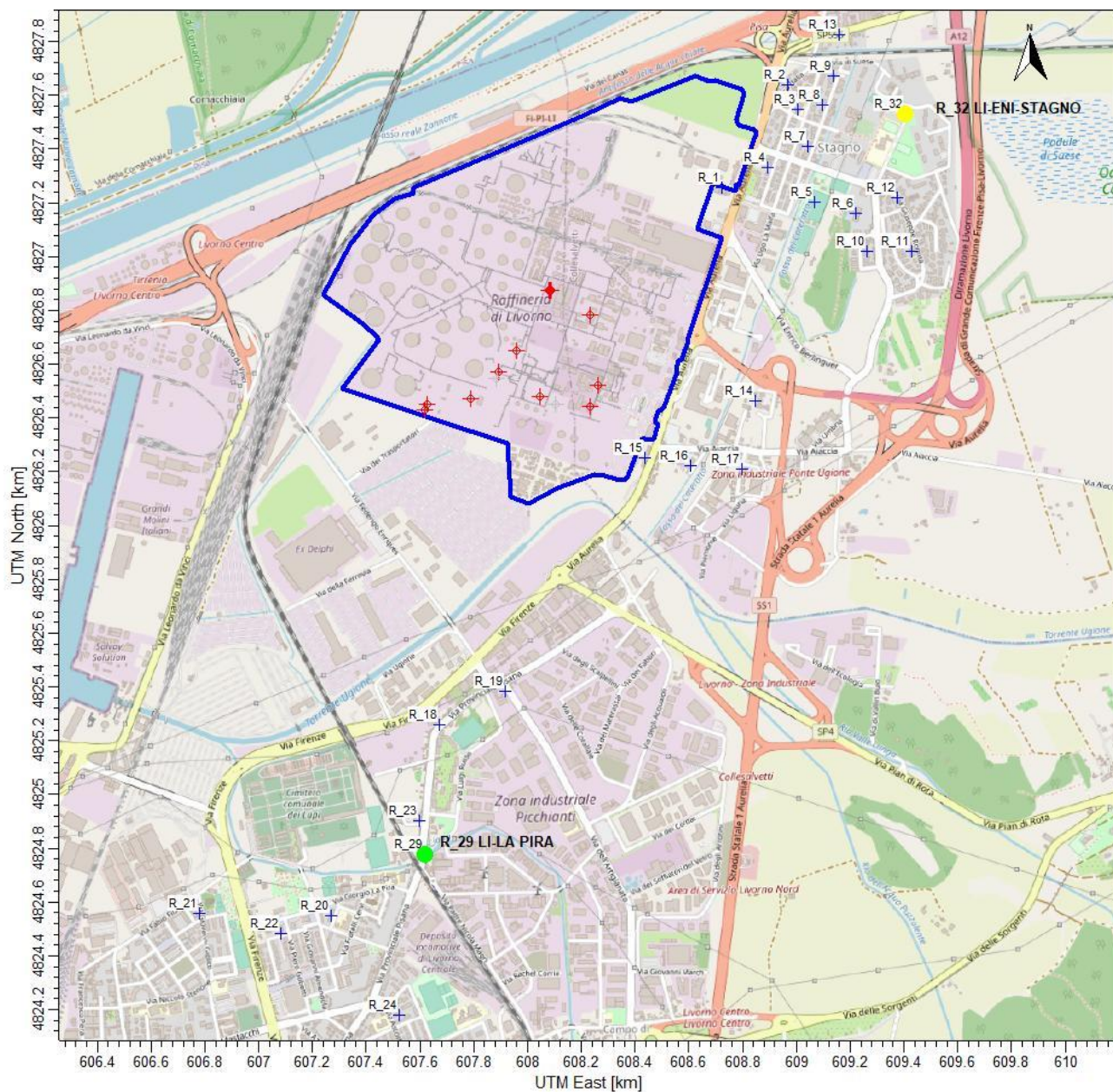


Figura 4-18 – Localizzazione dei recettori sensibili (dettaglio)

4.7.1 Valori di fondo rappresentativi

La seguente tabella mostra i valori di fondo rappresentativi, definiti per l'area di interesse ai fini del presente studio come la parte d'inquinamento non imputabile direttamente alle sorgenti in esame, ma originato dalla sommatoria delle ulteriori sorgenti presenti a scala locale, regionale e anche sovraregionale.

Per tale scopo si è fatto riferimento ai valori medi registrati nel triennio 2019-2021 dalle stazioni ARPAT di background urbano o industriale più vicine ai recettori (cfr. sezione 3.4).

In particolare, si è proceduto con le seguenti associazioni:

- per i Recettori da #1 a #17 si è fatto riferimento alla Stazione di LI-ENI-STAGNO (fondo industriale), ad eccezione del parametro SO₂, per cui si è fatto riferimento alla stazione di LI-LA PIRA⁵.
- per i Recettori da #18 a #28 si è fatto riferimento alla Stazione di LI-LA PIRA; per il parametro PM_{2,5} (non rilevato dalla stazione di LI-LA PIRA) ci si è avvalsi della stazione di LI-CAPPIELLO;
- per il parametro CO si è fatto cautelativamente riferimento per tutti i recettori alla stazione di LI-CARDUCCI, l'unica a monitorare questo parametro.

La tabella conferma il buono stato della qualità dell'aria nell'area circostante la Raffineria.

Tabella 16: Valori di qualità dell'aria (media 2019-2021) assunti come fondo presso i recettori in esame

stazione di riferimento			LI-ENI-STAGNO	LI-LA PIRA	LI-CAPPIELLO	LI- CARDUCCI
Par.	Indicatore	Valore limite	Area di Raffineria e REC #1-17 (STAGNO)	REC #18-24 (LIVORNO) REC #25-28 (PISA)		Tutti i recettori
NO ₂	Media annua	40 µg/m ³	15,3	17		
SO ₂	Media annua	20 µg/m ³	(2,7)	1		
PM ₁₀	Media annua	40 µg/m ³	18	17,3		
PM _{2,5}	Media annua	25 µg/m ³	10,7		8,3	
CO	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/m ³				2,4

⁵ i risultati modellistici (cfr. paragrafo 5.3) hanno verificato un potenziale contributo significativo della Raffineria rispetto ai valori di SO₂ misurati dalla stazione di Stagno; si è pertanto proceduto ad identificare un valore di fondo che sia influenzato in misura minore dalle sorgenti in valutazione.



5. RISULTATI

Nei paragrafi successivi, per ciascun inquinante analizzato, si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni su base annua delle emissioni in atmosfera dovute alla Raffineria ENI di Livorno nelle due configurazioni d'impianto in valutazione:

- Sc.1 – Scenario Ante Operam
- Sc.2 – Scenario Post Operam

L'analisi dei risultati è volta a determinare i valori di concentrazione (definiti dalla normativa vigente) e confrontare gli stessi con gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) previsti dal D.Lgs.155/2010 (riportati al paragrafo 3.2).

In assenza di criteri nazionali, la significatività delle ricadute simulate al suolo è valutata secondo la "regola del 5%", elaborato a partire dalla Linea Guida ANPA del 2001 "Linee Guida V.I.A. Parte Generale, ANPA Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 18 giugno 2001": *si considera l'impatto di una sorgente di emissione "significativo" se superiore al 5% del valore limite fissato dal D.Lgs. 155/10.*

Per le sostanze che prevedono un valore limite sulla media annuale (PM₁₀, NO_x, SO₂) è effettuato anche un confronto con il valore medio relativo all'ultimo triennio più recente (2019-2021) delle misure delle centraline di qualità dell'aria classificate di "fondo" e considerate rappresentative della situazione ambientale preesistente (cfr. sezione precedente). Per tali sostanze si è quindi proceduto a sommare il valore ottenuto dalle simulazioni al valore di fondo rappresentativo e a verificare l'eventuale superamento del valore limite, al fine di valutare l'accettabilità delle emissioni nei confronti dei recettori sensibili individuati.

Tale approccio è conservativo poiché i dati monitorati dalle centraline contengono comunque un contributo della Raffineria nel suo assetto storico 2019-2021.

È stata inoltre valutata la dispersione in atmosfera di NH₃ per il quale si è fatto riferimento alle soglie per la salvaguardia dell'ambiente definite dall'OMS.

In Allegato A e in Allegato B sono riportate rispettivamente le tabelle con i risultati relativi a ciascun recettore, comprensive del confronto tabellare tra i due scenari di simulazione, e le mappe di isoconcentrazione per ciascun parametro analizzato.



5.1 NO₂

Il limite per le concentrazioni orarie, pari a 200 µg/m³ non deve essere superato per più di 18 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi confrontabile con il 19° valore massimo delle concentrazioni orarie simulate.

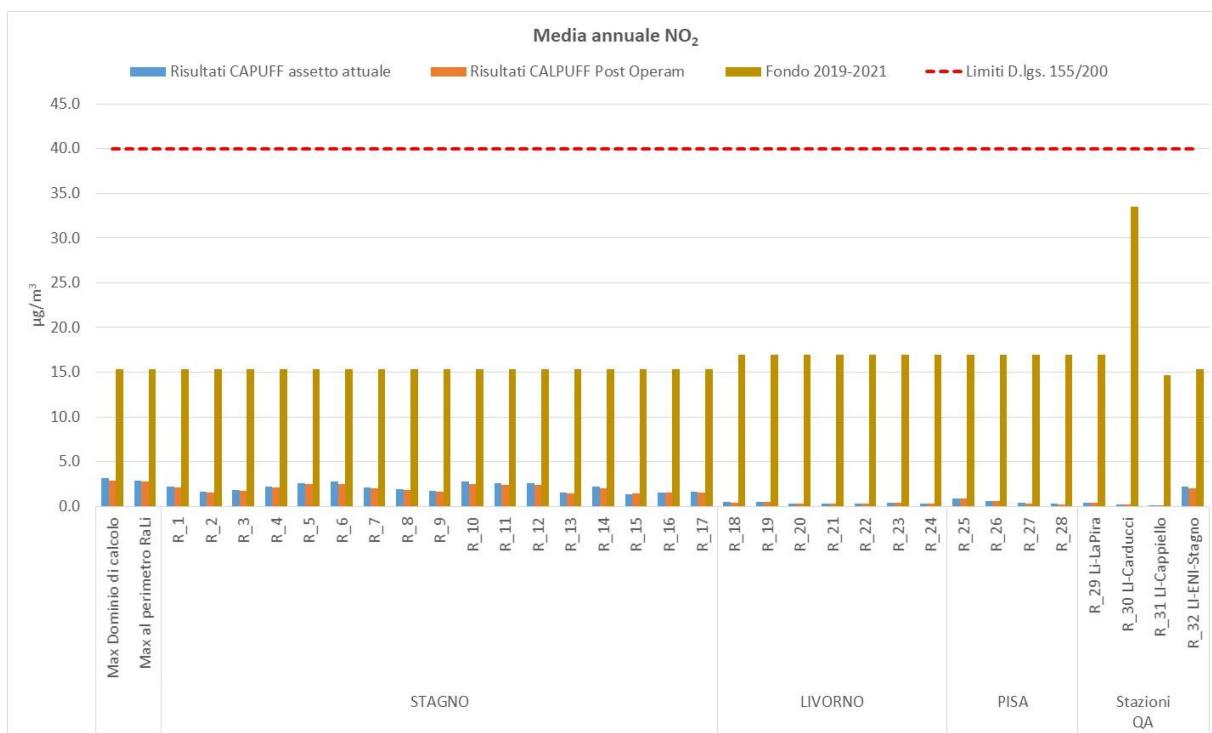
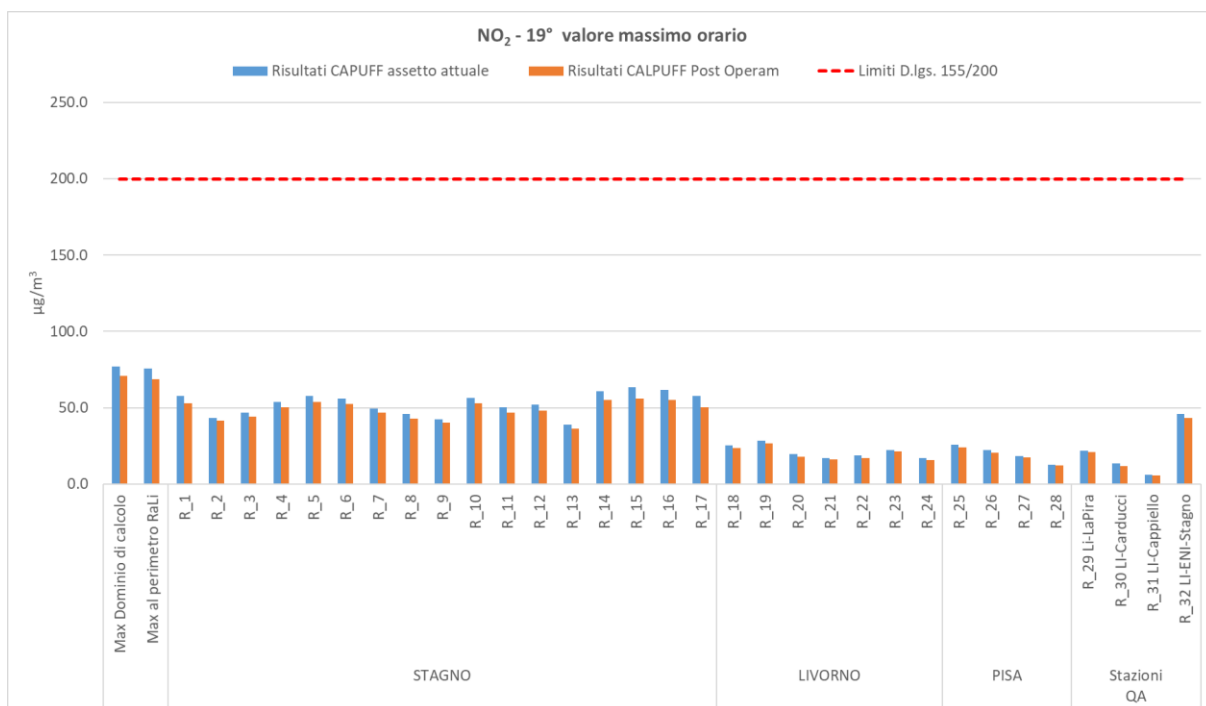
I risultati delle simulazioni mostrano per entrambi gli scenari l'assenza di superamenti, i 19ⁱ massimi orari sono compresi tra il 3% ed il 39% del valore limite in modo diffuso su tutto il dominio di calcolo, presentando un picco pari a 77,1 µg/m³ (Sc.1, 39% VL) e 70,8 µg/m³ (Sc.2, 35% VL) all'interno dell'area di Raffineria.

Presso i ricettori sensibili considerati le massime concentrazioni orarie (19° perc.) sono comprese nei seguenti range:

- Stagno: 39-63 µg/m³ (Sc.1) e 36-56 µg/m³ (Sc.2)
- Livorno: 17-28 µg/m³ (Sc.1) e 16-27 µg/m³ (Sc.2)
- Pisa: 13-26 µg/m³ (Sc.1) e 12-24 µg/m³ (Sc.2)

In termini di ricadute medie annuali, i valori massimi riscontrati sono pari a 3,2 µg/m³ (Sc.1) e 2,9 µg/m³ (Sc.2), all'interno della Raffineria, inferiori quindi al limite di riferimento di circa un ordine di grandezza (40 µg/m³). Le simulazioni non mostrano alcuna criticità; gli apporti di NO₂ non superano mai il 7% del valore limite normativo già nei pressi del perimetro di impianto, senza interessare significativamente alcun recettore sensibile antropico. In tutto il dominio di calcolo non si prevede alcun superamento dei limiti annuali, anche considerando cautelativamente la somma dei valori ottenuti dalle simulazioni con i valori di fondo rappresentativi per l'area di studio (par. 4.7.1).

Il confronto tra i risultati dei due scenari in simulazione evidenzia una diffusa diminuzione delle ricadute di NO₂ per lo Scenario Post Operam rispetto allo Scenario Ante Operam. Presso i ricettori sensibili considerati in termini di ricadute orarie si ha una variazione media del -7% e per le ricadute medie annue si ha una variazione media del -5%.





