



Valutazione integrata della Qualità dell'Aria in Puglia

Anno 2023

ARPA Puglia
Centro Regionale Aria



La presente relazione descrive lo stato della qualità dell'aria della regione Puglia riferito all'anno 2023. Tale ricostruzione è avvenuta con l'ausilio sia delle misure fornite dalle reti di monitoraggio gestite dall'ARPA Puglia sia delle stime modellistiche ottenute dalla catena modellistica di tipo previsionale incentrata sul codice euleriano fotochimico FARM.

Le misure delle centraline di monitoraggio sono state validate ed elaborate da personale afferente alla UOC Centro Regionale Aria e alla UOS CRA – Taranto, strutture della Direzione Scientifica dell'ARPA Puglia. In particolare, per le province di Foggia, BAT e Bari da Paolo Rosario Dambruoso, Fiorella Mazzone, Livia Trizio, Lorenzo Angiuli, mentre per le province di Brindisi, Lecce e Taranto da Pietro Caprioli, Daniele Cornacchia, Maria Mantovan, Valerio Margiotta, Aldo Pinto, Gaetano Saracino, Alessandra Nocioni.

Le stime modellistiche sono state elaborate dal personale afferente all'Ufficio Modellistica ed Inventario – UOC Centro Regionale Aria. I campi meteorologici previsionali, utilizzati in input alle simulazioni di qualità dell'aria, sono stati forniti dal Servizio Agenti Fisici di ARPA Puglia.

Autori:

Lorenzo Angiuli, Paolo Rosario Dambruoso, Fiorella Mazzone, Livia Trizio per le sezioni relative ai dati rilevati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Angela Morabito, Ilenia Schipa, Annalisa Tanzarella, Francesca Intini per le sezioni relative all'analisi delle condizioni meteoclimatiche e alle stime modellistiche.

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1. Normativa di riferimento	
1.2. La rete di monitoraggio della qualità dell'aria	
1.3. Il sistema modellistico di ARPA Puglia	
2. SINTESI DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE	21
3. LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	27
3.1. PM₁₀	27
3.1.1. Dati di qualità dell'aria	
3.1.2. Dati modellati	
3.2. PM_{2.5}	41
3.2.1. Dati di qualità dell'aria	
3.2.2. Dati modellati	
3.3. NO₂	46
3.3.1. Dati di qualità dell'aria	
3.3.2. Dati modellati	
3.4. O₃	52
3.4.1. Dati di qualità dell'aria	
3.4.2. Dati modellati	
3.5. Benzene	57
3.5.1. Dati di qualità dell'aria	
3.5.2. Dati modellati	
3.6. CO	61
3.6.1. Dati di qualità dell'aria	
3.6.2. Dati modellati	
3.7. SO₂	63
3.7.1. Dati di qualità dell'aria	
3.7.2. Dati modellati	
3.8. Benzo(a)Pirene nel PM₁₀	68
3.8.1. Dati di qualità dell'aria	
3.8.2. Dati modellati	
3.9. Metalli nel PM₁₀	70
3.9.1. Dati di qualità dell'aria	
3.9.2. Dati modellati	
4. CONCLUSIONI	73
5. ALLEGATI	78
Allegato 1: efficienza strumentale nel 2023	
Allegato 2: elaborazione dati meteorologici – ANNO 2023	

1 INTRODUZIONE

L'art.18, comma 3, del D. Lgs. 155/2010 stabilisce che "le Regioni e le Province Autonome elaborano e mettono a disposizione del pubblico **relazioni annuali** aventi a oggetto tutti gli inquinanti disciplinati dal presente decreto e contenenti una sintetica illustrazione circa i superamenti dei valori limite, dei valori obiettivo, degli obiettivi a lungo termine, delle soglie di informazione e delle soglie di allarme con riferimento ai periodi di mediazione previsti, con una sintetica valutazione degli effetti di tali superamenti [...]".

Di seguito si presenta la Valutazione Integrata annuale della Qualità dell'aria sul territorio regionale per il 2023, condotta nel rispetto dei requisiti tecnici contenuti nella norma.

Tale valutazione comprende:

- il riepilogo dei dati di qualità dell'aria registrati nel corso del 2023 dalla **Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA)**, costituita da 53 stazioni fisse (di cui 41 di proprietà pubblica e 12 di proprietà privata), riportando anche i dati forniti da 9 stazioni di interesse locale;
- le stime in concentrazione sulla regione Puglia prodotte a 4km di risoluzione spaziale dalle previsioni a +24 ore elaborate giornalmente nel corso del 2023 dal **Sistema modellistico della qualità dell'aria** di ARPA Puglia ed integrate con le misure fornite dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'integrazione di tali strumenti, seppur molto diversi, permette di utilizzare appieno e valorizzare l'insieme delle informazioni che vengono prodotte in materia di qualità dell'aria sul territorio regionale.

Dopo una sezione introduttiva, dedicata all'inquadramento normativo del monitoraggio della qualità dell'aria e all'illustrazione dei diversi strumenti conoscitivi impiegati, nella seconda parte della Valutazione vengono analizzate le condizioni meteorologiche osservate nel corso del 2023, con particolare riferimento alle variabili (vento, temperatura, radiazione solare e precipitazione) che influenzano la dispersione, l'abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici e la formazione di inquinanti secondari. Nella terza parte vengono invece mostrate le concentrazioni degli inquinanti registrate nel 2023, il loro andamento nel periodo 2010-2023 e la stima dei livelli di concentrazione elaborata per il 2023 con il sistema modellistico, a una risoluzione spaziale di 4 km per il territorio regionale.

Nelle schede di approfondimento si affrontano argomenti di carattere più specifico e degni di particolare attenzione. Gli allegati riportano invece le elaborazioni condotte sulle grandezze meteorologiche misurate nel corso del 2023 e le informazioni sull'efficienza strumentale degli analizzatori impiegati.

Oltre al report annuale di qualità dell'aria, ARPA Puglia pubblica giornalmente i dati di qualità dell'aria validati (https://www.arpa.puglia.it/pagina2795_aria.html sezione "Dati di monitoraggio qualità dell'aria")



e i report con gli andamenti mensili delle concentrazioni (https://www.arpa.puglia.it/pagina2873_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html). Sul sito <http://cloud.arpa.puglia.it/previsioniqualitadellaria/index.html> sono inoltre disponibili giornalmente le previsioni a +72 ore, prodotte dal sistema modellistico di Arpa Puglia, dello stato della qualità dell'aria (con risoluzione spaziale rispettivamente di 4 km sulla Puglia e di 1 km sull'area di Taranto) e la ricostruzione (detta analisi) dello stato della qualità dell'aria relativa al giorno precedente (ieri), ottenuta mediante assimilazione dei dati misurati.

All'indirizzo https://www.arpa.puglia.it/pagina3070_report-campagne-con-laboratori-mobili.html sono inoltre disponibili i report delle campagne di monitoraggio realizzate con i laboratori mobili e gli ulteriori rapporti di monitoraggio prodotti da ARPA Puglia.

Sul sito https://www.arpa.puglia.it/pagina2808_modellistica-aria.html sono anche disponibili le relazioni che riportano i risultati delle valutazioni modellistiche dello stato della qualità dell'aria sulla regione Puglia, condotte negli anni passati.

Inoltre ARPA Puglia garantisce il flusso **UptoDate** dei dati di qualità dell'aria previsto dalla Decisione di Esecuzione della Commissione 2011/850/UE.

All'indirizzo <https://discomap.eea.europa.eu/Map/UTDViewer/UTDViewer/> sono visualizzabili i **dati grezzi** (cioè non ancora sottoposti ai processi di validazione) prodotti dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

1.1 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria è il D. Lgs. 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" entrato in vigore il 13 agosto 2010 e modificato dal D. Lgs. 250 del 24 dicembre 2012.

Oltre alla definizione di zonizzazione (art. 3) e classificazione (art. 4) del territorio, il Decreto definisce i criteri per la valutazione della qualità dell'aria ambiente (art. 5). Il Decreto inoltre definisce le modalità per la redazione di Piani e misure per il raggiungimento dei valori limite e dei valori obiettivi (art. 9) di seguito riportati.

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico e periodo di mediazione	Valore
PM10 Particolato con diametro < 10 µm	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 35 volte in 1 anno civile)	Media giornaliera	50 µg/m ³
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM 2,5 Particolato con diametro <2,5 µm	Limite annuale	Media annuale	25 µg/m ³
NO ₂ Biossido di azoto	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	Media oraria	200 µg/m ³
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	400 µg/m ³
O ₃ - Ozono	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media massima giornaliero calcolata su 8 ore	120 µg/m ³ , da non superarsi più di 25 volte per anno civile, come media su 3 anni
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24 medie mobili su 8 ore	120 µg/m ³
	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m ³
	Soglia di allarme	Media oraria	240 µg/m ³
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato su valori medi orari da maggio a luglio	18000 µg/m ³ * h come media su 5 anni
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato su valori medi orari da maggio a luglio	6000 µg/m ³ * h
CO - Monossido di carbonio	Limite per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24	10 mg/m ³

		medie mobili su 8 ore	
C ₆ H ₆ - Benzene	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5 µg/m ³
SO ₂ Biossido di zolfo	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	Media oraria	350 µg/m ³
	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	Media giornaliera	125 µg/m ³
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	500 µg/m ³
Pb - Piombo	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0,5 µg/m ³
B(α)P - Benzo(α)pirene	Valore obiettivo	Media annuale	1,0 ng/m ³
Ni - Nichel	Valore obiettivo	Media annuale	20,0 ng/m ³
As - Arsenico	Valore obiettivo	Media annuale	6,0 ng/m ³
Cd - Cadmio	Valore obiettivo	Media annuale	5,0 ng/m ³

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria, il Decreto stabilisce che la classificazione delle zone e degli agglomerati è effettuata, per ciascun inquinante normato, sulla base di soglie di valutazione superiori e inferiori che si riportano in allegato 3.

Il Decreto stabilisce inoltre tempi e modalità di informazione al pubblico (art.18) e di trasmissione alle Autorità nazionali dei dati di qualità dell'aria (art.19).

Il Decreto non chiarisce tuttavia se i superamenti dei valori limite rilevati con il solo ausilio delle tecniche modellistiche determinino o meno la necessità di adozione di Piani ex art.9 D. Lgs 155/2010 o se, viceversa, gli stessi debbano essere confermati da rilievi sperimentali prima dell'adozione dei relativi piani di risanamento.

1.2 La rete di monitoraggio della qualità dell'aria

Il D. Lgs. 155/2010 assegna alle Regioni e alle Province Autonome il compito di realizzare la zonizzazione del territorio (art. 3) e la classificazione delle zone (art. 4). La Regione Puglia ha adottato il Progetto di adeguamento della zonizzazione del territorio regionale con la D.G.R. 2979/2011. Con la D.G.R. 1063/2020

è stata aggiornata la classificazione delle zone. La zonizzazione è stata eseguita sulla base delle caratteristiche demografiche, meteorologiche e orografiche regionali, della distribuzione dei carichi emissivi e della valutazione del fattore predominante nella formazione dei livelli di inquinamento in aria ambiente, individuando le seguenti quattro zone:

1. ZONA IT1611: zona collinare;
2. ZONA IT1612: zona di pianura;
3. ZONA IT1613: zona industriale, costituita da Brindisi, Taranto e dai comuni che risentono maggiormente delle emissioni industriali dei due poli produttivi;
4. ZONA IT1614: agglomerato di Bari.

La Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA) è composta da 53 stazioni fisse (di cui 41 di proprietà pubblica e 12 private). Tali stazioni sono sia da traffico (urbana, suburbana) che di fondo (urbana, suburbana e rurale) e industriali (urbana, suburbana e rurale). La figura che segue riporta la zonizzazione del territorio e la collocazione delle 53 stazioni di monitoraggio della RRQA.

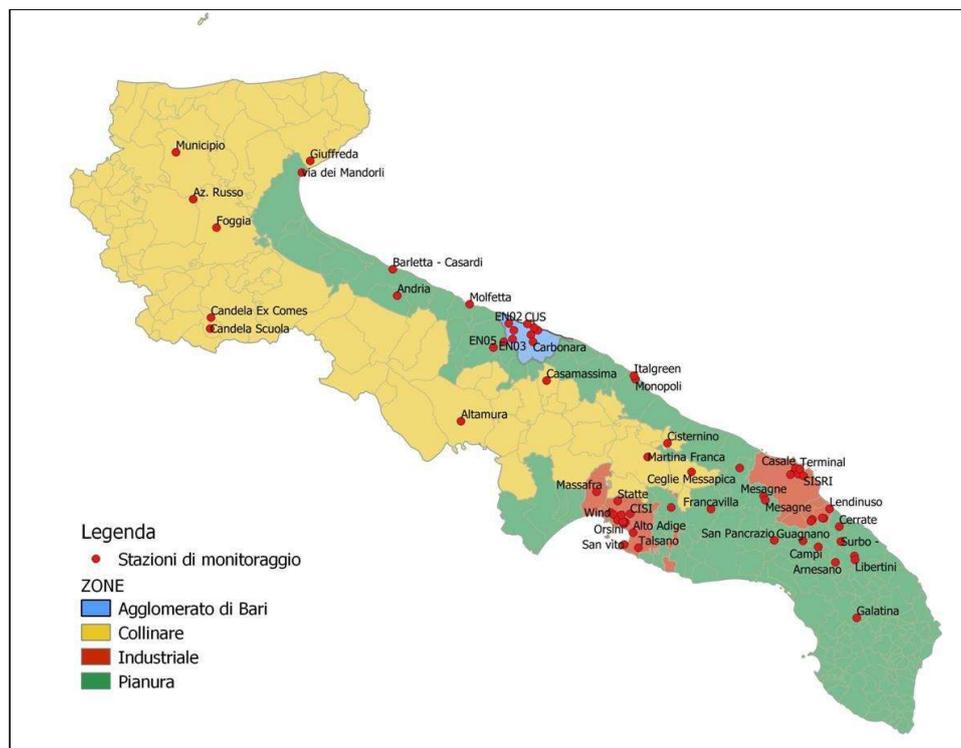


Figura 1: Zonizzazione del territorio regionale e RRQA

La tabella 1a che segue riporta il quadro sinottico della RRQA, con l'indicazione dei siti di misura, della loro collocazione e degli inquinanti monitorati in ciascuno di essi.

ZONA	PROV	COMUNE	STAZIONE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	E(UTM33)	N(UTM33)	PM10	PM2.5	NO2	O3	BTX	CO	SO2
IT1611 collinare	FG	Foggia	Foggia - Rosati	Urbana	Fondo	545819	4589475	x	x	x		x	x	
	FG	Monte S. Angelo	Monte S. Angelo-Ciuffreda	Rurale	Fondo	578692	4613137	x		x	x			
	BA	Casamassima	Casamassima-La Penna	Suburbana	Fondo	661589	4535223	x	x	x	x			
	BA	Altamura	Altamura-via Santeramo	Suburbana	Fondo	631558	4520820	x	x	x	x			
	TA	Martina Franca	Martina Franca	Urbana	Traffico	697012	4508162	x		x		x		
	FG	San Severo	San Severo - Municipio	Rurale	Fondo	532294	4609076	x	x	x	x			
	FG	San Severo	San Severo - Az. Russo	Rurale	Fondo	537644	4599559	x	x	x	x			
	BR	Ceglie Messapica	Ceglie Messapica	Suburbana	Fondo	712432	4502847	x	x	x		x	x	x
BR	Cisternino	Osternino	Rurale	Fondo	703972	4513011	x			x	x			x
IT1612 pianura	BA	Molfetta	Molfetta-Verdi	Urbana	traffico	634595	4562323	x		x		x		
	BAT	Andria	Andria - Vaccina	Urbana	Traffico	609209	4565364	x	x	x		x		
	BA	Monopoli	Monopoli - Aldo Moro	Suburbana	Traffico	692701	4535752	x	x	x		x	x	
	BA	Monopoli	Monopoli - Liceo Artistico Russo	Suburbana	Traffico	692229	4537004	x	x	x		x		
	FG	Manfredonia	Manfredonia - Mandorli	Suburbana	Traffico	575770	4609022	x		x		x	x	
	LE	Lecce	Lecce - Garigliano	Urbana	Traffico	769536	4473048	x	x	x		x	x	
	LE	Lecce	Lecce - P.zza Libertini	Urbana	Traffico	769785	4471666	x	x	x		x	x	
	LE	Surbo	Surbo - via Croce	Rurale	Industriale	764807	4478158	x		x				x
	BR	San Pancrazio Salentino	San Pancrazio	Suburbana	Fondo	741444	4478597	x		x				
	LE	Campi. S.na	Campi Salentina	Suburbana	Fondo	756857	4476277	x	x	x				
	LE	Lecce	Lecce - S.M. Cerrate	Rurale	Fondo	764242	4483446	x	x	x	x			
	BR	Mesagne	Mesagne - via Udine	Suburbana	Fondo	737714	4494370	x		x				
	LE	Arnesano	Arnesano - Riesci	Suburbana	Fondo	762876	4470790	x				x		
	LE	Guagnano	Guagnano - Villa Baldassarre	Suburbana	Fondo	751513	4478431	x		x				
	BR	Francavilla	Francavilla Fontana	Suburbana	Traffico	719236	4489711	x		x		x		
TA	Grottaglie	Grottaglie	Suburbana	Fondo	705279	4490271	x		x	x				
BAT	Barletta	Barletta - Casardi	Urbana	Fondo	607646	4574709	x	x	x	x	x			
LE	Galatina	Galatina-La Porta	Suburbana	Industriale	770356	4451121	x	x	x	x			x	
IT1613 industriale	BR	Brindisi	Brindisi - Via dei Mille	Urbana	traffico	748464	4502808	x		x		x		
	BR	Brindisi	Brindisi - via Taranto	Urbana	Traffico	749277	4503418	x	x	x		x	x	
	BR	Brindisi	Brindisi - Casale	Urbana	Fondo	748879	4504259	x	x	x	x			
	BR	Brindisi	Brindisi - Perrino	Suburbana	Fondo	749892	4502036	x		x			x	x
	BR	Brindisi	Brindisi - Terminal Passeggeri	Suburbana	Industriale	750422	4503838	x	x	x	x	x	x	x
	BR	Torchiarolo	Torchiarolo - Don Minzoni	Suburbana	Industriale	758842	4486404	x	x	x		x	x	x
	BR	Torchiarolo	Torchiarolo - via Fanin	Suburbana	Industriale	758263	4486545	x	x	x				x
	BR	San Pietro V.co	San Pietro Vernotico	Suburbana	Industriale	754781	4486042	x		x				x
	BR	Brindisi	Brindisi - SISRI	Suburbana	Industriale	751700	4501449	x				x	x	x
	TA	Taranto	Taranto - Via Alto Adige	Urbana	Traffico	691924	4481337	x	x	x		x	x	x
	TA	Taranto	Taranto - Talsano	Suburbana	Fondo	693783	4475985	x		x	x		x	x
	TA	Taranto	Taranto - San Vito	Suburbana	Fondo	688778	4477122	x		x	x		x	x
	TA	Taranto	Taranto - Machiavelli	Suburbana	Industriale	688642	4484370	x	x	x		x	x	x
	TA	Taranto	Taranto - Archimede	Suburbana	Industriale	689238	4485033	x	x	x			x	x
	TA	Statte	Statte - via delle Sorgenti	Suburbana	Industriale	686530	4492525	x		x			x	x
	TA	Taranto	Taranto - CISI	Rurale	Industriale	690889	4488018	x	x	x		x	x	x
	TA	Statte	Statte - Ponte Wind	Rurale	Industriale	684114	4488423	x		x				x
	TA	Massafra	Massafra	Urbana	Industriale	679111	4495815	x					x	x
IT1614 agglomerato di Bari	BA	Bari	Bari - Caldarola	Urbana	traffico	658520	4553079	x	x	x		x	x	
	BA	Bari	Bari - Cavour	Urbana	traffico	657197	4554020	x	x	x		x	x	
	BA	Bari	Bari - Kennedy	Urbana	Fondo	656105	4551478	x		x	x			
	BA	Bari	Bari - Carbonara	Suburbana	Fondo	654377	4598816	x		x				
	BA	Bari	Bari - CUS	Suburbana	Traffico	654877	4555353	x		x	x			
	BA	Modugno	Modugno - EN02	Suburbana	Industriale	648305	4555516	x	x	x	x		x	
	BA	Modugno	Modugno - EN03	Urbana	Industriale	649647	4549969	x		x			x	
	BA	Modugno	Modugno - EN04	Suburbana	Industriale	650120	4553064	x		x			x	

Tabella 1a – Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell’Aria (RRQA)

Alle 53 stazioni della RRQA se ne aggiungono altre 9, di interesse locale, che non concorrono alla valutazione della qualità dell’aria sul territorio regionale ma forniscono comunque informazioni utili sui livelli di concentrazione di inquinanti in specifici contesti. Queste stazioni, elencate nella tabella 1b, nel seguito del documento sono contraddistinte con il simbolo “*”.

PROV	COMUNE	STAZIONE	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	E [UTM33]	N [UTM33]	PM10	PM2,5	NO2	O3	BTX	CO	SO2
BA	Bitonto	Bitonto - EN01*	Suburbana	Industriale	646607	4549012	x	x	x	x		x	
BA	Palo del Colle	Palo del Colle - EN05*	Suburbana	Industriale	642913	4546965	x	x	x			x	
BR	Brindisi	Brindisi - Cappuccini*	Urbana	Traffico	747098	4501881	x		x			x	x
BR	Torchiarolo	Torchiarolo - Lendinuso*	Rurale	Industriale	760838	4489753	x		x				x
FG	Candela	EX Comes*	Rurale	Fondo	544178	4557978	x		x	x		x	
FG	Candela	Scuola*	Suburbana	Fondo	543482	4553626	x		x	x	x	x	x
LE	Maglie	Maglie*	Suburbana	Traffico	780702	4446683		x	x	x		x	x
LE	Galatina	Galatina-Colacem*	Rurale	Industriale	771953	4450838	x	x	x		x	x	x
TA	Taranto	Taranto-Orsini*	Suburbana	Industriale/Traffico	688634	4485012	x	x	x		x		

Tabella 1b – Stazioni di monitoraggio di interesse locale

Il D. Lgs. 155/2010 prevede, all'art. 17 co. 3, che le Regioni e le Province Autonome o, su delega, le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente effettuino le attività di controllo volte ad accertare che il gestore delle stazioni di misurazione rispetti le procedure di garanzia di qualità. Il Centro Regionale Aria di ARPA Puglia svolge le attività di controllo di qualità sulla RRQA dal 2013. All'iniziale verifica degli analizzatori di Ossidi di Azoto (NO_x) e Ozono (O₃) sono stati aggiunti nel tempo i controlli sugli analizzatori di Monossido di Carbonio (CO), la verifica dei flussi di campionamento degli analizzatori/campionatori di particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}) e, dal 2020, la verifica degli analizzatori di BTEX.

Dal 2016 le attività di QA/QC sono state affidate alla Ditta responsabile del servizio di manutenzione della RRQA. Il Centro Regionale Aria effettua, quindi, le verifiche di seconda parte. Le attività vengono condotte in coerenza con il Manuale ISPRA n.108/2014 "Linee guida per le attività di assicurazione/controllo qualità (QA/QC) per le reti di monitoraggio per la qualità dell'aria ambiente, ai sensi del D. Lgs. 155/2010 come modificato dal D. Lgs. 250/2012" recepito con D.M. 30/03/2017 "Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura".

1.3 Il sistema modellistico di Arpa Puglia

La normativa europea e nazionale richiede l'utilizzo di tecniche di modellazione quale supporto per la conoscenza e la gestione della qualità dell'aria. ARPA Puglia si è dotata da alcuni anni di un sistema modellistico atto a simulare le concentrazioni di inquinanti gassosi e di particolato. Tale sistema è incentrato sul modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM¹ (Flexible Air quality Regional Model) in grado, a partire dalle emissioni di inquinanti delle varie sorgenti presenti sul territorio (naturali ed antropiche) e dallo stato fisico dell'atmosfera (campi di vento, di temperatura, di umidità, di turbolenza, ecc.), di fornire i campi tridimensionali orari di concentrazione per diversi inquinanti. Tale modello implementa meccanismi chimici di varia complessità per il trattamento della fotochimica e del

¹ Più precisamente è stata utilizzata la versione più recente del modello di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM (versione 4.7), che implementa versioni aggiornate del meccanismo chimico SAPRC99 e del modulo di aerosol Aero3. Tali versioni trattano la chimica dei quattro IPA: B[a]P, B[b]F, B[k]F, indeno[1,2,3-cd]pyrene (sia in fase gassosa che in fase particellare – modi di Aitken e accumulazione) e del mercurio (elementare – Hg - e ossidato – HgO - in fase gassosa e particellare – modi di Aitken e accumulazione).

particolato, trattando la chimica in fase acquosa ed eterogenea, oltre ai processi di deposizione secca ed umida.

Nella figura 2 viene riportato lo schema del sistema modellistico, implementato sulla piattaforma computazionale ReCaS².

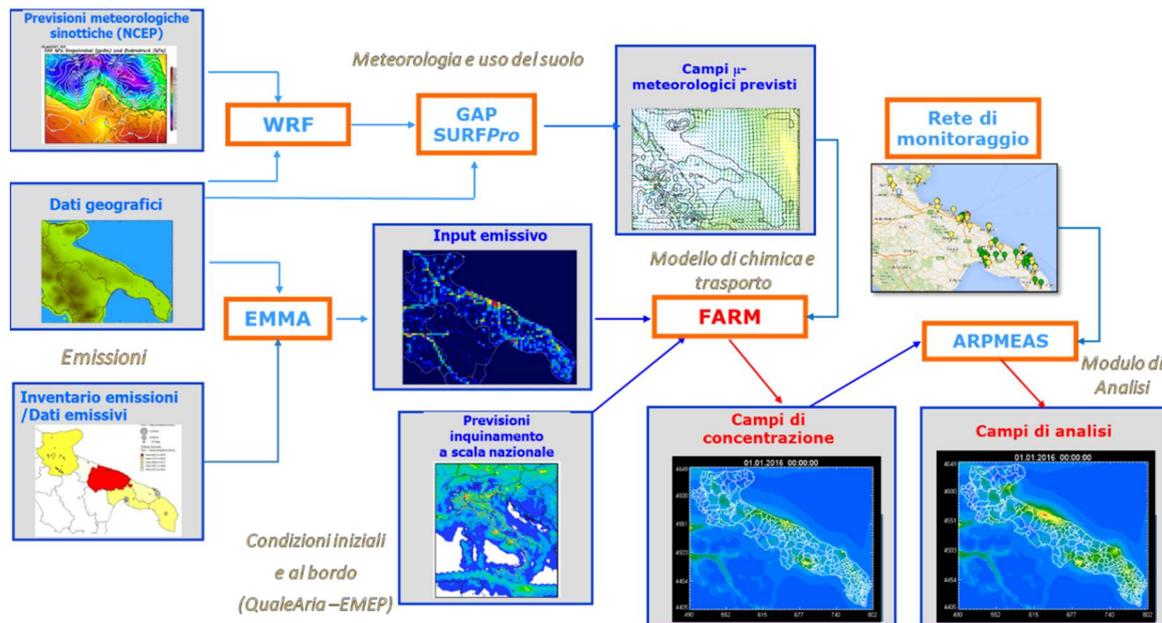


Figura 2: Sistema modellistico utilizzato per la Valutazione annuale della Qualità dell'aria.

Il sistema modellistico utilizza in ingresso molteplici *dataset* che vengono elaborati opportunamente dai pre-processor EMMA, GAP e SURFPRO in modo da produrre, sui domini di simulazione, tutti i dati necessari al modello chimico di qualità dell'aria FARM. In particolare, per la ricostruzione dello stato della qualità dell'aria riferita al 2023, sono stati utilizzati i forecast a + 24 ore elaborati, su base oraria e ad una risoluzione di 4km, dalla catena modellistica previsionale operativa che fornisce giornalmente³, così come previsto dalla normativa di riferimento, la previsione a +72 ore sul territorio regionale delle concentrazioni degli inquinanti⁴.

La catena previsionale è in grado di prevedere l'impatto delle emissioni inquinanti a scala regionale a partire dalle emissioni regionali, fornite dagli inventari emissivi di ARPA (Inemar 2010 aggiornato al 2013) e dalle emissioni delle regioni limitrofe, fornite da ISPRA per il 2010, dalle previsioni meteorologiche a +72

² ReCaS è un datacenter, gestito da UNIBA ed INFN, che garantisce le caratteristiche computazionali e di storage necessarie a sostenere le complesse procedure di calcolo del sistema modellistico di ARPA, sia per la componente meteorologica che per quella chimica. ReCaS comprende un cluster HPC (High Performance Computing) costituito da 20 server, ciascuno con 40 core, per complessivi 800 core.

³ Sul sito <http://cloud.arpa.puglia.it/previsioniqualitydellaria/index.html> sono disponibili giornalmente le previsioni a +72 ore, prodotte dal sistema modellistico di Arpa Puglia sul territorio regionale.

⁴ In caso di mancanza del forecast la previsione a +72 ore viene recuperata con una specifica catena "manuale" al fine di garantire la continuità e la completezza annale del dataset modellato.

ore, prodotte con il modello meteorologico prognostico WRF (Weather Research and Forecasting) implementato dal Servizio Agenti Fisici di Arpa Puglia, e dalle previsioni di qualità dell'aria sul contorno del dominio di simulazione, acquisite per i macroinquinanti in fase omogenea, gassosa e particellare, su base temporale tri-oraria dal sistema modellistico fotochimico nazionale Quale Aria (risoluzione spaziale 12 km) e per i metalli pesanti, le diossine e i furani dai modelli EMEP-MSCE.

Nella mappa successiva si mostra il dominio di simulazione che comprende interamente la Puglia e la Basilicata, parte del Molise, della Campania e della Calabria.

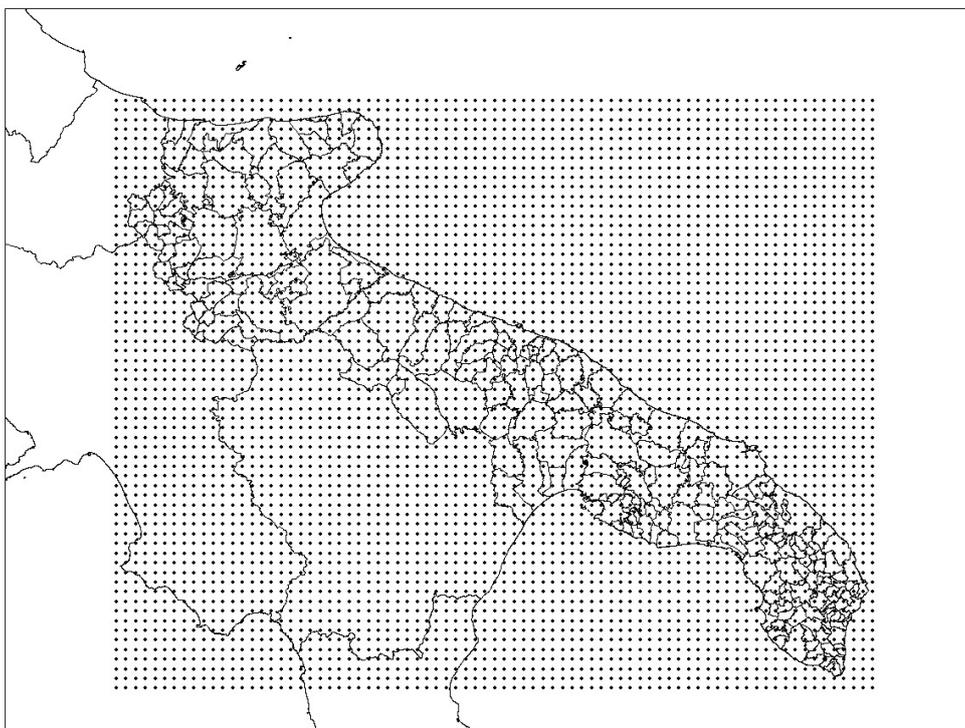


Figura 3: Dominio di calcolo del sistema modellistico. I punti rappresentano il centro delle celle del dominio.

Nella tabella successiva si riportano le caratteristiche spaziali del dominio di calcolo.

Tabella 2 - Caratteristiche spaziali dei domini di simulazione

Dominio	Denominazione	Estensione	Risoluzione spaziale	Numero di celle
Griglia 1	Regione Puglia	316 x 248 km ²	4km x 4km	79 x 62

L'estensione verticale del dominio è pari a 9050 m, con i seguenti 16 livelli di calcolo espressi in metri sopra l'orografia: 10, 35, 70, 120, 195, 305, 465, 695, 1025, 1505, 2200, 3205, 4550, 6050, 7550, 9050.

1.4.1 Input emissivo

L'input emissivo che ha alimentato la simulazione modellistica relativa al 2023 è sostanzialmente analogo a quello utilizzato per la valutazione modellistica condotta da ARPA Puglia per gli anni precedenti. Nello specifico il database emissivo utilizzato è stato realizzato partendo dall'inventario regionale INEMAR di ARPA Puglia su base comunale al 2010 e dall'inventario nazionale ISPRA su base provinciale al 2010. La base dati regionale è stata aggiornata al 2013 secondo i trend nazionali estrapolati dai dati annuali ISPRA⁵ per i settori della combustione non industriale (riscaldamento civile e commerciale-istituzionale, macrosettore 2), del trasporto su strada (macrosettore 7) e rispetto ai principali insediamenti industriali, per i quali i dati di partenza sono quelli utilizzati nelle VDS condotte ai sensi della L.R. 21/2012 per gli impianti indicati dal Regolamento Regionale n. 24 del 3 ottobre 2012. Inoltre, le emissioni eoliche e da movimentazione prodotte dai parchi a servizio di Acciaierie d'Italia sono state aggiornate al 31/12/2019.

Per una descrizione dettagliata dell'input emissivo si rimanda, quindi, alla relazione "Valutazione modellistica della Qualità dell'Aria nella regione Puglia con focus sul Salento - Anno 2016", pubblicata sul sito di ARPA al link https://www.arpa.puglia.it/moduli/output_immagine.php?id=4873.

1.4.2 Condizioni al contorno

Lo stato della qualità dell'aria può essere influenzato anche dagli inquinanti prodotti da sorgenti esterne al dominio di simulazione o da processi dominati da scale spaziali più ampie di quella urbana (come lo smog fotochimico). Questi effetti possono essere opportunamente considerati attraverso le cosiddette "condizioni al contorno", che sono campi in concentrazione generalmente determinati da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria a scala nazionale.

Per stimare il flusso di inquinanti, che entra nel dominio regionale a risoluzione 4km, a ogni ora di simulazione per tutti i livelli, compreso il *top*, devono essere, quindi, fornite al modello FARM le condizioni al contorno, che sono costruite a partire dall'output di un altro modello fotochimico, che opera su una scala spaziale più vasta e con risoluzione peggiore. A tal fine sono stati utilizzati i campi tridimensionali prodotti dai sistemi modellistici QualeAria, per gli inquinanti in fase omogenea gassosa e particellare (Figura 4), ed EMEP-MSCE per metalli pesanti, diossine e furani. I primi sono riferiti all'anno 2023 e sono disponibili su base temporale trioraria⁶; i secondi sono di tipo climatologico (giorno tipo mensile su base temporale trioraria) e sono stati pertanto opportunamente interpolati nel tempo al fine di produrre campi giornalieri per ciascun giorno dell'anno in esame.

⁵ <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-isptra/serie-storiche-emissioni>

⁶ Tali campi sono successivamente interpolati su base oraria nel corso della simulazione.

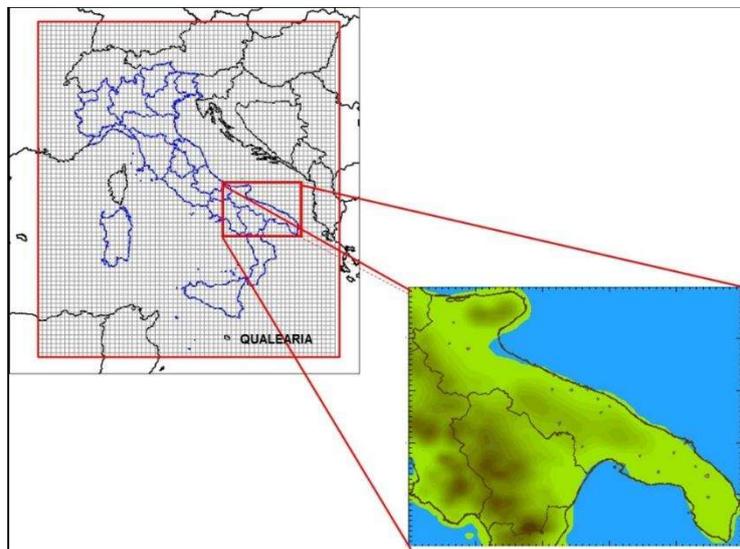


Figura 4: Schematizzazione della griglia di calcolo utilizzata dal sistema modellistico Quale Aria e dalla griglia di FARM.

1.4.3 Validazione dei risultati e Integrazione dei dati sperimentali nel sistema modellistico

Per garantire un uso corretto e adeguato dei modelli, l'Agencia Europea dell'Ambiente (EEA) e il Centro di ricerca della Commissione europea (JRC) hanno costituito il gruppo di lavoro FAIRMODE con lo scopo di identificare e promuovere l'utilizzo di buone pratiche nelle attività di modellazione della qualità dell'aria. Per la valutazione dello stato della qualità tramite i modelli, il FAIRMODE raccomanda l'utilizzo per i modelli di obiettivi di qualità standardizzati, da utilizzare per valutare la qualità di una data applicazione modellistica, condotta nell'ambito delle direttive europee sulla qualità dell'aria.

Nella scheda di approfondimento successiva si riporta la sintesi degli esiti della valutazione della performance della simulazione modellistica condotta per il 2023⁷. La qualità della simulazione è stata valutata con l'ausilio del DELTA TOOL (versione 7.1, 2022), un software di analisi statistica realizzato nell'ambito del FAIRMODE per valutare la performance del modello in applicazioni specifiche condotte proprio ai sensi del D. Lgs 155/2010. Tale software, ampiamente utilizzato dalla comunità scientifica e dalle ARPA, si basa sul confronto statistico tra dati modellati e misurati dalle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e offre una rapida valutazione delle prestazioni del modello in termini di vari indicatori e diagrammi statistici. Il DELTA TOOL tratta gli inquinanti PM₁₀, NO₂, O₃ e PM_{2.5}.

⁷I risultati della valutazione modellistica integrata con i dati misurati dalle stazioni di monitoraggio saranno mostrati al par.3.

SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 1: VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE DEL SISTEMA MODELLISTICO

A cura di Annalisa Tanzarella - Ufficio di Modellistica - CRA

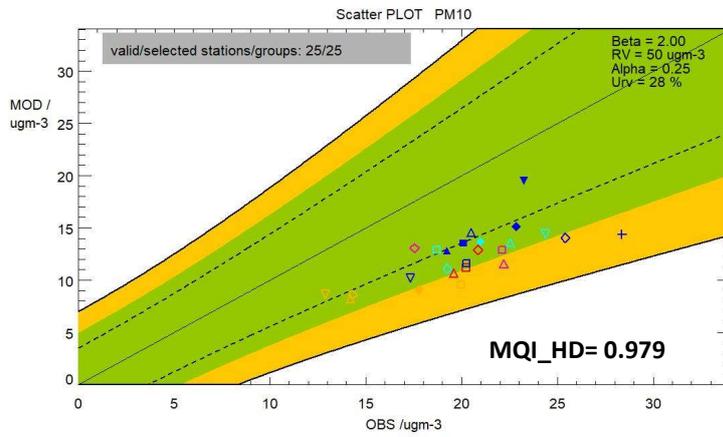
Il DELTA TOOL definisce un criterio di performance del modello (MQO) quale livello minimo di qualità che deve essere raggiunto dal modello per *policy use*. Questo criterio è definito sulla base dell'incertezza delle misure. Partendo dall'assunzione che il modello ha una buona performance quando ha un grado di incertezza confrontabile con quello delle corrispondenti misure, l'obiettivo di qualità del modello nel DELTA TOOL si raggiunge se l'indicatore di qualità del modello (MQI) risulta ≤ 1 per almeno il 90% delle stazioni disponibili. L'MQO è quindi espresso come $MQI_{90^{perc}} \leq 1$.

Tale criterio di performance del modello è attivato per O₃ (relativamente alla massima concentrazione media mobile giornaliera su 8 ore), NO₂ (relativamente alla concentrazione oraria), PM₁₀ (relativamente alla concentrazione media giornaliera) e PM_{2.5} (relativamente alla concentrazione media giornaliera) sull'anno.

Riguardo alle stazioni di monitoraggio da considerare nel confronto, è importante osservare che nella stessa appendice del D. Lgs 155/2010 si precisa l'opportunità di considerare solo le centraline la cui rappresentatività risulti almeno confrontabile con la risoluzione spaziale adottata dal modello, poiché il modello non può essere in grado di riprodurre fenomeni che avvengono a scale inferiori alla risoluzione spaziale adottata. Si precisa inoltre che affinché i dati di una centralina di monitoraggio siano utilizzati dal DELTA TOOL è necessario che la centralina disponga almeno del 75% di dati validi del periodo temporale selezionato per la statistica. Quindi, la variabilità del numero di stazioni da considerare nel confronto per ogni inquinante è legata non solo al raggiungimento del 75% di dati validi, ma alla rappresentatività della centralina rispetto alla risoluzione spaziale adottata.

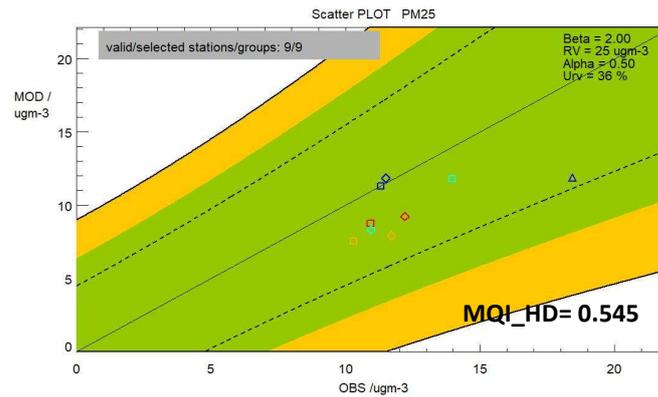
Si fa presente infine che, poiché la normativa prescrive che nella valutazione dei superamenti per il PM₁₀ si identifichino quelli di origine antropica, nel set di dati modellati e misurati presso le stazioni di monitoraggio sono stati eliminati i dati corrispondenti ai giorni in cui si sono verificati superamenti dovuti a intrusioni sahariane.

Di seguito si riportano, quindi, i risultati del confronto in termini di *scatter plot* tra le concentrazioni modellate, estratte con il metodo *nearest point*, e misurate nei due domini di simulazione in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio, ottenuti con l'ausilio del DELTA TOOL. L'appartenenza di una centralina alla zona arancione indica il soddisfacimento dell'MQI; inoltre l'uso di analoghi colori per i simboli associati alle diverse centraline indica l'appartenenza di queste ad una stessa provincia. Il valore dell'MQI associato al 90° percentile delle stazioni (indicato in basso a destra in ogni *scatter plot*) risulta sempre minore di 1, soddisfacendo quindi l'obiettivo di qualità su entrambi i domini di simulazione per tutte le specie indicate.



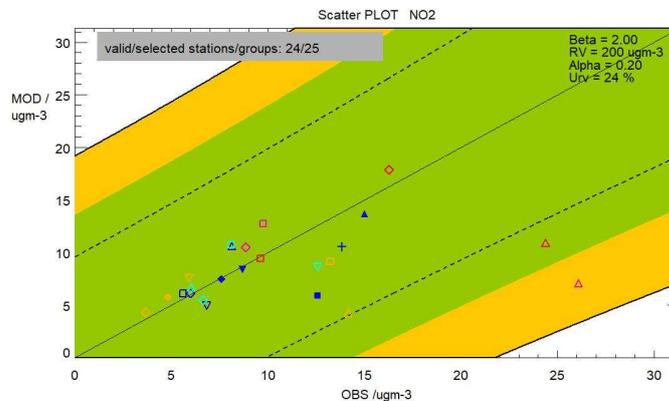
<ul style="list-style-type: none"> Fg_MonteSA Fg_VGent Candice_Sc CandiceCo Fg_AzRusso Bt_Carbon Casamass Altamura Spancraz 	<ul style="list-style-type: none"> Lendinus Torch_Fan Cisterni SPietroV Ceglie_M Bt_Puotino Mesagne Torch_DM SMariaCe 	<ul style="list-style-type: none"> SurboEne Guagnano Campi_Sa Amesano StabileSE Ta_SVito MartinaF 	<p>Stitrend Ind: 1-8760</p> <p>Model (s): g2prev</p> <p>Parameter: PM10</p> <p>Scen: 2023</p> <p>Extra Values: No</p> <p>Season: Year</p> <p>Day hours: All 24h</p> <p>Time Average: Preserve</p> <p>Daily stats: Mean</p>
--	--	--	--

Scatter plot relativo al PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



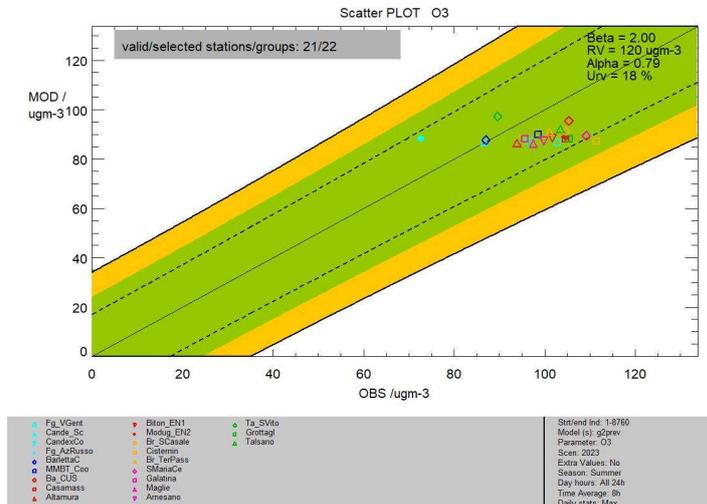
<ul style="list-style-type: none"> Fg_VGent Fg_AzRusso Casamass Altamura Torch_Fan Ceglie_M Torch_DM SMariaCe Campi_Sa 	<p>Stitrend Ind: 1-8760</p> <p>Model (s): g2prev</p> <p>Parameter: PM25</p> <p>Scen: 2023</p> <p>Extra Values: No</p> <p>Season: Year</p> <p>Day hours: All 24h</p> <p>Time Average: Preserve</p> <p>Daily stats: Mean</p>
---	--

Scatter plot relativo al PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

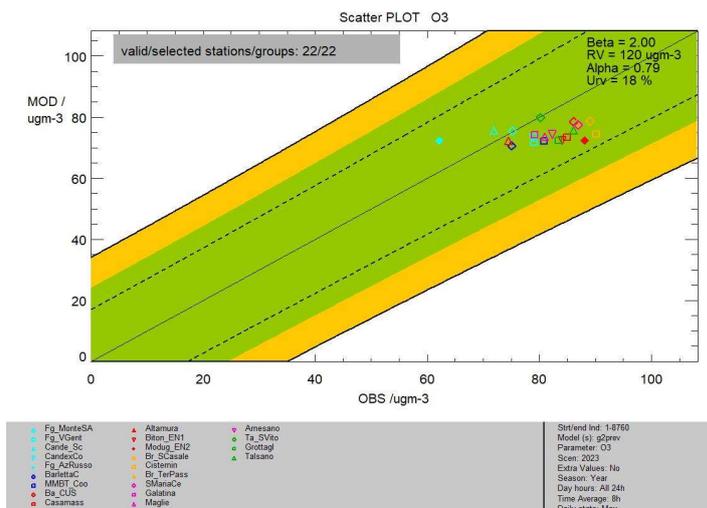


<ul style="list-style-type: none"> Fg_MonteSA Fg_VGent Candice_Sc CandiceCo Fg_AzRusso Bt_Carbon Casamass Altamura Spancraz 	<ul style="list-style-type: none"> Lendinus Torch_Fan Cisterni SPietroV Ceglie_M Bt_Puotino Mesagne Torch_DM SMariaCe 	<ul style="list-style-type: none"> SurboEne Guagnano Campi_Sa Amesano StabileSE Ta_SVito MartinaF 	<p>Stitrend Ind: 1-8760</p> <p>Model (s): g2prev</p> <p>Parameter: NO2</p> <p>Scen: 2023</p> <p>Extra Values: No</p> <p>Season: Year</p> <p>Day hours: All 24h</p> <p>Time Average: Preserve</p> <p>Daily stats: preserve</p>
--	--	--	---

Scatter plot relativo all'NO₂ (µg/m³)



Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O₃ (µg/m³), per la sola stagione estiva (G-L-A)



Scatter plot relativo ai massimi delle medie mobili su 8 ore di O₃ (µg/m³), per l'anno

Gli esiti della valutazione della performance condotta sulla simulazione 2023 con il DELTA TOOL dimostrano il soddisfacimento degli obiettivi di qualità per tutti gli inquinanti considerati.

La valutazione statistica condotta con il DELTA TOOL ha evidenziato per gli inquinanti PM10, PM2.5, NO₂ e O₃ la capacità del modello di ricostruire adeguatamente le concentrazioni misurate sulla griglia regionale, poiché il criterio di qualità risulta essere sempre soddisfatto. Ciononostante, al fine di migliorare la ricostruzione modellistica dei livelli di concentrazione e la relativa distribuzione spaziale, il D.Lgs 155/2010 prevede che le simulazioni modellistiche siano comunque combinate con i dati misurati. Tale integrazione, denominata assimilazione, rappresenta la modalità migliore per giungere ad una valutazione realistica dello

stato di qualità dell'aria, valorizzando al massimo ogni tipo di misura o stima, ciascuno col proprio grado di precisione e di affidabilità.

Nelle tecniche di assimilazione il campo bidimensionale di concentrazione, prodotto dal modello chimico, rappresenta il campo di *background* con il quale viene inizializzata la procedura di interpolazione; tale campo viene successivamente modificato con l'introduzione delle osservazioni nella griglia del modello attraverso uno specifico schema di interpolazione.

Nel presente lavoro l'assimilazione dei dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della rete, gestita da ARPA, nei campi di concentrazione al suolo prodotti dal modello FARM, è stata effettuata mediante l'utilizzo del modulo ARpMEAS (ARchive plus MEASurements), sviluppato da Arianet, che implementa metodi basati sia su tecniche cosiddette di "observational nudging" (Stauffer e Seaman, 1990) che di "objective analysis" (es. "Optimal Interpolation").

Nello specifico è stato utilizzato il metodo dell'*Optimal Interpolation* (OI), che permette di interpolare le osservazioni localizzate su un dominio, utilizzando, come prima approssimazione, il campo di fondo (o di *background*) prodotto dal modello. Dal momento che sia le osservazioni che il campo di fondo possono contenere errori, l'OI costruisce il campo di concentrazione finale (denominato di seguito analisi) minimizzando le varianze degli errori delle osservazioni e del campo di fondo. Il campo ottenuto è ottimale nel senso che ha la varianza minima⁸.

L'assimilazione ha coinvolto gli inquinanti NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, CO e C₆H₆ monitorati dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria gestite da ARPA. In particolare, l'assimilazione è avvenuta su base oraria per le specie NO₂, SO₂, O₃, CO e C₆H₆, mentre per le specie PM₁₀ e PM_{2.5} è avvenuta su base giornaliera. Si fa presente che:

- per ciascuna centralina sono stati assimilati i dati misurati ove presenti in una percentuale pari almeno al 75%;
- per alcune stazioni di monitoraggio (ad es. *Mesagne, San Pietro Vernotico, Arnesano, Campi S.na, Talsano*, ecc.), caratterizzate da un andamento temporale tipicamente stagionale per alcuni inquinanti (ad es. PM₁₀), si è scelto di attribuire un raggio di influenza differente per la stagione invernale;

⁸ La messa a punto di tale metodo richiede innanzitutto la definizione/ottimizzazione dei parametri che gestiscono l'assimilazione, come la rappresentatività/raggio di influenza dei punti di misura e la correlazione orizzontale e correlazione verticale, definiti in base alle caratteristiche dei singoli inquinanti e delle singole stazioni di monitoraggio. Non esiste infatti un criterio standard di assegnazione del raggio di influenza ad ogni punto di misura, ma la scelta va fatta per ogni caso specifico in funzione quindi della cosiddetta rappresentatività del punto di misura stesso; quest'ultima è stata assegnata in base alla tipologia del punto di misura (ad esempio traffico, industriale o di fondo) e alla caratteristica della zona (ad esempio urbana, rurale, suburbana).

- dal processo di assimilazione sono state escluse le misure di PM10 acquisite nei giorni in cui si sono registrati superamenti del valore limite per effetto delle avvezioni sahariane, dal momento che la normativa prevede lo scorporo di tali superamenti per la valutazione della conformità dello stato della QA per il valore limite giornaliero prescritto per il PM10;

Nella successiva Tabella 3 si indicano con il simbolo “x” le specie chimiche assimilate per ciascuna centralina.

Provincia	Stazione	NO2	PM10	PM2.5	CO	C6H6	SO2	O3
FG	Manfredonia	x	x		x	x		
FG	Monte S. Angelo	x	x					x
FG	Candela Scuola	x	x		x	x	x	x
FG	Candela exCo.	x	x		x			x
FG	Municipio San Severo	x	x	x	x			x
FG	Fg-Azienda Russo	x	x	x				x
FG	Rosati	x	x	x	x	x		x
BAT	Andria	x	x	x	x	x		
BAT	Barletta	x	x	x		x		x
BAT	Mezzo Mobile Via Trani	x	x	x	x		x	x
BA	Ba-CUS	x	x					x
BA	Ba-Carbonara	x	x					
BA	Ba-Kennedy	x	x					x
BA	Casamassima	x	x	x				x
BA	Monopoli	x	x	x	x	x		
BA	Altamura	x	x	x				x
BA	Monopoli (liceo art.)	x	x	x		x		
BA	Caldarola	x	x	x	x	x		
BA	Molfetta Verdi	x	x			x		
BA	Cavour	x	x	x	x	x		
BA	Bitonto_EN1	x	x	x	x			x
BA	Modugno_EN2	x	x	x	x			x
BA	Modugno_EN3	x	x		x			
BA	Modugno_EN4	x	x		x			
BA	Palo_EN5	x	x		x			
TA	Archimede	x	x	x	x		x	
TA	Machiavelli	x	x	x	x	x	x	
TA	Alto Adige		x	x	x	x		
TA	Martina Franca	x	x			x		
TA	Massafra	x	x			x	x	
TA	Tamburi	x				x		
TA	StatteSE	x	x	x	x		x	
TA	San Vito	x	x		x		x	x
TA	Grottaglie	x	x					x
TA	Talsano	x	x	x			x	x
TA	SS7_Wind	x	x	x			x	
TA	PaoloVI	x	x	x	x	x	x	
BR	Terminal Passeggeri	x	x	x	x	x	x	x
BR	Via dei Mille	x	x			x		
BR	Francavilla	x	x			x		
BR	Ceglie Messapica	x	x	x	x	x	x	
BR	Perrino	x	x		x		x	
BR	Via Taranto	x	x	x	x	x		
BR	Cappuccini	x	x		x		x	
BR	Mesagne	x	x					
BR	Torchiarolo Don Minzoni	x	x	x	x	x	x	
BR	SanPancrazio	x	x					
BR	Casale	x	x	x				x
BR	SISRI	x	x		x	x	x	
BR	Lendinuso	x	x				x	
BR	Torchiatolo-Fanin	x	x	x			x	
BR	Cisternino	x	x				x	x
BR	SPietroVermotico	x	x					
LE	SMariaCerrate	x	x	x				x
LE	SurboEnel	x	x				x	
LE	Galatina	x	x	x	x			x
LE	Via Garigliano	x	x	x		x		
LE	Piazza Libertini	x	x	x	x	x		
LE	Guagnano	x	x					
LE	Arnesano		x					x
LE	Maglie	x	x	x	x		x	x
LE	Campi Salentina	x	x	x				
LE	Colacem	x	x	x	x	x	x	

Tabella 3 - Elenco delle specie assimilate per le singole stazioni di monitoraggio

2 SINTESI DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

In questo paragrafo si riporta una sintesi delle condizioni meteorologiche che hanno interessato il territorio regionale nel 2023. L'attenzione è stata dedicata ai parametri atmosferici vento, temperatura precipitazione e radiazione solare, che possono influenzare la dispersione e la rimozione degli inquinanti o determinare condizioni favorevoli alla formazione di inquinanti secondari. Per caratterizzare le condizioni meteorologiche osservate nel 2023, l'analisi è stata sviluppata utilizzando come termine di confronto sia i dati meteorologici relativi all'anno precedente che i dati climatologici SCIA⁹.

A tale scopo, sono stati elaborati i dati meteorologici acquisiti nel 2023 dalle stazioni di monitoraggio della rete ARPA ubicate secondo la mappa mostrata in Figura 5.

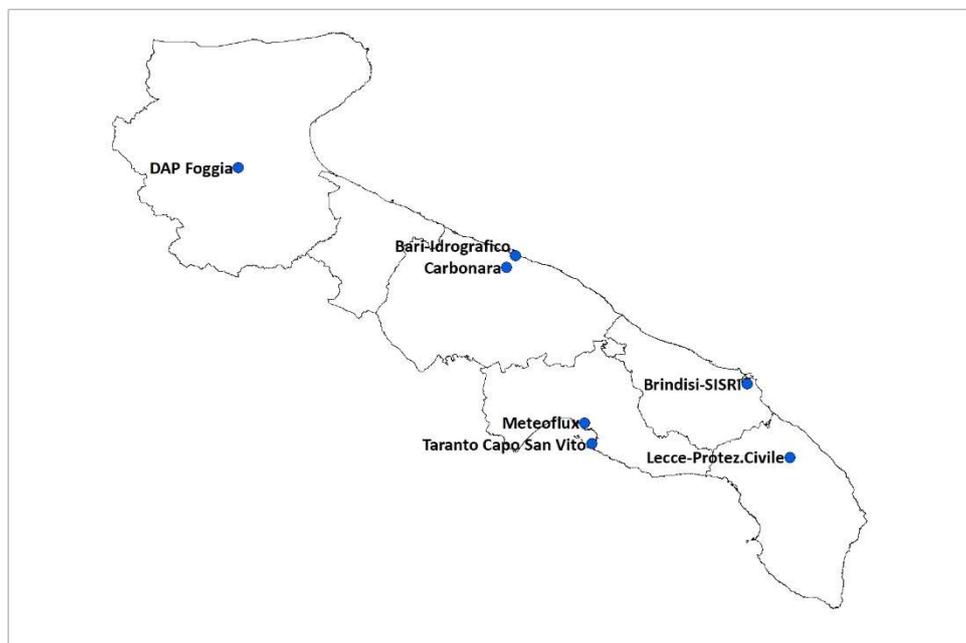


Figura 5: Localizzazione delle centraline considerate per la caratterizzazione della situazione meteorologica per il 2022

Per la provincia di Foggia è stata individuata la centralina meteorologica posizionata presso la sede del Dipartimento Provinciale (DAP) di ARPA.

Per l'area di Taranto è stata considerata la stazione meteorologica denominata Meteoflux. Tale stazione, collocata nell'area dello stabilimento ENI in prossimità del confine settentrionale, ad una distanza dalla costa pari a circa 2km, è rappresentativa delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la zona industriale tarantina. Poiché la suddetta stazione non dispone di un sensore per la misura della radiazione

⁹ SCIA è il sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA e alimentato con i dati degli organismi regionali che si occupano di monitoraggio dei parametri meteorologici (<http://www.scia.isprambiente.it>).

globale e non dispone di dati validi di precipitazione per l'anno 2022, per le suddette variabili è stata considerata la stazione della rete regionale di qualità dell'aria, sita a Capo San Vito, dotata anche di strumentazione di tipo meteorologico. Per quanto riguarda la caratterizzazione meteorologica dell'area barese, non essendo disponibile un'unica postazione con tutti i parametri meteorologici di interesse, è stata considerata anche la stazione denominata "Bari-Idrografico" del Centro Funzionale Decentrato - Protezione Civile Regione Puglia, posizionata lungo la costa barese ad una distanza di circa 5km dalla centralina di ARPA Puglia (Figura 6), i cui dati sono stati forniti dal Servizio Protezione Civile della Regione Puglia. Di tale stazione sono stati utilizzati i dati di vento e di precipitazione, mentre per i dati di temperatura e radiazione solare globale si è fatto riferimento alla stazione di monitoraggio ARPA della qualità dell'aria denominata *Bari-Carbonara*.

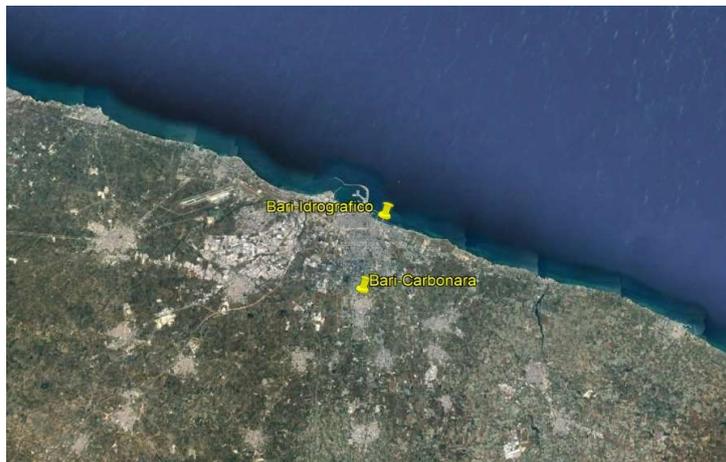


Figura 6: Localizzazione delle centraline di Carbonara e Bari Idrografico.

Per le province di Brindisi e Lecce sono state individuate la stazione di Brindisi-SISRI (di ARPA Puglia) e la stazione di LECCE (Protezione Civile) posta a NW, a distanza di circa 1km, dalla stazione meteorologica del Dipartimento Provinciale (DAP) di ARPA, utilizzata nelle precedenti valutazioni ma non nella presente per mancanza di dati validi per buona parte dell'anno 2023.



Figura 7: Localizzazione delle centraline di DAP Lecce e Lecce-Protezione Civile.

Nella Tabella 4 si specificano le caratteristiche delle suddette centraline.

STAZIONE	PROV.	COORDINATE WGS84-UTM33		ALTEZZA sensori	PARAMETRI MISURATI
		X_UTM (km)	Y_UTM (km)	m	
Foggia (ARPA)	FG	545,749	4589,447	30	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 30 minuti)
Bari - Idrografico (Protezione Civile)	BA	657,991	4553,753	30	velocità e direzione del vento (ogni 10 minuti), temperatura, umidità relativa, precipitazione (ogni 30 minuti)
Carbonara (ARPA)	BA	656,837	4548,966	5	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
Taranto - Capo San Vito (ARPA)	TA	688,791	4477,122	10	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
MeteoFlux (ENI)	TA	685,952	4485,618	6	velocità e direzione del vento, temperatura, precipitazione (dati orari)
Brindisi - SISRI (ARPA)	BR	751,636	4501,354	10	velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atm, radiazione globale, precipitazione (ogni 60 minuti)
Lecce (Protezione Civile)	LE	768,942	4471,450	15	velocità e direzione del vento (ogni 10 minuti), temperatura, umidità relativa, precipitazione (ogni 30 minuti)

Tabella 4 - Caratteristiche delle centraline meteorologiche.

In Tabella 5, invece, per ogni stazione meteorologica e per ciascun parametro, si riportano le percentuali di validità dei dati misurati nel corso del 2023. È opportuno osservare che per la maggior parte delle

centraline si rileva una disponibilità di dati validi superiore al 75%; fa eccezione la centralina di *Bari-Carbonara* per l'intensità e la direzione del vento. Per tale motivo, per la caratterizzazione anemologica del barese sono state considerate le misure di vento della stazione meteo *Bari-Idrografico* appartenente alla rete di monitoraggio della Protezione Civile regionale. Inoltre per la precipitazione, pur essendo presenti i dati misurati dalla stazione *Bari-Carbonara* in una percentuale pari al 79%, si è preferito utilizzare quelli di *Bari-Idrografico* perché disponibili con una migliore copertura (100%).

	2023				
	<i>Temperatura</i>	<i>Precipitazione</i>	<i>Vel. vento</i>	<i>Dir.vento</i>	<i>Rad.glob.</i>
Foggia (ARPA)	99%	99%	98%	98%	99%
Bari - Idrografico (Protezione Civile)	100%	100%	100%	100%	
Carbonara (ARPA)	99%	79%	0%	0%	98%
Taranto - Capo San Vito (ARPA)	98%	99%	99%	99%	98%
MeteoFlux (ENI)	99%	99%	99%	99%	
Brindisi - SISRI (ARPA)	97%	97%	97%	97%	97%
Lecce (Protezione Civile)	100%	100%	100%	100%	

Tabella 5 - Percentuali di dati validi per ciascuna centralina e ciascun parametro meteo.

Per ciascuno di tali parametri sono state confrontate le elaborazioni statistiche relative all'anno in esame (2023) e all'anno precedente (2022). Laddove possibile, è stato effettuato anche un confronto con i dati climatologici. Come riferimento climatologico, sono stati utilizzati i dati SCIA disponibili per le aree in esame. Tutte le elaborazioni ed i confronti effettuati sono riportati in dettaglio nell'Allegato 2 alla presente Relazione.

Nella Tabella 6 sono riportate le stazioni SCIA prese in considerazione nella presente analisi per la loro vicinanza ai siti di monitoraggio delle stazioni ARPA. Per ciascuna stazione sono riportate le coordinate (UTM33-WGS84), l'ente gestore, le variabili atmosferiche in esame ed il relativo periodo di disponibilità dei dati. In rosso sono indicate le variabili per le quali la disponibilità di dati è inferiore a 10 anni. Nelle

elaborazioni presentate di seguito è stato considerato il dato climatologico laddove il periodo di mediazione è risultato superiore ai 10 anni.

Dati SCIA							
stazione	Ente	coord.X	coord.Y	variabile	disponibilità dati	periodo di mediazione	
Bari Palese Macchie	AM	649654	4555053	Tmedia	1951-2018	1988-2018	30 anni
				PREC cum	1951-2018	1988-2018	30 anni
Brindisi	AM	749424	4504089	Tmedia	1951-2018	1988-2018	30 anni
				PREC cum	1951-2018	1988-2018	30 anni
Lecce	AM	768001	4458046	Tmedia	2005-2018 con buchi	<10 anni	
				PREC cum	2005-2018 con buchi	<10 anni	
Foggia	UCEA UCST	545939	4588859	Tmedia	1975-1993	1975-1993	18 anni
				PREC cum	1975-1993	1975-1993	18 anni
Taranto	UCEA UCOS	695040	4480245	Tmedia	1961-2012	1978-2008	30 anni
				PREC cum	2000-2008	<10 anni	

Tabella 6 - Stazioni climatologiche SCIA.

Le elaborazioni statistiche condotte hanno evidenziato che, dal punto di vista anemologico, per tutte le postazioni considerate la distribuzione annuale dell'intensità del vento per settore di provenienza, riferita al 2023, è risultata abbastanza simile a quella del 2022 con qualche differenza nelle occorrenze delle componenti dei venti provenienti dai vari quadranti sia su base annuale che stagionale.

Dalle rose dei venti annuali, nel 2023 si osservano componenti prevalenti del vento proveniente dai quadranti occidentali per la postazione di Foggia e Bari-Idrografico, da NO per la stazione di Brindisi-SISRI, da NO e SO per la stazione Meteoflux nell'area industriale di Taranto, da NO, N e S per la stazione di Lecce. Su base annuale si rilevano solo lievi variazioni della velocità media del vento, ma si osserva una diminuzione della percentuale delle calme di vento per le postazioni di Bari-Idrografico e Brindisi-SISRI.

Con riferimento al quantitativo di precipitazione valutato su base annuale, nel 2023 si riscontra un generale aumento rispetto all'anno precedente, in tutte le postazioni ad esclusione di quella di Taranto-Capo San Vito e Foggia. Per quanto riguarda il numero di giorni piovosi riscontrati nel 2023, si rileva un aumento nelle stazioni di Brindisi-SISRI, Foggia e Lecce (Protezione Civile), ed una diminuzione nelle stazioni di Taranto-Capo San Vito e Bari-Idrografico (Protezione Civile). La stazione di Bari-Idrografico è l'unica per la quale nel

2023 si riscontra un aumento della precipitazione cumulata annuale ed una diminuzione del numero di giorni piovosi, ad indicazione che in tale postazione si siano verificati eventi di precipitazione intensa.

Su base stagionale si rileva per tutte le stazioni un aumento sia delle precipitazioni che del numero dei giorni piovosi, durante la stagione primaverile. Nella stagione invernale, invece, si registra una diminuzione della precipitazione cumulata in concomitanza ad una diminuzione del numero dei giorni piovosi in tutte le stazioni ad eccezione di Foggia. Una diminuzione delle precipitazioni cumulate si rileva durante la stagione estiva in tutte le postazioni ad eccezione di Lecce, dove la precipitazione cumulata aumenta rispetto all'anno precedente ma il numero dei giorni piovosi diminuisce.

La stagione autunnale del 2023, infine, è stata caratterizzata da una diminuzione sia della precipitazione cumulata che del numero dei giorni piovosi in tutte le postazioni di monitoraggio.

Per quanto riguarda la temperatura, in corrispondenza di tutte le postazioni, per le quali è disponibile il dataset climatologico, si osservano per il 2023 valori medi mensili superiori ai valori medi climatologici, fatta eccezione per il mese di febbraio e di aprile (per la sola postazione di Brindisi-SISRI). Lo scostamento dal valore medio climatologico risulta particolarmente rilevante per il mese di luglio, per tutte le postazioni di monitoraggio. Inoltre rispetto all'anno precedente si osserva per tutte le stazioni un aumento delle temperature medie nei mesi di gennaio, marzo, luglio, agosto, settembre, ottobre e novembre. Una diminuzione delle temperature medie si osserva nei mesi di febbraio, aprile, maggio e giugno in tutte le stazioni ad eccezione della stazione di Lecce della Protezione Civile, per la quale la temperatura non risulta avere subito variazioni di rilievo.

Per la radiazione globale, infine, nel 2023 per tutte le postazioni emerge un aumento della radiazione globale nei mesi di marzo (ad eccezione di Brindisi-SISRI), agosto, settembre, ottobre (tranne Foggia e Taranto-Capo San Vito), novembre e dicembre (ad eccezione di Taranto-Capo San Vito), ed una diminuzione nei mesi di gennaio, febbraio, aprile, maggio, giugno e luglio (tranne Foggia).

3 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 PM10

Il PM10 è l'insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm (10^{-6} m). Il PM10 può penetrare nell'apparato respiratorio, generando impatti sanitari la cui gravità dipende, oltre che dalla quantità, dalla tipologia delle particelle: numerose sostanze chimiche, come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i metalli (quali piombo, nichel, cadmio, arsenico, vanadio, cromo) possono aderire alla superficie delle polveri sottili e con esse essere veicolate all'interno dell'organismo della popolazione esposta. Il PM10 in base all'origine, si distingue in primario, generato direttamente da una fonte emissiva (antropica o naturale), e secondario, derivante cioè da altri inquinanti presenti in atmosfera attraverso reazioni chimiche. Il D. Lgs. 155/10 fissa due valori limite per il PM10: la media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte nell'anno solare e la media annua di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

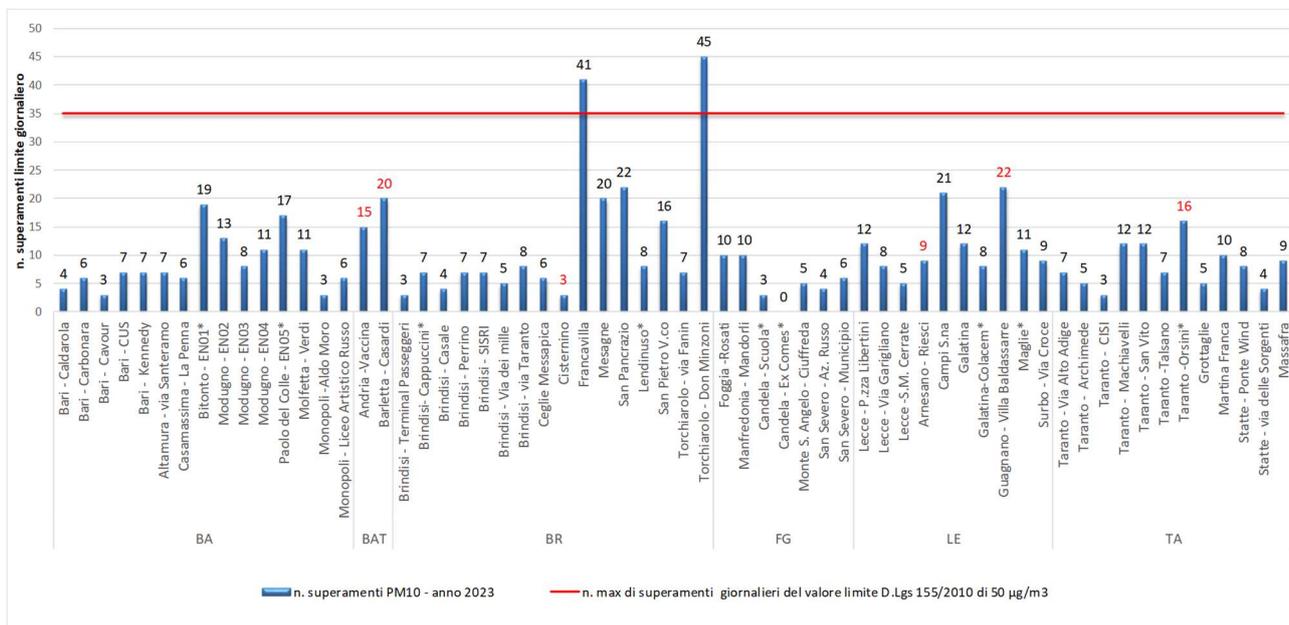
Periodo di mediazione	VALORE LIMITE D. LGS. 155/2010
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.1.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2023 il limite dei 35 superamenti del valore giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ consentito dal D. Lgs. 155/10 per il PM10 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio, tranne che nelle stazioni di *Francavilla Fontana (BR)* e *Torchiarolo-Don Minzoni (BR)* in cui sono stati misurati, rispettivamente, 41 e 45 superamenti (**Figura 7**). Questi dati includono, tuttavia, anche i superamenti dovuti al trasporto di polveri da regioni desertiche (quali ad esempio il Sahara) che la Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE consente di decurtare.

Operando questa decurtazione, il numero di superamenti risulta pari a 25 nella stazione *Francavilla Fontana (BR)* e a 34 nella stazione *Torchiarolo-Don Minzoni (BR)*.

Conseguentemente, nel 2023 non sono stati registrati superamenti del limite di concentrazione giornaliero in nessun sito di monitoraggio regionale.

