

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica "Federico II" di Brindisi
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con unità a gas

Studio di Impatto Ambientale (art.22 D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)
Allegato A – Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria

Ordine A.Q. 8400134283
attivazione N. 3500038650 del 04.04.2019

Note WBS A1300001867
Lettera di trasmissione B9014186

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

PAD B9014357 (2736548) - USO RISERVATO

N. pagine 126 **N. pagine fuori testo** 52

Data 29/11/2019

Elaborato ESC - De Bellis Caterina, ESC - Manzi Giovanni, ESC - D'Aleo Marco
B9014357 92853 AUT B9014357 3575 AUT B9014357 1596735 AUT

Verificato ESC - Pertot Cesare
B9014357 3840 VER

Approvato ESC - Il Responsabile - Pertot Cesare
B9014357 3840 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2019 by CESI. All rights reserved

Indice

1	PREMESSA	5
2	INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO	6
2.1	Caratterizzazione meteorologica.....	6
2.1.1	Classificazione dei climi di Köppen-Geiger	8
2.1.2	Analisi climatologica.....	9
2.2	Caratterizzazione meteorologica.....	16
2.2.1	Temperatura	17
2.2.3	Umidità relativa	19
2.2.5	Precipitazione	20
2.2.6	Velocità e direzione del vento	21
3	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	24
3.1	Quadro normativo	24
3.2	L'inventario delle emissioni	28
3.3	La rete di monitoraggio della qualità dell'aria.....	34
3.4	Lo stato attuale della qualità dell'aria	36
3.4.1	Particolato PM ₁₀	36
3.4.2	Particolato PM _{2.5}	40
3.4.3	Biossido di zolfo.....	43
3.4.4	Biossido di azoto	44
3.4.5	Ozono.....	46
3.4.6	Benzene.....	48
3.4.7	Monossido di carbonio	49
3.4.8	Benzo(a)pirene.....	50
3.4.9	Conclusioni.....	51
4	STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA COMPONENTE ATMOSFERA	53
4.1	Fase di realizzazione.....	53
4.1.1	Descrizione delle attività di cantiere.....	55
4.1.1.1	Area di cantiere	57
4.1.1.2	Mezzi utilizzati per la costruzione	58
4.1.1.3	Movimentazioni di terra.....	59
4.1.1.4	Programma cronologico	59
4.1.2	Stima delle emissioni in fase di cantiere	60
4.1.2.1	Polveri da attività di costruzione	61
4.1.2.1.1	Metodologia di stima delle emissioni	61
4.1.2.1.2	Stima delle emissioni	62
4.1.2.2	Emissioni dai motori dei mezzi d'opera	63
4.1.2.2.1	Metodologia di stima delle emissioni	63
4.1.2.2.2	Stima delle emissioni	64
4.1.2.3	Traffico indotto.....	65
4.1.2.3.1	Metodologia di stima delle emissioni	65
4.1.2.3.2	Stima delle emissioni	66
4.2	Fase di esercizio	67

4.2.1.1	Principi metodologici generali	67
4.2.1.2	Finalità dell'applicazione.....	68
4.2.1.3	Caratteristiche del sito.....	69
4.2.1.4	Caratteristiche delle sorgenti di emissione	70
4.2.1.5	Selezione e composizione dello strumento modellistico	71
4.2.1.5.1	WRF.....	73
4.2.1.5.2	CALMET.....	75
4.2.1.5.3	CALPUFF.....	76
4.2.1.6	Validazione dello strumento modellistico	77
4.2.2	Applicazione al caso in esame.....	77
4.2.2.1	Scala temporale: periodo di simulazione e passo temporale.....	77
4.2.2.2	Scala spaziale: ambito territoriale e risoluzione spaziale.....	78
4.2.2.3	Banche dati	79
4.2.2.3.1	Orografia	79
4.2.2.3.2	Uso del suolo.....	80
4.2.2.4	Sostanze considerate	83
4.2.2.5	Schemi chimici.....	84
4.2.2.6	Effetto Building Downwash	86
4.2.3	Analisi meteorologica.....	86
4.2.3.1	Selezione della stazione meteorologica di confronto.....	86
4.2.3.2	Confronto modello con misure meteorologiche	87
4.2.3.3	Stabilità atmosferica e altezza strato rimescolato nell'area	94
4.2.4	Scenari emissivi	97
4.2.4.1	Scenario attuale.....	99
4.2.4.2	Scenario di progetto.....	100
4.2.4.3	Bilancio massico	101
4.2.5	Stima delle ricadute.....	102
4.2.5.1	Tavole fuori testo.....	102
4.2.5.1.1	SO ₂	103
4.2.5.1.2	NO ₂ e NO _x	104
4.2.5.1.3	PM ₁₀ , PM _{2.5} e SPM.....	104
4.2.5.1.4	CO.....	106
4.2.5.2	Andamento temporale delle concentrazioni in atmosfera	106
4.2.5.3	Confronto coi limiti di legge	107
4.2.5.3.1	Ricadute medie di dominio e nel punto di massima ricaduta del contributo del solo progetto proposto	107
4.2.5.3.2	Ricadute nel punto di massima ricaduta comprensiva della concentrazione di fondo	109
4.2.5.3.3	Recettori sensibili.....	117
4.2.6	Conclusioni.....	120
5	IMPATTI SUL CLIMA	122
6	VALUTAZIONI FINALI.....	123
7	BIBLIOGRAFIA	125

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	29/11/2019	B9014357	Prima emissione

1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano la definizione delle caratteristiche meteorologiche del sito e dello stato attuale della qualità dell'aria, insieme alla valutazione degli impatti sulla componente atmosfera generati dalla realizzazione dell'impianto in progetto e alla verifica del rispetto della normativa vigente in materia di ricaduta delle emissioni in atmosfera associate all'esercizio dell'impianto in assetto attuale e nelle tre fasi della configurazione di progetto.

2 INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

2.1 Caratterizzazione meteoclimatica

La Centrale termoelettrica "Federico II" (Brindisi Sud) sorge nel territorio del Comune di Brindisi in Località Cerano di Tutturano, frazione Sud del capoluogo di Provincia, a circa 12 km a Sud della città di Brindisi e 30 km a Nord della città di Lecce. L'area si affaccia sul litorale brindisino, nel tratto di costa che va da Località Masseria Cerano al confine sud del Comune stesso (Figura 2.1.1).



Figura 2.1.1 - Inquadramento dell'area di indagine.

Nell'ambito della suddivisione dei climi su scala mondiale delineata nel 1931 dal meteorologo e geofisico Köppen (Pinna, 1978), considerata come una delle più coerenti e particolareggiate classificazioni climatiche tra quelle finora proposte, il territorio italiano appartiene all'area dei suddetti climi temperati indicati come di tipo C. Il geografo M. Pinna (Mennella, 1973) allo scopo di adottare una classificazione sufficientemente corretta e adatta alle condizioni proprie del territorio italiano, d'estensione limitata ma comprendente un'ampia classe di climi temperati, ha proceduto all'inquadramento dei climi italiani in una suddivisione più significativa e basata sull'analisi del regime termico dell'Italia, cioè sull'analisi della temperatura media annua, sulla temperatura dei mesi estremi e sui valori dell'escursione.

Dal punto di vista climatico la Regione Puglia si estende principalmente sulla Sezione meridionale del Compartimento Climatico della Dorsale Appenninica.

Più per ragioni d'uniformità che d'identità fisica, il Compartimento appenninico è distinto in tre fasce climatiche longitudinali: una occidentale detta "tirrenica", una "assiale" e una orientale detta "adriatica". Le fasce più affini naturalmente sono quelle prospicienti il mare Tirreno e quello Adriatico, accomunate dal carattere fondamentale della marittimità, mentre la fascia assiale, elevata in media tra gli 800 e i 1400 metri, si distingue per la sua continentalità, benché attenuata per la sua limitata distanza dai due mari. Tra le due fasce marginali comunque sussiste una evidente differenza:

- quella tirrenica è esposta ad occidente e quindi alle correnti aeree dominanti, provenienti dall'Atlantico, e verso un mare aperto, ampio e profondo come appunto il Mar Tirreno;
- quella adriatica fruisce di una esposizione meno favorevole, essendo esposta ad oriente verso un mare quasi chiuso, incassato e poco profondo, presenta un carattere di marittimità attenuato che per certi aspetti diviene addirittura di continentalità.

Una delle conseguenze dovute alla diversa conformazione e disposizione della fascia tirrenica rispetto a quella adriatica è costituita dal fatto che per la prima la latitudine funge da unico fattore differenziatore, mentre per la seconda si evince un diverso comportamento anemologico e una sensibile differenziazione termica che caratterizzano due diverse Sezioni climatiche della fascia longitudinale adriatica, la Sezione Centrale (Marche e Abruzzo) e quella Meridionale (Puglia e pendici orientali della Basilicata). Tale differenziazione è dovuta all'influenza del Gargano (che culmina alla quota dei 1055 metri del monte Calvo), che ripara la Sezione meridionale dalle influenze dei venti settentrionali – ultime espansioni della bora. Più a sud, nella penisola salentina, l'influenza marina diviene più decisa per cui il clima risulta più spiccatamente mediterraneo.

Gli inverni risultano quindi più miti rispetto alle regioni adriatiche (Marche e Abruzzi) a nord, ma l'assenza di protezione da levante espone la regione a masse d'aria fredde e secche d'origine balcanica, producendo temperature minime e minime assolute inferiori a quelle registrate nel versante tirrenico a pari latitudine. Nel semestre estivo masse d'aria d'origine tropicale, spesso collegate a venti di scirocco, inducono nella regione temperature massime tra le più elevate in Italia. Il regime pluviometrico ha caratteristiche nettamente mediterranee con concentrazione delle precipitazioni da ottobre a febbraio e progressivo declino fino al minimo estivo. Sulle zone costiere e sub-costiere, l'influenza del mar Ionio si rende maggiormente efficace introducendo le peculiarità tipiche dei regimi marittimi.

2.1.1 Classificazione dei climi di Köppen-Geiger

Nel sistema di Köppen, ciascun clima viene definito empiricamente in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazione calcolati su base annua o mensile. In tale classificazione non si tiene conto delle cause del clima in termini di pressione e di fasce di venti, di masse d'aria, di fronti o di perturbazioni. È possibile invece assegnare una certa località ad un particolare sottogruppo climatico soltanto sulla base dei dati locali di temperatura e di precipitazioni purché, naturalmente, il periodo di osservazione sia abbastanza lungo da fornire delle medie significative.

In base alla classificazione dei climi di Köppen-Geiger (Figura 2.1.2), la regione di interesse rientra nella tipologia "Csa":

- Gruppo principale: "C", clima temperato delle medie latitudini.
Il mese più freddo ha una temperatura media inferiore a 18 °C ma superiore a -3 °C. Almeno un mese ha una temperatura media superiore a 10 °C. Pertanto i climi "C" hanno sia una stagione estiva, sia una invernale.
- Sottogruppo: "s", stagione asciutta nell'estate del rispettivo emisfero (stagione a sole alto).
- Terzo codice: "a", con estate molto calda
Il mese più caldo è superiore a 22 °C.

Il clima della regione è dunque classificabile come temperato umido con estate asciutta e molto calda.

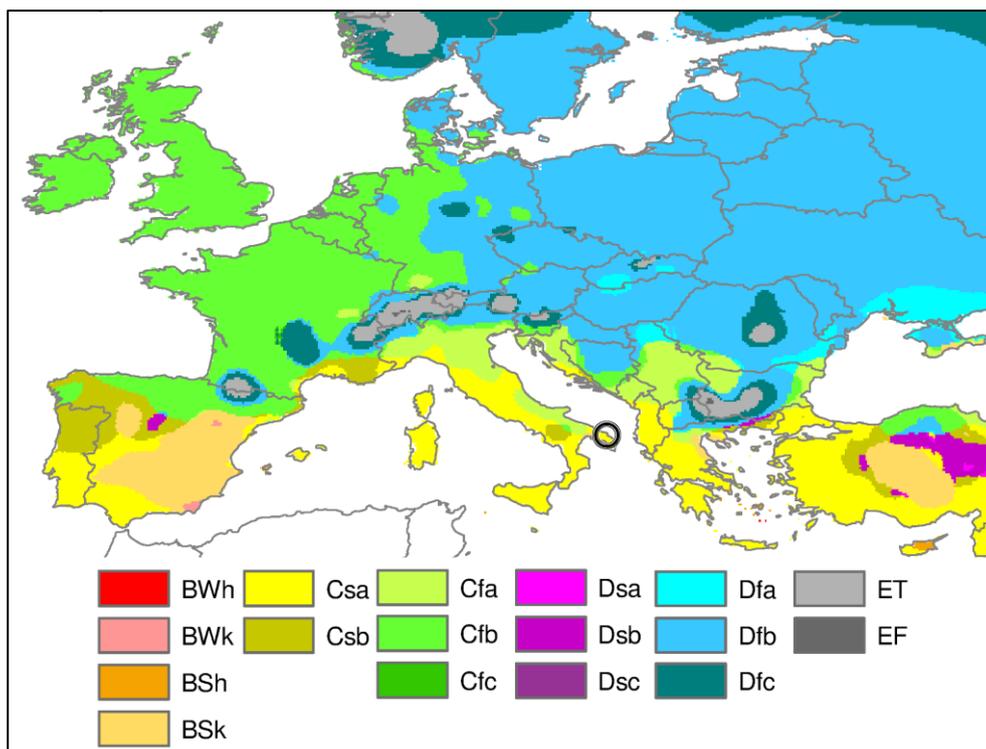


Figura 2.1.2 - Classificazione di Köppen-Geiger.

2.1.2 Analisi climatologica

Al fine di completare l'analisi meteorologica di carattere generale, sono stati analizzati anche i dati disponibili nell'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare per il trentennio 1971-2000 della stazione Brindisi (AM-Puglia, latitudine 40.658, longitudine 17.947, quota 10 m s.l.m.), localizzata, come mostrato in Figura 2.1.3, nei pressi dell'aeroporto di Brindisi-Casale (codice ICAO: LIBR).

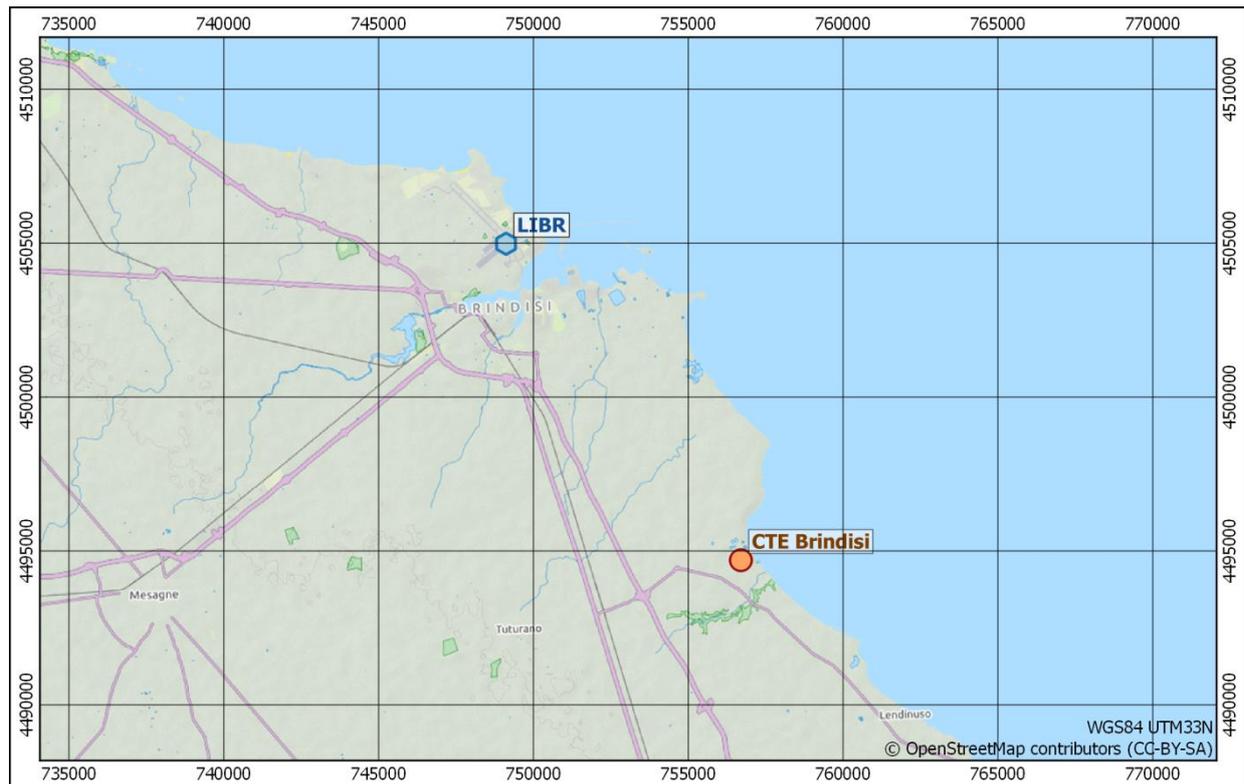


Figura 2.1.3 – Stazioni della Rete Operativa del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare inserite nell'Atlante Climatico d'Italia. Localizzazione stazione Brindisi.

La zona costiera e l'immediato entroterra rappresentato dalle pianure sub-costiere, d'interesse per le finalità di questo studio, evidenziano condizioni termiche poco accentuate, che si rinvergono nella maggior parte della zona litorale dell'Italia.

Gli andamenti delle temperature registrate nel trentennio 1971-2000 sono riportati su base mensile in Figura 2.1.4. I mesi mediamente più freddi risultano essere gennaio e febbraio, quelli più caldi luglio ed agosto. Il valore minimo mensile più basso del trentennio è stato di 6.5 °C, mentre il valore massimo mensile più alto è stato di 29.0 °C.

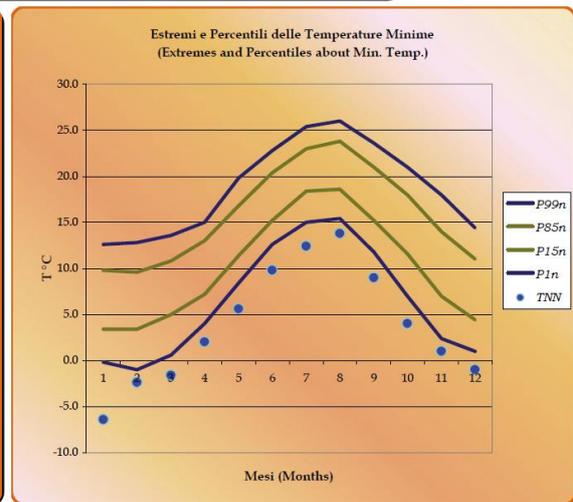
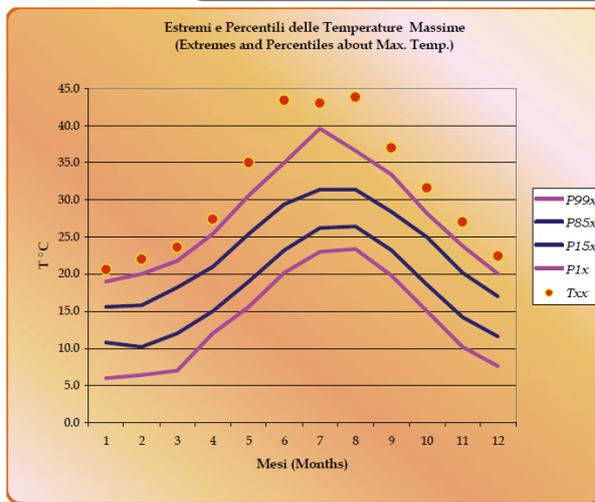
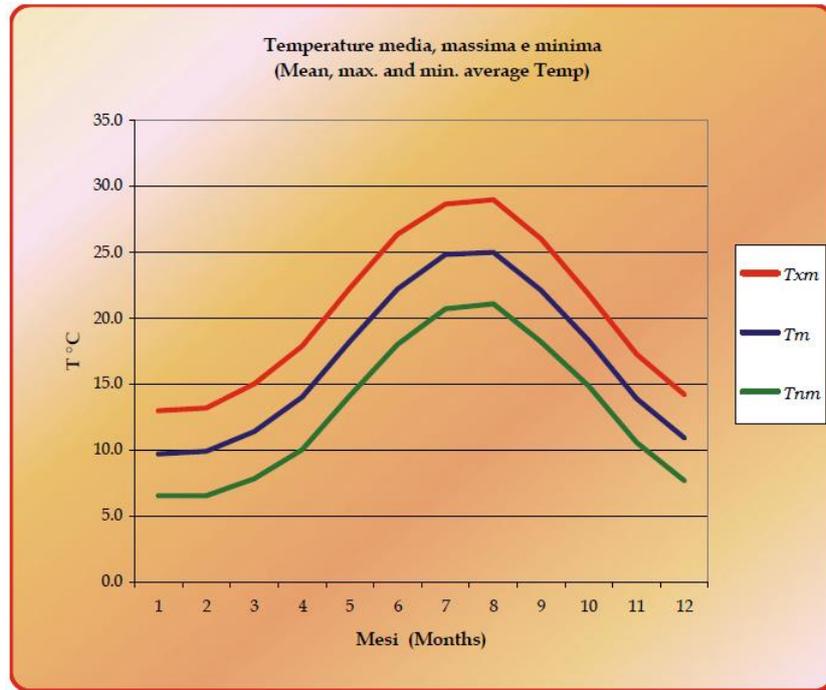


Figura 2.1.4 – Andamenti Mensili Temperature nel trentennio 1971-2000 nella stazione Brindisi (fonte: Atlante Climatico AM).

Il regime pluviometrico è tipicamente marittimo mediterraneo, con massimo principale in novembre o dicembre e minimo principale in luglio, raggiunto attraverso una graduale diminuzione da gennaio a giugno. Gli andamenti delle precipitazioni e dell'umidità relativa registrate nel trentennio 1971-2000 sono riportati su base mensile in Figura 2.1.5. I mesi che fanno registrare mediamente le quantità massime di precipitazioni ("RQ4", quarto quintile della distribuzione delle precipitazioni) sono quelli invernali di febbraio e marzo, e quelli autunnali di ottobre e novembre. I mesi dell'anno che mediamente risultano avere il maggior numero di giorni piovosi risultano quelli compresi tra novembre e febbraio, con circa 8 giorni piovosi ($R > 1$ mm). L'andamento dell'umidità relativa mostra valori massimi delle medie mensili costantemente intorno al 90%, e valori minimi che nei mesi invernali oscillano tra il 60% e il 70%, e in quelli estivi tra il 50% e il 60%. I giorni tipo delle percentuali dei casi con nubi temporalesche nel periodo 1973-2000 sono riportati su base stagionale in Figura 2.1.6. La maggioranza dei fenomeni temporaleschi si verificano nella stagione autunnale, con i picchi che raggiungono circa l'8%.

Le caratteristiche anemologiche dell'area sono il frutto della sovrapposizione del locale regime di brezza terra-mare al quadro anemologico di grande scala dominante sul basso Adriatico e sullo Ionio settentrionale. In quota come al suolo, in assenza di particolari effetti locali vi è una prevalenza delle frequenze di venti occidentali, in particolare da Nord-Ovest. L'influenza dell'esposizione della regione rispetto al mare Adriatico avente come asse longitudinale la direzione NW-SE, si esplica con la presenza di venti meridionali a bassa quota.

In inverno i tipi di tempi perturbato (abbastanza intensi e prolungati) sono quelli con provenienza da est (afflussi d'aria fredda dai Balcani); in particolare, le condizioni di tempo cattivo intense e prolungate sono collegate alla presenza di depressioni sul Golfo di Genova che, attraversate le regioni settentrionali della penisola, procedono verso Sud-Est, recando piogge abbondanti e frequenti sulle regioni adriatiche.

In primavera la fascia d'alte pressioni perdurante sull'Europa Centrale ostacola il transito delle perturbazioni atlantiche che, attraversando il continente europeo più a Nord, solo di rado interessano la Regione Adriatica.

In estate la regione può avere tempo perturbato soltanto ad opera d'instabilità di carattere locale perché le rare depressioni in transito seguono traiettorie molto settentrionali, interessando solo l'Alto Adriatico. La nuvolosità varia rapidamente di giorno ed è più accentuata lungo i crinali dei rilievi ove si formano cumuli imponenti. Nel mese di giugno fanno la prima comparsa le masse d'aria d'origine tropicale, le quali acquistano una notevole prevalenza verso luglio-agosto.

In autunno le traiettorie delle perturbazioni atlantiche e di quelle mediterranee interessano direttamente l'intera Regione Adriatica determinando un progressivo

aumento della piovosità e caratterizzando la stagione autunnale come quella maggiormente interessata dagli eventi temporaleschi. Le perturbazioni risultano più attive poiché le masse d'aria subiscono intensamente l'azione destabilizzante del mare, la cui temperatura si mantiene elevata.

Le rose dei venti delle ore 00, 06, 12 e 18 UTC, elaborate su base stagionale nel trentennio 1971-2000, sono riportate in Figura 2.1.7. In generale si riconoscono, sovrapposti, il regime di brezza terra-mare, con componenti sostanzialmente est-ovest, ed il regime regionale con venti prevalenti nord occidentali e meridionali. Si osserva inoltre una apprezzabile frequenza delle condizioni di calma di vento nelle ore 18, 00 e 06, con percentuali sempre superiori al 20% in tutte le stagioni e un massimo del 41% nelle ore 00 estive. Per le ore 12 si osserva invece una scarsa frequenza delle condizioni di calma di vento, con percentuali sempre inferiori al 10% e un minimo dell'1% nel periodo estivo.

Le direzioni di maggiore frequenza hanno provenienza da Sud (soprattutto in inverno) e da Nord-Ovest (soprattutto nel periodo estivo) con la presenza di una componente da Est alle ore 12 associabile a fenomeni di brezza.

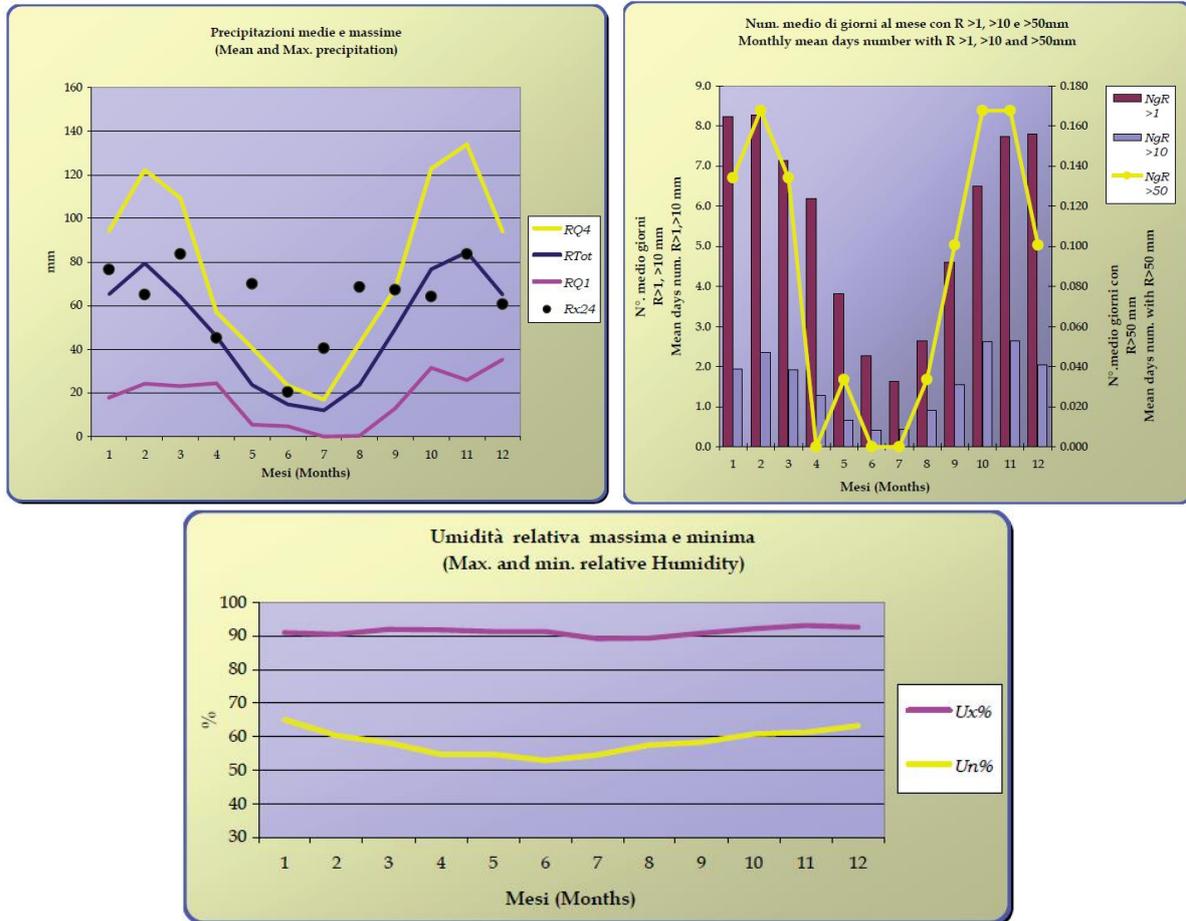


Figura 2.1.5 – Andamenti Mensili Precipitazioni e Umidità relativa nel trentennio 1971-2000 nella stazione Brindisi (fonte: Atlante Climatico AM).

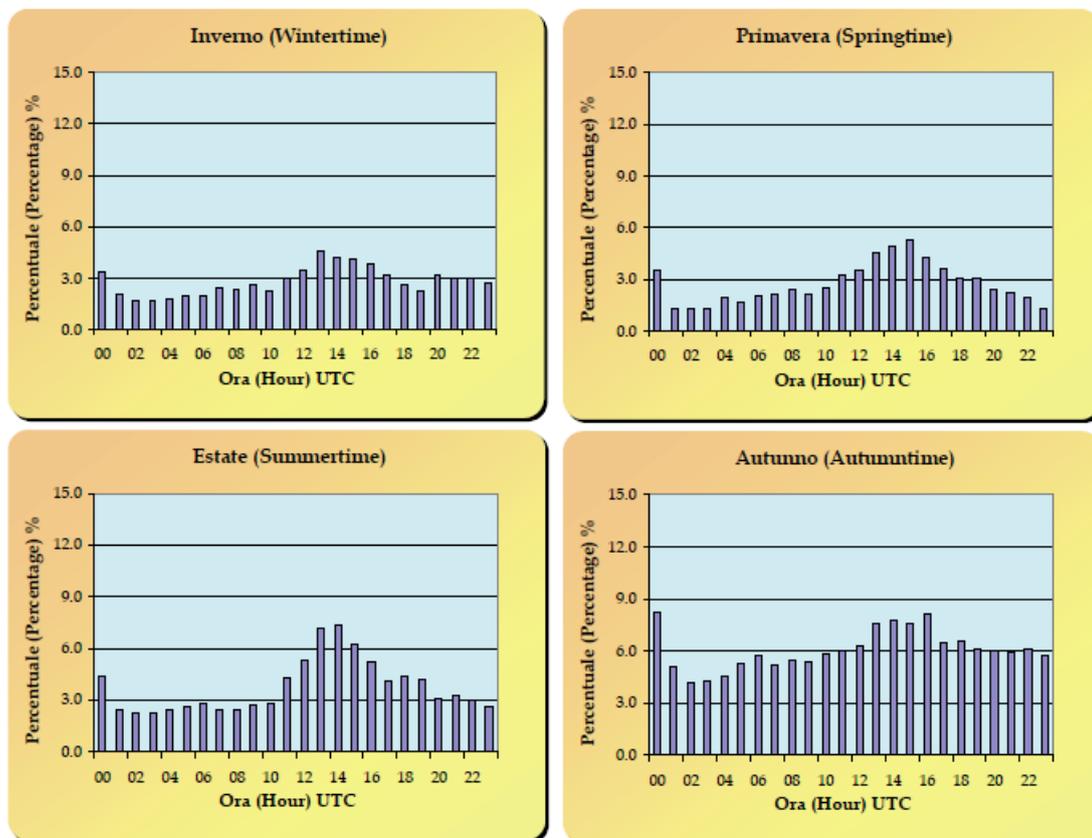


Figura 2.1.6 – Giorni tipo stagionali delle percentuali di casi con nubi temporalesche nel periodo 1973-2000 nella stazione Brindisi (fonte: Atlante Climatico AM).

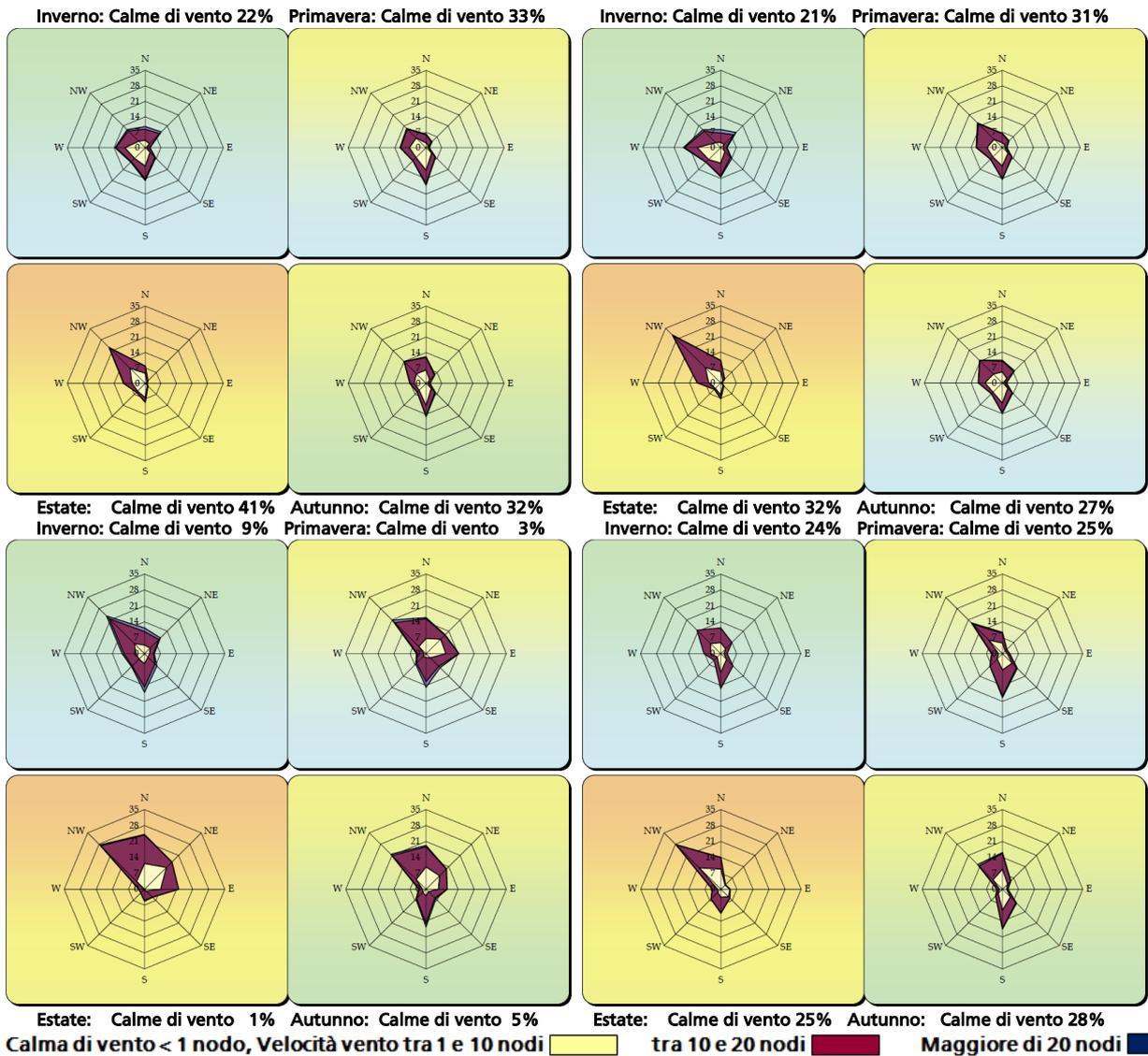


Figura 2.1.7 – Rose dei venti stagionali alle ore 00, 06, 12 e 18 UTC nel trentennio 1971-2000 nella stazione Brindisi (fonte: Atlante Climatico AM).

2.2 Caratterizzazione meteorologica

La caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio è stata condotta, analizzando i dati dei principali parametri meteorologici del quinquennio 2014-2018, registrati su base oraria dalla stazione dell'Aeronautica Militare Brindisi (AM-Puglia, codice ICAO LIBR, coordinate geografiche di 40.658° N e 17.947° E, quota di 10 m s.l.m.) e da quelli registrati con passo semi orario dalla stazione di Brindisi gestita dal Servizio Meteo di ARPA Puglia. Le due stazioni meteorologiche distano, rispettivamente, circa 13 e 11 km in direzione Nord-Ovest dal sito della Centrale (Figura 2.2.1).



Figura 2.2.1 – Centrale Enel di Brindisi e stazioni meteorologiche considerate.

2.2.1 Temperatura

Dalla Tabella 2.2.1 alla Tabella 2.2.2 vengono riportati per ogni mese e per l'intero periodo i valori medi delle temperature del quinquennio 2014-2018 per la stazione LIBR dell'Aeronautica Militare e la stazione di Brindisi dell'ARPA Puglia. I parametri termici riportati sono:

- l'escursione termica (media dei massimi giornalieri - media dei minimi giornalieri);
- la media dei massimi assoluti;
- la media dei massimi giornalieri;
- la media;
- la media dei minimi giornalieri;
- la media dei minimi assoluti.

Dalla Figura 2.2.2 alla Figura 2.2.3 vengono riportati graficamente gli andamenti termici per ognuna delle stazioni.

Tabella 2.2.1 - Valori della temperatura dell'aria nella stazione LIBR dell'AM

Regime Termico (°C) – LIBR AM - Dati 2014-2018													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Med.
Escursione	6.6	7.1	7.2	7.4	7.2	6.8	6.6	6.4	6.7	6.5	6.2	6.5	6.8
Massima	22.0	24.0	24.0	26.0	32.0	38.0	36.0	37.0	37.0	29.0	24.0	21.0	38.0
Media massima	13.5	14.9	16.1	19.1	22.2	26.6	29.0	29.4	26.1	21.7	18.0	14.2	21.0
Media	10.3	11.4	12.5	15.4	18.8	23.4	26.0	26.3	22.9	18.6	15.0	11.1	17.7
Media minima	6.9	7.8	8.9	11.7	15.0	19.8	22.4	23.0	19.4	15.2	11.8	7.7	14.2
Minima	-2.0	-1.0	1.0	6.0	9.0	14.0	18.0	16.0	11.0	0.0	4.0	-1.0	-2.0

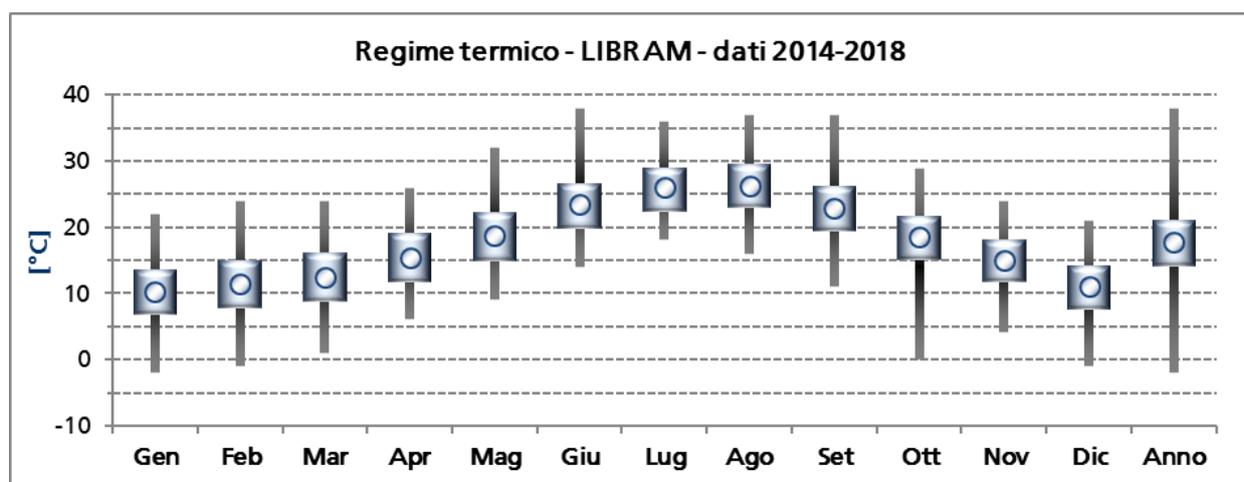


Figura 2.2.2 – Regime Termico nella stazione LIBR dell'AM

Tabella 2.2.2 - Valori della temperatura dell'aria nella stazione ARPA di Brindisi

Regime Termico (°C) - Brindisi - Dati 2014-2018													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Med.
Escursione	6.4	7.1	7.3	8.3	8.3	8.1	8.3	7.6	7.7	7.3	6.2	6.6	7.4
Massima	19.1	21.4	23.1	29.1	31.7	37.3	37.2	37.0	35.3	28.6	24.8	20.1	37.3
Media massima	13.5	15.4	16.6	19.8	23.6	28.2	31.0	30.5	26.8	22.8	18.4	14.8	22.0
Media	10.1	11.5	12.7	15.4	19.4	24.2	27.0	26.6	22.8	18.9	15.1	11.3	18.1
Media minima	7.1	8.3	9.3	11.5	15.3	20.1	22.7	22.9	19.1	15.5	12.2	8.2	14.5
Minima	-1.8	2.4	3.1	6.4	9.8	13.4	17.2	18.5	14.0	9.8	5.1	-0.1	-1.8

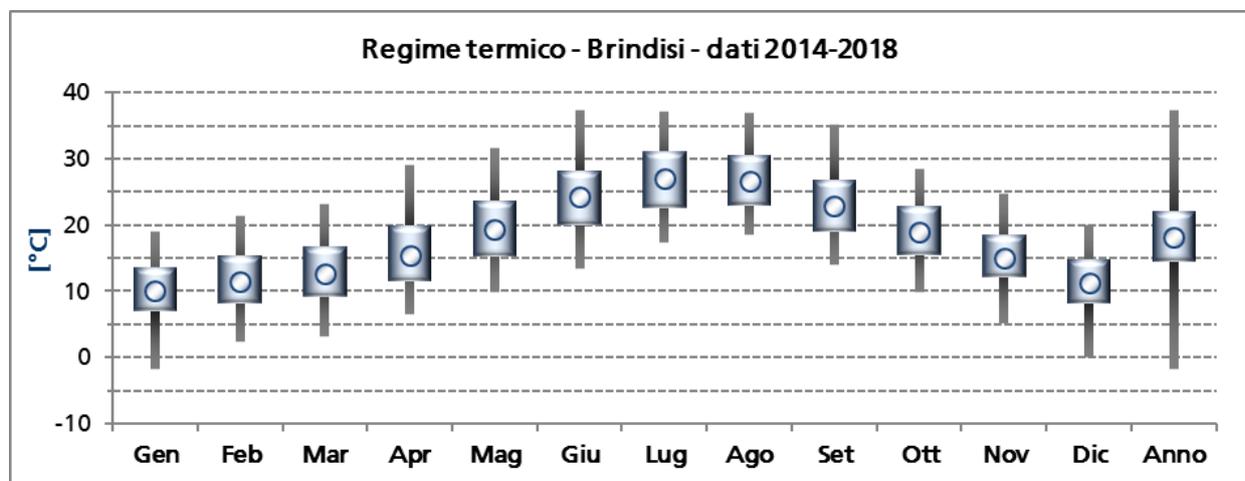


Figura 2.2.3 – Regime Termico nella stazione ARPA di Brindisi

L'analisi dei dati mette in evidenza come mediamente nel quinquennio la temperatura sia di circa 18 °C, la maggiore ventilazione della postazione sulla costa (LIBR AM), fa sì che la media dei massimi, nei mesi più caldi, sia sempre inferiore a quella della postazione ARPA di Brindisi, con valori che risultano di circa 1.5 °C più bassi. I valori assoluti, risultano maggiori/minori nella postazione sulla costa con il massimo assoluto di 38 °C registrato nel giugno 2016 e il minimo assoluto di -2 °C in gennaio 2015.