5.2 PM₁₀/PM_{2,5}

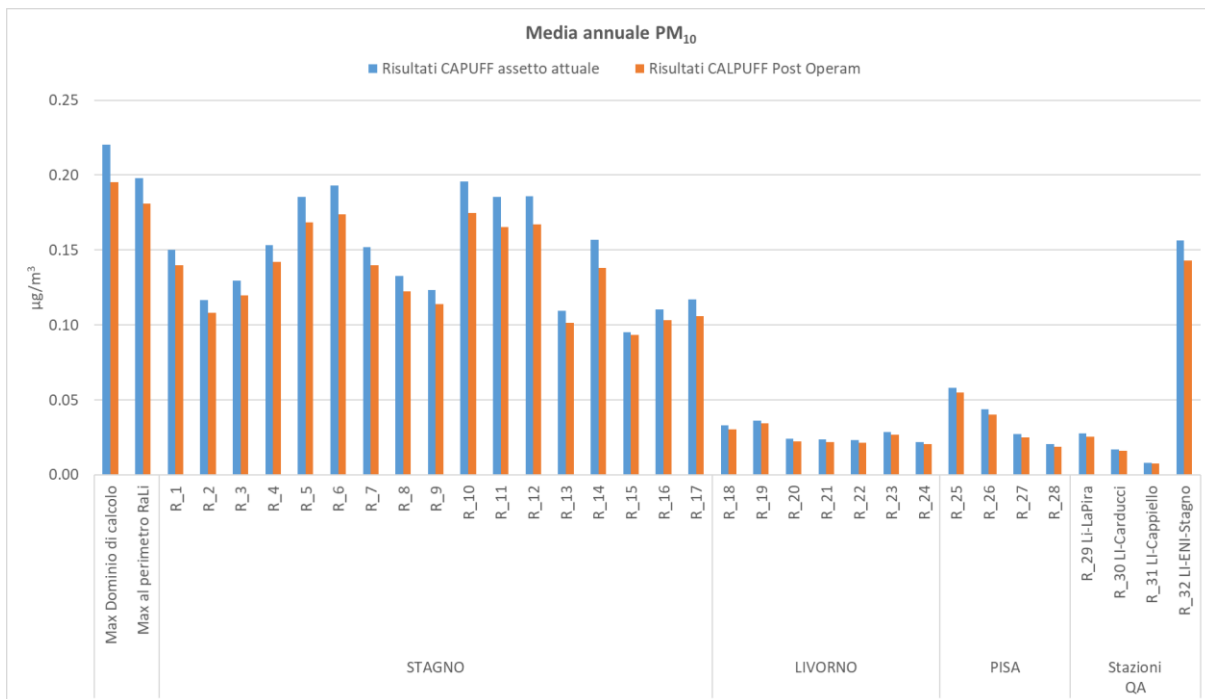
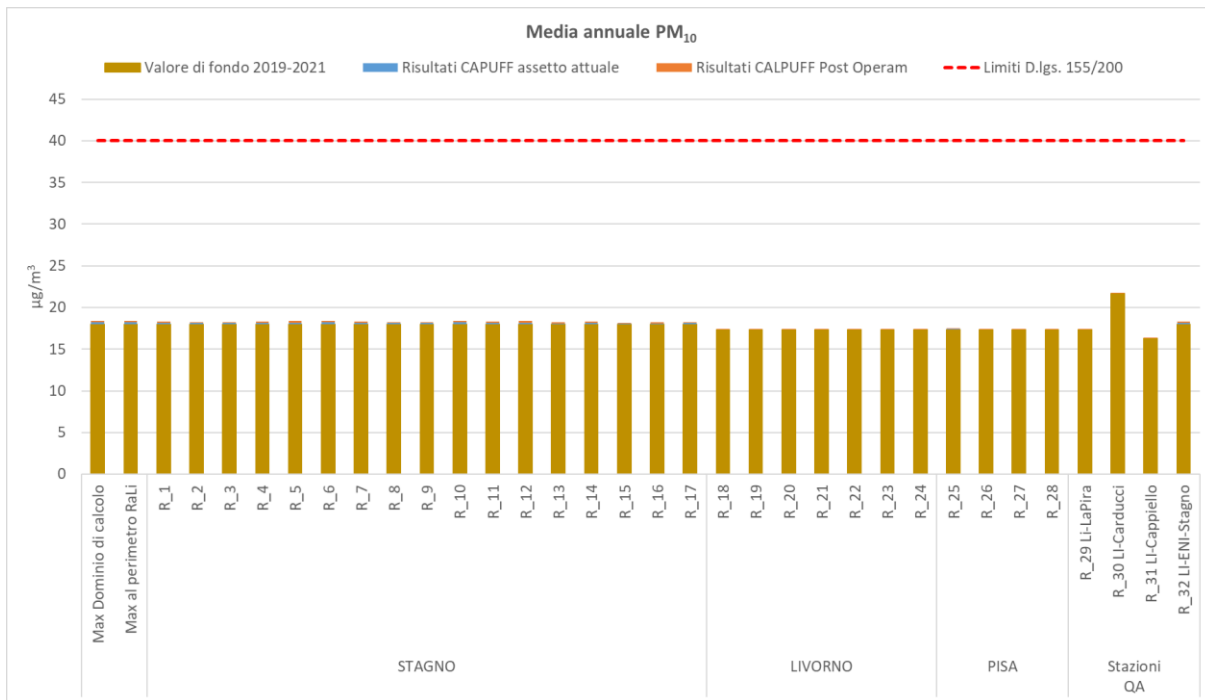
Le simulazioni non mostrano criticità relativamente alle emissioni di polveri dell'installazione, le cui ricadute in termini di PM₁₀ risultano non significative e sempre inferiori di oltre due ordini di grandezza rispetto ai Valore Limite (<1% VL) ed ai valori di fondo in tutto il dominio di calcolo e per entrambi gli scenari di simulazione.

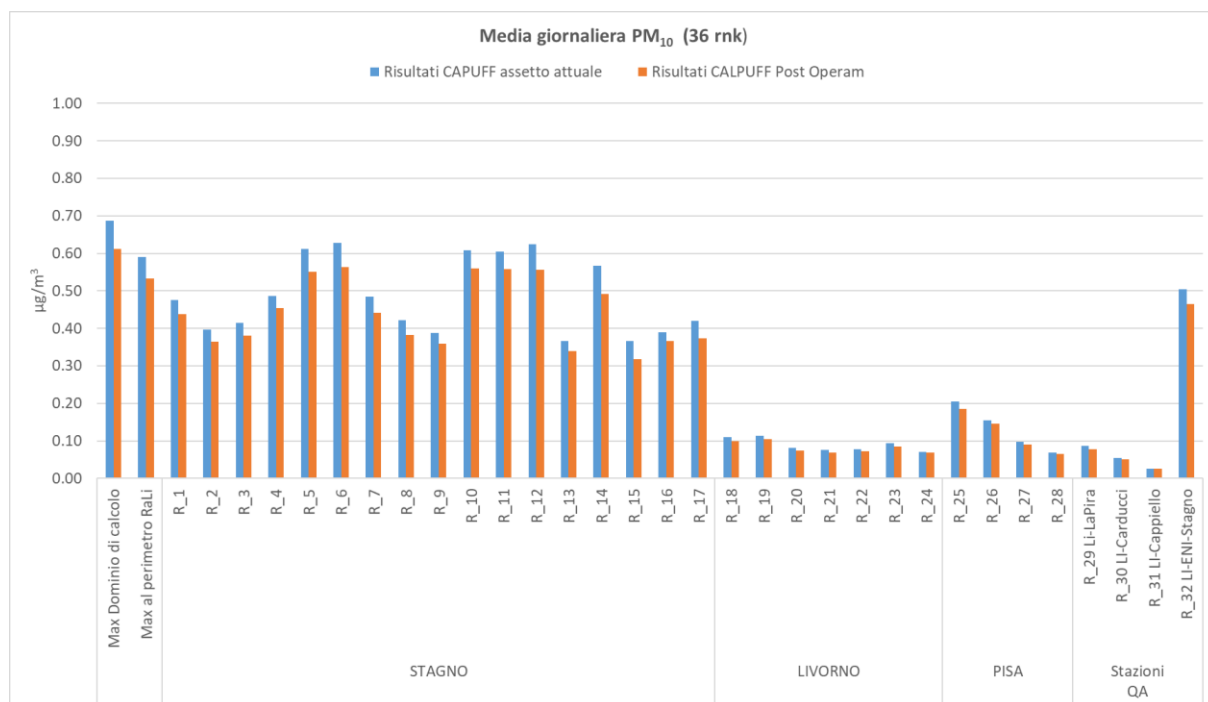
Le ricadute massime giornaliere (36° valore massimo) presentano un picco pari a 0,69 µg/m³ (Sc.1) e 0,61 µg/m³ (Sc.2) all'interno dell'installazione. Le ricadute medie annuali, invece, presentano un valore massimo pari a 0,22 µg/m³ Sc.1) e 0,20 µg/m³ (Sc.2).

Non si prevede alcun superamento né dei limiti di breve periodo, né dei limiti annuali, anche considerando la somma dei valori ottenuti dalle simulazioni con i valori di fondo rappresentativi per l'area di studio.

Anche assumendo che le polveri emesse rientrino totalmente nella frazione PM_{2,5}, i risultati evidenziano contributi al suolo non significativi in tutto il dominio di calcolo, con concentrazioni simulate sempre inferiori di oltre due ordini di grandezza (<1% VL) rispetto al Valore Limite di 25 µg/m³. Considerando che le concentrazioni di fondo sia di PM₁₀ che di PM_{2,5} sono ben al di sotto dei rispettivi standard di qualità ambientale, il contributo aggiuntivo di polveri dell'installazione risulta del tutto trascurabile.

Il confronto tra i risultati dei due scenari in simulazione mostra infine per lo Scenario Post Operam (Sc.2) una diffusa riduzione delle ricadute di Polveri rispetto allo Scenario Ante Operam (Sc.1). In termini di ricadute giornaliere si ha una riduzione compresa tra -3% e -13%, per quanto riguarda le ricadute medie annue, invece, tale variazione è compresa fra -2% e il -12%.





5.3 SO₂

Il limite (VL orario) per le concentrazioni orarie, pari a 350 µg/m³ non deve essere superato per più di 24 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi confrontabile con il 25° valore massimo delle concentrazioni orarie simulate.

I 25' valori massimi orari sono compresi tra il 2% ed il 23% del valore limite presso i recettori all'esterno al sito ed in modo diffuso su tutto il dominio di calcolo, presentando un picco pari a 219 µg/m³ (Sc.1) e 210 µg/m³ (Sc.2) all'interno dell'area di Raffineria. Le ricadute orarie risultano pressochè dimezzate già al perimetro della raffineria, mentre presso i recettori considerati sono comprese nei seguenti range:

- Stagno: 53-82 µg/m³ (Sc.1) e 48-76 µg/m³ (Sc.2)
- Livorno: 21-37 µg/m³ (Sc.1) e 18-32 µg/m³ (Sc.2)
- Pisa: 16-37 µg/m³ (Sc.1) e 14-33 µg/m³ (Sc.2)

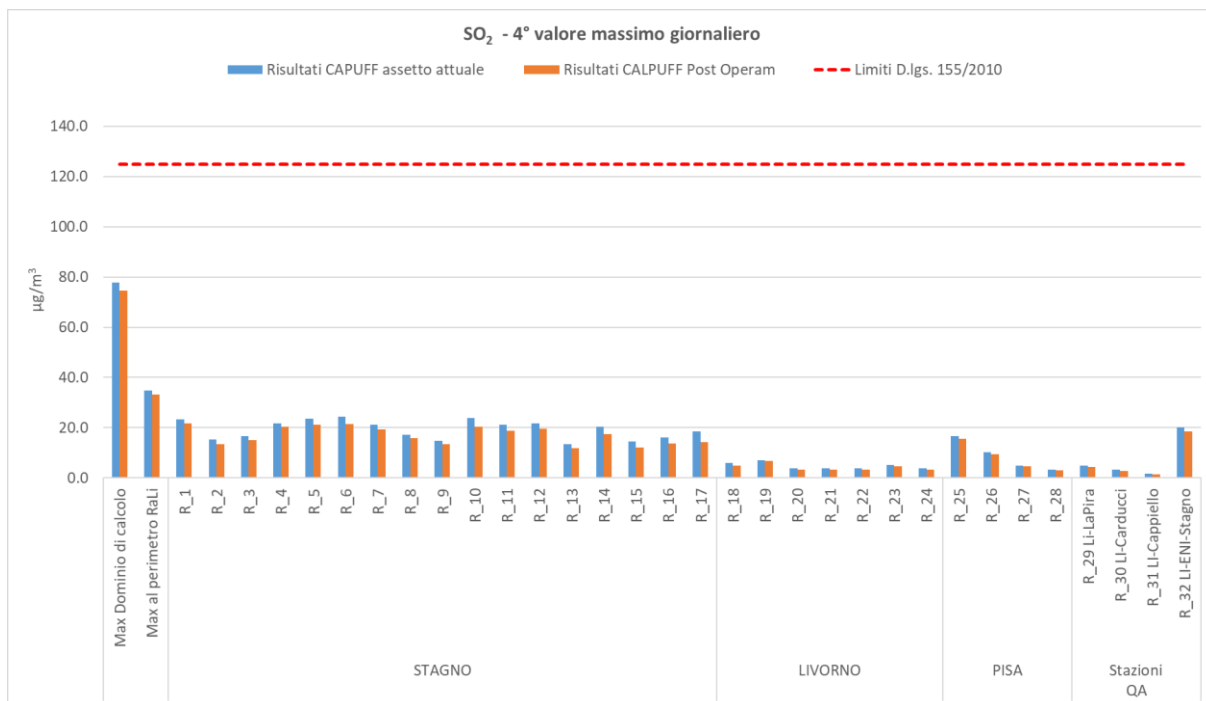
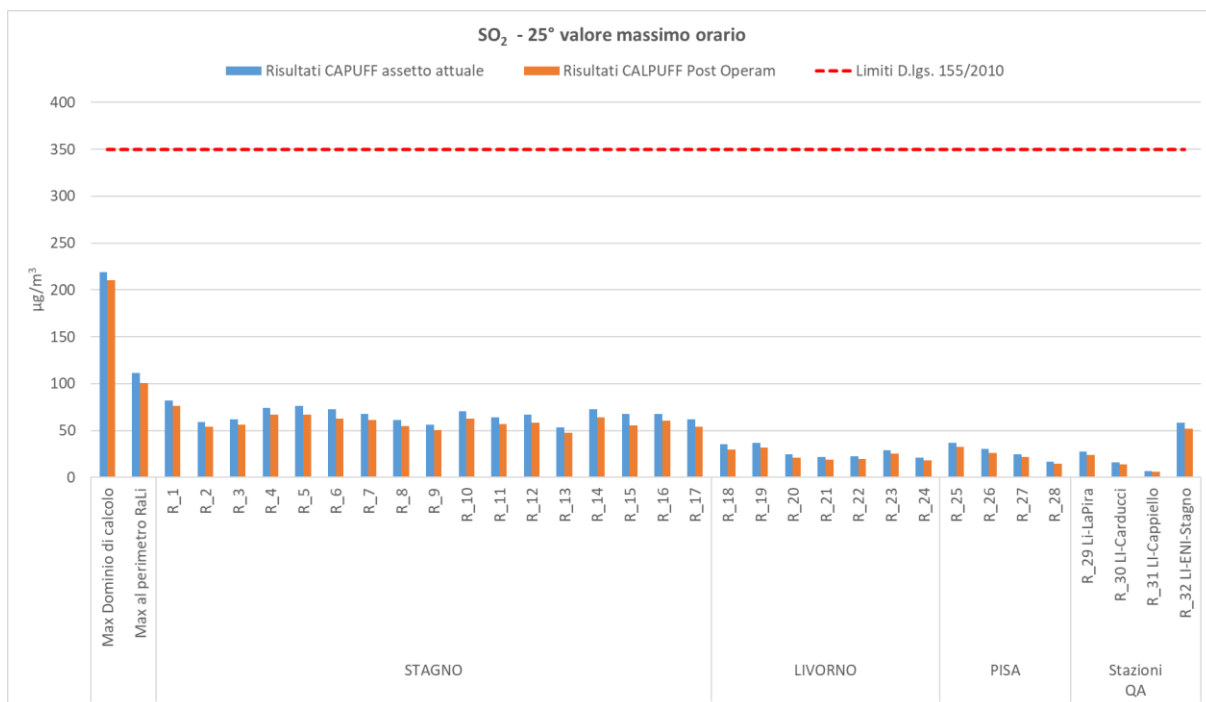
Il limite (VL giornaliero) per le concentrazioni giornaliere, pari a 125 µg/m³ non deve essere superato per più di 3 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi confrontabile con il 4° valore massimo delle concentrazioni orarie simulate.

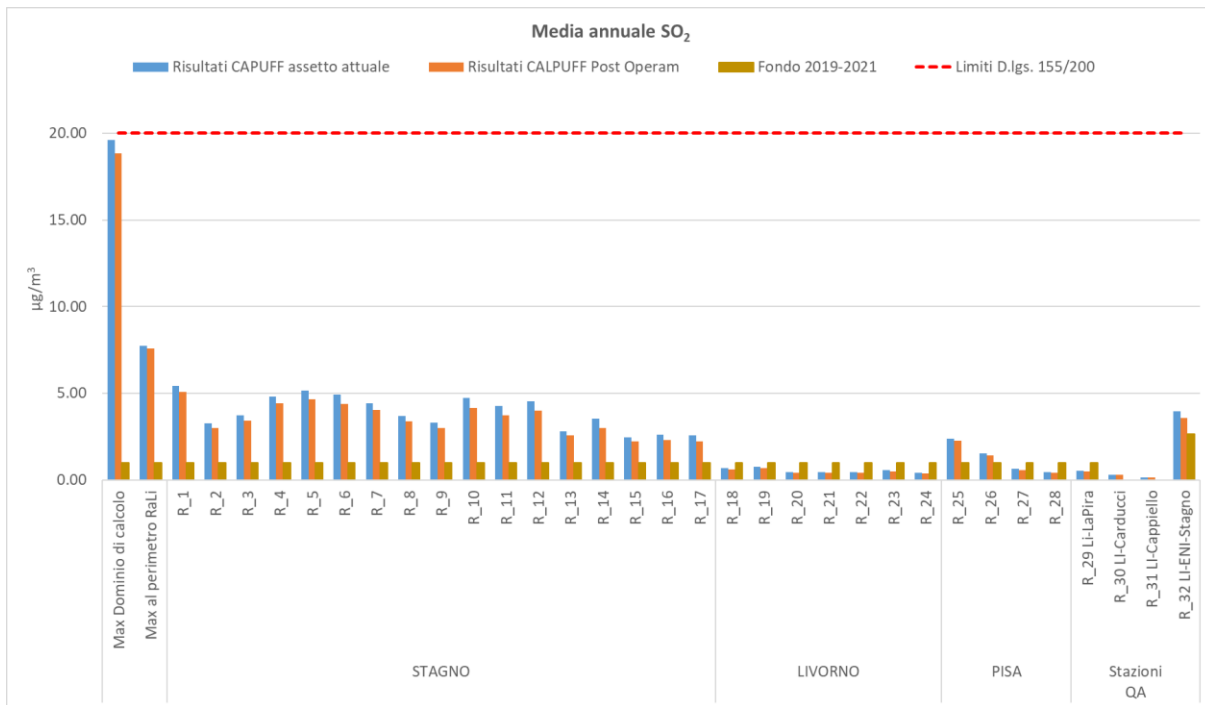
I 4' valori massimi giornalieri, all'esterno al sito, sono compresi tra l'1% ed il 19% del valore limite presso i recettori ed in modo diffuso su tutto il dominio di calcolo, presentando dei picchi pari a 77,8 µg/m³ (Sc.1) e 74,6 µg/m³ (Sc.2) all'interno del perimetro della Raffineria. Le massime ricadute stimate presso il perimetro di Raffineria sono di 34,7 µg/m³ (Sc.1) e di 33,0 µg/m³ (Sc.2) rispettivamente il 28% (Sc.1) e il 26% (Sc.2) del valore limite (125 µg/m³). Presso i recettori considerati sono comprese nei seguenti range:

- Stagno: 13-24 µg/m³ (Sc.1) e 12-22 µg/m³ (Sc.2)
- Livorno: 4-7 µg/m³ (Sc.1) e 3-7 µg/m³ (Sc.2)
- Pisa: 3-17 µg/m³ (Sc.1) e 3-16 µg/m³ (Sc.2)

In termini di ricadute medie annuali, i valori massimi riscontrati all'interno della Raffineria sono pari a 19,6 µg/m³ (Sc.1) e a 18,85 µg/m³ (Sc.2), prossimi al limite di riferimento (20 µg/m³) corrispondente al valore critico per la protezione della vegetazione. Lungo il perimetro della Raffineria i valori massimi medi annui scendono a 7,75 µg/m³ (Sc.1) e a 7,57 µg/m³ (Sc.2) rispettivamente equivalenti al 39% e al 38% del valore soglia. Presso i recettori posti all'esterno del sito le ricadute medie annue simulate per lo Scenario 1 e lo Scenario 2 sono comprese tra il 2% e 27% del valore di riferimento per i recettori Livorno e tra il 2% e il 12% per i recettori posti nel comune di Pisa. Sommando cautelativamente i valori ottenuti dalle simulazioni con i valori di fondo rappresentativi per l'area di studio non si prevede alcun superamento della soglia legislativa (valore critico per la protezione della vegetazione) già presso i confini della Raffineria stessa.