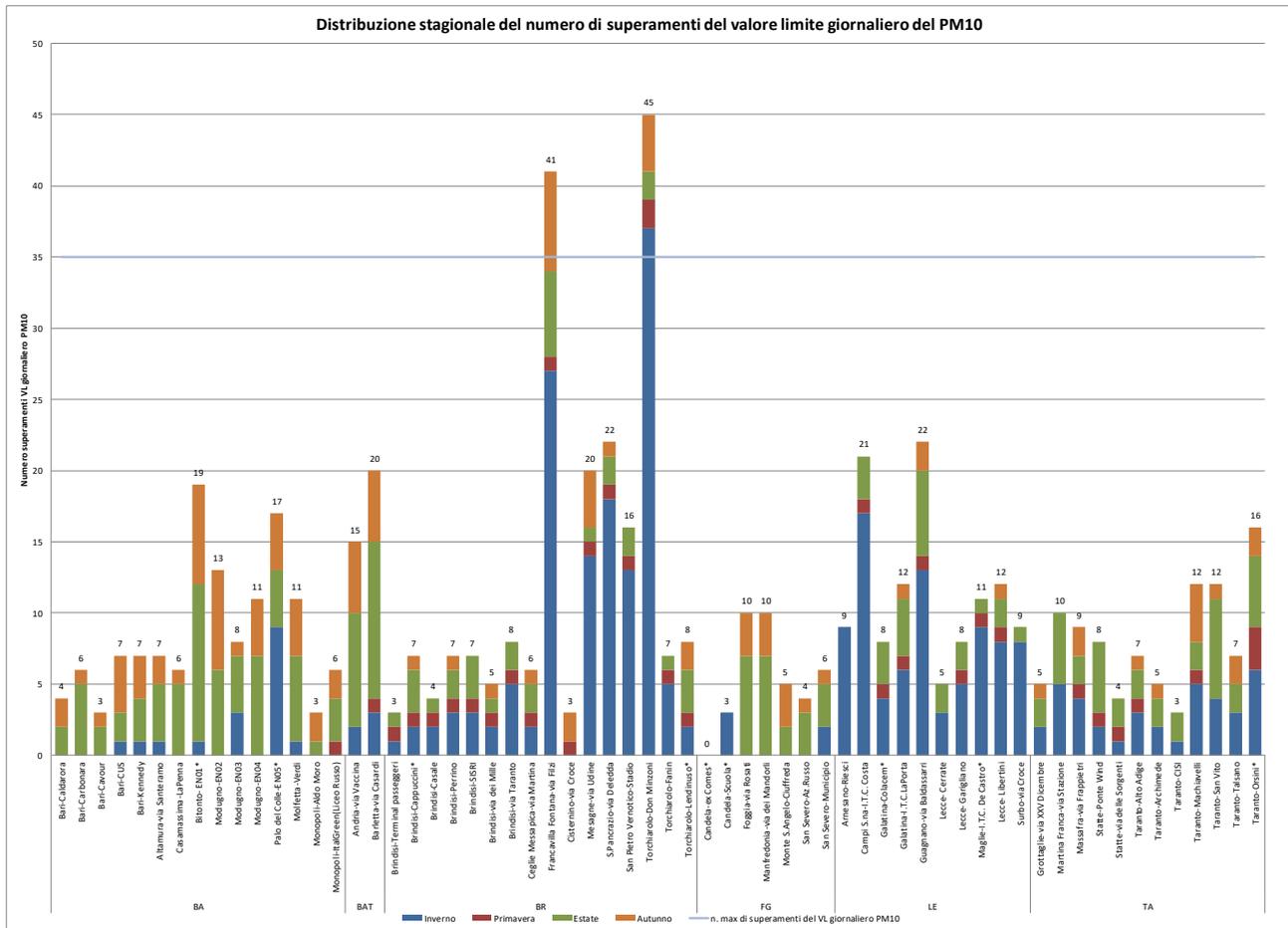


* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Figura 8: numero di superamenti del limite giornaliero per il PM10 – Valori al lordo delle avvezioni di polveri desertiche– anno 2023

Nella **Figura 9** vengono riportati i valori dei superamenti giornalieri elaborati per stagione. Nelle province di Brindisi e Lecce emerge la predominanza di superamenti nel periodo invernale (Dic.-Feb.). Predominanza di superamenti nel periodo estivo (Giu.-Ago.) e autunnale (Sett.-Nov.) si registrano nelle centraline delle province di Bari, BAT e Foggia. I superamenti primaverili (Mar.-Mag.) sono invece sporadici in tutte le province. Nella provincia di Taranto si osserva una distribuzione dei superamenti abbastanza omogenea nelle diverse stagioni.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 9: Numero di superamenti del limite giornaliero per il PM10 suddivisi per stagione –anno 2023

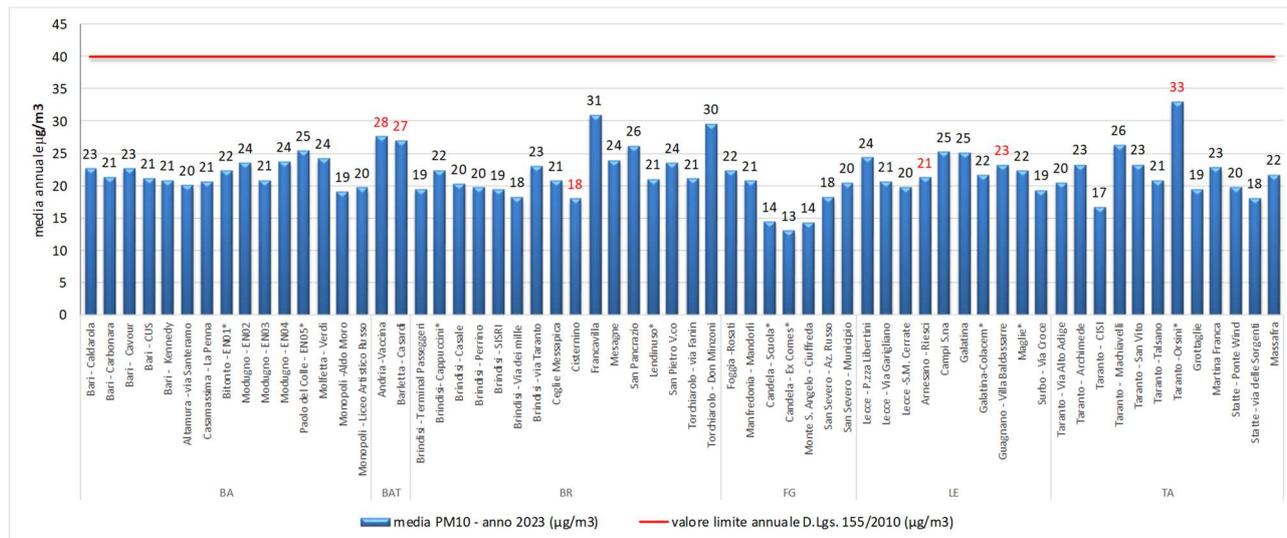
Il valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2023 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio (**Figura 10**). La concentrazione più elevata ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) della RRQA è stata misurata nella stazione *Francavilla Fontana* (BR). Tra le stazioni di interesse locale la concentrazione più elevata è stata invece registrata nella stazione *Taranto-Orsini*¹⁰ ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Occorre segnalare che nel 2023 questo sito è risultato essere contiguo a un cantiere edile-stradale di rilevanti dimensioni e durata e le cui attività hanno avuto verosimilmente effetti sulle concentrazioni di inquinanti in aria ambiente, con effetti evidenti sulle concentrazioni di PM10 e di PM2.5. Nel mese di dicembre il sito è stato interessato dal rifacimento del manto stradale in bitume, pertanto si è stabilito di non considerare validi i valori di PM10 e PM2.5 rilevati in quel mese, conformemente all'All. III, punto 4, co. 2 del D. Lgs. 155/10 che prescrive l'assenza di fonti di interferenza nei pressi delle stazioni di monitoraggio.

Anche in prossimità della stazione di monitoraggio *Andria-Vaccina* è stato operativo un cantiere edile di grandi dimensioni le cui attività, iniziate nel 2022, hanno sensibilmente alterato le concentrazioni di polveri

¹⁰ Stazione di monitoraggio della rete di proprietà di Acciaierie d'Italia S.p.A.

in aria ambiente. Per quanto detto sopra, anche i valori di PM10 e PM2.5 rilevati in questo sito non sono stati considerati conformi alla norma vigente né tantomeno sono stati utilizzati per la valutazione del rispetto dei limiti normativi.

Il valore medio registrato sul territorio regionale è stato di 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in linea con il dato degli ultimi due anni.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo

Figura 10: Valori medi annui di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - anno 2023

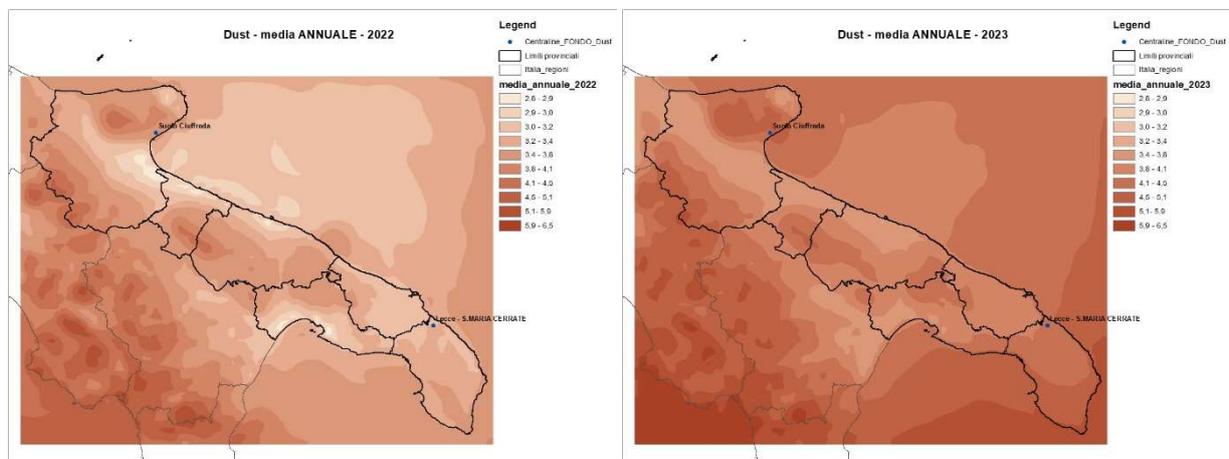
SCHEDA DI APPROFONDIMENTO 3: CONTRIBUTO DELLE AVVEZIONI DI POLVERI SAHARIANE ALLE CONCENTRAZIONI DI PM10

Francesca Intini – Ufficio Modellistica CRA

Le intrusioni di polvere sahariana nel bacino del Mediterraneo possono provocare un anomalo innalzamento dei valori di concentrazione del PM10 e in alcuni casi contribuire al superamento dei valori limite previsti dalla normativa. È importante quindi identificare questo contributo, che può avere un impatto non trascurabile sul territorio regionale. Per tale motivo è stata messa a punto una specifica catena operativa che giornalmente fornisce le previsioni di polvere desertica a +72 ore sul territorio regionale. Tale catena è quindi finalizzata alla identificazione sulla regione degli eventi di avvezione transfrontaliera di particolato dalle zone desertiche e alla quantificazione del relativo impatto.

Attraverso l'acquisizione giornaliera delle condizioni al contorno, fornite dal sistema modellistico Quale Aria a tale catena, vengono implicitamente acquisite anche le condizioni al contorno del modello globale C-IFS-TM5, prodotto da ECMWF come parte del servizio Copernicus. Le classi granulometriche assegnate al dust sahariano ("bins") vengono tradotte nelle classi granulometriche/modi di AERO3. I vari modi sono quindi trattati dal modello FARM come traccianti, soggetti però ai meccanismi di deposizione.

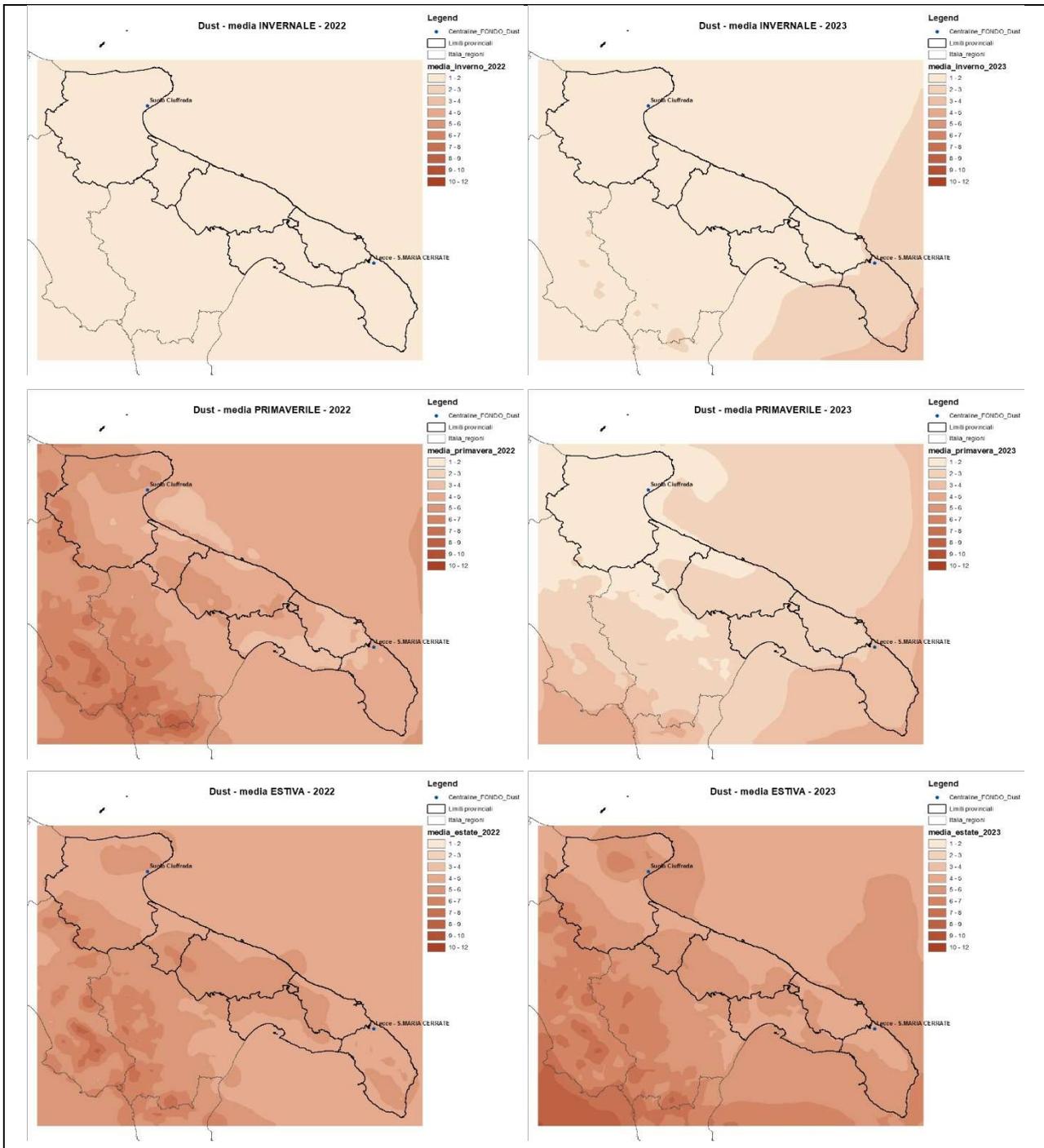
Di seguito si mostrano le mappe della concentrazione media annuale di dust sahariano, ricostruite dal modello FARM per gli anni 2023 e 2022 sul dominio regionale ad una risoluzione spaziale di 4km.

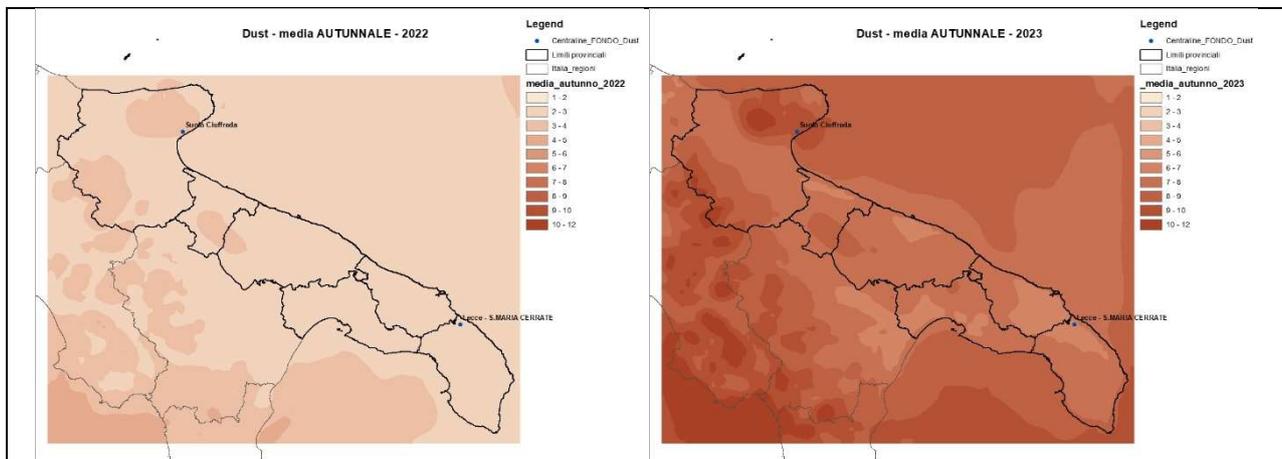


Mappa della concentrazione media annuale di dust ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Anno 2022 e 2023

Rispetto all'anno precedente si osserva nel 2023 un aumento generale dei livelli di concentrazione media di dust, i cui valori massimi nel dominio di simulazione si ricostruiscono sui rilievi della Campania e della Calabria. Sul territorio regionale pugliese i valori della concentrazione media di dust risultano nel 2023 compresi tra $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel barese) e $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel Salento). La distribuzione spaziale della concentrazione media annuale rimane comunque nel 2023 abbastanza simile a quella del 2022 perché condizionata dalla presenza di rilievi collinari e montuosi.

Di seguito si mostrano le mappe medie stagionali di dust relative al 2023.

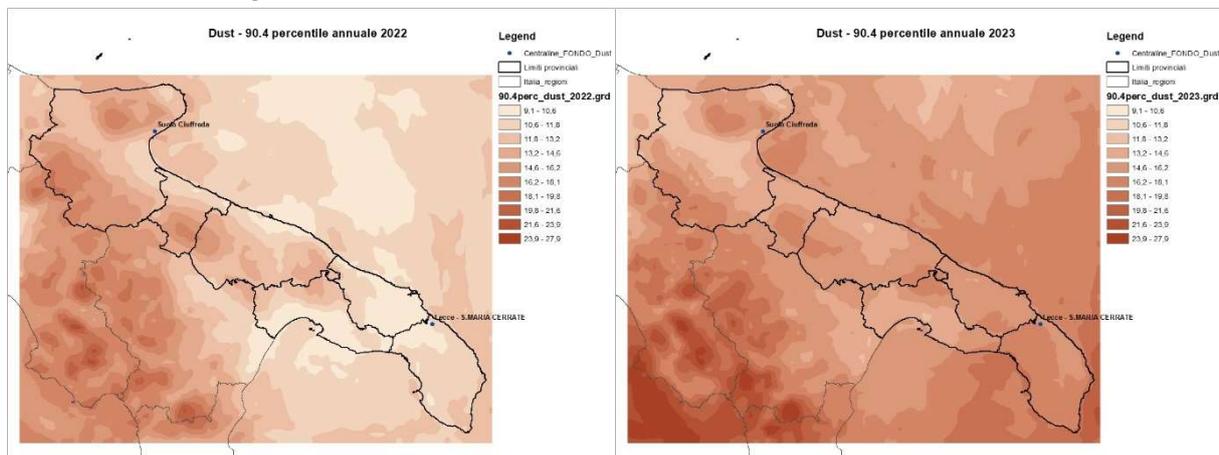




Mappe medie stagionali di dust ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Anno 2022 e 2023

Il confronto stagionale rispetto all'anno precedente evidenzia come i livelli medi di dust nel 2023 si siano ridotti in primavera, siano rimasti pressoché invariati durante l'estate e siano aumentati nella stagione invernale ed autunnale. In particolare, le mappe stagionali relative al 2023 indicano livelli più elevati nella stagione autunnale, compresi tra $6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel barese) e $10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sul Gargano), e allo stesso tempo valori più bassi, compresi tra $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel foggiano) e $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel Salento), nella stagione primaverile.

La mappa relativa al 90.4 percentile di dust consente di valutare la distribuzione spaziale delle concentrazioni medie giornaliere più elevate¹¹. Rispetto al 2022 si rileva un generale aumento dei livelli su tutto il territorio regionale.



Mappa del 90.4 percentile della concentrazione media giornaliera di dust ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Anni 2022 e 2023

Nel 2023 le concentrazioni medie giornaliere di dust più elevate, che si superavano più di 35 volte in un anno, risultano comprese tra $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sul Tavoliere e $17.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sul Gargano.

¹¹ Tale mappa fornisce in ogni punto del dominio il 330-esimo valore calcolato disponendo in ordine crescente le concentrazioni medie giornaliere di dust della serie annuale modellata, ovvero il 35-esimo valore più elevato della serie.

Nelle figure seguenti sono mostrati, per ogni provincia, i box plot con la mediana, il minimo, il massimo, il 25° e il 75° percentile delle concentrazioni di PM10 registrati nei siti di monitoraggio.

Nelle province di Bari e BAT le mediane più alte sono registrate nelle stazioni *Modugno - EN04* e *Palo del Colle - EN05**.

Nella provincia di Brindisi la mediana più alta si registra nel sito *Torchiarolo -Don Minzoni*, mentre i valori più bassi si osservano nella stazione *Brindisi-Via dei Mille*. Nella provincia di Foggia i valori più alti si registrano nella stazione *Foggia-Via Rosati*, quelli più bassi nel sito *Candela- ex Comes**. Nella provincia di Lecce i valori più alti si verificano nelle stazioni di *Galatina* e *Arnesano*, sia in termini di mediana che di massimi registrati. Nella provincia di Taranto i valori più alti in termini di mediana si registrano nella stazione *Taranto-Orsini**, con massimi più alti nella stazione *Taranto-Machiavelli*.

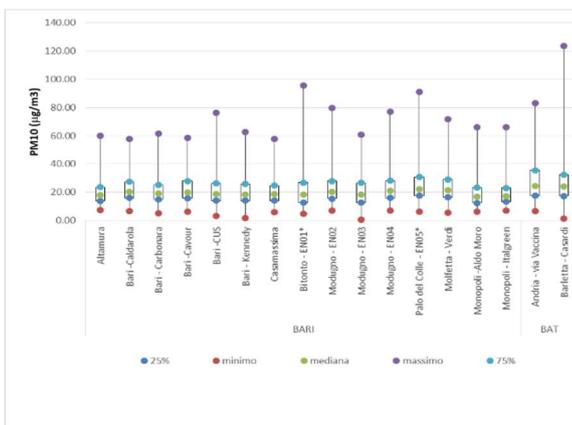


Figura 11: Box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) -prov. BA-BAT

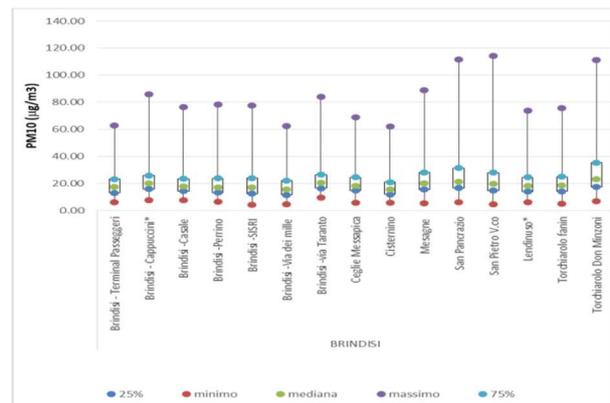


Figura 12: Box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. BR

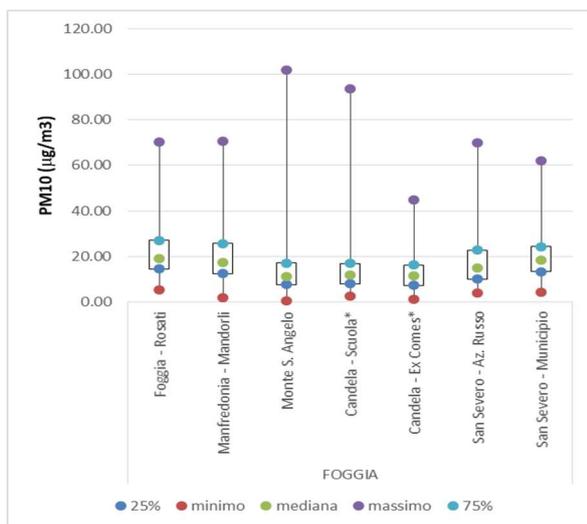


Figura 13: Box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. FG

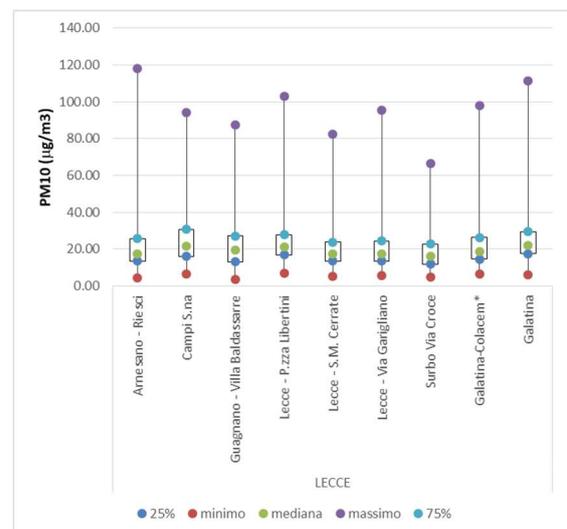


Figura 14: Box plot concentrazioni di PM10 (µg/m³) – prov. LE

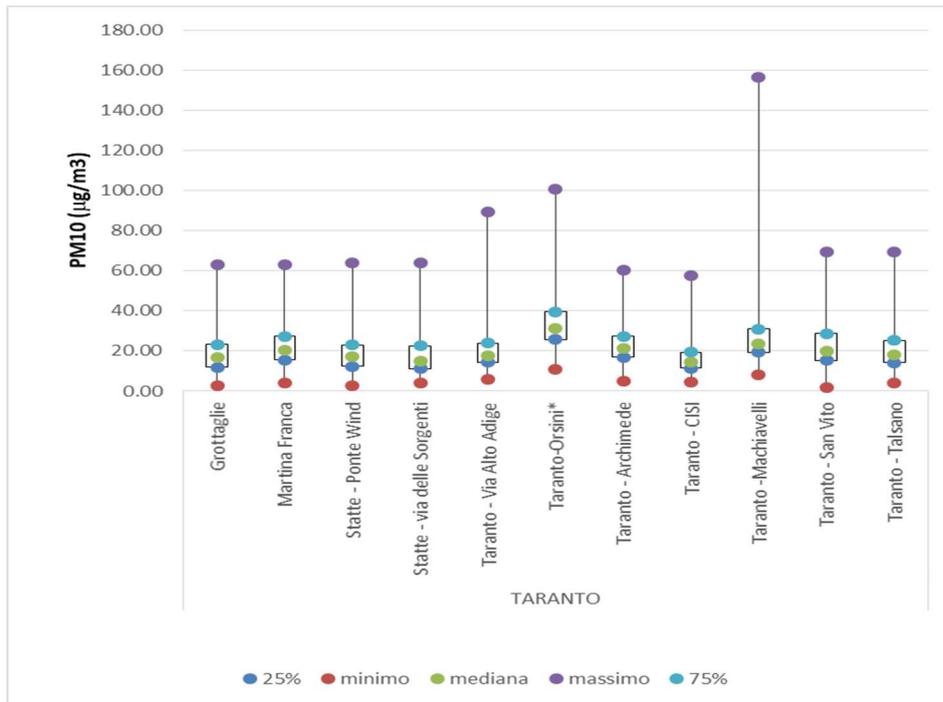


Figura 15: Box plot concentrazioni di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – prov. TA

Trend di concentrazione 2010-2023

L'andamento delle concentrazioni di PM10 è stato valutato con il metodo di Theil-Sen¹² utilizzando il software R. Il risultato viene presentato in forma sintetica nel grafico a barre di **Figura 16**, nella quale i cerchi indicano il trend, il colore esprime la significatività statistica (verde=diminuzione significativa; rosso=aumento significativo; grigio=trend non significativo). La barra gialla identifica l'intervallo di confidenza del 95%.

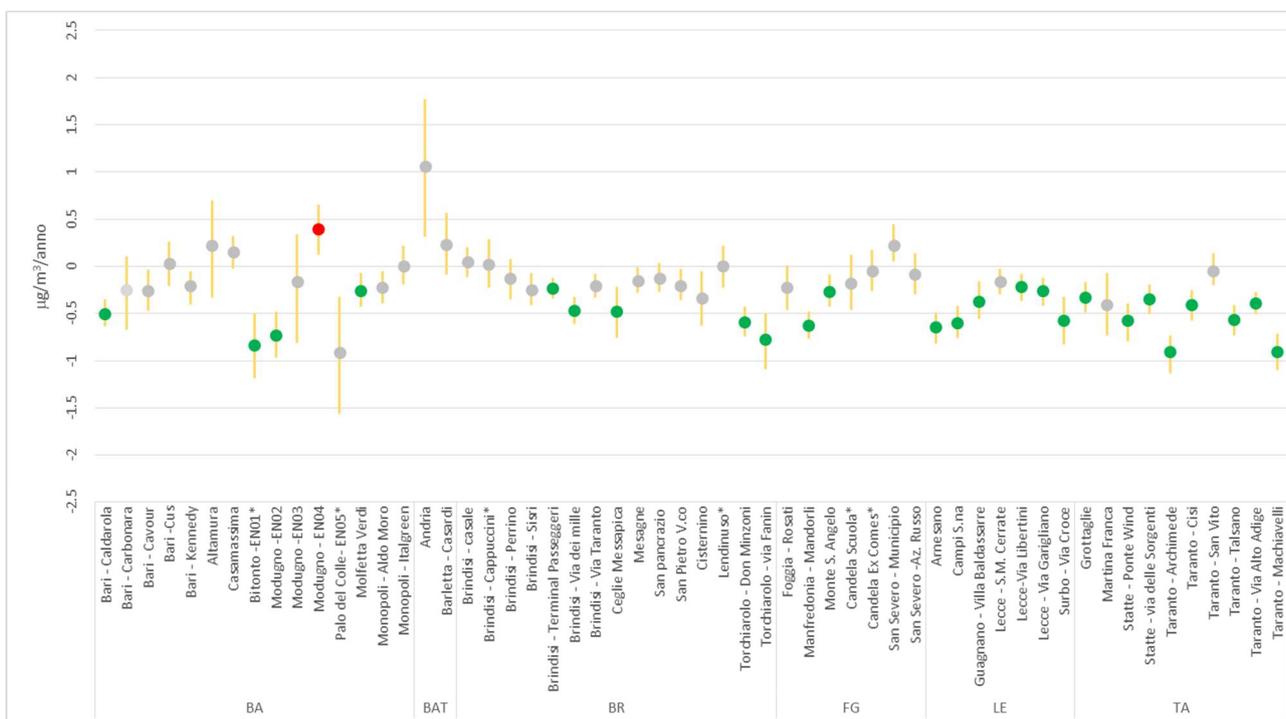


Figura 16: Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM10, 2010-2023

Si osserva, nel complesso, una situazione caratterizzata da una sostanziale stabilità delle concentrazioni. Solo la stazione *Modugno-EN04* mostra un trend in aumento significativo da un punto di vista statistico. Quasi tutte le stazioni di monitoraggio della provincia di Taranto mostrano una diminuzione significativa della concentrazione di PM10. La stazione con il calo più marcato è *Taranto-Archimede*.

¹² Il concetto alla base del metodo Theil-Sen è il seguente: date n coppie di valori x e y , viene calcolata la pendenza per ogni coppia di punti. La funzione Theil Sen restituisce la mediana di tutte le pendenze così calcolate. Il vantaggio dello stimatore di Theil-Sen è che tende a produrre intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e nel caso di eteroschedasticità (varianza dell'errore non costante). Inoltre, è un metodo robusto rispetto agli outliers che tiene conto anche del fatto che le serie storiche di dati di qualità dell'aria sono autocorrelate.

La **Figura 17** riporta il confronto, per provincia, delle medie annuali di PM₁₀ registrate dal 2015 al 2023. Il confronto tra più anni mette bene in evidenza concentrazioni pressoché costanti, con una leggera diminuzione di concentrazioni nel 2023 rispetto al 2022 in tutte le province, a eccezione di Brindisi e Lecce.

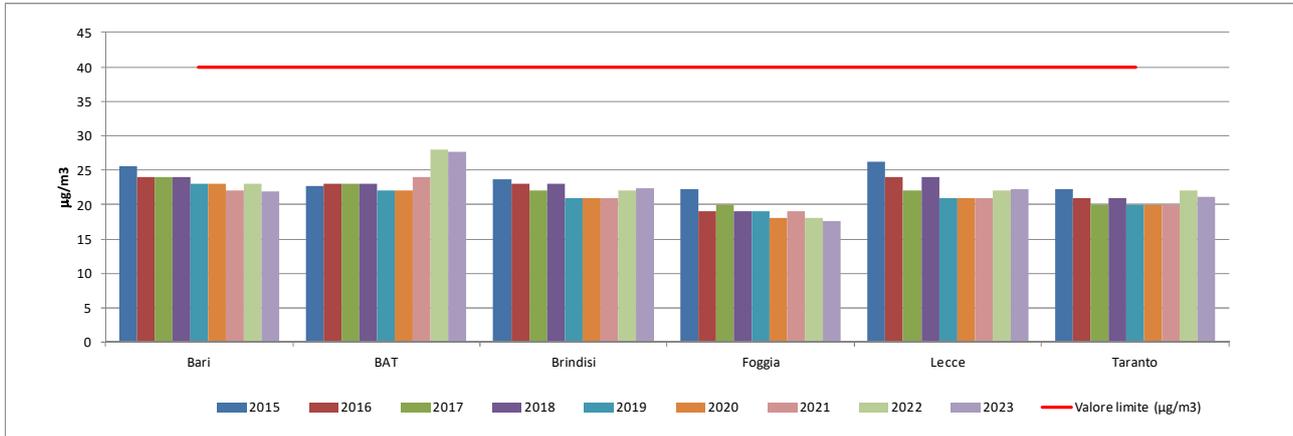
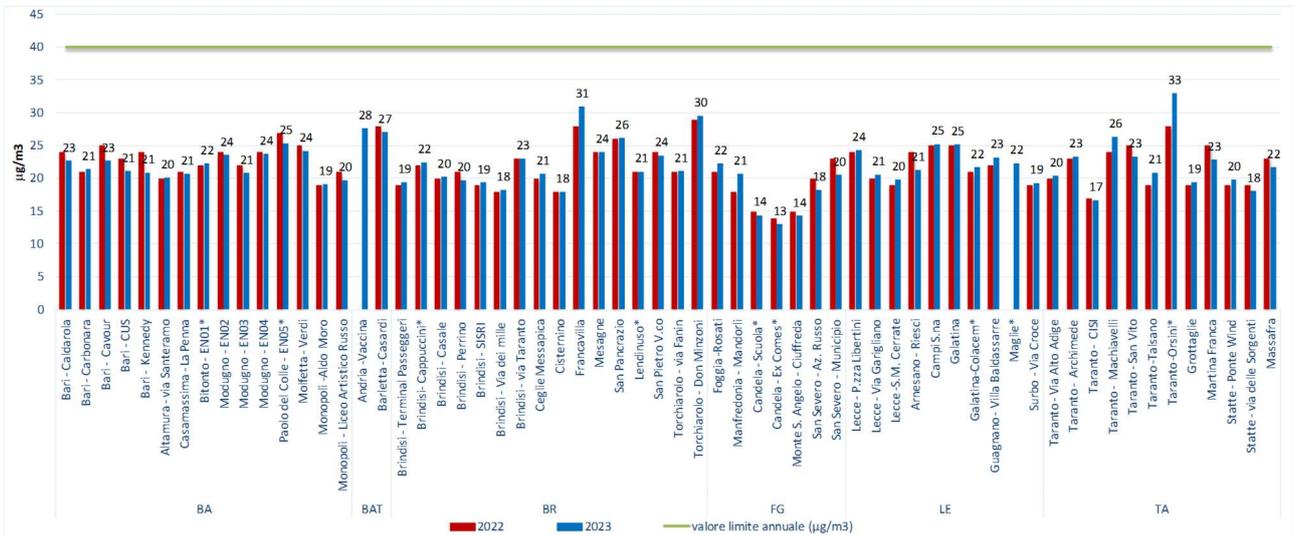


Figura 17: PM₁₀ (µg/m³) – Trend 2015-2023 delle medie annuali per provincia

La **Figura 18** mostra il confronto tra le concentrazioni del 2023 e quelle dell'anno precedente. Rispetto al 2022 si osserva un trend in diminuzione per le provincie di Bari, BAT e FG.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 18: PM₁₀ (µg/m³) – confronto tra medie annuali 2022 e 2023

3.1.2 Dati modellati

Come già evidenziato precedentemente, la simulazione modellistica per il PM₁₀ è stata condotta escludendo il contributo del dust di origine transfrontaliera. Inoltre, dal processo di assimilazione sono state escluse le misure di PM₁₀ acquisite nei giorni in cui si sono registrati superamenti del valore limite per

effetto delle avvezioni sahariane, dal momento che la normativa prevede lo scorporo di tali superamenti per la valutazione della conformità dello stato della QA per il valore limite giornaliero prescritto per il PM10.

Nella figura successiva si mostra la mappa di analisi riferita alla concentrazione media annuale.

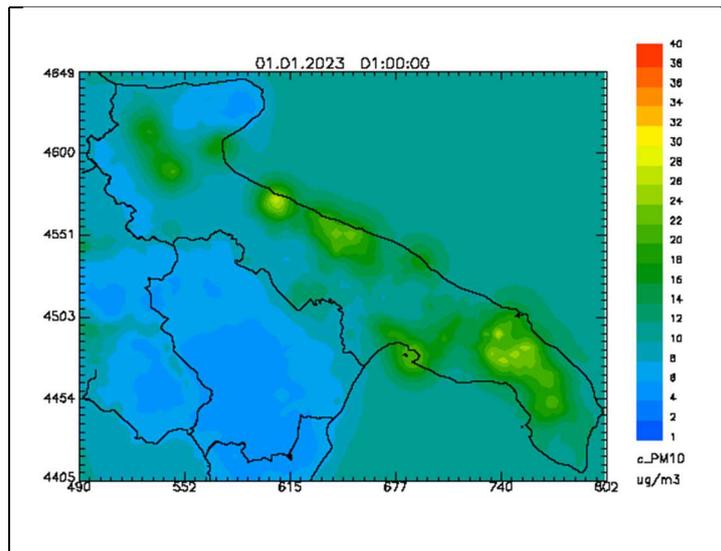


Figura 19: Mappe della concentrazione media annuale di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sulla regione Puglia ottenuta tramite l'assimilazione.

Alla risoluzione di 4km il modello non stima sul territorio regionale alcun superamento del valore limite annuale prescritto per il PM10. Le concentrazioni medie annuali più elevate sono stimate in corrispondenza delle aree urbanizzate di alcuni comuni della Città Metropolitana di Bari, del comune di Barletta, di alcuni comuni della provincia di Brindisi e di Lecce, del comune di Taranto e del comune di Foggia.

Riguardo al valore limite giornaliero per il PM10, da non superare per più di 35 volte all'anno, la mappa di analisi sul dominio regionale, relativa all'indicatore del 90.4° percentile¹³, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 19), non mostra alcuna non conformità sul dominio regionale.

¹³ I valori limite ed obiettivo, prescritti dal D. Lgs n.155/2010, possono essere espressi dal punto di vista statistico sia come numero massimo di superamenti che come percentili. Di seguito si riporta la tabella di associazione per tipologia di inquinante e media temporale:

Inquinante	Periodo temporale di mediazione	Numero massimo di superamenti	Percentile
SO ₂	giorno	3	99.2
	ora	24	99.73
NO ₂	ora	18	99.79
PM ₁₀	giorno	35	90.4
O ₃	giorno	25	93.2

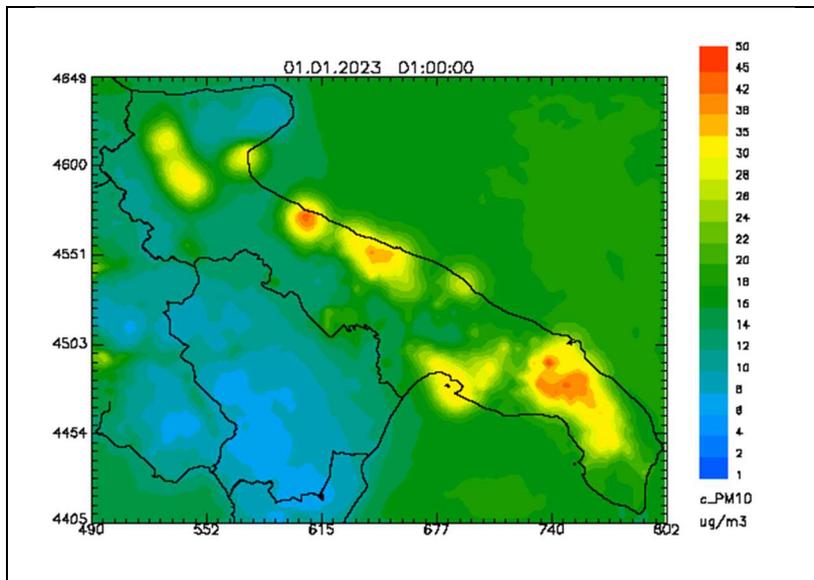


Figura 20: Mappe del 90.4° percentile di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni medie giornaliere, sulla regione Puglia ottenuta tramite l'assimilazione.

La massima concentrazione media giornaliera che si supera più di 35 volte in un anno è infatti inferiore a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (è pari a 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e si ricostruisce all'interno dell'area urbana del comune di Mesagne.

Nella figura successiva si riporta la mappa di analisi relativa al numero di superamenti del valore limite giornaliero prescritto per il PM10.