2.2.3 Umidità relativa

In Figura 2.2.4 e in Figura 2.2.5 sono riportati gli andamenti medi dell'umidità relativa del quinquennio 2014-2018 nella stazione LIBR dell'Aeronautica Militare e nella stazione di Brindisi dell'ARPA Puglia.

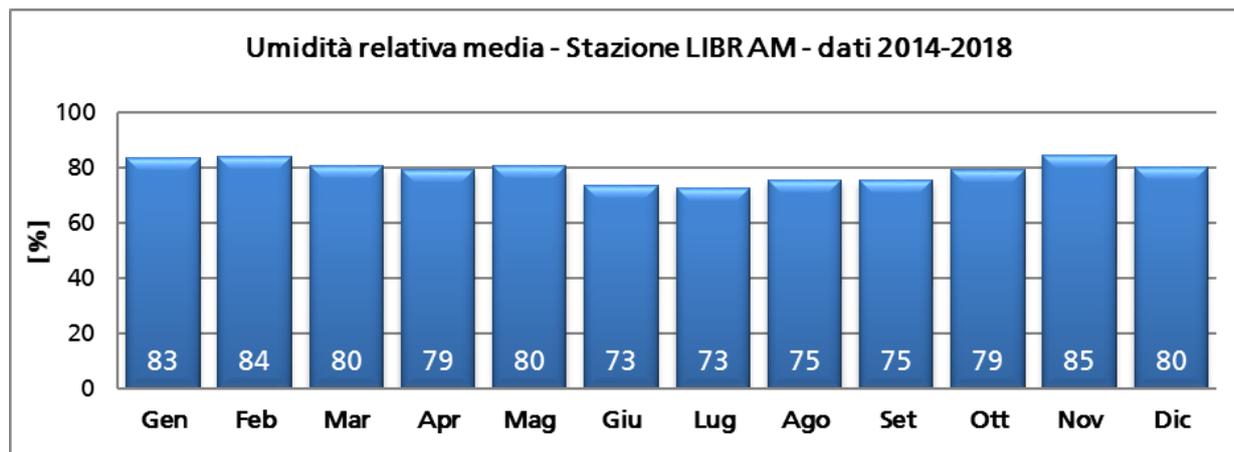


Figura 2.2.4 – Umidità relativa nella stazione LIBR dell'AM

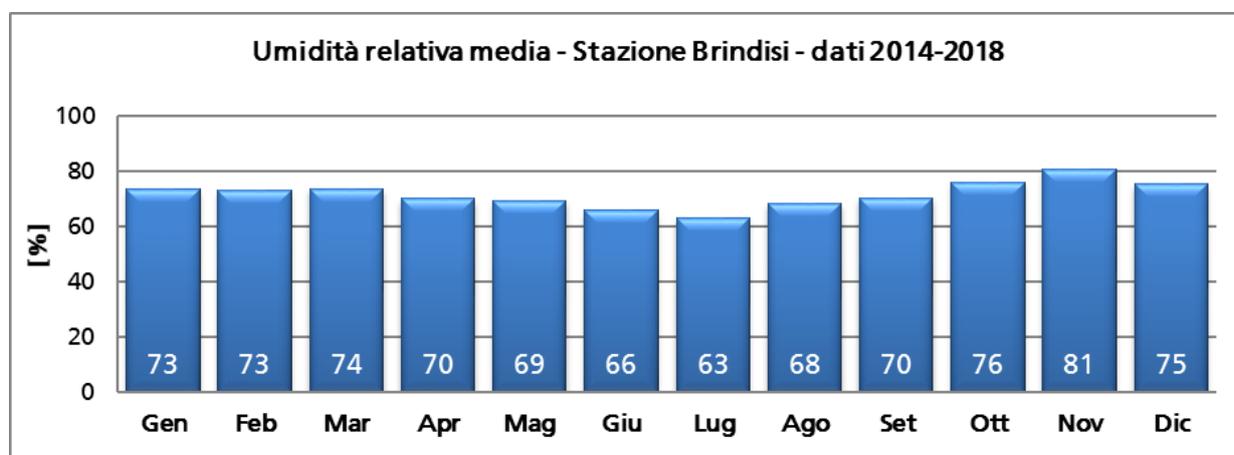


Figura 2.2.5 – Umidità relativa nella stazione ARPA di Brindisi

L'analisi dei dati di umidità relativa mostra valori mediamente più alti del 5-10% per la stazione più prossima al mare.

2.2.5 Precipitazione

Nella Tabella 2.2.3 ed in Figura 2.2.6 vengono riportati per ogni mese e per l'anno i valori delle precipitazioni del quinquennio 2014-2018 per la stazione di Brindisi dell'ARPA Puglia. I parametri pluviometrici riportati sono:

- la disponibilità percentuale dei dati;
- la media dei giorni piovosi (precipitazione > 1mm) nel mese o nell'anno;
- la media delle precipitazioni nel mese o nell'anno;
- la precipitazione massima giornaliera nel mese o nell'anno;
- la precipitazione massima oraria nel mese o nell'anno;

Tabella 2.2.3 - Precipitazione nella stazione ARPA di Brindisi

Regime Pluviometrico - Brindisi - Dati 2014-2018													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Disponibilità (%)	76.1	87.2	100.0	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	95.3	98.7	100.0	98.1	96.1
Giorni piovosi (#)	4.6	4.0	5.6	4.4	4.2	3.0	1.0	1.8	6.8	7.2	8.0	4.2	54.8
Precipitazione media (mm mese o anno)	25.3	39.3	51.4	26.3	38.0	24.9	9.0	11.2	61.1	76.9	66.4	22.7	452.4
Precipitazione massima giornal. (mm)	12.0	64.0	30.4	21.6	62.2	28.0	19.2	17.2	35.6	49.4	90.0	12.8	90.0
Precipitazione massima oraria (mm)	7.2	19.2	15.6	7.4	29.0	27.8	19.0	13.6	27.0	23.2	55.2	8.8	55.2

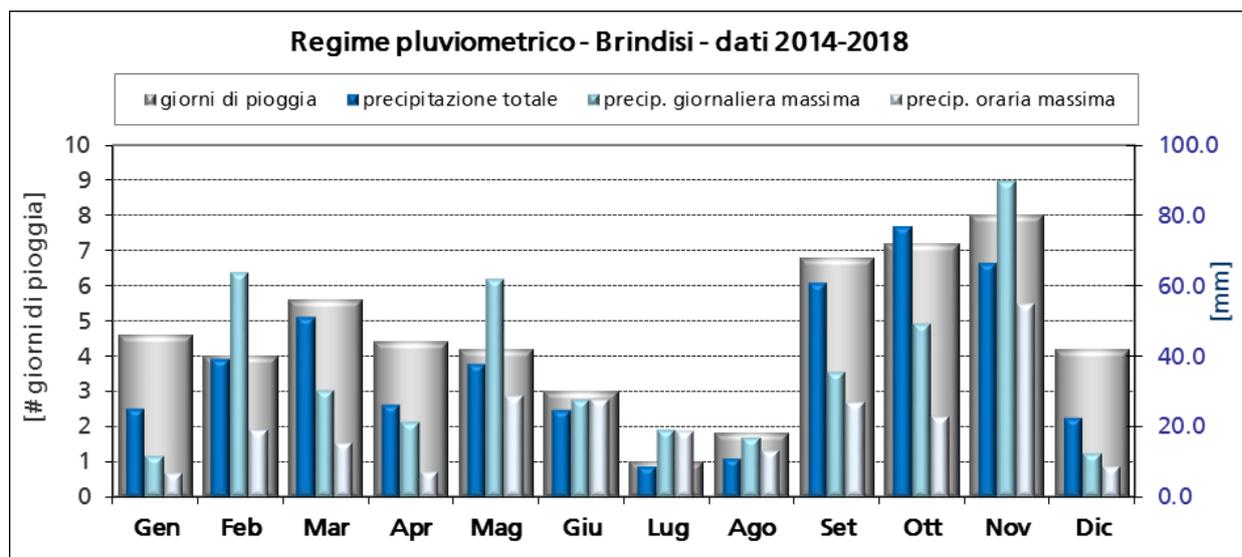


Figura 2.2.6 – Regime Pluviometrico nella stazione ARPA di Brindisi

L'analisi dei dati evidenzia un massimo di piovosità autunnale (tra settembre e novembre, con valori compresi tra i 60 e gli 80 mm/mese) ed un minimo estivo (luglio ed agosto, con valori intorno ai 10 mm/mese). Il numero di giorni piovosi (con precipitazione cumulata di almeno 1 mm/giorno) risultano mediamente compresi tra i 4 e i 6 giorni nel periodo

invernale e primaverile (tra dicembre e maggio), tra 1 e 3 giorni nel periodo estivo (da giugno ad agosto) e tra i 6 e gli 8 giorni in autunno (tra settembre e novembre).

2.2.6 Velocità e direzione del vento

In Figura 2.2.7e in Figura 2.2.8 sono riportate le rose dei venti totale (in alto), quella relativa alle sole ore diurne (in basso a sinistra) e quella relativa alle sole ore notturne (in basso a destra), del quinquennio 2014-2018 per la stazione LIBR dell'Aeronautica Militare e la stazione di Brindisi dell'ARPA Puglia.

L'analisi dei dati mette in evidenza la maggiore ventosità che si riscontra nella stazione costiera LIBR dell'Aeronautica Militare, con l'intensità media annua di 4.6 m/s e una percentuale di calme di poco superiore all'1%, a fronte di un'intensità media annua di 1.7 m/s e una percentuale di calme superiori al 9% riscontrate nella stazione più interna per la stazione di Brindisi dell'ARPA Puglia.

Le maggiori frequenze di provenienza dei venti risultano essere quelle dai settori settentrionali, che raggiungono l'8 e il 13%, rispettivamente per LIBR e Brindisi, cui si contrappongono, meno frequentemente, 4 e 6%, quelle dai settori meridionali, conseguenza della generale circolazione sinottica a scala regionale. È possibile evidenziare anche i regimi locali di brezza, più evidenti nella stazione costiera, che sono provenienti dal mare nelle ore diurne (provenienze da Est) e dalla terra nelle ore notturne (da Ovest).

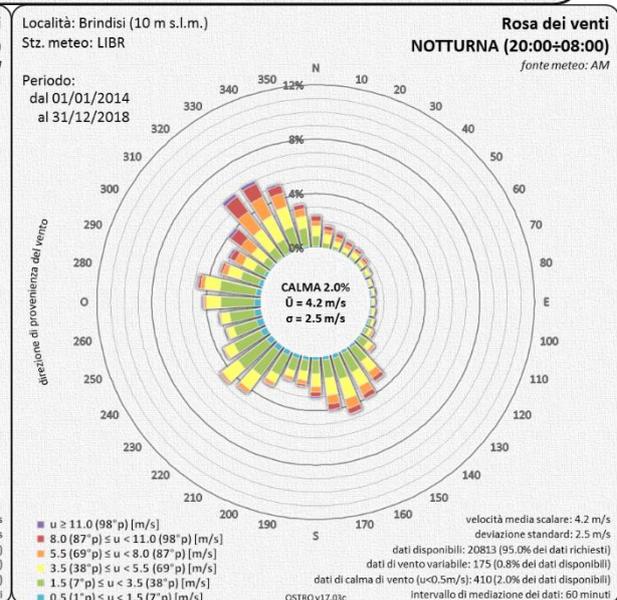
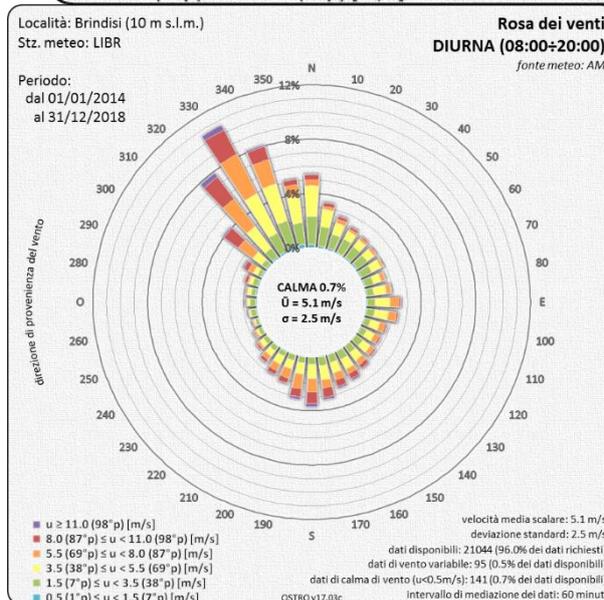
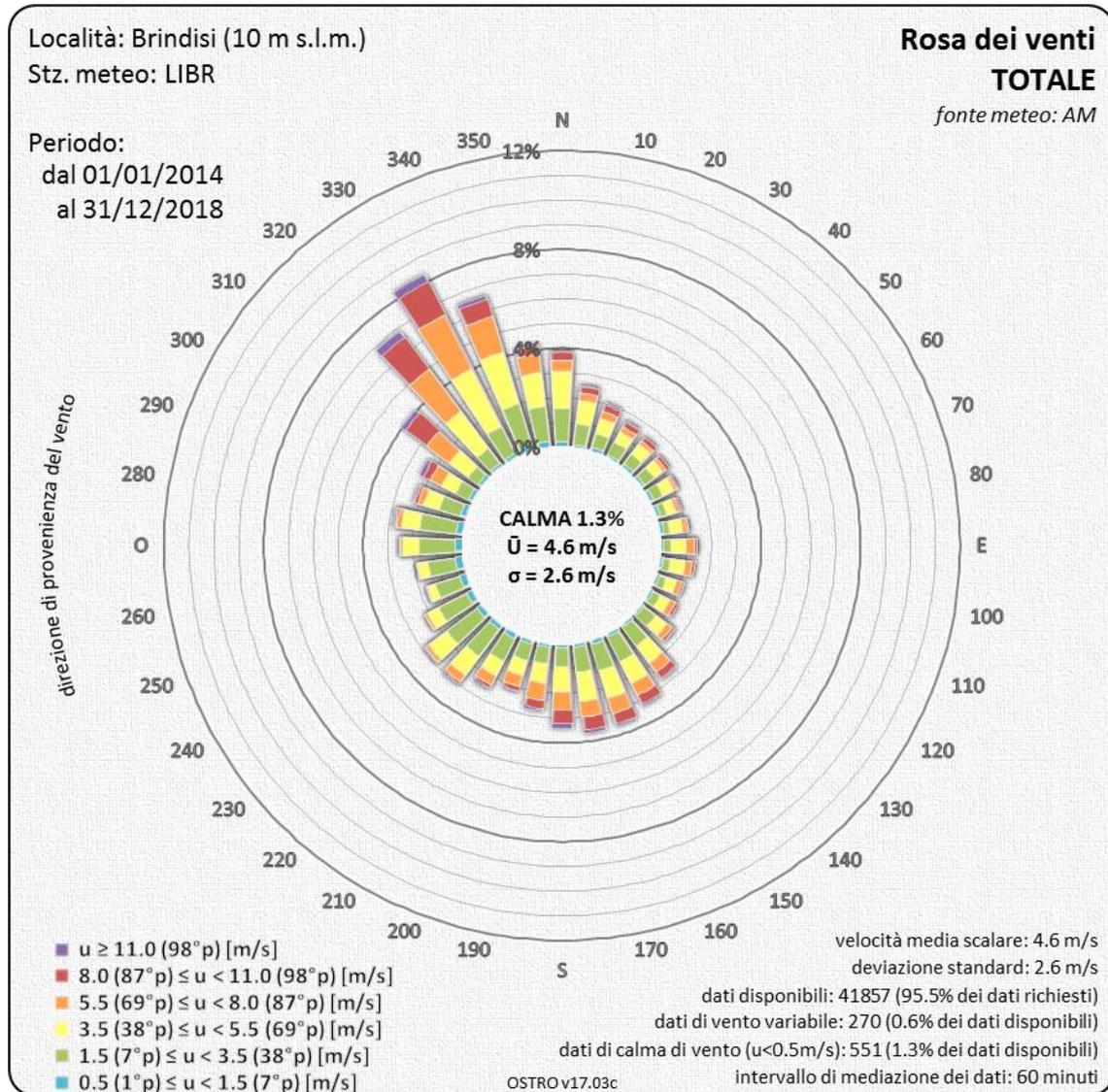


Figura 2.2.7 – Rose dei venti totale, diurna e notturna della stazione LIBR AM

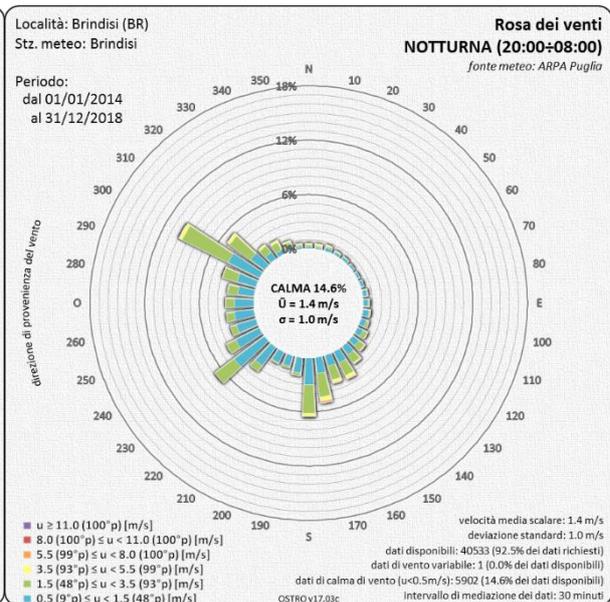
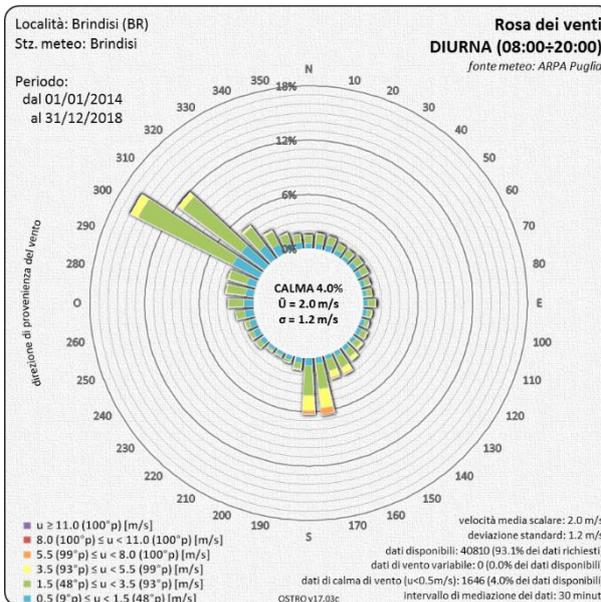
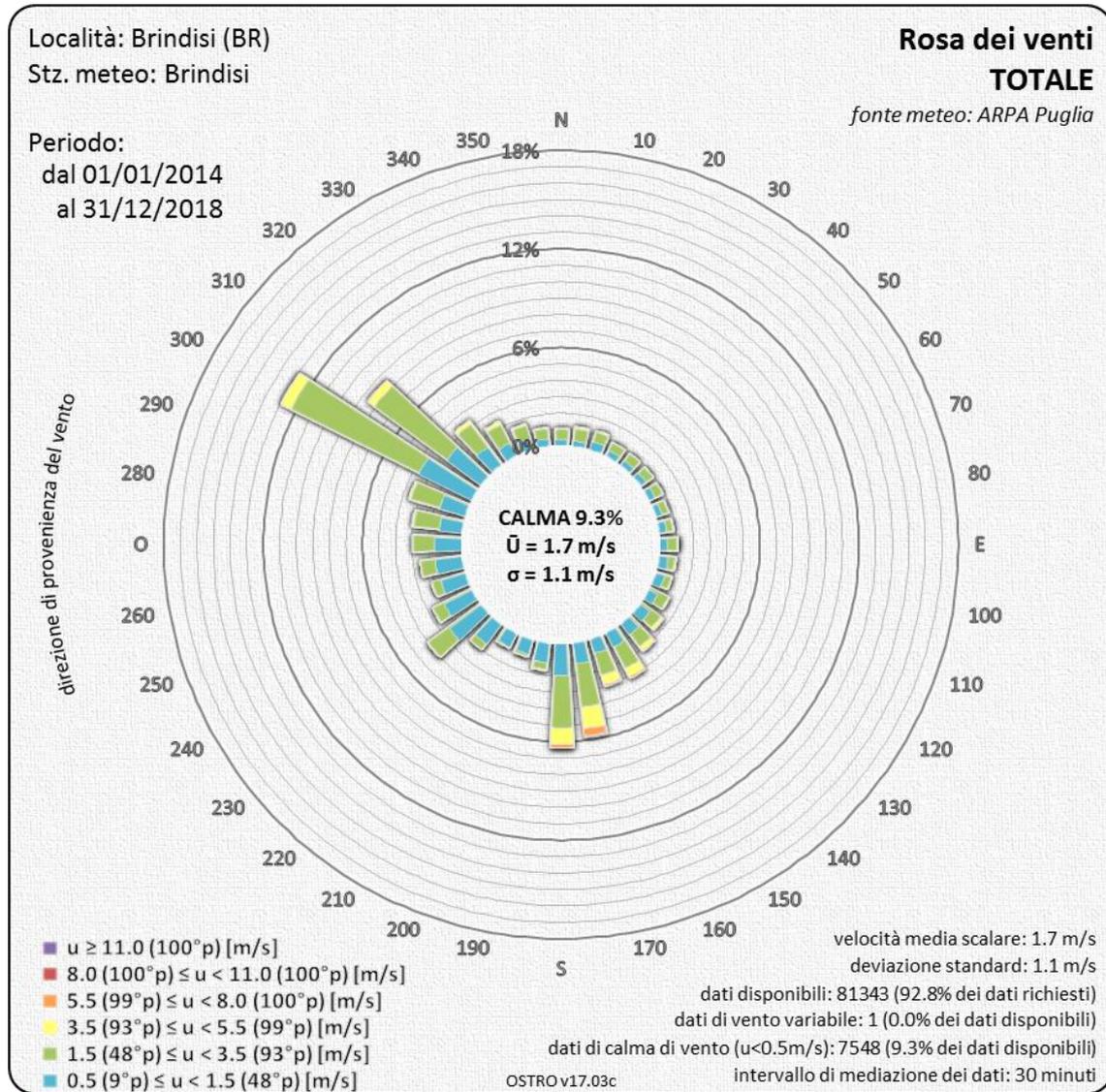


Figura 2.2.8 – Rose dei venti totale, diurna e notturna della stazione ARPA Brindisi.

3 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1 Quadro normativo

A livello europeo, la Direttiva Quadro 96/62/CE del 27 settembre 1996 sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente ha fornito un quadro di riferimento per il monitoraggio delle sostanze inquinanti da parte degli Stati membri, per lo scambio di dati e le informazioni ai cittadini. Successivamente la Direttiva 1999/30/CE (concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo), la Direttiva 2000/69/CE (concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente) e la Direttiva 2002/3/CE (relativa all'ozono nell'aria), hanno stabilito sia gli standard di qualità dell'aria per le diverse sostanze inquinanti, in relazione alla protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi, sia i criteri e le tecniche che gli Stati membri devono adottare per le misure delle concentrazioni di inquinanti, compresi l'ubicazione e il numero minimo di stazioni e le tecniche di campionamento e misura.

Successivamente la Direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008 (relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) ha istituito delle misure volte a:

- definire e stabilire obiettivi di qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente negli Stati membri sulla base di metodi e criteri comuni;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente per contribuire alla lotta contro l'inquinamento dell'aria e gli effetti nocivi e per monitorare le tendenze a lungo termine e i miglioramenti ottenuti con l'applicazione delle misure nazionali e comunitarie;
- garantire che le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente siano messe a disposizione del pubblico;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove sia buona, e migliorarla negli altri casi;
- promuovere una maggiore cooperazione tra gli Stati membri nella lotta contro l'inquinamento atmosferico.

Con lo scopo di riunire le disposizioni delle precedenti direttive in un'unica Direttiva, l'art.31 della Direttiva 2008/50/CE prevede che *"le direttive 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE e 2002/3/CE siano abrogate a decorrere dall'11 giugno 2010, fatti salvi gli obblighi degli Stati membri riguardanti i termini per il recepimento o dall'applicazione delle suddette direttive"*. Una novità rispetto ai precedenti strumenti normativi è l'introduzione di specifici obiettivi e valori limite per il PM_{2,5}, al fine di garantire la protezione della salute umana, senza tuttavia modificare gli standard di qualità dell'aria esistenti. Gli Stati membri hanno però un maggiore margine di manovra per raggiungere

alcuni dei valori fissati nelle zone in cui hanno difficoltà a rispettarli (la conformità ai valori limite fissati per il PM₁₀ si rivela infatti problematica per quasi tutti gli Stati membri dell'UE).

La legislazione nazionale relativa all'inquinamento atmosferico ha recepito la Direttiva europea 2008/50/CE "Relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" con la pubblicazione del D.Lgs. n.155 del 13 agosto 2010. Tale Decreto Legislativo, in vigore dal 30 settembre 2010, costituisce una sorta di testo unico sulla qualità dell'aria, abrogando la normativa previgente (D.Lgs.351/99, D.M. 60/2002, D.Lgs.183/2004, D.Lgs.152/2007, D.M. 261/2002) e raccogliendo in un'unica norma le strategie generali, i parametri da monitorare, le modalità di rilevazione, i livelli di valutazione, i limiti, livelli critici e valori obiettivo di alcuni parametri e i criteri di qualità dei dati.

Il D.Lgs. 155/2010 definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni di diversi inquinanti. In particolare definisce:

- Valore Limite (VL): livello che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- Valore Obiettivo (VO): livello da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- Livello Critico (LC): livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani;
- Margine di tolleranza: percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del VL;
- Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- Soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- Obiettivo a lungo termine: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate;
- Indicatore di esposizione media: livello da verificare sulla base di selezionate stazioni di fondo nazionali che riflette l'esposizione media della popolazione;
- Obbligo di concentrazione dell'esposizione: livello da raggiungere entro una data prestabilita;
- Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione: riduzione percentuale dell'esposizione media rispetto ad un anno di riferimento, da raggiungere entro una data prestabilita.

Nelle seguenti Tabelle vengono riportati i valori limite i valori obiettivo, i livelli critici per la vegetazione e le soglie di allarme contenuti nel D.Lgs. 155/2010.

Anche l'ozono – inquinante secondario che si forma, attraverso reazioni fotochimiche, a partire da inquinanti precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) in presenza della luce del sole – ha effetti sulla salute dell'uomo e sulla vegetazione. Il Decreto Legislativo n. 155/2010, recependo quanto già contenuto nel DL 183/04, mantiene in essere un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono in tutto il territorio nazionale, confermando valori obiettivo, obiettivi a lungo termine, soglia di informazione e soglia di allarme da perseguire secondo una tempistica stabilita (Tabella 3.1.5e Tabella 3.1.6).

Tabella 3.1.1 - Valori Limite (Allegato XI, D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore Limite
Biossido di zolfo (SO ₂)	orario (non più di 24 volte all'anno)	350 µg/m ³
	giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125 µg/m ³
Biossido di azoto (NO ₂)	orario (per non più di 18 volte all'anno)	200 µg/m ³
	annuo	40 µg/m ³
Benzene (C ₆ H ₆)	annuo	5.0 µg/m ³
Monossido di carbonio (CO)	media massima giornaliera su 8 ore ⁽¹⁾	10 mg/m ³
Piombo (Pb)	annuo	0.5 µg/m ³
Particolato PM ₁₀	giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50 µg/m ³
	annuo	40 µg/m ³
Particolato PM _{2,5}	annuo al 2015 ⁽²⁾	25 µg/m ³

⁽¹⁾ La massima concentrazione media sulle 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

⁽²⁾ Margine di tolleranza: 20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2015.

Tabella 3.1.2 - Valori Obiettivo (Allegato XIII, D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Parametro e Periodo di mediazione	Valore Obiettivo
Arsenico (As)	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM ₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6.0 ng/m ³
Cadmio (Cd)		5.0 ng/m ³
Nichel (Ni)		20.0 ng/m ³
Benzo(a)pirene		1.0 ng/m ³
Data raggiungimento obiettivo: 31/12/2012 (art. 9 – comma 2 del D.Lgs.)		

Tabella 3.1.3 - Livelli critici per la vegetazione (Allegato XI D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Livello Critico
Biossido di zolfo (SO ₂)	annuo	20 µg/m ³
	invernale (01 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³
Ossidi di azoto (NO _x)	annuo	30 µg/m ³

Tabella 3.1.4 – Soglie di allarme (Allegato XII D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Periodo di mediazione	Soglia di allarme
Biossido di zolfo (SO ₂)	per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	500 µg/m ³
Ossidi di azoto (NO _x)		400 µg/m ³

Tabella 3.1.5 – Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono – O₃ (Allegato VII D.Lgs. 155/2010)

Valori obiettivo			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽³⁾
Protezione della salute umana	media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile ⁽¹⁾	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 ÷ 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽²⁾ calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18'000 µg/(m ³ ·h) come media su 5 anni	2015 (dati 2010 ÷ 2014)
Obiettivi a lungo termine			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽⁴⁾
Protezione della salute umana	media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile ⁽¹⁾	120 µg/m ³	Non definito
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽²⁾ calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6'000 µg/(m ³ ·h)	Non definito

⁽¹⁾ La massima concentrazione media sulle 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

⁽²⁾ per AOT40, espresso in µg/(m³·h), si intende la somma della differenza tra le concentrazioni > 80 µg/m³ e 80 µg/m³ rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

⁽³⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo.

⁽⁴⁾ Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine.

Tabella 3.1.6 – Soglie di informazione e allarme per l’ozono – O₃ (Allegato XII D.Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	orario	180 µg/m ³
Allarme	orario ⁽¹⁾	240 µg/m ³

⁽¹⁾ Per l’applicazione dell’art. 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

3.2 L’inventario delle emissioni

L’inventario delle emissioni in atmosfera rappresenta uno degli strumenti conoscitivi a supporto della gestione della qualità dell’aria a livello regionale, in quanto raccoglie in un unico database i valori delle emissioni, in un’unità spazio-temporale definita, disaggregati per attività (ad es. trasporti, allevamenti, industria), unità territoriale (ad es. regione, provincia, comune) e temporale (un anno, un mese, un’ora ecc.), combustibile utilizzato (benzina, gasolio, metano, ecc.), inquinante (NO_x, CO, ecc.) e tipologia di emissione (puntuale, diffusa, ecc.). L’inventario viene redatto e periodicamente aggiornato in ottemperanza all’art. 22 del D.Lgs. 155/2010.

La Regione Puglia, con D.G.R. 1111/2009, ha affidato ad ARPA Puglia la gestione, l’implementazione e l’aggiornamento dell’Inventario Regionale delle emissioni in atmosfera conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente.

La Regione Puglia ha aderito ad una convenzione interregionale per il supporto e lo sviluppo del software IN.EM.AR. (INventario EMissioni ARia), inizialmente realizzato dalle Regioni Lombardia e Piemonte. IN.EM.AR. è un database progettato per realizzare l’inventario delle emissioni in atmosfera, ovvero stimare le emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti, per ogni attività della classificazione Corinair e tipo di combustibile. Nel 2009 una nuova convenzione per lo sviluppo e l’utilizzo congiunto di IN.EM.AR. nel triennio 2009-2011 è stata sottoscritta da Regione Lombardia, Regione Piemonte, Regione Emilia Romagna, Regione Veneto, Regione Puglia, ARPA Friuli Venezia Giulia, ARPA Provincia autonoma di Bolzano, ARPA provincia autonoma di Trento e Regione Marche.

Il gruppo di lavoro Emissioni del Centro Regionale Aria di ARPA Puglia ha realizzato l’inventario regionale delle emissioni in atmosfera per il 2013, attualmente i risultati dell’inventario sono disponibili al link <http://www.inemar.arpa.puglia.it/Home.asp>. Sono disponibili anche le versioni dell’inventario Regionale realizzate negli anni 2010, 2007 e 2005 (rev. 2010).

La classificazione delle emissioni si articola in Macrosettori, Settori ed Attività emissive catalogate secondo la nomenclatura SNAP97 (Selected Nomenclature for Air Pollution 97). In Tabella 3.2.1 sono riportati gli 11 Macrosettori che compongono la nomenclatura.

Tabella 3.2.1 - Elenco dei Macrosettori secondo la nomenclatura SNAP97

Macrosettore	Descrizione
01	Combustione – Energia e industria di trasformazione
02	Combustione – Non industriale
03	Combustione – Industria
04	Processi Produttivi
05	Estrazione, distribuzione combustibili fossili / geotermico
06	Uso di solventi
07	Trasporti Stradali
08	Altre Sorgenti Mobili
09	Trattamento e Smaltimento Rifiuti
10	Agricoltura
11	Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti

INEMAR Puglia 2013 è la quarta edizione dell’inventario regionale delle emissioni in atmosfera e raccoglie le stime a livello comunale dei principali macroinquinanti e microinquinanti derivanti dalle attività naturali ed antropiche riferite all’anno 2013 nella regione Puglia. I macroinquinanti stimati nell’inventario sono: SO₂ (biossido di zolfo), NO_x (ossidi totali di azoto), COV (composti organici volatili), CH₄ (metano), CO (monossido di carbonio), CO₂ (anidride carbonica), N₂O (Protossido di azoto), NH₃ (ammoniaca), PM₁₀ (polveri fini aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 µm), PM_{2.5} (polveri fini aventi diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm), PTS (polveri totali sospese).

In Tabella 3.2.2 e in Tabella 3.2.3 sono riportate rispettivamente le quantità di inquinanti emessi in provincia di Brindisi e nell’intera regione Puglia ripartite per i diversi Macrosettori.

In Figura 3.2.1 e in Figura 3.2.2 si evidenzia il peso di ciascun macrosettore emissivo nel concorrere a formare il totale provinciale e regionale. L’analisi che segue mette in evidenza per ogni macrosettore la rilevanza che lo stesso ha, a livello regionale e provinciale, nell’emissione dei singoli inquinanti. La soglia utilizzata in questa analisi per ritenere rilevante l’influenza del macrosettore è quella del 15%. Dall’analisi emerge che:

- il ruolo del macrosettore 01 “Combustione – Energia e industria di trasformazione”, (macrosettore che ricomprende non solo l’attività di produzione di energia elettrica ma anche l’industria di trasformazione quali la raffinazione e il teleriscaldamento), che a livello regionale risulta rilevante solo nella formazione di CO₂ (61%), SO₂ (53%) e NO_x (20%) a livello provinciale gioca invece un ruolo che, oltre ad essere ancora più rilevante, per CO₂ (93%), SO₂ (82%) e NO_x (60%), ha un peso anche per N₂O (59%) e PTS(16%);

- il ruolo del macrosettore 02 "Combustione non industriale", risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione della maggioranza di PM_{2.5} (56 e 70%), PM₁₀ (44 e 64%), COV (41 e 56%), PTS (35 e 52%), e CO (26 e 59%);
- il ruolo del macrosettore 03 "Combustione nell'industria", a livello regionale risulta rilevante per la formazione di CO (36%) e , SO₂ (23%), mentre a livello provinciale non è rilevante per nessun inquinante;
- il ruolo del macrosettore 04 "Processi produttivi" non raggiunge la soglia del 15% per nessun inquinante, l'apporto massimo a livello regionale lo si ha per il PM₁₀ e il PTS (10%) mentre a livello provinciale l'apporto massimo lo si ha per i COV (12%);
- il ruolo del macrosettore 05 "Estrazione e distribuzione combustibili" non raggiunge la soglia del 15% per nessun inquinante, l'apporto massimo a livello regionale lo si ha per il CH₄ (12%) mentre a livello provinciale l'apporto massimo lo si ha per i COV (9%);
- il ruolo del macrosettore 06 "Uso di solventi" concorre sia a livello regionale che provinciale solo alla formazione di COV, con una rilevanza che risulta essere rispettivamente del 18 e 8%;
- il ruolo del macrosettore 07 "Trasporto su strada", risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale nella formazione di NO_x (43 e 15%) e CO (21 e 20%) nonché a livello regionale di circa il 18% di PM_{2.5}, PM₁₀, PTS e COV;
- il ruolo del macrosettore 08 "Altre sorgenti mobili e macchinari" risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per l'SO₂ (21 e 17%) e per l'NO_x (17 e 16%);
- il ruolo del macrosettore 09 "Trattamento e smaltimento dei rifiuti", concorre in modo rilevante, sia a livello regionale che provinciale, solo alla formazione di CH₄ con una rilevanza che risulta essere rispettivamente del 44 e 66%;
- il ruolo del macrosettore 10 "Agricoltura", risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione della grande maggioranza di NH₃ (94 e 87%), di buona parte dell'N₂O (74 e 22%), nonché del 32 e 14% di CH₄;
- il ruolo del macrosettore 11 "Altre sorgenti e assorbenti" non raggiunge la soglia del 15% per nessun inquinante, l'apporto massimo a livello regionale lo si ha per il PTS (14%) e il PM₁₀ (12%), mentre a livello provinciale è trascurabile per tutti gli inquinanti.

È opportuno sottolineare che il peso che un determinato macrosettore ha in termini emissivi (ovvero in termini di pressione che esso esercita sull'atmosfera) non corrisponde al peso che tale macrosettore ha in termini di qualità dell'aria (ovvero in termini di contributo allo stato della qualità dell'aria) poiché il rapporto causa (emissione) ed effetto

(concentrazione in aria ambiente, o immissione) dipende fortemente dalla modalità con cui l'emissione avviene in atmosfera.

Emissioni puntuali o diffuse, in quota o al suolo, calde o fredde hanno interazioni profondamente diverse con la dinamica dell'atmosfera e, conseguentemente, hanno effetti differenti sulla qualità dell'aria.

La valutazione della relazione tra emissione ed il suo effetto sulla qualità dell'aria richiede necessariamente l'applicazione di codici di calcolo (modelli di dispersione) come quelli applicati nel presente studio per la valutazione degli effetti indotti dalle emissioni della centrale.