Il confronto tra i risultati dei due scenari in simulazione mostra per lo Scenario alternativo Post Operam (Sc.2) una complessiva riduzione delle ricadute di SO₂ rispetto allo Scenario Ante Operam (Sc.1). Tale variazione si attesta tra -7% e -18% in termini di ricadute orarie, tra -2% e -14% per le ricadute medie giornaliere e tra -5% e -15% in termini di ricadute medie annue presso i recettori posti all'esterno del sito.

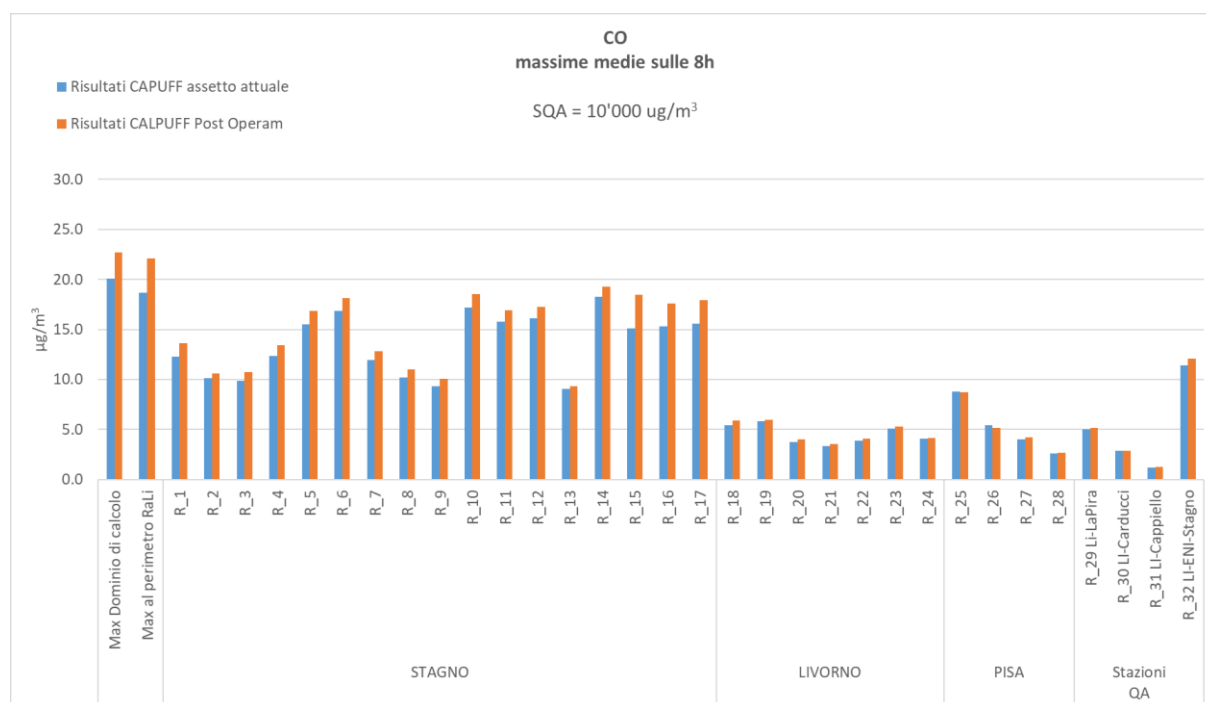




5.4 CO

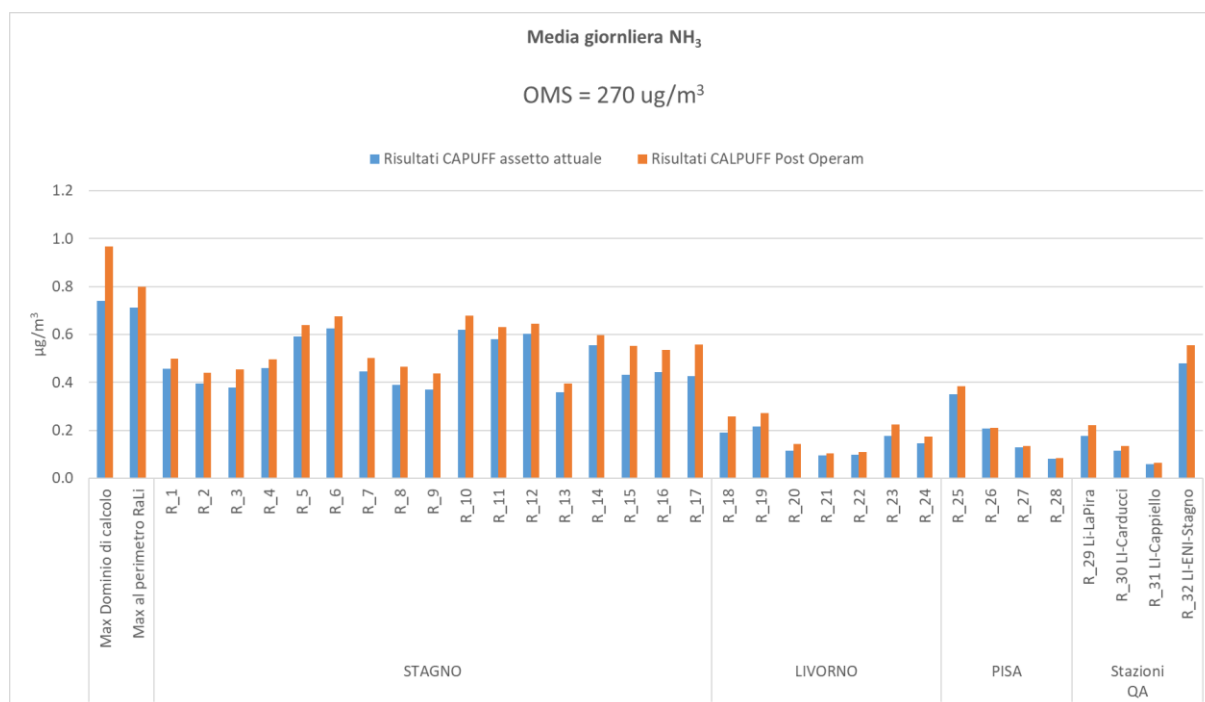
Per il parametro CO i risultati permettono di verificare il pieno rispetto di tutti i limiti di qualità dell'aria indicati dalla normativa vigente presso tutti i recettori sensibili considerati. Il limite normativo relativo alle concentrazioni mediate sulle 8 ore è pari a 10 mg/m^3 , ossia $10'000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Il valore massimo, sul dominio, è pari a $20,1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ per lo Scenario 1 e a $22,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ per lo Scenario 2, ben al di sotto del limite (circa 0,3% del VL) ed interno al perimetro della Raffineria.

Il confronto tra i risultati dei due scenari in simulazione mostra per lo Scenario Post Operam (Sc.2) un leggero aumento delle ricadute di CO rispetto allo Scenario Ante Operam (Sc.1), con una media pari a circa +9% presso l'abitato di Stagno. Tali valori rimangono tuttavia ampiamente al di sotto dei livelli di significatività (<5% del valore limite), risultandone di tre ordini di grandezza inferiori e di conseguenza trascurabili.



5.5 NH₃

Le massime ricadute giornaliere di Ammoniaca (NH₃) risultano inferiori a 0,7 µg/m³ per lo Scenario Ante Operam (Sc.1) e a 1,0 µg/m³ per lo Scenario Post Operam (Sc.2), a fronte di un livello critico fissato dall'OMS per la salvaguardia dell'ambiente⁶ pari a 270 µg/m³.



⁶ Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l'NH₃, mentre sono fissate le soglie di esposizione professionale (TLV-TWA: 25 ppm pari a 17 mg/m³ e TLV-STEL: 35 ppm pari a 24 mg/m³)



6. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto al fine di identificare e quantificare, per la Raffineria ENI di Livorno, gli effetti delle emissioni in atmosfera nelle configurazioni Ante Operam e Post Operam descritte rispettivamente nelle Sezioni 4 e 5 dello Studio di Impatto Ambientale per il progetto "Bioraffineria Livorno", confrontandole con gli Standard di Qualità dell'Aria indicati dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/10).

Le simulazioni hanno considerato i seguenti Scenari con riferimento alla massima capacità produttiva dell'installazione:

- Sc.1 – Ante Operam, come definito nei decreti AIA n. 32 del 02/02/2018 (Raffineria e TG4/Caldaia D) e n. 436 del 27/10/2021 (TG5/Caldaia E);
- Sc.2 – Post Operam, che vedrà integrare i cicli di produzione di carburanti, basi lubrificanti e prodotti solventi con un ciclo di produzione di biocarburanti.

Per effettuare tale valutazione è stato predisposto uno studio diffusionale mediante il codice di calcolo CALMET-CALPUFF che ha consentito di simulare le principali emissioni derivanti dall'esercizio dell'impianto della Raffineria e valutare, conseguentemente, le concentrazioni al suolo degli inquinanti considerati su alcuni recettori sensibili distribuiti nei pressi della Raffineria, all'interno dei comuni di Livorno, Collesalveti (loc. Stagno) e Pisa (tratto costiero confinante con il Comune di Livorno).

I macroinquinanti confrontati con gli standard di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs. 155/2010 sono:

- Polveri/PM₁₀/PM_{2,5}
- NO_x/NO₂
- SO₂
- CO

È stata inoltre effettuata una valutazione dell'inquinante NH₃ facendo riferimento al valore soglia per la protezione dell'ambiente definito dall'OMS.

Le polveri emesse dall'impianto sono state cautelativamente equiparate ad emissioni di PM₁₀ e di PM_{2,5}. Il biossido d'azoto (NO₂) è stato cautelativamente considerato pari alla totalità degli ossidi di azoto (NO_x).

Lo stato della Qualità dell'aria nell'area in esame, ricavato dalle misurazioni delle stazioni di monitoraggio gestite da ARPAT con particolare riferimento al triennio 2019-2021, non evidenzia condizioni di criticità per i parametri considerati. In particolare, nelle stazioni rappresentative di fondo urbano ed industriale rappresentative dell'area (LI-ENI-STAGNO e LI-LA PIRA), i parametri di legge sono sempre ben al di sotto dei relativi standard di qualità dell'aria.

I livelli di concentrazione al suolo di NO_x, SO₂, PM₁₀, CO e NH₃ ottenuti tramite le simulazioni risultano, per tutti i parametri considerati, al di sotto dei valori limite indicati dalla normativa vigente per la tutela della salute umana in tutto il dominio di calcolo e per entrambi gli scenari in valutazione.



Non si prevede alcun superamento dei limiti anche considerando la somma dei valori ottenuti dalle simulazioni con i valori di fondo rappresentativi per l'area di studio.

Nello specifico, i risultati dello studio diffusionale hanno mostrato come le ricadute di CO, Polveri e NH₃ siano del tutto trascurabili, con concentrazioni sempre inferiori di oltre 2 ordini di grandezza rispetto ai valori limite (<1%).

Per quanto riguarda l'NO₂, tutte le soglie considerate risultano inferiori agli standard di qualità dell'aria, sia dentro che fuori dalla Raffineria. In particolare, presso i recettori esterni al sito il 19° valore massimo delle medie orarie risulta sempre inferiore al 29% della soglia prevista dalla normativa di riferimento. Le ricadute medie annue di NO₂ non superano ma il 7% del Valore Limite già nei pressi del perimetro di impianto.

Le concentrazioni di ossidi di zolfo (SO₂) presso i recettori sensibili analizzati non superano mai gli standard di qualità dell'aria indicati dalla normativa di riferimento, attestandosi su livelli massimi pari a circa il 23% per i valori limite orari (350 µg/m³), al 19% per i giornalieri (125 µg/m³) e al 27% per la soglia annuale fissata per la protezione della vegetazione (20 µg/m³).

Per quanto sopra indicato, considerando i risultati delle simulazioni e l'approccio altamente cautelativo utilizzato, gli effetti delle emissioni in aria dell'installazione in esame si ritengono del tutto accettabili per entrambi gli scenari valutati: Ante Operam e Post Operam.

Nello Scenario Post Operam i risultati evidenziano un calo delle concentrazioni di NO_x, SO₂ e PM₁₀/PM_{2.5} presso i recettori posti nell'intorno dell'installazione, variabile in funzione della posizione relativa rispetto alle sorgenti emissive. Tale variazione, per le ricadute medie di tipo *short term* (orarie, pluriorarie e giornaliere) e di tipo long term (medie annuali), è stimabile per circa il -7% (orarie) e il -5% (medie annuali) per gli NO_x, le polveri (PM₁₀/PM_{2.5}) mostrano una diminuzione di circa -8% delle medie giornaliere e annuali, l'SO₂ invece presenta una diminuzione del -12% nelle ricadute medie orarie, del -11% nelle ricadute medie giornaliere e del -10% in termini di ricadute medie annue.

I valori di CO e NH₃ risultano invece in leggero aumento ma rimangono ampiamente al di sotto dei livelli di significatività, risultandone da due a tre ordini di grandezza inferiori ai corrispondenti livelli di riferimento e, di conseguenza, del tutto trascurabili.



7. RIFERIMENTI

ANPA, 2001. Linee Guida V.I.A. Parte Generale, ANPA Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 18 giugno 2001.

ARPAT, 2019. *Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2018* (Aprile 2021) - Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria

ARPAT, 2020. *Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2019* (Aprile 2021) - Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria

ARPAT, 2021. *Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2020* (Aprile 2021) - Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria

ARPAT, 2022. *Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2021* (Agosto 2022) - Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria

[ARPAT - Archivio storico dati orari di qualità dell'aria](http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/archivio_dati_orari): http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/archivio_dati_orari

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155. *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*.

Scire et al., 2000a. *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*.

Scire et al., 2000b. *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*.

[Climate reanalysis | Copernicus](https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis): <https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>



ALLEGATO A – TABELLE DEI RISULTATI

Tabella A 1: NO ₂ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)	58
Tabella A 2: NO ₂ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)	59
Tabella A 3: NO ₂ – Risultati – Confronto tra i due scenari	60
Tabella A 4: PM ₁₀ /PM _{2,5} – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)	61
Tabella A 5: PM ₁₀ /PM _{2,5} – Risultati – Sc.2 (Post Operam)	62
Tabella A 6: PM ₁₀ /PM _{2,5} – Risultati – Confronto tra i due scenari	63
Tabella A 7: SO ₂ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)	64
Tabella A 8: SO ₂ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)	65
Tabella A 9: SO ₂ – Risultati – Confronto tra i due scenari	66
Tabella A 10: CO – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)	67
Tabella A 11: CO – Risultati – Sc.2 (Post Operam)	68
Tabella A 12: CO – Risultati – Confronto tra i due scenari	69
Tabella A 13: NH ₃ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)	70
Tabella A 14: NH ₃ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)	71
Tabella A 15: NH ₃ – Risultati – Confronto tra i due scenari	72

Tabella A 1: NO₂ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)

Stima modello		NO ₂ (µg/m ³)						
		Massima media oraria	19° valore massimo orario	media annuale				
Valore limite (VL)	ID Recettore	Stima	Stima	%VL	40			
5% VL					200	2,0	Fondo	Stima + Fondo
10					%VL	%VL		
Max Dominio di calcolo		145,2	77,1	39%	3,2	8%	15,3	18,5
Max al perimetro RaLi		135,1	75,6	38%	2,9	7%	15,3	18,3
STAGNO	R_1	98,0	57,6	29%	2,2	5%	15,3	17,5
	R_2	82,0	43,3	22%	1,7	4%	15,3	17,0
	R_3	82,6	46,6	23%	1,9	5%	15,3	17,2
	R_4	91,3	53,8	27%	2,2	6%	15,3	17,5
	R_5	88,7	57,5	29%	2,6	7%	15,3	18,0
	R_6	82,2	56,1	28%	2,7	7%	15,3	18,1
	R_7	85,6	49,4	25%	2,2	5%	15,3	17,5
	R_8	80,6	46,0	23%	1,9	5%	15,3	17,2
	R_9	75,7	42,4	21%	1,8	4%	15,3	17,1
	R_10	80,6	56,3	28%	2,8	7%	15,3	18,1
	R_11	73,7	50,1	25%	2,6	7%	15,3	18,0
	R_12	76,5	52,2	26%	2,6	7%	15,3	18,0
	R_13	71,1	39,1	20%	1,5	4%	15,3	16,9
	R_14	101,6	60,8	30%	2,2	6%	15,3	17,6
	R_15	115,4	63,2	32%	1,4	3%	15,3	16,7
	R_16	96,2	61,6	31%	1,6	4%	15,3	16,9
	R_17	105,4	57,9	29%	1,7	4%	15,3	17,0
LIVORNO	R_18	68,9	25,4	13%	0,5	1%	17,0	17,5
	R_19	70,0	28,3	14%	0,5	1%	17,0	17,5
	R_20	39,6	19,7	10%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_21	38,4	16,8	8%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_22	35,7	18,6	9%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_23	54,4	22,3	11%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_24	35,0	16,9	8%	0,3	1%	17,0	17,3
PISA	R_25	39,7	25,7	13%	0,9	2%	17,0	17,9
	R_26	33,0	22,2	11%	0,6	2%	17,0	17,6
	R_27	30,5	18,5	9%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_28	20,4	12,8	6%	0,3	1%	17,0	17,3
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	49,7	21,7	11%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_30 LI-Carducci	27,4	13,3	7%	0,2	1%	33,5	33,7
	R_31 LI-Cappiello	9,7	6,0	3%	0,1	0%	14,7	14,8
	R_32 LI-ENI-Stagno	73,1	46,0	23%	2,2	6%	15,3	17,5