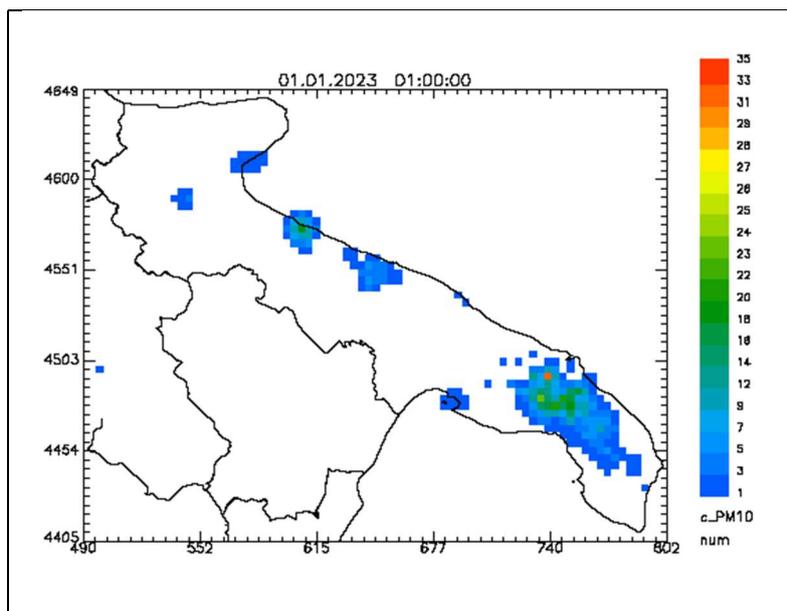


Figura 21: Mappe del numero annuale di superamenti del valore limite sulla media giornaliera di PM10 sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.



Coerentemente con la mappa precedente si rileva che sul dominio regionale il numero di superamenti è inferiore a 35. Il numero più elevato (pari a 31) si rileva nell'area urbana del comune di Mesagne.

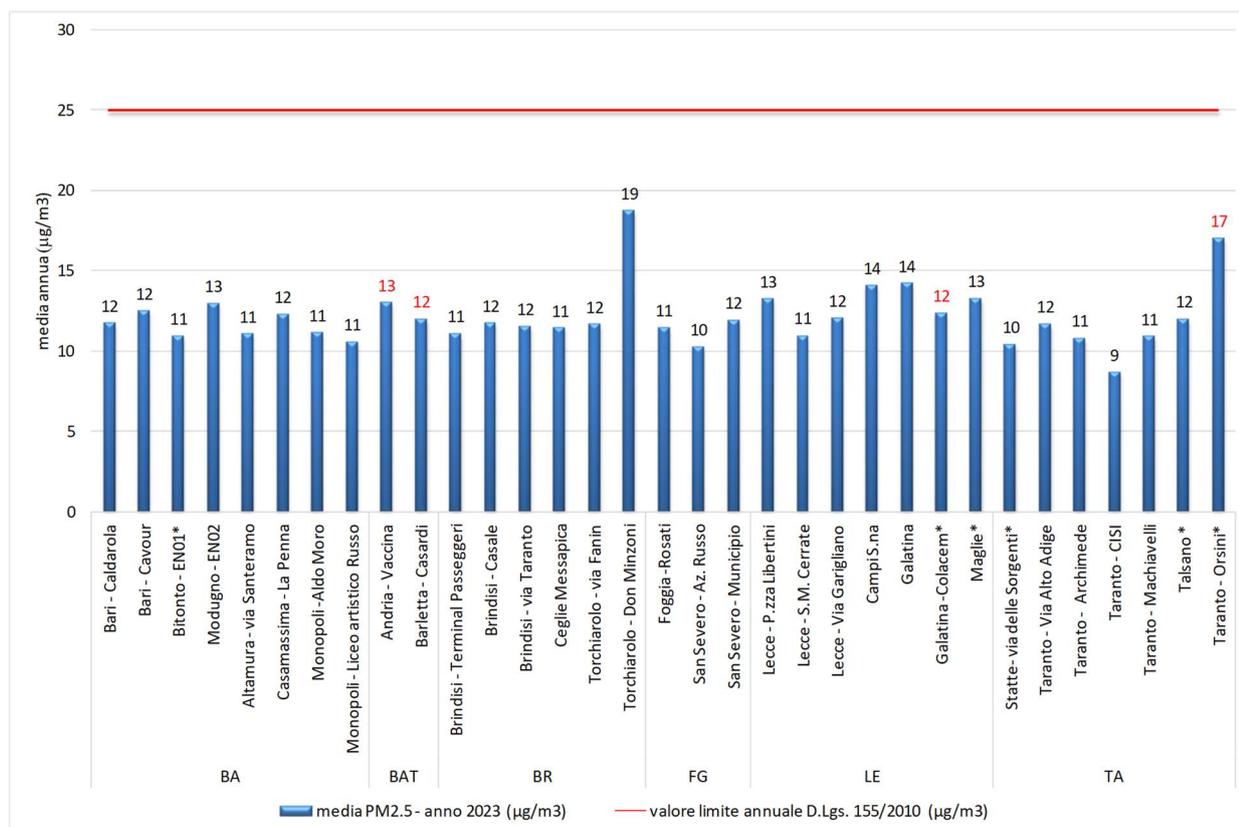
3.2 PM2.5

Il PM2.5 è l'insieme di particelle solide e liquide con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 μm (10^{-6} m). Come il PM10, il PM2.5 può avere origine naturale o antropica e può penetrare nell'apparato respiratorio raggiungendone il tratto inferiore (trachea e polmoni). A partire dal 2015 il D. Lgs. 155/10 prevede un valore limite di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Periodo di mediazione	VALORE LIMITE D. Lgs. 155/2010
Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.2.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2023 il limite annuale di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ indicato dal D. Lgs. 155/10 per il PM2.5 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio (**Figura 12**). Il valore più elevato (19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato registrato a *Torchiarolo - Don Minzoni*, sito in cui le concentrazioni di PM sono fortemente legate alle emissioni da combustione domestica di biomasse. La media regionale è stata di 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in linea con i dati degli ultimi due anni.

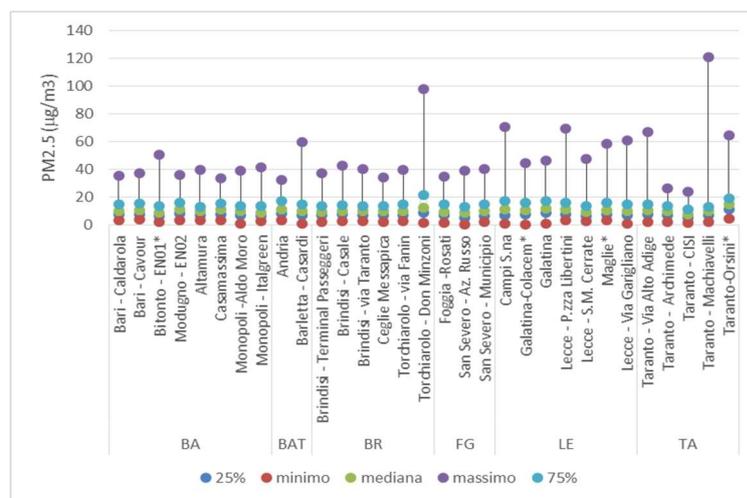


* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo

Figura 22: Valori medi annui di PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – anno 2023

La **Figura 23** mostra il box plot con l'indicazione di mediana, minimo, massimo, 25° e 75° percentile delle concentrazioni di PM2.5 registrate in ogni sito di monitoraggio. I valori mediani sono distribuiti tra 8 e 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Essi sono pertanto distribuiti in maniera sostanzialmente uniforme sul territorio regionale. I picchi di concentrazione più alti sono stati registrati nel sito industriale di *Taranto-Via Orsini**, *Taranto- Machiavelli* e a *Torchiarolo – Don Minzoni*.



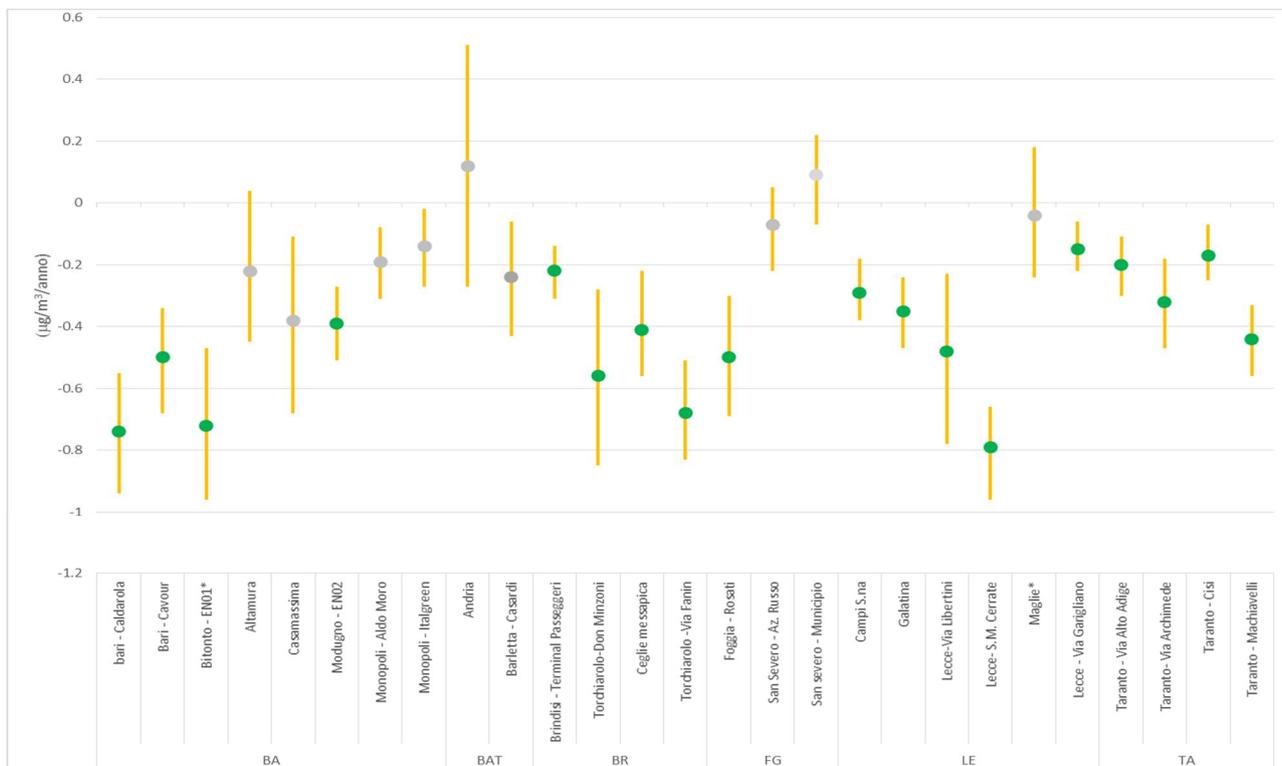
* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 23: Box plot delle concentrazioni di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Trend di concentrazione 2010-2023

Come per il PM10, anche per il PM2.5 la valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo è stata condotta secondo il metodo di Theil-Sen. Nella **Figura 24** i cerchi indicano il trend, il colore esprime la significatività statistica (verde=diminuzione significativa; rosso=aumento significativo; grigio=trend non significativo). La barra gialla identifica l'intervallo di confidenza del 95%.

Per il PM2.5 si osserva un generale miglioramento del trend dal punto di vista statistico per la maggior parte delle stazioni di monitoraggio. La diminuzione statisticamente più rilevante è quella di *Lecce- S.M. Cerrate* ($-0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 24: Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM2.5, 2010-2023.

In **Figura 25** si confrontano le medie annuali provinciali del periodo 2015-2023. Si osserva un trend di PM2.5 in diminuzione in tutte le province a eccezione di BAT e Brindisi.

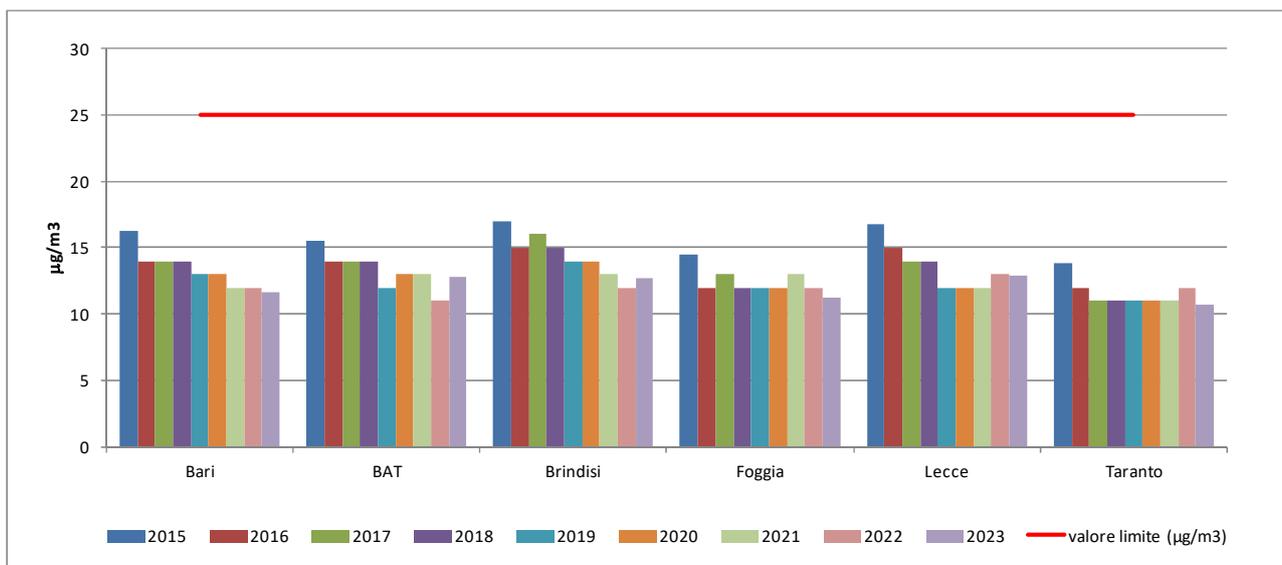
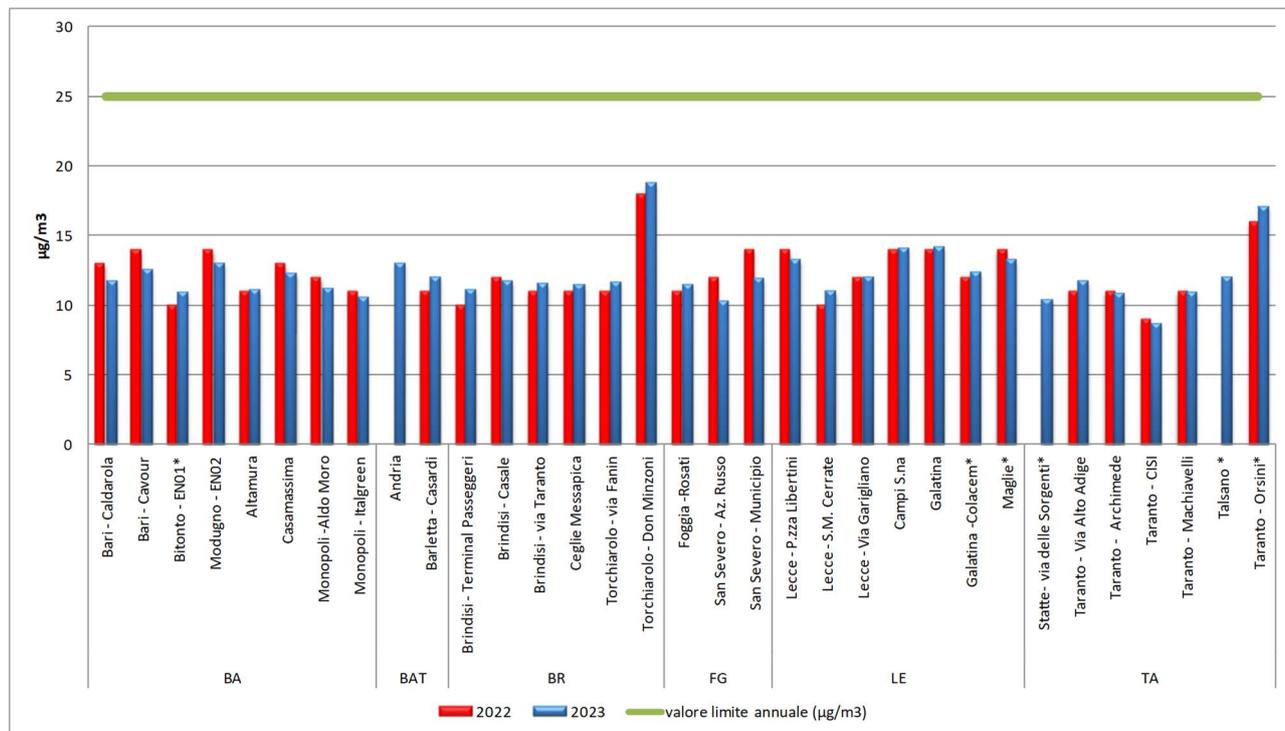


Figura 25: PM2.5 (µg/m³) – Trend 2015-2023 delle medie annuali per provincia.

La **Figura 26** mostra invece il confronto tra le concentrazioni di PM2.5 del 2023 e quelle dell'anno

precedente. In tutte le province si osserva una lieve diminuzione delle medie annuali, ad eccezione di alcuni siti della provincia di BAT e Brindisi per le quali si registra un aumento.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 26: PM2.5 (µg/m³) – confronto tra medie annuali 2022 e 2023.

3.2.2 Dati modellati

Nella figura successiva si mostra la mappa di analisi relativa alla concentrazione media annuale di PM2.5 ricostruita per il 2023 sul dominio di simulazione.

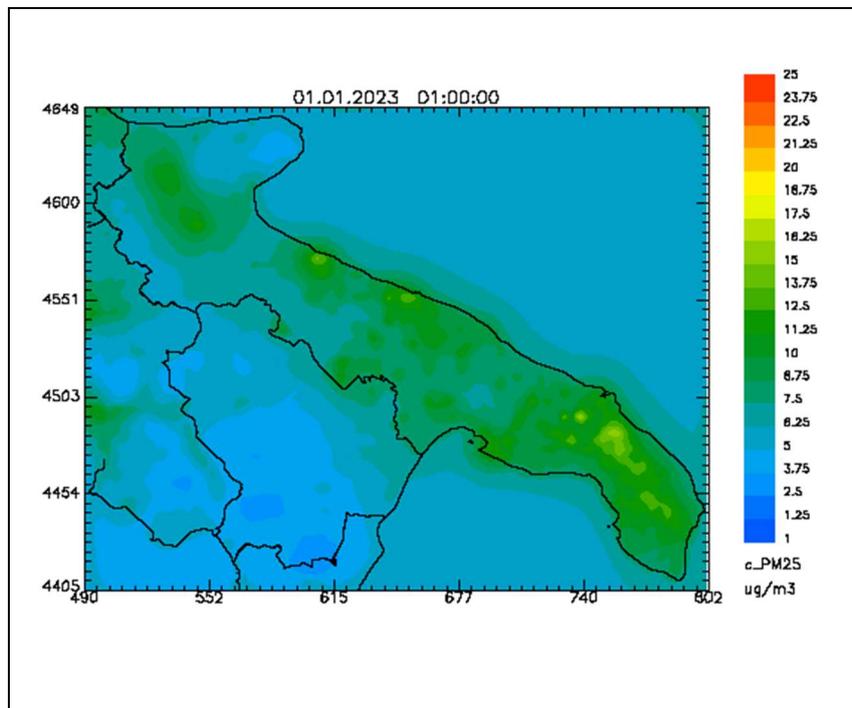


Figura 27: Mappe della concentrazione media annuale di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sulla regione Puglia, ottenuta tramite assimilazione.

Il modello non stima sul dominio regionale alcun superamento del limite annuale prescritto dalla normativa vigente per il PM2.5.

3.3 BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

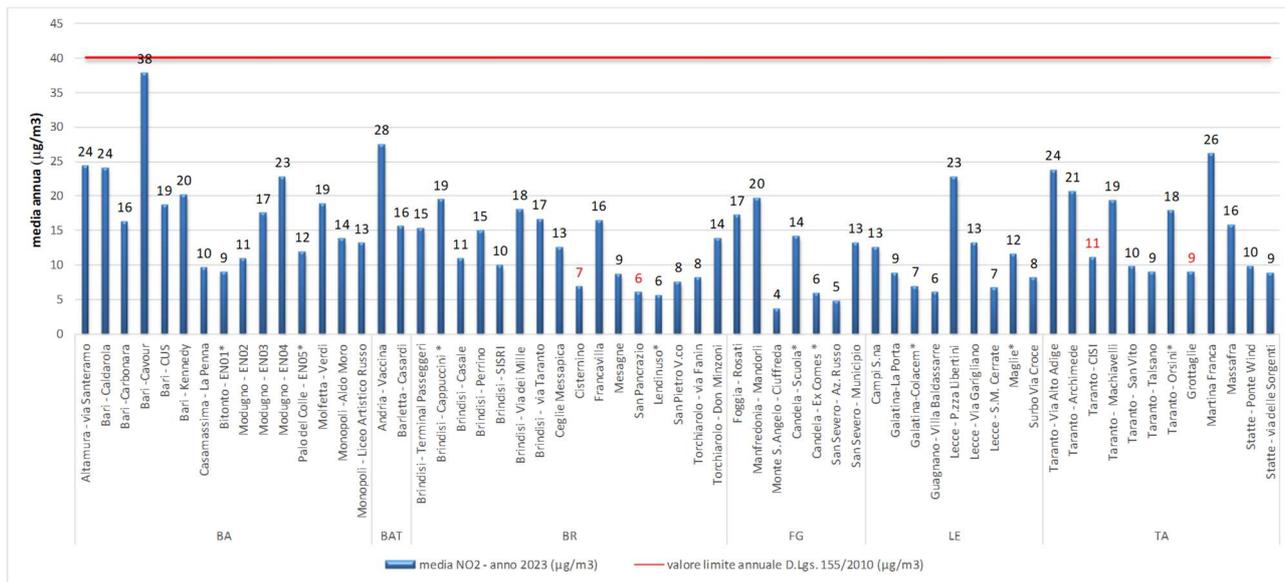
Gli Ossidi di Azoto, NO, NO₂, N₂O etc, sono generati nei processi di combustione. Tra tutti, il Biossido di Azoto (NO₂), è il più pericoloso perché costituisce il precursore di una serie di reazioni di tipo fotochimico che portano alla formazione del cosiddetto “smog fotochimico”. In ambito urbano, un contributo rilevante all’inquinamento da NO₂ è dovuto alle emissioni dagli autoveicoli. L’entità di queste emissioni può variare in base sia alle caratteristiche e allo stato del motore del veicolo, che in base alla modalità di utilizzo dello stesso. In generale, l’emissione di Ossidi di Azoto è maggiore quando il motore funziona a elevato numero di giri e cioè in arterie urbane non a scorrimento veloce che impongono continui cambi di velocità.

I limiti previsti dal D. Lgs. 155/2010 per l’NO₂ sono la media oraria di 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte nel corso dell’anno e la media annua di 40 µg/m³.

PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE D. Lgs. 155/2010
Anno civile	40 µg/m ³
Media oraria	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte nel corso dell’anno

3.3.1 Dati di qualità dell’aria

Nel 2023 i limiti, annuale e orario, previsti dal D. Lgs. 155/2010 sono stati rispettati in tutti i siti di monitoraggio della RRQA. La media annuale più elevata (38 µg/m³) è stata registrata a *Bari- Cavour*, sito da traffico, posto nel centrale quartiere murattiano della città e fortemente influenzato dalle emissioni autoveicolari. Il valore medio registrato sul territorio regionale è stato di 14 µg/m³, in linea con i dati degli ultimi due anni.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punti di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Figura 28: Valori medi annui di NO₂ (µg/m³) – anno 2023

Trend di concentrazione 2010-2023

La valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo, condotto secondo il metodo di Theil-Sen, mostra una generale tendenza alla diminuzione. La diminuzione più rilevante (-2.92 µg/m³) si è avuta nel sito *Bari-Cavour*, nonostante nel 2023 rispetto all'anno precedente sia stato registrato un sensibile incremento (v. **Figura 31**). Gli unici incrementi statisticamente significativi si hanno nelle stazioni di *Altamura*, *S. Severo – Municipio* e *Maglie**.

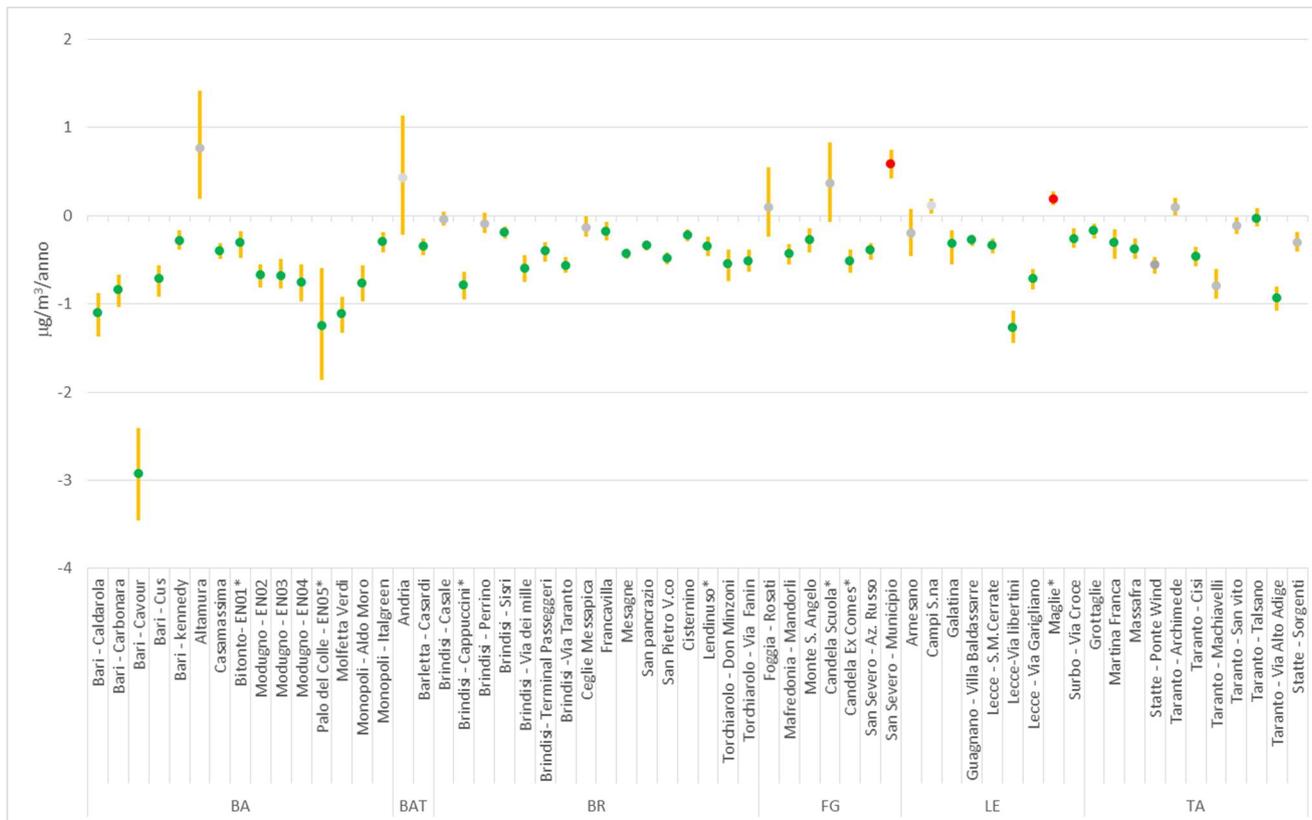


Figura 29: Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di NO₂, nel periodo 2010-2023.

Il trend 2015-2023 delle concentrazioni annuali di NO₂ suddivise per provincia, riportato in Figura 30, mostra un generalizzato calo nel tempo. Questo andamento è apprezzabile soprattutto nelle province di Bari, Brindisi e Lecce.

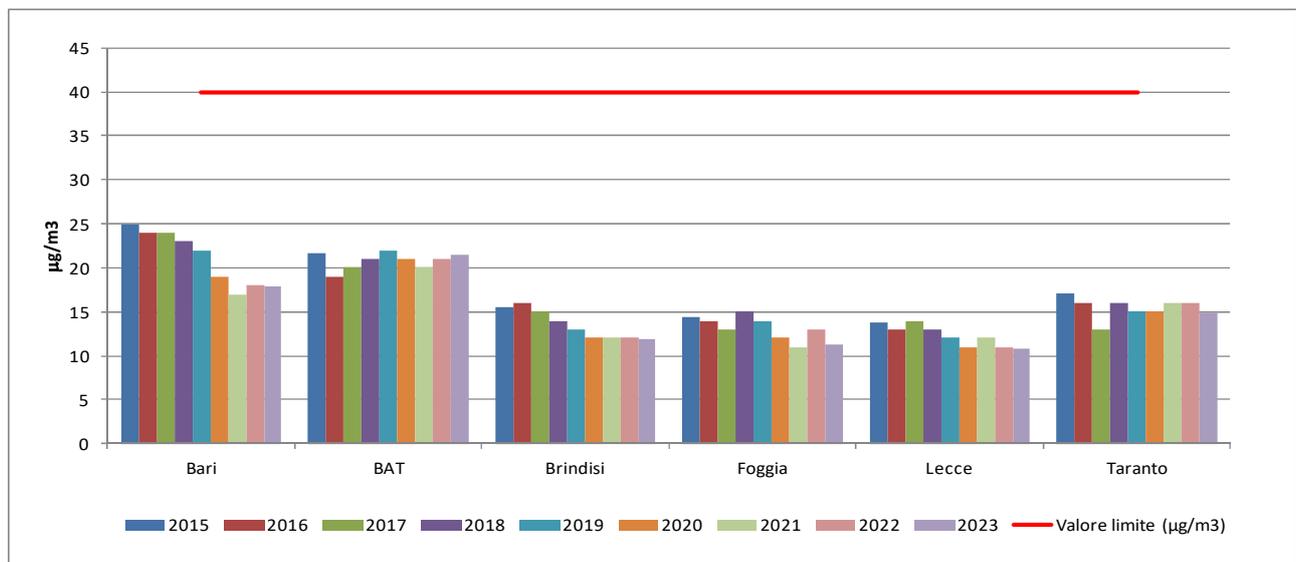
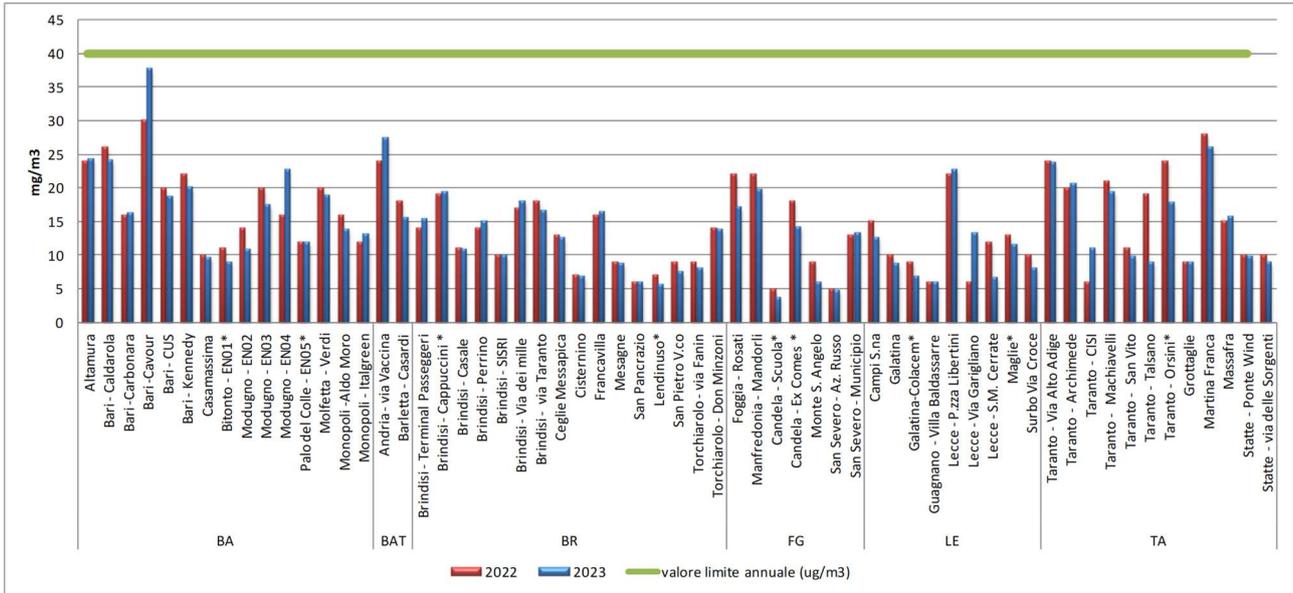


Figura 30: NO₂ (µg/m³) – Trend 2015-2023 delle medie annuali per provincia.

Dal confronto delle medie annuali di NO₂ del 2023 con quelle del 2022, riportato in **Figura 31**, si osservano valori annuali mediamente stabili o in lieve aumento in tutte le province tranne che nella Città Metropolitana di Bari dove spiccano gli aumenti delle medie annuali di *Bari-Cavour* e *Modugno-EN04*.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 31: NO₂ (µg/m³) – confronto tra medie annuali 2022 e 2023.

.3.2 Dati modellati

Il sistema modellistico non ricostruisce sul territorio regionale alcun superamento dei valori limite prescritti per l'NO₂.

Le mappe presentate evidenziano come le concentrazioni di NO₂ più elevate si verificano in corrispondenza delle aree industriali ed urbane; dalle mappe relative agli indicatori statistici di breve periodo emergono chiaramente anche le aree portuali e le strade che a livello regionale risultano caratterizzate da importanti volumi di traffico.

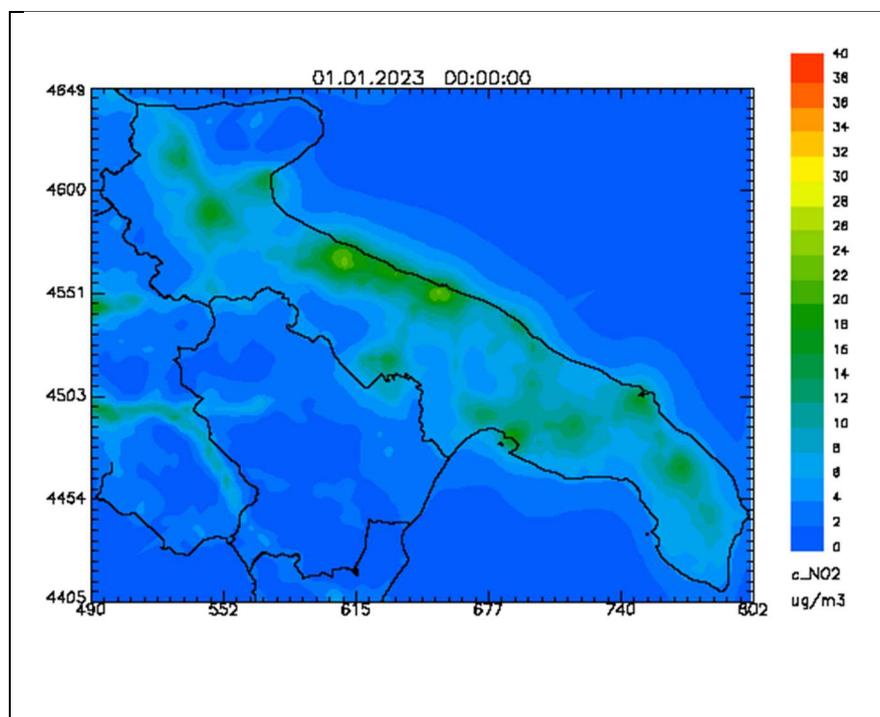


Figura 32: Mappe della concentrazione media annuale di NO₂ sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

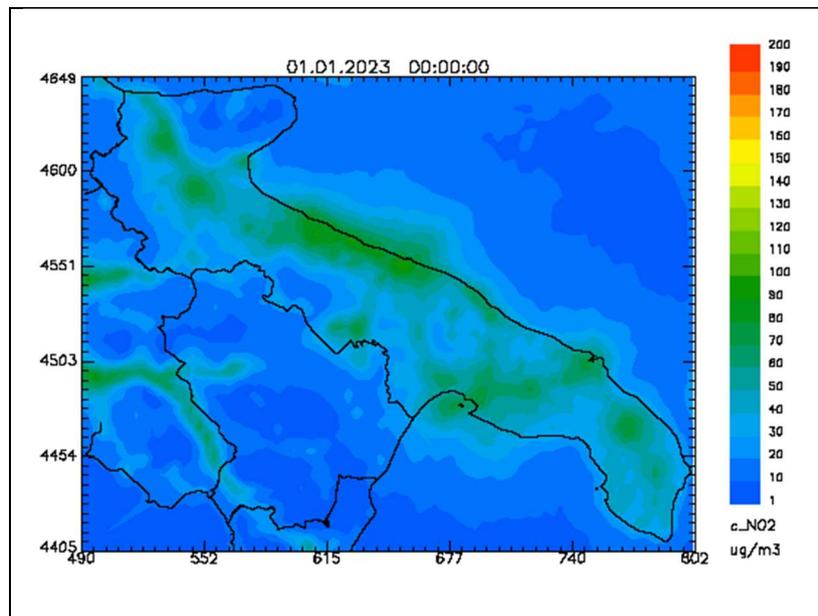


Figura 33: Mappe del 99.8° percentile di NO₂, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie, sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

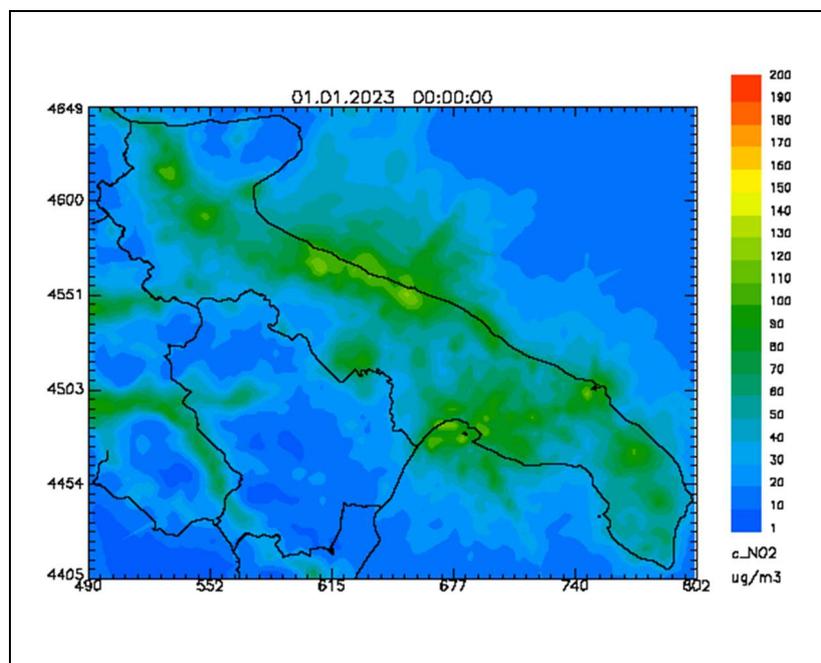


Figura 34: Mappe della concentrazione massima oraria di NO₂ sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

3.4 OZONO (O₃)

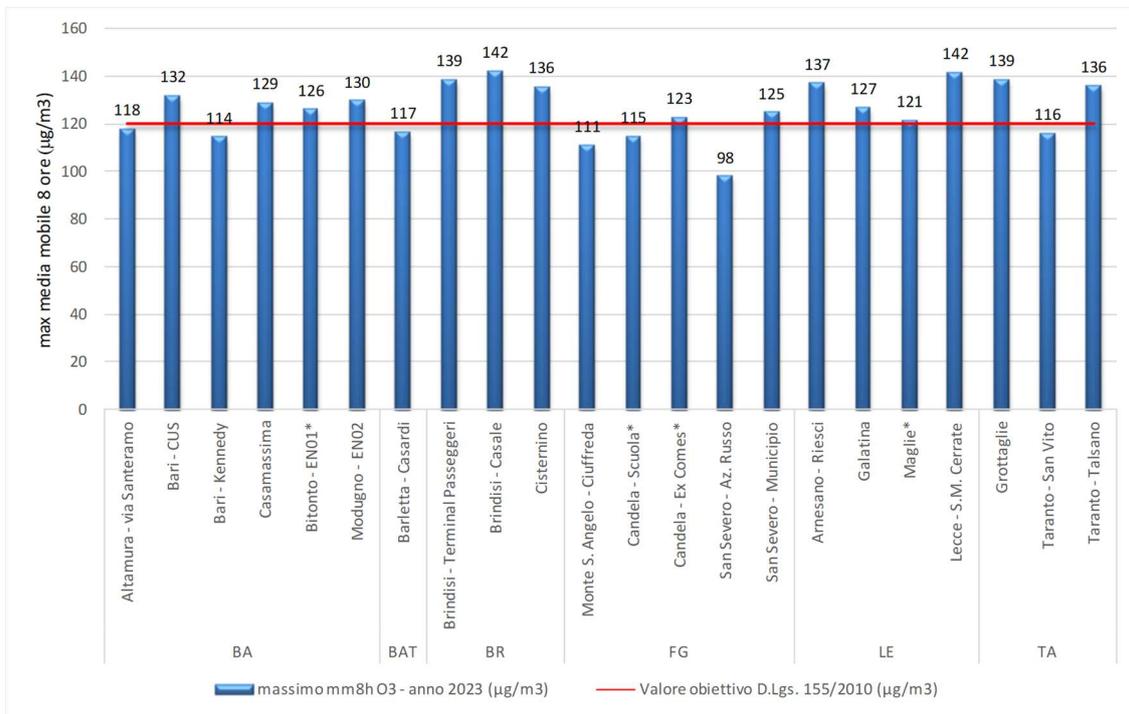
L'ozono è un inquinante secondario che si forma in atmosfera attraverso reazioni fotochimiche tra altre sostanze (tra cui gli ossidi di azoto e i composti organici volatili). Poiché il processo di formazione dell'ozono è catalizzato dalla radiazione solare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle aree soggette a forte irraggiamento e nei mesi più caldi dell'anno. Il D. Lgs. 155/10 fissa un valore bersaglio per la protezione della salute umana pari a 120 µg/m³ sulla media mobile delle 8 ore, da non superare più di 25 volte l'anno e un valore obiettivo a lungo termine, pari a 120 µg/m³.