Tabella 3.2.2 – Emissioni nella Provincia di Brindisi nel 2013 ripartite per Macrosettori

Macrosettori	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS	CO ₂ eq	Precurs. O ₃	Tot. acidif. (H+)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
1 - Produzione energia e trasformazione combustibili	5 604	7 376	278	214	2 541	14 380	221	4	106	129	315	14 453	9 558	336
2 - Combustione non industriale	47	439	5 302	815	13 290	298	41	25	979	1 012	1 055	327	7 311	12
3 - Combustione nell'industria	31	114	3	1	297	60	1	3	3	6	10	60	175	4
4 - Processi produttivi	18	699	1 175		657	39		4	46	101	129	39	2 099	16
5 - Estrazione e distribuzione combustibili			873	725								15	883	
6 - Uso di solventi		0	765					0	0	0	4	0	765	0.0
7 - Trasporto su strada	3	1 807	887	58	4 525	453	15	40	102	136	172	459	3 591	42
8 - Altre sorgenti mobili e macchinari	1 164	1 927	286	1	746	134	3	0.1	150	164	270	135	2 719	78
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	0		0	5 937	3	17	10	0				144	84	0
10 - Agricoltura	0	5	3	1 237	18		82	517	3	6	9	51	28	31
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	2	12	32	25	346	16	0	3	3	31	48	16	85	0.5
Totale	6 868	12 379	9 603	9 013	22 422	15 397	372	596	1 393	1 584	2 013	15 701	27 298	519

Tabella 3.2.3 – Emissioni nella regione Puglia nel 2013 ripartite per Macrosettori

Macrosettori	SO _x (t/a)	NO _x (t/a)	COV (t/a)	CH ₄ (t/a)	CO (t/a)	CO ₂ (kt/a)	N ₂ O (t/a)	NH ₃ (t/a)	PM2.5 (t/a)	PM10 (t/a)	PTS (t/a)	CO ₂ eq (kt/a)	PREC O ₃ (t/a)	SOST ACIDIF.
	1 - Produzione energia e trasformazione combustibili	11 946	12 373	497	428	13 025	26 125	304	110	188	244	565	26 228	17 031
2 - Combustione non industriale	320	3 170	21 897	3 627	57 576	3 278	215	108	4 089	4 229	4 407	3 421	32 148	85
3 - Combustione nell'industria	5 235	8 447	1 512	2 393	80 323	5 320	87	66	136	279	706	5 397	20 686	351
4 - Processi produttivi	232	881	3 523	1 076	1 971	1 161	0	48	615	990	1 264	1 183	4 830	29
5 - Estrazione e distribuzione combustibili	1	29	3 630	9 443	10				15	46	129	198	3 798	1
6 - Uso di solventi	0.0	0	9 321					0	31	32	111	2	9 322	0.0
7 - Trasporto su strada	32	26 821	9 527	659	48 210	5 581	189	423	1 358	1 775	2 229	5 654	47 561	609
8 - Altre sorgenti mobili e macchinari	4 785	10 464	1 632	13	5 216	748	25	1.0	738	793	1 240	756	14 972	377
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	3	74	14	34 920	57	112	99	4	2	2	2	876	600	2
10 - Agricoltura	8	247	71	24 943	418		2 581	14 276	71	112	189	1 324	768	845
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	131	653	1 719	1 240	18 577	198	3	148	92	1 120	1 730	224	4 577	27.0
Totale	22 693	63 161	53 343	78 741	225 382	42 523	3 503	15 184	7 335	9 624	12 573	45 264	156 293	2 975

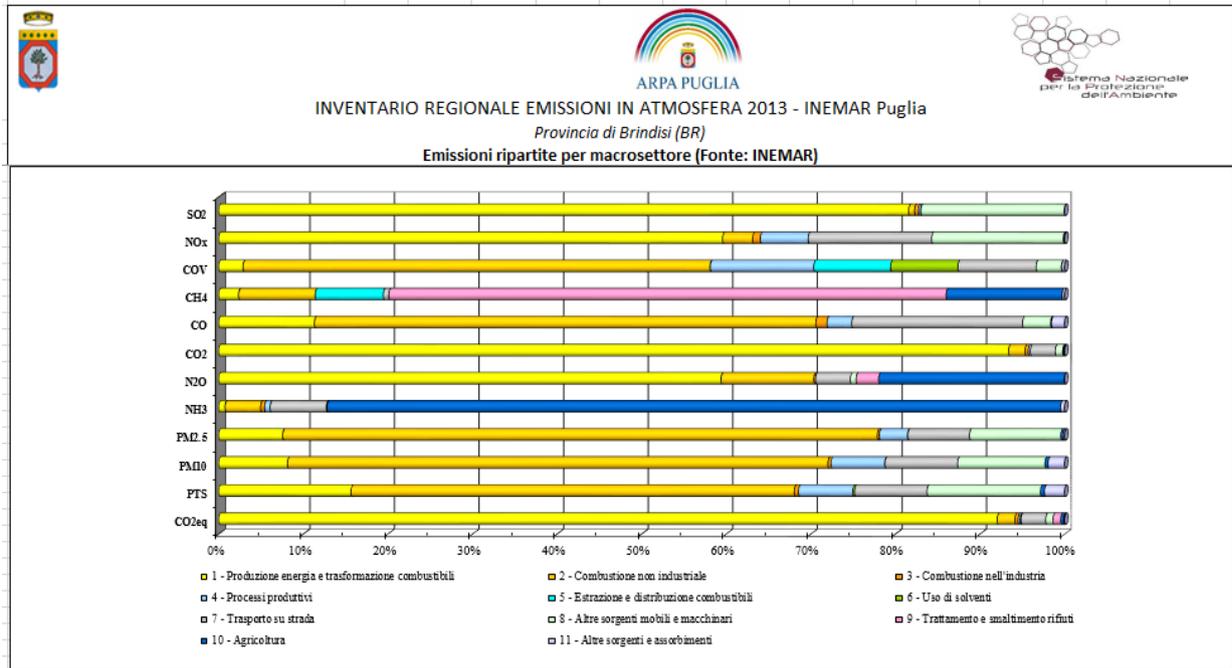


Figura 3.2.1 – Provincia di Brindisi - Emissioni % per Macrosettori nel 2013 (INEMAR Puglia)

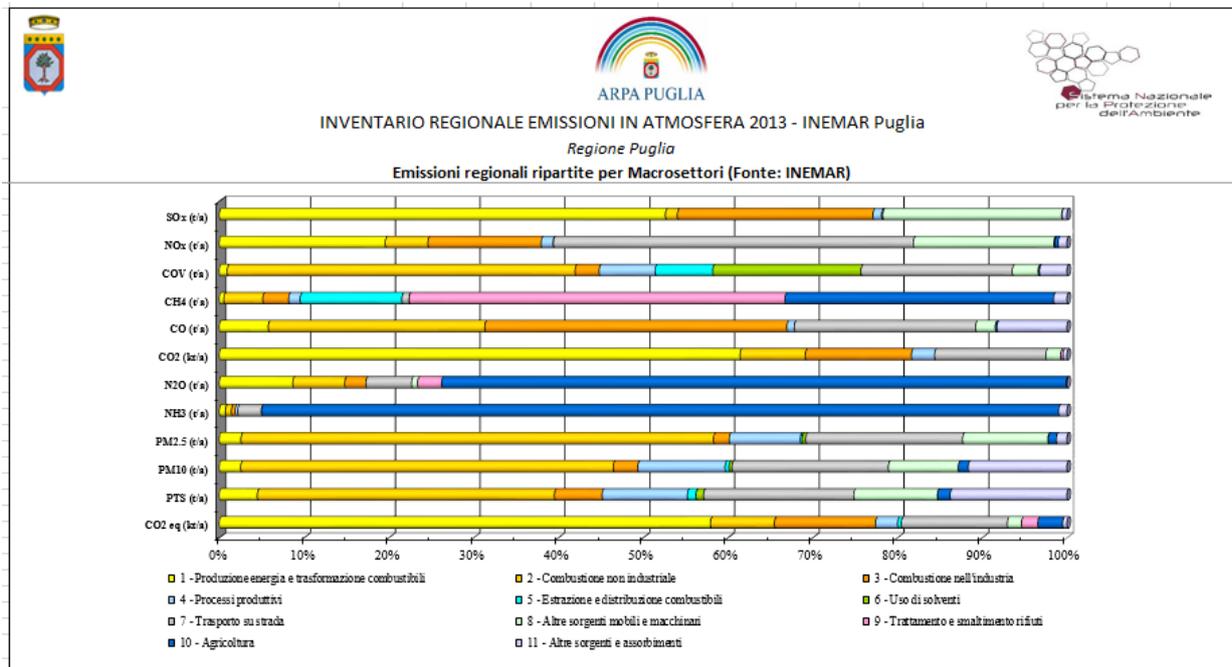


Figura 3.2.2 – Regione Puglia - Emissioni % per Macrosettori nel 2013 (INEMAR Puglia)

3.3 La rete di monitoraggio della qualità dell'aria

ARPA Puglia realizza il monitoraggio della qualità dell'aria regionale attraverso molteplici strumenti, il più importante dei quali è la Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA), approvata con D.G.R. 2420/2013 della Regione Puglia e costituita da 53 stazioni fisse (di cui 41 di proprietà pubblica e 12 private).

Le postazioni sono dotate di analizzatori automatici per la rilevazione in continuo degli inquinanti normati dal D.Lgs. 155/2010: PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, O₃, Benzene, CO, SO₂, ed in specifici contesti vengono anche monitorati gli Idrocarburi Policiclici Aromatici ed i metalli pesanti normati dal D.Lgs.155/2010.

La RRQA è composta da stazioni da traffico (urbana, suburbana), da fondo (urbana, suburbana e rurale) e industriale (urbana, suburbana e rurale). La Tabella 3.3.1 riporta la configurazione della rete regionale di qualità dell'aria prevista dalla D.G.R. 2420/2013, mentre la Figura 3.3.1 ne rappresenta la localizzazione.

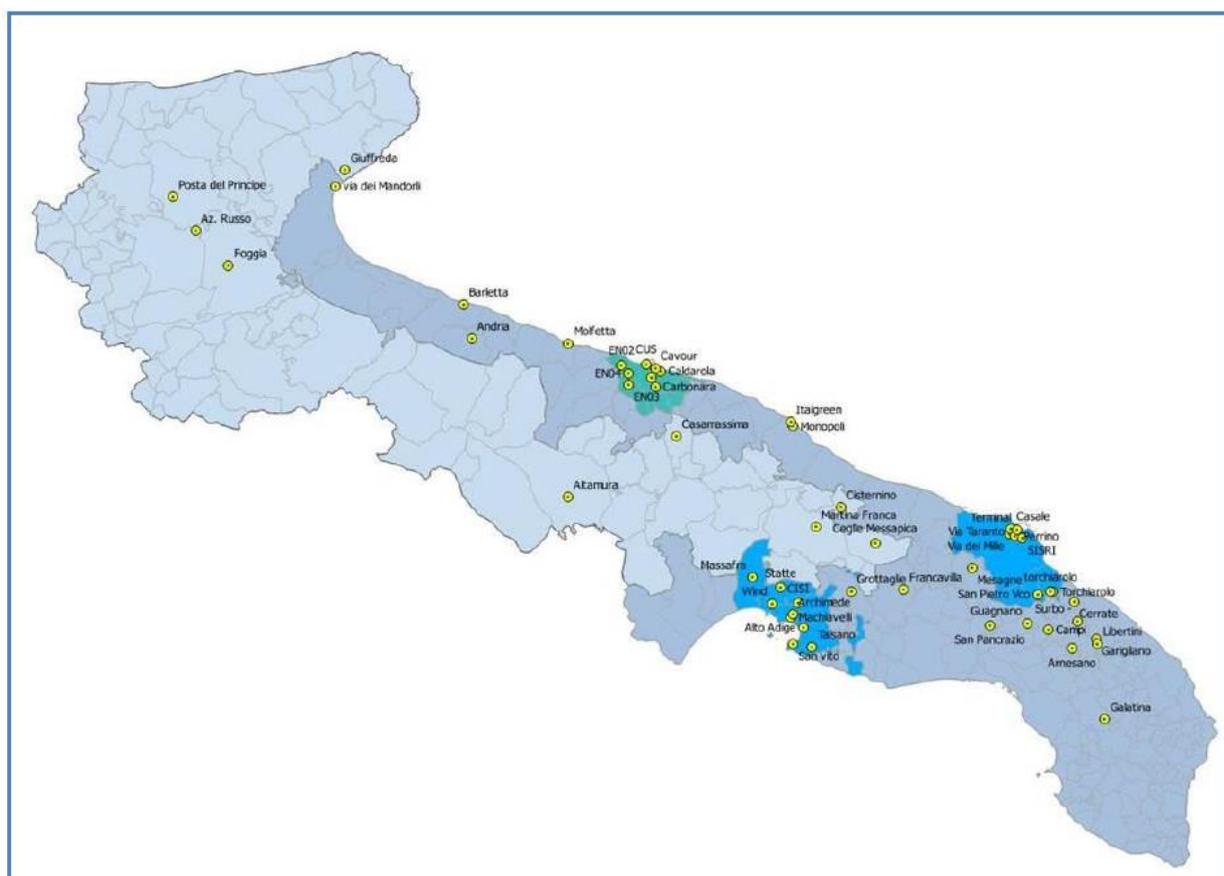


Figura 3.3.1 – Regione Puglia. Localizzazione delle 53 stazioni di monitoraggio della RRQA

Tabella 3.3.1 – Regione Puglia. RRQA prevista dalla D.G.R. 2420/2013

PROV	COMUNE	STAZIONE	TIPO STAZIONE	E (UTM33)	N (UTM33)	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	O ₃	C ₆ H ₆	CO	SO ₂	
BA	Bari	Bari - Caldarola	Traffico	658'520	4'553'079	x	x	x		x	x		
		Bari - Carbonara	Fondo	654'377	4'598'816	x		x		x	x	x	
		Bari - Cavour	Traffico	657'197	4'554'020	x	x	x		x	x		
		Bari - CUS	Traffico	654'877	4'555'353	x		x	x				
		Bari - Kennedy	Fondo	656'105	4'551'478	x		x	x				
	Altamura	Altamura	Fondo	631'558	4'520'820	x		x	x	x	x		
	Casamassima	Casamassima	Fondo	661'589	4'535'223	x		x	x				
	Modugno	Modugno - EN02	Industriale	648'305	4'555'516	x	x	x	x			x	
		Modugno - EN03	Industriale	649'647	4'549'969			x				x	
		Modugno - EN04	Industriale	650'120	4'553'064	x		x				x	
	Molfetta	Molfetta Verdi	Traffico	634'595	4'562'323	x		x					
	Monopoli	Monopoli - Aldo Moro	Traffico	692'701	4'535'752	x	x	x			x	x	
Monopoli - Italgreen		Traffico	692'229	4'537'004	x	x	x			x			
BT	Andria	Andria - Via Vaccina	Traffico	609'209	4'565'364	x		x	x	x	x		
	Barletta	Barletta - Casardi	Fondo	607'646	4'574'709	x	x	x	x	x			
BR	Brindisi	Brindisi - Casale	Fondo	748'879	4'504'259	x	x	x				x	
		Brindisi - Perrino	Fondo	749'892	4'502'036	x		x			x	x	
		Brindisi - SISRI	Industriale	751'700	4'501'449	x		x		x	x	x	
		Brindisi - Terminal Passeggeri	Industriale	750'422	4'503'838	x	x	x	x	x	x	x	
		Brindisi - Via dei Mille	Traffico	748'464	4'502'808	x		x		x		x	
		Brindisi - Via Taranto	Traffico	749'277	4'503'418	x		x	x	x	x	x	
	Ceglie Messapica	Ceglie Messapica	Fondo	712'432	4'502'847	x	x	x		x	x	x	
	Cisternino	Cisternino	Fondo	703'972	4'513'011	x		x	x			x	
	Francavilla	Francavilla Fontana	Traffico	719'236	4'489'711			x	x	x	x	x	
	Mesagne	Mesagne	Fondo	737'714	4'494'370	x		x				x	
	San Pancrazio Salentino	San Pancrazio	Fondo	741'444	4'478'597	x		x				x	
	San Pietro V.co	San Pietro V.co	Industriale	754'781	4'486'042	x		x				x	
	Torchiarolo	Torchiarolo - Don Minzoni	Industriale	758'842	4'486'404	x	x	x	x	x	x	x	
		Torchiarolo - Via Fanin	Industriale	758'263	4'486'545	x	x	x				x	
FG	Foggia	Foggia - Rosati	Fondo	545'819	4'589'475	x	x	x			x		
	Manfredonia	Manfredonia - Mandorli	Traffico	575'770	4'609'022	x		x		x	x		
	Monte S. Angelo	Monte S. Angelo	Fondo	578'692	4'613'137	x		x	x				
	San Severo	San Severo - Az. Russo	Fondo	537'644	4'599'559	x	x	x	x				
	San Severo	San Severo - Posta Principe	Fondo	532'294	4'609'076	x	x	x	x			x	
	San Severo	San Severo - P.zza Libertini	Traffico	769'785	4'471'666	x	x	x		x	x		
LE	Lecce	Lecce - S.M. Cerrate	Fondo	764'242	4'483'446	x	x	x	x		x	x	
		Lecce - Via Garigliano	Traffico	769'536	4'473'048	x	x	x		x	x	x	
		Lecce - Via Garigliano	Traffico	769'536	4'473'048	x	x	x		x	x	x	
	Arnesano	Arnesano - Riesci	Fondo	762'876	4'470'790	x		x				x	
	Campi S.na	Campi S.na	Fondo	756'857	4'476'277	x	x	x	x		x		
	Galatina	Galatina	Industriale	770'356	4'451'121		x	x	x		x	x	
	Guagnano	Guagnano - Villa Baldassarre	Fondo	751'513	4'478'431	x		x				x	
	Surbo	Surbo - Via Croce	Industriale	764'807	4'478'158	x		x				x	
TA	Taranto	Taranto - Archimede	Industriale	689'238	4'485'033	x	x	x			x	x	
		Taranto - Machiavelli	Industriale	688'642	4'484'370	x	x	x		x	x	x	
		Taranto - Paolo VI	Industriale	690'889	4'488'018	x	x	x		x	x	x	
		Taranto - San Vito	Fondo	688'778	4'477'122	x		x			x	x	
		Taranto - Talsano	Fondo	693'783	4'475'985	x		x	x			x	
		Taranto - Via Alto Adige	Traffico	691'924	4'481'337	x	x	x		x	x	x	
	Statte	Statte - Ponte Wind	Industriale	684'114	4'488'423	x		x		x	x	x	
		Statte - Via delle Sorgenti	Industriale	686'530	4'492'525	x		x	x		x	x	
	Grottaglie	Grottaglie	Fondo	705'279	4'490'271	x		x	x		x	x	
	Martina Franca	Martina Franca	Traffico	697'012	4'508'162	x		x	x		x		
Massafra	Massafra	Industriale	679'111	4'495'815			x	x	x		x		

3.4 Lo stato attuale della qualità dell'aria

Nel presente paragrafo viene analizzato lo stato attuale della qualità dell'aria dell'intera regione, con specifico interesse per quanto rilevato nelle postazioni della rete regionale più prossime alla Centrale Enel "Federico II" di Brindisi, visualizzate graficamente nella seguente Figura 3.4.1.

La "Relazione annuale sulla Qualità dell'Aria in Puglia, Anno 2018" redatta dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, cui di seguito si fa riferimento, riporta i dati di qualità dell'aria registrati nel corso del 2018 dalla RRQA e analizza l'andamento nel periodo 2010-2018.

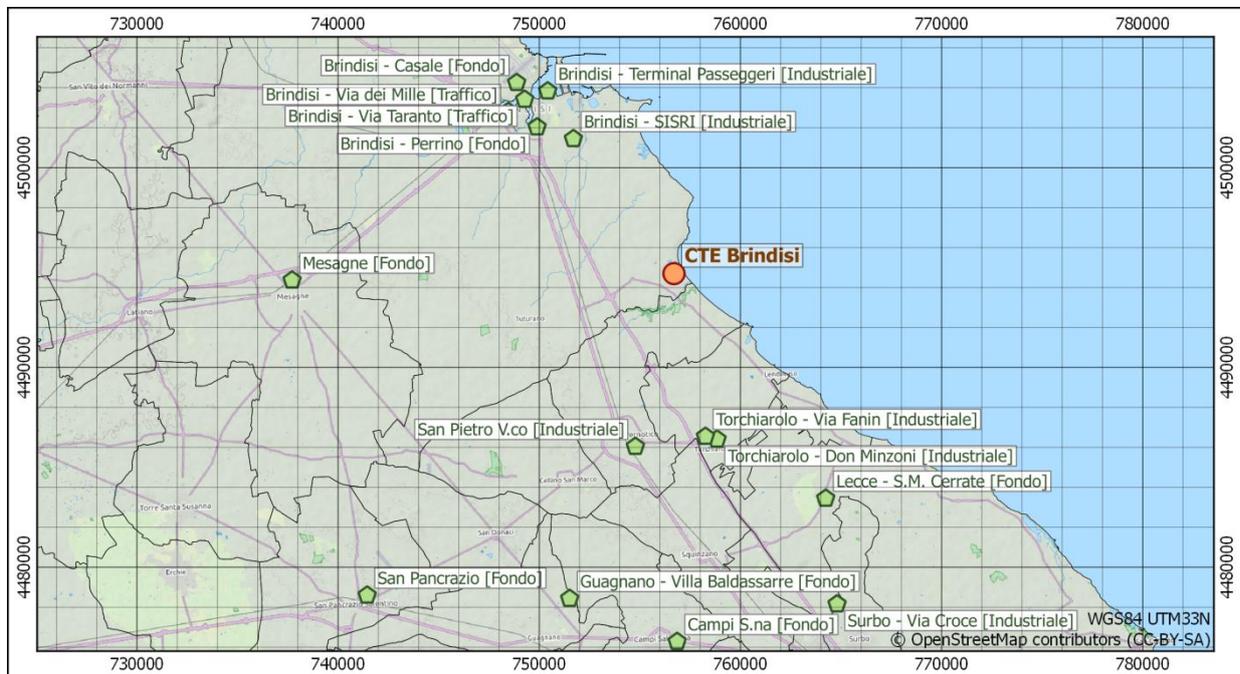


Figura 3.4.1 – Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria in prossimità della Centrale Enel "Federico II" di Brindisi

3.4.1 Particolato 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. Il PM 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. 155/2010 fissa due valori limite per il PM: la media annua di 40 µg/m³ e la media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte nel corso dell'anno solare.

La Figura 3.4.2 e la Figura 3.4.3 riportano le concentrazioni medie annuali registrate rispettivamente nei siti di monitoraggio industriali/traffico e di fondo. Il limite sulla media

annuale viene rispettato in tutti i siti. Il valore medio registrato sul territorio regionale è stato di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche per la sola provincia di Brindisi il valore medio è stato di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un minimo di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel sito di Cisternino ed un massimo di $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel sito di Torchiarolo - Don Minzoni.

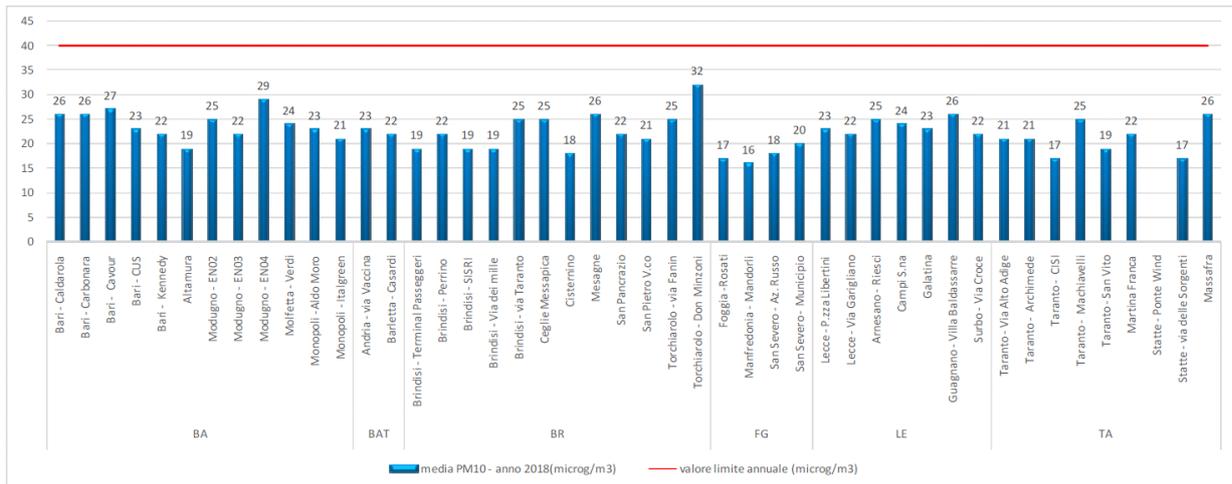


Figura 3.4.2 – PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Valori medi annui nelle stazioni da traffico e industriali – 2018

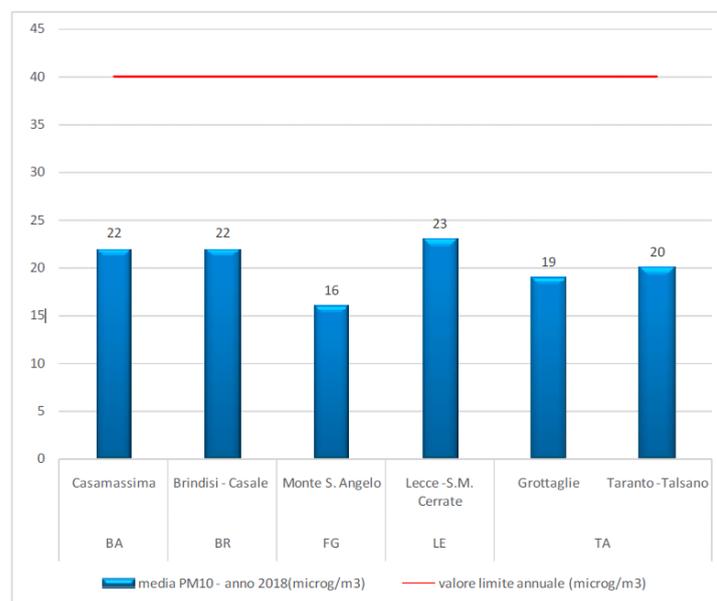


Figura 3.4.3 – PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Valori medi annui nelle stazioni di fondo – 2018

La Figura 3.4.4, relativa alle stazioni industriali e da traffico, e la Figura 3.4.5, relativa a quelle di fondo, mostrano il numero dei superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al contrario degli anni precedenti, in cui questa soglia era stata costantemente superata nel sito di Torchiarolo- Don Minzoni, dove è ormai appurato il contributo predominante delle

emissioni da combustione di biomassa alle concentrazioni di particolato nei mesi invernali, quest'anno non si sono registrati superamenti in nessun sito.

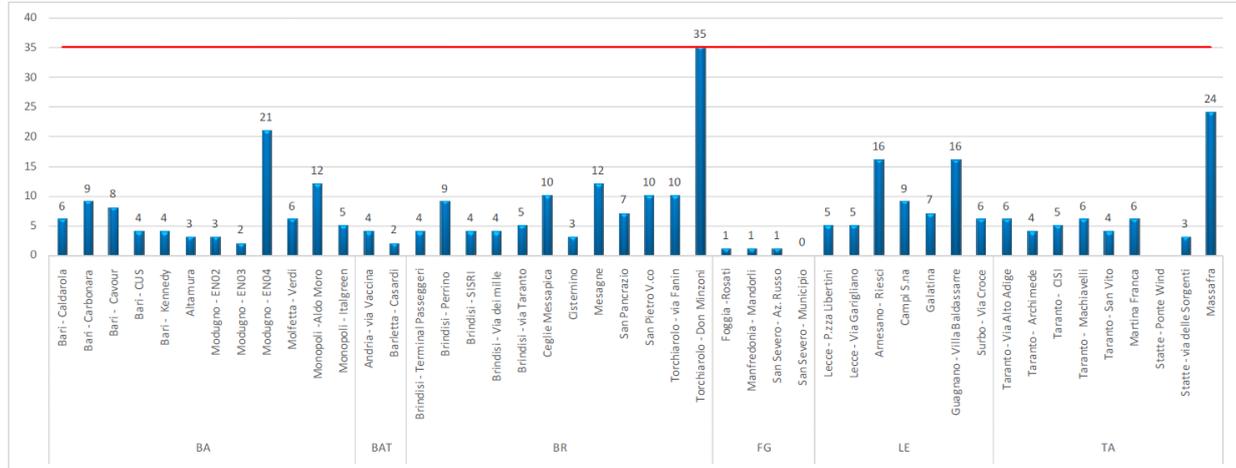


Figura 3.4.4 – PM₁₀ (µg/m³). Superamenti del limite giornaliero nelle stazioni da traffico e industriali – 2018

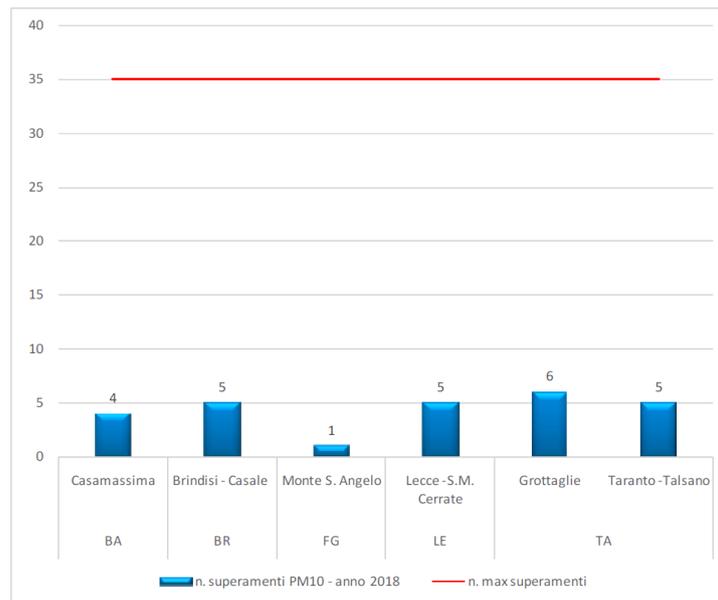


Figura 3.4.5 – PM₁₀ (µg/m³). Superamenti del limite giornaliero nelle stazioni di fondo – 2018

La Figura 3.4.6 mostra il box plot con la mediana, il minimo, il massimo, il 25° e 75° percentile delle concentrazioni di PM₁₀ registrati nei siti di monitoraggio della provincia di Brindisi. Si osserva una sostanziale uniformità di distribuzione del PM₁₀, nel sito di Torchiarolo -Don Minzoni si registra la mediana più alta, mentre valori più bassi si osservano nella stazione di Cisternino.

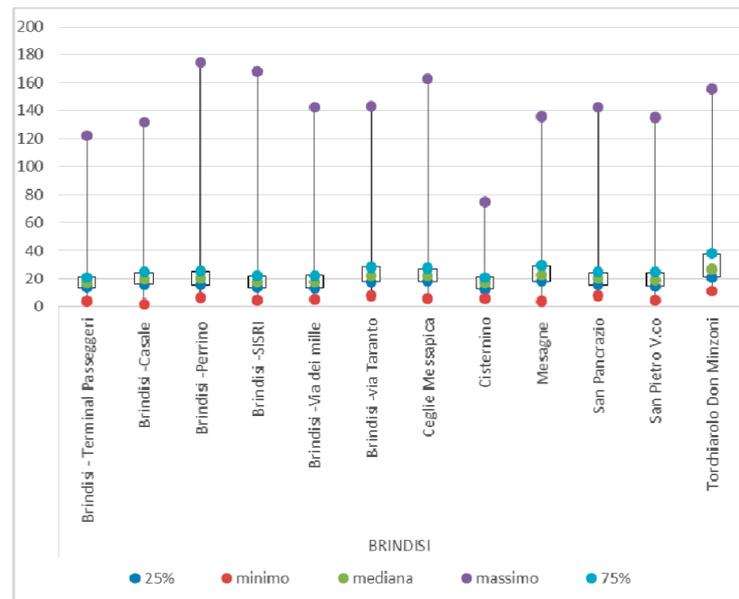


Figura 3.4.6 – PM₁₀ (µg/m³). Box plot delle concentrazioni – prov. BR

La valutazione dell'andamento delle concentrazioni di PM₁₀ è stata condotta secondo il metodo di Theil-Sen. Il risultato viene presentato in forma sintetica nel grafico a barre di Figura 3.4.7, 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%.

Si osserva, nel complesso, una sostanziale stabilità delle concentrazioni. Solo 4 stazioni, in Province diverse da quelle di Brindisi, mostrano un trend in aumento significativo da un punto di vista statistico. Tutte le stazioni di monitoraggio della provincia di Brindisi mostrano o una sostanziale stabilità o una diminuzione significativa della concentrazione di PM₁₀ nel periodo di riferimento. Anche la stazione Torchiarolo-Don Minzoni, che fino al 2017 aveva costantemente superato il limite di concentrazione giornaliero, mostra una diminuzione di concentrazione statisticamente significativa, seppur ridotta.

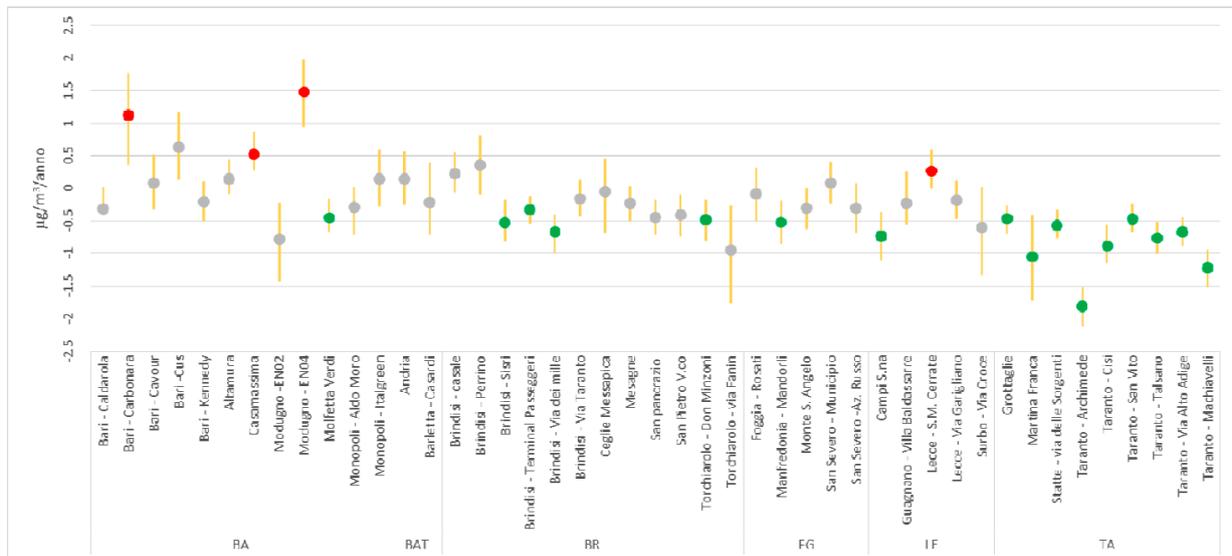


Figura 3.4.7 – Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀, 2010-2018

3.4.2 Particolato PM_{2.5}

Il PM_{2.5} è l'insieme di particelle solide e liquide con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (10⁻⁶ m). Analogamente al PM₁₀, il PM_{2.5} 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. 155/2010 prevede un valore limite di 25 µg/m³ e un valore limite da fissarsi (tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ a partire dal 2020).

Nel 2018 il limite di 25 µg/m³ non è stato superato in nessun sito. La media regionale è stata di 13 µg/m³. La media della provincia di Brindisi è stata di 15 µg/m³, con valori variabili tra un minimo della postazione Terminal Passeggeri di 11 µg/m³ ed un massimo della postazione Torchiarolo - Don Minzoni di 21 µg/m³.

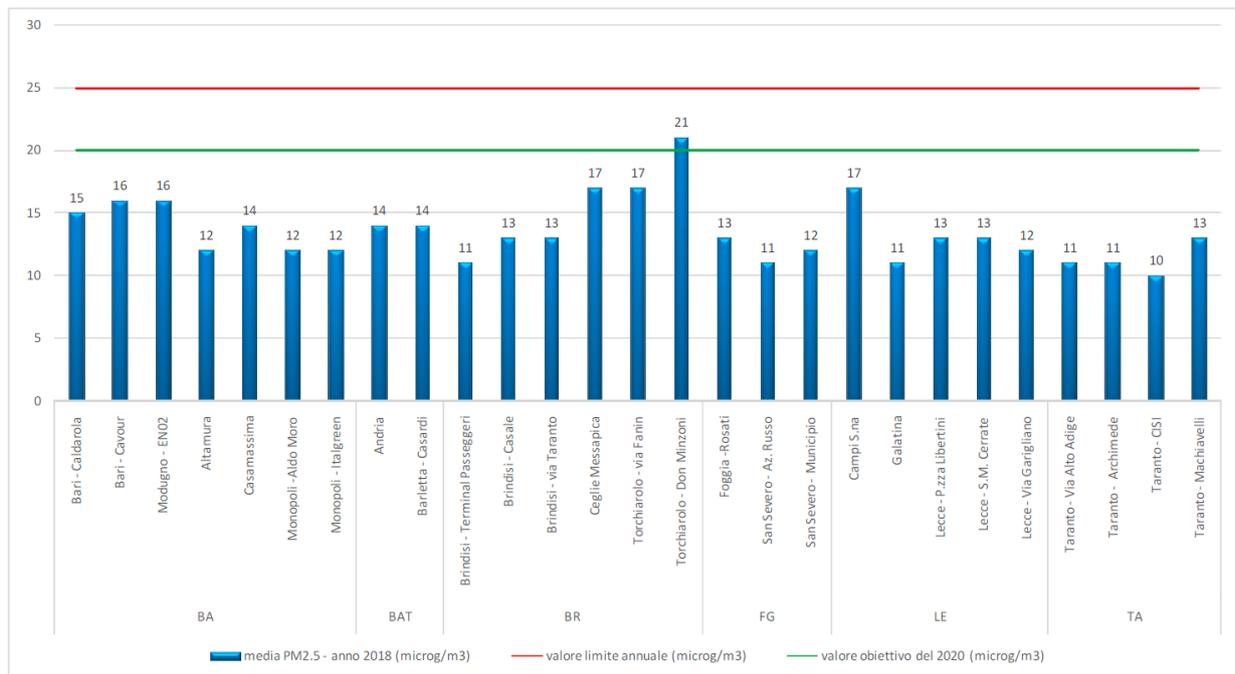


Figura 3.4.8 – Valori medi annui di PM_{2.5} (µg/m³)

La Figura 3.4.9 mostra il box plot con l'indicazione di mediana, minimo, massimo, 25° e 75° percentile delle concentrazioni di PM_{2.5} registrate in ogni sito di monitoraggio. Si osservano la sostanziale uniformità dei valori mediani ed il picco di concentrazione registrato nel sito di Torchiarolo – Don Minzoni, in provincia di Brindisi.

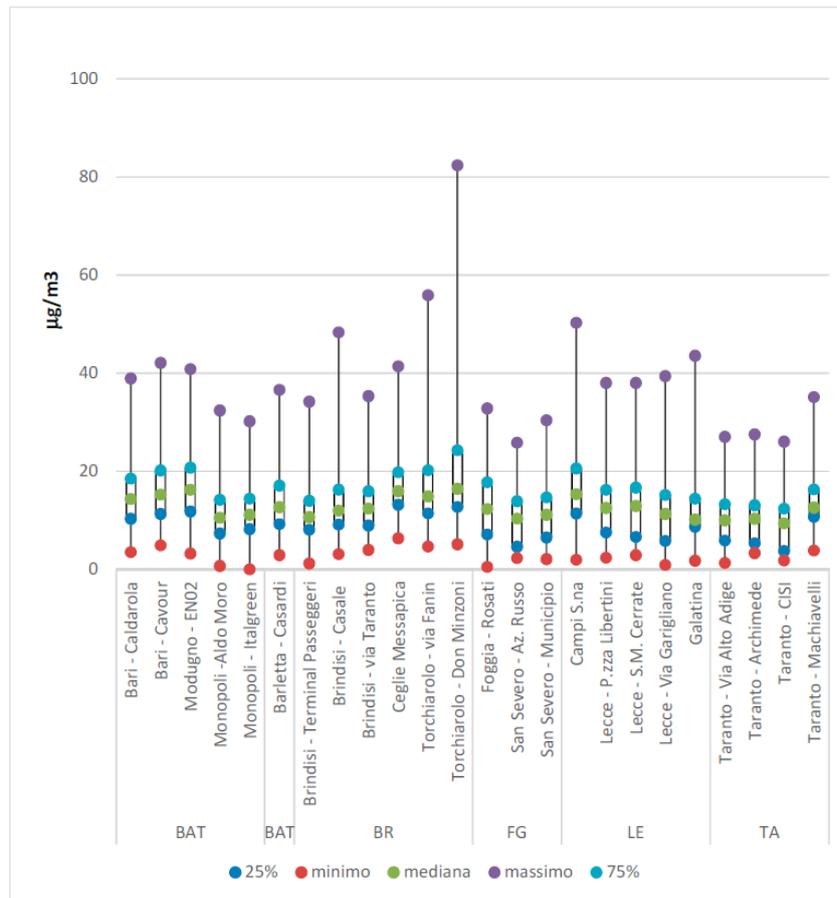


Figura 3.4.9 – box plot delle concentrazioni di PM_{2.5} (µg/m³)

Come per il PM₁₀, anche per il PM_{2.5} la valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo è stato condotto secondo il metodo di Theil-Sen. Nella Figura 3.4.10 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%. Come per il PM₁₀, anche per il PM_{2.5} si osserva una generale stabilità del trend delle concentrazioni.

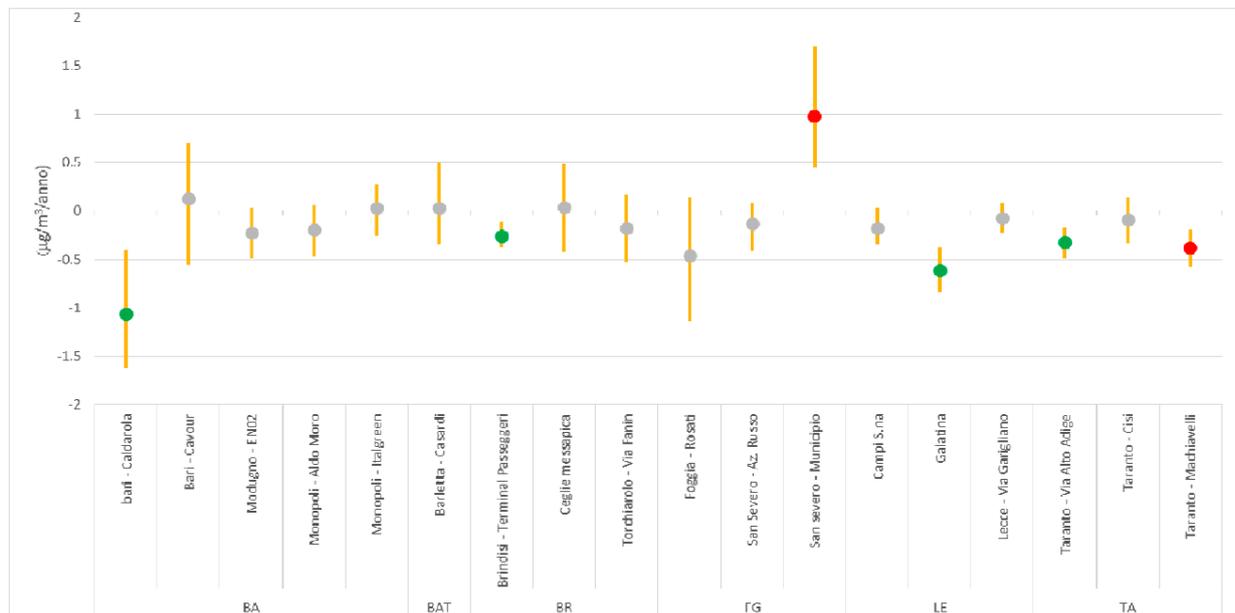


Figura 3.4.10 – Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di PM_{2,5}, 2010-2018

3.4.3 Biossido di zolfo

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.

ARPA Puglia effettua il monitoraggio nelle province industriali, ovvero Taranto e Brindisi. Nel 2018 non sono stati registrati superamenti del valore limite giornaliero, pari a 125 µg/m³, né della media oraria pari a 350 µg/m³. Le concentrazioni di biossido di zolfo rilevate sono di molto inferiori a tutti i limiti previsti dall'attuale normativa.

I valori medi annuali si attestano tutti sotto i 5 µg/m³ (Figura 3.4.11), con concentrazioni maggiori nelle stazioni di Brindisi-Terminal Passeggeri e Torchiarolo – Via Fanin. I dati 2018 confermano quindi che 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.