Tabella A 2: NO₂ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)

	Stima modello	NO ₂ (µg/m ³)						
		Massima media oraria	19° valore massimo orario	media annuale				
				200	10	40		
						2,0		
Valore limite (VL)				Stima	%VL	Fondo	Stima + Fondo	
5% VL								
ID Recettore	Stima	Stima	%VL	Stima	%VL	Fondo	Stima + Fondo	
Max Dominio di calcolo	132,8	70,8	35%	2,9	7%	15,3	18,2	
Max al perimetro RaLi	118,7	68,7	34%	2,8	7%	15,3	18,1	
STAGNO	R_1	91,4	53,1	27%	2,1	5%	15,3	17,5
	R_2	71,0	41,5	21%	1,6	4%	15,3	16,9
	R_3	75,0	44,0	22%	1,8	4%	15,3	17,1
	R_4	84,2	50,3	25%	2,1	5%	15,3	17,4
	R_5	81,0	53,9	27%	2,5	6%	15,3	17,8
	R_6	73,2	52,3	26%	2,5	6%	15,3	17,9
	R_7	78,6	46,8	23%	2,1	5%	15,3	17,4
	R_8	74,2	42,9	21%	1,8	5%	15,3	17,1
	R_9	69,7	40,3	20%	1,7	4%	15,3	17,0
	R_10	74,0	52,7	26%	2,5	6%	15,3	17,9
	R_11	67,7	46,6	23%	2,4	6%	15,3	17,7
	R_12	67,9	48,1	24%	2,4	6%	15,3	17,8
	R_13	62,3	36,2	18%	1,5	4%	15,3	16,8
	R_14	93,3	55,1	28%	2,0	5%	15,3	17,4
	R_15	106,1	55,9	28%	1,4	4%	15,3	16,8
	R_16	90,7	55,2	28%	1,5	4%	15,3	16,9
	R_17	96,8	50,3	25%	1,6	4%	15,3	16,9
LIVORNO	R_18	60,4	23,6	12%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_19	60,8	26,7	13%	0,5	1%	17,0	17,5
	R_20	36,8	17,9	9%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_21	33,1	16,0	8%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_22	33,6	17,1	9%	0,3	1%	17,0	17,3
	R_23	48,3	21,4	11%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_24	33,2	15,7	8%	0,3	1%	17,0	17,3
PISA	R_25	36,4	24,1	12%	0,9	2%	17,0	17,9
	R_26	29,8	20,4	10%	0,6	2%	17,0	17,6
	R_27	28,3	17,3	9%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_28	18,8	11,9	6%	0,3	1%	17,0	17,3
Stazioni QA	R_29 LI-LaPira	44,3	20,7	10%	0,4	1%	17,0	17,4
	R_30 LI-Carducci	25,9	11,7	6%	0,2	1%	33,5	33,7
	R_31 LI-Cappiello	9,7	5,8	3%	0,1	0%	14,7	14,8
	R_32 LI-ENI-Stagno	67,0	43,2	22%	2,1	5%	15,3	17,4

Tabella A 3: NO₂ – Risultati – Confronto tra i due scenari

Scenari: Sc.1) Ante Operam Sc.2) Post Operam		NO ₂ (µg/m ³)								
		1h max			1h 19° rnk			media annuale		
		Sc.1	Sc.2	Var%	Sc.1	Sc.2	Var%	Sc.1	Sc.2	Var%
Max Dominio di calcolo		145,2	132,8	-9%	77,1	70,8	-8%	3,2	2,9	-9%
Max al perimetro di Raffineria		135,1	118,7	-12%	75,6	68,7	-9%	2,9	2,8	-6%
R_1	struttura ricettiva - Stagno - Via Aurelia	98.0	91.4	-7%	57.6	53.1	-8%	2.2	2.1	-3%
R_2	abitazioni - Stagno - Corso Italia	82.0	71.0	-13%	43.3	41.5	-4%	1.7	1.6	-4%
R_3	Scuole secondarie - Stagno - via Buoizzi	82.6	75.0	-9%	46.6	44.0	-6%	1.9	1.8	-4%
R_4	abitazioni - Stagno - Via Gobetti	91.3	84.2	-8%	53.8	50.3	-7%	2.2	2.1	-4%
R_5	Impianti Sportivi -Stagno - Via Curiel	88.7	81.0	-9%	57.5	53.9	-6%	2.6	2.5	-7%
R_6	Chiesa San Luca - Stagno	82.2	73.2	-11%	56.1	52.3	-7%	2.7	2.5	-8%
R_7	abitazioni Stagno - Via Rosselli	85.6	78.6	-8%	49.4	46.8	-5%	2.2	2.1	-5%
R_8	abitazioni Stagno - Via Rosselli	80.6	74.2	-8%	46.0	42.9	-7%	1.9	1.8	-5%
R_9	abitazioni Stagno - Via Rosselli	75.7	69.7	-8%	42.4	40.3	-5%	1.8	1.7	-5%
R_10	abitazioni Stagno - Via XXV Aprile	80.6	74.0	-8%	56.3	52.7	-6%	2.8	2.5	-9%
R_11	abitazioni Stagno - Via Romita	73.7	67.7	-8%	50.1	46.6	-7%	2.6	2.4	-9%
R_12	abitazioni Stagno - Via Romita	76.5	67.9	-11%	52.2	48.1	-8%	2.6	2.4	-8%
R_13	abitazioni Stagno - SP555	71.1	62.3	-12%	39.1	36.2	-7%	1.5	1.5	-4%
R_14	abitazioni Stagno - Via Aiaccia	101.6	93.3	-8%	60.8	55.1	-9%	2.2	2.0	-10%
R_15	abitazioni - Stagno - Via Aurelia	115.4	106.1	-8%	63.2	55.9	-11%	1.4	1.4	3%
R_16	abitazione - Stagno - Via Anna Frank	96.2	90.7	-6%	61.6	55.2	-10%	1.6	1.5	-3%
R_17	abitazione - Stagno - Via Oberdan	105.4	96.8	-8%	57.9	50.3	-13%	1.7	1.6	-7%
R_18	abitazione - Livorno - Via Provinciale Pisana	68.9	60.4	-12%	25.4	23.6	-7%	0.5	0.4	-3%
R_19	abitazione - Livorno - Via dell'Artigianato	70.0	60.8	-13%	28.3	26.7	-6%	0.5	0.5	1%
R_20	Scuole primarie - Livorno - Via Valenti	39.6	36.8	-7%	19.7	17.9	-9%	0.3	0.3	-5%
R_21	abitazioni Livorno - Via Giolitti	38.4	33.1	-14%	16.8	16.0	-5%	0.3	0.3	-5%
R_22	abitazioni Livorno - Via Gigli	35.7	33.6	-6%	18.6	17.1	-8%	0.3	0.3	-5%
R_23	abitazioni - Livorno - Via Provinciale Pisana	54.4	48.3	-11%	22.3	21.4	-4%	0.4	0.4	-4%
R_24	abitazioni - Livorno - Via Lunardi	35.0	33.2	-5%	16.9	15.7	-7%	0.3	0.3	-4%
R_25	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Viale del Tirreno	39.7	36.4	-8%	25.7	24.1	-6%	0.9	0.9	-2%
R_26	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Via de André	33.0	29.8	-10%	22.2	20.4	-8%	0.6	0.6	-5%
R_27	abitazioni - Pisa - via Porcari	30.5	28.3	-7%	18.5	17.3	-6%	0.4	0.4	-5%
R_28	Impianti Sportivi - Pisa - Vione dei Vannini	20.4	18.8	-8%	12.8	11.9	-7%	0.3	0.3	-6%
R_29 Li-LaPira		49,7	44,3	-11%	21,7	20,7	-4%	0,4	0,4	-4%
R_30 LI-Carducci		27,4	25,9	-5%	13,3	11,7	-12%	0,2	0,2	-4%
R_31 LI-Cappiello		9,7	9,7	0%	6,0	5,8	-5%	0,1	0,1	-4%
R_32 LI-ENI-Stagno		73,1	67,0	-8%	46,0	43,2	-6%	2,2	2,1	-6%
Media Recettori Stagno		87,49	79,83	-9%	52,6	48,5	-8%	2,09	1,97	-6%
Media Recettori Livorno		48,86	43,75	-10%	21,2	19,8	-7%	0,38	0,37	-3%
Media Recettori Pisa		30,88	28,32	-8%	19,8	18,45	-7%	0,54	0,52	-4%

Tabella A 4: PM₁₀/PM_{2,5} – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)

		PM ₁₀ (µg/m ³)						PM _{2,5} = PM ₁₀ (µg/m ³)					
		Massima media giornaliera	36° valore massimo giornaliero		media annuale			media annuale					
Valore limite (VL)	5% VL	ID Recettore	50	%VL	40			25					
			2,5		2,0	%VL	Fondo	Stima + Fondo	1,25	%VL	Fondo	Stima + Fondo	
Stima	Stima	Stima	Stima	Stima	Stima				Stima				
		Max Dominio di calcolo	1,54	0,69	1,4%	0,22	0,6%	18,0	18,22	0,22	0,9%	10,7	10,89
		Max al perimetro RaLi	1,38	0,59	1,2%	0,20	0,5%	18,0	18,20	0,20	0,8%	10,7	10,86
STAGNO		R_1	0,89	0,48	1,0%	0,15	0,4%	18,0	18,15	0,15	0,6%	10,7	10,82
		R_2	0,88	0,40	0,8%	0,12	0,3%	18,0	18,12	0,12	0,5%	10,7	10,78
		R_3	0,77	0,41	0,8%	0,13	0,3%	18,0	18,13	0,13	0,5%	10,7	10,80
		R_4	0,93	0,49	1,0%	0,15	0,4%	18,0	18,15	0,15	0,6%	10,7	10,82
		R_5	1,22	0,61	1,2%	0,19	0,5%	18,0	18,19	0,19	0,7%	10,7	10,85
		R_6	1,36	0,63	1,3%	0,19	0,5%	18,0	18,19	0,19	0,8%	10,7	10,86
		R_7	0,93	0,48	1,0%	0,15	0,4%	18,0	18,15	0,15	0,6%	10,7	10,82
		R_8	0,79	0,42	0,8%	0,13	0,3%	18,0	18,13	0,13	0,5%	10,7	10,80
		R_9	0,73	0,39	0,8%	0,12	0,3%	18,0	18,12	0,12	0,5%	10,7	10,79
		R_10	1,44	0,61	1,2%	0,20	0,5%	18,0	18,20	0,20	0,8%	10,7	10,86
		R_11	1,39	0,60	1,2%	0,19	0,5%	18,0	18,19	0,19	0,7%	10,7	10,85
		R_12	1,34	0,62	1,2%	0,19	0,5%	18,0	18,19	0,19	0,7%	10,7	10,85
		R_13	0,82	0,37	0,7%	0,11	0,3%	18,0	18,11	0,11	0,4%	10,7	10,78
		R_14	1,28	0,57	1,1%	0,16	0,4%	18,0	18,16	0,16	0,6%	10,7	10,82
		R_15	0,99	0,37	0,7%	0,10	0,2%	18,0	18,10	0,10	0,4%	10,7	10,76
	R_16	1,02	0,39	0,8%	0,11	0,3%	18,0	18,11	0,11	0,4%	10,7	10,78	
	R_17	1,17	0,42	0,8%	0,12	0,3%	18,0	18,12	0,12	0,5%	10,7	10,78	
LIVORNO		R_18	0,39	0,11	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,37	0,03	0,1%	8,3	8,37
		R_19	0,51	0,11	0,2%	0,04	0,1%	17,3	17,37	0,04	0,1%	8,3	8,37
		R_20	0,28	0,08	0,2%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
		R_21	0,22	0,08	0,2%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
		R_22	0,25	0,08	0,2%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
		R_23	0,39	0,09	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
		R_24	0,34	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
PISA		R_25	0,67	0,20	0,4%	0,06	0,1%	17,3	17,39	0,06	0,2%	8,3	8,39
		R_26	0,37	0,16	0,3%	0,04	0,1%	17,3	17,38	0,04	0,2%	8,3	8,38
		R_27	0,29	0,10	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
		R_28	0,19	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,35	0,02	0,1%	8,3	8,35
Stazioni QA		R_29 Li-LaPira	0,39	0,09	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
		R_30 LI-Carducci	0,27	0,05	0,1%	0,02	0,0%	21,7	21,68	0,02	0,1%	11,0	11,02
		R_31 LI-Cappiello	0,14	0,03	0,1%	0,01	0,0%	16,3	16,34	0,01	0,0%	-	-
		R_32 LI-ENI-Stagno	0,96	0,50	1,0%	0,16	0,4%	18,0	18,16	0,16	0,6%	10,7	10,82

Tabella A 5: PM₁₀/PM_{2,5} – Risultati – Sc.2 (Post Operam)

		PM ₁₀ (µg/m ³)						PM _{2,5} = PM ₁₀ (µg/m ³)				
		Massima media giornaliera	36° valore massimo giornaliero		media annuale			media annuale				
Valore limite (VL)		Stima	50	%VL	40			25				
5% VL			2,5		2,0	%VL	Fondo	Stima + Fondo	1,25	%VL	Fondo	Stima + Fondo
ID Recettore			Stima		Stima				Stima			
Max Dominio di calcolo		1,39	0,61	1,2%	0,20	0,5%	18,0	18,20	0,20	0,8%	10,7	10,86
Max al perimetro RaLi		1,26	0,53	1,1%	0,18	0,5%	18,0	18,18	0,18	0,7%	10,7	10,85
STAGNO	R_1	0,84	0,44	0,9%	0,14	0,4%	18,0	18,14	0,14	0,6%	10,7	10,81
	R_2	0,79	0,36	0,7%	0,11	0,3%	18,0	18,11	0,11	0,4%	10,7	10,77
	R_3	0,69	0,38	0,8%	0,12	0,3%	18,0	18,12	0,12	0,5%	10,7	10,79
	R_4	0,87	0,45	0,9%	0,14	0,4%	18,0	18,14	0,14	0,6%	10,7	10,81
	R_5	1,11	0,55	1,1%	0,17	0,4%	18,0	18,17	0,17	0,7%	10,7	10,84
	R_6	1,24	0,56	1,1%	0,17	0,4%	18,0	18,17	0,17	0,7%	10,7	10,84
	R_7	0,87	0,44	0,9%	0,14	0,3%	18,0	18,14	0,14	0,6%	10,7	10,81
	R_8	0,74	0,38	0,8%	0,12	0,3%	18,0	18,12	0,12	0,5%	10,7	10,79
	R_9	0,67	0,36	0,7%	0,11	0,3%	18,0	18,11	0,11	0,5%	10,7	10,78
	R_10	1,29	0,56	1,1%	0,17	0,4%	18,0	18,17	0,17	0,7%	10,7	10,84
	R_11	1,25	0,56	1,1%	0,17	0,4%	18,0	18,17	0,17	0,7%	10,7	10,83
	R_12	1,21	0,56	1,1%	0,17	0,4%	18,0	18,17	0,17	0,7%	10,7	10,83
	R_13	0,75	0,34	0,7%	0,10	0,3%	18,0	18,10	0,10	0,4%	10,7	10,77
	R_14	1,16	0,49	1,0%	0,14	0,3%	18,0	18,14	0,14	0,6%	10,7	10,80
	R_15	0,89	0,32	0,6%	0,09	0,2%	18,0	18,09	0,09	0,4%	10,7	10,76
	R_16	0,90	0,37	0,7%	0,10	0,3%	18,0	18,10	0,10	0,4%	10,7	10,77
	R_17	1,01	0,37	0,7%	0,11	0,3%	18,0	18,11	0,11	0,4%	10,7	10,77
LIVORNO	R_18	0,38	0,10	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
	R_19	0,49	0,10	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,37	0,03	0,1%	8,3	8,37
	R_20	0,27	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
	R_21	0,20	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,36	0,02	0,1%	8,3	8,36
	R_22	0,24	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,35	0,02	0,1%	8,3	8,35
	R_23	0,37	0,09	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
	R_24	0,32	0,07	0,1%	0,02	0,1%	17,3	17,35	0,02	0,1%	8,3	8,35
PISA	R_25	0,59	0,19	0,4%	0,05	0,1%	17,3	17,39	0,05	0,2%	8,3	8,39
	R_26	0,34	0,15	0,3%	0,04	0,1%	17,3	17,37	0,04	0,2%	8,3	8,37
	R_27	0,27	0,09	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
	R_28	0,18	0,06	0,1%	0,02	0,0%	17,3	17,35	0,02	0,1%	8,3	8,35
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	0,37	0,08	0,2%	0,03	0,1%	17,3	17,36	0,03	0,1%	8,3	8,36
	R_30 LI-Carducci	0,26	0,05	0,1%	0,02	0,0%	21,7	21,68	0,02	0,1%	11,0	11,02
	R_31 LI-Cappiello	0,13	0,03	0,1%	0,01	0,0%	16,3	16,34	0,01	0,0%	-	-
	R_32 LI-ENI-Stagno	0,87	0,47	0,9%	0,14	0,4%	18,0	18,14	0,14	0,6%	10,7	10,81