Finalità	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore D.LGS. 155/2010
Protezione della salute umana	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³ , da non superarsi più di 25 volte per anno civile, come media su tre anni
	Obiettivo a lungo termine	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno	120 µg/m ³
	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m ³
	Soglia di allarme	Media oraria	240 µg/m ³
Protezione della vegetazione	Valore obiettivo	AOT40 (calcolato sulla base dei dati di 1 ora)	18.000 µg/m ³ * h come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine	AOT40 (calcolato sulla base dei dati di 1 ora)	6000 µg/m ³ * h

3.4.1 Dati di qualità dell'aria

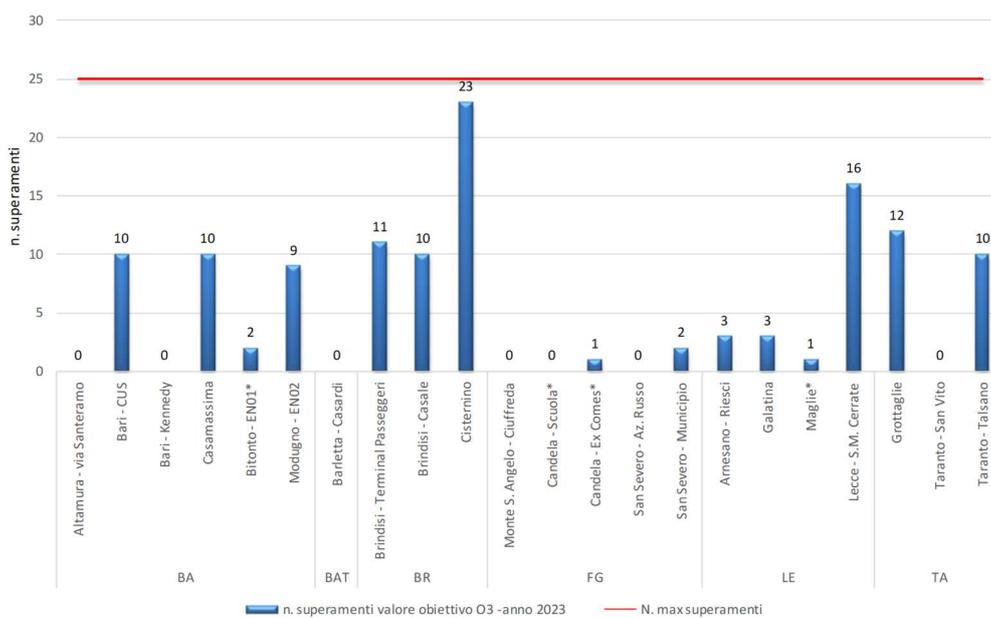
Nel 2023 l'obiettivo a lungo termine per l'ozono è stato superato in tutte le stazioni di monitoraggio (**Figura 21**), tranne che nei siti *Altamura, Bari-Kennedy, Barletta-Casardi, Monte Sant' Angelo-Ciuffreda, Candela-Scuola*, San Severo-Az. Russo e Taranto-San Vito*. Il valore più elevato (142 µg/m³) si è registrato a *Brindisi-Casale e Lecce-S.M. Cerrate*.

In generale, nel 2023 si sono registrati meno superamenti rispetto all'anno 2022.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 35: Massimo della media mobile sulle 8 ore per l'O₃ (µg/m³) - anno 2023



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 36: Numero di superamenti del valore obiettivo sulla media mobile delle 8 ore per l'O₃ - anno 2023

Nelle stazioni di monitoraggio rurali di fondo, al fine di valutare la protezione della vegetazione dalla esposizione, viene calcolato l'AOT40 (Accumulation Over Threshold of 40 ppb)¹⁴ il cui obiettivo a lungo termine è fissato a 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ e il valore obiettivo come media su 5 anni è fissato a 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$. L'obiettivo a lungo termine è stato abbondantemente superato nei siti di *San Severo-Municipio*, *Cisternino* e *Lecce-S.M. Cerrate* mentre il valore obiettivo è stato superato nelle stazioni di *Cisternino* e *Lecce-S.M. Cerrate*.

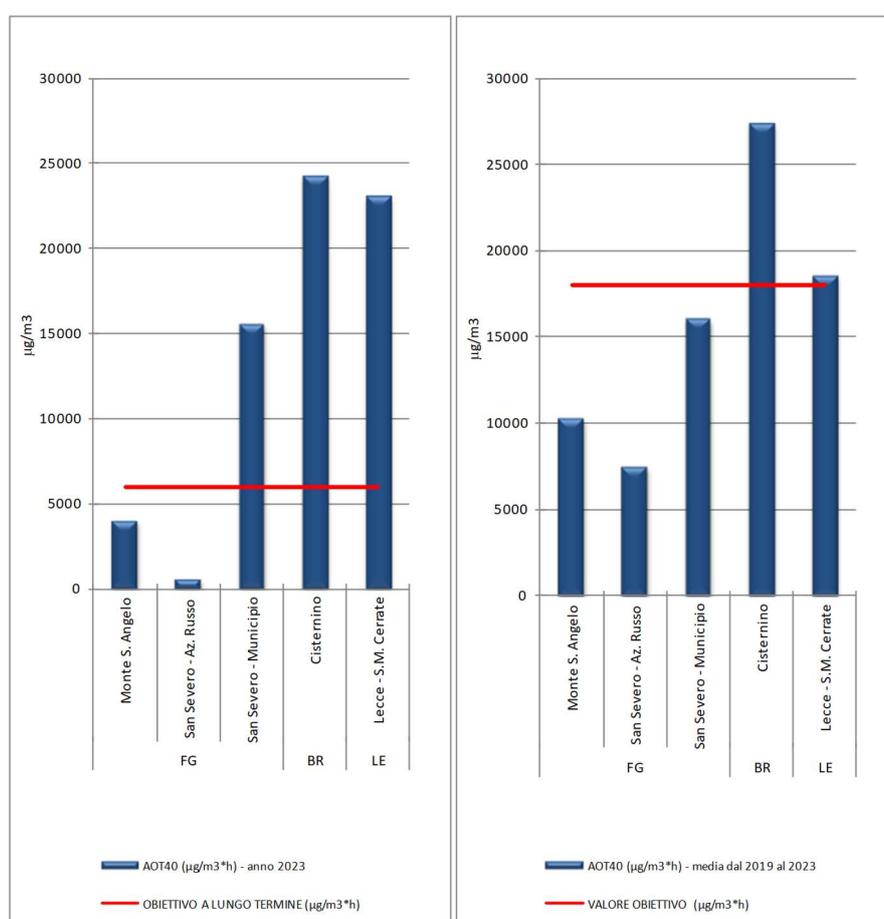


Figura 37: AOT40- anno 2023 (a sinistra) e AOT40 - media degli anni 2019-2023 (a destra).

3.4.2 Dati modellati

Il sistema modellistico ricostruisce il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte del territorio regionale.

¹⁴ Questo indicatore, calcolato sommando le differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore di 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ misurate tra le ore 8:00 e le ore 20:00 dei mesi da maggio a luglio, viene utilizzato per valutare il raggiungimento degli obiettivi di protezione della vegetazione.

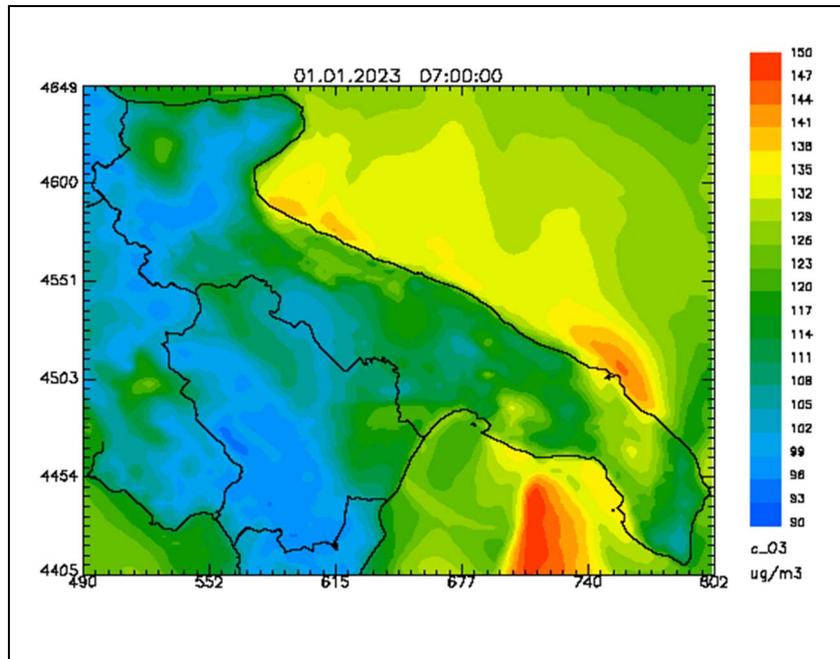


Figura 38: Mappe della concentrazione media mobile massima su 8 ore di O₃ sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

Il sistema modellistico non ricostruisce alcun superamento della soglia di informazione prescritta per l'ozono sul territorio pugliese.

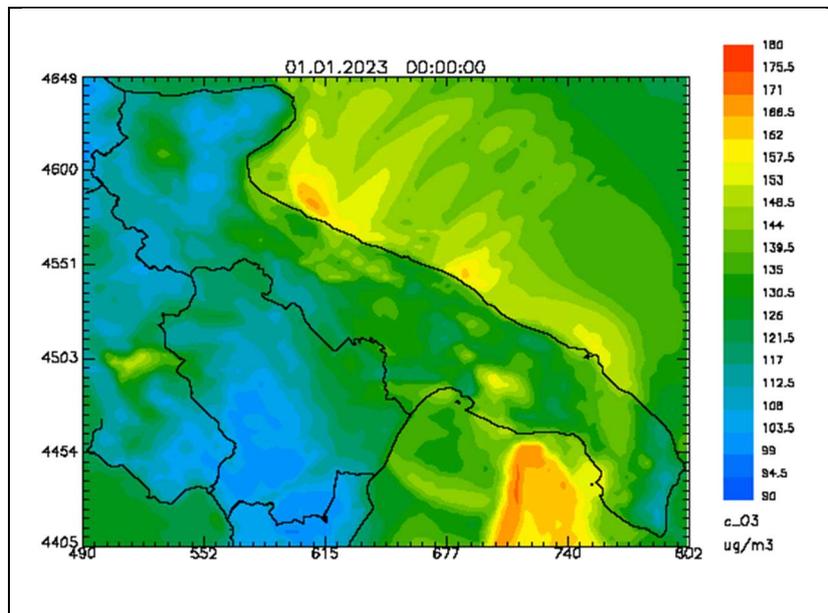


Figura 39: Mappe della massima concentrazione oraria di O₃ sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

La mappa di analisi relativa al numero annuale dei superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana non mostra in nessuna cella del dominio di simulazione un numero di superamenti superiore a 25.

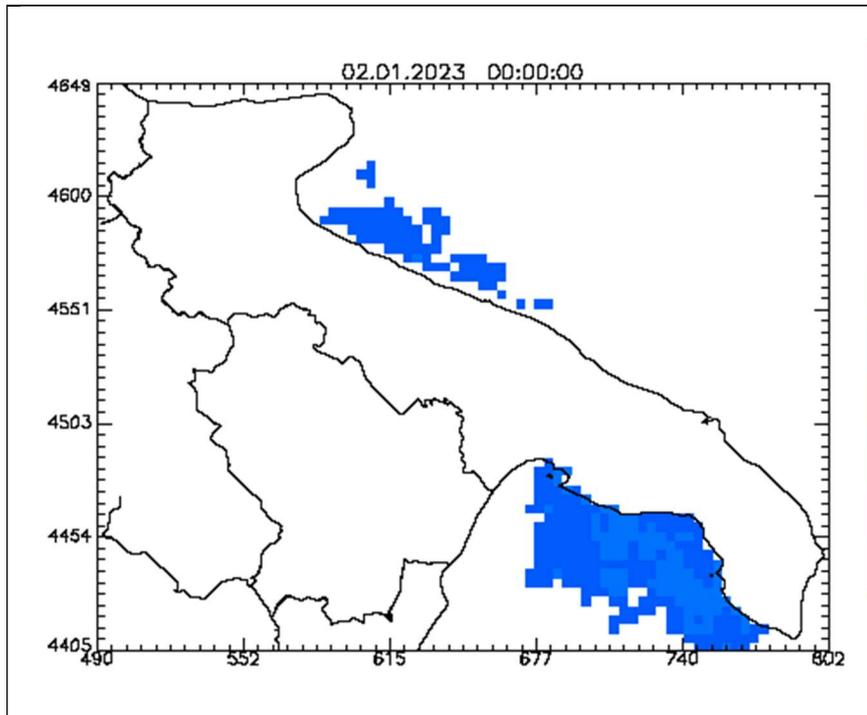


Figura 40: Mappe del numero annuale di superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana per O₃, sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

3.5 BENZENE

Il benzene presente in atmosfera è originato dall'attività umana e in particolare dall'uso di petrolio, oli minerali e loro derivati. Una sorgente industriale riconosciuta di benzene è il processo di produzione di carbon coke all'interno degli stabilimenti siderurgici a ciclo integrato. In area urbana, la principale sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni dovute al traffico-auto veicolare e al riscaldamento residenziale a biomassa legnosa. Esso, infatti, è presente nelle benzine e, come tale, viene prodotto durante la combustione. La normativa italiana in vigore prevede che il tenore massimo sia pari all'1%.

Il benzene è una sostanza dall'accertato potere cancerogeno. Lo IARC lo classifica infatti come "sostanza cancerogena per gli esseri umani" (gruppo 1). La normativa vigente prevede una concentrazione limite annua pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

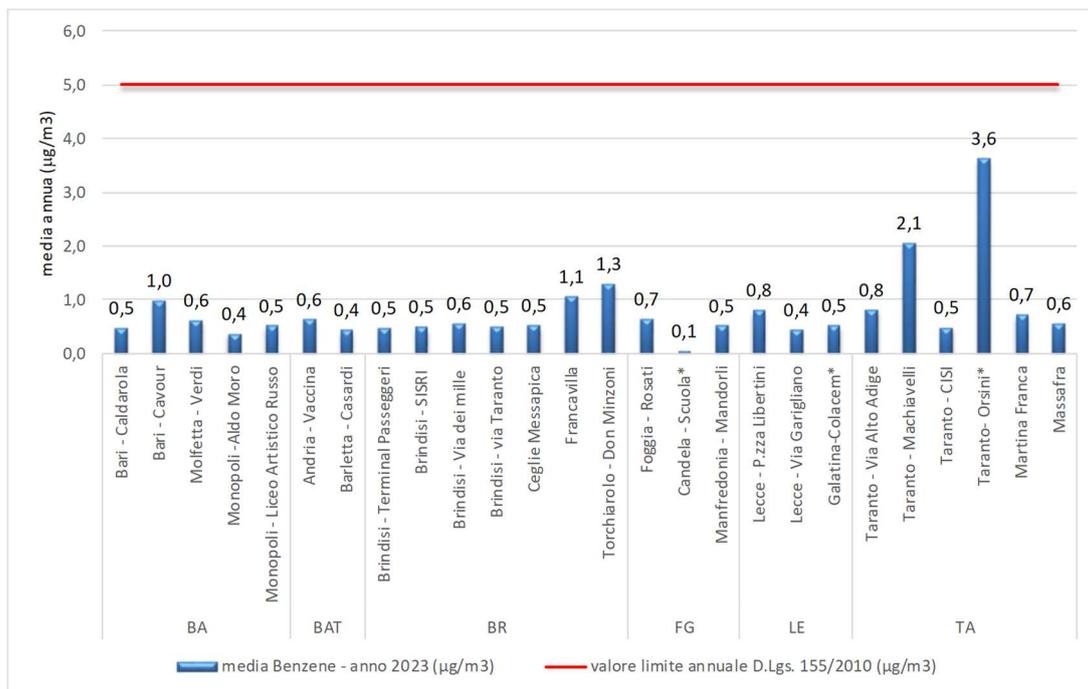
Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
Anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

3.5.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2023, le concentrazioni di benzene non hanno superato il valore limite annuale in nessun sito della RRQA (**Figura 41**). La concentrazione più elevata ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) della RRQA è stata misurata nella stazione *Taranto-Machiavelli*.

Si evidenzia il valore di $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato nel sito *Taranto-Orsini**, stazione di interesse locale, nel quartiere Tamburi del capoluogo jonico, in crescita rispetto al valore del 2022 ($3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La media delle concentrazioni registrate sul territorio regionale è stata di $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore in linea a quello registrato nel 2022.

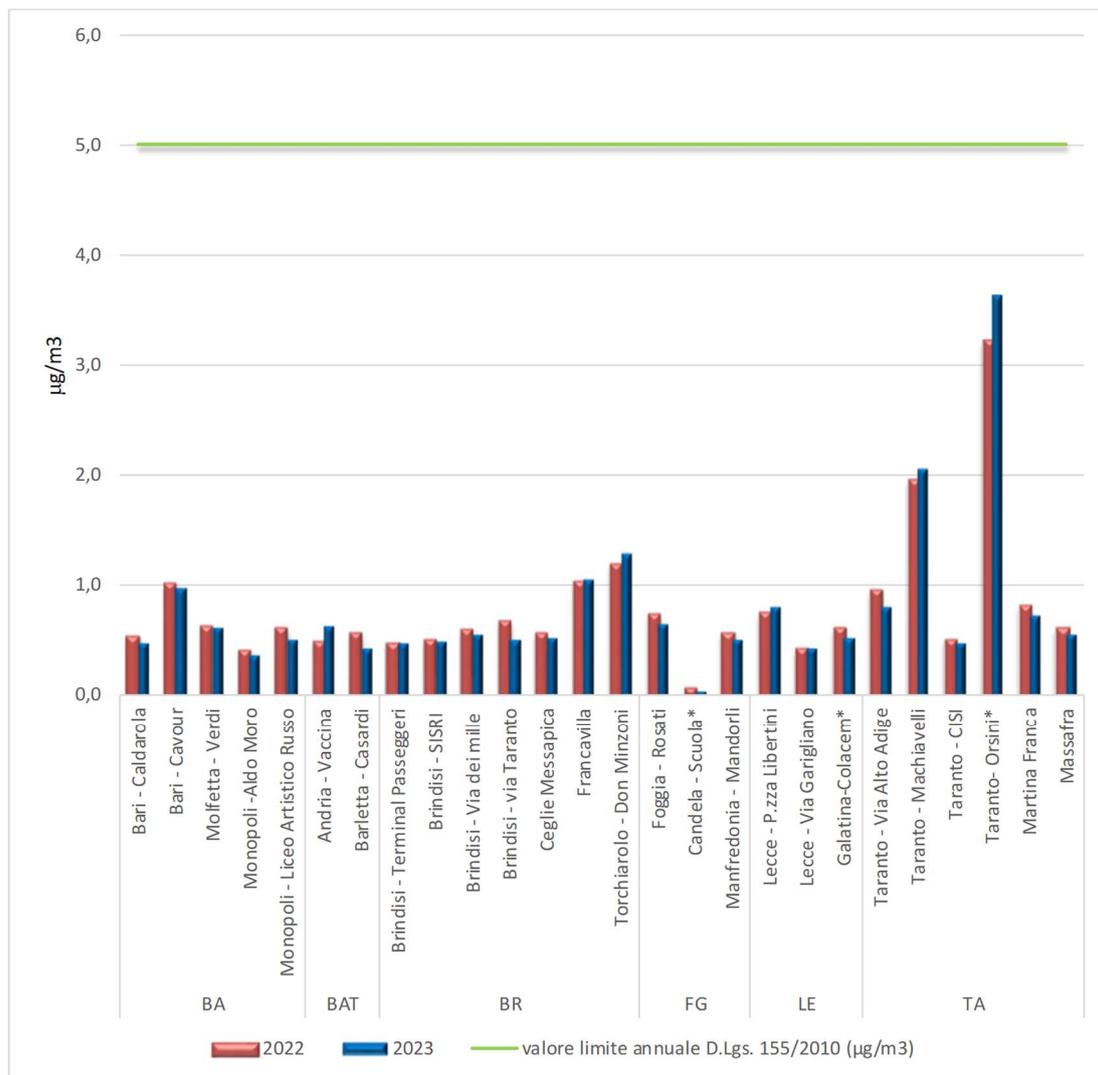


* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 41: Valori medi annui di benzene (µg/m³) - 2023

In **Figura 42** è riportato il confronto dei dati del 2023 con quelli del 2022. In nessuna provincia si osserva un trend univoco di incremento o diminuzione. Nelle due stazioni di monitoraggio collocate nel quartiere Tamburi di Taranto a ridosso della zona industriale di Taranto (*Taranto-Machiavelli e Taranto-Orsini**) si osserva un incremento di concentrazione¹⁵.

¹⁵ Per gli approfondimenti sui livelli di benzene nell'area tarantina, si rimanda al report annuale della RRQA delle aree di Taranto e Statte (disponibile al link https://www.arpa.puglia.it/pagina3086_relazioni-annuali-sui-dati-della-qualit-dellaria-di-taranto.html) e al report sul benzene in aria ambiente nel 2023 nelle province di Brindisi, Lecce e Taranto (https://www.arpa.puglia.it/pagina2873_report-annuali-e-mensili-qualit-dellaria-rrqa.html).



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

Figura 42: Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – confronto tra medie annuali 2022 e 2023

In **Figura 43** è mostrato il trend provinciale delle concentrazioni di benzene dal 2015 al 2023. Le concentrazioni sono sempre ampiamente sotto al limite normativo. Nei siti urbani, da anni è in corso una generale diminuzione della concentrazione di benzene in aria ambiente, conseguenza della normativa in materia di formulazione delle benzine per autotrazione. Una diminuzione graduale negli anni è evidente nella Città Metropolitana di Bari, in provincia di BAT e di Foggia.

In provincia di Brindisi si osserva un andamento pressoché costante negli anni.

In provincia di Lecce, dopo la diminuzione avvenuta tra il 2018 e il 2019, si osserva un graduale incremento della concentrazione che però si assesta sullo stesso valore negli ultimi due anni.

In provincia di Taranto le concentrazioni, pressoché costanti fino al 2019, hanno subito un aumento dal 2020 in poi. Questo incremento è dovuto agli aumenti registrati nella città di Taranto. Qui, nel quadriennio

2020-2023 le medie annue di benzene sono risultate in aumento rispetto al 2019, in particolar modo nelle stazioni *Taranto-Orsini** e *Taranto-Machiavelli* situate a ridosso dell'area industriale. Nel sito *Taranto-Via Alto Adige*, classificato da traffico, la media annua è leggermente diminuita.

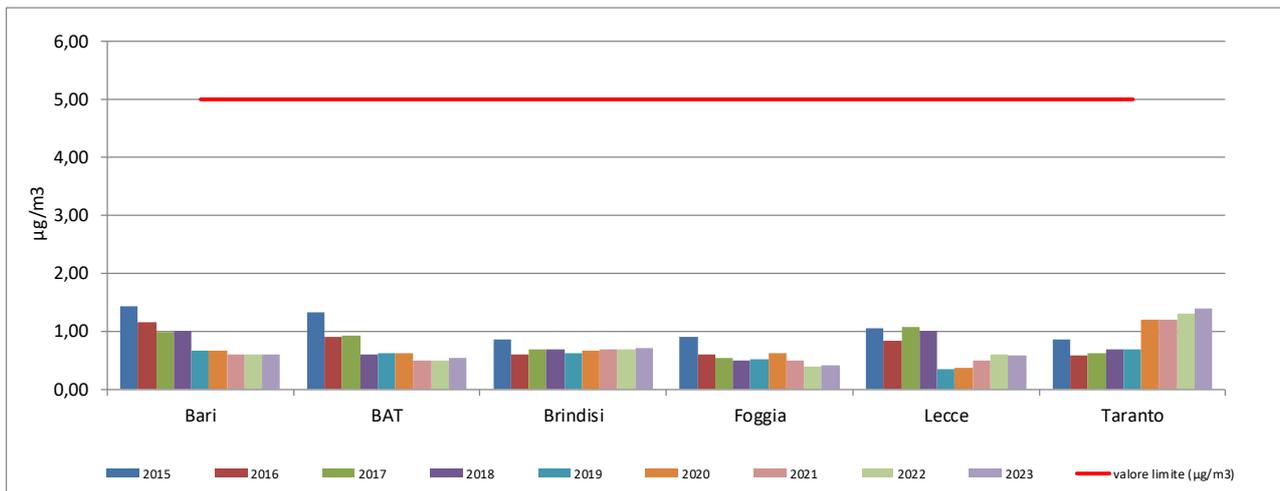


Figura 43: Trend per provincia del Benzene dal 2015 al 2023.

3.5.2 Dati modellati

Per il benzene il modello non stima superamenti del valore limite per la protezione della salute umana sul dominio di calcolo.

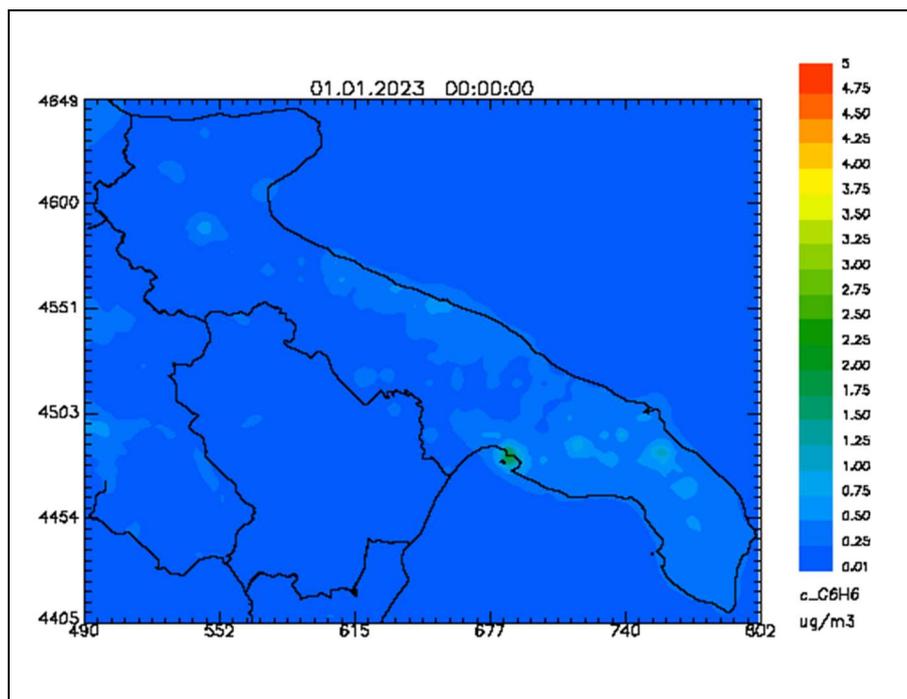


Figura 44: Mappe della concentrazione media annuale di benzene sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

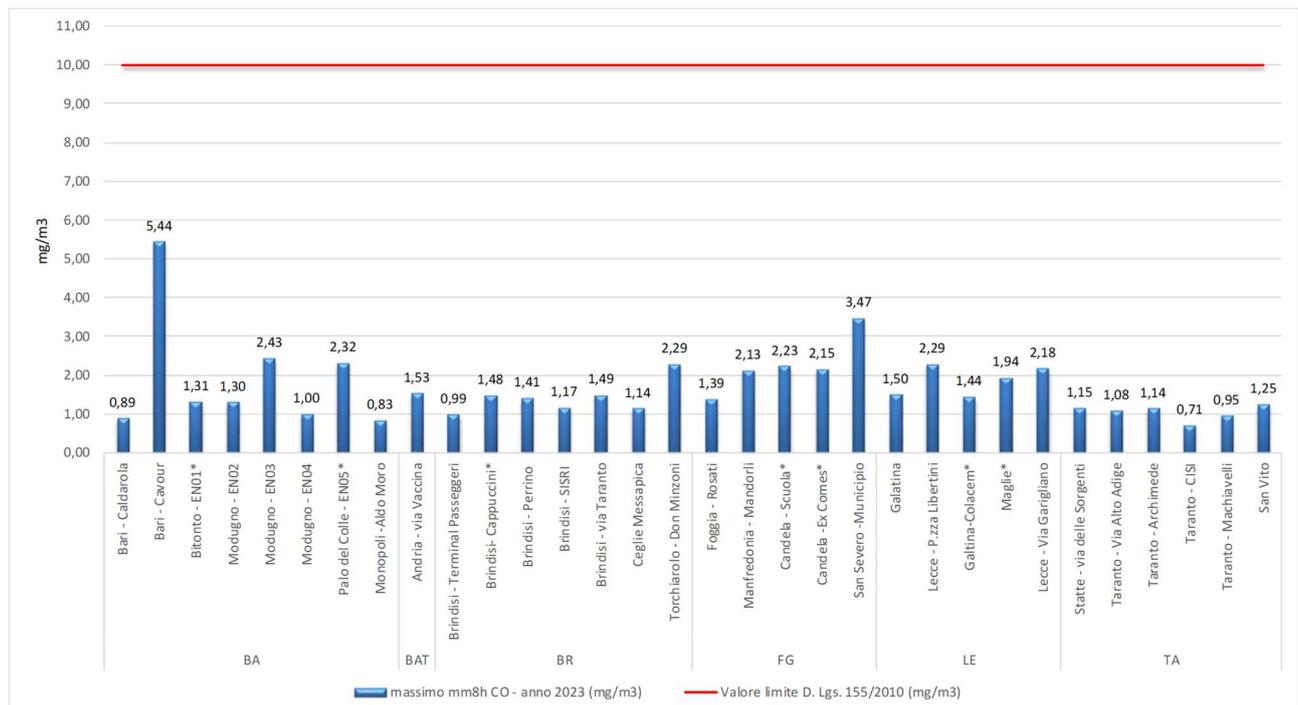
3.6 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il monossido di carbonio è una sostanza gassosa che si forma per combustione incompleta di materiale organico, ad esempio nei motori degli autoveicoli e nei processi industriali. Il monossido di carbonio può risultare letale per la sua capacità di formare complessi con l'emoglobina più stabili di quelli formati da quest'ultima con l'ossigeno impedendo il trasporto nel sangue. Il D. Lgs 155/2010 fissa un valore limite di 10 mg/m³ calcolato come massimo sulla media mobile delle 8 ore.

Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

3.6.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2023 il limite di concentrazione di 10 mg/m³ per il CO non è stato superato in nessuno dei siti di monitoraggio (**Figura 45**). La media regionale è stata di 1,7 mg/m³, in linea con il dato del 2022.



* stazione fssa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non hanno raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riportano a titolo conoscitivo.

Figura 45: Massimo della media mobile sulle 8 ore di CO (mg/m³) - 2023

3.6.2 Dati modellati

La mappa di analisi relativa alla massima concentrazione media mobile su 8 ore ricostruita nel corso del 2023 non evidenzia alcun superamento del valore limite prescritto per il CO sul dominio di simulazione.

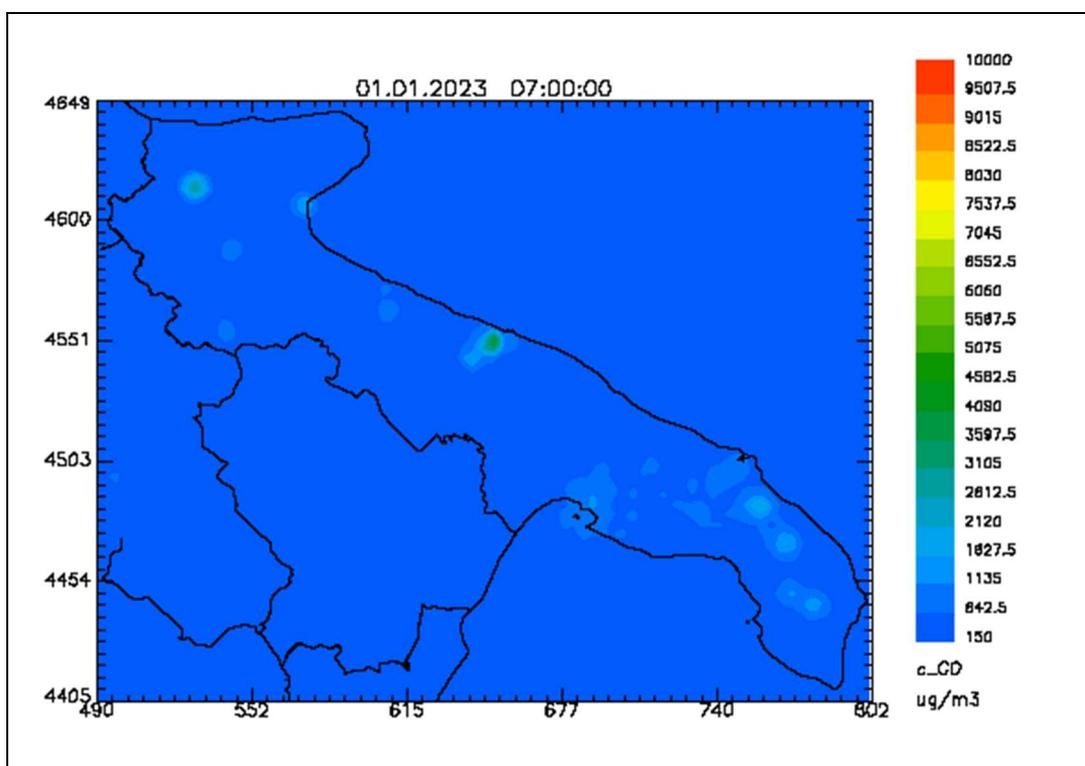


Figura 46: Mappe della massima concentrazione media mobile su 8 ore di CO sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

3.7 BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Il biossido di zolfo deriva dalla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo. In passato è stato un importante inquinante atmosferico poiché la sua ossidazione porta alla formazione di acido solforoso e solforico. Il biossido di zolfo è un gas incolore facilmente solubile in acqua.

Le fonti naturali, come i vulcani, contribuiscono ai livelli ambientali di anidride solforosa. Le emissioni antropogeniche sono invece legate all'uso di combustibili fossili contenenti zolfo per il riscaldamento domestico, la generazione di energia e nei veicoli a motore. Nel tempo il contenuto di zolfo nei combustibili è sensibilmente diminuito, portando i livelli di SO₂ in area ambiente a livelli estremamente bassi. Il D. Lgs 155/2010 fissa un valore limite orario di 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno, un valore limite giornaliero di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno e una soglia di allarme di 500 µg/m³ su tre ore consecutive.

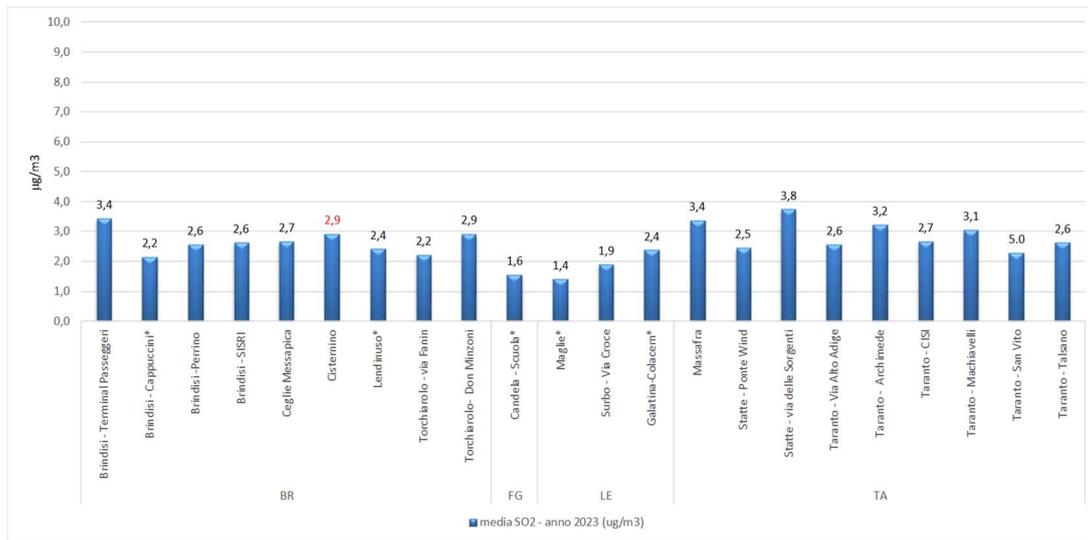
Periodo di mediazione	Valore limite D.LGS.155/2010
media oraria	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Media giornaliera	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Media oraria	Soglia di allarme: 500 µg/m ³ su 3 ore consecutive

3.7.1 Dati di qualità dell'aria

Nelle stazioni della RRQA presenti nella Città Metropolitana di Bari e nella provincia di BAT, l'SO₂ non viene monitorato. Sono invece presenti analizzatori per il monitoraggio dell'SO₂ nelle aree industriali di Taranto e Brindisi e nelle province di Lecce e Foggia in corrispondenza di alcune centraline di interesse locale. Nel 2023 non sono stati registrati superamenti né del valore limite orario né di quello giornaliero. Le concentrazioni di biossido di zolfo rilevate sono di molto inferiori a tutti i limiti previsti dall'attuale normativa e testimoniano una riduzione dell'impiego di combustibili fossili contenenti zolfo (gasolio e olio combustibile) sia negli impianti di riscaldamento che nelle caldaie industriali, sostituiti progressivamente da impianti a metano e dal teleriscaldamento.