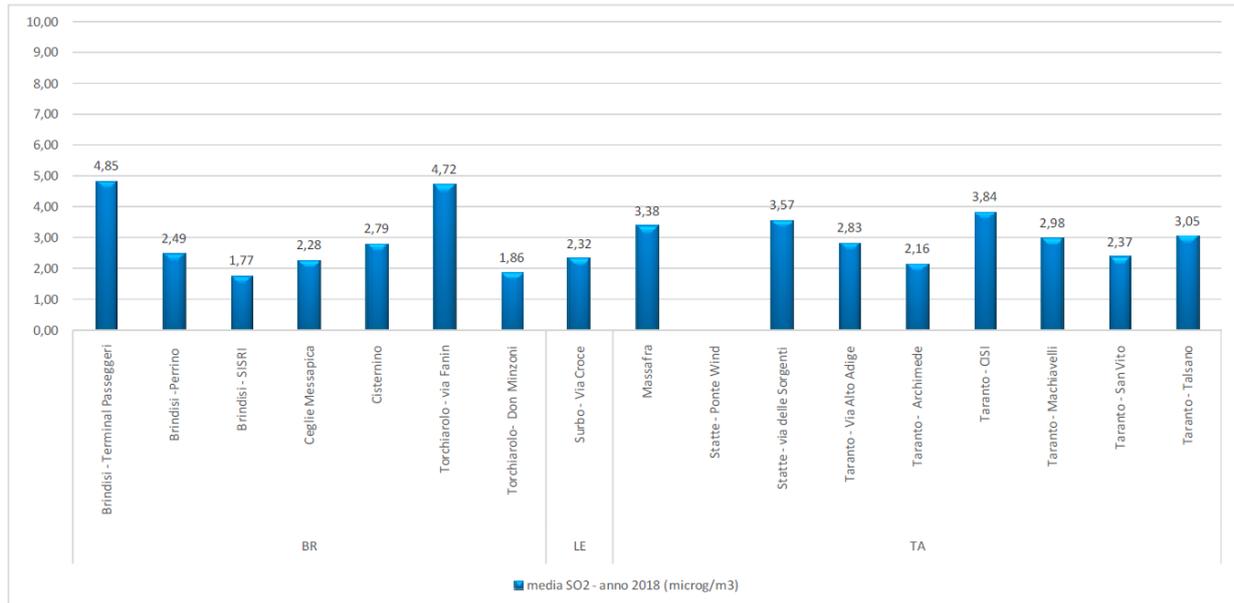


Figura 3.4.11 – Valori medi annui di SO₂ (µg/m³)

3.4.4 Biossido di azoto

Gli ossidi di azoto, indicati con il simbolo NO_x, si formano soprattutto nei processi di combustione ad alta temperatura e rappresentano un sottoprodotto dei processi industriali e degli scarichi dei motori a combustione interna. 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.

A livello regionale, nel 2018 il limite annuale di concentrazione non è stato superato in alcuna postazione (Figura 3.4.12). Nelle stazioni da traffico e industriali della provincia di Brindisi è stato registrato un valore medio di 13 µg/m³, con valori variabili tra un minimo di 7 µg/m³ ed un massimo di 21 µg/m³ nel sito Brindisi – Via Taranto.

Le concentrazioni registrate nelle stazioni di fondo (Figura 3.4.13) risultano decisamente inferiori rispetto alle stazioni da traffico e industriali, con un valore medio regionale di circa 10 µg/m³.

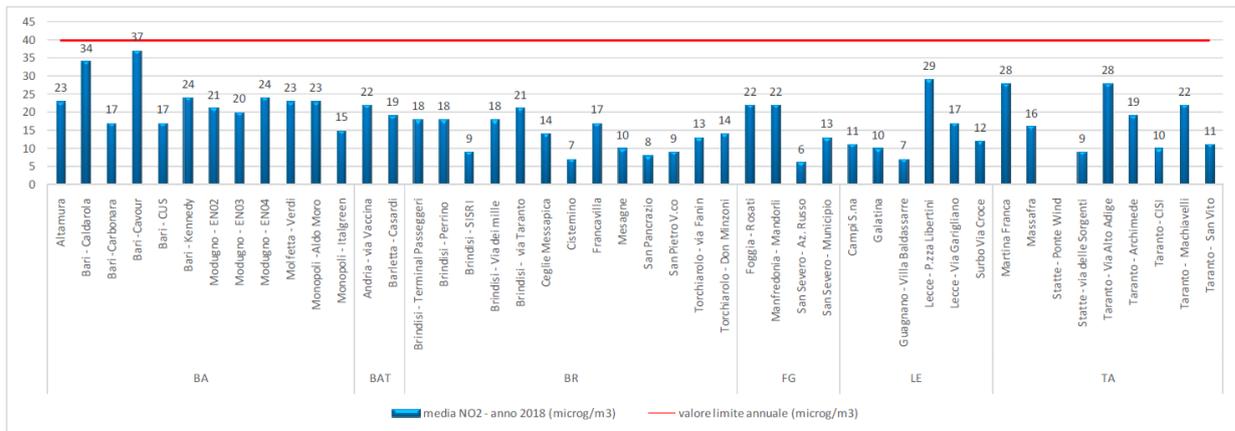


Figura 3.4.12 – valori medi annui di NO₂ (µg/m³) nelle stazioni da traffico e industriali

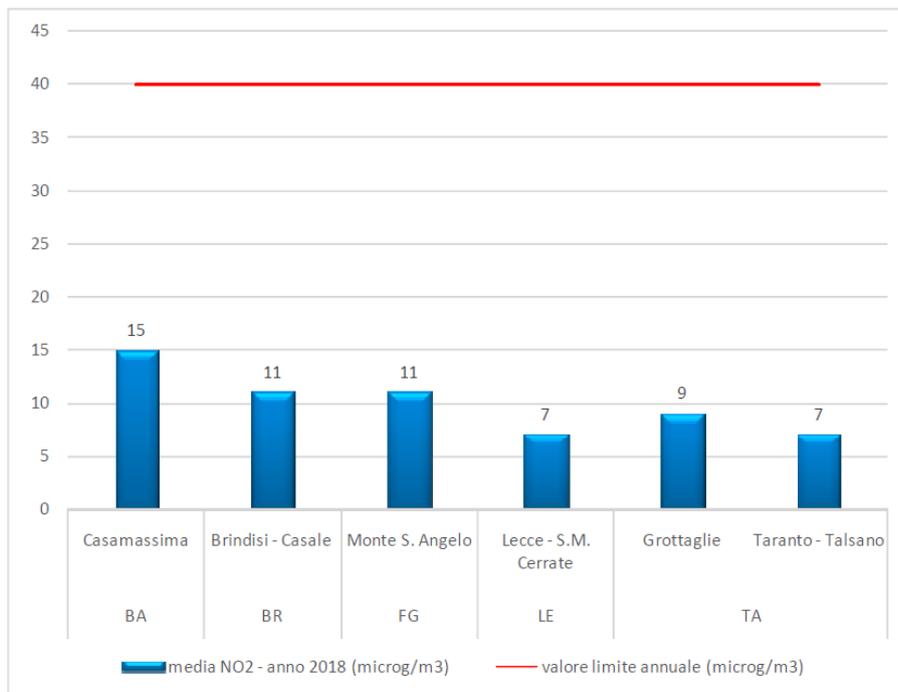


Figura 3.4.13 – valori medi annui di NO₂ (µg/m³) nelle stazioni di fondo

La valutazione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo, condotto secondo il metodo di Theil-Sen, mostra una generale tendenza alla diminuzione in tutte le province. La diminuzione più rilevante si è registrata proprio nel sito Bari-Cavour dove quest'anno non si è registrato il superamento del valore limite annuale registrato negli anni precedenti.

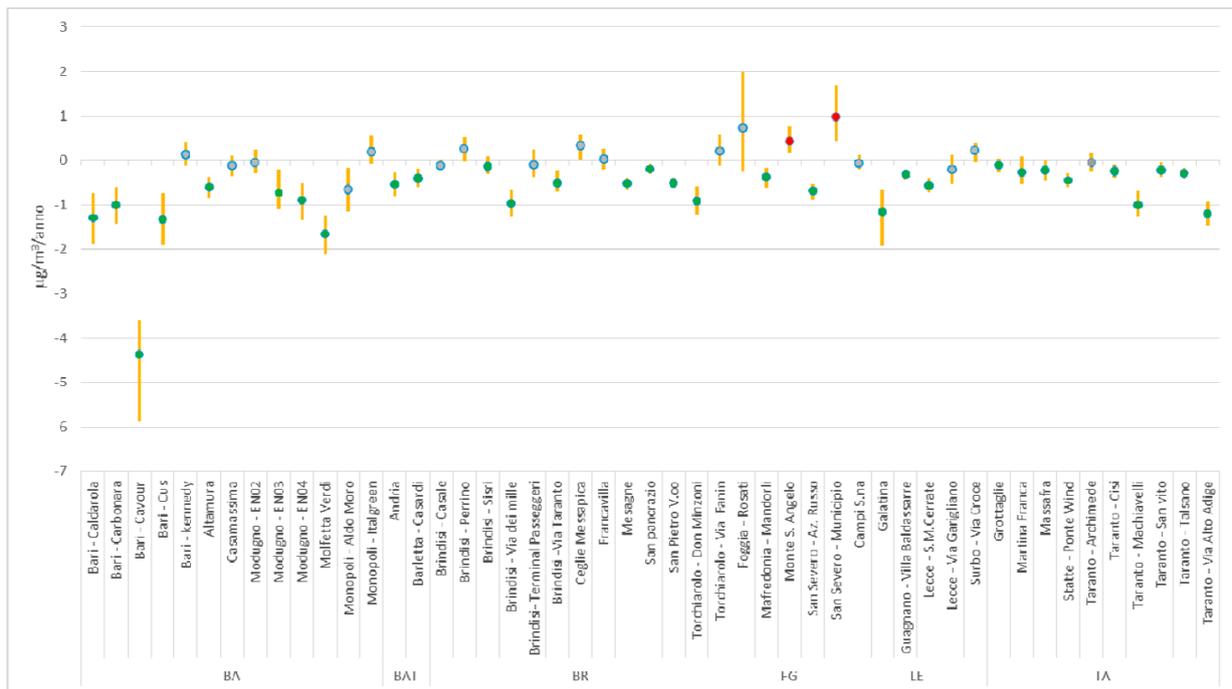


Figura 3.4.14 – Stima del trend delle concentrazioni giornaliere di NO₂, nel periodo 2010-2018

3.4.5 Ozono

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). Dal momento che 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. 155/2010 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.

Come già in passato, anche nel 2018 valori elevati di ozono sono stati registrati sull'intero territorio regionale. Il valore obiettivo a lungo termine (pari a 120 µg/m³) è stato superato in tutte le province. Il numero più alto di superamenti (88) è stato registrato a Arnesano - Riesci (LE).

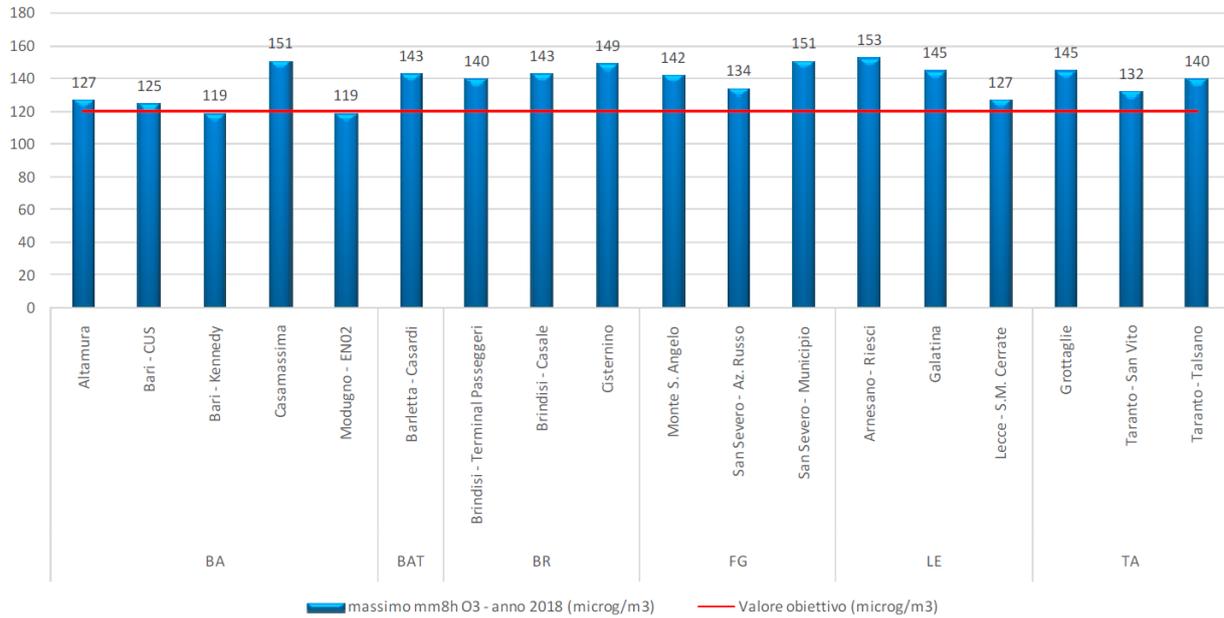


Figura 3.4.15 – Massimo della media mobile sulle 8 ore per l'O₃ (µg/m³)

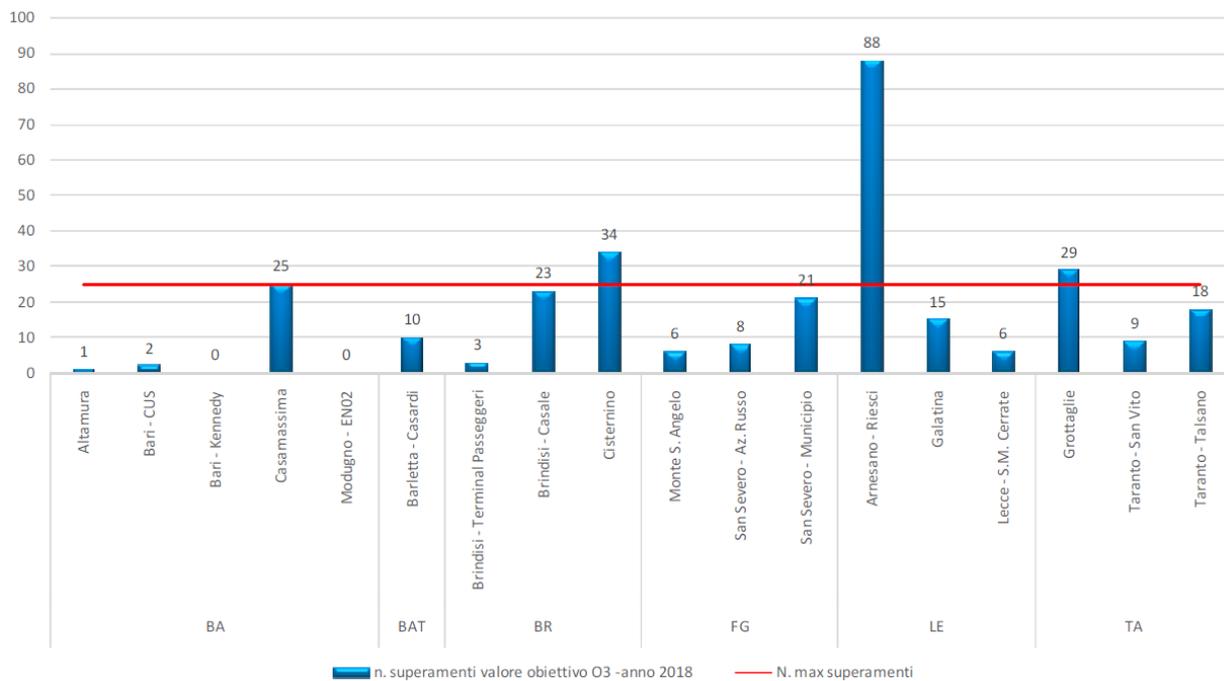


Figura 3.4.16 – Numero di superamenti del limite sulla media mobile delle 8 ore per l'O₃

La Figura 3.4.17 riporta i valori di AOT 40 (Accumulation Over Threshold of 40 ppb)¹ per le stazioni di fondo. Eccetto la stazione di Brindisi - Terminal Passeggeri e Monte S. Angelo (FG), il limite è stato ampiamente superato in tutti i siti di monitoraggio.

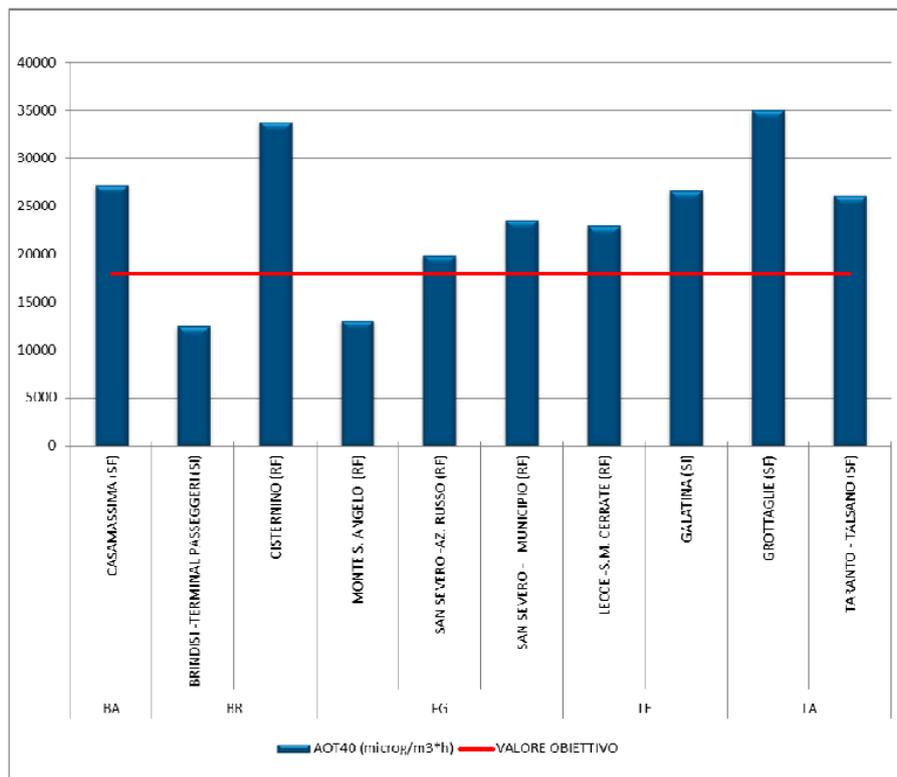


Figura 3.4.17 – AOT40 (µg/m³) - media degli anni 2013-2018

3.4.6 Benzene

Il benzene è un idrocarburo aromatico che, a temperatura ambiente, si presenta come un liquido incolore, dall'odore dolciastro. È una sostanza dall'accertato potere cancerogeno. Il D.Lgs. 155/2010 fissa un valore limite di concentrazione annuo di 5 µg/m³.

Nel 2018, come negli anni precedenti, questo limite non è stato superato in nessun sito. Il valore più elevato (1,5 µg/m³) è stato registrato presso Monopoli - Aldo Moro (BA). La media delle concentrazioni è stata di 0,7 µg/m³. Nella sola provincia di Brindisi la media è

¹ Questo indicatore, calcolato sommando le differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³ 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. Il valore bersaglio è fissato in 18'000 µg/(m³·h) e viene valutato solo nelle stazioni di monitoraggio utilizzate nella valutazione dell'esposizione della vegetazione.

stata di $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valori variabili tra il minimo di $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della postazione SISRI ed il massimo di $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della postazione Torchiarolo - Don Minzoni.

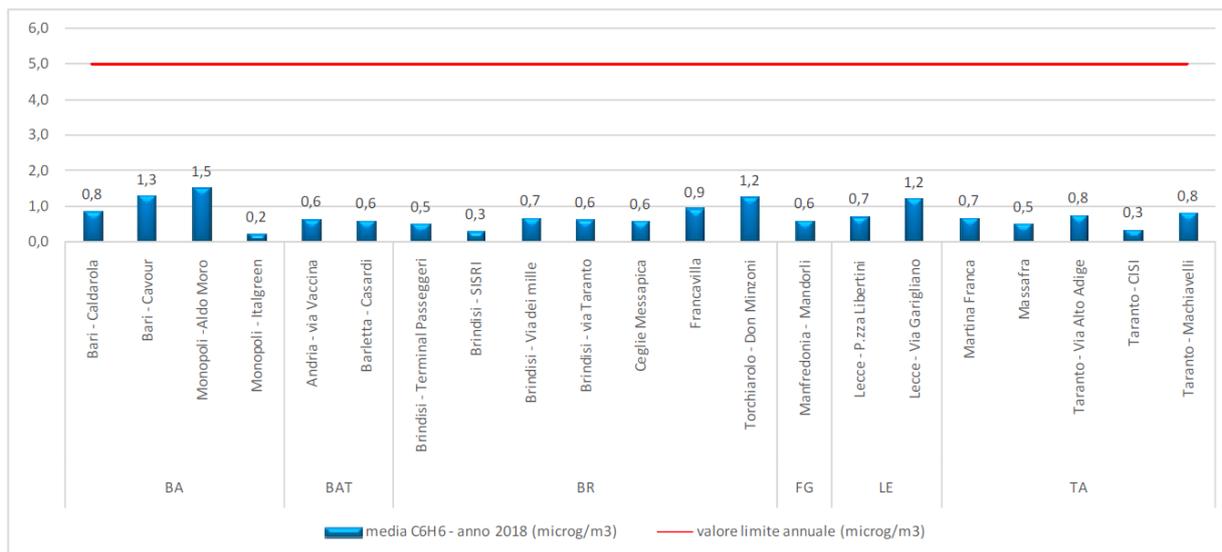


Figura 3.4.18 – Valori medi annui di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 2018

3.4.7 Monossido di carbonio

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 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ calcolato come massimo sulla media mobile delle 8 ore.

Nel 2018 il limite di concentrazione di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ per il CO non è stato superato in nessuno dei siti di monitoraggio. Nel sito Lecce- P.zza Libertini, sito caratterizzato da alto volume di traffico autoveicolare, è stata registrata una concentrazione massima di $4.58 \text{ mg}/\text{m}^3$.

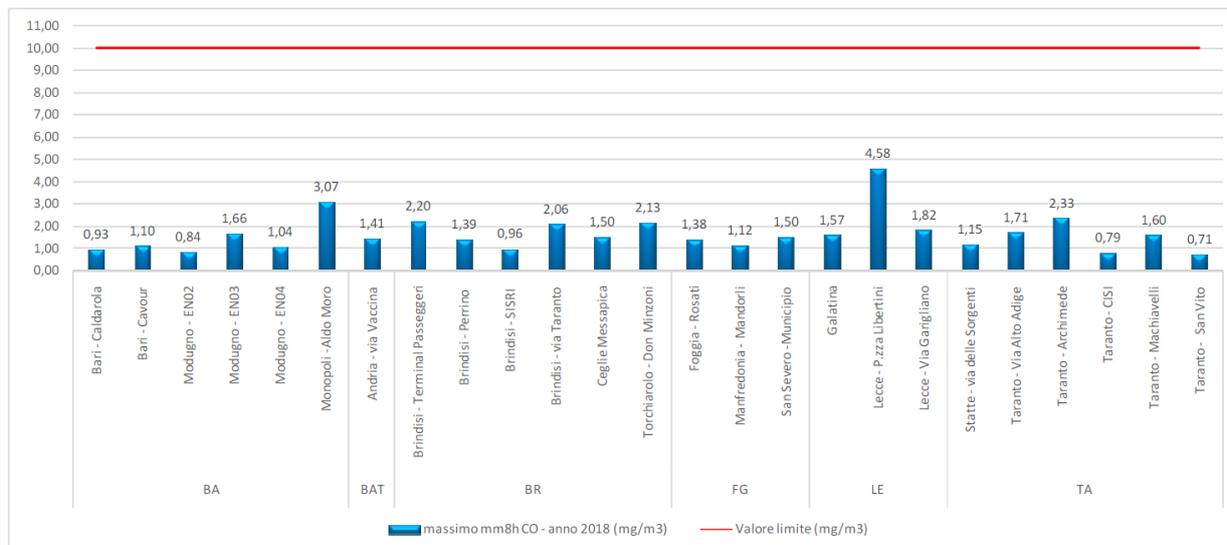


Figura 3.4.19 – Massimo della media mobile sulle 8 ore di CO (mg/m³) – 2018

3.4.8 Benzo(a)pirene

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 di IPA sono i processi industriali (trasformazione di combustibili fossili, processi siderurgici, processi di incenerimento, produzione di energia elettrica, ecc.), il traffico autoveicolare e navale, i sistemi di riscaldamento domestico. 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.

Nel 2018 gli IPA sono stati monitorati in 12 siti distribuiti sul territorio regionale. Alla fase di campionamento del PM₁₀, realizzata con la strumentazione automatica presente nelle stazioni di monitoraggio, segue quella di quantificazione del contenuto in IPA, eseguita nei laboratori dipartimentali di ARPA Puglia. In nessuno dei siti monitorati è stato superato il valore obiettivo. La concentrazione più elevata (0,7 ng/m³) è stata raggiunta nel comune di Torchiarolo – Don Minzoni, dove nei mesi invernali si registrano valori mensili superiori al valore obiettivo. La coincidenza degli elevati valori di BaP con l'innalzamento dei livelli di PM₁₀ nei mesi invernali conferma la presenza di una sorgente emissiva locale identificabile con la combustione domestica di biomasse.

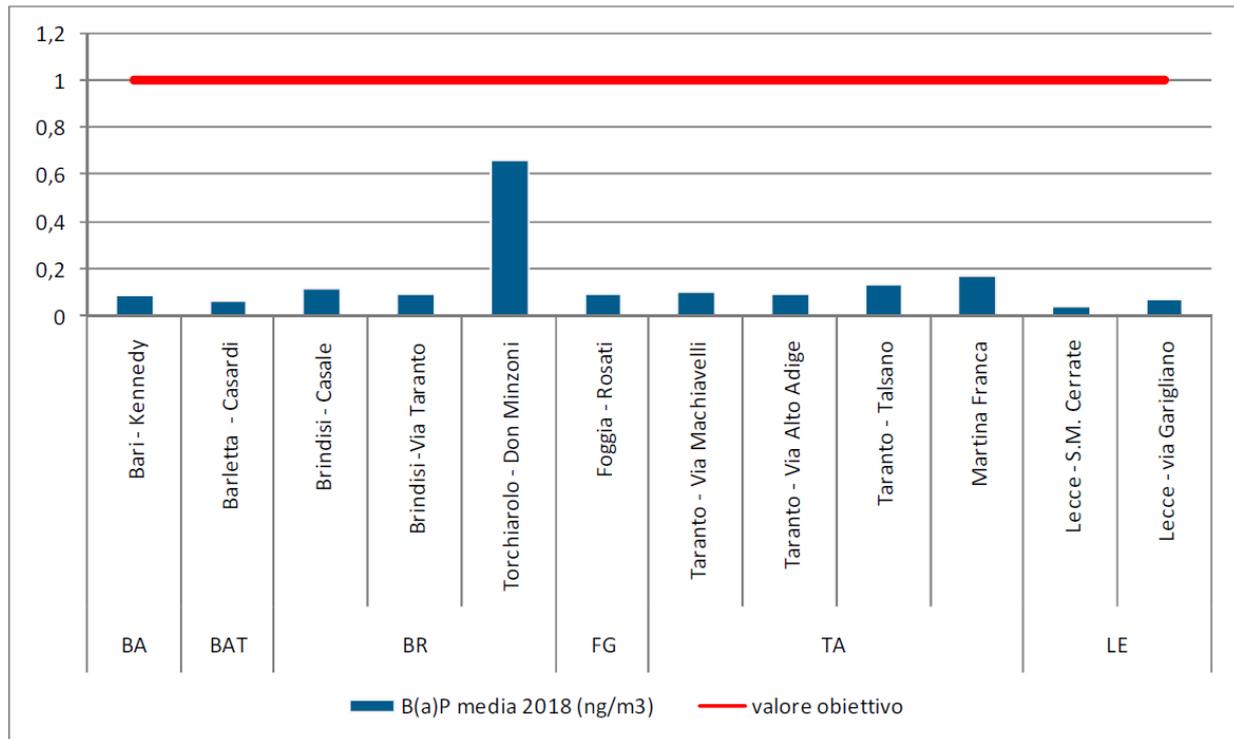


Figura 3.4.20 – Media annuale di Benzo(a)pirene (ng/m³) – 2018

3.4.9 Conclusioni

Fino al 2017, la rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria aveva registrato superamenti dei limiti di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs. 155/10 per diversi inquinanti. In particolare, nel periodo 2015-2017 era stato registrato il superamento del limite giornaliero del PM₁₀ nella stazione di Torchiarolo-Don Minzoni per il PM₁₀ e il superamento del limite annuale dell'NO₂ nel sito di Bari-Cavour. Nel 2018, al contrario, per questi due inquinanti non c'è stato nessun superamento.

Nel 2018, per il PM₁₀ la concentrazione annuale più elevata (32 µg/m³) è stata registrata nel sito Torchiarolo – Don Minzoni, la più bassa (14 µg/m³) nel sito di fondo Monte S. Angelo. Il valore medio registrato di PM₁₀ sul territorio regionale è stato di 22 µg/m³. Dal 2010 si registra una tendenziale diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante, con un valore mediano dei trend di PM₁₀ in calo di 0,25 µg/m³ l'anno. Solo 3 stazioni, non localizzate nella Provincia di Brindisi, mostrano un trend con un aumento significativo da un punto di vista statistico.

Per il PM_{2,5}, nel 2018 il limite di concentrazione annuale di 25 µg/m³ non è stato superato in nessun sito. La media della provincia di Brindisi è stata di 15 µg/m³, con valori variabili tra un minimo della postazione Terminal Passeggeri di 11 µg/m³ ed un massimo della postazione Torchiarolo - Don Minzoni di 21 µg/m³.

Per SO₂, tutti i parametri di legge sono rispettati in tutte le postazioni, i livelli registrati evidenziano e confermano che tale inquinante non presenta più carattere di criticità anche in aree industriali.

Per l'NO₂, la concentrazione annua più alta (37 µg/m³) è stata registrata nella stazione di Bari- Cavour, che fino al 2017 aveva registrato il superamento della concentrazione di 40 µg/m³, posta dal D. Lgs 155/10 quale limite annuo.). Nelle stazioni da traffico e industriali della provincia di Brindisi è stato registrato un valore medio di 13 µg/m³, con valori variabili tra un minimo di 7 µg/m³ ed un massimo di 21 µg/m³ nel sito Brindisi – Via Taranto. Anche per l'NO₂ nel periodo 2010-2018 si osserva una generale diminuzione delle concentrazioni, con un valore mediano dei trend di NO₂ in calo di 0,4 µg/m³ all'anno.

Per il benzene, in nessun sito di monitoraggio è stata registrata una concentrazione superiori al limite annuale di 5 µg/m³. Nella Provincia di Brindisi la media è stata di 0.7 µg/m³.

Anche per il monossido di carbonio, in nessun sito è stata superata la concentrazione massima di 10 mg/m³ calcolata come media mobile sulle 8 ore.

Il valore obiettivo di Benzo(a)pirene non è stato superato in nessun sito. Il valore più elevato (0.7 ng/m³) è stato raggiunto nel sito Torchiarolo-Don Minzoni.

Infine, come negli anni precedenti, il valore bersaglio per la protezione della salute per l'ozono è stato largamente superato su tutto il territorio regionale, a conferma del fatto che la Puglia, per la propria collocazione geografica, è soggetta a elevati valori di questo inquinante.

4 STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA COMPONENTE ATMOSFERA

Nel presente capitolo si riporta la valutazione dei potenziali impatti sulla atmosfera e sulla qualità dell'aria derivanti dalle fasi di demolizione, costruzione ed esercizio delle opere in progetto.

In particolare, lo studio valuta i contributi alla qualità dell'aria attribuibili all'impianto per i seguenti assetti emissivi:

- A. Autorizzato: esistente gruppi esistenti BS1, BS2, BS3 e BS4 alimentati a carbone;
- B. Progetto Proposto fase 1: nuovo gruppo BS1A alimentato a gas naturale in ciclo aperto (OCGT); con la messa fuori esercizio di tutte le unità a carbone esistenti.
- C. Progetto Proposto fase 2: nuovi gruppi BS1A e BS1B alimentati a gas naturale in ciclo aperto (OCGT);
- D. Progetto Proposto fase 3: nuovi gruppi BS1A e BS1B alimentati a gas naturale in ciclo combinato (CCGT).

Durante la fase di demolizione e di realizzazione le attività generatrici di emissioni in atmosfera sono sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e macchine operatrici attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione e trasporto di materiali polverulenti.

Una volta in esercizio, gli impatti sulla componente indotti dalla Centrale saranno prevalentemente associati alle emissioni di inquinanti dai camini asserviti ai nuovi cicli combinati.

4.1 Fase di realizzazione

Le attività generatrici di emissioni in atmosfera durante la fase di cantiere per la demolizione e la realizzazione degli interventi in progetto sono sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e alle macchine operatrici, attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione ed il trasporto dei materiali polverulenti.

I processi di combustione dei motori comportano, come per tutti i processi analoghi (ad esempio quelli del settore dei trasporti), emissioni di sostanze gassose e particolato che, per entità e durata, possono ritenersi associate ad effetti sulla qualità dell'aria di natura limitata e temporanea.

Per quanto attiene alle emissioni di polveri, le operazioni previste che potenzialmente possono dar luogo ad emissioni sono:

- attività di demolizione di servizi, apparecchiature e manufatti esistenti;
- scavi e riporti per la realizzazione delle fondazioni dei nuovi impianti e dei sotto-servizi.

È importante sottolineare che la parte preponderante delle apparecchiature e delle strutture oggetto di demolizione saranno in metallo, per cui l'emissione di polveri sarà relativa alla sola demolizione dei basamenti che, ove possibile, si limiterà alla quota campagna.

In linea generale, durante le attività di demolizione, saranno adottati tutti gli accorgimenti tecnici e norme di buona pratica atti a minimizzare le emissioni di polveri.

Le emissioni di polveri saranno inoltre efficacemente limitate mediante l'adozione di tutte le misure necessarie al loro contenimento, tra cui:

- costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade;
- pulizia delle ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- copertura con teloni dei materiali polverulenti trasportati;
- idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate (tipicamente 20 km/h);
- bagnatura periodica dei cumuli di materiale polverulento stoccato nelle aree di cantiere, o loro copertura con teli nei periodi di inattività e durante le giornate con vento intenso;
- rinverdimento delle aree (dove previsto dal progetto, ad esempio i rilevati) in cui siano già terminate le lavorazioni prima della fine lavori dell'intero progetto;
- innalzamento di barriere protettive, di altezza idonea, intorno ai cumuli e/o alle aree di cantiere;
- sospensione delle operazioni di demolizioni e movimentazioni di materiali polverulenti durante le giornate con vento intenso;
- bagnatura dei manufatti durante la demolizione delle strutture edili, al fine di minimizzare la formazione e la diffusione di polveri.

La demolizione di alcune parti e componenti di impianto potrà comportare la rimozione mediante bonifica di materiali isolanti, giunti, tamponamenti e coperture contaminate da amianto, che avverrà nel rispetto delle disposizioni di legge vigenti. Saranno pertanto adottate tutte le procedure e gli accorgimenti necessari per operare in sicurezza in presenza di amianto.

Il terreno di risulta derivante dalle attività di scavo sarà alloggiato in apposite aree di stoccaggio temporaneo in attesa di riutilizzo, pavimentate e coperte con teli, per evitare la dispersione di polveri. Il progetto prevede infatti di massimizzare il riutilizzo delle terre di risulta. Qualora le terre scavate risultino non idonee per caratteristiche geotecniche, o in eccesso per i rinterri, esse saranno allontanate come rifiuti, impiegando mezzi pesanti, idonei al loro trasporto secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Si evidenzia, inoltre, che la ricostruzione di nuovi uffici ed edifici tecnici per il personale dell'impianto sarà una delle prime attività, ed avrà il duplice effetto di permettere la demolizione dei vecchi uffici, che sarebbero in zona del nuovo impianto, e allo stesso tempo creare una ulteriore salvaguardia per i recettori sensibili interni all'area (personale della Centrale), collocandoli in area limitrofa, ed adottando schemi di viabilità a minima interferenza.

In sintesi, considerato quanto sopra descritto in merito alle misure di contenimento che saranno messe in atto e al fatto che le attività riguarderanno esclusivamente aree industriali all'interno del sito, caratterizzate dall'assenza di ricettori sensibili, gli impatti causati dalle emissioni di polveri generate in fase di cantiere sono da ritenersi non significativi, completamente reversibili e circoscritti all'area di intervento all'interno della Centrale.

Nei paragrafi seguenti si descrivono le principali operazioni di cantiere al fine di individuare le attività che possono generare una interferenza significativa con la componente atmosfera (paragrafo 4.1.1), e si restituisce una stima di massima delle emissioni attese in aria ambiente (paragrafo 4.1.2).

4.1.1 Descrizione delle attività di cantiere

Le principali attività di cantiere civile sono sostanzialmente legate a demolizioni e opere di nuova realizzazione.

Per quanto riguarda le demolizioni, le attività possono essere riassunte in:

- Demolizione dell'esistente (principalmente costituiti dagli edifici uffici, officine, e magazzino materiali leggeri, portineria, spogliatoi e pensiline parcheggi);
- Movimentazione e smaltimento del materiale demolito e scavato.

Per quanto concerne gli interventi di nuova realizzazione, le attività di cantiere previste possono essere sintetizzate in:

- preparazione del sito;
- connessioni stradali;
- costruzioni temporanee di cantiere;
- trattamento di vibroflottazione o vibrocompattazione dei terreni;
- nuovo collegamento al sistema acqua di circolazione;

- fondazioni profonde e superficiali di macchinari principali e secondari;
- fondazioni profonde e superficiali di edifici principali e secondari;
- fondazioni profonde e superficiali dei nuovi edifici uffici, officine, spogliatoio e magazzino materiali leggeri;
- fondazione ciminiera;
- diesel di emergenza, vasca di contenimento e fondazioni;
- trasformatore, vasca di contenimento e fondazioni;
- fondazioni e strutture di cable/pipe rack;
- fondazione per serbatoi;
- pozzetti, tubazioni e vasche di trattamento acque sanitarie;
- rete interrati (fognature, vie cavo sotterranee, conduits, drenaggi, etc.);
- vasca di prima pioggia;
- recinzione;
- aree parcheggio;
- strade interne e illuminazione, parcheggi;
- eventuale sistemazione a verde.

Le prime attività da eseguirsi saranno quelle relative alla preparazione delle aree di lavoro per l'installazione delle infrastrutture di cantiere (uffici, spogliatoi, officine, etc.) e le demolizioni di parti di impianto che risultano interferenti con il layout delle nuove attrezzature.

Successivamente, verranno effettuate le seguenti attività necessarie per la messa in servizio del primo impianto funzionante a ciclo aperto:

- salvaguardie meccaniche ed elettriche per parti di impianto coinvolte nelle demolizioni, etc.;
- demolizioni impianti e macchinari presenti in area trattamento acque reflue;
- demolizione magazzino materiali pesanti;
- demolizione edifici servizi industriali;
- demolizione attrezzature fossa bombole idrogeno;
- demolizione platee e strade esistenti per permettere l'inizio dei lavori di fondazione del nuovo turbogruppo;
- realizzazione edificio elettrico;
- fondazioni turbogruppo 1A;
- montaggio TG 1A e relativo trasformatore;
- montaggio camino di by-pass;
- montaggio edificio TG 1A;
- montaggi elettrici;
- montaggio nuova stazione gas.

Terminati i lavori della fase preliminare per il funzionamento a ciclo aperto del primo gruppo, si procederà con la realizzazione dei lavori necessari per il secondo gruppo, che dovrà operare sempre in ciclo aperto. Essenzialmente:

- fondazioni turbogruppo TG 1B;
- montaggio TG 1B e relativo trasformatore;
- montaggio camino di by-pass;
- montaggio edificio TG 1B;
- montaggi elettrici.

Terminati i lavori della fase per il funzionamento dei gruppi a ciclo aperto, si procederà con la realizzazione della chiusura dei cicli:

- scavi e sottofondazioni per GVR 1A e 1B;
- fondazioni GVR 1A e 1B;
- montaggio GVR 1A e 1B, comprensivo di camino;
- adeguamenti in sala macchina per TV e smontaggio TV esistente Gr.1 e demolizione condensatore;
- demolizione parziale del cavalletto turbina per futuro alloggiamento nuova TV;
- demolizione generatore TV1;
- montaggio nuova TV con relativo nuovo condensatore;
- BOP meccanico, tra cui il prolungamento del pipe rack.

4.1.1.1 Area di cantiere

L'area che si rende necessaria per le attività di Costruzione di un singolo CCGT da 840 MWe è stimabile in circa 25'000 m², da utilizzare per gli uffici Enel & Contractors di costruzione / commissioning (7'000 m² previsti) e per lo stoccaggio dei materiali (18'000 m² previsti). Nel caso di due unità si possono fare sinergie mantenendo la stessa area uffici.

All'interno dell'impianto di Brindisi, l'area logistica di cantiere potrà essere allestita nella porzione di terreno indicata in colore blu in Figura 2.1.1. Tale area, avente un'estensione di circa 24'000 m², potrà idoneamente essere utilizzata durante la realizzazione della prima unità.

Per la realizzazione della seconda unità, qualora si riscontrasse la necessità di allestire ulteriori aree di cantiere (essenzialmente come aree di stoccaggio temporaneo e prefabbricazione), queste potranno essere recuperate allestendo anche altre aree limitrofe attualmente libere in area domes.

Le opere di cantierizzazione verranno organizzate in aree, come di seguito descritto:

- Area controllo accessi;
- Area logistica Enel, dove saranno ubicati i monoblocchi prefabbricati ad uso uffici e spogliatoi dedicati al personale Enel, con i relativi servizi (reti idrica, elettrica e dati);

- Area Imprese subappaltatrici;
- Area Prefabbricazione e montaggio;
- Area deposito materiali;
- Aree di parcheggio riservate alle maestranze.

Nelle zone limitrofe all'area di intervento saranno riservate delle aree opportunamente recintate, dedicate alla prefabbricazione a piè d'opera e al montaggio dei componenti principali.



Figura 4.1.1 – Aree di cantiere

4.1.1.2 Mezzi utilizzati per la costruzione

Durante le attività di cantiere, viene stimato il seguente numero di automezzi da/per la Centrale (le seguenti considerazioni valgono per la costruzione di una unità):

- Primi 12 mesi: fino a 15 camion/giorno;
- Rimanenti mesi: fino a 10 camion/giorno (media).