Tabella A 6: PM₁₀/PM_{2,5} – Risultati – Confronto tra i due scenari

Scenari: Sc.1) Ante Operam Sc.2) Post Operam		PM ₁₀ = PM _{2,5} (µg/m ³)								
		24h max			24h 36° rnk			media annuale		
		Sc.1	Sc.2	Var%	Sc.1	Sc.2	Var%	Sc.1	Sc.2	Var%
Max Dominio di calcolo		1,54	1,39	-10%	0,69	0,61	-11%	0,22	0,20	-11%
Max al perimetro di Raffineria		1,38	1,26	-9%	0,59	0,53	-10%	0,20	0,18	-9%
R_1	struttura ricettiva - Stagno - Via Aurelia	0,89	0,84	-6%	0,48	0,44	-8%	0,15	0,14	-7%
R_2	abitazioni - Stagno - Corso Italia	0,88	0,79	-10%	0,40	0,36	-8%	0,12	0,11	-7%
R_3	Scuole secondarie - Stagno - via Buozzi	0,77	0,69	-9%	0,41	0,38	-8%	0,13	0,12	-7%
R_4	abitazioni - Stagno - Via Gobetti	0,93	0,87	-6%	0,49	0,45	-7%	0,15	0,14	-7%
R_5	Impianti Sportivi - Stagno - Via Curiel	1,22	1,11	-9%	0,61	0,55	-10%	0,19	0,17	-9%
R_6	Chiesa San Luca - Stagno	1,36	1,24	-9%	0,63	0,56	-10%	0,19	0,17	-10%
R_7	abitazioni Stagno - Via Rosselli	0,93	0,87	-7%	0,48	0,44	-9%	0,15	0,14	-8%
R_8	abitazioni Stagno - Via Rosselli	0,79	0,74	-6%	0,42	0,38	-10%	0,13	0,12	-8%
R_9	abitazioni Stagno - Via Rosselli	0,73	0,67	-8%	0,39	0,36	-7%	0,12	0,11	-8%
R_10	abitazioni Stagno - Via XXV Aprile	1,44	1,29	-10%	0,61	0,56	-8%	0,20	0,17	-11%
R_11	abitazioni Stagno - Via Romita	1,39	1,25	-10%	0,60	0,56	-8%	0,19	0,17	-11%
R_12	abitazioni Stagno - Via Romita	1,34	1,21	-9%	0,62	0,56	-11%	0,19	0,17	-10%
R_13	abitazioni Stagno - SP555	0,82	0,75	-9%	0,37	0,34	-7%	0,11	0,10	-7%
R_14	abitazioni Stagno - Via Aiaccia	1,28	1,16	-10%	0,57	0,49	-13%	0,16	0,14	-12%
R_15	abitazioni - Stagno - Via Aurelia	0,99	0,89	-10%	0,37	0,32	-13%	0,10	0,09	-2%
R_16	abitazione - Stagno - Via Anna Frank	1,02	0,90	-12%	0,39	0,37	-6%	0,11	0,10	-6%
R_17	abitazione - Stagno - Via Oberdan	1,17	1,01	-13%	0,42	0,37	-11%	0,12	0,11	-10%
R_18	abitazione - Livorno - Via Provinciale Pisana	0,39	0,38	-5%	0,11	0,10	-9%	0,03	0,03	-7%
R_19	abitazione - Livorno - Via dell'Artigianato	0,51	0,49	-4%	0,11	0,10	-9%	0,04	0,03	-5%
R_20	Scuole primarie - Livorno - Via Valenti	0,28	0,27	-4%	0,08	0,07	-10%	0,02	0,02	-8%
R_21	abitazioni Livorno - Via Giolitti	0,22	0,20	-7%	0,08	0,07	-9%	0,02	0,02	-8%
R_22	abitazioni Livorno - Via Gigli	0,25	0,24	-6%	0,08	0,07	-9%	0,02	0,02	-8%
R_23	abitazioni - Livorno - Via Provinciale Pisana	0,39	0,37	-5%	0,09	0,09	-9%	0,03	0,03	-7%
R_24	abitazioni - Livorno - Via Lunardi	0,34	0,32	-6%	0,07	0,07	-4%	0,02	0,02	-7%
R_25	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Viale del Tirreno	0,67	0,59	-12%	0,20	0,19	-9%	0,06	0,05	-6%
R_26	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Via de Andrè	0,37	0,34	-9%	0,16	0,15	-6%	0,04	0,04	-7%
R_27	abitazioni - Pisa - via Porcari	0,29	0,27	-8%	0,10	0,09	-7%	0,03	0,03	-8%
R_28	Impianti Sportivi - Pisa - Vione dei Vannini	0,19	0,18	-5%	0,07	0,06	-7%	0,02	0,02	-8%
R_29 LI-LaPira		0,39	0,37	-5%	0,09	0,08	-10%	0,03	0,03	-7%
R_30 LI-Carducci		0,27	0,26	-5%	0,05	0,05	-6%	0,02	0,02	-6%
R_31 LI-Cappiello		0,14	0,13	-7%	0,03	0,03	-3%	0,01	0,01	-6%
R_32 LI-ENI-Stagno		0,96	0,87	-9%	0,50	0,47	-8%	0,16	0,14	-9%
Media Recettori Stagno		1,06	0,96	-9%	0,49	0,44	-9%	0,15	0,13	-9%
Media Recettori Livorno		0,34	0,32	-5%	0,09	0,08	-9%	0,03	0,03	-7%
Media Recettori Pisa		0,38	0,35	-9%	0,13	0,12	-7%	0,04	0,03	-7%

Tabella A 7: SO₂ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)

Stima modello		SO ₂ (µg/m ³)									
		Massima media oraria	25° valore massimo orario		Massima media giornaliera	4° valore massimo giornaliero		media annuale			
Valore limite (VL)	Stima	350	%VL	Stima	125	%VL	20 (valore critico per la protezione della vegetazione)				
5% VL		17,5			6,25		1	Stima	%VL	Fondo	Stima + fondo
ID Recettore		Stima			Stima		Stima				
Max Dominio di calcolo	516	219	62%	84,5	77,8	62%	19,60	98%	1,0	20,6	
Max al perimetro RaLi	224,7	111,1	32%	47,6	34,7	28%	7,75	39%	1,0	8,8	
STAGNO	R_1	176,7	82,1	23%	26,5	23,3	19%	5,42	27%	1,0	6,4
	R_2	134,8	59,0	17%	21,1	15,2	12%	3,28	16%	1,0	4,3
	R_3	135,9	61,8	18%	21,9	16,5	13%	3,72	19%	1,0	4,7
	R_4	150,5	74,0	21%	24,5	21,7	17%	4,79	24%	1,0	5,8
	R_5	154,4	76,6	22%	27,8	23,6	19%	5,16	26%	1,0	6,2
	R_6	135,7	72,6	21%	28,6	24,3	19%	4,93	25%	1,0	5,9
	R_7	136,4	67,3	19%	23,2	21,0	17%	4,41	22%	1,0	5,4
	R_8	125,0	60,8	17%	21,7	17,1	14%	3,69	18%	1,0	4,7
	R_9	118,3	55,9	16%	20,5	14,7	12%	3,30	16%	1,0	4,3
	R_10	112,8	70,2	20%	28,7	23,7	19%	4,75	24%	1,0	5,7
	R_11	101,1	64,3	18%	26,1	21,1	17%	4,28	21%	1,0	5,3
	R_12	123,9	66,9	19%	26,7	21,8	17%	4,52	23%	1,0	5,5
	R_13	109,9	53,5	15%	18,2	13,4	11%	2,81	14%	1,0	3,8
	R_14	123,1	73,0	21%	26,3	20,2	16%	3,53	18%	1,0	4,5
	R_15	132,2	67,5	19%	21,2	14,6	12%	2,45	12%	1,0	3,4
	R_16	117,2	67,7	19%	21,8	16,2	13%	2,60	13%	1,0	3,6
	R_17	123,1	62,0	18%	19,7	18,5	15%	2,58	13%	1,0	3,6
LIVORNO	R_18	96,0	35,1	10%	9,9	5,8	5%	0,67	3%	1,0	1,7
	R_19	91,9	36,6	10%	11,5	7,1	6%	0,76	4%	1,0	1,8
	R_20	54,5	24,3	7%	5,4	3,9	3%	0,47	2%	1,0	1,5
	R_21	54,2	21,4	6%	4,0	3,8	3%	0,46	2%	1,0	1,5
	R_22	49,8	22,1	6%	4,6	3,7	3%	0,45	2%	1,0	1,5
	R_23	73,5	29,1	8%	8,7	5,1	4%	0,57	3%	1,0	1,6
	R_24	42,7	20,8	6%	6,6	3,7	3%	0,42	2%	1,0	1,4
PISA	R_25	61,0	37,1	11%	21,9	16,7	13%	2,39	12%	1,0	3,4
	R_26	54,4	30,4	9%	12,1	10,1	8%	1,51	8%	1,0	2,5
	R_27	38,3	24,7	7%	5,5	5,0	4%	0,64	3%	1,0	1,6
	R_28	36,3	16,6	5%	3,6	3,3	3%	0,46	2%	1,0	1,5
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	66,0	27,8	8%	8,5	4,9	4%	0,54	3%	1,0	1,5
	R_30 LI-Carducci	31,4	15,7	4%	5,0	3,2	3%	0,31	2%	-	-
	R_31 LI-Cappiello	10,4	7,0	2%	2,6	1,5	1%	0,15	1%	-	-
	R_32 LI-ENI-Stagno	120,9	58,3	17%	24,3	20,1	16%	3,95	20%	2,7	-

Tabella A 8: SO₂ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)

Stima modello		SO ₂ (µg/m ³)										
		Massima media oraria	25° valore massimo orario		Massima media giornaliera	4° valore massimo giornaliero		media annuale				
Valore limite (VL)	ID Recettore	Stima	350	%VL	Stima	125	%VL	20 (valore critico per la protezione della vegetazione)			Stima + fondo	
5% VL			17,5			6,25		1	Stima	%VL		Fondo
Stima			Stima			Stima		Stima				
Max Dominio di calcolo		508	210	60%	80,0	74,6	60%	18,85	94%	1,0	19,9	
Max al perimetro RaLi		194,4	100,7	29%	46,6	33,0	26%	7,57	38%	1,0	8,6	
STAGNO	R_1	147,2	76,1	22%	24,8	21,7	17%	5,06	25%	1,0	6,1	
	R_2	112,2	53,7	15%	18,8	13,4	11%	3,01	15%	1,0	4,0	
	R_3	111,9	55,9	16%	20,2	15,1	12%	3,41	17%	1,0	4,4	
	R_4	124,6	66,9	19%	22,6	20,3	16%	4,42	22%	1,0	5,4	
	R_5	131,8	66,8	19%	25,0	21,2	17%	4,66	23%	1,0	5,7	
	R_6	112,2	62,9	18%	25,3	21,3	17%	4,39	22%	1,0	5,4	
	R_7	119,1	60,9	17%	21,8	19,2	15%	4,03	20%	1,0	5,0	
	R_8	107,2	54,4	16%	19,8	15,9	13%	3,37	17%	1,0	4,4	
	R_9	101,3	50,2	14%	18,9	13,5	11%	3,01	15%	1,0	4,0	
	R_10	98,7	62,4	18%	25,0	20,5	16%	4,17	21%	1,0	5,2	
	R_11	88,3	57,1	16%	22,6	18,6	15%	3,74	19%	1,0	4,7	
	R_12	100,8	58,7	17%	23,5	19,7	16%	4,01	20%	1,0	5,0	
	R_13	92,1	47,7	14%	16,5	11,8	9%	2,56	13%	1,0	3,6	
	R_14	107,3	64,4	18%	23,1	17,5	14%	2,99	15%	1,0	4,0	
	R_15	110,1	55,2	16%	18,1	12,1	10%	2,24	11%	1,0	3,2	
	R_16	102,8	60,1	17%	18,9	13,6	11%	2,32	12%	1,0	3,3	
	R_17	113,1	53,9	15%	17,8	14,2	11%	2,23	11%	1,0	3,2	
LIVORNO	R_18	79,9	29,8	9%	8,8	4,9	4%	0,60	3%	1,0	1,6	
	R_19	76,7	31,7	9%	10,0	6,7	5%	0,68	3%	1,0	1,7	
	R_20	46,4	21,2	6%	4,8	3,3	3%	0,41	2%	1,0	1,4	
	R_21	46,2	18,8	5%	3,5	3,3	3%	0,41	2%	1,0	1,4	
	R_22	42,7	19,8	6%	4,0	3,3	3%	0,40	2%	1,0	1,4	
	R_23	61,0	25,6	7%	7,7	4,6	4%	0,50	3%	1,0	1,5	
	R_24	36,7	17,9	5%	5,9	3,1	2%	0,37	2%	1,0	1,4	
PISA	R_25	53,7	32,5	9%	20,0	15,5	12%	2,27	11%	1,0	3,3	
	R_26	48,2	26,3	8%	11,4	9,3	7%	1,41	7%	1,0	2,4	
	R_27	33,5	22,0	6%	5,4	4,6	4%	0,58	3%	1,0	1,6	
	R_28	29,5	14,4	4%	3,5	3,1	2%	0,41	2%	1,0	1,4	
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	55,1	24,0	7%	7,6	4,3	3%	0,48	2%	1,0	1,5	
	R_30 LI-Carducci	27,2	14,0	4%	4,5	2,8	2%	0,28	1%	-	-	
	R_31 LI-Cappiello	10,4	6,1	2%	2,3	1,4	1%	0,13	1%	-	-	
	R_32 LI-ENI-Stagno	101,7	51,6	15%	21,8	18,5	15%	3,56	18%	2,7	-	



Tabella A 9: SO₂ – Risultati – Confronto tra i due scenari

Scenari: Sc.1) Ante Operam Sc.2) Post Operam	SO ₂ (µg/m ³)														
	1h max			1h 25°rnk			24h max			24h 4°rnk			media annuale		
	1	2	Var%	1	2	Var%	1	2	Var%	1	2	Var%	1	2	Var%
Max Dominio di calcolo	516,1	508,2	-2%	218,7	210,2	-4%	84,5	80,0	-5%	77,8	74,6	-4%	19,6	18,85	-4%
Max al perimetro di Raffineria	224,7	194,4	-14%	111,1	100,7	-9%	47,6	46,6	-2%	34,7	33,0	-5%	7,75	7,57	-2%
R_1	176,7	147,2	-17%	82,1	76,1	-7%	26,5	24,8	-6%	23,3	21,7	-7%	5,42	5,06	-7%
R_2	134,8	112,2	-17%	59,0	53,7	-9%	21,1	18,8	-11%	15,2	13,4	-12%	3,28	3,01	-8%
R_3	135,9	111,9	-18%	61,8	55,9	-10%	21,9	20,2	-8%	16,5	15,1	-9%	3,72	3,41	-8%
R_4	150,5	124,6	-17%	74,0	66,9	-10%	24,5	22,6	-8%	21,7	20,3	-7%	4,79	4,42	-8%
R_5	154,4	131,8	-15%	76,6	66,8	-13%	27,8	25,0	-10%	23,6	21,2	-10%	5,16	4,66	-10%
R_6	135,7	112,2	-17%	72,6	62,9	-13%	28,6	25,3	-11%	24,3	21,3	-12%	4,93	4,39	-11%
R_7	136,4	119,1	-13%	67,3	60,9	-10%	23,2	21,8	-6%	21,0	19,2	-9%	4,41	4,03	-9%
R_8	125,0	107,2	-14%	60,8	54,4	-11%	21,7	19,8	-9%	17,1	15,9	-7%	3,69	3,37	-9%
R_9	118,3	101,3	-14%	55,9	50,2	-10%	20,5	18,9	-8%	14,7	13,5	-8%	3,30	3,01	-9%
R_10	112,8	98,7	-13%	70,2	62,4	-11%	28,7	25,0	-13%	23,7	20,5	-14%	4,75	4,17	-12%
R_11	101,1	88,3	-13%	64,3	57,1	-11%	26,1	22,6	-13%	21,1	18,6	-12%	4,28	3,74	-13%
R_12	123,9	100,8	-19%	66,9	58,7	-12%	26,7	23,5	-12%	21,8	19,7	-10%	4,52	4,01	-11%
R_13	109,9	92,1	-16%	53,5	47,7	-11%	18,2	16,5	-10%	13,4	11,8	-11%	2,81	2,56	-9%
R_14	123,1	107,3	-13%	73,0	64,4	-12%	26,3	23,1	-12%	20,2	17,5	-14%	3,53	2,99	-15%
R_15	132,2	110,1	-17%	67,5	55,2	-18%	21,2	18,1	-14%	14,6	12,1	-17%	2,45	2,24	-9%
R_16	117,2	102,8	-12%	67,7	60,1	-11%	21,8	18,9	-13%	16,2	13,6	-16%	2,60	2,32	-11%
R_17	123,1	113,1	-8%	62,0	53,9	-13%	19,7	17,8	-10%	18,5	14,2	-23%	2,58	2,23	-14%
R_18	96,0	79,9	-17%	35,1	29,8	-15%	9,9	8,8	-11%	5,8	4,9	-16%	0,67	0,60	-11%
R_19	91,9	76,7	-17%	36,6	31,7	-14%	11,5	10,0	-13%	7,1	6,7	-5%	0,76	0,68	-10%
R_20	54,5	46,4	-15%	24,3	21,2	-13%	5,4	4,8	-11%	3,9	3,3	-15%	0,47	0,41	-12%
R_21	54,2	46,2	-15%	21,4	18,8	-12%	4,0	3,5	-11%	3,8	3,3	-12%	0,46	0,41	-12%
R_22	49,8	42,7	-14%	22,1	19,8	-10%	4,6	4,0	-12%	3,7	3,3	-11%	0,45	0,40	-12%
R_23	73,5	61,0	-17%	29,1	25,6	-12%	8,7	7,7	-11%	5,1	4,6	-10%	0,57	0,50	-11%
R_24	42,7	36,7	-14%	20,8	17,9	-14%	6,6	5,9	-10%	3,7	3,1	-15%	0,42	0,37	-11%
R_25	61,0	53,7	-12%	37,1	32,5	-13%	21,9	20,0	-9%	16,7	15,5	-8%	2,39	2,27	-5%
R_26	54,4	48,2	-11%	30,4	26,3	-13%	12,1	11,4	-6%	10,1	9,3	-8%	1,51	1,41	-7%
R_27	38,3	33,5	-12%	24,7	22,0	-11%	5,5	5,4	-2%	5,0	4,6	-8%	0,64	0,58	-10%
R_28	36,3	29,5	-19%	16,6	14,4	-14%	3,6	3,5	-2%	3,3	3,1	-7%	0,46	0,41	-11%
R_29 LI-LaPira	66,0	55,1	-17%	27,8	24,0	-14%	8,5	7,6	-11%	4,9	4,3	-13%	0,54	0,48	-11%
R_30 LI-Carducci	31,4	27,2	-13%	15,7	14,0	-11%	5,0	4,5	-10%	3,2	2,8	-10%	0,31	0,28	-11%
R_31 LI-Cappiello	10,4	10,4	0%	7,0	6,1	-13%	2,6	2,3	-11%	1,5	1,4	-10%	0,15	0,13	-10%
R_32 LI-ENI-Stagno	120,9	101,7	-16%	58,3	51,6	-11%	24,3	21,8	-11%	20,1	18,5	-8%	3,95	3,56	-10%
Media Stagno	130,0	110,6	-15%	66,78	59,26	-11%	23,80	21,3	-10%	19,2	17,0	-11%	3,89	3,51	-10%
Media Livorno	66,09	55,65	-16%	27,07	23,55	-13%	7,23	6,40	-11%	4,71	4,18	-11%	0,54	0,48	-11%
Media Pisa	47,47	41,20	-13%	27,23	23,80	-13%	10,79	10,1	-7%	8,77	8,09	-8%	1,25	1,17	-7%