I valori medi annuali si attestano tutti sotto i 4 µg/m³. La concentrazione maggiore (3.8 µg/m³) è stata registrata nella stazione di *Statte-via delle Sorgenti*.

Il biossido di zolfo in aria ambiente non rappresenta più una criticità ambientale, tanto da poterne evitare il monitoraggio in siti fissi. Tuttavia, nei siti industriali della regione è raccomandabile continuarne il monitoraggio, sia perché questo inquinante è il tracciante di determinati processi produttivi, sia per valutarne le concentrazioni in possibili eventi incidentali.

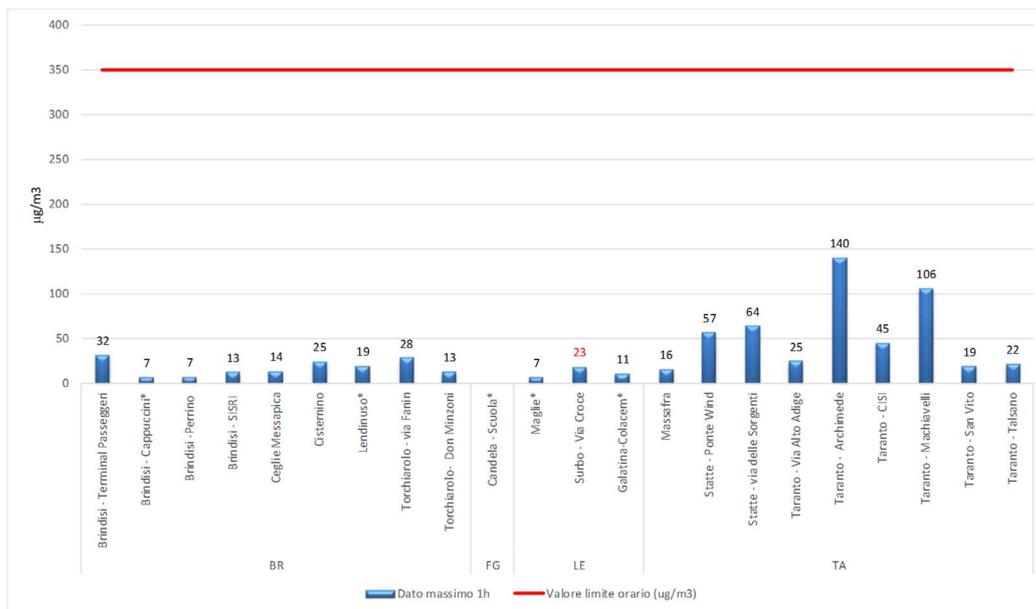


* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo

Figura 47: Media annuale SO₂ (µg/m³) – 2023

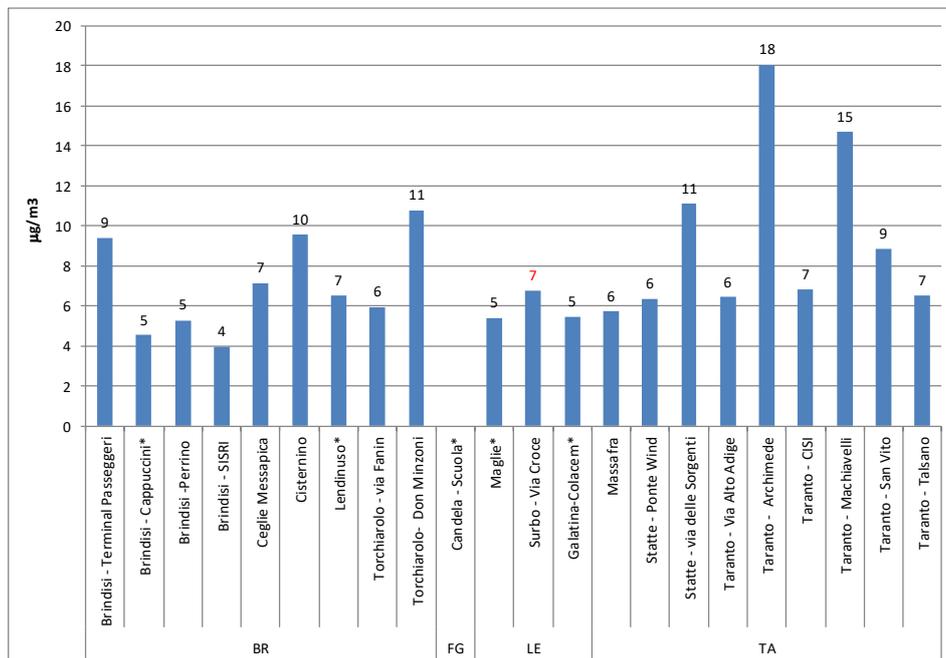
Il valore massimo orario (140 µg/m³) (**Figura 48**) e il valore massimo giornaliero (18 µg/m³) (**Figura 49**) sono stati registrati a *Taranto-Archimede*; entrambi rispettano i valori limite.



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo

Figura 48: Valore massimo orario SO₂ (µg/m³) – 2023



* stazione fissa di interesse locale non appartenente alla RRQA

In rosso: punto di misura che non ha raggiunto l'efficienza annuale di campionamento del 90%, ma che si riporta a titolo conoscitivo

Figura 49: Valore massimo giornaliero SO₂ (µg/m³) – 2023

3.7.2 Dati modellati

Come mostrato nelle mappe successive sul dominio regionale, relativamente agli indicatori 99.7° e 99.2° percentile, non si verifica alcun superamento dei valori limite prescritti per l'SO₂. I valori più elevati per tali indicatori vengono stimati in provincia di Taranto, in corrispondenza dell'area industriale.

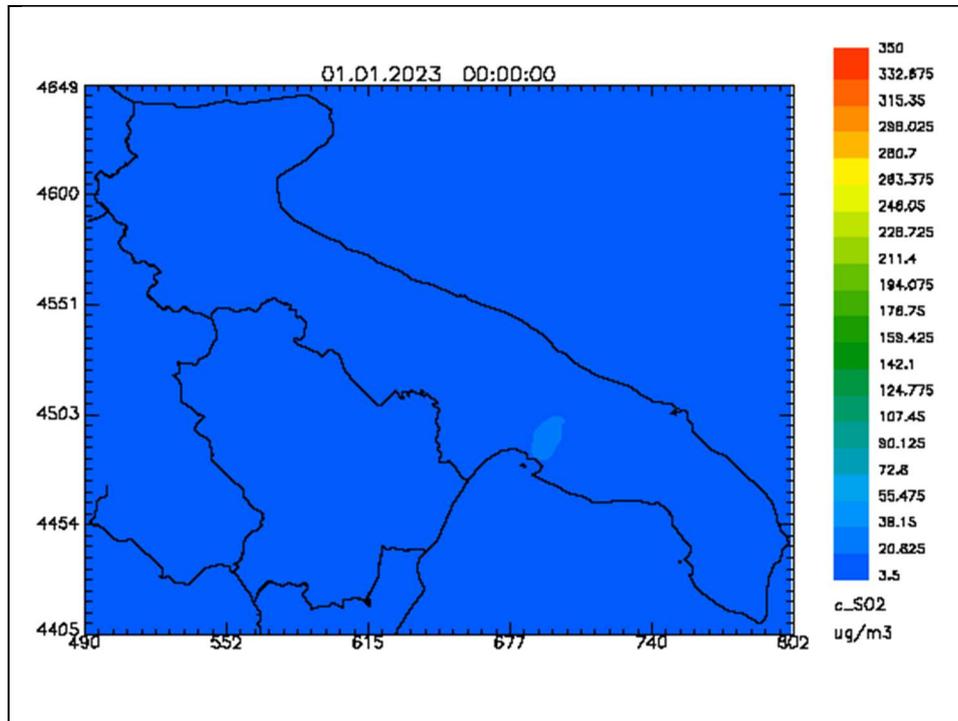


Figura 50: Mappe del 99.7° percentile di SO₂, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni orarie, sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

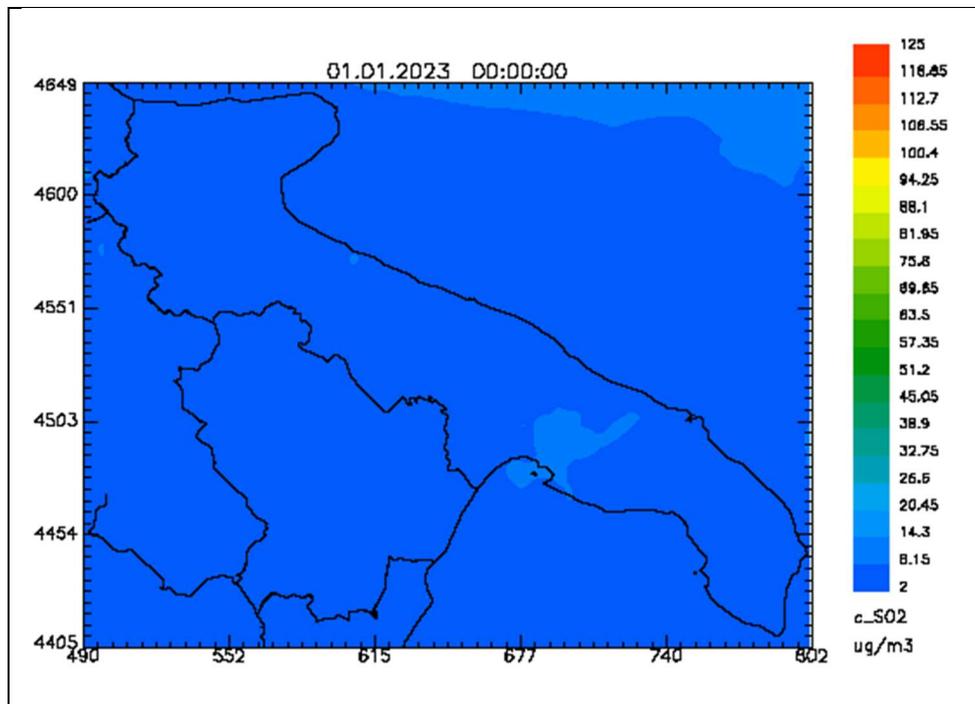


Figura 51: Mappe del 99.2° percentile di SO₂, calcolato sulla serie annuale delle concentrazioni giornaliere, sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

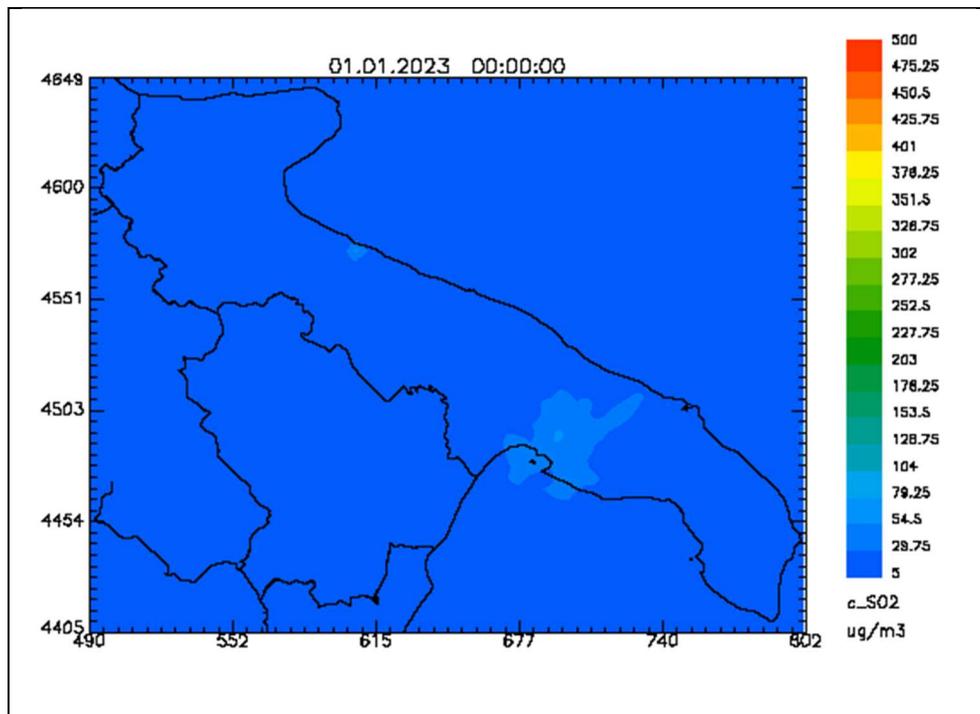


Figura 52: Mappe della concentrazione massima oraria di SO₂ sulla regione Puglia, ottenuta tramite l'assimilazione.

3.8 Benzo(a)Pirene nel PM₁₀

Il Benzo(a)Pirene, classificato come cancerogeno per l'uomo (classe 1) dall'Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC) è il marker della famiglia di inquinanti noti come idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Questa classe di composti è generata dalla combustione incompleta di sostanze organiche durante processi industriali e civili ed è tra i microinquinanti organici più diffusi nell'ambiente. Le principali sorgenti degli IPA sono i processi industriali (trasformazione di combustibili fossili, processi siderurgici, processi di incenerimento, produzione di energia elettrica, ecc.), i sistemi di riscaldamento domestico, il traffico autoveicolare e navale. La normativa prevede la determinazione del Benzo(a)pirene contenuto nel PM₁₀ e fissa un valore obiettivo di 1 ng/m³, da calcolare su base annua.

Periodo di mediazione	Valore obiettivo D.LGS.155/2010
Media annuale	1 ng/m ³

3.8.1 Dati di qualità dell'aria

Nel 2023 il B(a)P è stato monitorato in 11 siti. Alla fase di campionamento del PM₁₀, realizzata con la strumentazione automatica presente nelle stazioni di monitoraggio, segue quella di quantificazione del contenuto in B(a)P. Al momento della stesura del report, i dati disponibili sono solo quelli relativi alle stazioni di *Taranto-Via Machiavelli*, *Taranto-Via Alto Adige*, *Taranto-Talsano* e *Martina Franca*. In nessuno dei predetti siti è stato superato il valore obiettivo. La concentrazione più elevata (0,19 ng/m³) è stata raggiunta a *Martina Franca*.

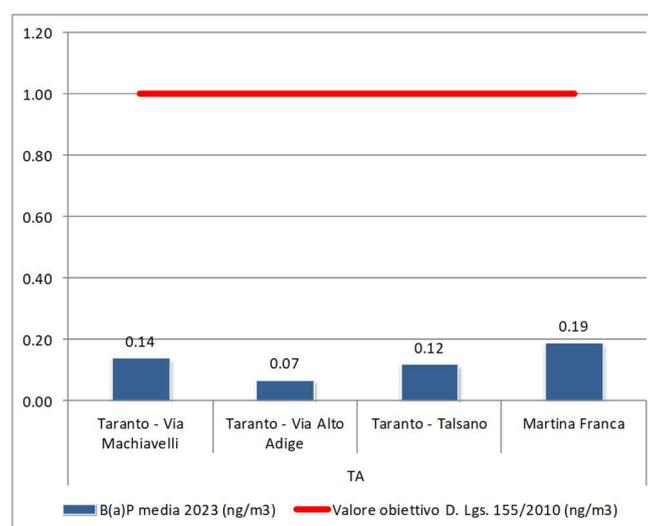


Figura 53: Media annuale di Benzo(a)Pirene (ng/m³) – 2023

3.8.2 Dati modellati

Il sistema modellistico ricostruisce il superamento¹⁶ del valore obiettivo per il B(a)P sulla griglia regionale solo nel comune di Mesagne; su tale griglia in generale le concentrazioni medie annuali più elevate si osservano in corrispondenza di alcuni comuni del brindisino, del leccese e del tarantino. Come già ampiamente trattato in precedenti valutazioni (alle cui relazioni, disponibili sul sito https://www.arpa.puglia.it/pagina3097_report-modellistica.html, si rimanda per ulteriori dettagli) la causa di ciò è da attribuirsi alle emissioni locali prodotte dal riscaldamento residenziale a legna.

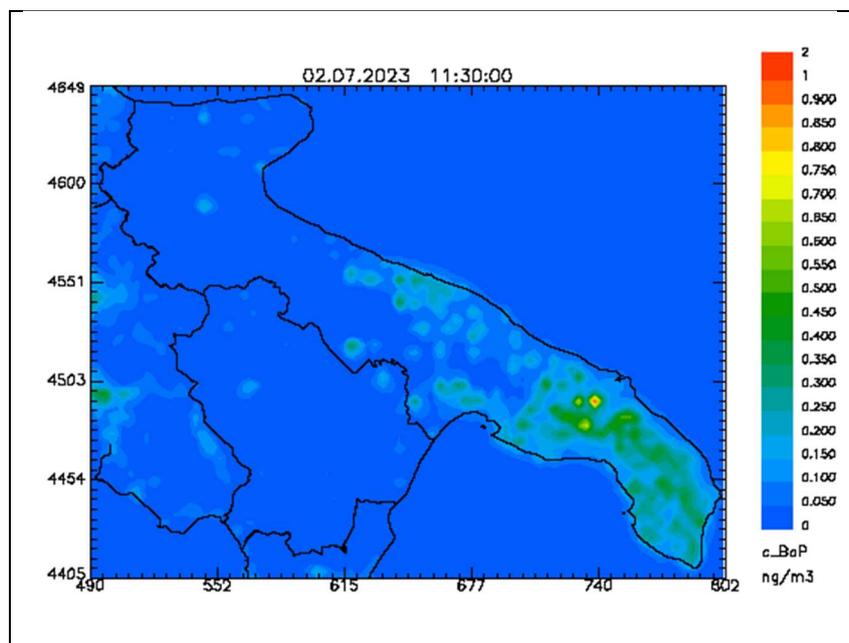


Figura 54: Mappe della concentrazione media annuale di Benzo(a)Pirene sulla regione Puglia, ottenuta dal solo modello FARM.

¹⁶È opportuno precisare che si verifica un superamento del valore obiettivo annuale su una cella del dominio di simulazione quando la concentrazione media annuale, ivi stimata, supera il valore di 1.055 ng/m³.

3.9 METALLI NEL PM10

I metalli pesanti per i quali la legislazione prescrive il monitoraggio in aria ambiente sono l'arsenico, il cadmio, il nichel e il piombo. Nell'atmosfera le sorgenti predominanti di origine antropica di metalli pesanti sono la combustione e i processi industriali, la produzione energetica e l'incenerimento dei rifiuti. L'entità degli effetti tossici esercitati dai metalli dipende da molteplici fattori quali: le concentrazioni raggiunte nei tessuti, le interazioni che si stabiliscono tra il metallo e i componenti cellulari, lo stato di ossidazione e la forma chimica in cui il metallo è assorbito o viene a contatto con le strutture bersaglio dell'azione.

Il D. Lgs 155/2010 prevede la determinazione dei metalli pesanti contenuti nel PM₁₀ fissando i seguenti valori obiettivi annui: Arsenico: 6,0 ng/m³; Cadmio: 5,0 ng/m³; Nichel 20,0 ng/m³. Per il piombo è invece in vigore un limite annuo di 500 ng/m³.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore obiettivo D.LGS.155/2010
Arsenico	Media annuale	6.0 ng/m ³
Cadmio	Media annuale	5.0 ng/m ³
Nichel	Media annuale	20.0 ng/m ³
		Valore Limite D.LGS.155/2010
Piombo	Media annuale	500 ng/m ³

3.9.2 Dati da modellistica

Per l'Arsenico non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana sul dominio di simulazione.

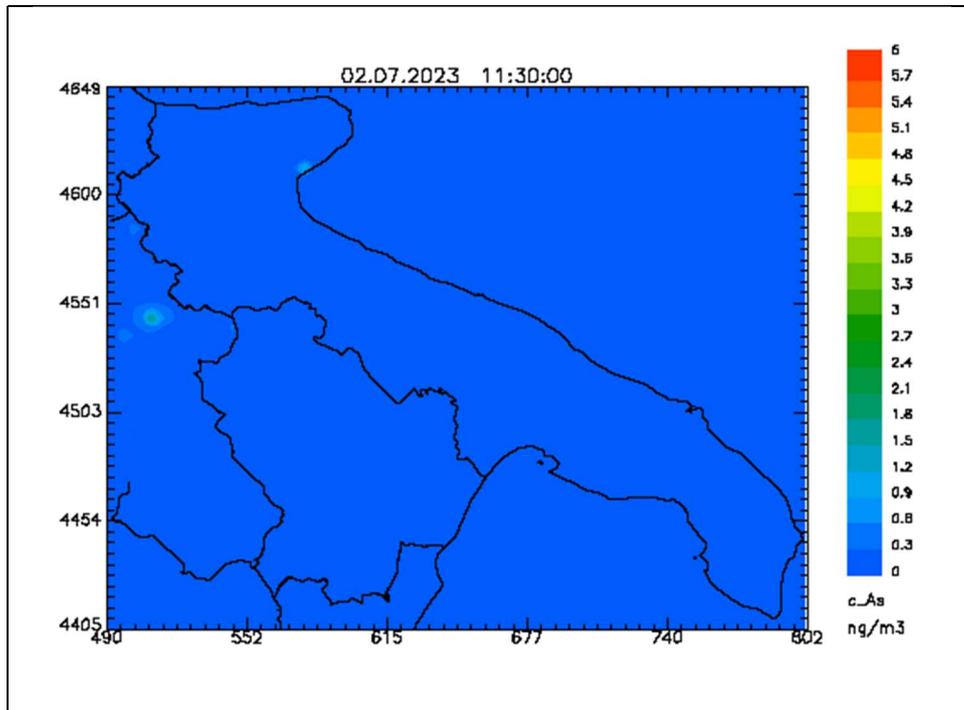


Figura 55: Mappe della concentrazione media annuale di Arsenico sulla regione Puglia, ottenuta dal solo modello FARM.

Anche per il Cadmio non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

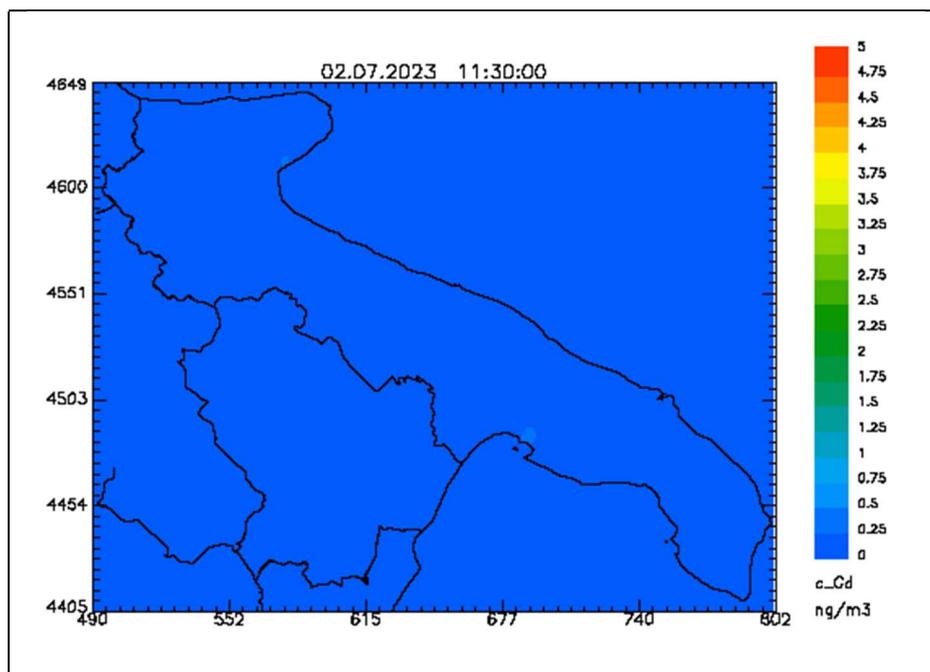


Figura 56: Mappe della concentrazione media annuale di Cadmio sulla regione Puglia, ottenuta dal solo modello FARM.

Per il Nichel non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

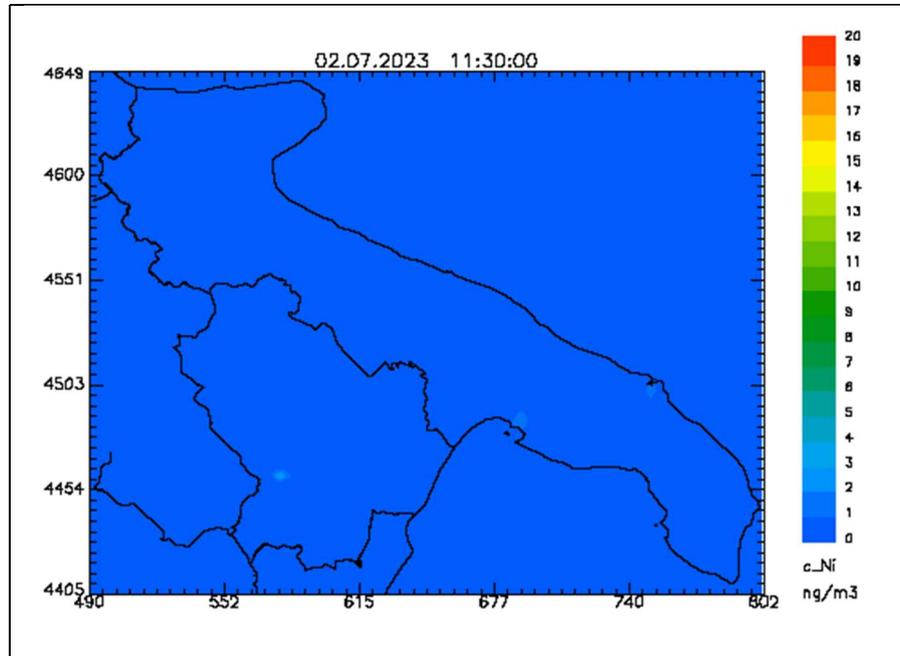


Figura 57: Mappe della concentrazione media annuale di Nichel sulla regione Puglia, ottenuta dal solo modello FARM.

Per il Piombo non si osservano superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

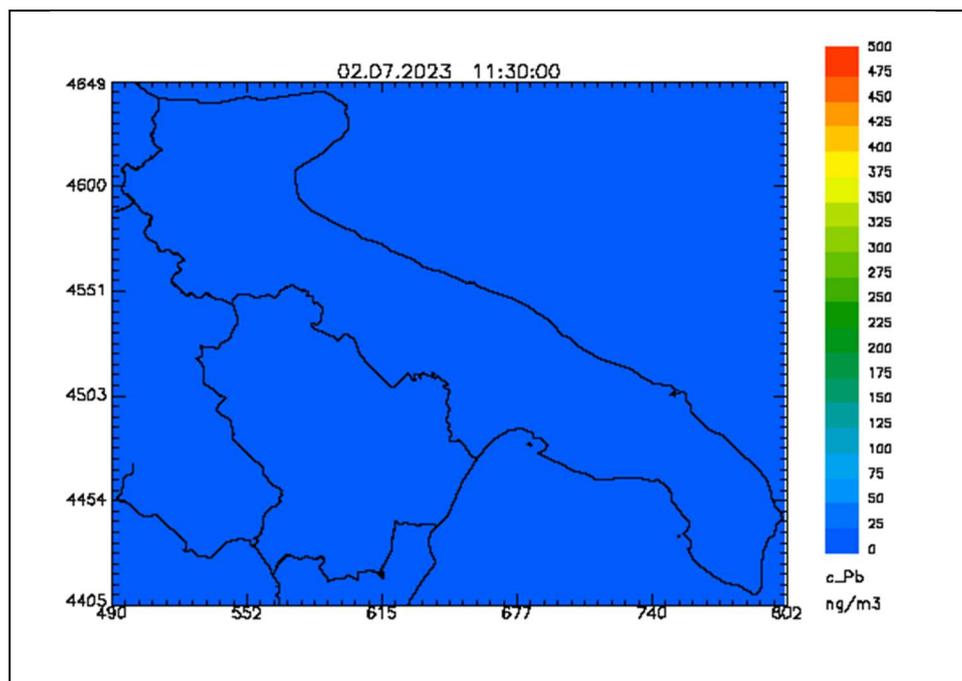


Figura 58: Mappe della concentrazione media annuale di Piombo sulla regione Puglia, ottenute dal solo modello FARM.

4. CONCLUSIONI

La relazione riporta i risultati della Valutazione Integrata della Qualità dell'Aria per la regione Puglia per il 2023. Tale valutazione è il risultato della integrazione delle misure fornite dalla rete di monitoraggio fissa con i campi di concentrazione al suolo forniti a 4km di risoluzione spaziale dal sistema modellistico di ARPA Puglia, alimentato con i dati dell'inventario delle emissioni realizzato dell'Agenzia. L'utilizzo combinato di tali strumenti consente di ottenere una rappresentazione dello stato della qualità dell'aria il più possibile vicina alla realtà su tutto il territorio regionale.

Dopo una sintesi delle informazioni preliminari e della configurazione attuale della rete di monitoraggio regionale, sono state presentate una sintesi dell'analisi meteorologica e delle modalità con cui è stata effettuata la valutazione modellistica e la successiva assimilazione delle misure fornite dalle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Infine sono stati presentati i risultati ottenuti per ogni inquinante, con l'individuazione delle criticità e, laddove possibile, delle cause che le hanno originate.

Nel 2023 il limite annuale di concentrazione per il PM10 è stato rispettato in tutti i siti di monitoraggio. Il valore medio di PM10 registrato sul territorio regionale è stato di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in linea con i dati dell'ultimo biennio. La concentrazione più elevata della RRQA ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata registrata nel sito *Francavilla* (BR). Tra le stazioni di interesse locale la concentrazione più elevata è stata invece registrata nella stazione *Taranto-Orsini* ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tuttavia nel 2023 questo sito è risultato essere contiguo a un cantiere edile-stradale di rilevanti dimensioni e durata e le cui attività hanno avuto verosimilmente effetti sulle concentrazioni di inquinanti in aria ambiente, con effetti evidenti sulle concentrazioni di PM10 e di PM2.5. Nel mese di dicembre il sito è stato interessato dal rifacimento del manto stradale in bitume. Pertanto, conformemente all'All. III, punto 4, co. 2 del D. Lgs. 155/10 che prescrive l'assenza di fonti di interferenza nei pressi delle stazioni di monitoraggio, si è stabilito di non considerare validi i valori di PM10 e PM2.5 rilevati in quel mese.

Per quanto riguarda il limite di concentrazione su base giornaliera del PM10 (35 superamenti del valore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ consentiti nel corso dell'anno), nelle stazioni di *Francavilla Fontana* (BR) e *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR) sono stati misurati, rispettivamente, 41 e 45 superamenti. Questi dati includono, tuttavia, anche i superamenti dovuti al trasporto di polveri da regioni desertiche (quali ad esempio il Sahara) che la Direttiva Europea sulla qualità dell'aria 2008/50/CE consente di decurtare. Operando questa decurtazione, il numero di superamenti risulta pari a 25 nella stazione *Francavilla Fontana* (BR) e a 34 nella stazione *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR).

Conseguentemente, nel 2023 non sono stati registrati superamenti del limite di concentrazione giornaliero in nessun sito di monitoraggio regionale.

Per il PM2.5, nel 2023 il limite di concentrazione annuale di 25 µg/m³ non è stato superato in nessun sito.

Il valore più elevato (19 µg/m³) è stato registrato nel sito *Torchiarolo-Don Minzoni* (BR), mentre la media regionale è stata di 12 µg/m³, anche in questo caso in linea con i dati degli ultimi due anni.

Per l'NO₂, la concentrazione annua più alta (38 µg/m³) è stata registrata nella stazione *Bari-Cavour*, come già negli anni precedenti. La media regionale è stata di 14 µg/m³ in analogia a quanto registrato nell'ultimo biennio. **Il limite annuale di 40 µg/m³ non è stato superato in nessun sito.**

Per l'O₃ il valore obiettivo a lungo termine è stato superato in quasi tutti i siti di monitoraggio, a conferma del fatto che la Puglia, per collocazione geografica, è soggetta ad elevati valori di questo inquinante.

Per il benzene, in nessun sito di monitoraggio è stata registrata una concentrazione superiore al limite annuale di 5 µg/m³. La media delle concentrazioni è stata di 0,7 µg/m³. La concentrazione più alta della RRQA è pari 2,1 µg/m³ ed è stata registrata nel sito *Taranto- Machiavelli*. Si evidenzia il valore di 3,6 µg/m³ misurato dalla stazione di interesse locale *Taranto-Orsini* situata nel quartiere Tamburi del capoluogo jonico, in crescita rispetto al valore del 2022 (3,2 µg/m³) e che, sebbene inferiore al valore limite indicato dalla normativa, rappresenta una concentrazione degna di attenzione.

Per il monossido di carbonio le misure disponibili non hanno rilevato alcun superamento della concentrazione massima calcolata come media mobile sulle 8 ore.

Per il biossido di zolfo non sono stati registrati superamenti dei valori limite.

Il valore obiettivo di **Benzo(a)Pirene** non è stato superato nei 4 siti di cui si dispongono i dati.

La valutazione modellistica della qualità dell'aria, condotta sull'intera Regione con risoluzione spaziale di 4km, è stata ottenuta, per gli inquinanti NO₂, SO₂, PM10, PM2.5, C₆H₆, O₃, dalla combinazione dei campi di concentrazione al suolo, forniti dal sistema modellistico con le misure da rete fissa mediante l'assimilazione a posteriori, utilizzando l'Optimal Interpolation come tecnica interpolativa.

I risultati di tale valutazione hanno evidenziato quanto segue:

- per le specie NO₂, benzene, CO e SO₂, PM10, PM2.5 l'analisi modellistica non ha evidenziato alcun superamento dei limiti previsti dalla normativa;
- per l'ozono, il sistema modellistico ricostruisce il superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana su buona parte del territorio regionale.

La valutazione modellistica condotta con l'ausilio del solo modello FARM per i metalli pesanti As, Cd, Ni e Pb e per il B(a)P ha evidenziato quanto segue:

- per i metalli pesanti non sono presenti superamenti dei limiti previsti;



per il B(a)P, un superamento del valore obiettivo nell'area urbana del comune di Mesagne attribuibile alle emissioni locali prodotte dal riscaldamento residenziale a legna.

Tuttavia è necessario precisare che questo superamento si rileva in una cella di estensione 4km x 4km in corrispondenza della quale non sono presenti stazioni di monitoraggio che possano confermarne o meno la sussistenza. Inoltre il D. Lgs 155/2010 non chiarisce se i superamenti dei valori limite, rilevati con il solo ausilio delle tecniche modellistiche, determinino o meno la necessità di adozione di Piani ex art.9 D.Lgs 155/2010 o se, viceversa, gli stessi debbano essere confermati da rilievi sperimentali prima dell'adozione dei relativi piano di risanamento.



ALLEGATI

Allegato 1: EFFICIENZA STRUMENTALE NEL 2023

Sono riportati di seguito i dati di efficienza della strumentazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria gestite da ARPA Puglia.

L'efficienza è stata calcolata secondo la seguente formula:

Efficienza = (numero dati orari validi/numero ore anno solare) *100

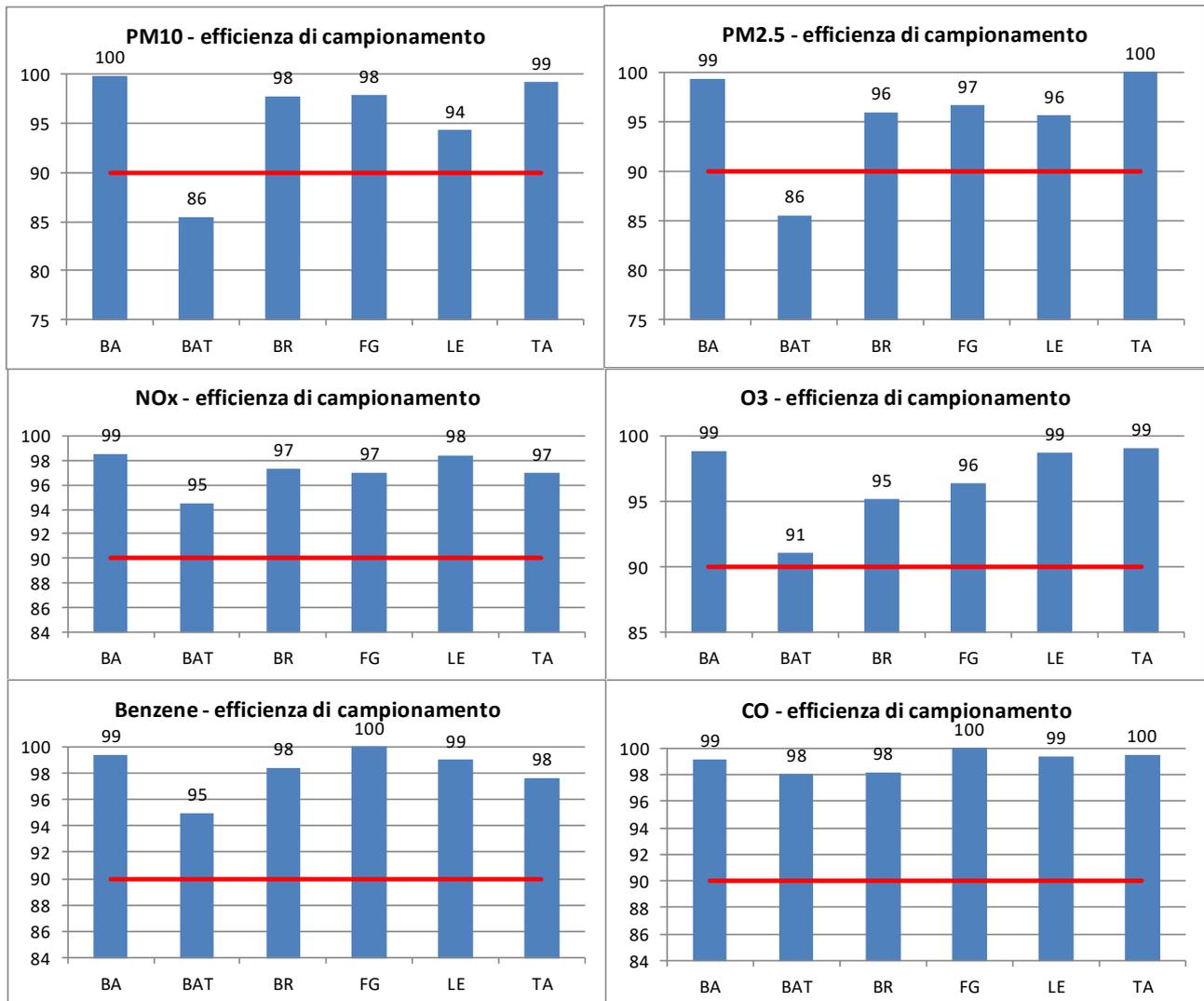
dove:

dati orari validi: dati orari con almeno il 75% (45 minuti) di dati elementari validi (D. Lgs. 155/10, Allegato XI, punto 2).