I mezzi utilizzati per la costruzione saranno indicativamente i seguenti, anche se la loro tipologia esatta verrà scelta dall'appaltatore che si aggiudicherà i contratti di montaggio e realizzazione:

- Escavatori gommati e cingolati;

- Pale e grader;
- Bulldozer;
- Vibrofinitrici e rulli compattatori;
- Betoniere e pompe carrate per calcestruzzo;
- Sollevatori telescopici;
- Piattaforme telescopiche;
- Autocarri e autoarticolati per trasporto materiali e attrezzature;
- Autogru carrate tipo Liebherr 1350, Terex 650, Terex AC40;
- Autogru cingolata tipo Terex CC2800.
- Gru a torre: h 45/50m, portata 9/10 ton in punta.

4.1.1.3 Movimentazioni di terra

Si prevede indicativamente che il volume di terra scavata sarà pari a 60'000 m³.

Le attività relative alle opere civili richiederanno scavi e trasporti a discarica per un quantitativo stimato di 11'000 m³ di terra.

4.1.1.4 Programma cronologico

Il programma cronologico è articolato in tre fasi e prevede una ipotesi di funzionamento in ciclo aperto delle due unità turbogas prima della chiusura in ciclo chiuso.

Dal cronoprogramma, riportato in



Figura 4.1.2, si evince un periodo dedicato alle opere civili di circa 11 mesi per le prime due fasi e di circa 10 mesi per la terza fase.

Si evidenzia che la costruzione dell'impianto in fasi, con ciclo aperto e successiva fase operativa durante la quale avviene la realizzazione della chiusura del ciclo combinato, ha il benefico effetto di ridurre le condizioni di forte concentrazione di emissioni di cantiere,

diluendole su un periodo più lungo, come ben evidenziabile dal programma cronologico che riporta le fasi che generano maggiori emissioni (i.e. le opere civili) in periodi ben distinti. In particolare, la possibilità di eseguire i lavori in due fasi così distinte comporta i seguenti vantaggi:

- le lavorazioni più critiche come le opere civili (fondazioni) e i montaggi meccanici (montaggio camino di by-pass e montaggio del HRSG) sono maggiormente diluite nel tempo, consentendo quindi una miglior programmazione delle attività di cantiere ed un ridotto carico di manodopera su aree di impianto che, diversamente, risulterebbero sovraccariche;
- minori interferenze di piazzamento dei mezzi d'opera e, di conseguenza, possibilità di impiegare gru di portata inferiore;
- minori emissioni generate dai mezzi d'opera, considerata la non contemporaneità di molte lavorazioni e, di conseguenza, il minor rischio di superamento delle soglie limite di immissione.

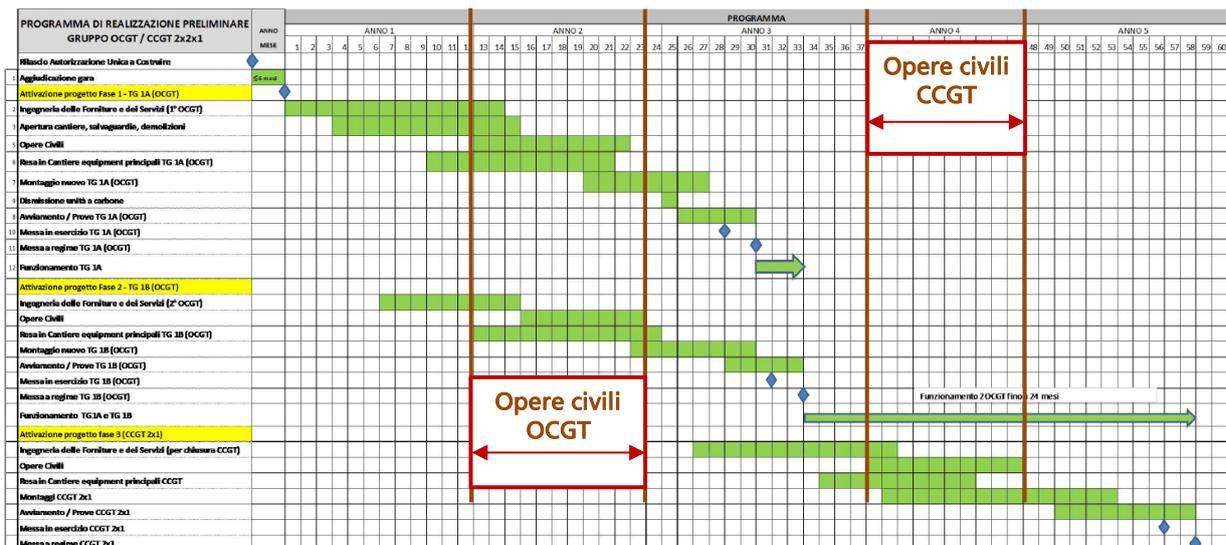


Figura 4.1.2 – Cronoprogramma

4.1.2 Stima delle emissioni in fase di cantiere

Il presente paragrafo presenta una stima delle emissioni in atmosfera derivate dalle attività di cantiere durante le attività di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas.

Nelle fasi di cantiere, le principali interazioni attese sulla componente atmosfera sono relative a:

- emissione di polveri dovuta direttamente alle operazioni di costruzione (scavi, movimentazione materiali con relative operazioni di carico e scarico), ed a quelle da

esse indotte (movimenti dei veicoli su superfici non pavimentate, erosione dai cumuli di materiale all'aperto);

- emissioni dei gas di scarico dei motori dei mezzi d'opera (ruspe, escavatori, autogru, ecc.);
- emissioni dei gas di scarico dei mezzi di trasporto (autocarri, autovetture, ecc.).

Nei seguenti paragrafi (4.1.2.1, 4.1.2.2 e 4.1.2.3) si presentano le relative stime di emissione.

Si segnala che, durante la realizzazione della terza fase, l'impianto sarà operativo in ciclo aperto. Alle stime di emissione previste per la sola fase di cantiere, che seguono nei paragrafi seguenti, bisognerà pertanto sommare la quota parte di emissione dovuta al funzionamento di impianto. Questo fatto, unitamente alla necessità di dover compiere montaggi in aree critiche, vista la vicinanza ad aree in esercizio, potrà comportare:

- fermate programmate dell'impianto per ragioni di cantiere;
- esercizio d'impianto non a pieno carico, in corrispondenza di particolari situazioni di sovraccarico dei lavori, per il contenimento delle emissioni.

4.1.2.1 Polveri da attività di costruzione

4.1.2.1.1 Metodologia di stima delle emissioni

Una tipologia di emissioni generate in fase di cantiere sono le polveri prodotte da processi ed attività diverse dalla combustione quali, ad esempio, le attività di demolizione, costruzione di strade o di edifici. Tali attività possono avere, in ambito locale e temporaneo, un impatto sulla qualità dell'aria. Esistono molteplici operazioni cantieristiche potenzialmente sorgenti significative di polveri, le cui emissioni possono tuttavia essere mitigate mediante l'adozione di opportune misure di contenimento e protocolli di buona pratica comportamentale. Tra le principali attività vi sono la predisposizione del sito, l'escavazione, la modellazione del terreno, la movimentazione di terre ed altri materiali edili.

L'emissione complessiva nell'area varia notevolmente di giorno in giorno in funzione del livello e del tipo di attività svolte nel cantiere, oltre che delle condizioni meteorologiche in atto. Una stima accurata delle emissioni necessita, quindi, della conoscenza di un programma temporale molto dettagliato delle fasi di costruzione. In assenza di informazioni di sufficiente dettaglio, è possibile fare riferimento a metodologie più semplici, e al contempo più cautelative, che associano la quantità di polveri generate dalle operazioni cantieristiche alle dimensioni della superficie interessata ed al livello di attività atteso. A parità di tali condizioni, anche la natura del sito influenza significativamente le quantità di polveri generate. Tra i parametri del suolo più significativi si segnalano la polverosità (il suo contenuto in PM75, o "silt") e l'umidità.

La stima delle emissioni generate dalla realizzazione del progetto proposto è nel seguito condotta assumendo la metodologia riportata nella pubblicazione *"Wrap Fugitive Dust Handbook"* del US-WRAP (Western Regional Air Partnership) e nella pubblicazione del Midwest Research Institute *"Estimating Particulate Matter Emissions From Construction Operations"* (MRI, 1999). Tale metodologia adotta le medesime assunzioni di quella consigliata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA) nella pubblicazione *"AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors"* al capitolo *"13.2.3 Heavy Construction Operations"*. La preferenza per la metodologia US-WRAP è motivata dalla sua adozione di un fattore specifico per il PM₁₀ in luogo di un fattore generico per il particolato sospeso totale, fattore che inoltre risulta determinato su una base maggiore di dati misurati rispetto al singolo dato della pubblicazione AP-42.

Il "Livello 1" della pubblicazione US-WRAP riporta un fattore d'emissione per il PM₁₀ pari a 0.11 ton per acro e per mese (0.27 Mg/ha*mese). In presenza di stime attendibili sulla quantità delle terre da mobilitare ai fini delle attività cantieristiche, il "Livello 2" della citata metodologia permette di stimare con migliore confidenza l'emissione di PM₁₀ sulla base di un fattore d'emissione base pari a 0.011 ton per acro e per mese (0.027 Mg/ha*mese), a cui vanno sommati due ulteriori fattori specifici pari a 0.059 ton per 1'000 yd³ (0.077 kg/m³) di terra mobilitata on-site e 0.22 ton per 1'000 yd³ (0.288 kg/m³) di terra mobilitata off-site.

Si evidenzia infine che la metodologia US-WRAP, sebbene fornisca un approccio semplificato al complesso problema della quantificazione delle emissioni, può essere considerata come fortemente cautelativa poiché riferita ad attività cantieristiche più complesse di quelle oggetto del presente studio.

4.1.2.1.2 Stima delle emissioni

L'area di cantiere occuperà, durante la realizzazione della prima unità, una superficie di circa 24'000 m² (cfr. paragrafo 4.1.1.1). Il progetto prevede lo scavo di circa 60'000 m³ di terre, di cui un quantitativo stimato di circa 11'000 m³ saranno conferiti ad impianti autorizzati (cfr. paragrafo 4.1.1.3), in un arco temporale complessivo di circa 21 mesi (cfr. paragrafo 4.1.1.4).

Pertanto, applicando il "Livello 2" della metodologia US-WRAP, assumendo in via cautelativa una superficie di cantiere di 48'000 m² (pari alla superficie occupata per la realizzazione della prima unità ed alla superficie supplementare in area domes per la realizzazione della seconda unità ipotizzata cautelativamente altrettanto estesa) e considerando le operazioni svolte con orario lavorativo diurno (8 ore/giorno) e con due giorni di riposo settimanale (5 giorni/settimana), è possibile stimare, in termini cautelativi, un'emissione media oraria di PM₁₀ dall'intera area di cantiere di 2.4 kg/h.

Si evidenzia che nelle fasi cantieristiche che non richiederanno movimentazioni di materiali sciolti (ad esempio durante le fasi di montaggio delle apparecchiature elettromeccaniche) le emissioni di polveri possono essere considerate trascurabili.

Deve essere inoltre considerato che, al fine di mitigare l'impatto sulla qualità dell'aria atteso rispetto alle stime presentate, durante il corso delle attività di cantiere verranno adottate tutte le buone pratiche tecniche applicabili al fine di prevenire o mitigare l'impatto sulla componente atmosfera (cfr. paragrafo 4.1). A solo titolo di esempio, si applicheranno criteri di sostenibilità nell'ambito del cantiere quali:

- incentivo all'uso di autoveicoli e automezzi di ultima generazione;
- ricorso a fonti rinnovabili come pannelli fotovoltaici per le piccole utenze di cantiere;
- sistemi per l'abbattimento delle polveri come impianti lavar ruote, fog cannon, etc.;
- criteri di economia circolare come frantumazione dei calcestruzzi e recupero della componente inerte per il suo recupero all'interno del cantiere.

4.1.2.2 Emissioni dai motori dei mezzi d'opera

4.1.2.2.1 Metodologia di stima delle emissioni

La valutazione delle emissioni generate dai motori di mezzi e macchine di cantiere è condotta mediante la metodologia indicata nelle principali fonti bibliografiche di riferimento nazionali ed internazionali (US-EPA, EMEP, CORINAIR, EEA, ANPA). La metodologia di riferimento è basata sul prodotto di un'emissione specifica (fattore d'emissione) per un opportuno indicatore di quantificazione dell'attività inquinante. Nel caso in esame, il calcolo è stato compiuto utilizzando i fattori d'emissione presenti nella pubblicazione dell'Agenzia per L'Ambiente Europea *"EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016"* con integrate le correzioni sul tema "Non road mobile machinery" introdotte a maggio 2017. La pubblicazione fornisce i fattori d'emissione dei principali inquinanti rilasciati in atmosfera in funzione della potenza del motore diesel considerato, riportati per i parametri di interesse nella seguente Tabella 4.1.1. I fattori d'emissione considerati si riferiscono a tecnologie rispettose dei limiti della direttiva 97/68 stage IIIA. La quantificazione delle emissioni complessive prodotte dall'attività dei mezzi durante la fase di cantiere è effettuata associando ad ogni tipo di mezzo una potenza rappresentativa da moltiplicare per il corrispondente fattore d'emissione e per il numero dei mezzi di ciascun tipo.

Poiché i motori non sono eserciti continuativamente alla massima potenza, ma hanno periodi di minimo e/o di potenza parziale, la metodologia introduce un fattore di carico (load factor) determinato sulla base dei fattori indicati in corrispondenza dei cicli standard ISO DP 8178. Per le attività in oggetto si adotta nel seguito, a titolo cautelativo, un valore

pari a 0.15 che costituisce il ciclo più elevato per la categoria in esame (C1 - Diesel powered off road industrial equipment).

Tabella 4.1.1 - Fattori di emissione dai motori dei mezzi e delle macchine di cantiere

EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2016						
Stage IIIA - EU Directive 2004/26 (machinery), EU Directive 2005/13 (tractors)						
Parametro	[kW]	19÷37	37÷56	56÷75	75÷130	130÷560
EF CO	[g/kWh]	2.2	2.2	2.2	1.5	1.5
EF NO _x		6.08	3.81	3.81	3.24	3.24
EF VOC		0.6	0.4	0.4	0.3	0.3
EF CH ₄		0.014	0.01	0.01	0.007	0.007
EF PM ₁₀		0.4	0.2	0.2	0.2	0.1
FC		262	260	260	255	250

4.1.2.2.2 Stima delle emissioni

Nella seguente Tabella 4.1.2 si riporta l'emissione stimata su base oraria per ciascuna tipologia di mezzi d'opera utilizzati per la costruzione (cfr. paragrafo 4.1.1.2).

Ai fini della determinazione dell'emissione di biossido di zolfo (SO₂), si è assunto che tutto lo zolfo contenuto nel combustibile si trasformi interamente in SO₂. Si è inoltre assunto un tenore di zolfo nel combustibile pari al valore massimo ammesso dalla Direttiva 2009/30/CE (10 mg/kg).

L'emissione totale oraria è stimata ipotizzando il funzionamento simultaneo di un mezzo per ciascuna tipologia, in considerazione del ciclo standard ISO 8178 C1, risultando pari a 1'869 g/h per gli NO_x, 174 g/h per i VOC, 4 g/h per il CH₄, 870 g/h per il CO, 60 g/h per il PM₁₀ e 3 g/h per il SO₂. Tale quantificazione deve essere considerata come una stima approssimativa, vista la variabilità giorno per giorno dei mezzi impiegati, e cautelativa poiché ottenuta ipotizzando l'operatività simultanea di tutte le tipologie di mezzi di cantiere.

Tabella 4.1.2 - Emissioni dai motori dei mezzi e delle macchine di cantiere

Macchina operatrice	Pot. (*) [kW]	NO _x [g/h]	VOC [g/h]	CH ₄ [g/h]	CO [g/h]	PM ₁₀ [g/h]	SO ₂ [g/h]
Escavatore gommato	70	40	4.2	0.11	23	2.1	0.05
Escavatore cingolato	141	69	6.3	0.15	32	2.1	0.11
Pala	200	97	9.0	0.21	45	3.0	0.15
Grader	200	97	9.0	0.21	45	3.0	0.15
Bulldozer	233	113	10.5	0.24	52	3.5	0.17
Vibrofinitrice	132	64	5.9	0.14	30	2.0	0.10
Rullo compattatore	302	147	13.6	0.32	68	4.5	0.23
Betoniera e pompa carrata per calcestruzzo	100	49	4.5	0.11	23	3.0	0.08
Sollevatore telescopico	150	73	6.8	0.16	34	2.3	0.11
Piattaforma telescopica	150	73	6.8	0.16	34	2.3	0.11
Autocarro	200	97	9.0	0.21	45	3.0	0.15
Autoarticolato	300	146	13.5	0.32	68	4.5	0.23
Autogru carrata tipo Liebherr 1350	450	219	20.3	0.47	101	6.8	0.34
Autogru carrata tipo Terex 650	311	151	14.0	0.33	70	4.7	0.23
Autogru carrata tipo Terex AC40	205	100	9.2	0.22	46	3.1	0.15
Autogru cingolata tipo Terex CC2800	390	190	17.6	0.41	88	5.9	0.29
Gru a torre	300	146	13.5	0.32	68	4.5	0.23
TOTALE:		1'869	173.6	4.06	870	60.1	2.88
(*) potenza assunta come indicativa della categoria rappresentata							

4.1.2.3 Traffico indotto

4.1.2.3.1 Metodologia di stima delle emissioni

La metodologia di stima di riferimento comunitario e nazionale per le emissioni dai processi di combustione dei motori di veicoli è denominata COPERT (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), che costituisce parte delle linee guida EMEP/EEA per il calcolo delle emissioni degli inquinanti atmosferici.

Nel seguito è applicata la metodologia "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016" con integrate le correzioni sul tema "Road Transport" introdotte a luglio 2018, che consente di riprodurre le emissioni inquinanti dei processi di combustione distinguendo la tipologia del veicolo, lo stato di manutenzione, la velocità, le caratteristiche del percorso, il regime di guida, ecc. Sulla base di numerosi dati sperimentali in vari paesi comunitari, durante il programma di sviluppo del metodo sono state tarate specifiche funzioni matematiche che consentono di calcolare i fattori di emissione (o emissioni specifiche) dovuti ad un certo parco veicolare a partire dalle sole caratteristiche del traffico (volume, velocità) e di composizione del parco circolante. I fattori di emissione sono espressi in g/(veicolo·km), ovvero grammi emessi da un veicolo lungo il percorso di un chilometro, e si riferiscono agli inquinanti maggiormente significativi per il traffico

veicolare in funzione della velocità media di percorrenza dei veicoli, del loro carico (se veicoli pesanti) e della pendenza media del tragitto.

4.1.2.3.2 Stima delle emissioni

Durante la fase di realizzazione delle opere, il traffico indotto è variabile in funzione delle diverse fasi lavorative. Il traffico veicolare si concentrerà lungo le strade di accesso ai cantieri e quindi lungo la viabilità esistente.

Si assume che i veicoli pesanti siano della categoria Euro V, con alimentazione diesel, aventi una massa a pieno carico di 30 tonnellate (categoria "HDT Rigid 28 - 32 t", con tecnologia di abbattimento degli NO_x nei gas di scarico di tipo "SCR") e procedano a velocità di 40 km/h.

Ai fini della determinazione dell'emissione di biossido di zolfo (SO₂), si è assunto che tutto lo zolfo contenuto nel combustibile si trasformi interamente in SO₂. Si è inoltre assunto un potere calorifico del Diesel di 42.695 MJ/kg ed un tenore di zolfo nel combustibile pari al valore massimo ammesso dalla Direttiva 2009/30/CE (10 mg/kg).

Considerando una pendenza media nulla ed un fattore di carico medio di 0.5 (il trasporto viaggia normalmente carico in un senso e scarico nell'altro) si ottengono le emissioni specifiche per veicolo pesante e chilometro riportate in Tabella 4.1.3.

Sulla base delle informazioni relative al traffico indotto dal cantiere (cfr. paragrafo 4.1.1.2) che prevedono una mobilitazione nel periodo di massima attività di 15 camion/giorno, e considerando attività svolte con orario lavorativo diurno (8 ore/giorno) e con due giorni di riposo settimanale (5 giorni/settimana), la metodologia applicata permette di giungere alla stima delle emissioni presentata nella seguente Tabella 4.1.4.

Tabella 4.1.3 - Fattori di emissione (EF) per i mezzi pesanti di categoria "Rigid 28 - 32 t"

Parametro	Unità di misura	Valore
Classe emissiva dei veicoli	-	Euro V
Velocità media	km/h	40
Pendenza media	%	0
Fattore di carico medio	%	50
EF CO (monossido di carbonio)	g/(veicolo·km)	1.9772
EF NO _x (ossidi di azoto)		5.0706
EF VOC (Composti Organici Volatili)		0.0308
EF CH ₄ (metano)		0.0053
EF PM (polveri sottili)		0.0532
ECF (Energy Consumption Factor)	MJ/(veicolo·km)	12.1902

Tabella 4.1.4 - Emissione media dai motori dei mezzi associati al traffico indotto dal cantiere

Parametro:	CO	NO _x	VOC	CH ₄	PM	SO ₂
Unità di misura:	g/(die·km)					
Valore:	30	76	0.46	0.079	0.80	0.086

4.2 Fase di esercizio

La valutazione degli impatti sulla componente atmosfera indotti nella fase di esercizio è condotta mediante il confronto tra le ricadute in termini di concentrazioni in aria ambiente delle emissioni convogliate a camino nell'assetto impiantistico attuale e in quelli di progetto nella fase 1 (funzionamento del solo gruppo BS1A a ciclo aperto), nella fase 2 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi a ciclo aperto) e nella fase 3 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi in ciclo combinato).

Selezione e struttura dello strumento modellistico

4.2.1.1 Principi metodologici generali

La selezione dello strumento modellistico adeguato al caso in oggetto, compiutamente riportata nel seguito, è condotta coerentemente ai criteri generali indicati nella Appendice III *"Criteri per l'utilizzo dei metodi di valutazione diversi dalle misurazioni in siti fissi"* al D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 *"Attuazione della direttiva 2008/50/Ce relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*, che al paragrafo 1.3 indica che essa debba essere effettuata in funzione di:

- risoluzione spaziale e temporale della valutazione;
- caratteristiche delle sorgenti di emissione;
- caratteristiche degli inquinanti da considerare.

La Tabella 1, riportata nell'Appendice del citato decreto, indica la tipologia di modelli meteorologici, di dispersione e delle caratteristiche del modulo chimico da utilizzare in funzione della scala spaziale della valutazione e del tipo di inquinante.

La Tabella 2 indica la scala spaziale e temporale della valutazione da effettuare con il modello in funzione del tipo di inquinante e del periodo di mediazione del valore limite o obiettivo, ed in funzione di una serie esemplificativa di tipologie di stazioni e siti fissi (traffico, fondo urbano, fondo rurale...). Si tenga presente che quest'ultima indicazione mira soprattutto al corretto confronto tra risultati modellistici e dati registrati da postazioni di misura della qualità dell'aria. Tale confronto, finalizzato alla valutazione delle performance del modello, assume caratteristiche ottimali qualora le stazioni di misurazione siano rappresentative di una porzione di territorio all'incirca pari alla risoluzione del modello.

Ulteriori indicazioni, di natura più generale, possono essere reperite nelle *“Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria”* (ANPA CTN-ACE, 2001). Secondo la classificazione proposta dalla pubblicazione, l'applicazione oggetto del presente protocollo rientra all'interno della grande varietà di casistiche dello Scenario 2 – *“dispersione di inquinanti rilasciati da sorgenti puntiformi anche isolate, areali, lineari in relazione al traffico extraurbano”*. La pubblicazione identifica quali elementi caratterizzanti lo scenario, il campo di applicabilità, la scala spaziale, la scala temporale, l'ambito territoriale, la tipologia di sorgente e la tipologia d'inquinante, proponendo quindi una classificazione gerarchica di tipologia di modelli con crescenti capacità di simulazione del fenomeno della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Infine, il DM 1 ottobre 2002, n. 261 *“Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351”* all'Allegato 1, *“Direttive tecniche concernenti la valutazione preliminare”*, fornisce importanti elementi che, sebbene esso sia stato abrogato dal citato D.Lgs. 155/2010, restano tuttavia di immutata validità:

“La valutazione della complessità dell'area su cui si effettua la valutazione deve tenere conto delle caratteristiche orografiche del territorio, di disomogeneità superficiali (discontinuità terra-mare, città-campagna, acque interne) e condizioni meteo-diffusive non omogenee (calma di vento negli strati bassi della troposfera, inversioni termiche eventualmente associate a regimi di brezza); l'uso di modelli analitici (gaussiani e non) si considera generalmente appropriato nel caso di siti non complessi, mentre qualora le disomogeneità spaziali e temporali siano rilevanti per la dispersione, è opportuno ricorrere all'uso di modelli numerici tridimensionali, articolati in un preprocessore meteorologico (dedicato principalmente alla ricostruzione del campo di vento) e in un modello di diffusione.”

Nel seguito si riportano le considerazioni per il caso specifico relativi agli aspetti sopra descritti che hanno condotto alla scelta dello strumento modellistico proposto.

4.2.1.2 Finalità dell'applicazione

Lo scopo del protocollo e della successiva applicazione dello strumento modellistico è l'identificazione sul territorio delle aree maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale termoelettrica “Federico II” di Brindisi, nel suo assetto attuale e in quelli di progetto nella fase 1 (funzionamento del solo gruppo BS1A a ciclo aperto), nella fase 2 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi a ciclo aperto) e nella fase 3 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi in ciclo combinato).

È opportuno sottolineare che l'approccio utilizzato ha l'obiettivo di fornire localizzazione ed estensione massime delle aree potenzialmente interferite dalle ricadute delle emissioni convogliate. A tale scopo, la ricostruzione modellistica della dispersione assume, per tutti gli scenari, attuale e di progetto (fase 1, 2 e 3), il funzionamento continuativo dell'impianto alla massima capacità produttiva per tutta la durata della simulazione, senza dunque prevedere alcun periodo di fermo impianto o di conduzione a potenza ridotta. Infine, visti i limiti di esercizio posti alla Centrale nell'assetto attuale, in termini di emissioni massiche su base annua, in fase di post-processing, è stato adottato l'accorgimento di riscaldare in modo opportuno, i soli valori medi annuali per tale assetto.

Complessivamente l'approccio utilizzato, risulta essere rappresentativo delle massime ricadute ottenute per via modellistica rispetto a quanto riconducibile all'effettivo esercizio della Centrale.

In ogni caso, i risultati ottenuti non hanno la finalità di effettuare un confronto diretto tra stima dell'effettivo contributo della Centrale in assetto attuale e la misura della rete di qualità dell'aria nel periodo di riferimento della simulazione.

4.2.1.3 Caratteristiche del sito

La Centrale termoelettrica "Federico II" sorge nel territorio del Comune di Brindisi in Località Cerano di Tutturano, frazione Sud del capoluogo di Provincia. Occupa una superficie di circa 186 ettari, a circa 12 km a Sud della città di Brindisi e 30 km a Nord della città di Lecce. L'area si affaccia sul litorale brindisino, nel tratto di costa che va da Località Masseria Cerano al confine sud del Comune stesso (Figura 4.2.1).

L'area su cui sorge l'impianto è stata caratterizzata da un intervento antropico a scopo agricolo che nei secoli ha trasformato il paesaggio originario. Le modifiche operate sul territorio sono da ricondursi storicamente alle bonifiche delle paludi litoranee, ai successivi interventi di riforma fondiaria ed agraria e ad un moderno sviluppo della rete viaria. La caratteristica peculiare del paesaggio è la presenza di vaste aree occupate da vigneti ed oliveti, tra cui si intercalano distese di grano e colture orticole.



Figura 4.2.1 - Inquadramento territoriale della Centrale "Federico II".

4.2.1.4 Caratteristiche delle sorgenti di emissione

Nel 1982 l'Enel, con decreto M.I.C.A. del 24/06/1982, venne autorizzata alla costruzione ed all'esercizio di una centrale termoelettrica a carbone e olio combustibile della potenza nominale di 2'640 MWe, articolata su quattro sezioni ciascuna della potenza nominale di 660 MWe. La ciminiera è in posizione baricentrica rispetto alle due coppie di gruppi in cui alloggianno le canne fumarie delle quattro unità.

I gruppi hanno eseguito il 1° parallelo commerciale alla rete di trasporto nazionale rispettivamente in data:

- Gruppo 1: 10/10/91
- Gruppo 2: 26/05/92
- Gruppo 3: 10/12/92
- Gruppo 4: 30/11/93

Nel 1998 su tutti e quattro i gruppi sono entrati in funzione gli impianti DeNO_x e DeSO_x.

Il progetto originario, immutato per quanto attiene la capacità produttiva, ha subito negli anni delle rilevanti modifiche impiantistiche rese necessarie per rispettare i più stringenti limiti di emissione in atmosfera, conseguire la poli-combustibilità delle caldaie, adeguare le infrastrutture di logistica di approvvigionamento combustibili, lo stoccaggio e la

movimentazione dei reflui solidi (essenzialmente gessi e ceneri) e la capacità di stoccaggio del combustibile liquido.

Il nuovo progetto prevede la realizzazione nell'area di impianto esistente di nuove unità a gas in configurazione due su uno; la configurazione prevede 2 turbine a gas e relative caldaie a recupero (GVR) che si collegano a una sola turbina a vapore, taglia massima 1'680 MW_e². Il CCGT è stato progettato con i criteri più avanzati di efficienza e compatibilità ambientale e proposti nel pieno rispetto delle *Best Available Techniques Reference Document* (BRef) di settore.

L'intervento prevede tre fasi di realizzazione: le prime due prevedono l'installazione delle unità in ciclo aperto (OCGT) (solo turbina a gas con una potenza di 560 MW_e ciascuna), la terza fase prevede l'installazione di due caldaie a recupero e una turbina a vapore che consentiranno l'esercizio in ciclo chiuso (OCGT). Tutte le unità a carbone esistenti saranno poste fuori servizio all'entrata del primo OCGT.

Per l'emissione in atmosfera dei fumi di combustione è prevista la costruzione di due camini di *by-pass*, uno per ogni sezione, dell'altezza di 90 metri con un diametro della sezione di sbocco di 10 metri. Nella fase finale verranno costruite altre due ciminiere sempre da 90 metri di altezza con un diametro della sezione di sbocco pari a 8.5 metri.

4.2.1.5 Selezione e composizione dello strumento modellistico

Dalle caratteristiche dell'applicazione modellistica evidenziate nei punti precedenti, si può ritenere che la scala spaziale della valutazione sia, in base alla Tabella 1 dell'Appendice III del D.Lgs. 155/2010, "Urbana/agglomerato", ovvero entro un *range* da 1 a 300 km. La citata Tabella 1 indica pertanto uno strumento modellistico costituito dalle seguenti tipologie di codici:

- Modello meteorologico:
 - Modelli meteorologici a mesoscala
 - Misure meteorologiche localizzate
 - Modelli diagnostici per il campo di vento
- Modello di dispersione:
 - Modelli parametrizzati gaussiani e non gaussiani
 - Modelli chimici di trasporto euleriano
 - Modelli lagrangiani
- Chimica:

² Nel caso di configurazione 2+1 la potenza nominale di 1.680 MWe è la massima potenzialmente traguardabile in relazione alle valutazioni tecniche ad oggi sviluppate dai fornitori; l'effettiva potenza dipenderà dalla potenza delle singole macchine del produttore che si aggiudicherà la gara di fornitura, e potrebbe incrementarsi per sviluppo tecnologico fino al 3% in più (totale 1730 MWe circa), non modificando tuttavia in alcun modo la potenza termica dichiarata.

- Da nessuna a inclusa a seconda dei casi.

La Tabella 2 dell'Appendice III del D. Lgs. 155/2010 consente quindi di identificare, per analogia con quanto indicato per le altre sostanze, un'applicazione modellistica con:

- risoluzione temporale oraria;
- risoluzione spaziale < 1 km.

Sulla base di tutto quanto finora esposto per l'applicazione modellistica oggetto di studio, si può ritenere pertanto adeguato uno strumento modellistico composto dalla seguente catena di codici di calcolo:

- Modello meteorologico:
 - WRF – Modello prognostico a mesoscala;
 - CALMET – Modello diagnostico.
- Modello di dispersione:
 - CALPUFF – Modello lagrangiano a puff.

A corredo dei codici di calcolo principali (WRF – CALMET – CALPUFF) lo strumento implementa una serie di pre-processor e post-processor.

WRF è nella lista di modelli meteorologici consigliati dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA, <http://www.epa.gov/scram001/metmodel.htm>).

Il sistema modellistico CALPUFF (CALMET e CALPUFF) compare nella lista dei modelli preferiti/raccomandati dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA, http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm). CALPUFF è nell'elenco *"Scheda 1: modelli da applicare nelle aree urbane ed a scala locale"* della pubblicazione APAT CTN ACE, 2004 *"I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni"*.

La Figura 4.2.2 riporta la schematizzazione del sistema modellistico predisposto. I blocchi verdi rappresentano i dati di input, i blocchi azzurri la ricostruzione meteorologica, quelli arancione la parte emissiva e dispersiva, i grigi l'estrazione, l'elaborazione e la restituzione dei risultati.

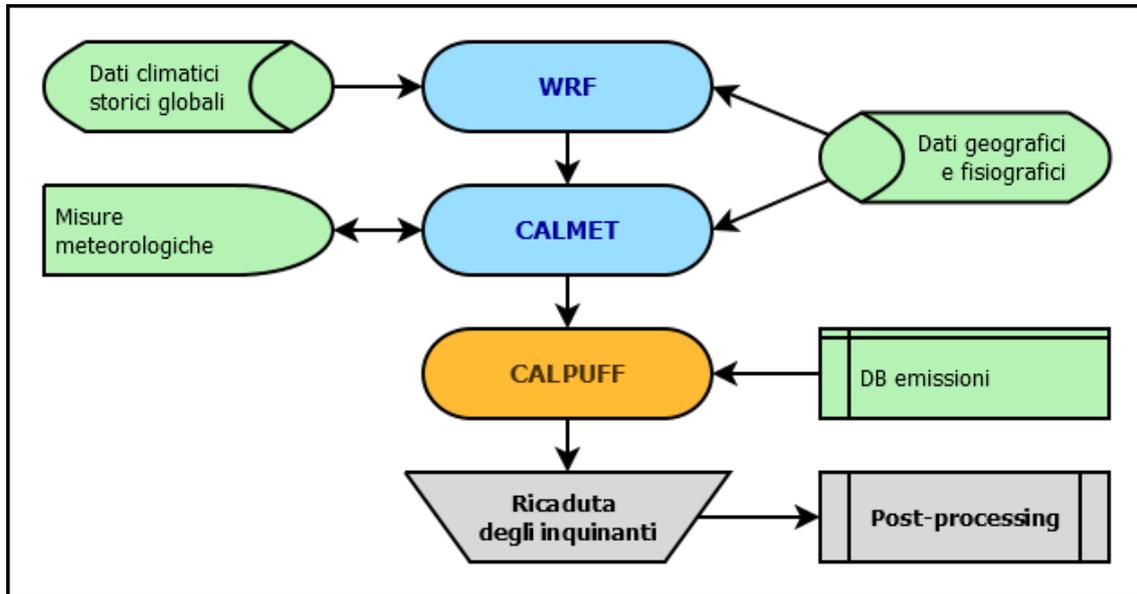


Figura 4.2.2 – Struttura del sistema modellistico.

Nei seguenti paragrafi si riporta una sintetica descrizione dei codici principali, e di seguito si presenta l'applicazione al caso in esame dello strumento modellistico selezionato.

4.2.1.5.1 WRF

WRF (Weather Research and Forecasting Model, versione ARW 3.8) è un modello meteorologico non-idrostatico che risolve le equazioni primitive che controllano la circolazione atmosferica per la ricostruzione e la previsione meteorologica.

WRF (<http://www.wrfmodel.org>) è tra i modelli atmosferici più avanzati attualmente esistenti, risultato di una partnership di vari istituti meteorologici statunitensi, tra cui i principali sono il National Center for Atmospheric Research (NCAR) ed il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Oggi il modello WRF è utilizzato in tutto il mondo nella maggior parte dei centri di studio e di previsioni atmosferiche da una vasta comunità, che ne ha favorito un rapido sviluppo e il continuo aggiornamento.

Il codice di calcolo è distribuito da University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), gestore di NCAR, e offre una vasta gamma di applicazioni a diversa scala, dai fenomeni di microscala (ordine dei metri) a quelli di scala sinottica (ordine delle migliaia di chilometri).

Il sistema WRF comprende due risolutori dinamici: ARW (Advanced Research WRF) ampiamente sviluppato e mantenuto dal MMM Laboratory (MMM-UCAR), e NMM (non-idrostatiche Mesoscale Model) sviluppato dal National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e supportato dal Developmental Testbed Center.

Il modello WRF rappresenta lo stato dell'atmosfera in una griglia tridimensionale in funzione di 10 variabili fondamentali (le tre componenti del vento u-v-w, la temperatura, la pressione, l'umidità e vari stati microfisici che rappresentano le diverse fasi dell'acqua liquida). La dimensione delle celle della griglia definisce la risoluzione del modello.

Dati uno stato iniziale e una condizione al contorno, le equazioni del modello sono integrate numericamente (con incrementi predeterminati) per far avanzare temporalmente lo stato del modello. In questo modo, il modello genera un database che contiene una rappresentazione dello stato dell'atmosfera in 4 dimensioni (longitudine, latitudine, quota e tempo).

WRF risolve le equazioni primitive usando approssimazioni numeriche, discretizzando spazialmente e temporaneamente in funzione della risoluzione desiderata. Le equazioni numeriche possono risolvere correttamente solo quei processi meteorologici le cui dimensioni sono maggiori rispetto alla cella della griglia. Come conseguenza, i processi a scala più piccola devono essere parametrizzati, cosa che implica che gli effetti sulla cella sono dedotti dalle variabili previste dal modello per la cella stessa.

Per incorporare l'intera gamma di fenomeni meteorologici che si verificano nell'atmosfera reale, il modello utilizza una serie di griglie nidificate. La dimensione della griglia più grande è selezionata per rappresentare l'effetto dei fenomeni di scala sinottica nella regione d'interesse, mentre le griglie più piccole permettono al modello di rappresentare circolazioni regionali/locali legate all'interazione della circolazione sinottica con la topografia di micro-scala.

Le condizioni al contorno per la griglia esterna sono ottenute da dati climatici storici globali che sono mantenuti da centri operativi di previsione meteorologica globale. Questi dati globali rappresentano l'intero stato dell'atmosfera in tutto il pianeta, e sono il risultato di analisi computerizzate dei dati superficiali disponibili e delle osservazioni sugli strati più alti.

Ogni periodo di analisi unisce decine di migliaia di singole misure provenienti da tutto il mondo in uno stato fisico coerente. Si deve osservare che WRF non fa direttamente uso delle misure di vento dalle reti di osservazione locali, e quindi tali osservazioni possono essere utilizzate per convalidare i risultati del modello stesso.

Il ruolo di WRF nello strumento modellistico nella presente applicazione è di ricostruire la struttura tridimensionale dell'atmosfera e la sua evoluzione temporale in termini di situazioni sinottiche generali e principali strutture regionali.

4.2.1.5.2 CALMET

CALMET (Version 6.5.0, Level 150223) (Scire et al., 2000(a)), sviluppato dalla società statunitense TRC (<http://www.src.com>), è un modello meteorologico diagnostico che produce campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali di diverse variabili meteorologiche a partire da dati osservati (al suolo e di profilo) e da dati geofisici (orografia, uso del suolo).

CALMET è costituito da un modulo diagnostico per la ricostruzione del campo di vento e da moduli micrometeorologici per la caratterizzazione dello strato limite di rimescolamento, sia sul suolo sia sull'acqua. Il modulo diagnostico del campo di vento utilizza una procedura a due *step* per la costruzione dello stesso. Il primo passo crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge in modo da tenere conto degli effetti del terreno sui flussi e dei venti di pendio. In questa fase, dapprima il modello utilizza i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In un secondo momento sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale, fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza. Dopo aver introdotto i venti di pendio e gli effetti termodinamici, il campo (a questo punto detto "di primo passo") viene condotto alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati al suolo, in modo da ottenere il campo nella sua versione finale. L'introduzione dei dati osservati è effettuata tramite una procedura d'analisi oggettiva. L'attribuzione di pesi inversamente proporzionali alla distanza tra punto e stazione di misura garantisce l'ottenimento di un campo che riflette maggiormente le osservazioni in prossimità dei punti di misura e che è dominato dal campo di primo passo nelle zone prive d'osservazioni. Infine, il campo risultante è sottoposto ad un'operazione di smoothing e di ulteriore minimizzazione della divergenza. CALMET richiede come dati di input misure orarie al suolo di direzione e velocità del vento, temperatura, copertura nuvolosa, altezza della base delle nuvole, pressione atmosferica, umidità relativa e precipitazione, nonché profili verticali di direzione e velocità del vento, temperatura e pressione atmosferica o campi tridimensionali prodotti da modelli meteorologici prognostici quali ad esempio MM5, WRF, RAMS, COSMO. Algoritmi specifici trattano la dinamica atmosferica sopra superfici marine o lacustri e la loro interfaccia con le superfici terrestri.

Il ruolo di CALMET nello strumento modellistico oggetto della presente applicazione è di effettuare un downscaling (un aumento della risoluzione) dei campi prodotti dal modello WRF, oltre che di creare i campi di tutte le variabili macro e micro meteorologiche necessari per l'applicazione del modello CALPUFF.

4.2.1.5.3 CALPUFF

CALPUFF (Version 7.2.1, Level 150816) (Scire J.S. et Al., 2000(b)), sviluppato dalla società statunitense TRC (<http://www.src.com/>), è un modello lagrangiano a puff non stazionario che simula i processi di trasporto, dispersione, deposizione secca e umida e trasformazione chimica cui sono sottoposte le emissioni continue di sbuffi (puff) d'inquinante rilasciate in atmosfera da una o più sorgenti.

Al variare di direzione ed intensità del vento nel tempo e nello spazio, la traiettoria di ogni puff cambia in modo da seguire la nuova direzione del vento in quel punto del dominio tridimensionale. La diffusione dei puff è gaussiana, inizialmente funzione della distanza dalla sorgente e successivamente funzione del tempo (in modo che ad un eventuale riavvicinamento dell'inquinante verso la sorgente, in seguito ad un'inversione della direzione del vento, non segua una contrazione del puff).