Tabella A 10: CO – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)

Stima modello		CO (µg/m³)	
		valore massimo media 8h	
Valore limite (VL)		10'000	%VL
5% VL		500	
ID Recettore	Stima		
Max Dominio di calcolo	20,1		0,20%
Max al perimetro RaLi	18,6		0,19%
STAGNO	R_1	12,2	0,12%
	R_2	10,2	0,10%
	R_3	9,8	0,10%
	R_4	12,4	0,12%
	R_5	15,5	0,16%
	R_6	16,9	0,17%
	R_7	12,0	0,12%
	R_8	10,2	0,10%
	R_9	9,3	0,09%
	R_10	17,2	0,17%
	R_11	15,8	0,16%
	R_12	16,1	0,16%
	R_13	9,1	0,09%
	R_14	18,3	0,18%
	R_15	15,1	0,15%
	R_16	15,3	0,15%
	R_17	15,6	0,16%
LIVORNO	R_18	5,4	0,05%
	R_19	5,8	0,06%
	R_20	3,8	0,04%
	R_21	3,3	0,03%
	R_22	3,9	0,04%
	R_23	5,1	0,05%
	R_24	4,1	0,04%
PISA	R_25	8,8	0,09%
	R_26	5,4	0,05%
	R_27	4,0	0,04%
	R_28	2,6	0,03%
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	5,0	0,05%
	R_30 LI-Carducci	2,9	0,03%
	R_31 LI-Cappiello	1,2	0,01%
	R_32 LI-ENI-Stagno	11,4	0,11%

Tabella A 11: CO – Risultati – Sc.2 (Post Operam)

Stima modello		CO (µg/m³)	
		valore massimo media 8h	
Valore limite (VL)		10'000	%VL
5% VL		500	
ID Recettore	Stima		
Max Dominio di calcolo	22,7	0,23%	
Max al perimetro RaLi	22,1	0,22%	
STAGNO	R_1	13,6	0,14%
	R_2	10,6	0,11%
	R_3	10,7	0,11%
	R_4	13,4	0,13%
	R_5	16,8	0,17%
	R_6	18,1	0,18%
	R_7	12,8	0,13%
	R_8	11,0	0,11%
	R_9	10,0	0,10%
	R_10	18,5	0,19%
	R_11	16,9	0,17%
	R_12	17,2	0,17%
	R_13	9,3	0,09%
	R_14	19,3	0,19%
	R_15	18,4	0,18%
	R_16	17,6	0,18%
	R_17	17,9	0,18%
LIVORNO	R_18	5,9	0,06%
	R_19	6,0	0,06%
	R_20	4,0	0,04%
	R_21	3,6	0,04%
	R_22	4,1	0,04%
	R_23	5,3	0,05%
	R_24	4,1	0,04%
PISA	R_25	8,7	0,09%
	R_26	5,1	0,05%
	R_27	4,2	0,04%
	R_28	2,7	0,03%
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	5,1	0,05%
	R_30 LI-Carducci	2,9	0,03%
	R_31 LI-Cappiello	1,3	0,01%
	R_32 LI-ENI-Stagno	12,1	0,12%

Tabella A 12: CO – Risultati – Confronto tra i due scenari

Scenari: Sc.1) Ante Operam Sc.2) Post Operam		CO (µg/m ³)		
		8h max		
		Sc.1	Sc.2	Var%
Max Dominio di calcolo		20,1	22,7	13%
Max al perimetro di Raffineria		18,6	22,1	18%
R_1	struttura ricettiva - Stagno - Via Aurelia	12,2	13,6	11%
R_2	abitazioni - Stagno - Corso Italia	10,2	10,6	4%
R_3	Scuole secondarie - Stagno - via Buozzi	9,8	10,7	9%
R_4	abitazioni - Stagno - Via Gobetti	12,4	13,4	8%
R_5	Impianti Sportivi -Stagno - Via Curiel	15,5	16,8	8%
R_6	Chiesa San Luca - Stagno	16,9	18,1	8%
R_7	abitazioni Stagno - Via Rosselli	12,0	12,8	7%
R_8	abitazioni Stagno - Via Rosselli	10,2	11,0	8%
R_9	abitazioni Stagno - Via Rosselli	9,3	10,0	8%
R_10	abitazioni Stagno - Via XXV Aprile	17,2	18,5	8%
R_11	abitazioni Stagno - Via Romita	15,8	16,9	7%
R_12	abitazioni Stagno - Via Romita	16,1	17,2	7%
R_13	abitazioni Stagno - SP555	9,1	9,3	3%
R_14	abitazioni Stagno - Via Aiaccia	18,3	19,3	6%
R_15	abitazioni - Stagno - Via Aurelia	15,1	18,4	22%
R_16	abitazione - Stagno - Via Anna Frank	15,3	17,6	15%
R_17	abitazione - Stagno - Via Oberdan	15,6	17,9	15%
R_18	abitazione - Livorno - Via Provinciale Pisana	5,4	5,9	8%
R_19	abitazione - Livorno - Via dell'Artigianato	5,8	6,0	3%
R_20	Scuole primarie - Livorno - Via Valenti	3,8	4,0	6%
R_21	abitazioni Livorno - Via Giolitti	3,3	3,6	8%
R_22	abitazioni Livorno - Via Gigli	3,9	4,1	6%
R_23	abitazioni - Livorno - Via Provinciale Pisana	5,1	5,3	4%
R_24	abitazioni - Livorno - Via Lunardi	4,1	4,1	2%
R_25	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Viale del Tirreno	8,8	8,7	-1%
R_26	abitazioni/strutture ricettive - Pisa - Via de Andrè	5,4	5,1	-5%
R_27	abitazioni - Pisa - via Porcari	4,0	4,2	5%
R_28	Impianti Sportivi - Pisa - Vione dei Vannini	2,6	2,7	1%
R_29 Li-LaPira		5,0	5,1	2%
R_30 LI-Carducci		2,9	2,9	2%
R_31 LI-Cappiello		1,2	1,3	5%
R_32 LI-ENI-Stagno		11,4	12,1	6%
Media Recettori Stagno		13,58	14,85	9%
Media Recettori Livorno		4,47	4,71	5%
Media Recettori Pisa		5,21	5,19	0%

Tabella A 13: NH₃ – Risultati – Sc.1 (Ante Operam)

Stima modello		NH ₃ (µg/m ³)			
		Massima media oraria	Massima media giornaliera		media annuale
Valore limite (VL)		Stima	Stima	150	Stima
5% VL				7,5	
ID Recettore				%VL	
Max Dominio di calcolo		5,2	0,7	0,27%	0,13
Max al perimetro RaLi		4,6	0,7	0,26%	0,11
STAGNO	R_1	3,6	0,5	0,17%	0,08
	R_2	2,8	0,4	0,15%	0,06
	R_3	2,9	0,4	0,14%	0,07
	R_4	3,3	0,5	0,17%	0,08
	R_5	3,3	0,6	0,22%	0,09
	R_6	2,9	0,6	0,23%	0,09
	R_7	3,0	0,4	0,16%	0,08
	R_8	2,9	0,4	0,14%	0,07
	R_9	2,7	0,4	0,14%	0,06
	R_10	2,5	0,6	0,23%	0,09
	R_11	2,3	0,6	0,21%	0,08
	R_12	2,6	0,6	0,22%	0,09
	R_13	2,4	0,4	0,13%	0,05
	R_14	3,0	0,6	0,21%	0,07
	R_15	3,3	0,4	0,16%	0,04
	R_16	2,8	0,4	0,16%	0,05
	R_17	2,7	0,4	0,16%	0,05
LIVORNO	R_18	2,1	0,2	0,07%	0,01
	R_19	2,1	0,2	0,08%	0,02
	R_20	1,2	0,1	0,04%	0,01
	R_21	1,2	0,1	0,03%	0,01
	R_22	1,1	0,1	0,04%	0,01
	R_23	1,7	0,2	0,07%	0,01
	R_24	1,1	0,1	0,05%	0,01
PISA	R_25	1,3	0,4	0,13%	0,03
	R_26	1,2	0,2	0,08%	0,02
	R_27	1,0	0,1	0,05%	0,01
	R_28	0,7	0,1	0,03%	0,01
Stazioni QA	R_29 Li-LaPira	1,5	0,2	0,07%	0,01
	R_30 LI-Carducci	0,9	0,1	0,04%	0,01
	R_31 LI-Cappiello	0,3	0,1	0,02%	0,003
	R_32 LI-ENI-Stagno	2,6	0,5	0,18%	0,08

Tabella A 14: NH₃ – Risultati – Sc.2 (Post Operam)

Stima modello		NH ₃ (µg/m ³)			
		Massima media oraria	Massima media giornaliera	media annuale	
Valore limite (VL)		Stima	Stima	150	Stima
5% VL				7,5	
ID Recettore				%VL	
Max Dominio di calcolo		6,5	1,0	0,4%	0,16
Max al perimetro RaLi		5,1	0,8	0,3%	0,13
STAGNO	R_1	3,8	0,5	0,2%	0,10
	R_2	3,0	0,4	0,2%	0,07
	R_3	3,1	0,5	0,2%	0,08
	R_4	3,5	0,5	0,2%	0,10
	R_5	3,7	0,6	0,2%	0,11
	R_6	3,3	0,7	0,2%	0,11
	R_7	3,3	0,5	0,2%	0,09
	R_8	3,0	0,5	0,2%	0,08
	R_9	2,8	0,4	0,2%	0,07
	R_10	2,8	0,7	0,3%	0,10
	R_11	2,5	0,6	0,2%	0,10
	R_12	2,9	0,6	0,2%	0,10
	R_13	2,6	0,4	0,1%	0,06
	R_14	3,3	0,6	0,2%	0,08
	R_15	3,8	0,6	0,2%	0,07
	R_16	3,2	0,5	0,2%	0,07
	LIVORNO	R_17	3,0	0,6	0,2%
R_18		2,3	0,3	0,1%	0,02
R_19		2,3	0,3	0,1%	0,02
R_20		1,4	0,1	0,1%	0,01
R_21		1,2	0,1	0,0%	0,01
R_22		1,3	0,1	0,0%	0,01
R_23		1,8	0,2	0,1%	0,01
PISA	R_24	1,1	0,2	0,1%	0,01
	R_25	1,5	0,4	0,1%	0,04
	R_26	1,2	0,2	0,1%	0,03
	R_27	1,0	0,1	0,0%	0,01
Stazioni QA	R_28	0,8	0,1	0,0%	0,01
	R_29 Li-LaPira	1,7	0,2	0,1%	0,01
	R_30 LI-Carducci	0,8	0,1	0,0%	0,01
	R_31 LI-Cappiello	0,3	0,1	0,0%	0,004
	R_32 LI-ENI-Stagno	2,8	0,6	0,2%	0,09

Tabella A 15: NH₃ – Risultati – Confronto tra i due scenari

Scenari:	NH ₃ (µg/m ³)								
	1h max			24h max			media annuale		
	1	2	Var%	1	2	Var%	1	2	Var%
Sc.1) Ante Operam									
Sc.2) Post Operam									
Max Dominio di calcolo	5,17	6,54	27%	0,74	0,97	31%	0,13	0,16	27%
Max al perimetro di Raffineria	4,65	5,10	10%	0,71	0,80	12%	0,11	0,13	28%
R_1	3,60	3,80	6%	0,46	0,50	9%	0,08	0,10	22%
R_2	2,82	2,99	6%	0,39	0,44	11%	0,06	0,07	18%
R_3	2,92	3,07	5%	0,38	0,46	20%	0,07	0,08	18%
R_4	3,29	3,47	5%	0,46	0,49	8%	0,08	0,10	19%
R_5	3,32	3,75	13%	0,59	0,64	8%	0,09	0,11	17%
R_6	2,90	3,26	13%	0,63	0,67	8%	0,09	0,11	16%
R_7	3,02	3,32	10%	0,44	0,50	13%	0,08	0,09	18%
R_8	2,87	3,02	5%	0,39	0,47	19%	0,07	0,08	17%
R_9	2,71	2,85	5%	0,37	0,44	18%	0,06	0,07	17%
R_10	2,54	2,78	10%	0,62	0,68	9%	0,09	0,10	16%
R_11	2,30	2,53	10%	0,58	0,63	9%	0,08	0,10	15%
R_12	2,64	2,92	11%	0,60	0,64	7%	0,09	0,10	14%
R_13	2,44	2,56	5%	0,36	0,40	11%	0,05	0,06	16%
R_14	3,04	3,27	8%	0,55	0,60	8%	0,07	0,08	28%
R_15	3,29	3,77	15%	0,43	0,55	28%	0,04	0,07	48%
R_16	2,76	3,16	15%	0,44	0,54	21%	0,05	0,07	36%
R_17	2,71	3,01	11%	0,43	0,56	31%	0,05	0,06	29%
R_18	2,15	2,35	9%	0,19	0,26	34%	0,01	0,02	19%
R_19	2,14	2,25	5%	0,22	0,27	25%	0,02	0,02	26%
R_20	1,22	1,40	14%	0,11	0,14	25%	0,01	0,01	13%
R_21	1,24	1,18	-5%	0,09	0,10	8%	0,01	0,01	14%
R_22	1,11	1,28	16%	0,10	0,11	11%	0,01	0,01	13%
R_23	1,65	1,82	11%	0,18	0,23	27%	0,01	0,01	16%
R_24	1,12	1,10	-1%	0,15	0,17	20%	0,01	0,01	13%
R_25	1,31	1,48	13%	0,35	0,38	9%	0,03	0,04	23%
R_26	1,23	1,24	1%	0,21	0,21	2%	0,02	0,03	16%
R_27	0,97	0,97	-1%	0,13	0,13	4%	0,01	0,01	13%
R_28	0,74	0,79	6%	0,08	0,08	4%	0,01	0,01	12%
R_29 Li-LaPira	1,50	1,65	10%	0,18	0,22	25%	0,01	0,01	15%
R_30 LI-Carducci	0,88	0,84	-4%	0,11	0,13	17%	0,01	0,01	12%
R_31 LI-Cappiello	0,32	0,32	0%	0,06	0,06	9%	0,003	0,004	11%
R_32 LI-ENI-Stagno	2,64	2,85	8%	0,48	0,56	16%	0,08	0,09	14%
Media Stagno	2,89	3,15	9%	0,48	0,54	13%	0,07	0,08	20%
Media Livorno	1,52	1,63	7%	0,15	0,18	23%	0,01	0,01	17%
Media Pisa	1,06	1,12	5%	0,19	0,20	6%	0,02	0,02	18%



ALLEGATO B – MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE

Figura B 1: NO₂ – mappe dei 19ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 2: NO₂ – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 3: PM₁₀ – mappe dei 36ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 4: PM₁₀/PM_{2,5} – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 5: SO₂ – mappe dei 25ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 6: SO₂ – mappe dei 4ⁱ valori massimi giornalieri di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

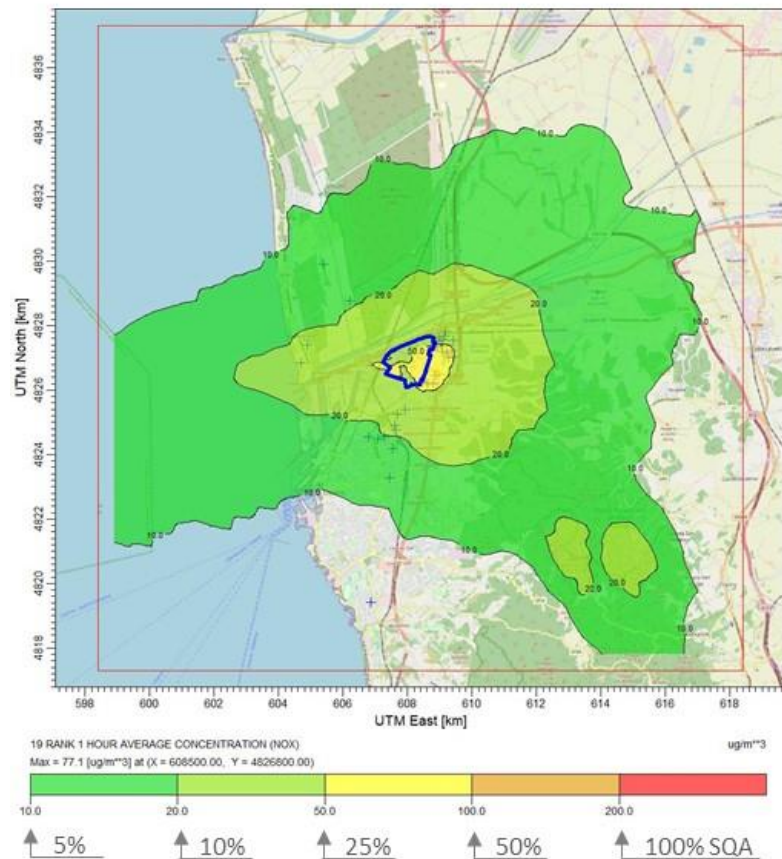
Figura B 7: SO₂ – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

Figura B 8: CO – mappe delle massime ricadute medie su 8h (Scenario 1 e Scenario 2)

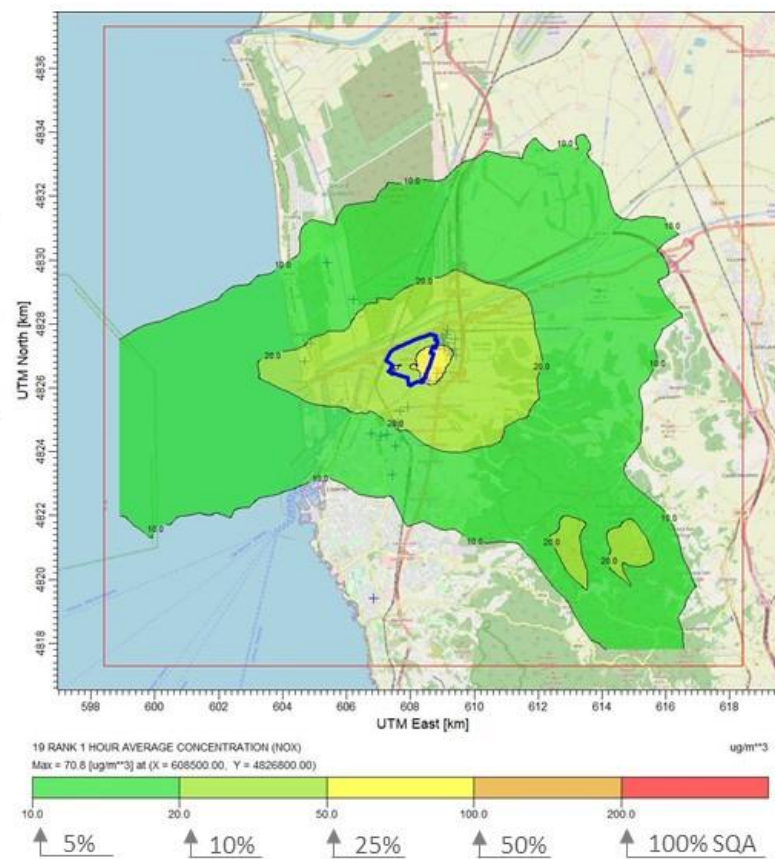
Figura B 9: NH₃ – mappe dei valori massimi giornalieri di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