Per le misurazioni in siti fissi, il D. Lgs. 155/10, allegato I, stabilisce che la raccolta minima di dati sia pari al 90%, al netto delle perdite dati per calibrazione e manutenzione ordinaria della strumentazione. Nella tabella che segue, sono indicati in rosso gli analizzatori per i quali tale percentuale minima non è stata raggiunta.

Di seguito, per ciascun analizzatore, si riportano i grafici delle efficienze di campionamento raggiunte nell'anno 2023, suddivise per provincia. Nel calcolo delle medie, non sono state considerate le efficienze relative alle stazioni di interesse locale, contrassegnate con il simbolo "**".

Prov.	Stazione	PM10	PM2.5	NO2	O3	C6H6	CO	SO2
BA	Altamura	100	100	100	100			
	Bari - Caldarola	100	100	99		98	100	
	Bari - Carbonara	100		95				
	Bari - Cavour	100	100	96		99	100	
	Bari - CUS	100		98	99			
	Bari - Kennedy	100		100	100			
	Casamassima	100	100	100	100			
	Bitonto- EN01*	100	100	99	100		5	
	Modugno - EN02	100	100	97	95		98	
	Modugno - EN03	100		100			97	
	Modugno - EN04	100		97			100	
	Paolo del Colle - EN05*	97		97			97	
	Molfetta - Verdi	100		100		100		
	Monopoli - Aldo Moro	98	97	100		100	100	
Monopoli - Italgreen	99	99	99		100			
BAT	Andria - via Vaccina	80	80	97		100	98	
	Barletta - via Casardi	91	91	92	91	90		
BR	Brindisi - Terminal Passeggeri	94	93	98	97	98	99	97
	Brindisi- Cappuccini*	99		95			97	98
	Brindisi - Casale	99	99	100	98			
	Brindisi - Perrino	100		96			100	100
	Brindisi - SISRI	99		99		96	100	99
	Brindisi - via dei Mille	99		100		96		
	Brindisi - via Taranto	97	97	98		100	100	
	Ceglie Messapica	100	100	100		100	100	100
	Cisternino	86		89	91			84
	Francavilla Fontana	99		99		100		
	Mesagne	97		100				
	San Pancrazio	100		83				
	Lendinuso*	99		96				96
	San Pietro V.co	100		100				
	Torchiarolo - via Fanin	100	97	100				100
Torchiarolo - Don Minzoni	100	93	100		99	90	92	
FG	Foggia - Rosati	100	100	100		100	100	
	Manfredonia - Mandorli	100		100		100	100	
	Monte S. Angelo	97		97	93			
	Candela- Scuola*	100		100	100	99	96	100
	Candela - Ex Comes*	100		100	99		98	
	San Severo - Azienda Russo	93	92	91	97			
	San Severo - Municipio	99	98	97	99		100	
LE	Amesano - Riesci	88			99			
	Campi Salentina	100	95	100				
	Galatina	92	91	98	100		100	
	Galatina-Colacem*	98	87	99		97	98	98
	Guagnano - Villa Baldassarre	82		99				
	Lecce - P.zza Libertini	94	94	98		98	98	
	Maglie*	97	95	99	96		97	94
	Lecce - S. M. Cerrate	98	98	96	97			
	Lecce - via Garigliano	100	100	100		100	100	
Surbo - via Croce	100		98				94	
TA	Grottaglie	98		89	100			
	Martina Franca	96		100		100		
	Massafra	100		100		97		100
	Statte - Ponte Wind	99		100				100
	Statte - via delle Sorgenti	100		100			100	94
	Taranto - via Alto Adige	100	100	93		92	100	98
	Taranto - via Archimede	100	100	100			100	91
	Taranto - CISI	100	100	86		99	100	100
	Taranto - via Machiavelli	100	100	100		100	100	100
	Taranto - Orsini*	78	83	92		90		88
	Taranto - San Vito	99		99	100		97	98
Taranto - Talsano	99		99	97			97	



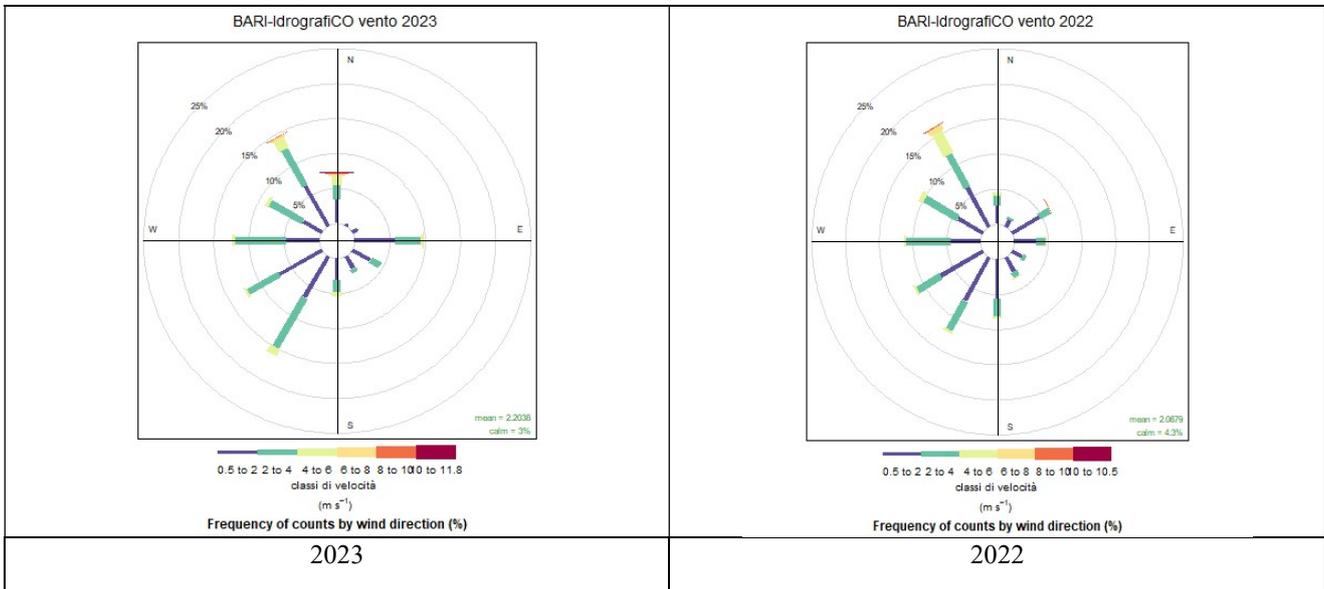
Tutti gli analizzatori hanno acquisito con un'efficienza superiore al 90% ad eccezione del PM10 e PM2.5 della provincia BAT. La bassa efficienza è da imputare alla invalidazione dei dati della stazione di monitoraggio di *Andria-Vaccina* interessata dalla contiguità ad un cantiere edile che ha alterato le concentrazioni di polveri in aria ambiente. Per tale sito, dato l'All. III, punto 4, co. 2 del D. Lgs. 155/10 che prescrive l'assenza di fonti di interferenza nei pressi delle stazioni di monitoraggio, i valori di PM10 e PM2.5 rilevati non sono stati considerati conformi alla norma e quindi sono stati invalidati.

Allegato 2: ELABORAZIONE DATI METEOROLOGICI – ANNO 2023

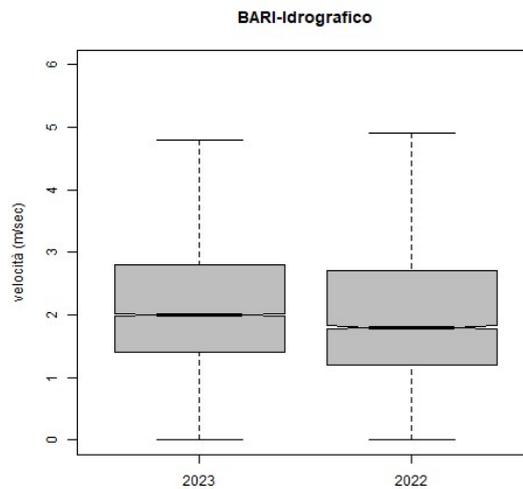
Intensità e direzione del vento

Nelle immagini seguenti si mostrano in corrispondenza delle postazioni meteorologiche di Bari-Idrografico, Brindisi-SISRI, Foggia e Taranto - Meteo Flux, relativamente agli anni 2023 e 2022, le rose dei venti, annuali e stagionali, ed i boxplot calcolati sulle serie annuali dei dati orari di intensità del vento. Per la stazione di Lecce-Protez.Civile non è possibile mostrare un confronto con l'anno 2022 poiché non si dispone di dati anemometrici validi per tale periodo. Pertanto si presenteranno nel seguito le elaborazioni relative al solo anno 2023.

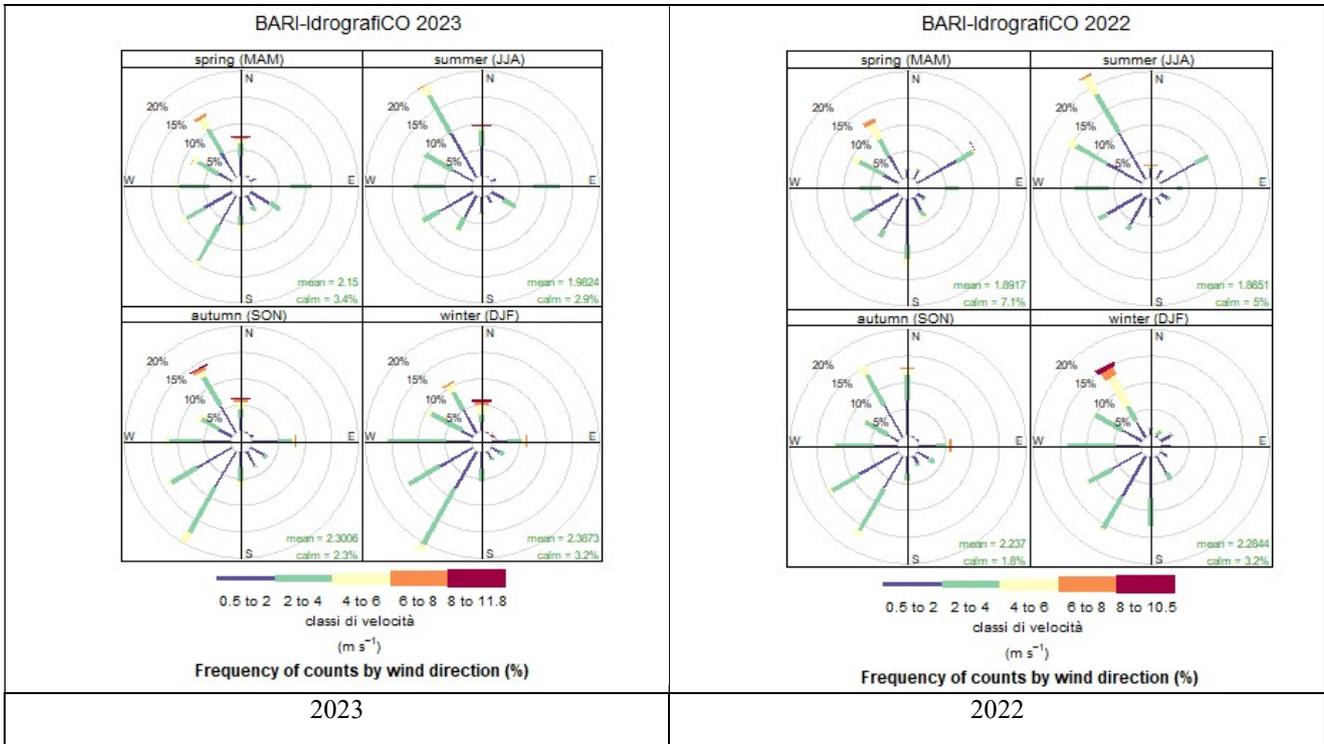
Stazione: Bari-Idrografico



Rose dei venti annuali relative agli anni 2023 e 2022 – stazione Bari-Idrografico

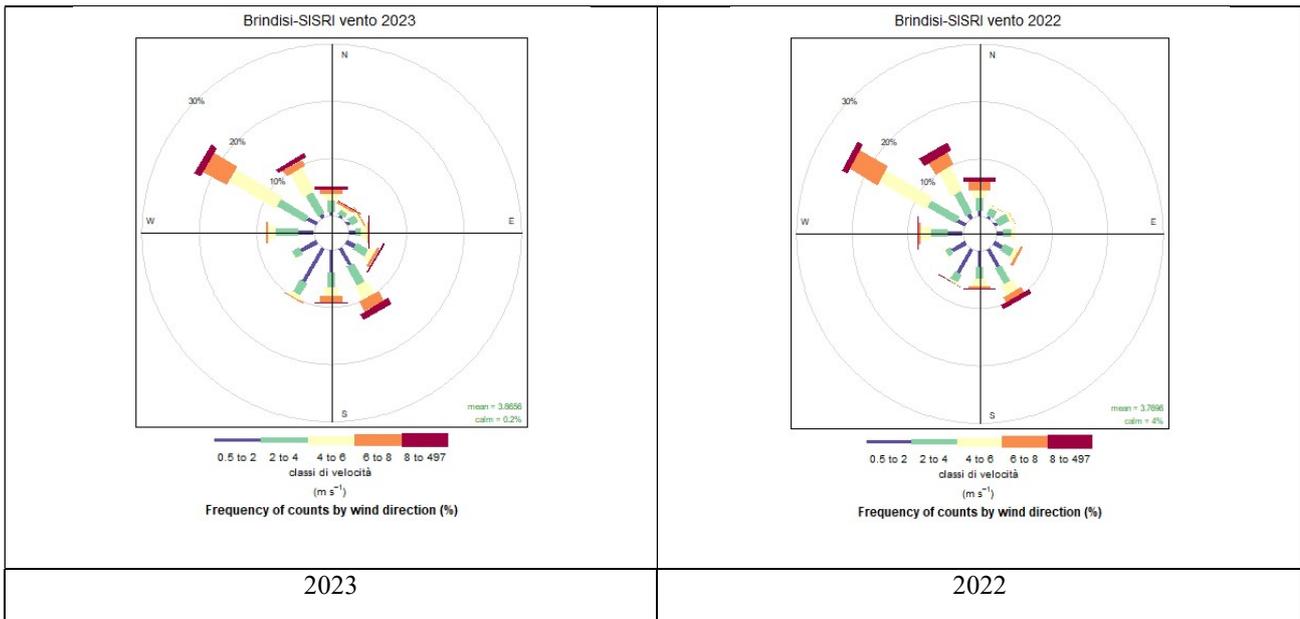


Boxplot delle serie annuali della velocità del vento relative agli anni 2023 e 2022 – stazione Bari-Idrografico

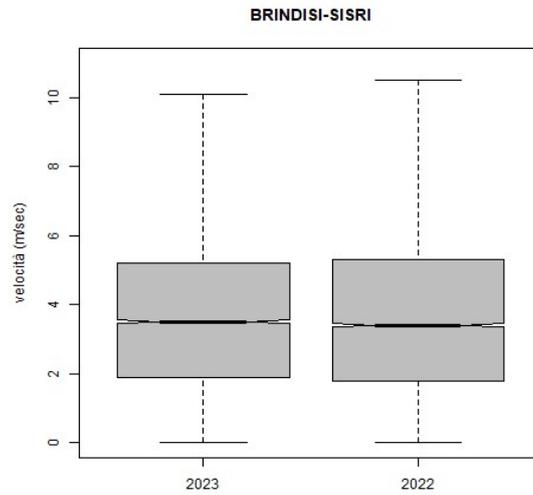


Rose dei venti stagionali relative agli anni 2023 e 2022 – stazione Bari-Idrografico

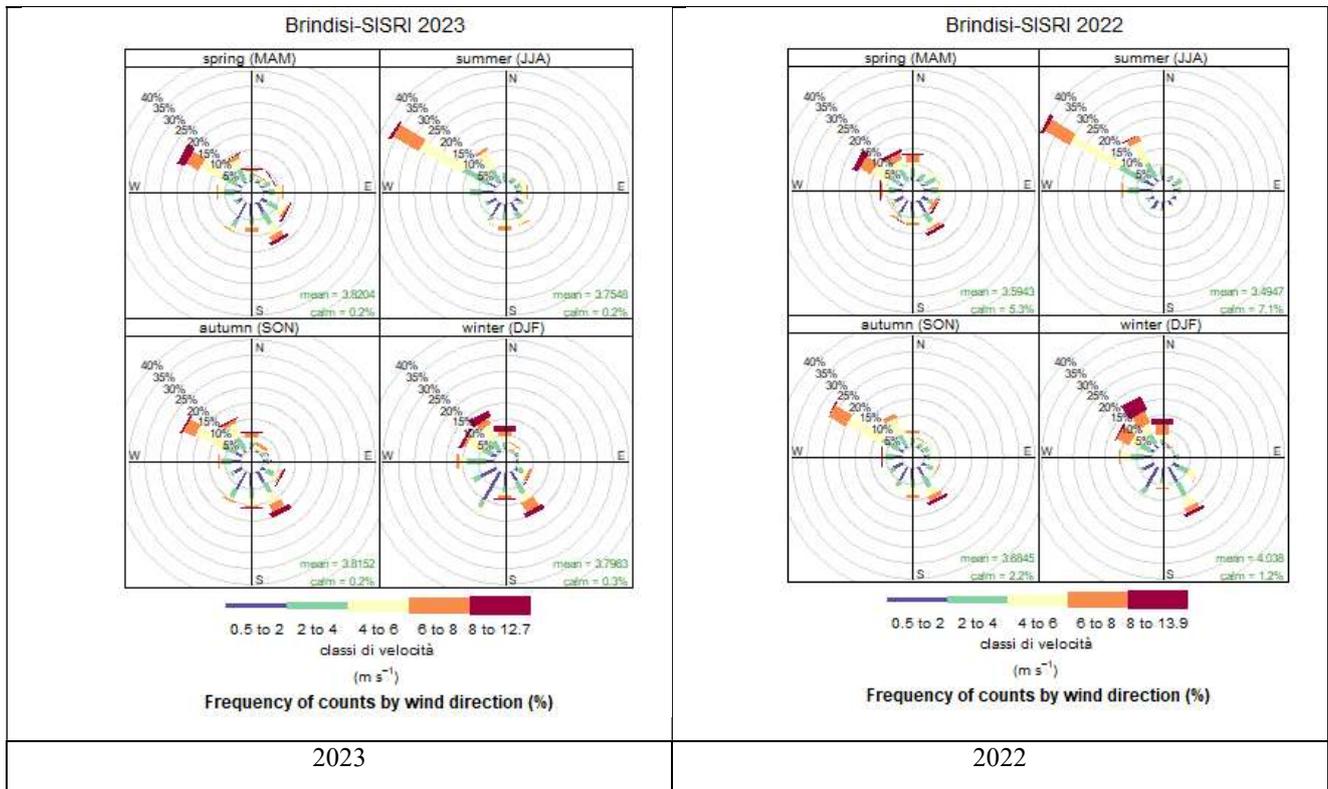
Stazione: Brindisi – SISRI



Rose dei venti annuali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione Brindisi - SISRI

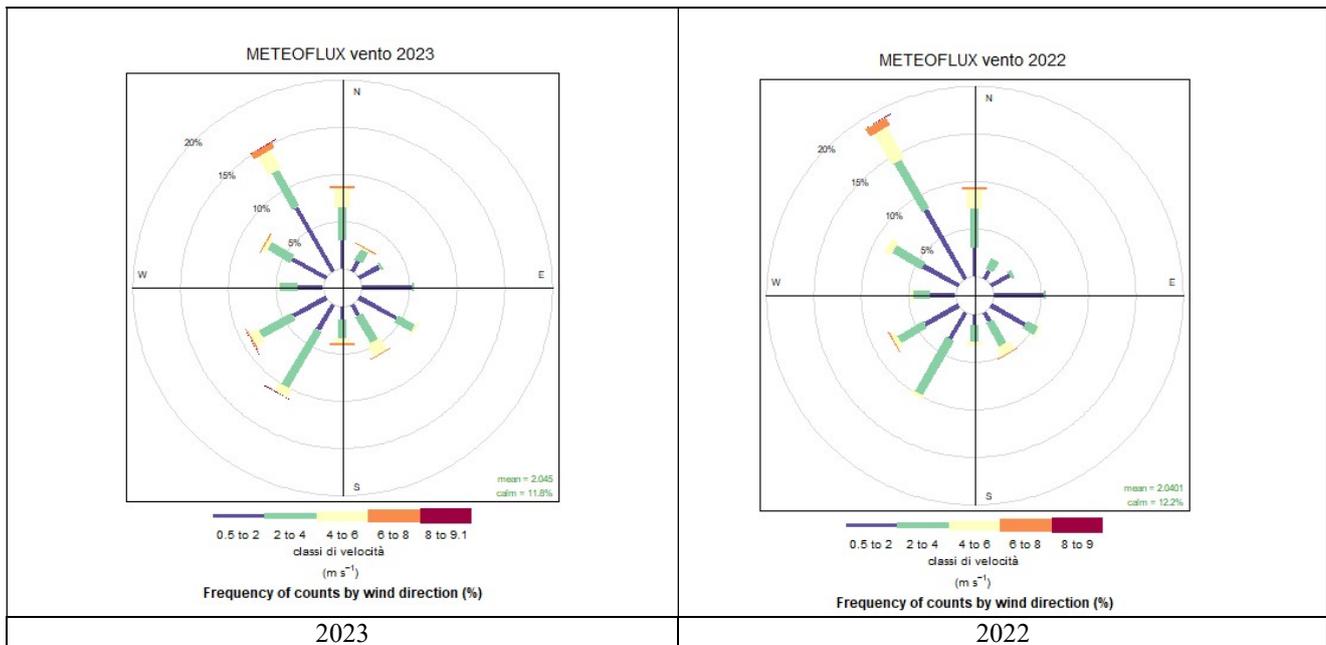


Boxplot delle serie annuali della velocità del vento relative agli anni 2023 e 2022 – postazione Brindisi-SISRI

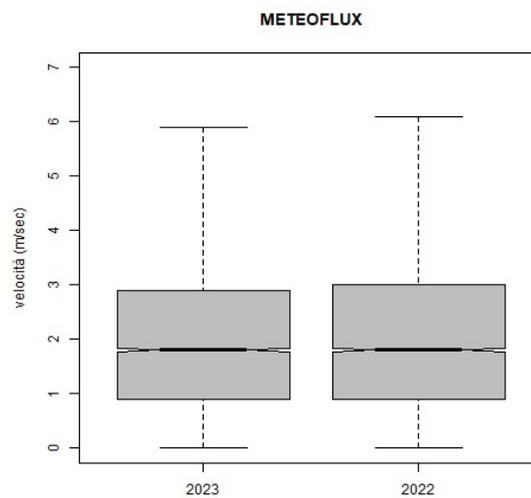


Rose dei venti stagionali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione Brindisi - SISRI

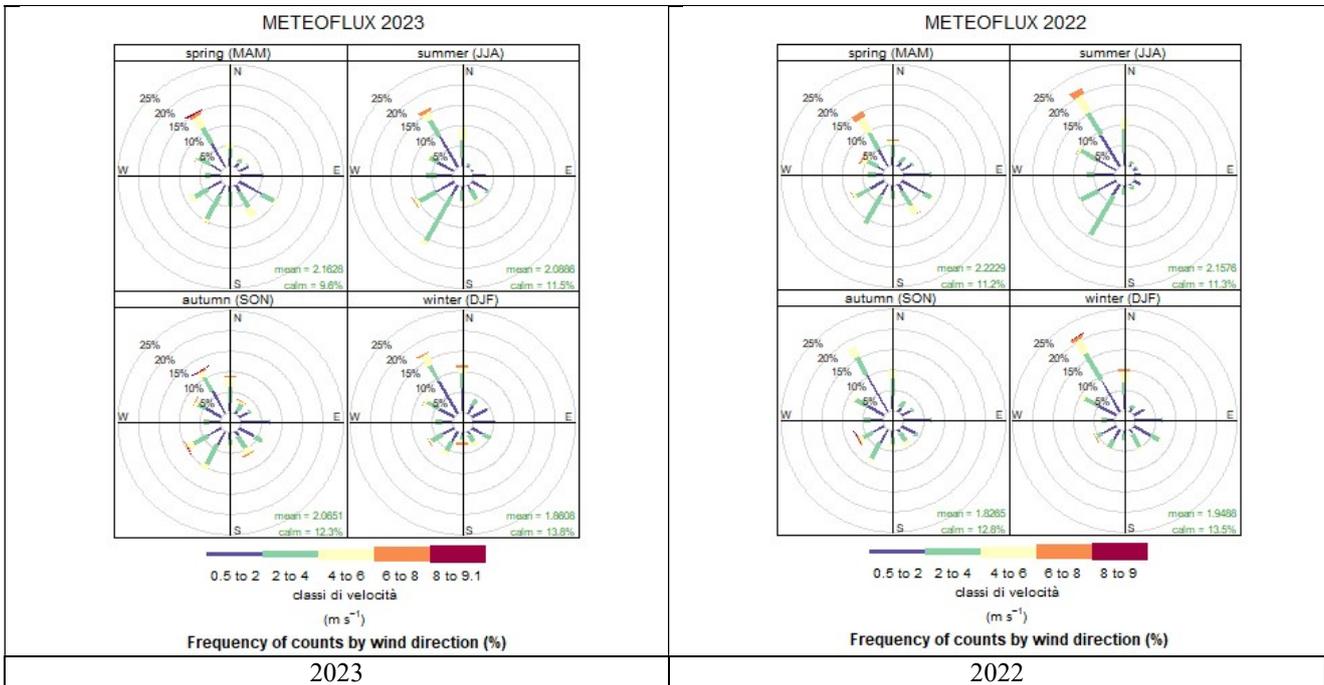
Stazione: Taranto – ENI Meteo Flux



Rose dei venti annuali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione Taranto – ENI Meteo Flux

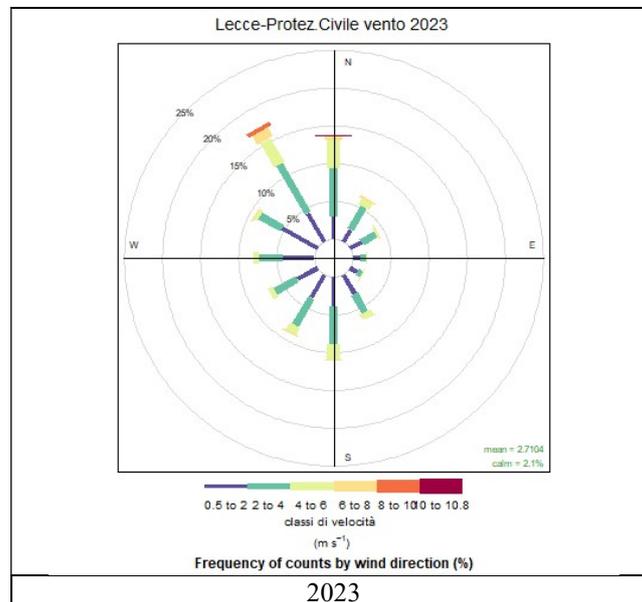


Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relative agli anni 2023 e 2022 - postazione Taranto – Meteo Flux

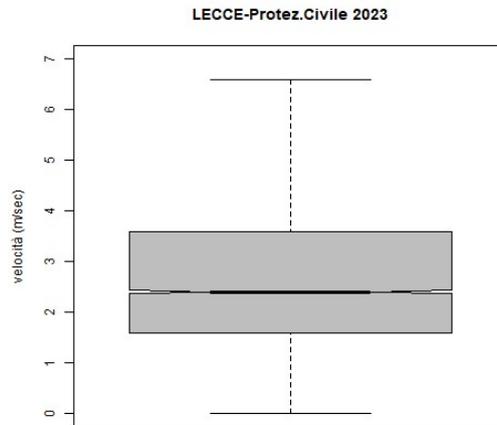


Rose dei venti stagionali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione Taranto – ENI Meteo Flux

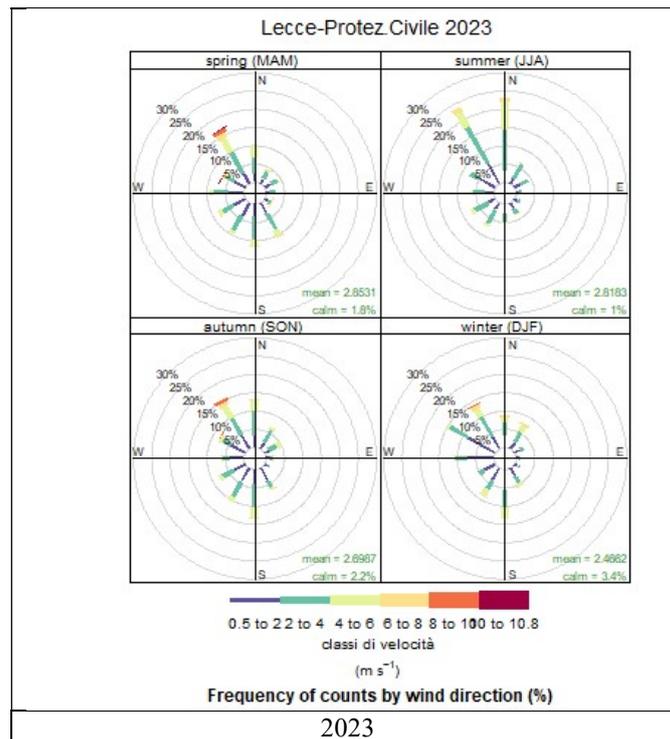
Stazione: DAP Lecce



Rosa dei venti annuale relativa all'anno 2023 – postazione Lecce-Protezione Civile

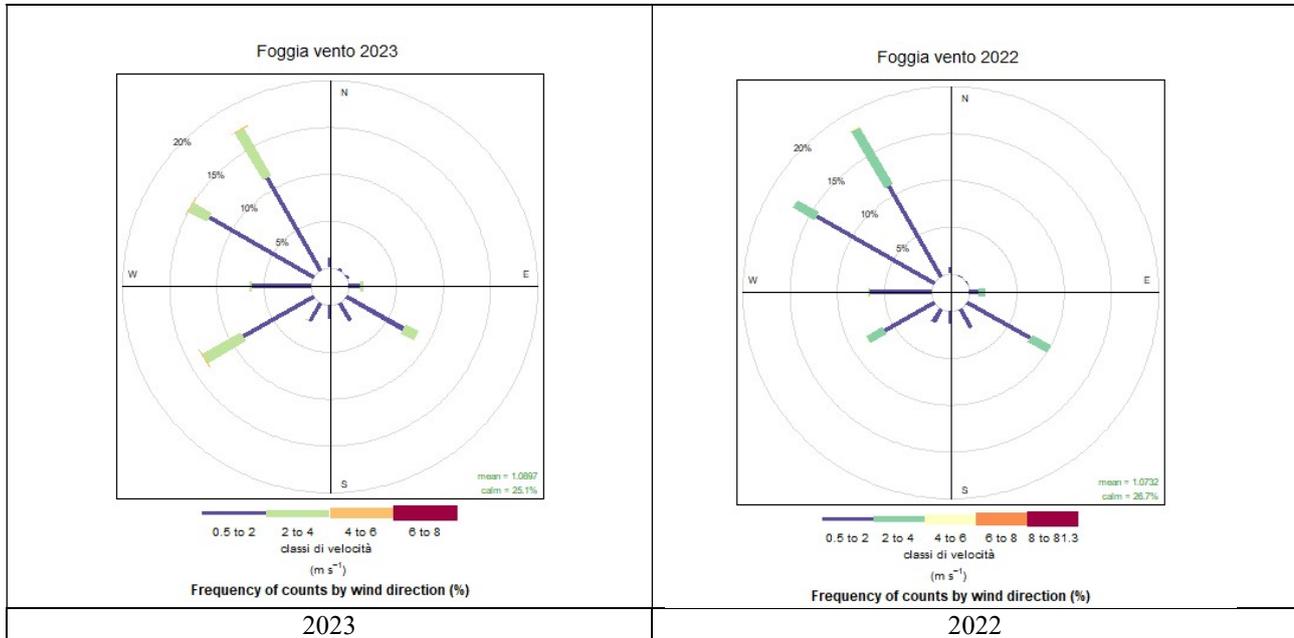


Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relativa all'anno 2023 - postazione Lecce-Protezione Civile

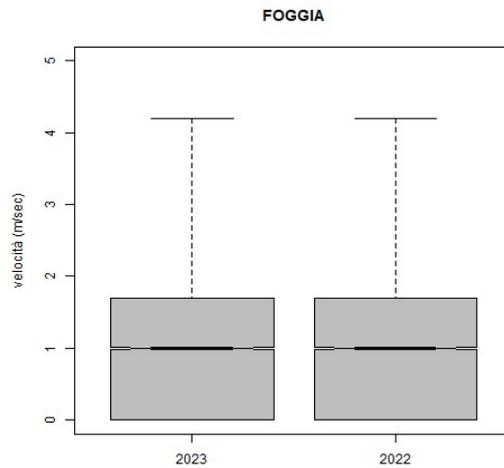


Rose dei venti stagionali relativa all'anno 2023 - postazione Lecce-Protezione Civile

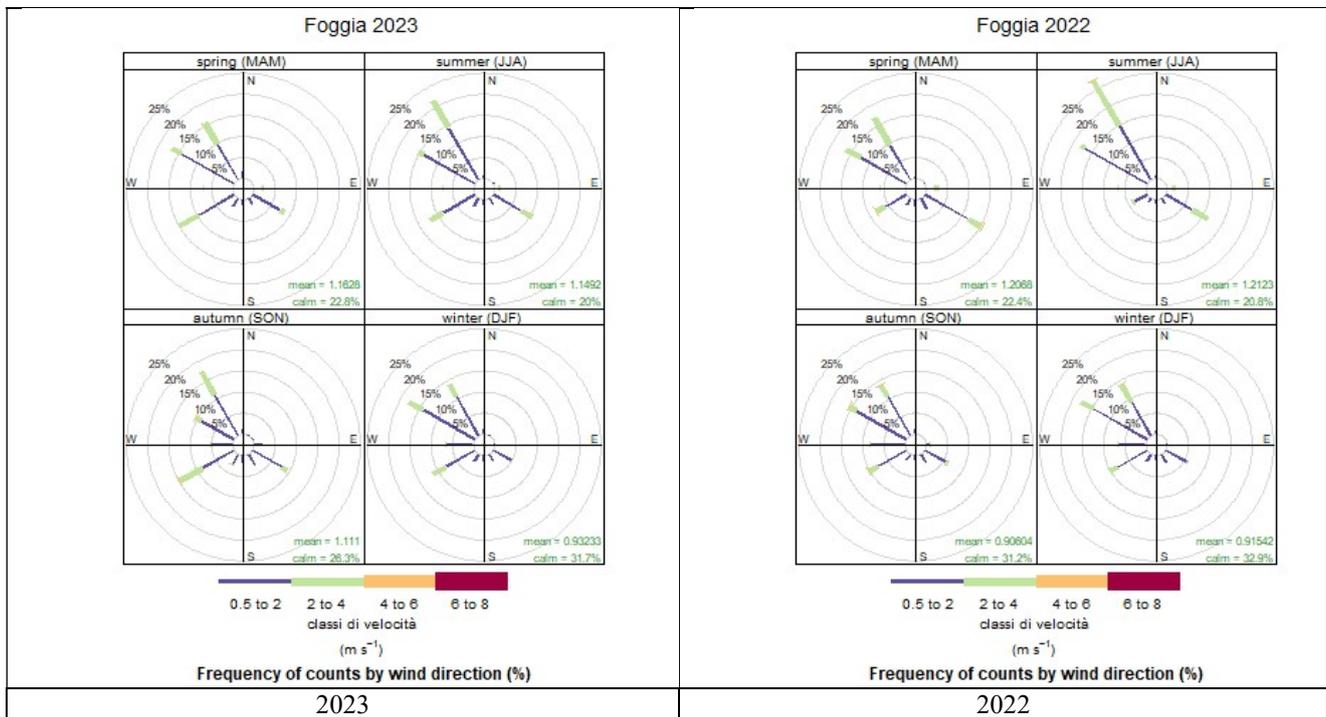
Stazione: DAP Foggia



Rose dei venti annuali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione DAP Foggia



Boxplot delle serie annuale della velocità del vento relative agli anni 2023 e 2022 - postazione DAP Foggia



Rose dei venti stagionali relative agli anni 2023 e 2022 – postazione DAP Foggia

Le elaborazioni mostrate evidenziano come la distribuzione dell'intensità del vento per settore di provenienza, riferita al 2023, sia abbastanza simile a quella del 2022 per tutte le postazioni di monitoraggio. Per la stazione meteo di Lecce della Protezione Civile, come già detto, sono state presentate le elaborazioni relative al solo anno 2023. Per tale postazione, la rosa dei venti elaborata su base annuale mostra una preponderanza dei venti provenienti da NNO, da N e da S, con una ventosità media annuale pari a 2.7m/s ed una percentuale di calme di vento pari a 2.1%.

Su base stagionale, si rileva la predominanza della componente da NNO durante tutte le stagioni. La componente da N, rilevante durante la stagione estiva e quella autunnale, si riduce nelle altre due stagioni. La componente da S, invece, presente in tutte le stagioni, si riduce durante la stagione estiva.

Su base annuale si rileva un lieve aumento della velocità media del vento ed una diminuzione della percentuale di calme di vento per le stazioni di Bari-Idrografico e Brindisi-SISRI.

Nella postazione *Bari-Idrografico*, in particolare, si rileva la ventosità media annuale passa da 2.1 m/s (nel 2022) a 2.2m/s (nel 2023) e la percentuale delle calme di vento dal 4.3% (nel 2022) al 3% (nel 2023).

Le rose dei venti elaborate su base stagionale per il 2023 non evidenziano variazioni significative rispetto all'anno precedente, ad eccezione di un aumento della componente da SSO nelle stagioni primaverile, autunnale ed invernale, e della componente da N nelle stagioni estiva, primaverile ed invernale.