La concentrazione stimata in un dato recettore è data dalla somma dei contributi di tutti i puff sufficientemente vicini a questo. La garanzia della corretta riproduzione del pennacchio inquinante è data dall'elevato numero di puff rilasciati ogni ora, numero calcolato dal modello in funzione delle caratteristiche meteorologiche dell'ora. La trattazione di calme di vento è gestita internamente dal modello con appositi algoritmi, consistenti con il modello concettuale in cui le emissioni contemporanee alla calma di vento salgono virtualmente sulla verticale della sorgente, e quelle preesistenti ristagnano sulla loro posizione, tutte disperdendosi in funzione del tempo (si assume cioè che il vento sia assente o sbandieri attorno ad una media nulla).

Il calcolo delle componenti della turbolenza atmosferica (σ_{yt} e σ_{zt}) è espletato mediante parametri di turbolenza (σ_v e σ_w) calcolati tramite i campi di CALMET delle variabili micrometeorologiche (L , u^* , w^* , ecc.). Appositi algoritmi trattano la dispersione al di sopra di superfici coperte da acqua (mari e laghi), e all'interfaccia terra-mare. L'interazione tra orografia e puff, oltre che nell'informazione contenuta nel campo di vento generato da CALMET (che presenta nei livelli prossimi al suolo gli effetti dovuti alle strutture orografiche principali), avviene attraverso la metodologia "partial plume path adjustment", che riduce l'altezza del puff sul suolo in funzione della classe di stabilità atmosferica, della quota del terreno in relazione alla base della sorgente e dell'altezza originale del puff stesso.

Oltre alla trattazione d'inquinanti inerti, CALPUFF include differenti schemi chimici per la ricostruzione delle deposizioni acide, per l'evoluzione degli ossidi d'azoto, per la riproduzione delle catene di decadimento radioattivo.

Appositi algoritmi trattano la deposizione per via secca (secondo l'approccio classico di modello a resistenze) e per via umida (caratterizzando ogni sostanza secondo un parametro di rimozione umida "wet scavenging").

CALPUFF include la metodologia dell’Agenzia per la Protezione dell’Ambiente statunitense (US-EPA) “*Good Engineering Practice stack height and Building Downwash guidance*” che costituisce uno dei principali metodi di riferimento per il calcolo dei parametri necessari alla valutazione modellistica dell’influenza di strutture di altezza significativa circostanti il punto di emissione. La presenza di strutture induce nel flusso d’aria una zona di stagnazione in corrispondenza della faccia sopravento dell’edificio, ed una zona di ricircolazione posta sulla sommità dell’edificio ed in corrispondenza delle facce laterali parallele alla direzione del vento. Sottovento all’edificio si crea una cavità con vortici verticali che intrappolano le masse d’aria. Allontanandosi dall’edificio in direzione sottovento, la cavità si riduce in intensità e si trasforma progressivamente in una scia turbolenta con un graduale ripristino della situazione non perturbata. L’effetto della perturbazione sulla diffusione dei fumi per camini non sufficientemente alti è quello di aumentarne la dispersione iniziale, incrementando la concentrazione d’inquinanti al suolo nelle prime centinaia di metri dalla sorgente. L’aumento della concentrazione al suolo non comporta necessariamente un livello di criticità per la qualità dell’aria, ma deve essere valutato nelle simulazioni modellistiche. I risultati della metodologia adottata sono stati utilizzati nelle applicazioni modellistiche per valutare l’effetto delle strutture prossime ai camini degli impianti oggetto di studio.

4.2.1.6 Validazione dello strumento modellistico

I codici di calcolo selezionati per le valutazioni modellistiche del presente studio WRF, CALMET e CALPUFF sono sviluppati da soggetti terzi (NCAR, NOAA e TRC) e sono stati, e sono costantemente, oggetto di numerosi test finalizzati alla loro validazione, ovvero alla loro capacità di riprodurre correttamente un corrispondente set di dati misurati. Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche validazioni facilmente reperibili sul web.

La capacità di questi modelli di rappresentare adeguatamente, nei limiti dell’attuale stato dell’arte, i fenomeni per cui sono stati realizzati, e quindi della loro adeguatezza per le finalità del presente studio, è testimoniata dalla loro inclusione nelle linee guida nazionali ed in quelle di numerosi stati esteri, nonché dalla diffusione del loro utilizzo in studi analoghi in Italia ed all’estero.

4.2.2 Applicazione al caso in esame

Di seguito si riportano le caratteristiche dell’applicazione dello strumento modellistico al caso in esame.

4.2.2.1 Scala temporale: periodo di simulazione e passo temporale

Lo strumento modellistico è stato applicato dalle ore 00:00 del 01/01/2013 alle ore 24:00 del 31/12/2015 con passo temporale orario, ovvero tale da consentire una adeguata riproduzione della dinamica dei fenomeni di dispersione oggetto di studio.

4.2.2.2 Scala spaziale: ambito territoriale e risoluzione spaziale

In base alle caratteristiche del sito, al tipo di emissione e ai fenomeni in studio, il modello meteorologico WRF adottato ha le seguenti caratteristiche:

- Modello/Versione: WRF V3.8
- Dominio (WGS84): Est da 4.9458 a 20.8142, Nord da 35.3119 a 47.9358
- Risoluzione: ~ 8.0 km (143 x 173 punti)
- Livelli verticali: 36
- Campi in input: ri-analisi
- Periodo: triennio 2013-2015, passo orario

Il modello CALMET è stato applicato, come mostrato in Figura 4.2.3 ad un dominio di calcolo costituito da due griglie innestate:

- la prima "esterna", nel seguito indicata con la sigla "G1", finalizzata alla ricostruzione della circolazione a meso-scala;
- la seconda "interna", nel seguito indicata con la sigla "G2", finalizzata alla ricostruzione di dettaglio del territorio.

Entrambe le griglie adottano, come sistema di riferimento, la proiezione universale trasversa di Mercatore (UTM, fuso 33 Nord) associato al sistema geodetico WGS84.

Le griglie G1 e G2 sono completamente definite dai seguenti dati:

- Griglia G1:
 - Coordinate angolo SW: 705'000 m E, 4'443'000 m N
 - Numero di celle: 23 in direzione N-S, 23 in direzione W-E
 - Dimensione di cella: 4'500 x 4'500 m²
- Griglia G2:
 - Coordinate angolo SW: 745'500m E, 4'483'500 m N
 - Numero di celle: 45 in direzione N-S, 45 in direzione W-E
 - Dimensione di cella: 500 x 500 m²
- Livelli verticali (per entrambe le griglie):
 - Numero: 10
 - Quota delle facce: 0, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1'200, 2'000, 3'000, 4'000 m s.l.s.
 - Quota di centro: 10, 30, 60, 120, 240, 480, 920, 1'600, 2'500, 3'500 m s.l.s.

La ricostruzione del campo meteorologico ottenuta mediante la catena WRF-CALMET è stata quindi utilizzata come driver per il modello dispersivo CALPUFF.

Per il modello CALPUFF è stato adottato un dominio computazionale coincidente con la griglia G1, al cui interno sono state definite due griglie regolari di recettori. La prima è una

griglia di 23 x 23 punti a maglia di 4.5 km, ovvero 529 recettori, che coprono l'area di 103.5 x 103.5 km² dell'intero dominio computazionale G1. La seconda è una griglia di 37 x 37 punti a maglia di 500 m, ovvero 1'369 recettori (parzialmente sovrapposti ai precedenti) che coprono un'area di 18.5 x 18.5 km² compresa nella griglia G2 del modello CALMET (Figura 4.2.3).

4.2.2.3 Banche dati

4.2.2.3.1 Orografia

Per definire il modello orografico dell'area in esame, ovvero la quota media sul livello del mare di ogni cella del dominio di calcolo, è stato fatto uso dei dati derivanti dal database globale SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) GL1 v3.0 avente risoluzione di 3 secondi d'arco (circa 90 m). La missione SRTM, condotta dalle agenzie statunitensi NIMA (National Imagery and Mapping Agency) e NASA (National Aeronautics and Space Administration), ha utilizzato sistemi radar appositamente installati a bordo dello Space Shuttle Endeavour.

Sulla base dei dati SRTM è stata quindi associata, per mezzo del pre-processore TERREL (v7.0, Level 141010), una quota orografica rappresentativa di ogni cella di ciascun dominio di calcolo definito al paragrafo 0.

In Figura 4.2.3 è rappresentato graficamente l'output del pre-processore TERREL.

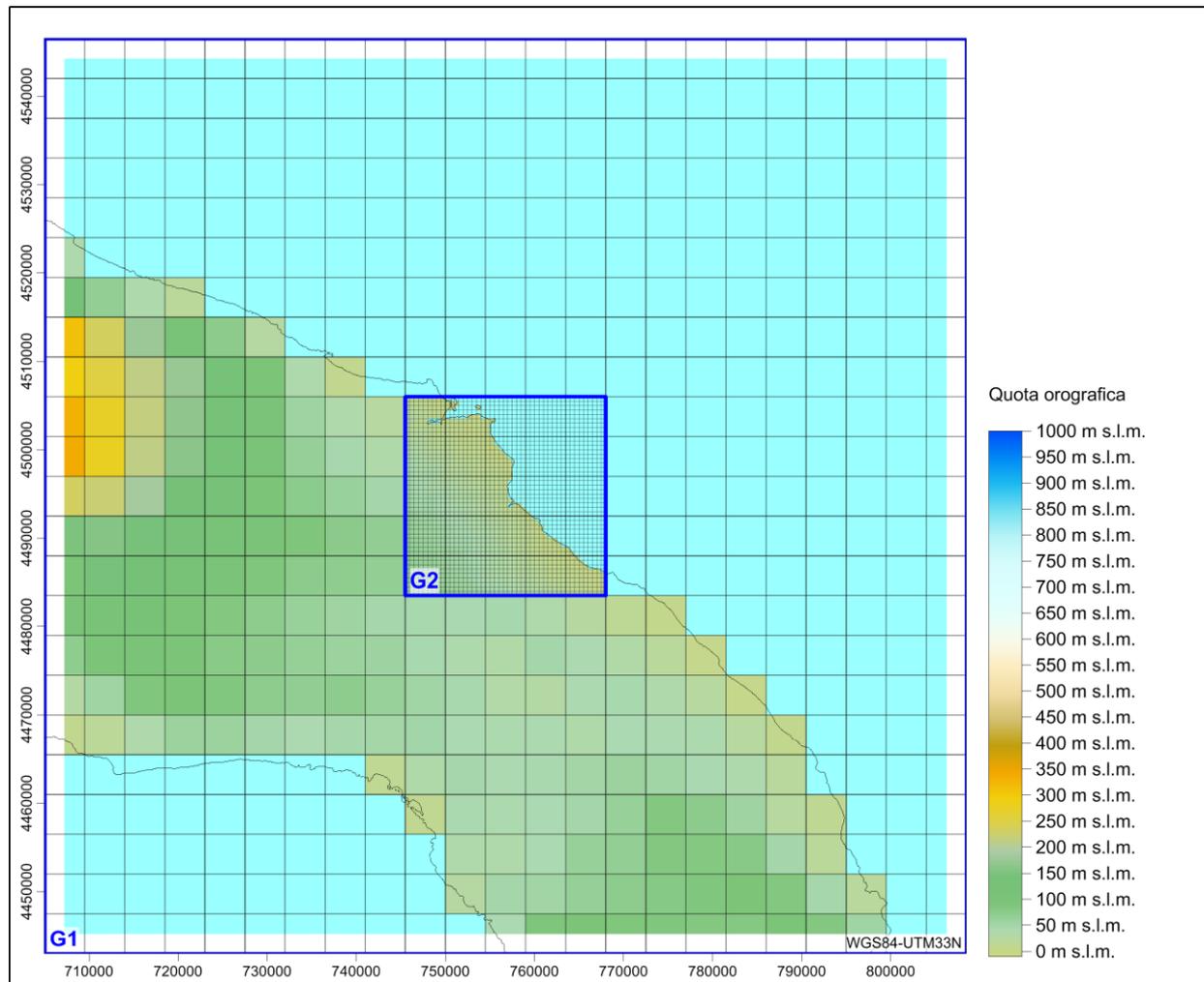


Figura 4.2.3 – Domini di calcolo (G1 e G2), griglie recettori (4.5 km e 500 m) e quota orografica alla risoluzione del modello meteorologico CALMET

4.2.2.3.2 Uso del suolo

Per definire lo stato di uso del suolo con cui caratterizzare i parametri che, insieme alla quota, definiscono lo stato fisico di ciascuna cella del modello (z_0 , albedo, Bowen ratio, Soil Heat Flux, Anthropogenic Heat Flux, Leaf Area Index), è stato fatto uso dei dati derivati dal progetto Global Land Cover Characterization (GLCC) con risoluzione di 30 secondi d'arco (~1 km) sviluppato congiuntamente da "U.S. Geological Survey's" (USGS), "National Center for Earth Resources Observation and Science" (EROS), "University of Nebraska-Lincoln" (UNL) e "Joint Research Centre of the European Commission" (Figura 4.2.4).

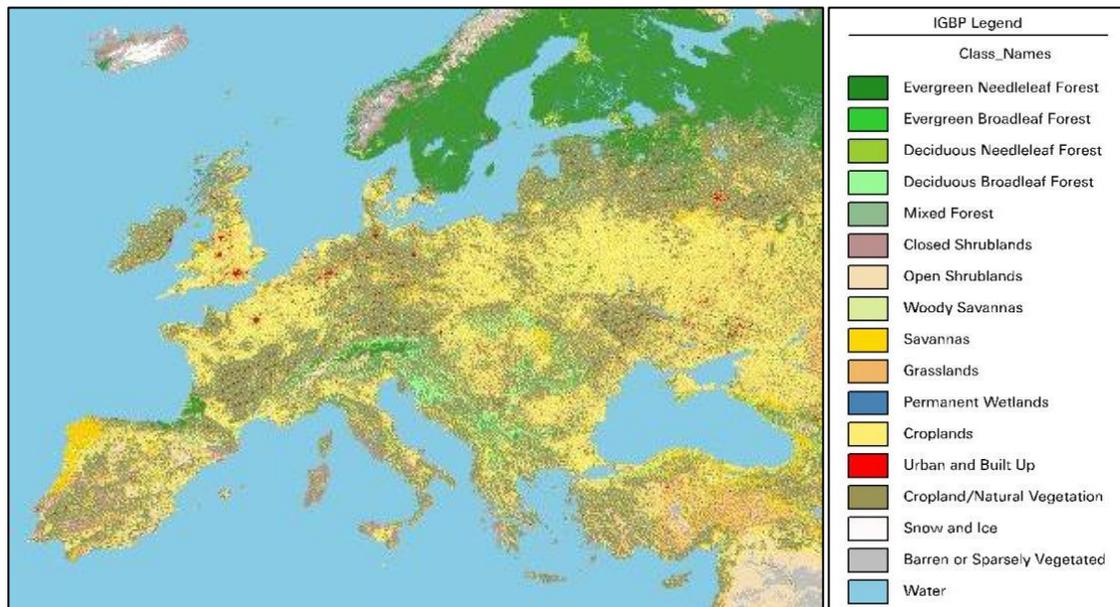


Figura 4.2.4 – Global Land Cover Characterization (GLCC)

Per ogni cella di ciascun dominio dell'area di studio (come definiti al paragrafo 0) sono state derivate, per mezzo del pre-processore CTGPROC (v7.0, Level 150211), le percentuali di occupazione delle differenti classi USGS (38 categorie, secondo il Livello II del sistema "U.S. Geological Survey Land Use Classification System"), con variazione stagionale dei parametri fisiografici.

Il modello CALMET definisce un sistema costituito da 14 categorie di uso del suolo, basato sul sistema "U.S. Geological Survey Land Use Classification System" (Tabella 4.2.1). Per ogni categoria CALMET è stato definito un valore medio stagionale di ciascun parametro fisiografico.

Ad ogni categoria di uso del suolo USGS (come detto, 38 categorie) è stata associata una categoria del sistema di classificazione in uso da CALMET (come detto, 14 categorie), secondo la corrispondenza riportata in Tabella 4.2.2.

Infine, tramite il pre-processore MAKEGEO (v3.2, Level 110401), ad ogni cella sono stati attribuiti i parametri fisiografici stagionali ottenuti come media dei parametri associati a ciascuna classe di uso del suolo ricadente nella cella, pesata sulla percentuale di copertura di ogni classe sul totale dell'area della cella stessa.

In Figura 4.2.5 è riporta, per ogni cella dei domini di calcolo CALMET, la categoria di uso del suolo prevalente assegnata dal pre-processore MAKEGEO.

Tabella 4.2.1 – Categorie di uso del suolo adottate dal modello CALMET.

CALMET Land Use Categories	
10	Urban or Built-up Land
20	Agricultural Land – Unirrigated
-20	Agricultural Land – Irrigated
30	Rangeland
40	Forest Land
51	Water
54	Small Water Body
55	Large Water Body
60	Wetland
61	Forested Wetland
62	Nonforested Wetland
70	Barren Land
80	Tundra
90	Perennial Snow or Ice

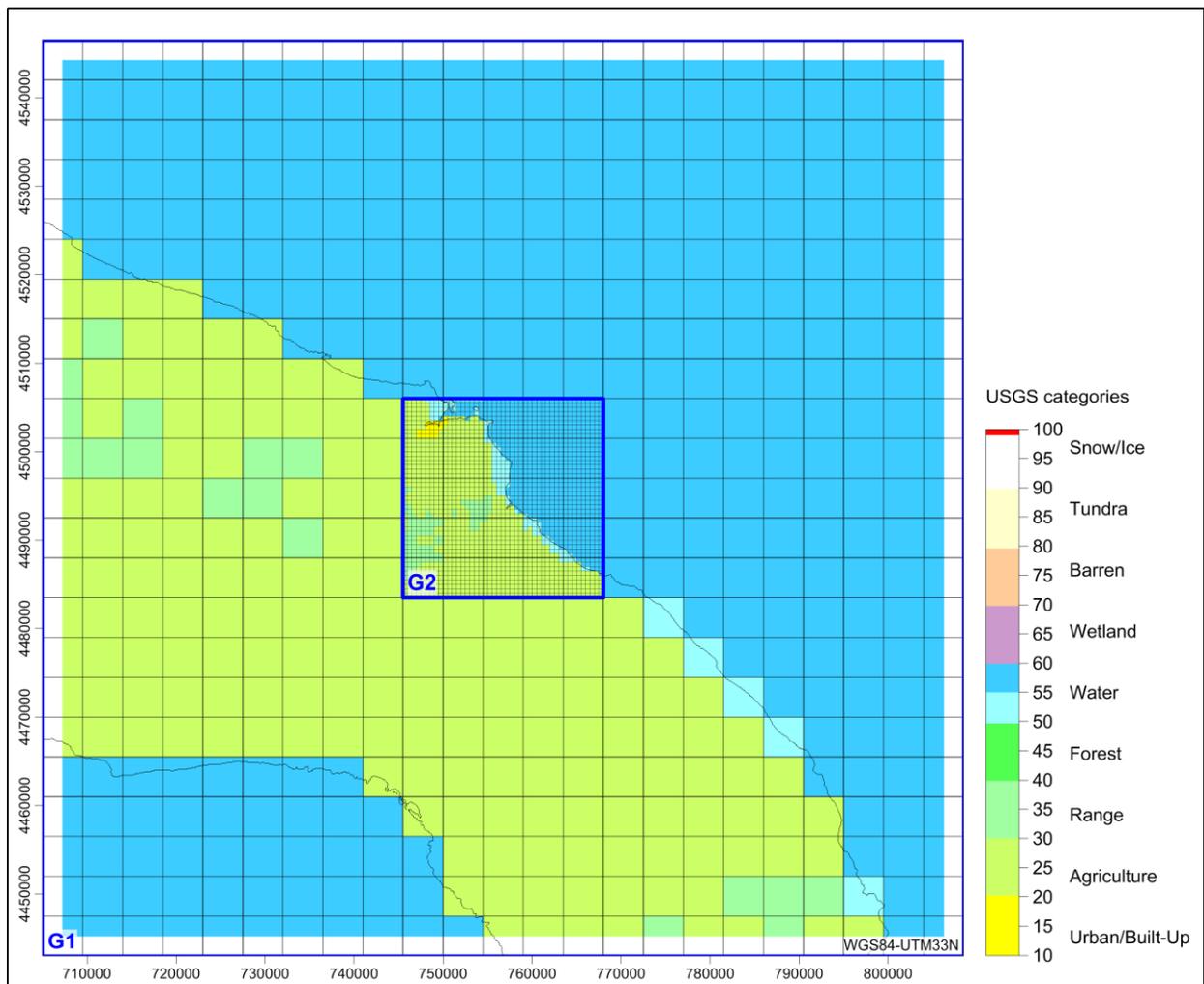


Figura 4.2.5 – Classe prevalente di uso del suolo alla risoluzione del modello CALMET (elaborazione da fonte: USGS Global)

Tabella 4.2.2 – Assegnazione valori da categorie USGS a categorie di uso del suolo CALMET

USGS Category Level I		USGS Category Level II		CALMET Category
10	Urban or Built-up Land	11	Residential	10
		12	Commercial and Services	10
		13	Industrial	10
		14	Transportation, Communications and Utilities	10
		15	Industrial and Commercial Complexes	10
		16	Mixed Urban or Built-up Land	10
		17	Other Urban or Built-up Land	10
20	Agricultural Land	21	Cropland and Pasture	20
		22	Orchards, Groves, Vineyards, Nurseries, and Ornamental Horticultural Areas	20
		23	Confined Feeding Operations	20
		24	Other Agricultural Land	20
30	Rangeland	31	Herbaceous Rangeland	30
		32	Shrub and Brush Rangeland	30
		33	Mixed Rangeland	30
40	Forest Land	41	Deciduous Forest Land	40
		42	Evergreen Forest Land	40
		43	Mixed Forest Land	40
50	Water	51	Streams and Canals	51
		52	Lakes	51
		53	Reservoirs	51
		54	Bays and Estuaries	54
		55	Oceans and Seas	55
60	Wetland	61	Forested Wetland	61
		62	Non forested Wetland	62
70	Barren Land	71	Dry Salt Flats	70
		72	Beaches	70
		73	Sandy Areas Other than Beaches	70
		74	Bare Exposed Rock	70
		75	Strip Mines, Quarries, and Gravel Pits	70
		76	Transitional Areas	70
		77	Mixed Barren Land	70
80	Tundra	81	Shrub and Brush Tundra	80
		82	Herbaceous Tundra	80
		83	Bare Ground Tundra	80
		84	Wet Tundra	80
		85	Mixed Tundra	80
90	Perennial Snow or Ice	91	Perennial Snowfields	90
		92	Glaciers	90

4.2.2.4 Sostanze considerate

Le sostanze considerate ai fini modellistici in emissione dalla Centrale "Federico II" di Brindisi per lo scenario attuale sono il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), le polveri (PM₁₀ e PM_{2.5}) ed il monossido di carbonio (CO), mentre per gli scenari di progetto sono gli ossidi di azoto ed il monossido di carbonio.

La simulazione tiene inoltre conto delle polveri prodotte durante il trasporto delle masse d'aria a seguito della trasformazione di SO_2 (ove presente) in solfati e di NO_x in nitrati (particolato secondario).

4.2.2.5 Schemi chimici

Le emissioni di ossidi di azoto sono inizialmente costituite quasi interamente da monossido di azoto (NO). Al fine di tenere conto dei processi di trasformazione di NO in biossido di azoto (NO_2), è stato utilizzato lo schema RIVAD/ARM3 (Morris et al., 1988) che include sette specie d'inquinanti (SO_2 , SO_4 , NO, NO_2 , HNO_3 , NO_3 , PM_{10}) ed implementa l'ossidazione del monossido di azoto ad opera dell'ozono (O_3) e la foto-dissociazione diurna del biossido di azoto in monossido di azoto ed ozono.

Per implementare correttamente lo schema RIVAD/ARM3, sono state fornite al codice CALPUFF le concentrazioni medie orarie in aria ambiente di ozono misurate, nel corso del periodo di interesse, presso alcune postazioni dislocate sull'intero territorio nazionale. Tali dati di concentrazione sono stati estratti dal servizio "Air Quality e-Reporting" di EEA (European Environment Agency, www.eea.europa.eu). Nello specifico, sono stati estratti tutti i dati orari di concentrazione di ozono presenti nel Database, aggiornato al 23 Novembre 2017, relativi a stazioni di fondo rurale, ovvero localizzate in contesti lontani da specifici e locali fonti di inquinamento.

Fanno eccezione le postazioni afferenti alla regione Sicilia, ancora non presenti nel Database EEA, i cui dati relativi a due postazioni di fondo urbano sono stati ricavati dal servizio di fornitura dei dati annuali di ARPA Sicilia (www.arpa.sicilia.it).

In Figura 4.2.6 è riportata la localizzazione geografica delle 55 postazioni selezionate in base a rappresentatività e completezza dei dati nel periodo di interesse. Il codice modellistico CALPUFF è strutturato in modo da utilizzare, per ognuna delle ore della simulazione, le informazioni valide relative alla postazione maggiormente prossima a ciascuno dei "puff" emessi. Vista la natura regionale dell'inquinante ed il ruolo di tali dati nel modello, è possibile ritenere che il data set implementato sia rappresentativo dell'andamento della concentrazione di ozono per il sito in esame.

In Figura 4.2.7 è riportato l'andamento del giorno medio di ozono nel periodo in esame relativo alla postazione più vicina alla Centrale termoelettrica "Federico II", che risulta essere la "IT1665A", localizzata a 14 km in direzione SE dalla Centrale (longitudine 18.116, latitudine 40.459, quota di 10 m s.l.m.).

4.2.2.6 Effetto Building Downwash

La valutazione dell'effetto "Building Downwash" è stata condotta applicando la metodologia di riferimento, sviluppata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US-EPA), "Good Engineering Practice stack height and Building guidance" al layout di impianto. In Figura 4.2.8 sono visualizzate le ciminiere e le circostanti strutture di altezza potenzialmente interferente nella configurazione di progetto.

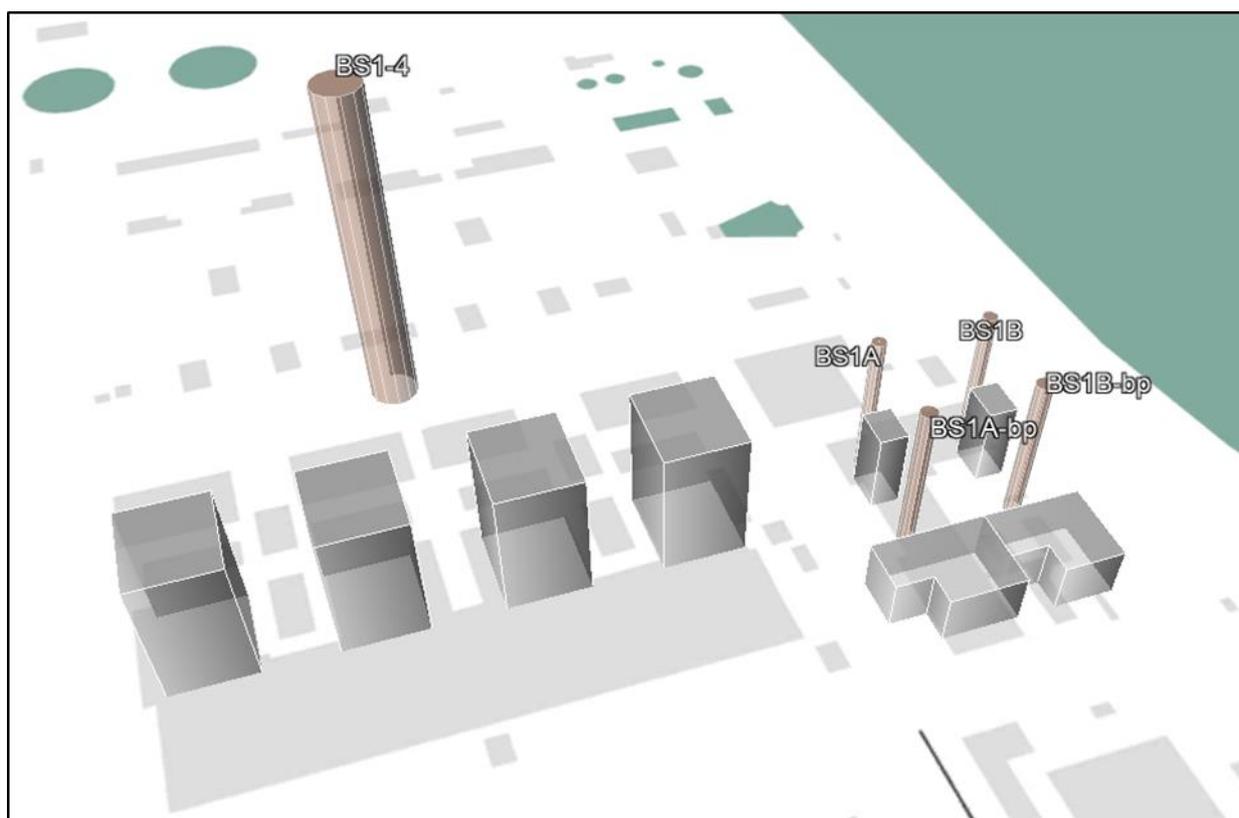


Figura 4.2.8 – Rappresentazione ai fini dell'effetto "building downwash" delle strutture di interesse in prossimità dei punti di emissione convogliata

(© OpenStreetMap contributors)

4.2.3 Analisi meteorologica

4.2.3.1 Selezione della stazione meteorologica di confronto

Al fine di valutare la rappresentatività locale della meteorologia prodotta dalla catena modellistica WRF-CALMET, sono stati utilizzati i dati registrati dalla stazione meteorologica Brindisi dell'Aeronautica Militare (AM-Puglia, codice ICAO LIBR, coordinate geografiche di 40.658° N e 17.947° E, quota di 10 m s.l.m.), distante circa 13 km dalla Centrale, come termine di confronto della ricostruzione modellistica. La localizzazione della stazione è rappresentata graficamente in Figura 4.2.9.

Nel seguito si presenta un'analisi del confronto tra i dati misurati dalla stazione Brindisi e le estrazioni modellistiche relative alle medesime localizzazione spaziale e finestra temporale. L'analisi è applicata ai principali parametri meteorologici di interesse ai fini della dispersione dei contaminanti in atmosfera.



Figura 4.2.9 – Localizzazione della stazione AM Brindisi (LIBR)

4.2.3.2 Confronto modello con misure meteorologiche

La valutazione della rappresentatività della meteorologia prodotta dai modelli WRF-CALMET è stata effettuata mediante il confronto tra i principali parametri meteorologici derivati da locali stazioni di misura e corrispondente ricostruzione modellistica.

Nella Figura 4.2.10 e nella Figura 4.2.11, sono riportate le rose dei venti totali, diurne e notturne dei dati rispettivamente misurati dalla stazione Brindisi e stimati dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione, relativi al triennio 2013-2015. Il confronto tra i dati misurati e le stime modellistiche è molto soddisfacente, con entrambe le rose dei venti totali che mettono in evidenza i medesimi settori prevalenti di provenienza delle masse d'aria, disposti lungo la direttrice NW-SE, in linea con quanto riscontrato a livello climatologico nel trentennio 1971-2000 (capitolo 2.1.2).

L'intensità media del vento ricostruita per via modellistica risulta più alta di quella misurata, 5.4 m/s del modello a fronte di 4.4 m/s misurati, così come la percentuale di calme di vento

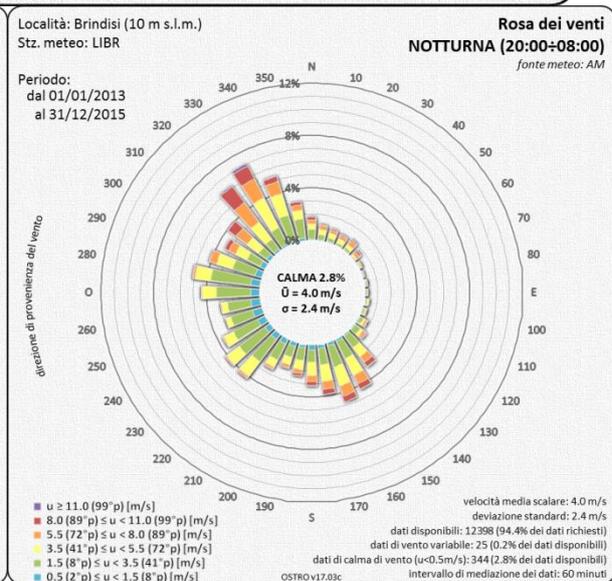
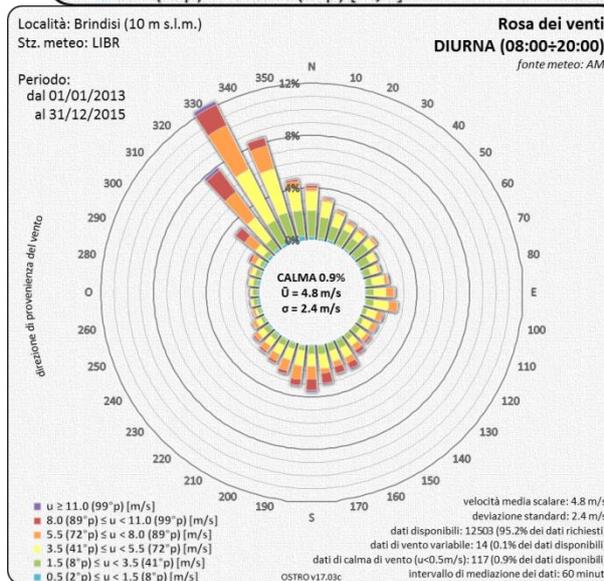
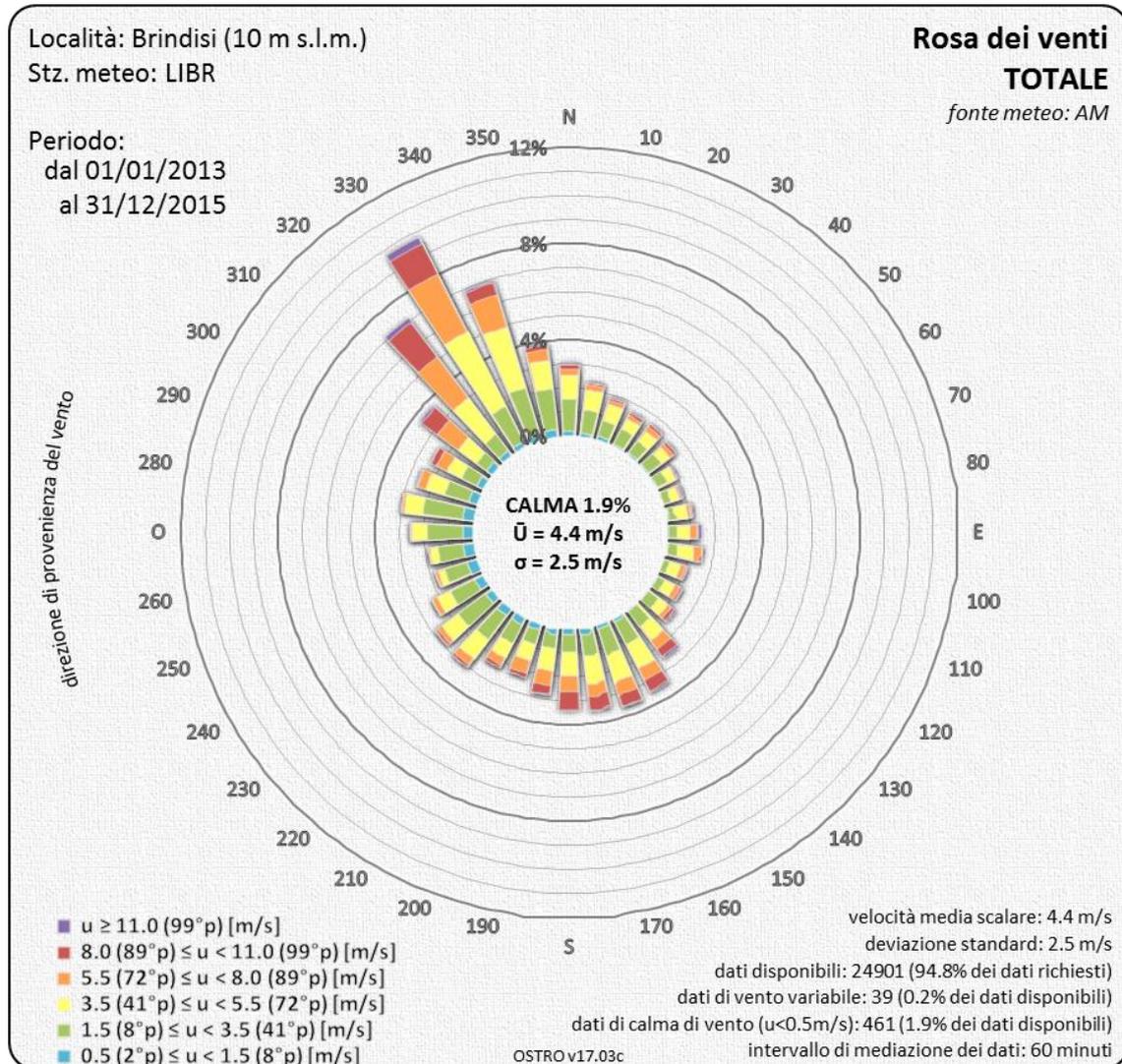
stimata risulta inferiore, seppur di poco, rispetto a quella dei dati misurati, 0.4% contro 1.9%. La motivazione è riconducibile alla maggiore quota dal suolo dei dati estratti dal modello, 30 m s.l.s. rispetto ai 10 m s.l.s. dei dati misurati, fatto che giustifica le maggiori velocità e la minore frequenza delle ore di calma dei venti ricostruiti dal modello meteorologico.

L'analisi delle rose diurne e notturne permette di apprezzare la circolazione delle brezze di terra e di mare, con l'accentuarsi delle provenienze delle masse d'aria da Est di giorno e da Ovest di notte. Tale circolazione è evidenziabile sia nelle rose dei dati sperimentali, che in quelle dei dati ricostruiti dal modello.

Anche il confronto delle rose stagionali (Figura 4.2.12 e Figura 4.2.13) relative ai dati sperimentali e quelli ricostruiti dal modello è più che soddisfacente. In linea con quanto riscontrato a livello climatologico (capitolo 2.1.2), nella stagione calda prevalgono le direzioni di provenienza da Nord-Ovest, lungo l'asse del mare Adriatico, mentre nella stagione fredda si evidenzia la sovrapposizione di venti provenienti dal settore meridionale. Entrambi i fenomeni sono correttamente ricostruiti dal modello.

Nella Tabella 4.2.3 e nella Figura 4.2.14 sono riportati, in forma tabellare e grafica rispettivamente, gli andamenti termici dei dati misurati dalla stazione Brindisi nel triennio 2013-2015. Nella Tabella 4.2.4 e nella Figura 4.2.15 sono riportate le medesime analisi riferite a quanto ricostruito dal modello WRF in corrispondenza della stessa stazione e per lo stesso periodo. Il confronto tra i dati misurati e la ricostruzione modellistica è soddisfacente, con l'andamento medio mensile che risulta pienamente sovrapponibile. Si riscontra una differenza di circa 2-4 °C tra i valori medi misurati e i corrispondenti ricostruiti per via modellistica. La differenza, comunque contenuta, è in parte motivata dalla maggiore quota dal suolo dei dati estratti dal modello, 30 m s.l.s. rispetto ai 10 m s.l.s. dei dati misurati. Tutti i valori riscontrati nel triennio sono in linea con quanto riscontrato a livello climatologico (capitolo 2.1.2).

In generale, l'analisi condotta permette di affermare che la ricostruzione modellistica appare adeguata a rappresentare con opportuna confidenza le principali variabili meteorologiche che governano la dispersione in atmosfera.