NO₂ – MASSIME MEDIE ORARIE (19° RNK); NO₂=NO_x

Sc.1 ANTE OPERAM



Sc.2 POST OPERAM



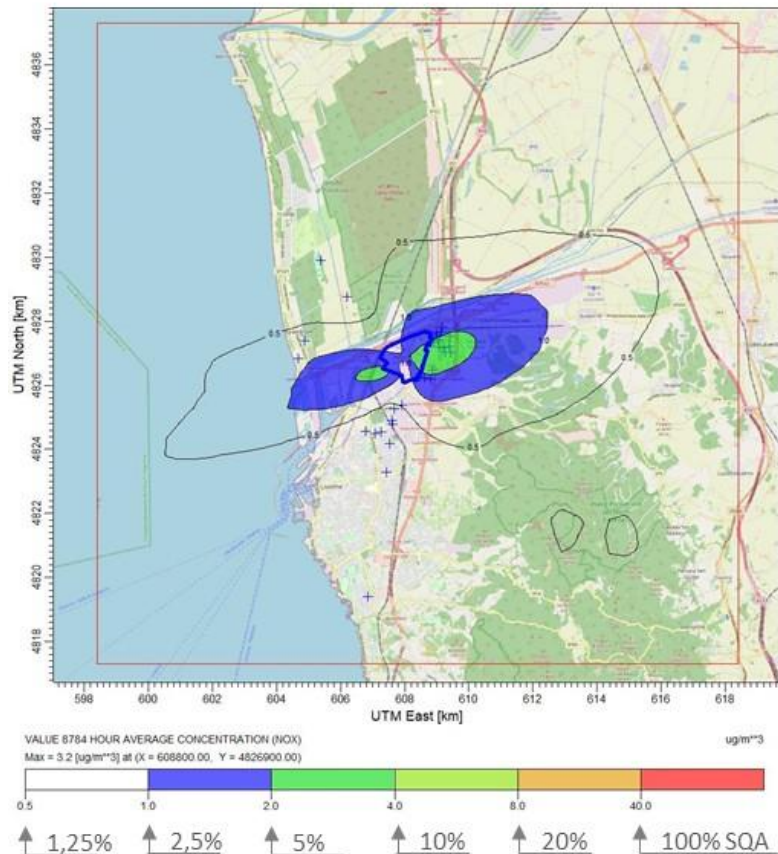
SQA
200 ug/m³

Figura B 1: NO₂ – mappe dei 19ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

NO₂ – MEDIA ANNUA; NO₂=NO_x

Sc.1 ANTE OPERAM

Sc.2 POST OPERAM



SQA
40 ug/m³

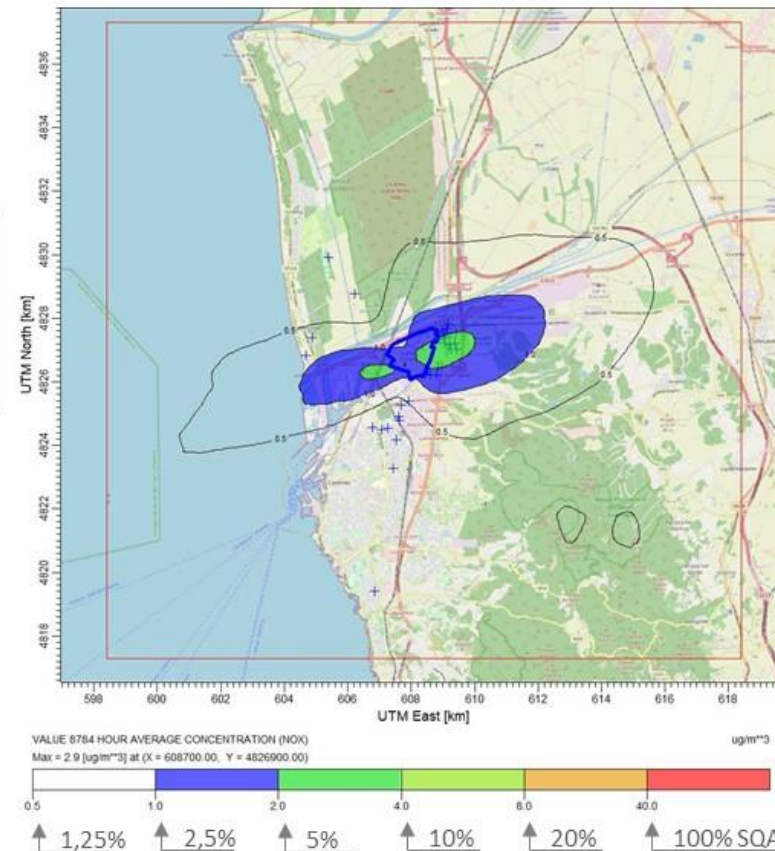
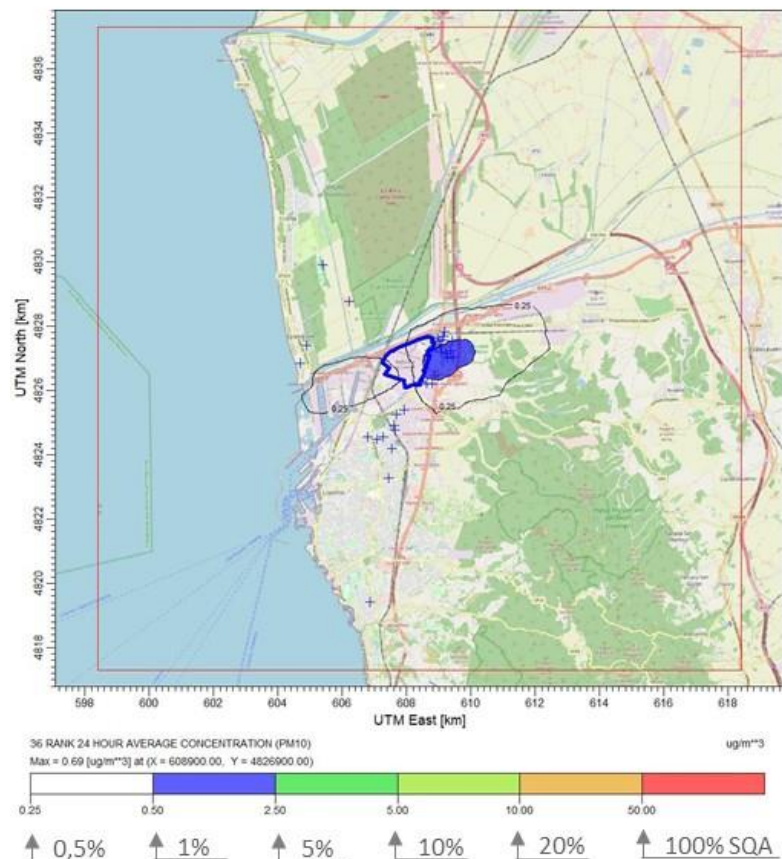


Figura B 2: NO₂ – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

PM₁₀ – MASSIME MEDIE GIORNALIERE (36° RNK)

Sc.1 ANTE OPERAM



Sc.2 POST OPERAM

SQA
50 ug/m³

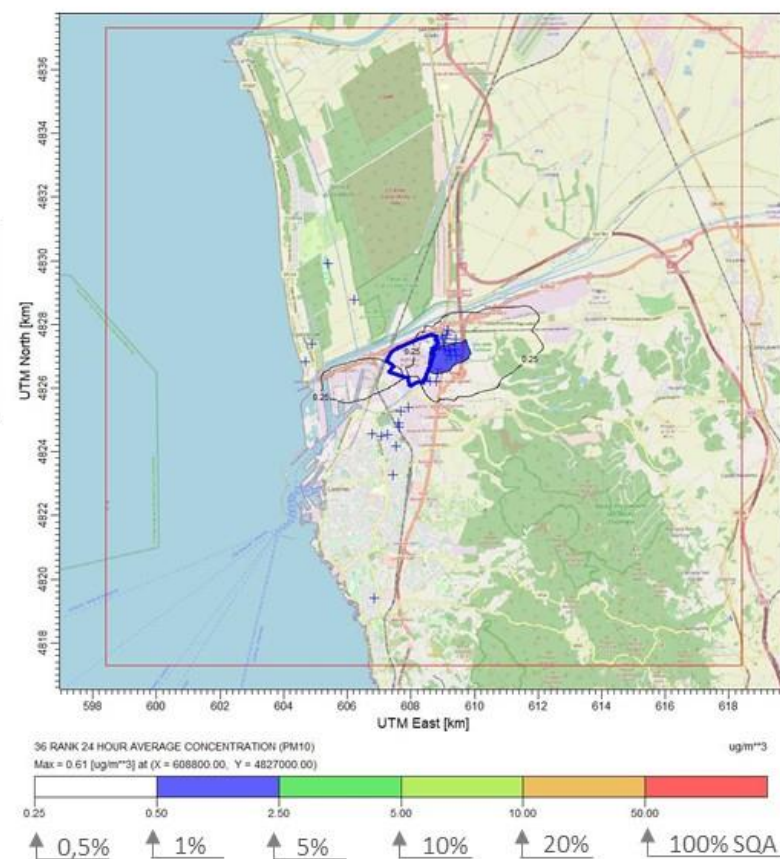
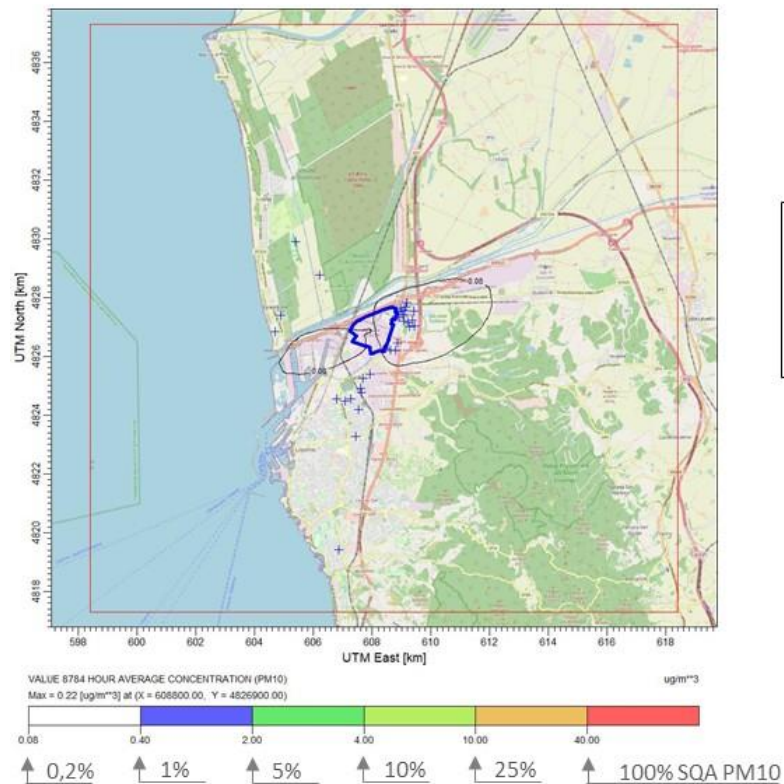


Figura B 3: PM₁₀ – mappe dei 36ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

PM₁₀/PM_{2,5} – MEDIA ANNUA

Sc.1 ANTE OPERAM



Sc.2 POST OPERAM

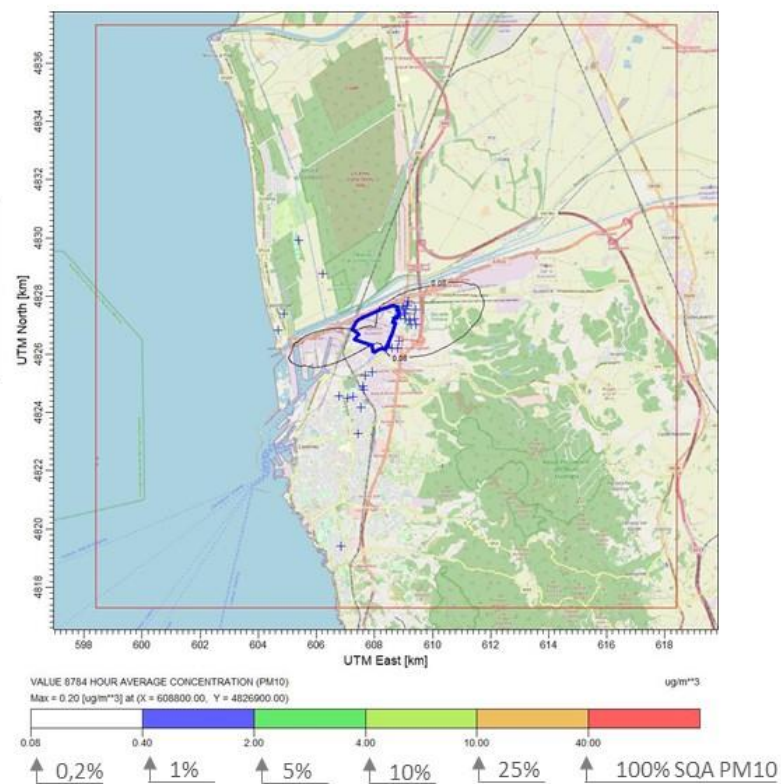
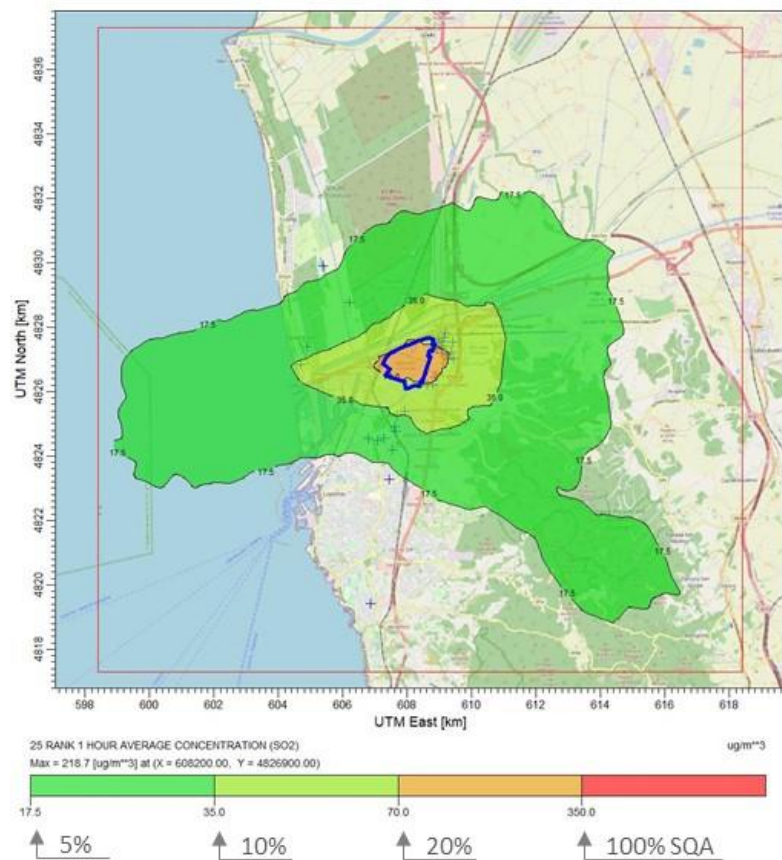


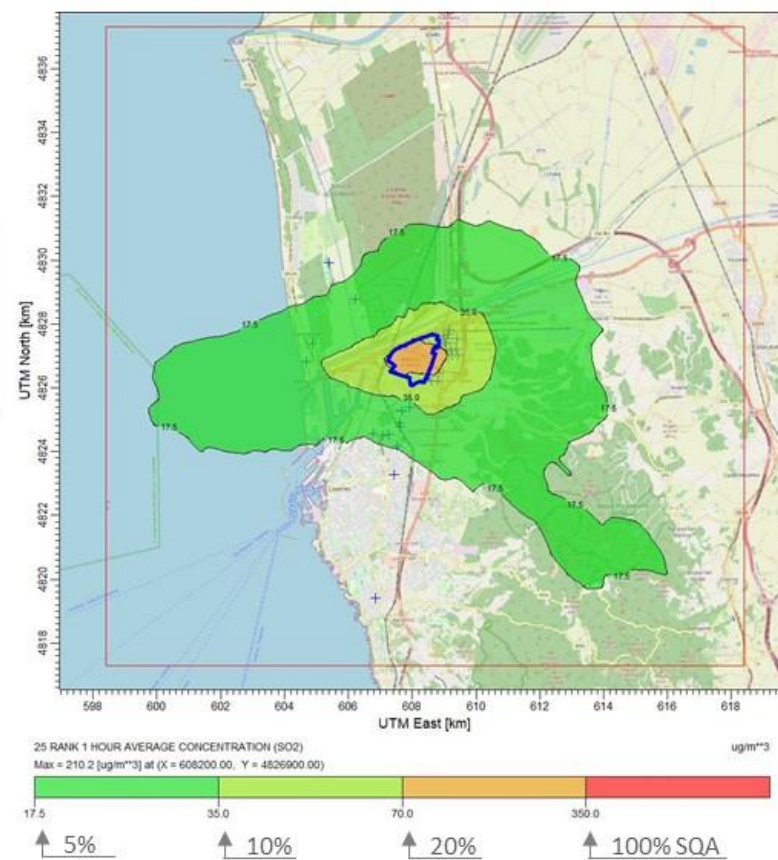
Figura B 4: PM₁₀/PM_{2,5} – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

SO₂ – MASSIME MEDIE ORARIE (25° RNK)