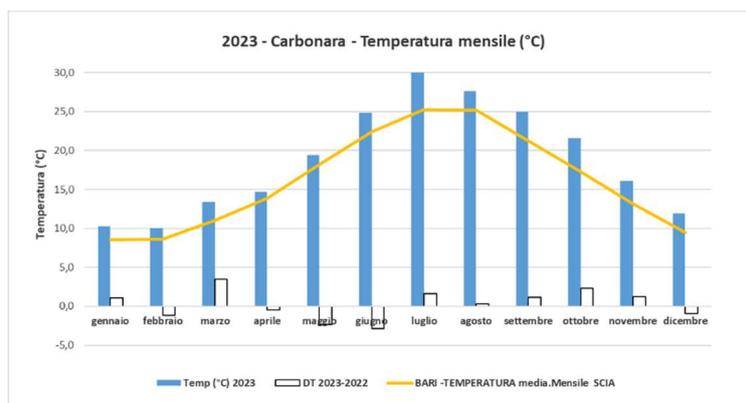
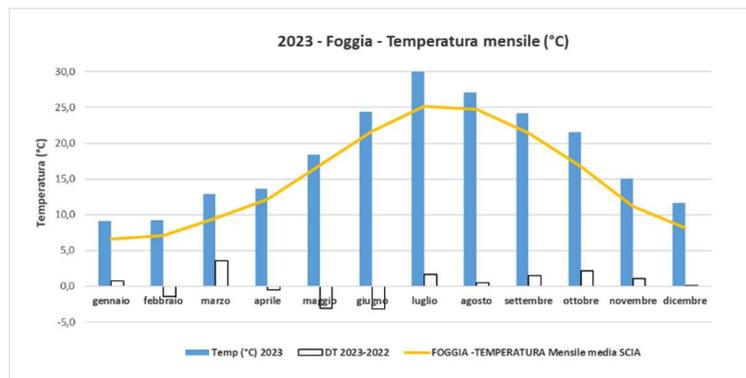
Per quanto riguarda la postazione di *Brindisi-SISRI* non si osservano variazioni significative nelle rose dei venti annuali elaborate per il 2023 e 2022, ad eccezione di un lieve aumento delle componenti da SE ed una lieve diminuzione della componente da NNO. Un lieve aumento si rileva nella ventosità, mentre si osserva una significativa diminuzione della percentuale delle calme di vento che passa da 4% (nel 2022) a 0.2% (nel 2023). Su base stagionale non si osservano variazioni di rilievo nel 2023.

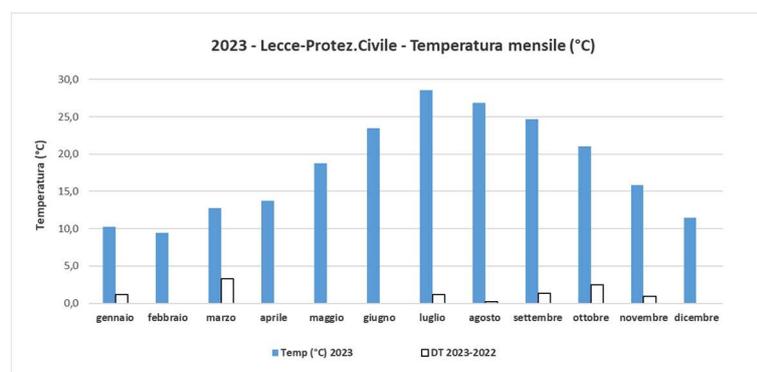
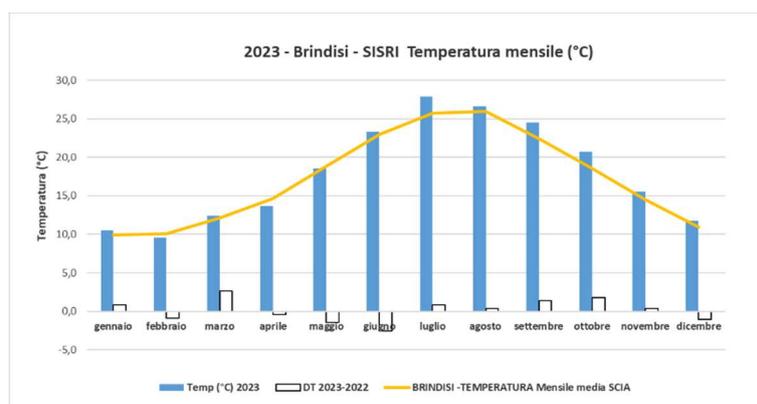
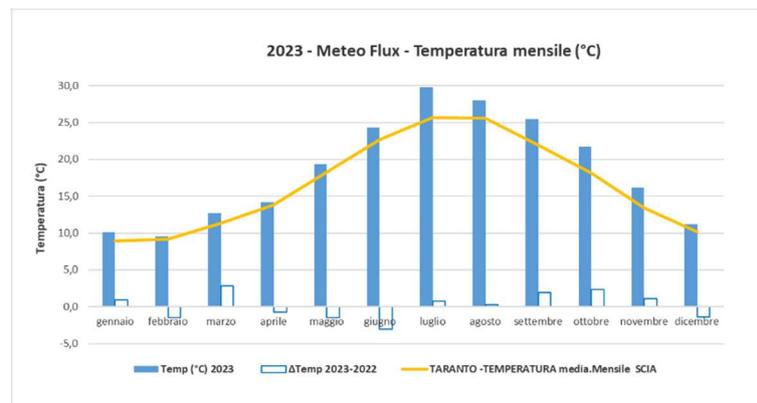
Per la postazione *Taranto - Meteoflux*, situata in area industriale, si rileva una diminuzione della percentuale delle calme di vento, che passano dal 12.2% (nel 2022) al 11.8% (nel 2023), mentre il valore medio annuale dell'intensità del vento è rimasto sostanzialmente invariato (pari a 2.0 m/s). Su base stagionale non si osservano variazioni di rilievo, fatta eccezione per una diminuzione della componente da NNO nelle stagioni autunnale ed invernale.

Per quanto riguarda la postazione di *Foggia*, nel 2023 la ventosità media annuale è rimasta sostanzialmente invariata, mentre è stata rilevata una diminuzione della percentuale delle calme di vento passate dal 26.7% (nel 2022) al 25.1% (nel 2023). Su base stagionale, nella postazione di Foggia si osserva nel 2023 la presenza di componenti prevalenti da NO in tutte le stagioni ed un aumento, rispetto all'anno precedente, della componente da SO.

Temperatura

Nelle figure successive si mostrano, per le centraline considerate, gli andamenti delle temperature medie mensili per l'anno in esame. Sono inoltre riportate le variazioni della temperatura media mensile rispetto all'anno 2022 e, laddove disponibile, l'andamento climatologico (dati SCIA) della temperatura nell'area in esame.



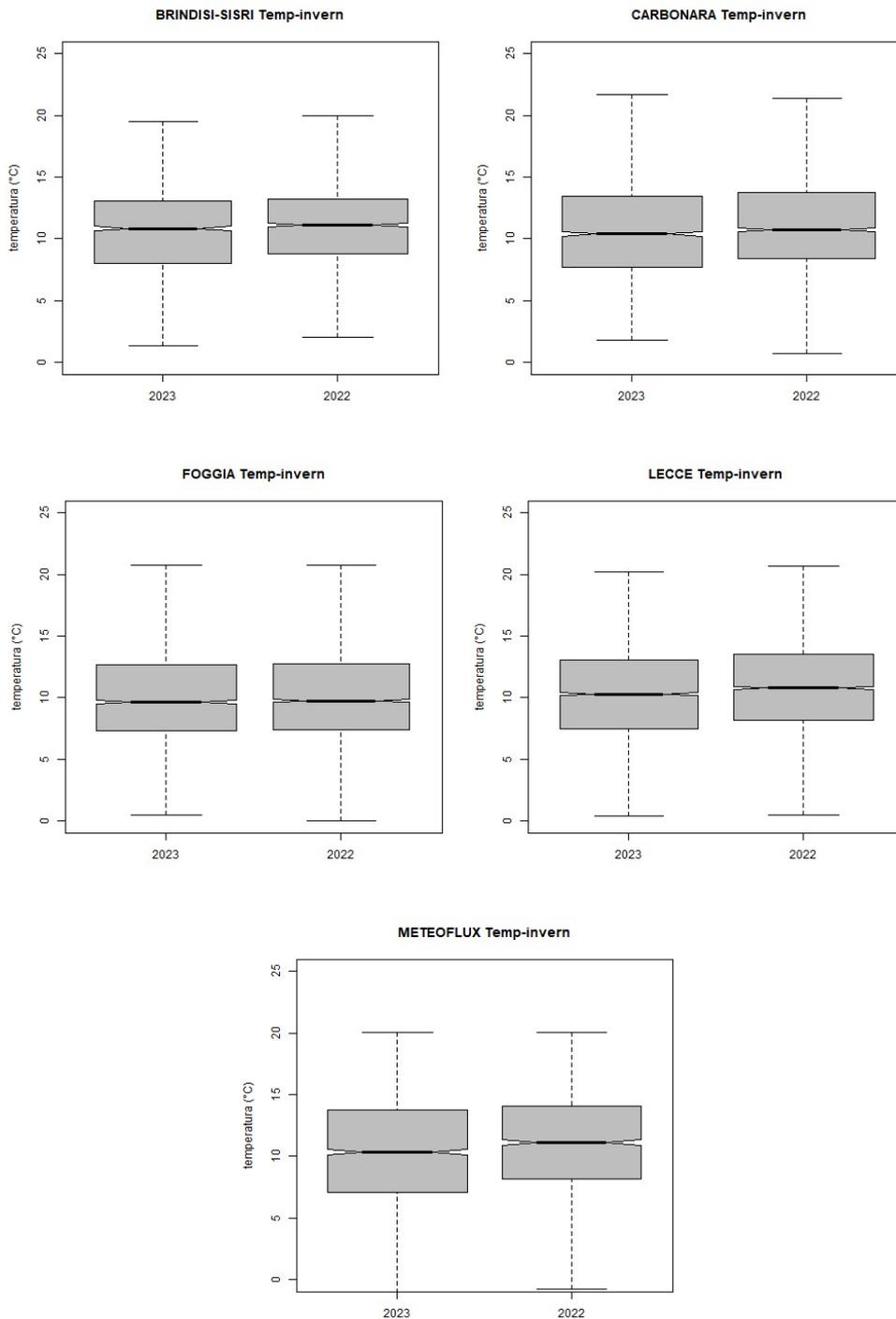


Temperature medie mensili relative al 2023 e scostamenti rispetto al 2022

In corrispondenza di tutte le postazioni, per le quali è disponibile il dataset climatologico, si osservano per il 2023 valori medi mensili superiori ai valori medi climatologici, fatta eccezione per il mese di febbraio e di aprile (per la sola postazione di Brindisi-SISRI). Lo scostamento dal valore medio climatologico risulta particolarmente rilevante per il mese di luglio, per tutte le postazioni di monitoraggio. Inoltre rispetto all'anno precedente si osserva per tutte le stazioni un aumento delle temperature medie nei mesi di gennaio, marzo, luglio, agosto, settembre, ottobre e novembre. Una diminuzione delle temperature medie si osserva nei mesi di febbraio, aprile, maggio e giugno in tutte le stazioni ad eccezione della stazione di Lecce della Protezione Civile, per la quale la temperatura non risulta avere subito variazioni di rilievo.

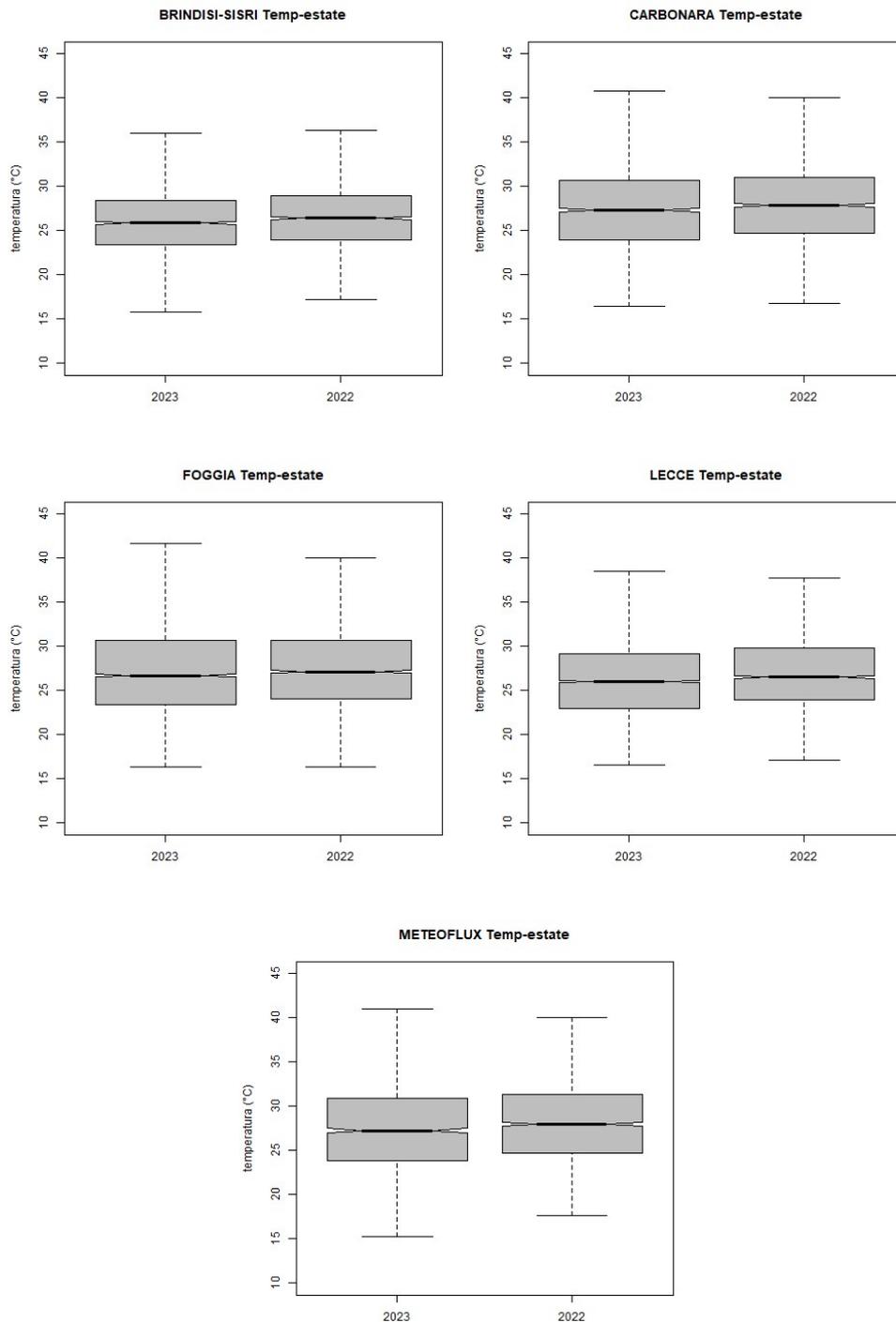
Nella figura seguente, che riporta i boxplot dei dati di temperatura relativi ai soli mesi invernali (gennaio, febbraio, dicembre), è possibile notare nel 2023 una lieve diminuzione della temperatura nel periodo

invernale in tutte le postazioni, ad eccezione della postazione di Foggia dove la differenza tra le mediane risulta non significativa.



Boxplot della serie di dati di temperatura relativi ai mesi invernali (gennaio, febbraio, dicembre) nel 2023 e nel 2022

I boxplot relativi ai mesi estivi (giugno, luglio ed agosto) evidenziano una diminuzione della temperatura per tutte le postazioni.

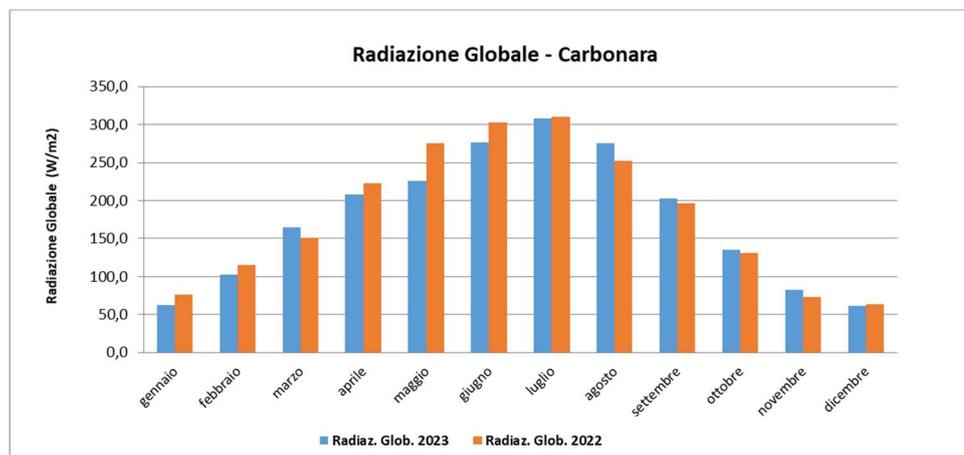


Boxplot della serie di dati di temperatura relativi ai mesi estivi (giugno, luglio, agosto) nel 2022 e nel 2021

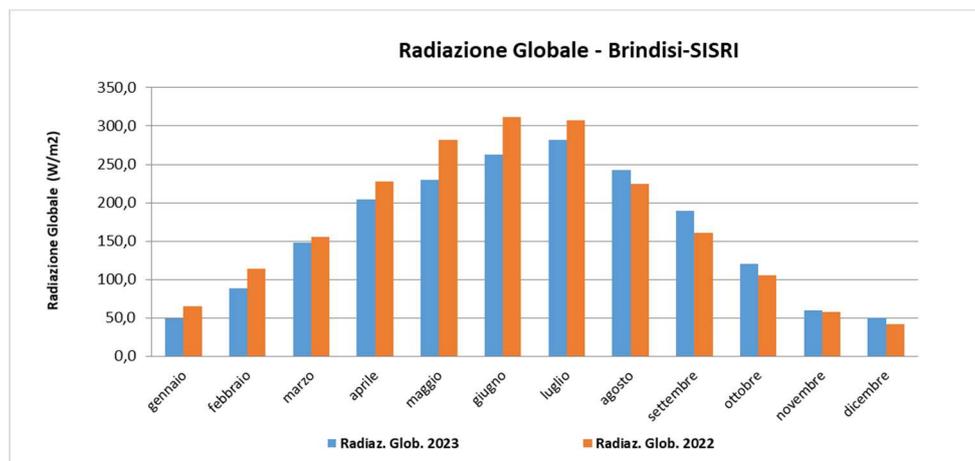
Radiazione Globale

Nelle figure successive si mostra l'andamento dei valori medi mensili della radiazione globale riferito al 2023, confrontati con quelli dell'anno precedente, per tutte le stazioni ad eccezione di quella di Lecce (per la quale tali dati non sono disponibili).

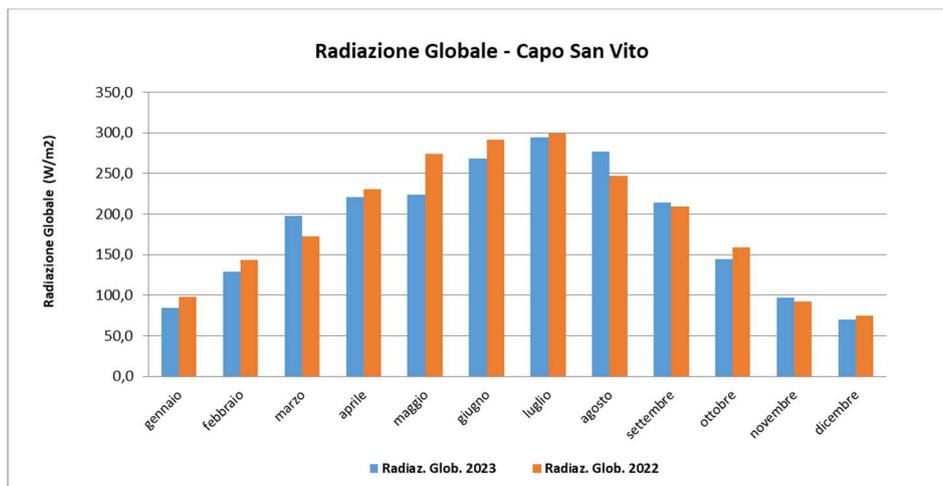
Dal confronto con l'anno precedente, nel 2023 per tutte le postazioni emerge un aumento della radiazione globale nei mesi di marzo (ad eccezione di Brindisi-SISRI), agosto, settembre, ottobre (tranne Foggia e Taranto-Capo San Vito), novembre e dicembre (ad eccezione di Taranto-Capo San Vito), ed una diminuzione nei mesi di gennaio, febbraio, aprile, maggio, giugno e luglio (tranne Foggia).



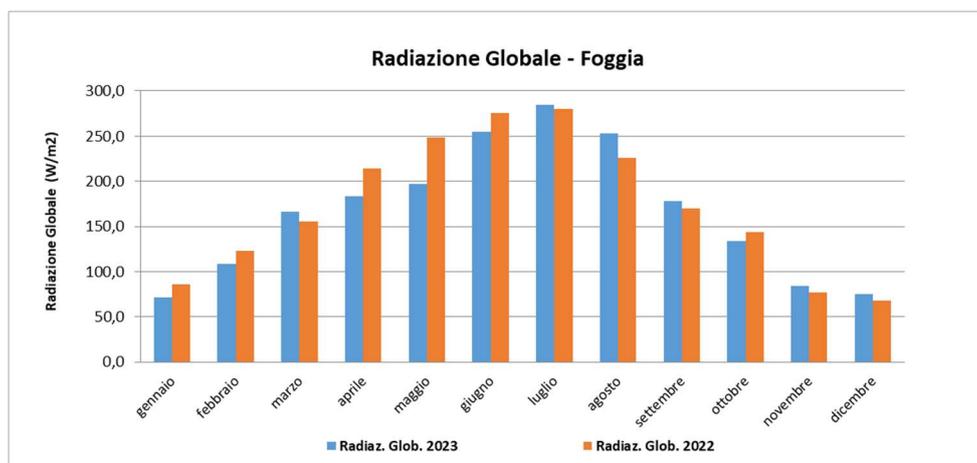
Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Carbonara



Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Brindisi- Sisri



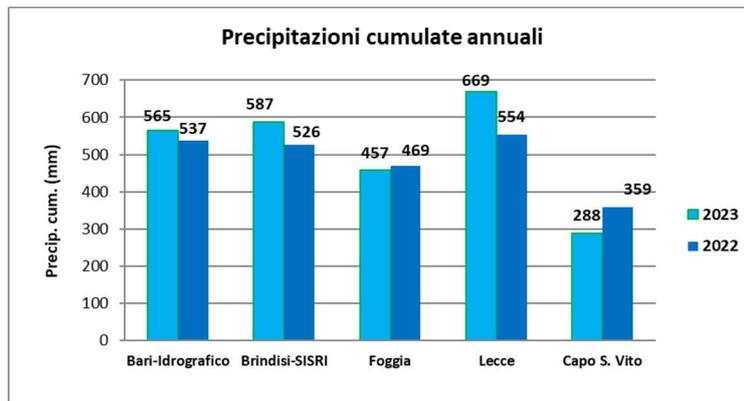
Andamento della radiazione globale media mensile – postazione Capo San Vito



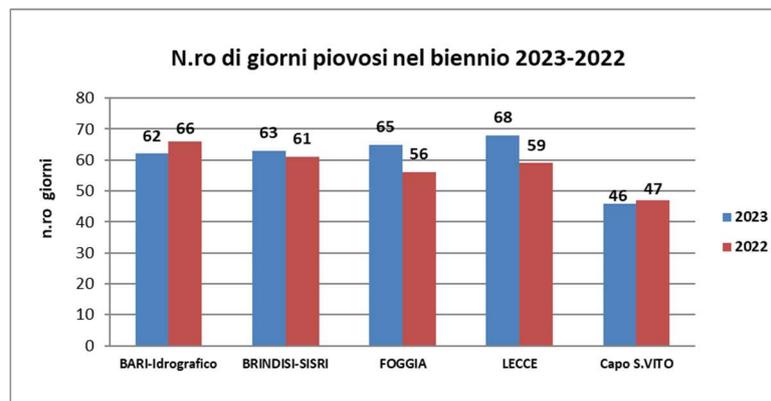
Andamento della radiazione globale media mensile – postazione DAP Foggia

Precipitazione

Nelle figure successive si mostrano, per le centraline considerate, le precipitazioni cumulate annuali, le cumulate stagionali, le cumulate mensili e la loro variazione rispetto all'anno precedente. Laddove disponibili, sono riportati anche i dati climatologici relativi all'andamento annuale della precipitazione cumulata media mensile (calcolata sui periodi indicati in tabella 5 della relazione).



Confronto tra le precipitazioni cumulate annuali relative al 2023 e 2022



Confronto tra il numero di giorni piovosi relativi al 2023 e 2022

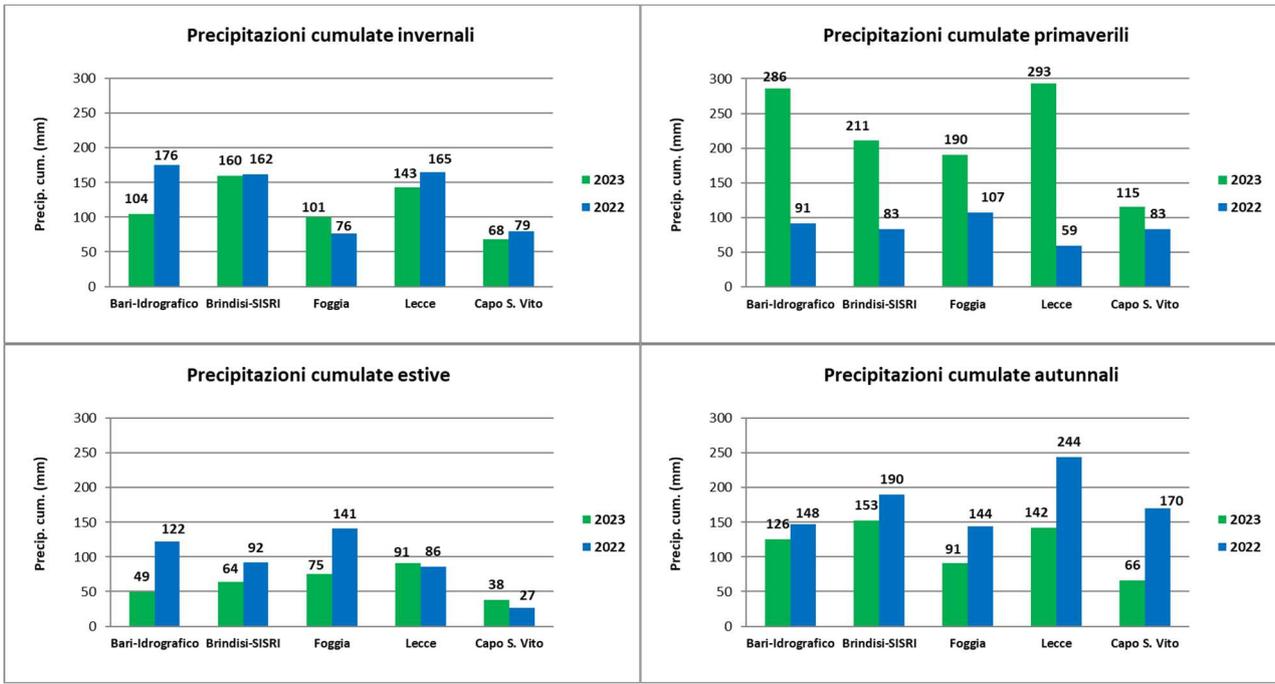
Con riferimento al quantitativo di precipitazione valutato su base annuale, nel 2023 si riscontra un generale aumento rispetto all'anno precedente in tutte le stazioni ad eccezione di Taranto-Capo San Vito (dove si rileva una diminuzione di circa 70 mm della cumulata annuale) e di Foggia (dove si rileva una diminuzione di circa 10 mm). Per quanto riguarda il numero di giorni piovosi riscontrati nel 2023, si rileva un aumento nelle stazioni di Brindisi-SISRI, Foggia e Lecce (Protezione Civile), ed una diminuzione nelle stazioni di Taranto-Capo San Vito e Bari-Idrografico (Protezione Civile).

La stazione di Bari-Idrografico è l'unica per la quale nel 2023 si riscontra un aumento della precipitazione cumulata annuale ed una diminuzione del numero di giorni piovosi, ad indicazione che in tale postazione si siano verificati eventi di precipitazione intensa.

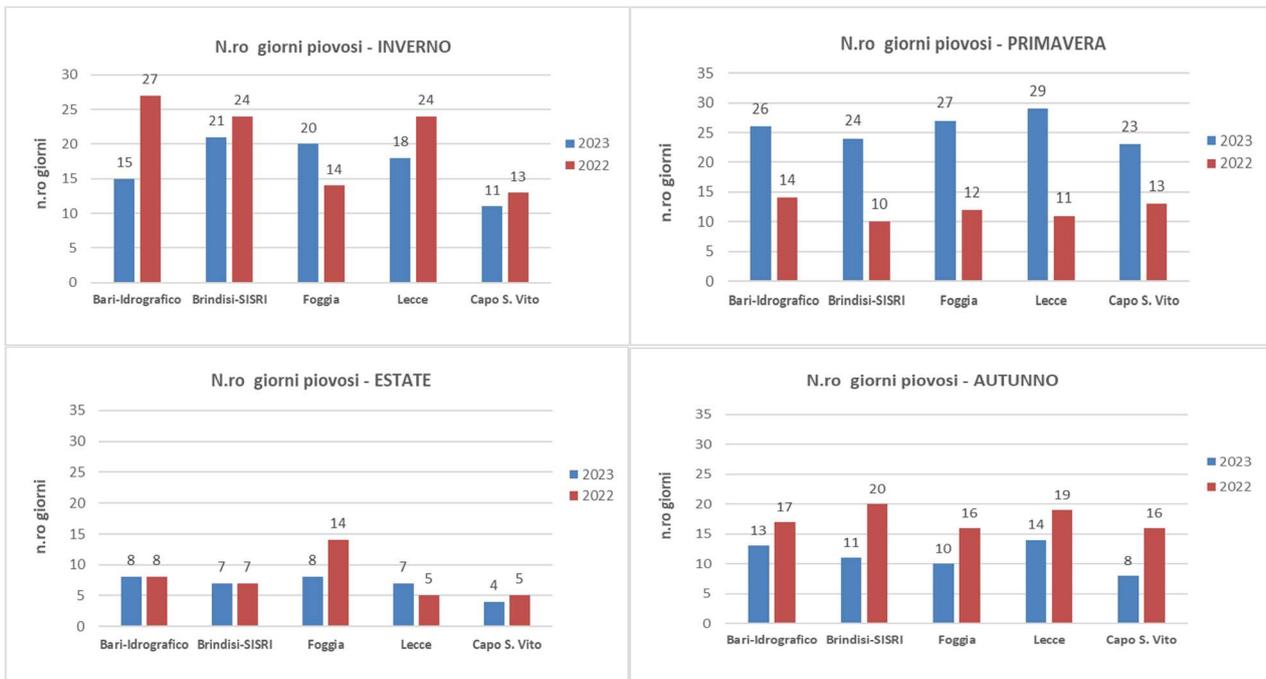
Su base stagionale si rileva, in tutte le postazioni di monitoraggio, un significativo aumento sia delle precipitazioni che del numero dei giorni piovosi durante la stagione primaverile. Nella stagione invernale, invece, si registra una diminuzione della precipitazione cumulata in concomitanza ad una diminuzione del numero dei giorni piovosi in tutte le stazioni ad eccezione di Foggia, dove si rileva un aumento sia delle precipitazioni cumulate che del numero di giorni piovosi.

Una diminuzione delle precipitazioni cumulate si rileva durante la stagione estiva in tutte le postazioni ad eccezione di Lecce, dove la precipitazione cumulata aumenta rispetto all'anno precedente ma il numero dei giorni piovosi diminuisce.

La stagione autunnale del 2023, infine, è stata caratterizzata da una diminuzione sia della precipitazione cumulata che del numero dei giorni piovosi in tutte le postazioni di monitoraggio.

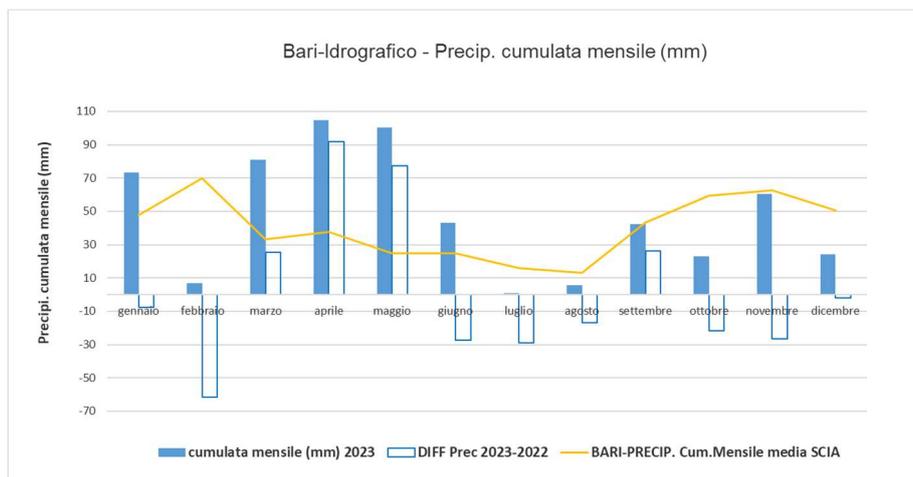


Confronto tra le precipitazioni cumulate stagionali misurate nel 2023 e 2022

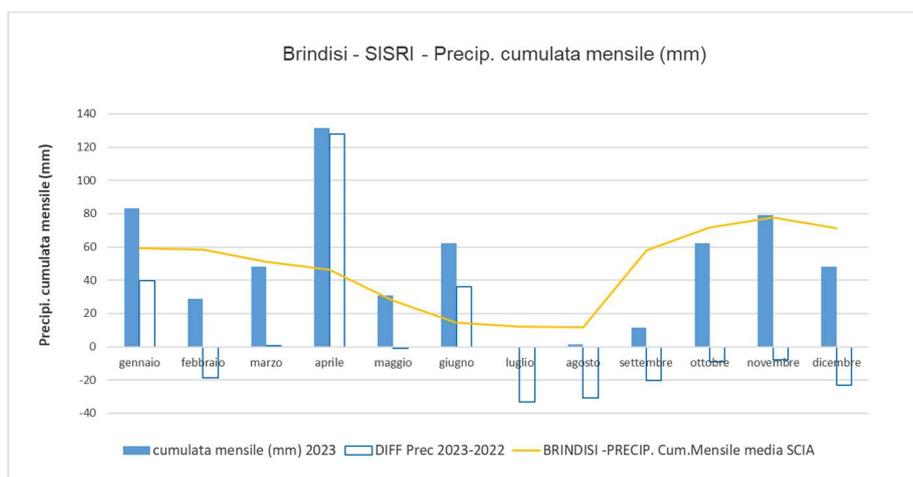


Numero di giorni piovosi per stagione e per centralina relativi al 2023 e al 2022

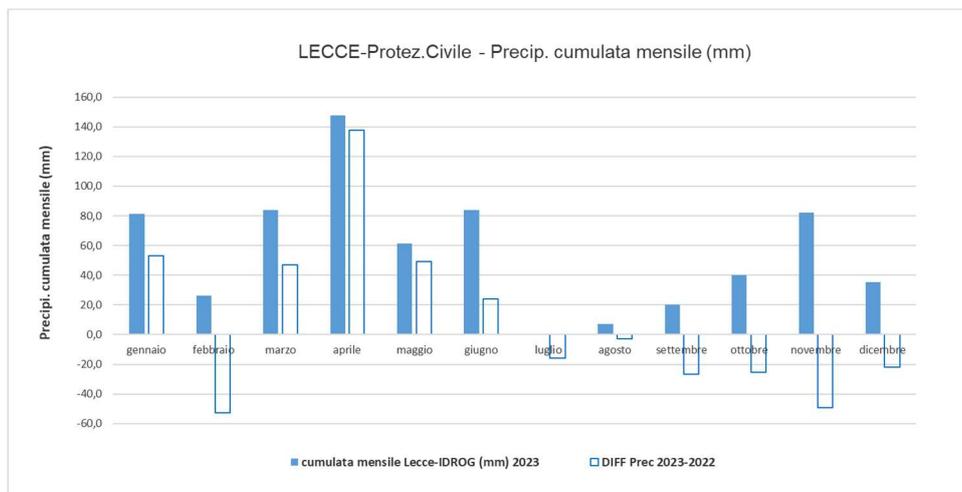
Nelle figure seguenti si mostrano le distribuzioni annuali delle precipitazioni cumulate mensili registrate nel 2023 e le variazioni rispetto all'anno precedente.



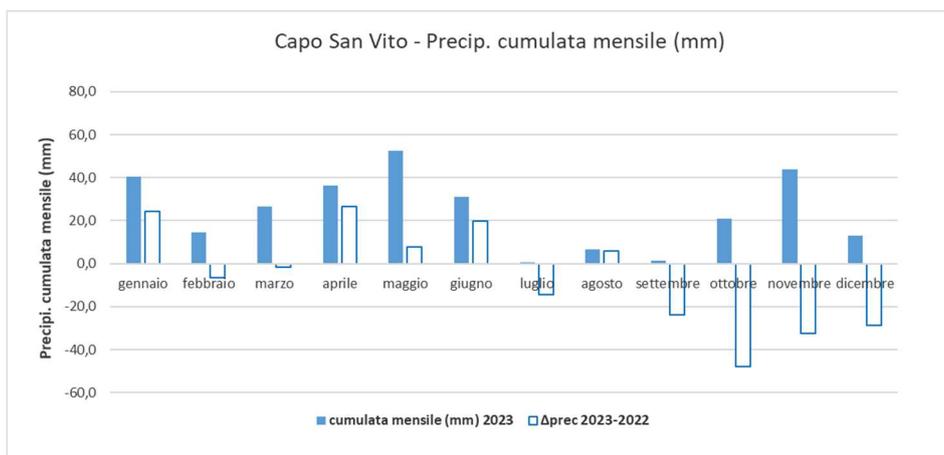
Precipitazioni cumulate mensili 2023 e variazioni rispetto all'anno 2022 – stazione Bari-Idrografico (Centro Funzionale – Protezione Civile Regione Puglia)



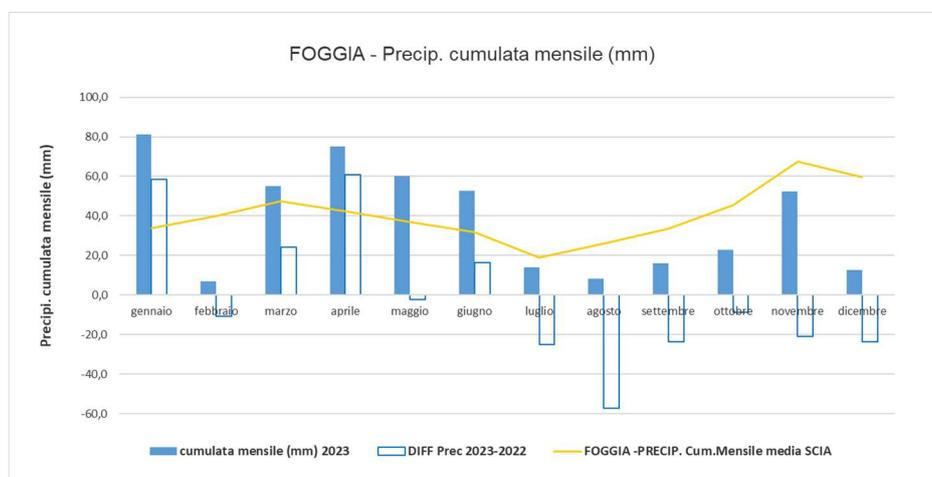
Precipitazioni cumulate mensili 2023 e variazioni rispetto all'anno 2022 – stazione Brindisi-SISRI



Precipitazioni cumulate mensili 2023 e variazioni rispetto all'anno 2022 – stazione Lecce (Centro Funzionale – Protezione Civile Regione Puglia)



Precipitazioni cumulate mensili 2023 e variazioni rispetto all'anno 2022 – stazione Taranto-Capo San Vito



Precipitazioni cumulate mensili 2023 e variazioni rispetto all'anno 2022 – stazione DAP Foggia