**Figura 4.2.10 – Dati misurati dalla stazione Brindisi.
Rose dei venti totale, diurna e notturna. Periodo 2013-2015**

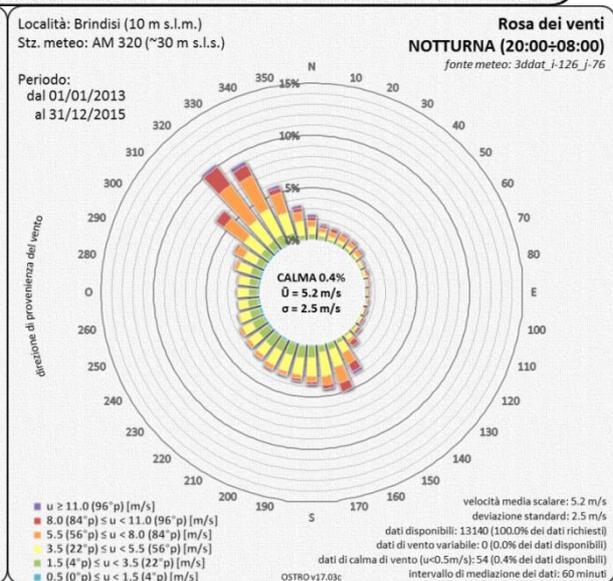
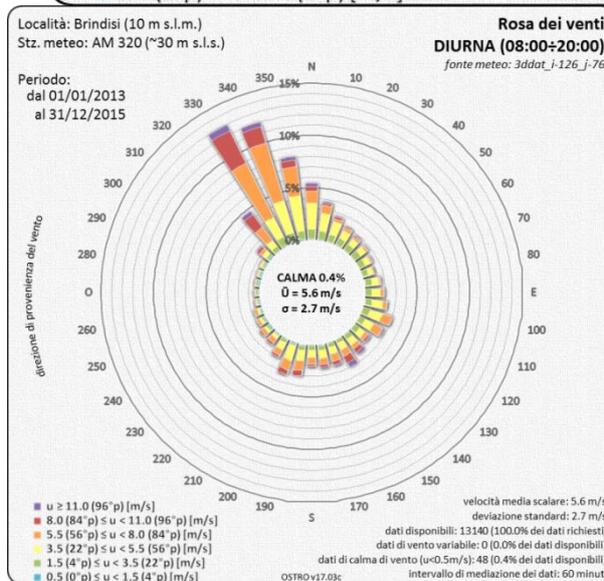
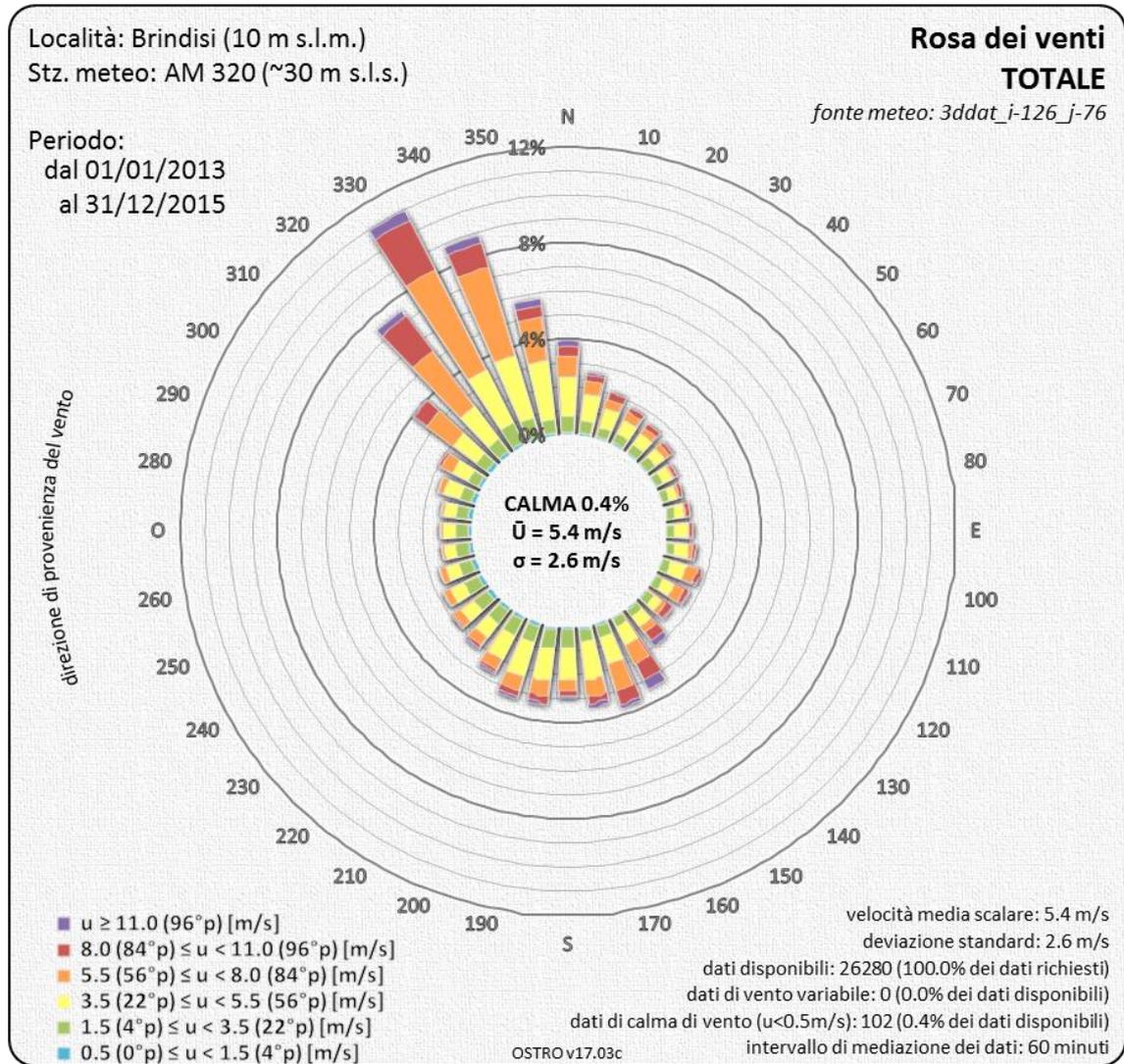


Figura 4.2.11 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Brindisi.
Rose dei venti totale, diurna e notturna. Periodo 2013-2015

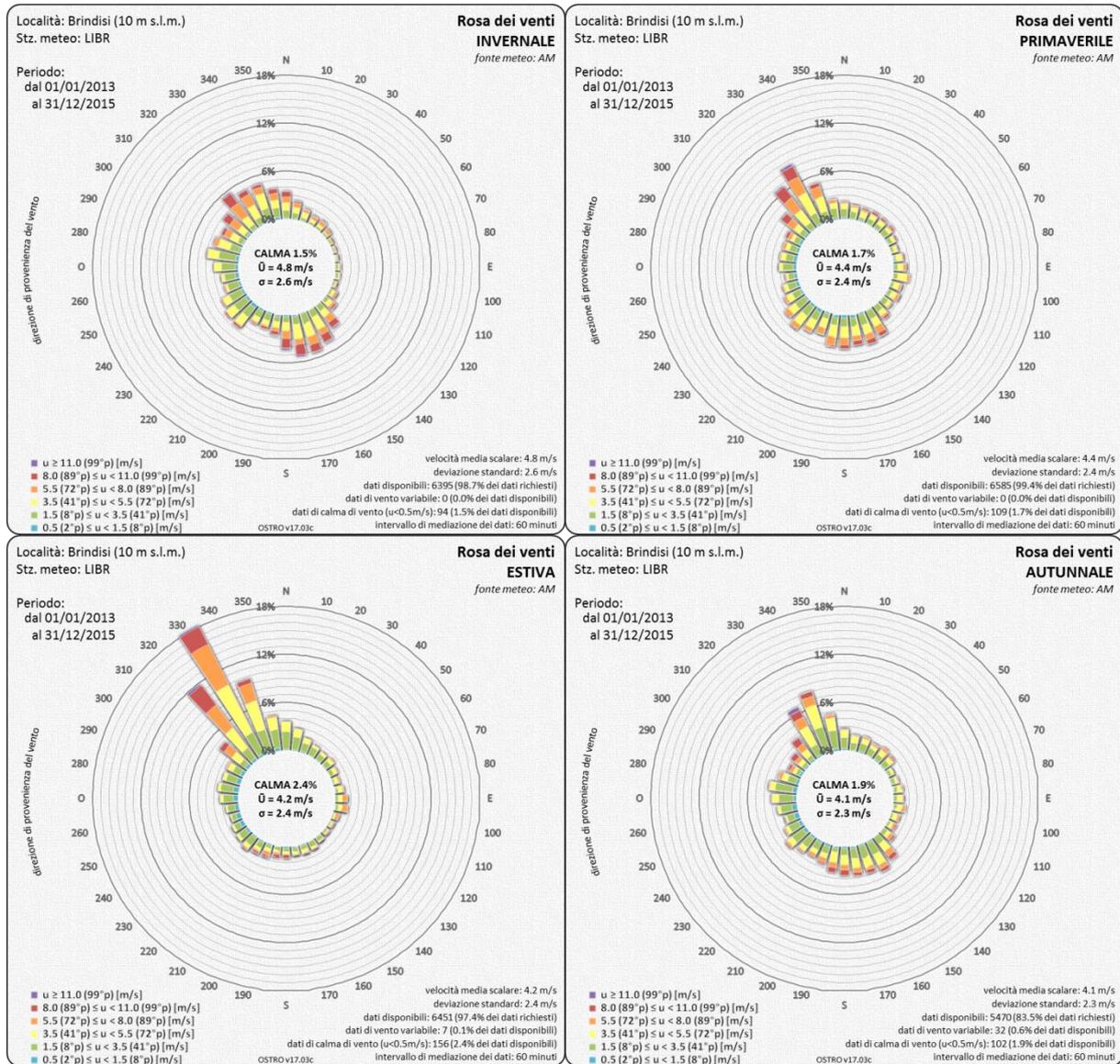


Figura 4.2.12 – Dati misurati dalla stazione Brindisi.
Rose dei venti stagionali. Periodo 2013-2015



Figura 4.2.13 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Brindisi. Rose dei venti stagionali. Periodo 2013-2015

Tabella 4.2.3 – Regime termico registrato dalla stazione Brindisi. Periodo 2013-2015

Regime termico – Stazione Brindisi, dati misurati nel periodo 2013-2015													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Disponibilità	99	100	100	100	100	98	98	100	100	98	93	100	99
Massima	20.0	21.0	24.0	27.0	32.0	34.0	35.0	37.0	37.0	28.0	25.0	21.0	37.0
Media massima	13.8	14.0	15.8	18.7	22.5	25.8	28.7	29.9	26.3	21.7	18.8	14.8	20.9
Media	10.6	10.5	12.3	15.0	18.8	22.5	25.6	26.5	22.8	18.3	15.4	11.2	17.5
Media minima	7.3	7.2	8.8	11.4	14.5	18.8	21.9	22.9	19.1	14.9	11.6	7.4	13.9
Minima	-2.0	0.0	1.0	6.0	9.0	14.0	16.0	18.0	13.0	0.0	0.0	-1.0	-2.0

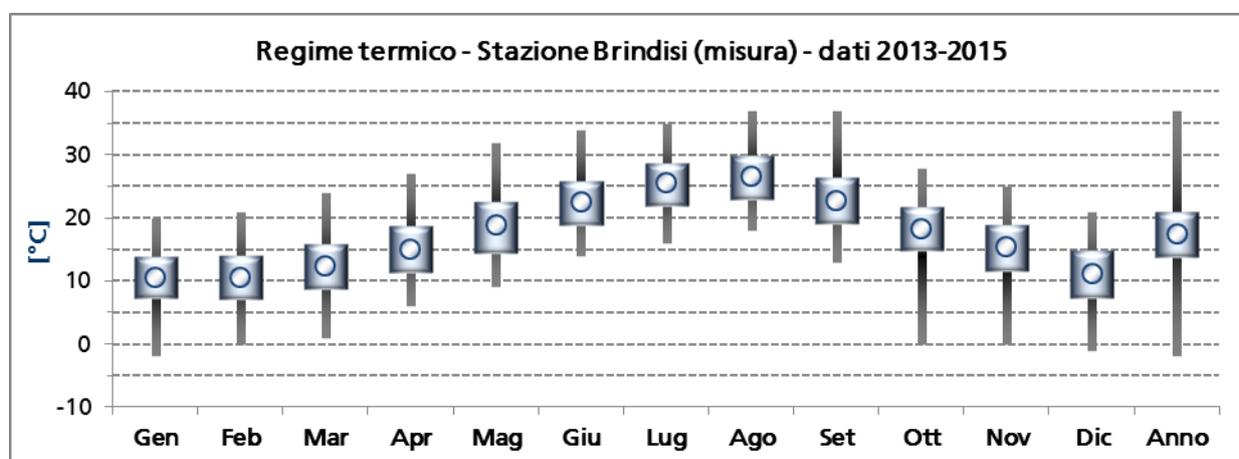


Figura 4.2.14 – Regime termico registrato dalla stazione Brindisi. Periodo 2013-2015

Tabella 4.2.4 – Ricostruzione modellistica del regime termico nella stazione Brindisi (modello WRF). Periodo 2013-2015

Regime termico – Stazione Brindisi – Modello WRF, dati 2013-2015													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Disponibilità	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Massima	14.4	13.9	19.3	21.2	24.8	28.4	33.3	31.8	27.9	23.4	20.0	15.4	33.3
Media massima	9.3	9.7	12.3	15.7	19.7	23.7	26.8	26.3	23.1	18.9	14.4	10.2	17.5
Media	5.9	6.3	9.4	12.8	16.5	20.5	23.5	22.7	19.4	15.7	11.2	6.7	14.3
Media minima	1.6	1.8	4.8	8.3	11.6	15.2	17.6	17.3	14.2	11.2	7.2	2.3	9.5
Minima	-5.0	-5.1	-1.7	1.2	6.6	9.3	12.6	13.0	9.4	5.7	-1.6	-2.3	-5.1

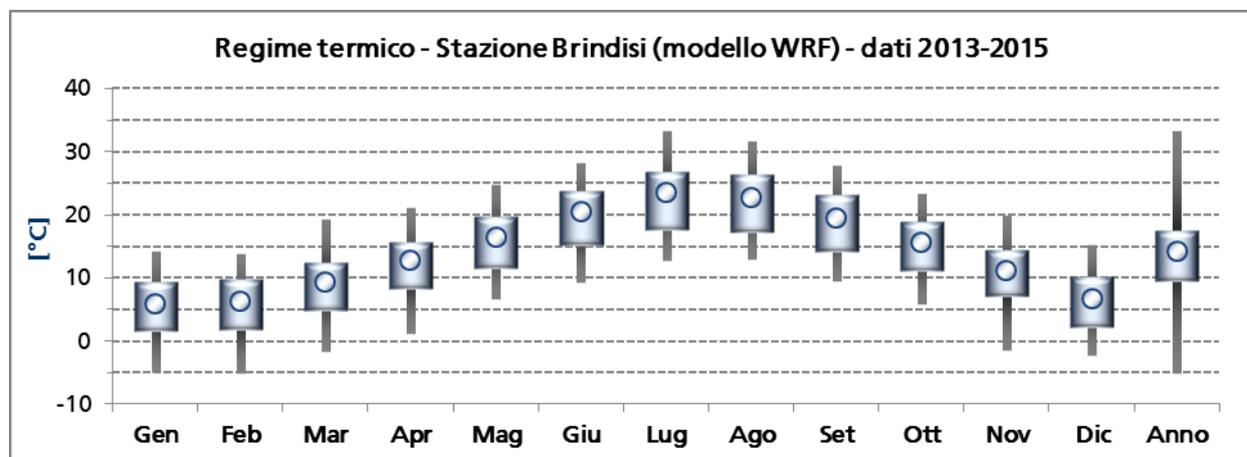


Figura 4.2.15 – Ricostruzione modellistica del regime termico nella stazione Brindisi (modello WRF). Periodo 2013-2015

4.2.3.3 Stabilità atmosferica e altezza strato rimescolato nell'area

La Figura 4.2.16 riporta, per il triennio 2013-2015, la distribuzione nelle ore del giorno della classe di stabilità atmosferica secondo la classificazione di Pasquill-Gifford, su base annuale e stagionale. I valori orari analizzati sono estratti dai campi prodotti dal modello CALMET in corrispondenza dell'impianto. Si evidenzia l'effetto mitigante del mare e quello della sostenuta circolazione atmosferica che accentuano la frequenza della classe "D" neutra, a scapito delle classi più stabili durante le ore notturne, e di quelle più instabili di giorno. Tale comportamento è tipico dei siti costieri, dove avviene la transizione tra le caratteristiche dell'atmosfera di ambienti marini e di quelle terrestri.

L'analisi stagionale mette in evidenza come l'effetto descritto sia più marcato in inverno, dove le condizioni di neutralità (classe "D") prevalgono in frequenza durante tutte le ore del giorno. Analizzando invece la distribuzione estiva, si può evidenziare un'alta frequenza di condizioni di neutralità (classe "D") nelle sole fasi di transizione giorno/notte (ore 5÷8 e

17÷19), mentre le ore diurne mostrano una prevalenza di situazioni instabili (classi "A" e "B") e le ore notturne di quelle stabili (classi "E" ed "F").

La Figura 4.2.17 sintetizza gli andamenti medi nel giorno, per ogni stagione dell'anno, dell'altezza dello strato rimescolato, anch'essi calcolati a partire dai campi orari prodotti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale nel corso del triennio 2013-2015. Per la stima di tale parametro è stato adottato il metodo consigliato di default dagli sviluppatori del codice di calcolo, "*Maul-Carson for land and water cells*". L'altezza dello strato rimescolato è quindi determinata a partire dalla variazione oraria del flusso di calore dalla superficie e dal profilo verticale di temperatura. Per determinare i gradienti e le variazioni di temperatura sopra la superficie del mare è inoltre stata attivata la specifica opzione che permette l'uso dei dati del modello prognostico. Anche tale parametro evidenzia la natura costiera del sito, con uno sviluppo verticale dell'altezza dello strato rimescolato ridotto, rispetto all'entroterra, per effetto della prossimità del mare.

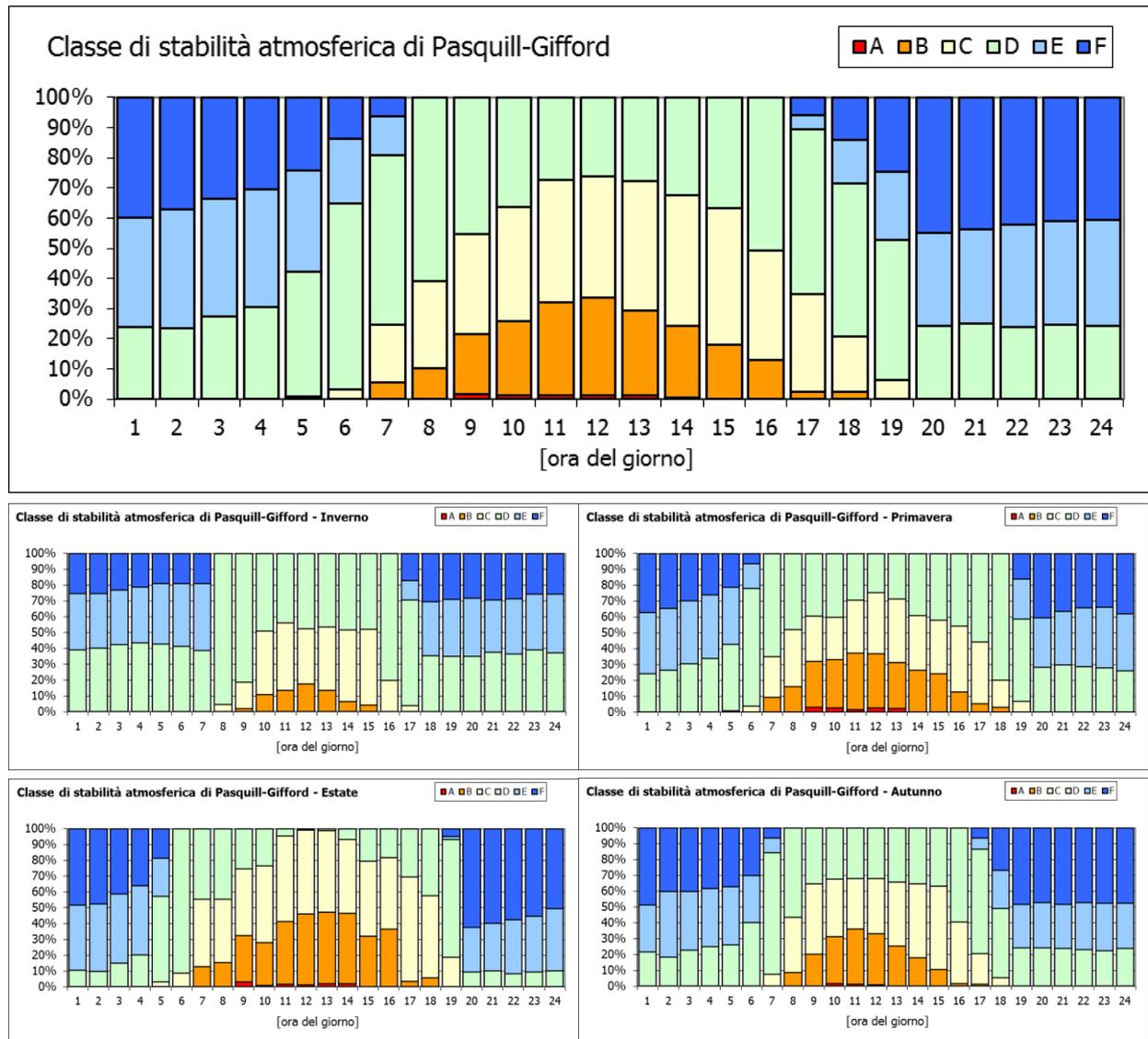


Figura 4.2.16 – Distribuzioni orarie della classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford calcolate su base annuale e stagionale. Periodo 2013-2015.

Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale

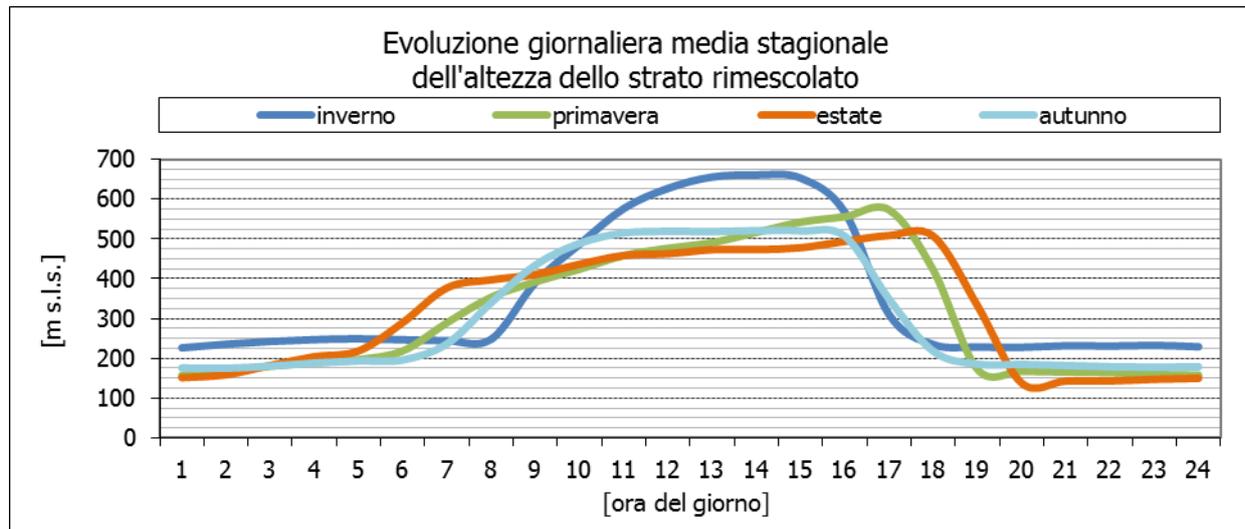


Figura 4.2.17 – Evoluzione giornaliera media dell'altezza dello strato rimescolato calcolata su base stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale

4.2.4 Scenari emissivi

Le simulazioni della dispersione degli inquinanti in atmosfera sono state effettuate considerando i seguenti scenari emissivi:

- scenario attuale, con emissione dai gruppi esistenti BS1, BS2, BS3 e BS4 alimentati a carbone (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.1);
- scenario di progetto fase 1, con emissione dal gruppo in progetto BS1A alimentato a gas naturale funzionante a ciclo aperto (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2); contestuale messa fuori servizio di tutte le unità esistenti;
- scenario di progetto fase 2, con emissione dai gruppi in progetto BS1A e BS1B alimentati a gas naturale funzionanti a ciclo aperto (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2); unità esistenti fuori servizio.
- scenario di progetto fase 3, con emissione dai gruppi in progetto BS1A e BS1B alimentati a gas naturale funzionanti a ciclo combinato (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2); unità esistenti fuori servizio.

Gli effetti sulla qualità dell'aria delle emissioni convogliate sono stati stimati assumendo le seguenti ipotesi:

- concentrazioni alle emissioni pari:
 - per i gruppi esistenti BS1, BS2, BS3 e BS4, ai valori autorizzati a partire dal 01/01/2019;
 - per i nuovi gruppi turbogas BS1A e BS1B, ai valori proposti per il progetto nel pieno rispetto dei Best Available Techniques reference documents (BREFs) di settore;

- tutte le sezioni d'impianto (BS1, BS2, BS3 e BS4 per lo scenario attuale, BS1A e BS1B per gli scenari di progetto) sono considerate a titolo cautelativo esercite al carico nominale costante per l'intera durata della simulazione (triennio 2013-2015);
- NO_x ripartiti alle emissioni in 98% di NO e 2% di NO₂ (valori tipici per le tipologie di sorgenti in oggetto);
- polveri emesse dai gruppi esistenti rientranti interamente nella frazione PM_{2.5} (e quindi anche PM₁₀).

La ripartizione degli NO_x in emissione dai camini è stata stimata sulla base di informazioni di letteratura. Il valore del 2% come rappresentativo della frazione di NO₂ tra gli NO_x emessi si ritrova in letteratura come valore di prima approssimazione più rappresentativo dei processi di combustione in centrali termoelettriche. Un esempio si ritrova nella pubblicazione "Review of NO_x Emission Factors for Stationary Combustion Sources and AP-42 Update" (R.J. Milligan, W.C. Sailor, J. Wasilewski, W. C. Kuby), dove si presentano per la generazione di energia elettrica con potenze superiori a 29 MW valori variabili tra l'1% ed il 5%, con maggiore frequenza dell'1%. Si osserva al contempo che la simulazione implementa lo schema RIVAD/ARM3 (Pseudo-first-order chemical mechanism, Morris et al., 1988) che comprende anche l'ossidazione del monossido di azoto. La ripartizione 2% NO₂ e 98% NO costituisce, quindi, solamente la condizione iniziale dei fumi allo sbocco dalla ciminiera. Il modello matematico stima, parallelamente e contemporaneamente al processo di diffusione e dispersione dei fumi, anche la progressiva ossidazione di NO ad NO₂ con cinetiche relativamente veloci, funzione delle caratteristiche ossidative dell'atmosfera.

L'assunzione del carico nominale costante per tutta la durata della simulazione alle concentrazioni limite autorizzate/proposte consentono di ritenere cautelative le stime ottenute dalla simulazione, sia in termini di concentrazioni medie annue ma soprattutto in termini di concentrazioni orarie e giornaliere poiché assicura la valutazione dell'impatto associato alla massima emissione nelle ore più sfavorevoli dal punto di vista meteorologico alla dispersione degli inquinanti.

Per rappresentare l'effetto che i limiti di esercizio posti alla Centrale nell'assetto attuale in termini di emissioni massiche su base annua hanno sulle ricadute in aria ambiente, le stime modellistiche delle concentrazioni medie annue per tale assetto sono state opportunamente riscalate in post-processing in modo da tenere conto di detti limiti, riportati sinteticamente nella seguente Tabella 4.2.5.

• **Tabella 4.2.5 – Limiti massici annui vigenti per l'assetto attuale**

Parametro	SO ₂	NO _x	PTS
Limite [ton/anno]	7'000	6'700	400

È inoltre importante tenere in considerazione che i risultati ottenuti con la metodologia qui presentata presentano un ulteriore fattore conservativo, rappresentato dal fatto che nel reale esercizio l'impianto è soggetto sia a periodi di fermo di uno o più gruppi sia a periodi in cui uno o più gruppi operino con carichi ridotti.

Coerentemente con le finalità dello studio quindi, la simulazione condotta ha l'obiettivo di rappresentare non il reale impatto associato all'impianto in un definito periodo storico, ma la massima estensione e relativa entità teorica dell'impatto associato alle emissioni convogliate in condizioni di massimo carico emissivo.

4.2.4.1 Scenario attuale

Lo scenario attuale prevede il funzionamento dei quattro gruppi esistenti della Centrale, con emissione dalla ciminiera in cui alloggiavano le canne fumarie delle quattro unità, posta in posizione baricentrica rispetto ai gruppi. Le coordinate della ciminiera associata ai gruppi attivi e le relative caratteristiche geometriche sono riportate in Tabella 4.2.6. In Tabella 4.2.7 sono riportati invece i parametri fisici dei fumi allo sbocco dalle ciminiere insieme ai relativi valori di concentrazione all'emissione.

Tabella 4.2.6 – Scenario attuale. Caratteristiche geometriche delle ciminiere

Gruppo	Ciminiera				
	Coordinate WGS84 - UTM 33		Base	Altezza	Diametro del condotto emissivo
	Est	Nord			
	m	m	m s.l.m.	m	m
BS1	756'712	4'494'744	8.0	200	6.7 (ciascuna delle 4 canne) ⁽¹⁾
BS2					
BS3					
BS4					

⁽¹⁾ Ai fini modellistici si assume l'emissione da un camino equivalente di diametro pari a 13.4 m

Tabella 4.2.7 – Scenario attuale. Caratteristiche dei fumi allo sbocco

Gruppo	Parametri fisici dei fumi allo sbocco				Valori di concentrazione all'emissione ⁽²⁾				
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ Rif	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO	PTS
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³				
BS1	100.0	30.9	2'400'000	6	130	130	6.25	80	10
BS2	100.0	30.9	2'400'000	6	130	130	6.25	80	10
BS3	100.0	30.9	2'400'000	6	130	130	6.25	80	10
BS4	100.0	30.9	2'400'000	6	130	130	6.25	80	10

⁽¹⁾ Portata in condizioni normalizzate: temperatura di 273.15 K, pressione di 101.3 kPa, percentuale di ossigeno alle condizioni di riferimento per tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca)

⁽²⁾ Valori limite autorizzati dal 01/01/2019:

- per SO₂ per periodo di riferimento mensile;
- per NO_x per periodo di riferimento mensile;
- per NH₃ per periodo di riferimento orario;
- per CO per periodo di riferimento annuale;
- per PTS per periodo di riferimento mensile;

4.2.4.2 Scenario di progetto

Gli assetti di progetto simulati si riferiscono a tre fasi di sviluppo del progetto. Nella fase 1 è previsto il funzionamento del solo gruppo denominato BS1A operante in ciclo aperto e la contestuale messa fuori servizio di tutte le unità a carbone esistenti, nella fase 2 si aggiunge il funzionamento del gruppo denominato BS1B operante anch'esso a ciclo aperto, infine, nella fase 3 entrambi i gruppi sono considerati operanti in ciclo combinato.

Le coordinate delle ciminiere associate ai gruppi attivi e le relative caratteristiche geometriche sono riportate in Tabella 4.2.8. In Tabella 4.2.9 sono riportati invece i parametri fisici dei fumi allo sbocco della ciminiera e i valori di concentrazione all'emissione proposti nel pieno rispetto delle Best Available techniques Reference document (BRef) di settore.

Tabella 4.2.8 – Scenario di progetto. Caratteristiche geometriche delle ciminiere

Gruppo	Ciminiera				
	Coordinate WGS84 - UTM 32		Base	Altezza	Diametro del condotto emissivo
	Est km	Nord km			
Fase 1					
BS1A-bypass	757.010	4'494.634	8	90	10.0
Fase 2					
BS1A-bypass	757.010	4'494.634	8	90	10.0
BS1B-bypass	757.070	4'494.657	8	90	10.0
Fase 3					
BS1A	756.989	4'494.688	8	90	8.5
BS1B	757.049	4'494.712	8	90	8.5

Tabella 4.2.9 – Scenario di progetto. Caratteristiche dei fumi allo sbocco

Gruppo	Parametri fisici allo sbocco dei Fumi				Valori di concentrazione all'emissione				
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ Rif	SO ₂	NO _x ⁽²⁾	NH ₃ ⁽³⁾	CO ⁽⁴⁾	PTS
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³				
Fase 1									
BS1A-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
Fase 2									
BS1A-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
BS1B-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
Fase 3									
BS1A	80.0	20.0	4'150'000	15	---	10 ⁽⁵⁾	5 ⁽⁶⁾	30 ⁽⁶⁾	---
BS1B	80.0	20.0	4'150'000	15	---	10 ⁽⁵⁾	5 ⁽⁶⁾	30 ⁽⁶⁾	---

⁽¹⁾ Portata in condizioni normalizzate: temperatura di 273.15 K, pressione di 101.3 kPa, percentuale di ossigeno alle condizioni di riferimento per tipologia di combustibile, con detrazione del vapore acqueo (quindi secca)

⁽²⁾ BAT per NO_x

- OCGT (BS1A&B-bypass): 15-35 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
25-50 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero
- CCGT (BS1A&B): 10-30 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
15-40 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero

⁽³⁾ BAT per NH₃

- CCGT (BS1A&B): 3-10 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale

⁽⁴⁾ BAT per CO

- OCGT (BS1A&B bypass): 5-40 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
- CCGT (BS1A&B): 5-30 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale

⁽⁵⁾ Performance attesa per periodo di riferimento giornaliero

⁽⁶⁾ Performance attesa per periodo di riferimento annuale

4.2.4.3 Bilancio massico

Il bilancio massico orario relativo al funzionamento nell'assetto attuale e in quello di progetto della fase 3, è riportato in **Tabella 4.2.10**. Nell'assetto di progetto fase 3 che, prevede il funzionamento dei soli gruppi NGCC alimentati a gas naturale, prevede l'annullamento delle emissioni di SO₂ e di PTS, la decisa diminuzione delle emissioni degli NO_x di oltre un ordine di grandezza (-93%), la riduzione a un terzo delle emissioni di CO (-68%) e la riduzione a due terzi delle emissioni di NH₃ (-31%).

In merito alle emissioni di ammoniaca in atmosfera, dovute alla riduzione catalitica selettiva utilizzata per abbattere le emissioni di NO_x, in accordo alle BAT per i grandi impianti di combustione³, pubblicate in data 17/08/2017 sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, si precisa che le stesse verranno contenute tramite l'utilizzo di un sistema di controllo avanzato che consentirà dei livelli emissivi molto inferiori rispetto a quelli assunti nel presente studio e pari al limite massimo in concentrazione normalmente stabilito. Dal punto di vista della valenza ambientale, in accordo con la filosofia delle BAT, i benefici

³ "Decisione di esecuzione (UE) 2017/1442 della Commissione del 31 luglio 2017 che stabilisce le Conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) a norma della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, per i grandi impianti di combustione [notificata con il numero C(2017) 5225]"

ottenuti dalla riduzione degli NO_x superano di gran lunga l'effetto derivante dai valori di NH₃ stimati nel presente studio.

Tabella 4.2.10 – Bilancio massico nei due scenari: Attuale e di Progetto fase 3

Scenario	Gruppo	Bilancio massico				
		SO ₂	NO _x	NH ₃	CO	PTS
		kg/h				
Attuale (A)	BS1	312.0	312.0	15.0	192.0	24.0
	BS2	312.0	312.0	15.0	192.0	24.0
	BS3	312.0	312.0	15.0	192.0	24.0
	BS4	312.0	312.0	15.0	192.0	24.0
	Totale	1'248.0	1'248.0	60.0	768.0	96.0
Progetto (P)	BS1A	0.0	41.5	20.8	124.5	0.0
	BS1B	0.0	41.5	20.8	124.5	0.0
	Totale	0.0	83.0	41.5	249.0	0.0
Differenza (P-A)		-1'248.0	-1'165.0	-18.5	-519.0	-96.0

4.2.5 Stima delle ricadute

La distribuzione spaziale stimata per via modellistica delle concentrazioni in aria ambiente associate alle emissioni di macroinquinanti convogliate ai camini della Centrale Enel "Federico II" di Brindisi, sia nello scenario attuale sia in quelli di progetto (fasi 1, 2 e 3), è presentata nelle tavole allegate fuori testo (cfr. 4.2.5.1).

Al fine di apprezzare le modulazioni temporali delle ricadute in aria ambiente associate alle emissioni della Centrale, viene presentato nel seguito l'andamento dei giorni tipo stagionali relativi agli ossidi di azoto (cfr. 4.2.5.2).

Infine, vengono nel seguito posti a confronto, per tutti gli inquinanti normati, i valori stimati nel punto di massima ricaduta con i relativi limiti di legge vigenti (cfr. 4.2.5.3).

4.2.5.1 Tavole fuori testo

Nelle tavole fuori testo si presentano le stime modellistiche relative alle concentrazioni in aria ambiente degli inquinanti considerati. Le tavole identificate con il prefisso "AL" si riferiscono alla stima delle concentrazioni in aria ambiente nell'area identificata come "Area Locale", compresa nel dominio G2, mentre quelle identificate con il prefisso "AV" si riferiscono alla stima delle concentrazioni nell'area identificata come "Area Vasta", coincidente col dominio G1. I numeri progressivi che seguono il prefisso "AL" o "AV" identificano il parametro secondo la corrispondenza univoca riportata in Tabella 4.2.11. Infine, il suffisso "a" o "p1" o "p2" o "p3" identifica rispettivamente lo scenario Attuale o quello di Progetto in fase 1 o fase 2 o fase 3.

Si specifica che, per tutte le tavole, i valori rappresentati corrispondono al massimo tra le singole stime annue ottenute per il triennio simulato su ciascuna cella del dominio.

Tabella 4.2.11 – Identificativi di parametro adottati nelle tavole fuori testo

Identificativo	Parametro
01	SO ₂ - Concentrazione media annua (protezione della vegetazione)
02	SO ₂ - Concentrazione giornaliera superata 3 volte per anno civile
03	SO ₂ - Concentrazione oraria superata 24 volte per anno civile
04	NO ₂ - Concentrazione media annua
05	NO ₂ - Concentrazione oraria superata 18 volte per anno civile
06	NO _x - Concentrazione media (protezione della vegetazione)
07	PM ₁₀ - Concentrazione media annua
08	PM ₁₀ - Concentrazione giornaliera superata 35 volte per anno civile
09	PM _{2,5} - Concentrazione media annua
10	SPM - Concentrazione media annua
11	CO – Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore

4.2.5.1.1 SO₂

Le **tavole 01** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di SO₂ associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale (.a). Il valore nel punto di massimo impatto è inferiore ai 2 µg/m³, a fronte di un livello critico a protezione della vegetazione di 20 µg/m³. Concentrazioni comprese tra 1 e 2 µg/m³ sono localizzabile tra circa 2 e 10 km a Sud della Centrale.

Le **tavole 02** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media giornaliera di SO₂ superata 3 volte in un anno nello scenario Attuale (.a). Il D.Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di SO₂ pari a 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile. L'area di maggiore impatto è localizzabile a circa 2-4 km a Sud della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di 30 µg/m³. Oltre i 7-14 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 8 µg/m³.

Le **tavole 03** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media oraria di SO₂ superata 24 volte in un anno nello scenario Attuale (.a). Il D.Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media oraria di SO₂ pari a 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile. L'area di maggiore impatto è localizzabile a circa 1-5 km a SSO della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di 100 µg/m³. Oltre i 15-20 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 20 µg/m³.

4.2.5.1.2 NO₂ e NO_x

Le **tavole 04** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di NO₂ associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale (.a) e di Progetto nelle fasi 1 (.p1), 2 (.p2) e 3 (p3). Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di NO₂ pari a 40 µg/m³. Nello scenario attuale, l'area di maggiore impatto, comprende i valori di concentrazione che superano i 0.5 µg/m³ fino a raggiungere il valore massimo di 1.32 µg/m³, ed è localizzabile a circa 2-13 km a Sud della Centrale. Negli scenari di progetto, l'impatto risulta fortemente ridotto con i valori massimi che scendono al di sotto di 0.6 µg/m³ nella fase 3 (.p3) e che risultano essere ancora più bassi nelle due fasi intermedie, al di sotto di 0.5 µg/m³ nella fase 2 (.p2) e di 0.25 µg/m³ nella fase 1 (.p1).

Le **tavole 05** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media oraria di NO₂ superata 18 volte in un anno nello scenario Attuale (.a) e di Progetto nelle fasi 1 (.p1), 2 (.p2) e 3 (p3). Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media oraria di NO₂ pari a 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile. Nello scenario attuale, l'area di maggiore impatto è localizzabile circa 1-4 km a SSO della Centrale, ove si stimano contributi che raggiungono il valore massimo di 116 µg/m³. Oltre i 20 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 15 µg/m³. Negli scenari di progetto, l'impatto risulta fortemente ridotto con i valori massimi che scendono intorno ai 25 µg/m³ nella fase 2 (.p2) e nella fase 3 (.p3) e che risulta essere di 12.8 µg/m³ nella fase 1 (.p1).

Le **tavole 06** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di NO_x associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale (.a) e di Progetto nelle fasi 1 (.p1), 2 (.p2) e 3 (p3). Il D. Lgs. 155/2010 prevede un livello critico a protezione della vegetazione alla concentrazione media per anno civile di NO_x pari a 30 µg/m³. Nello scenario attuale, l'area di maggiore impatto, comprendente i valori di concentrazione tra 0.5 e 2 µg/m³ (valore massimo di 1.74 µg/m³), ed è localizzabile a circa 2-17 km a Sud della Centrale. Negli scenari di progetto, l'impatto risulta fortemente ridotto con i valori massimi che scendono intorno a 0.7 µg/m³ nella fase 3 (.p3), intorno a 0.6 µg/m³ nella fase 2 (.p2) e intorno 0.3 µg/m³ nella fase 1 (.p1).

4.2.5.1.3 PM₁₀, PM_{2.5} e SPM

Le **tavole 07** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di PM₁₀ (somma del contributo primario e di quello secondario) associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM₁₀ pari a 40 µg/m³. L'area di maggiore impatto è localizzabile tra circa 3 e 8 km a Sud della Centrale, ove si stimano contributi che raggiungono al massimo il valore di 0.12 µg/m³.

Le **tavole 08** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media giornaliera di PM_{10} (somma del contributo primario e di quello secondario) superata 35 volte in un anno nello scenario Attuale. Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM_{10} pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile. L'area di maggiore impatto è localizzabile tra circa 3 e 5 km a Sud della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le **tavole 09** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di $PM_{2.5}$ (somma del contributo primario e di quello secondario) associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media per anno civile di $PM_{2.5}$ pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'area di maggiore impatto è localizzabile tra circa 3 e 8 km a Sud della Centrale, ove si stimano contributi che raggiungono al massimo il valore di $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le **tavole 10** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media annua in aria ambiente di SPM (particolato secondario) associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale (.a) e di Progetto nelle fasi 1 (.p1), 2 (.p2) e 3 (p3), prodotto durante il trasporto delle masse d'aria a seguito della trasformazione di SO_2 (ove presente) in solfati e di NO_x in nitrati. Tale trasformazione avviene successivamente all'emissione dal camino dei composti gassosi e per questo le polveri generate da questo processo sono definite secondarie. I valori massimi stimati, sono inferiori ai $0.025 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nello scenario attuale e inferiori a 0.008 in tutti gli scenari di progetto.

In particolare, negli scenari di progetto, in assenza di emissioni di polveri (e quindi di particolato primario), le uniche ricadute associate alla Centrale in merito a questo inquinante sono quelle relative al particolato secondario. Poiché le polveri secondarie rientrano nella classe granulometrica del $PM_{2.5}$, le ricadute in termini di SPM costituiscono anche le ricadute in termini di $PM_{2.5}$ e di PM_{10} . Il confronto delle ricadute in termini di particolato secondario (come detto, negli scenari di progetto inferiori a $0.008 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con i limiti normativi per $PM_{2.5}$ e PM_{10} ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente) consente dunque di ritenere trascurabili le ricadute stimate per via modellistica in termini di particolato atmosferico. Dal punto di vista dell'impronta delle concentrazioni al suolo, si evidenziano gradienti inferiori rispetto agli altri inquinanti, con ricadute più omogenee sul territorio. Ciò è dovuto alla natura secondaria dell'inquinante, la cui produzione è legata alle caratteristiche reattive dell'atmosfera ed dalle cinetiche delle reazioni chimiche che trasformano i precursori gassosi nelle particelle. Tale processo di progressiva trasformazione richiede un certo tempo, durante il quale le masse d'aria sono trasportate altrove dal vento e diluite per dispersione.