Sc.1 ANTE OPERAM



Sc.2 POST OPERAM

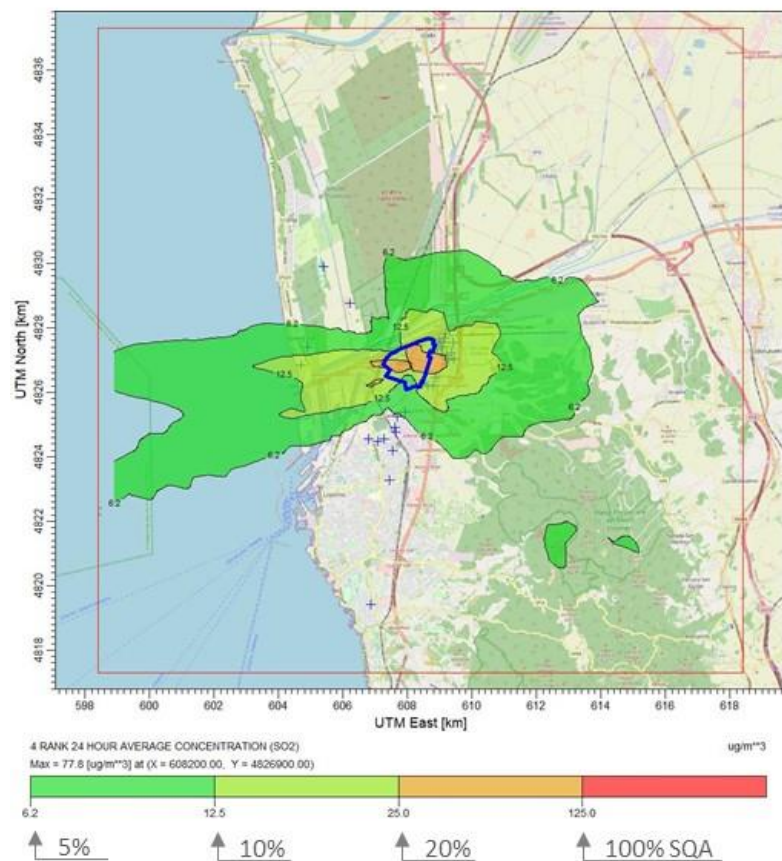


SQA
350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Figura B 5: SO₂ – mappe dei 25ⁱ valori massimi orari di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

SO₂ – MASSIME MEDIE GIORNALIERE (4° RNK)

Sc.1 ANTE OPERAM



SQA
125 ug/m³

Sc.2 POST OPERAM

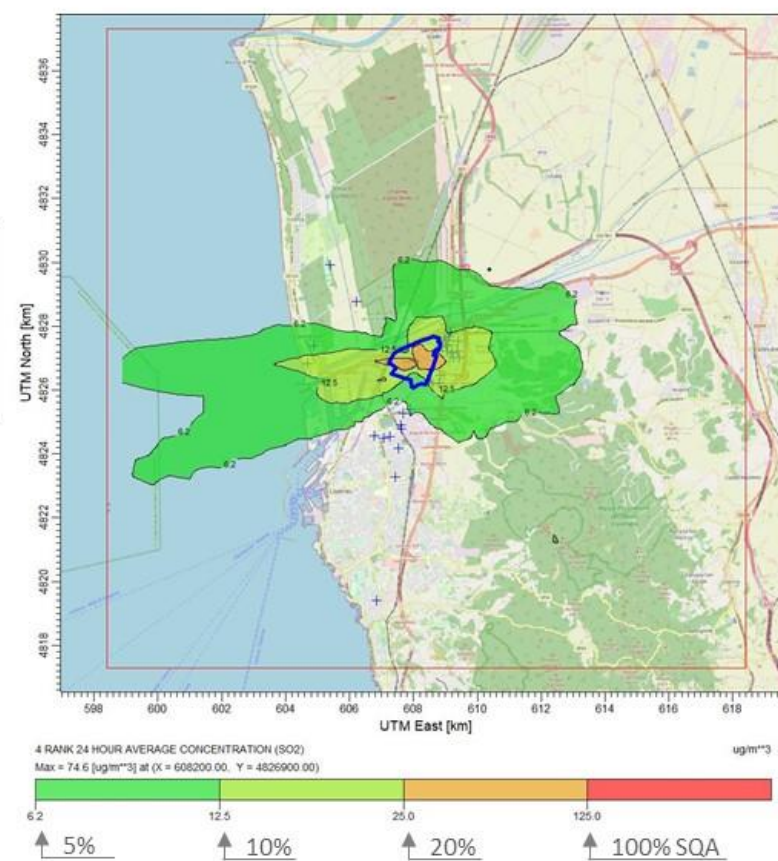
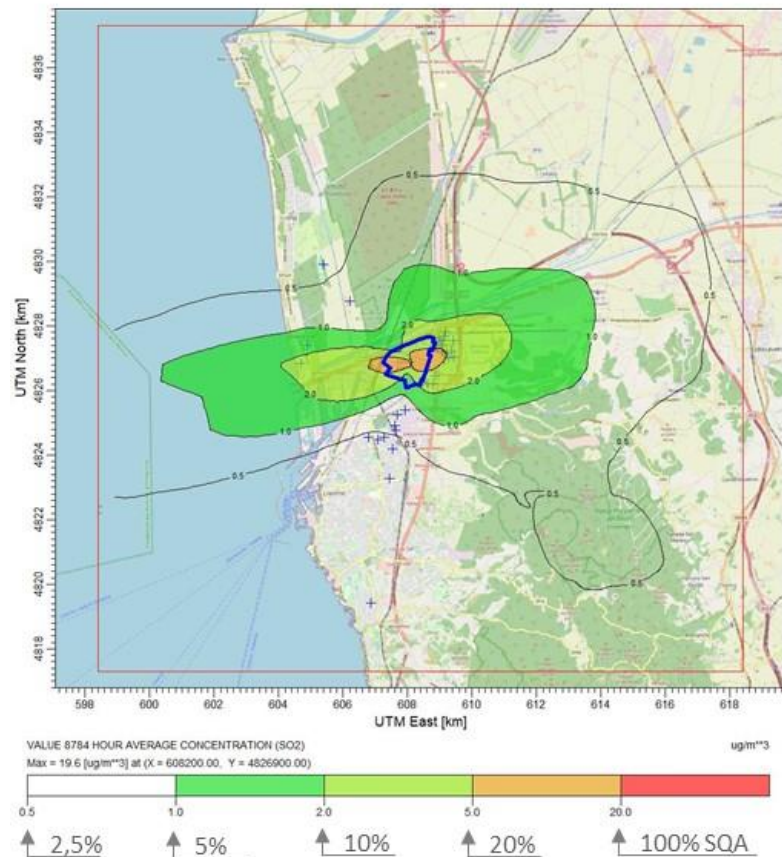


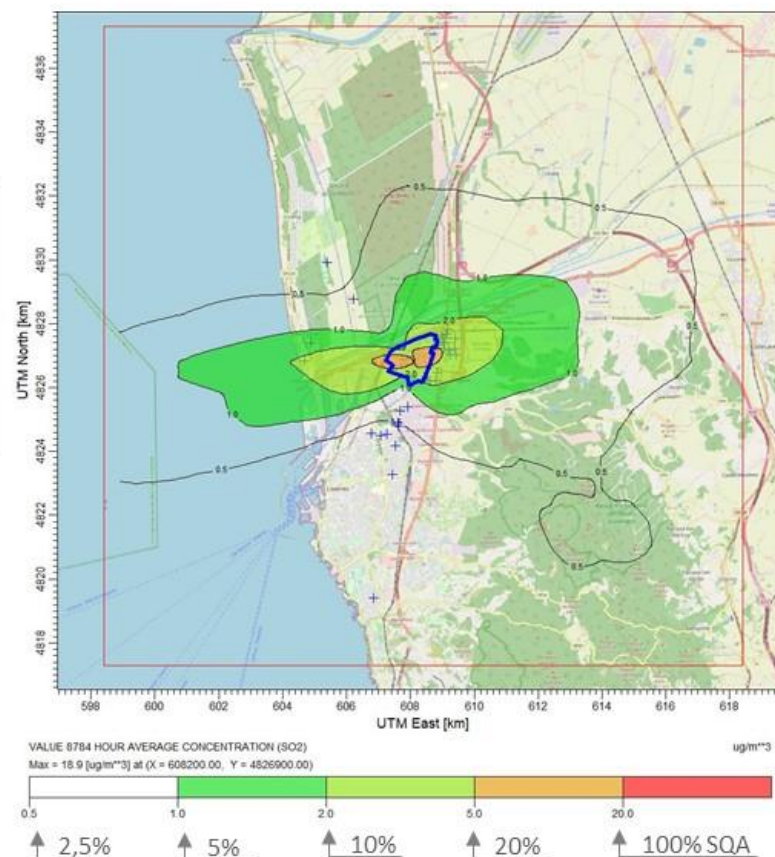
Figura B 6: SO₂ – mappe dei 4ⁱ valori massimi giornalieri di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)

SO₂ – MEDIA ANNUA

Sc.1 ANTE OPERAM



Sc.2 POST OPERAM

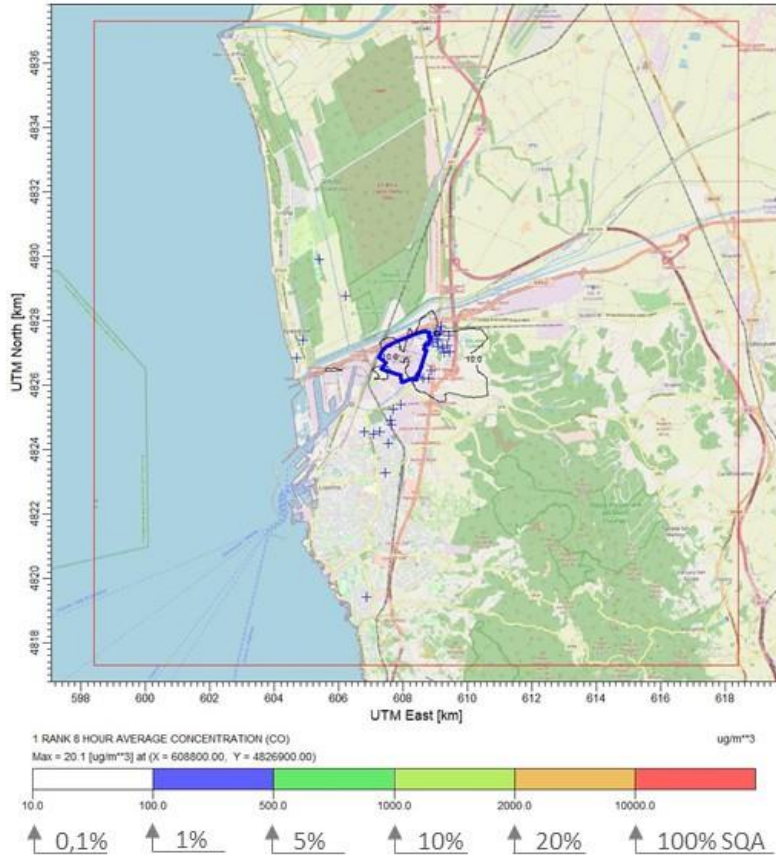


SQA
20 ug/m³
(Valore critico per la
protezione della
vegetazione)

Figura B 7: SO₂ – mappe delle ricadute medie annue (Scenario 1 e Scenario 2)

CO – MASSIMA MEDIA 8h

Sc.1 ANTE OPERAM



SQA
 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$
($10'000 \text{ ug}/\text{m}^3$)

Sc.2 POST OPERAM

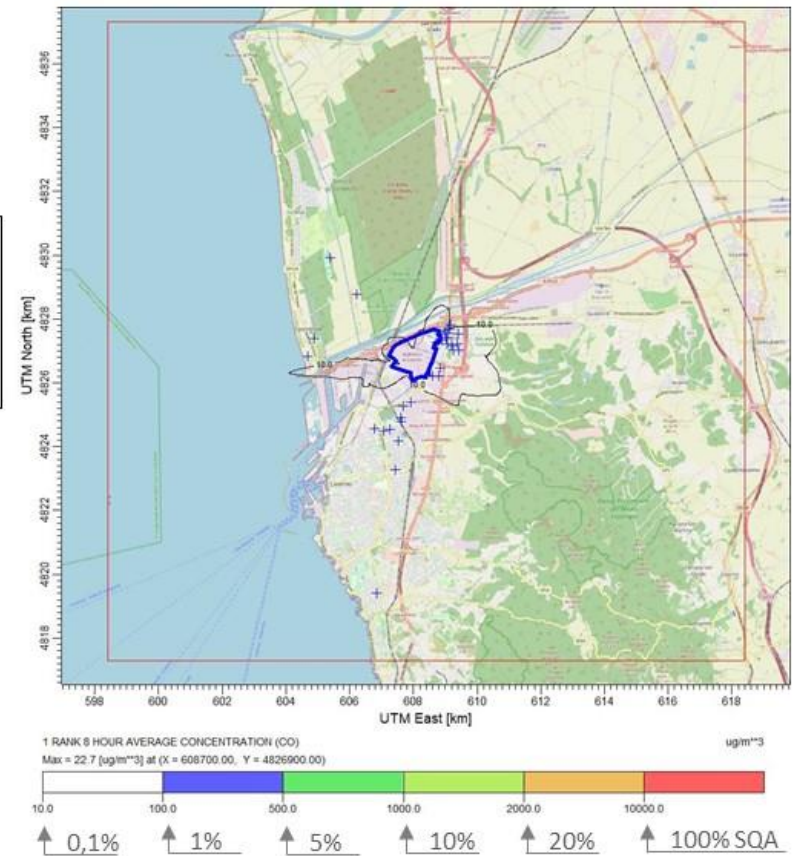
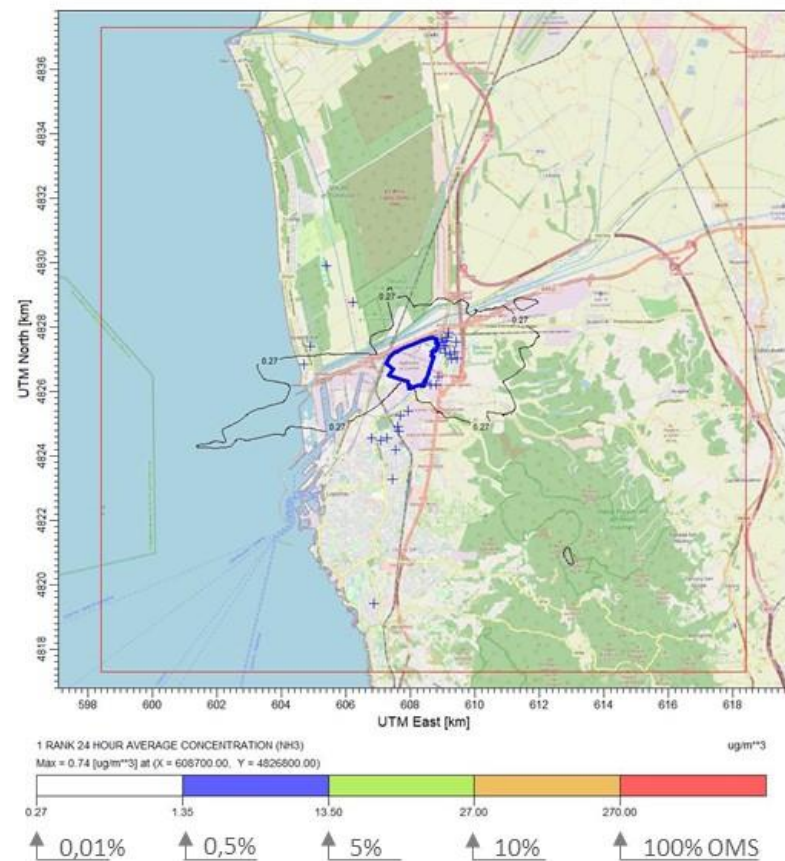


Figura B 8: CO – mappe delle massime ricadute medie su 8h (Scenario 1 e Scenario 2)

NH₃ – MASSIME MEDIE GIORNALIERE

Sc.1 ANTE OPERAM



Salvaguardia
dell'ambiente
(OMS)
270 ug/m³

Sc.2 POST OPERAM

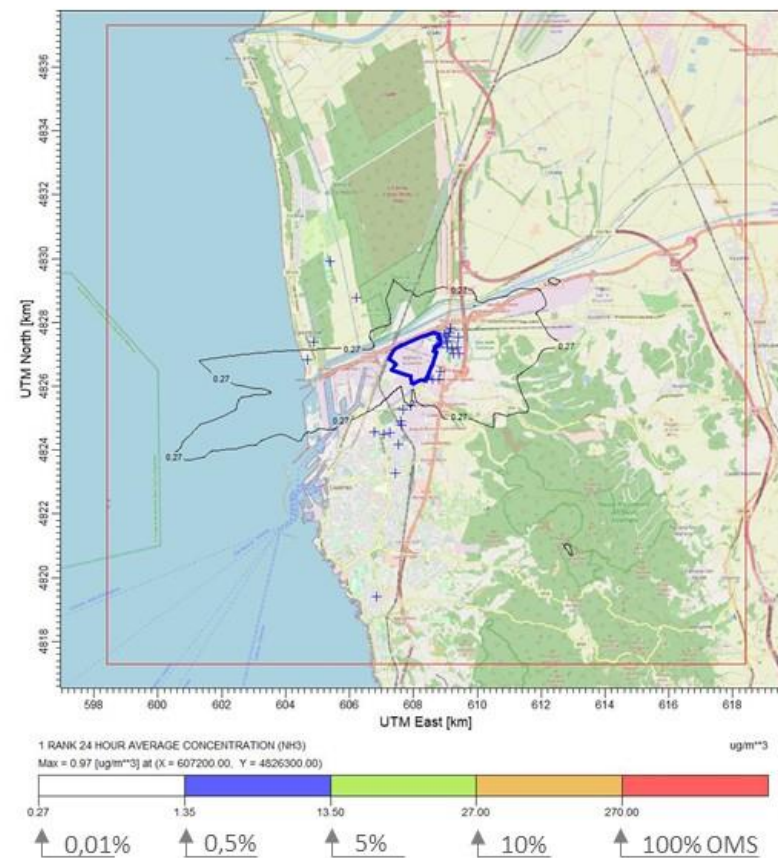


Figura B 9: NH₃ – mappe dei valori massimi giornalieri di ricaduta (Scenario 1 e Scenario 2)