4.2.5.1.4 CO

Le **tavole 11** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore di CO associato alle emissioni della Centrale nello scenario Attuale (.a) e di Progetto nelle fasi 1 (.p1), 2 (.p2) e 3 (p3). Il D. Lgs. 155/2010 prevede un valore limite alla concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore di CO pari a 10 mg/m³. Nello scenario attuale, l'area di maggiore impatto è localizzabile tra circa 1 e 5 km a SSO della Centrale, ove si stimano contributi che raggiungono il valore massimo di 0.1 mg/m³. Anche negli scenari di progetto intermedi, fase 1 e 2, l'area di maggiore impatto è localizzabile tra circa 1 e 5 km a SSO della Centrale, con contributi che però raggiungono rispettivamente i valori massimi di 0.02 e 0.04 mg/m³ nelle due fasi. Nello scenario di progetto fase 3, l'area di maggiore impatto è più prossima alla Centrale, tra circa 0.5 e 4 km a SO, ove si stimano contributi che, così come nella configurazione attuale, raggiungono il valore massimo di 0.1 mg/m³.

4.2.5.2 Andamento temporale delle concentrazioni in atmosfera

Al fine di apprezzare le modulazioni temporali delle ricadute in aria ambiente associate alle emissioni della Centrale, viene presentato nel seguito l'andamento dei giorni tipo stagionali relativi agli ossidi di azoto (NO_x). L'analisi è relativa al punto di massima ricaduta (757'750 m E, 4'491'750 m N, fuso UTM 33 Nord) stimato per la fase 3 dello scenario di progetto, ove è atteso un contributo alla concentrazione media sull'intero triennio di circa 0.6 µg/m³ (Figura 4.2.18).

Gli andamenti giornalieri riportati nel grafico mostrano una crescita della concentrazione di NO_x, nel punto analizzato, a partire dalle ore 06. Tale crescita raggiunge i valori massimi nel corso del giorno, in momenti diversi in funzione della stagione: tra le ore 10 e 11 in estate, tra le ore 11 e 12 in primavera ed autunno, tra le ore 13 e 14 in inverno. A partire dalle ore 20, le concentrazioni scendono a valori trascurabili, e vi permangono per tutto il corso della notte.

L'andamento stagionale mette in evidenza valori minimi nella stagione invernale e più elevati in estate, con una differenza che nelle ore diurne raggiunge circa un ordine di grandezza.

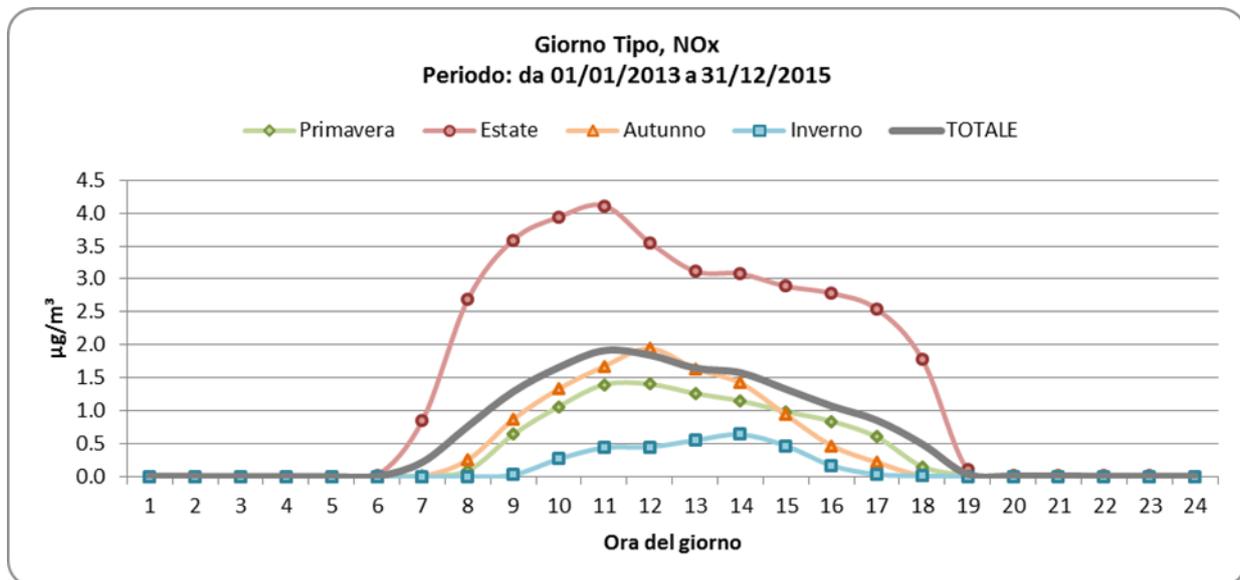


Figura 4.2.18 – Giorno tipo stagionale e totale di NO_x nel punto di massima ricaduta relativo allo scenario di progetto fase 3. Periodo 2013-2015

4.2.5.3 Confronto coi limiti di legge

4.2.5.3.1 Ricadute medie di dominio e nel punto di massima ricaduta del contributo del solo progetto proposto

In Tabella 4.2.12 sono riportati, per ciascuno scenario considerato, i contributi stimati alle concentrazioni dei macroinquinanti nel punto di massima ricaduta. Tutti i contributi stimati rientrano ampiamente all'interno dei valori limite e dei livelli critici, ove applicabili, imposti dal D. Lgs. 155/2010, sia nello scenario attuale che, ancor più, in quelli di progetto (fase 1, 2 e 3).

Come si evince dall'analisi del bilancio massico riportato al paragrafo 4.2.4.3, risultano evidenti i miglioramenti derivanti dalla fase 3 dello scenario di progetto che, prevedendo il funzionamento solo dei nuovi gruppi turbogas, permette di eliminare le emissioni di biossido di zolfo (SO₂) e particolato primario (PM₁₀ e PM_{2.5}) e, con riferimento alla fase 3, di ridurre su base oraria di oltre il 90% quelle degli ossidi di azoto (NO_x) e di oltre il 60% quelle di monossido di carbonio (CO).

Dall'analisi della Tabella 4.2.12 si evidenziano i benefici di tale riduzione delle emissioni anche in termini di ricadute sulla qualità dell'aria. Negli scenari di progetto (fase 1, 2 e 3), le ricadute attese associate alle emissioni convogliate dalla Centrale risultano infatti sempre sostanzialmente inferiori rispetto allo scenario attuale per tutti i principali inquinanti. In maggior dettaglio:

- il contributo al biossido di zolfo (SO₂) è azzerato;
- il contributo al particolato primario PM₁₀ e PM_{2.5} è azzerato;

- la concentrazione oraria superata 18 volte/anno del biossido di azoto (NO₂) è ridotta di circa l'80%.

Il monossido di carbonio (CO) nel punto di massimo impatto risulta di poco superiore rispetto allo scenario attuale, permanendo tuttavia su livelli trascurabili rispetto al relativo limite normativo. Infine, i valori di ammoniaca risultano essere, mediamente nel dominio, circa il doppio rispetto a quelli dello scenario attuale, permanendo però su valori trascurabili o poco significativi.

Tabella 4.2.12 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente dei macroinquinanti nel punto di massima ricaduta

Rife. Tavola	Parametro ⁽¹⁾	U.m.	Limite di legge (D.Lgs. 155/2010) ⁽²⁾	Area di 18.5 x 18.5 km ²							
				Valore massimo				Valore medio			
				Sc. attuale	Sc. di prog. fase 1	Sc. di prog. fase 2	Sc. di prog. fase 3	Sc. attuale	Sc. di prog. fase 1	Sc. di prog. fase 2	Sc. di prog. fase 3
01	SO ₂ – Concentrazione media annua	µg/m ³	20 (L.C.)	1.8	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	0.3	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
02	SO ₂ – Conc. giorn. superata 3 volte per anno	µg/m ³	125 (V.L.)	33.9	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	6.0	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
03	SO ₂ – Conc. oraria superata 24 volte per anno	µg/m ³	350 (V.L.)	137.2	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	27.0	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
04	NO ₂ – Concentrazione media annua	µg/m ³	40 (V.L.)	1.32	0.24	0.47	0.56	0.21	0.03	0.07	0.06
05	NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno	µg/m ³	200 (V.L.)	115.9	12.8	25.3	23.8	23.0	2.3	4.5	4.4
06	NO _x – Concentrazione media annua	µg/m ³	30 (L.C.)	1.74	0.31	0.62	0.73	0.27	0.04	0.09	0.08
07	PM ₁₀ – Concentrazione media annua ^{(4) (7)}	µg/m ³	40 (V.L.)	0.121	0.004	0.007	0.005	0.028	0.002	0.003	0.002
08	PM ₁₀ – Conc. giorn. superata 35 volte per anno ^{(4) (7)}	µg/m ³	50 (V.L.)	1.096	0.012	0.024	0.018	0.226	0.005	0.010	0.007
09	PM _{2.5} – Concentrazione media annua ^{(5) (7)}	µg/m ³	25 (V.L.)	0.122	0.004	0.007	0.005	0.028	0.002	0.003	0.002
10	SPM – Concentrazione media annua ⁽⁶⁾	µg/m ³	---	0.024	0.004	0.007	0.005	0.012	0.002	0.003	0.002
11	CO – Conc. media massima giorn. su 8 ore	mg/m ³	10 (V.L.)	0.102	0.022	0.044	0.105	0.016	0.003	0.005	0.013

⁽¹⁾ I valori riportati in tabella rappresentano il massimo tra i singoli valori stimati per ciascun anno del triennio 2013-2015

⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite

⁽³⁾ n.d. = dato non disponibile per assenza o trascurabilità delle emissioni

⁽⁴⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario

⁽⁵⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

⁽⁶⁾ SPM = Particolato secondario

⁽⁷⁾ Per gli scenari di progetto, tutto il particolato è di tipo secondario

4.2.5.3.2 Ricadute nel punto di massima ricaduta comprensiva della concentrazione di fondo

Ai fini della valutazione della conformità dell'impatto agli standard di qualità dell'aria prescritti dal D.lgs 155/2010, di seguito si presentano delle valutazioni in termini di aria ambiente complessiva, stimata mediante la sovrapposizione del contributo dell'impianto oggetto di valutazione alle concentrazioni di fondo già presenti in ambiente.

Ai fini della valutazione del fondo nel seguito si sono assunte le registrazioni della postazione di qualità dell'aria "S. Maria Cerrate", di tipo fondo rurale, localizzata a circa 13 km in direzione sud-est dalla Centrale (Tabella 4.2.13). La Tabella 4.2.14 e la Tabella 4.2.15 riportano la disponibilità, rispettivamente su base oraria e giornaliera, dei dati registrati dalla postazione "S. Maria Cerrate" nel periodo 2013-2015. Si specifica che le medie giornaliere dei dati misurati sono state considerate valide solo in presenza di almeno il 75% di dati orari.

Le tabelle successive (da Tabella 4.2.16 a Tabella 4.2.27) contengono, per ciascun anno del triennio 2013-2015 e per ognuno dei quattro scenari emissivi definiti:

- le coordinate del punto in cui il modello individua la massima ricaduta ("X_MOD_MAX" e "Y_MOD_MAX")
- La relativa stima nel punto del contributo dell'impianto per tutti i macroinquinanti considerati ("MOD") nel punto di massimo impatto.
- La corrispondente concentrazione misurata calcolata dalla serie oraria di dati misurati dalla postazione "S. Maria Cerrate" ("OBS");
- La statistica calcolata sulla serie di concentrazioni somma del contributo dell'impianto "MOD" e della concentrazione di fondo "OBS" ("OBS+MOD").

Si specifica che i singoli dati della serie oraria somma di misura e modello sono stati considerati validi solo in presenza del corrispondente dato misurato (sono dunque stati scartati i dati orari in assenza di misura).

Si osserva infine che gli scenari di progetto non presentano ricadute in aria ambiente di biossido di zolfo (SO₂) per assenza o trascurabilità di sua emissione dai nuovi gruppi turbogas.

L'analisi dei risultati relativi, per gli inquinanti di interesse, alla somma della concentrazione di fondo attribuibile all'area di studio e del contributo della Centrale stimato nei punti di massimo impatto evidenzia il rispetto di tutti i limiti normativi applicabili.

Tabella 4.2.13 – Postazione “S. Maria Cerrate”, anagrafica (fonte Arpa Puglia)

CABINA	COMUNE	RETE	ZONA	CODICE EOI	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	E (UTM 33)	N (UTM 33)
S. MARIA CERRATE	Lecce	RRQA	IT1612	IT1665A	Rurale	Fondo	764'242	4'483'446

Tabella 4.2.14 – Postazione “S. Maria Cerrate”, disponibilità di dati medi orari (elaborazione CESI su fonte dati Arpa Puglia)

Anno	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO
2013	87%	87%	87%	89%	0%	84%
2014	90%	83%	84%	74%	0%	88%
2015	93%	83%	83%	90%	80%	87%

Tabella 4.2.15 – Postazione “S. Maria Cerrate”, disponibilità di dati medi giornalieri (elaborazione CESI su fonte dati Arpa Puglia)

Anno	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO
2013	85%	86%	86%	89%	0%	83%
2014	89%	82%	82%	74%	0%	88%
2015	95%	84%	84%	90%	80%	87%

Tabella 4.2.16 – Scenario attuale, modello e fondo, anno meteorologico 2013

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	757'750	755'250	755'750	757'750	755'250	757'750	757'750	757'750	757'750	755'750
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	4'490'250	4'493'250	4'492'750	4'490'250	4'493'250	4'490'250	4'490'250	4'490'250	4'490'250	4'493'750
MOD ⁽³⁾	1.8	28.7	101.7	1.3	113.6	1.7	0.12	1.1	0.120	0.10
OBS ⁽⁴⁾	2.0	9.1	10.6	8.5	51.4	10.8	20.60	31.2	ND	2.35
OBS+MOD ⁽⁵⁾	3.8	29.7	104.0	9.8	94.2	12.5	20.72	31.7	ND	2.35

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. Maria Cerrate"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.17 – Scenario di progetto fase 1, modello e fondo, anno meteorologico 2013

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'750	756'250	757'750	757'750	757'250	757'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'490'750	4'492'750	4'490'750	4'490'750	4'490'250	4'490'750	4'493'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.2	10.3	0.3	0.003	0.01	0.003	0.02
OBS ⁽⁴⁾	2.0	9.1	10.6	8.5	51.4	10.8	20.598	31.20	ND	2.35
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.0	9.1	10.6	8.7	51.4	11.1	20.601	31.20	ND	2.35

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.18 – Scenario di progetto fase 2, modello e fondo, anno meteorologico 2013

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'750	756'250	757'750	757'750	758'250	757'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'490'750	4'492'750	4'490'750	4'490'750	4'489'250	4'490'750	4'493'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.5	21.3	0.6	0.006	0.02	0.006	0.04
OBS ⁽⁴⁾	2.0	9.1	10.6	8.5	51.4	10.8	20.598	31.20	ND	2.35
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.0	9.1	10.6	9.0	51.6	11.4	20.604	31.20	ND	2.35

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.19 – Scenario di progetto fase 3, modello e fondo, anno meteorologico 2013

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	758'250	755'750	758'250	757'750	757'250	757'750	757'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'491'250	4'493'750	4'491'250	4'491'250	4'489'250	4'491'250	4'492'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.6	23.3	0.7	0.004	0.01	0.004	0.08
OBS ⁽⁴⁾	2.0	9.1	10.6	8.5	51.4	10.8	20.598	31.20	ND	2.35
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.0	9.1	10.6	9.1	51.4	11.5	20.602	31.20	ND	2.35

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.20 – Scenario attuale, modello e fondo, anno meteorologico 2014

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
Parametro:	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	757'750	757'250	756'250	757'750	755'750	757'750	757'750	757'750	757'750	755'750
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	4'490'250	4'491'250	4'492'250	4'490'250	4'491'750	4'490'250	4'490'250	4'490'750	4'490'250	4'492'750
MOD ⁽³⁾	1.4	25.1	120.9	1.0	104.5	1.4	0.10	0.9	0.101	0.08
OBS ⁽⁴⁾	2.4	6.1	10.1	7.3	41.6	10.0	20.32	30.8	ND	1.45
OBS+MOD ⁽⁵⁾	3.8	24.8	116.7	8.3	97.9	11.4	20.42	31.1	ND	1.45

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.21 – Scenario di progetto fase 1, modello e fondo, anno meteorologico 2014

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
Parametro:	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'750	756'750	757'750	757'750	756'750	757'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'490'750	4'492'250	4'490'750	4'491'250	4'491'750	4'491'250	4'492'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.2	11.8	0.3	0.004	0.01	0.004	0.01
OBS ⁽⁴⁾	2.4	6.1	10.1	7.3	41.6	10.0	20.316	30.80	ND	1.45
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.4	6.1	10.1	7.5	41.6	10.3	20.319	30.80	ND	1.45

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.22 – Scenario di progetto fase 2, modello e fondo, anno meteorologico 2014

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'750	756'750	757'750	757'750	756'250	757'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'490'750	4'492'250	4'490'750	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'492'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.4	23.5	0.5	0.007	0.02	0.007	0.03
OBS ⁽⁴⁾	2.4	6.1	10.1	7.3	41.6	10.0	20.316	30.80	ND	1.45
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.4	6.1	10.1	7.7	41.6	10.5	20.323	30.80	ND	1.45

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.23 – Scenario di progetto fase 3, modello e fondo, anno meteorologico 2014

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'750	756'250	757'750	757'250	756'250	757'250	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'491'750	4'494'250	4'491'750	4'491'750	4'492'750	4'491'750	4'494'250
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.4	23.8	0.5	0.005	0.02	0.005	0.10
OBS ⁽⁴⁾	2.4	6.1	10.1	7.3	41.6	10.0	20.316	30.80	ND	1.45
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.4	6.1	10.1	7.7	43.0	10.5	20.321	30.80	ND	1.45

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.24 – Scenario attuale, modello e fondo, anno meteorologico 2015

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
Parametro:	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	756'750	755'750	755'750	756'750	757'250	756'750	756'750	756'750	756'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	4'491'250	4'491'750	4'492'250	4'491'250	4'492'750	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'492'250
MOD ⁽³⁾	1.8	33.9	137.2	1.3	115.9	1.7	0.12	1.1	0.12	0.10
OBS ⁽⁴⁾	2.5	6.3	8.6	8.0	51.4	12.4	26.09	39.6	17.68	1.27
OBS+MOD ⁽⁵⁾	4.3	29.7	131.2	9.3	88.2	14.1	26.21	40.1	17.81	1.27

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.25 – Scenario di progetto fase 1, modello e fondo, anno meteorologico 2015

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
Parametro:	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'250	757'250	757'250	755'750	756'250	755'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'491'250	4'492'750	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'492'250
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.2	12.8	0.3	0.003	0.01	0.003	0.01
OBS ⁽⁴⁾	2.5	6.3	8.6	8.0	51.4	12.4	26.094	39.60	17.684	1.27
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.5	6.3	8.6	8.3	51.4	12.7	26.097	39.61	17.686	1.27

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.26 – Scenario di progetto fase 2, modello e fondo, anno meteorologico 2015

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'250	757'250	757'250	755'750	756'250	755'750	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'491'250	4'492'750	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'491'250	4'491'750
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.5	25.3	0.6	0.006	0.02	0.006	0.03
OBS ⁽⁴⁾	2.5	6.3	8.6	8.0	51.4	12.4	26.094	39.60	17.684	1.27
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.5	6.3	8.6	8.5	51.4	13.0	26.100	39.62	17.689	1.27

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

Tabella 4.2.27 – Scenario di progetto fase 3, modello e fondo, anno meteorologico 2015

Inquinante:	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽⁶⁾		PM _{2.5} ⁽⁷⁾	CO
	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
D.Lgs. 155/10 ⁽¹⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	10 (V.L.)
u.m.	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[mg/m ³]
X_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	757'250	755'750	757'250	757'250	757'250	757'250	756'250
Y_MOD_MAX ⁽²⁾	ND	ND	ND	4'492'250	4'493'750	4'492'250	4'491'750	4'492'250	4'491'750	4'494'250
MOD ⁽³⁾	ND	ND	ND	0.5	22.1	0.7	0.004	0.01	0.004	0.07
OBS ⁽⁴⁾	2.5	6.3	8.6	8.0	51.4	12.4	26.094	39.60	17.684	1.27
OBS+MOD ⁽⁵⁾	2.5	6.3	8.6	8.6	53.6	13.1	26.098	39.60	17.687	1.27

⁽¹⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽²⁾ Coordinate WGS84-UTM33 del punto in cui la simulazione stima il massimo impatto dello specifico contributo
⁽³⁾ Contributo stimato nel punto di massimo impatto
⁽⁴⁾ Valore calcolato sulla base dei dati orari registrati dalla stazione "S. MARIA CERRATE"
⁽⁵⁾ Valore stimato come cumulativo del fondo e del contributo. Operativamente, gli operatori statistici sono stati applicati alla serie somma su base oraria delle registrazioni della stazione "S. MARIA CERRATE" e della stima modellistica del contributo della Centrale
⁽⁶⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario
⁽⁷⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario

4.2.5.3.3 Recettori sensibili

In Tabella 4.2.28 si riportano le stime puntuali effettuate da modello delle ricadute delle emissioni della Centrale nello scenario attuale in corrispondenza dei centri abitati Istat (periodo di riferimento 2011), assunti quali recettori sensibili in quanto rappresentativi dei luoghi a maggiore densità abitativa. La Tabella 4.2.29 riporta le analoghe informazioni per lo scenario di progetto fase 3, e la Tabella 4.2.30 riporta la variazione delle ricadute in termini di differenza tra scenario di progetto fase 3 e scenario attuale.

Dall'analisi delle tabelle si possono osservare contributi alla concentrazione in aria ambiente sempre considerevolmente inferiori rispetto ai limiti normativi, sia nello scenario attuale (Tabella 4.2.28) sia, e ancor più, nello scenario di progetto fase 3 (Tabella 4.2.29).

I recettori maggiormente interferiti risultano Torchiarolo, circa 9 km a Sud-SudEst della Centrale, e San Pietro Vernotico, circa 9 km a Sud-SudOvest della Centrale. In tali recettori si stimano contributi associati alle emissioni della Centrale nello scenario attuale che in termini di concentrazione media annua di SO₂ raggiungono rispettivamente il 5.8 e il 3.5% del relativo limite, in termini di concentrazione media annua di NO₂ raggiungono rispettivamente il 2.1 e il 1.3% del relativo limite, in termini di concentrazione media annua di PM₁₀ raggiungono rispettivamente il 0.22 e il 0.15% del relativo limite.

Lo scenario di progetto fase 3 vede annullarsi i contributi alle ricadute in termini di ossidi di zolfo (SO₂). I contributi in termini di ossidi di azoto (NO₂, NO_x) risultano diminuire in modo sostanziale, con una riduzione sulla media annua dell'ordine superiore del 50% che per taluni recettori raggiunge anche il 90%. Le ricadute in termini di polveri (PM₁₀, PM_{2.5}, SPM) risultano diminuire in maniera drastica, con una riduzione sulla media annua dell'ordine del 85÷95%. Le ricadute in termini di CO risultano variare in maniera poco significativa rispetto allo scenario attuale, con contributi alla concentrazione che permangono per tutti i recettori nell'ordine dello 0.1÷0.3% del limite normativo.

Tabella 4.2.28 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza dei recettori sensibili. Scenario Attuale

ID Loca.	Denom. Recettore	Contributo alla concentrazione in aria ambiente scenario Attuale											
		Inq.	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽³⁾		PM _{2.5} ⁽⁴⁾	SPM ⁽⁵⁾	CO
		Rifer. Tavola	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
		Param. ⁽¹⁾	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
		D.Lgs. 155/10 ⁽²⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	-	10 (V.L.)
U.m.	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	
7400110001	Brindisi	→	0.20	4.0	29.4	0.15	23.1	0.18	0.023	0.202	0.024	0.012	0.014
7400110003	Tuturano	→	0.27	7.3	36.2	0.19	28.5	0.24	0.029	0.255	0.030	0.014	0.016
7400110004	La Rosa	→	0.24	5.8	40.0	0.17	30.1	0.22	0.027	0.235	0.028	0.013	0.017
7401610001	Campo di Mare	→	0.07	2.7	8.4	0.05	6.9	0.06	0.013	0.097	0.014	0.009	0.006
7401610002	San Pietro Vernotico	→	0.70	10.7	49.7	0.50	40.0	0.65	0.059	0.472	0.060	0.019	0.027
7401810001	Lendinuso	→	0.11	2.6	12.3	0.08	10.0	0.10	0.016	0.116	0.017	0.010	0.006
7401810002	Torchiarolo	→	1.16	13.9	47.6	0.83	39.6	1.08	0.086	0.700	0.087	0.024	0.027
7401810003	Torre San Gennaro	→	0.07	2.1	7.0	0.05	5.9	0.06	0.013	0.097	0.013	0.009	0.005
7401810004	Presepe	→	0.13	3.5	12.9	0.09	10.6	0.11	0.017	0.115	0.018	0.010	0.011
7503515709	Zona Canuta	→	0.11	2.4	10.5	0.08	9.3	0.10	0.016	0.120	0.017	0.010	0.006
7503510002	Casalabate	→	0.13	3.9	11.6	0.09	12.4	0.11	0.018	0.123	0.018	0.011	0.013

(1) Ciascun valore rappresenta il massimo tra i singoli valori stimati per ogni anno del periodo triennale
(2) L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
(3) PM₁₀ = Particolato primario e secondario
(4) PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario
(5) SPM = Particolato secondario

Tabella 4.2.29 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza dei recettori sensibili. Scenario di Progetto fase 3

ID Loca.	Denom. Recettore	Contributo alla concentrazione in aria ambiente scenario di progetto fase 3											
		Inq.	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽³⁾		PM _{2.5} ⁽⁴⁾	SPM ⁽⁵⁾	CO
		Rifer. Tavola	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
		Param. ⁽¹⁾	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
		D.Lgs. 155/10 ⁽²⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	-	10 (V.L.)
U.m.	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	
7400110001	Brindisi	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.03	2.1	0.04	0.002	0.006	0.002	0.002	0.006
7400110003	Tuturano	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.05	3.0	0.06	0.003	0.009	0.003	0.003	0.009
7400110004	La Rosa	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	3.2	0.05	0.002	0.007	0.002	0.002	0.009
7401610001	Campo di Mare	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.02	1.8	0.02	0.002	0.005	0.002	0.002	0.008
7401610002	San Pietro Vernotico	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.06	3.0	0.08	0.003	0.008	0.003	0.003	0.012
7401810001	Lendinuso	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.03	3.3	0.04	0.002	0.005	0.002	0.002	0.016
7401810002	Torchiarolo	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.16	4.4	0.20	0.003	0.009	0.003	0.003	0.014
7401810003	Torre San Gennaro	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.02	2.1	0.02	0.002	0.005	0.002	0.002	0.009
7401810004	Presepe	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	3.7	0.04	0.002	0.005	0.002	0.002	0.018
7503515709	Zona Canuta	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.03	3.6	0.04	0.002	0.004	0.002	0.002	0.014
7503510002	Casalabate	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.03	2.9	0.03	0.002	0.005	0.002	0.002	0.013

⁽¹⁾ Ciascun valore rappresenta il massimo tra i singoli valori stimati per ogni anno del periodo triennale
⁽²⁾ L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite
⁽³⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario (presente in emissione solo particolato secondario)
⁽⁴⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario (presente in emissione solo particolato secondario)
⁽⁵⁾ SPM = Particolato secondario
⁽⁶⁾ n.d. = dato non disponibile per assenza o trascurabilità delle emissioni

Tabella 4.2.30 – Stima modellistica delle concentrazioni in aria ambiente in corrispondenza dei recettori sensibili. Differenza tra scenario di Progetto fase 3 e scenario Attuale

ID Loca.	Denom. Recettore	Differenza tra scenario di Progetto fase 3 e scenario Attuale											
		Inq.	SO ₂			NO ₂		NO _x	PM ₁₀ ⁽³⁾		PM _{2.5} ⁽⁴⁾	SPM ⁽⁵⁾	CO
		Rifer. Tavola	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
		Param. ⁽¹⁾	media annua	media giornaliera superata 3 volte per anno civile	media oraria superata 24 volte per anno civile	media annua	media oraria superata 18 volte per anno civile	media annua	media annua	media giornaliera superata 35 volte per anno civile	media annua	media annua	media massima giornaliera calcolata su 8 ore
		D.Lgs. 155/10 ⁽²⁾	20 (L.C.)	125 (V.L.)	350 (V.L.)	40 (V.L.)	200 (V.L.)	30 (L.C.)	40 (V.L.)	50 (V.L.)	25 (V.L.)	-	10 (V.L.)
U.m.	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	
7400110001	Brindisi	→	-0.20	-4.0	-29.4	-0.11	-21.0	-0.14	-0.022	-0.196	-0.022	-0.010	-0.008
7400110003	Tuturano	→	-0.27	-7.3	-36.2	-0.14	-25.5	-0.19	-0.027	-0.246	-0.027	-0.012	-0.007
7400110004	La Rosa	→	-0.24	-5.8	-40.0	-0.13	-26.9	-0.17	-0.025	-0.228	-0.025	-0.011	-0.008
7401610001	Campo di Mare	→	-0.07	-2.7	-8.4	-0.03	-5.1	-0.04	-0.012	-0.092	-0.012	-0.008	+0.003
7401610002	San Pietro Vernotico	→	-0.70	-10.7	-49.7	-0.44	-37.0	-0.57	-0.056	-0.464	-0.057	-0.016	-0.015
7401810001	Lendinuso	→	-0.11	-2.6	-12.3	-0.05	-6.7	-0.06	-0.015	-0.111	-0.015	-0.009	+0.010
7401810002	Torchiarolo	→	-1.16	-13.9	-47.6	-0.67	-35.1	-0.88	-0.083	-0.691	-0.084	-0.021	-0.013
7401810003	Torre San Gennaro	→	-0.07	-2.1	-7.0	-0.03	-3.8	-0.03	-0.011	-0.092	-0.012	-0.008	+0.003
7401810004	Presepe	→	-0.13	-3.5	-12.9	-0.05	-6.9	-0.07	-0.015	-0.110	-0.016	-0.009	+0.007
7503515709	Zona Canuta	→	-0.11	-2.4	-10.5	-0.04	-5.7	-0.06	-0.015	-0.116	-0.015	-0.009	+0.008
7503510002	Casalabate	→	-0.13	-3.9	-11.6	-0.06	-9.5	-0.08	-0.016	-0.119	-0.016	-0.009	+0.000

⁽¹⁾ PM₁₀ = Particolato primario e secondario (presente in emissione solo particolato secondario)
⁽²⁾ PM_{2.5} = Particolato fine primario e secondario (presente in emissione solo particolato secondario)
⁽³⁾ SPM = Particolato secondario

4.2.6 Conclusioni

L'analisi condotta con la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, nel triennio 2013-2015, ha permesso di identificare le aree maggiormente interessate dall'impatto determinato dalle emissioni della Centrale, rappresentate per mezzo di uno scenario attuale e di tre scenari di progetto. Lo scenario attuale prevede un'emissione continua dalle ciminiere dei gruppi BS1, BS2, BS3 e BS4 alimentati a carbone. Lo scenario di progetto prevede tre fasi di sviluppo, nella fase 1 verranno posti fuori servizio tutti i gruppi a carbone e entrerà in funzione il nuovo gruppo BS1A alimentato a gas, che opererà a ciclo aperto. Nella fase 2 entrerà in funzione il secondo nuovo gruppo BS1B alimentato anch'esso a gas e operante a ciclo aperto. Infine, nella fase 3 entrambi i nuovi gruppi potranno funzionare a ciclo combinato, al massimo carico con valori proposti in linea alle indicazioni BRef.

La rappresentatività della meteorologia prodotta dai modelli WRF-CALMET è stata valutata e giudicata idonea per mezzo di elaborazioni statistiche e rappresentazioni grafiche che

hanno permesso il confronto dei principali parametri meteorologici ricostruiti per via modellistica con le corrispondenti informazioni meteorologiche e climatologiche locali.

I risultati prodotti dalla catena modellistica mettono in evidenza come i valori stimati dei contributi alle concentrazioni dei macroinquinanti normati siano, anche nel punto di massima ricaduta, tutti all'interno dei valori limite e dei livelli critici imposti dal D. Lgs. 155/2010, sia nello scenario attuale che in tutte le fasi della configurazione di progetto.

Evidenti i miglioramenti derivanti dall'assetto di progetto in tutte le fasi (funzionamento in ciclo aperto e funzionamento in ciclo chiuso) che, prevedendo il funzionamento solo dei nuovi gruppi alimentato a gas naturale, azzerà le concentrazioni di biossido di zolfo e di polveri primarie e porta ad una riduzione, delle concentrazioni di tutti gli altri inquinanti normati, sia nei punti di massima ricaduta che come valori medi all'interno del dominio.

Dal punto di vista della localizzazione delle aree di maggiore impatto, in generale, pur queste variando in funzione dell'inquinante e della tipologia del parametro statistico rappresentato, si può individuare come zona maggiormente interessata dalle ricadute quella posta entro qualche chilometro a Sud e Sud-Ovest rispetto alla Centrale.

5 IMPATTI SUL CLIMA

I principali effetti sul clima indotti dalle centrali termoelettriche derivano dalle emissioni di gas serra (o GHG, Greenhouse Gases). In generale, i gas serra sono gas che in atmosfera assorbono ed emettono energia radiante nello spettro dell'infrarosso, causando quindi un riscaldamento dell'atmosfera. I principali gas presenti in atmosfera responsabili dell'effetto serra sono il vapore acqueo, il biossido di carbonio (CO₂), il metano (CH₄), il protossido di azoto (N₂O) e l'esafluoruro di zolfo (SF₆).

Nel caso specifico, il principale gas serra emesso dalla Centrale è il biossido di carbonio (CO₂), gas prodotto da qualunque processo di combustione, oltre che da numerose ulteriori attività antropiche e naturali.

La realizzazione del progetto proposto, prevedendo la sostituzione del vettore energetico da carbone a gas naturale, comporta una riduzione significativa (-67%) delle emissioni di kg CO₂ per MWhe netto prodotto, grazie alla maggiore efficienza dei nuovi impianti (dall'attuale rendimento elettrico del 40% ad un valore del 61%) ed alla diminuzione della potenza termica installata dagli attuali 6'560 MW_t (gruppi BS1, BS2, BS3 e BS4) ai proposti 2'700 MW_t (gruppi BS1A e BS1B).

A parità di energia prodotta quindi la centrale nello scenario di progetto fase 3 sarà maggiormente efficiente rispetto alla configurazione attuale, consentendo di ridurre le emissioni specifiche da 932 kgCO₂/MWh nello scenario attuale a 308 kgCO₂/MWh nello scenario di progetto (-67%).

Considerando un funzionamento annuo continuo (8'760 ore/anno) di tutti i gruppi della centrale, le emissioni di CO₂ passerebbero dalle 21'549'789 ton/anno dello scenario attuale (in realtà soggetto al rispetto dei limiti massici alle emissioni per gli altri inquinanti) alle previste 4'532'000 ton/anno dello scenario di progetto fase 3 (-79%).

La realizzazione del progetto consente inoltre la diminuzione del fattore di emissione per la produzione termoelettrica lorda nazionale che per l'anno 2015 è stimata da ISPRA nella pubblicazione "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico" pari a 488.9 kgCO₂/MWh.

Tali risultati sono in linea con gli obiettivi delineati da entrambe le versioni della SEN e delle politiche internazionali, nazionali e regionali.

La realizzazione del progetto comporta quindi un impatto positivo nel contrastare il cambiamento climatico.

6 VALUTAZIONI FINALI

Il clima della regione oggetto del presente studio, nella quale si trova la Centrale Enel "Federico II" di Brindisi, risulta essere in base alla classificazione dei climi di Köppen-Geiger di tipo "Csa", ovvero un clima temperato umido con estate asciutta e molto calda.

Sia l'analisi meteorologica condotta sui dati del trentennio 1971–2000 della stazione Brindisi estratti dall'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare, che la caratterizzazione meteorologica locale, condotta sui dati del quinquennio 2014 – 2018 della stessa stazione dell'Aeronautica Militare e sulla stazione di Brindisi gestita dal Servizio Meteo di ARPA Puglia, confermano la classificazione climatica. Dal punto di vista anemologico, il sito evidenzia maggiori frequenze dei venti dal settore settentrionale, cui si contrappongono, meno frequentemente, quelle dal settore meridionale, conseguenza della generale circolazione sinottica a scala regionale. È possibile evidenziare inoltre i regimi locali di brezza da mare nelle ore diurne (provenienze da Est) e di terra nelle ore notturne (da Ovest) con intensità dei venti modeste, caratteristiche di questi regimi.

Lo stato attuale della qualità dell'aria, a livello regionale e provinciale, è stato analizzato considerando la pubblicazione "Relazione annuale sulla Qualità dell'Aria in Puglia, Anno 2017" redatta dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia, che riporta i dati di qualità dell'aria registrati nel corso del 2017 dalla RRQA e analizza l'andamento nel periodo 2010-2017. Il valore medio registrato di PM_{10} sul territorio regionale è stato di $22 \mu g/m^3$. Dal 2010 si registra una tendenziale diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante, con un andamento particolarmente evidente nelle province di Taranto e Brindisi. Per il $PM_{2.5}$, nel 2017 il limite di $25 \mu g/m^3$ non è stato superato in nessun sito. La media regionale è stata di $14 \mu g/m^3$. Come per il PM_{10} , anche per il $PM_{2.5}$ si osserva una generale tendenza alla diminuzione. Per l' NO_2 , la media annua regionale è stata di $17 \mu g/m^3$. Anche per l' NO_2 nel periodo 2010-2017 si osserva una generale diminuzione delle concentrazioni. Infine, in nessun sito della regione è stata superata la concentrazione massima per il monossido di carbonio di $10 mg/m^3$ calcolata come media mobile sulle 8 ore.

Le considerazioni relative alle attività legate alla fase di realizzazione dei nuovi cicli combinati mostrano come gli impatti causati dalle emissioni di polveri generate in fase di cantiere siano da ritenersi non significativi, completamente reversibili e circoscritti all'area di intervento.

L'analisi condotta mediante la catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, relativa alla fase di esercizio dell'impianto nello scenario attuale autorizzato e nelle tre fasi di quello di progetto, mette in evidenza come i valori stimati delle concentrazioni dei macroinquinanti normati siano, anche nel punto di massima ricaduta, tutti ampiamente all'interno dei valori limite e dei livelli critici imposti dal D.Lgs. 155/2010.

I risultati modellistici evidenziano i miglioramenti derivanti da entrambi gli scenari di progetto che, prevedendo il funzionamento solo del nuovo gruppo turbogas, permette di eliminare le emissioni di biossido di zolfo (SO₂) e particolato primario (PM₁₀ e PM_{2.5}) e di ridurre, nella fase 3, le emissioni su base oraria degli ossidi di azoto (NO_x) di oltre un ordine di grandezza (-93%) e del monossido di carbonio (CO) di due terzi (-68%). In tali scenari, le ricadute attese associate alle emissioni convogliate dalla Centrale risultano sempre sostanzialmente inferiori rispetto allo scenario attuale per tutti i principali inquinanti: SO₂, NO_x e PM.

La realizzazione del progetto proposto, riducendo le emissioni di CO₂, consente inoltre di ottenere un beneficio nel contrastare il cambiamento climatico.

7 BIBLIOGRAFIA

- Wladimir Köppen e Rudolf Geiger, "Klima der Erde", Gotha, Klett-Perthes, 1954.
- Mennella C., 1973. "Il Clima d'Italia". Fratelli Conte Editore S.p.A., Napoli.
- Pinna M., 1978. "L'atmosfera e il clima". UTET, Torino.
- Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (<http://clima.meteoam.it>).
- Servizio Meteo di ARPA Puglia (<http://www.arpa.puglia.it>).
- ARPA Puglia, 2019. Centro Regionale Aria. Ufficio Qualità dell'Aria di Bari. "Relazione annuale sulla Qualità dell'Aria in Puglia, Anno 2018".
- Regione Puglia. D.G.R. n° 2420 del 16 dicembre 2013, adempimenti in attuazione del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n° 155 e ss.mm.ii. per la qualità dell'aria ambientale.
- Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010, Suppl. Ordinario n. 217.
- ISPRA, 2009 – "La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni", 92/2009.
- ARPA Puglia Inventario delle emissioni (<http://www.inemar.arpa.puglia.it>).
- ARPA Puglia. "Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera INEMAR Puglia. Presentazione della metodologia e dei risultati 2007-2010. Relazione Generale". Dicembre 2014.
- WRF, Weather Research and Forecasting Model (<http://www.wrf-model.org>).
- Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau, R.J. Yamartino, 2000a. "A user's guide for the CALMET meteorological model". Earth Tech Inc., Concord, MA, USA.
- Scire, J.S., D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino, 2000b. "A user's guide for the CALPUFF dispersion model". Earth Tech Inc., Concord, MA, USA.
- US-EPA, 1985. "Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulations)". EPA-450/4-80-023R.
- Global Land Cover Characterization (<https://lta.cr.usgs.gov/GLCC>).
- SRTM, U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>).
- Istat. Basi territoriali e variabili censuarie (<http://www.istat.it/>).
- Istat, 2016. "Descrizione dei dati geografici e delle variabili censuarie delle Basi territoriali per i censimenti: anni 1991, 2001, 2011". Versione definitiva, 25/02/2016.
- EEA "Air Quality e-Reporting" (European Environment Agency, www.eea.europa.eu).
- ANPA CTN-ACE, 2001. "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria".
- APAT CTN-ACE, 2004. "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni".

- US-EPA. SCRAM - Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling (<https://www.epa.gov/scram>).
- US-EPA, 2005. "Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule". 40 CFR Part 51. Federal Register / Vol. 70, No. 216 / Wednesday, November 9, 2005.
- WHO, 2000. "Air quality guidelines for Europe - Second Edition". World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- EEA, 2011. "The application of models under the European Union's Air Quality Directive. A technical reference guide". Technical report n. 10/2011.
- ISPRA, 2017. "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico". Rapporto 257/2017.
- ARPAT, 2009. "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", Allegato 1, parte integrante e sostanziale della DGP 213-09.
- US-WRAP, 2006 "WRAP Fugitive Dust Handbook", Western Regional Air Partnership's, published: September 7, 2006.
- Midwest Research Institute, 1999. "Estimating Particulate Matter Emissions From Construction Operations", Kansas City, Missouri, September, 1999.
- US-EPA, 2001. "Air pollution emission factors compilation AP-42, Volume I, Fifth Edition". Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency, Washington.
- EEA, 2011. "COPERT 4 – Estimating emissions from road transport". European Environment Agency, published: Nov 08, 2011.
- EEA, 2016. "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories". EEA Report. No 21/2016. ISSN 1977-8449.