

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Nord di Civitavecchia (RM)
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuove 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. 3500038651 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 B9014454 (2716117) - USO RISERVATO

N. pagine 101 **N. pagine fuori testo** 52

Data 29/11/2019

Elaborato ESC - Ghilardi Marina, ESC - Manzi Giovanni, ESC - D'Aleo Marco
B9014454 114978 AUT B9014454 3575 AUT B9014454 1596735 AUT

Verificato ESC - Pertot Cesare
B9014454 3840 VER

Approvato ESC - Il Responsabile - Pertot Cesare
B9014454 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.....	4
2	INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO	5
2.1	Caratterizzazione meteoclimatica.....	5
2.1.1	Classificazione dei climi di Köppen-Geiger	5
2.1.2	Analisi climatologica	7
2.2	Caratterizzazione meteorologica	13
3	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	17
3.1	Quadro normativo.....	17
3.2	L'inventario delle emissioni	21
3.3	Lo stato attuale della qualità dell'aria	26
4	STIMA E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA COMPONENTE ATMOSFERA	34
4.1	Fase di realizzazione.....	34
4.1.1	Descrizione delle attività di cantiere.....	36
4.1.2	Stima delle emissioni in fase di cantiere.....	44
4.2	Fase di esercizio	50
4.2.1	Selezione e struttura dello strumento modellistico.....	50
4.2.2	Applicazione al caso in esame.....	60
4.2.3	Analisi meteorologica	70
4.2.4	Scenari emissivi	80
4.2.5	Stima delle ricadute.....	85
4.2.6	Conclusioni.....	95
5	IMPATTI SUL CLIMA	97
6	VALUTAZIONI FINALI.....	98
7	BIBLIOGRAFIA	100

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	29/11/2019	B9014454	Prima emissione

1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano la definizione delle caratteristiche meteo climatiche 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 previste dal progetto.

2 INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO

2.1 Caratterizzazione meteorologica

La Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Nord si trova sulla costa laziale, in Provincia di Roma, nel Comune di Civitavecchia, circa 2 km a NNW di Punta La Mattonara (Figura 2.1.1). L'area della Centrale è ubicata in una stretta fascia pianeggiante che si estende parallelamente al mare a circa 6 km Nord-Ovest dell'abitato di Civitavecchia. L'impianto è posizionato su un terreno pianeggiante che si raccorda, verso l'entroterra, con i rilievi collinari della Tolfa, che raggiungono le quote massime in prossimità degli abitati di Allumiere e Tolfa (Monte Tolfaccia, 579 m s.l.m., circa 10 km ad Est di Civitavecchia).

L'area della Maremma laziale è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, soprattutto lungo la fascia costiera. Gli inverni sono raramente freddi, mentre la stagione estiva risulta moderatamente calda e ventilata. Le precipitazioni sono generalmente piuttosto scarse, aggirandosi mediamente intorno ai 600-750 mm, sottoponendo talvolta l'area a periodi di siccità.

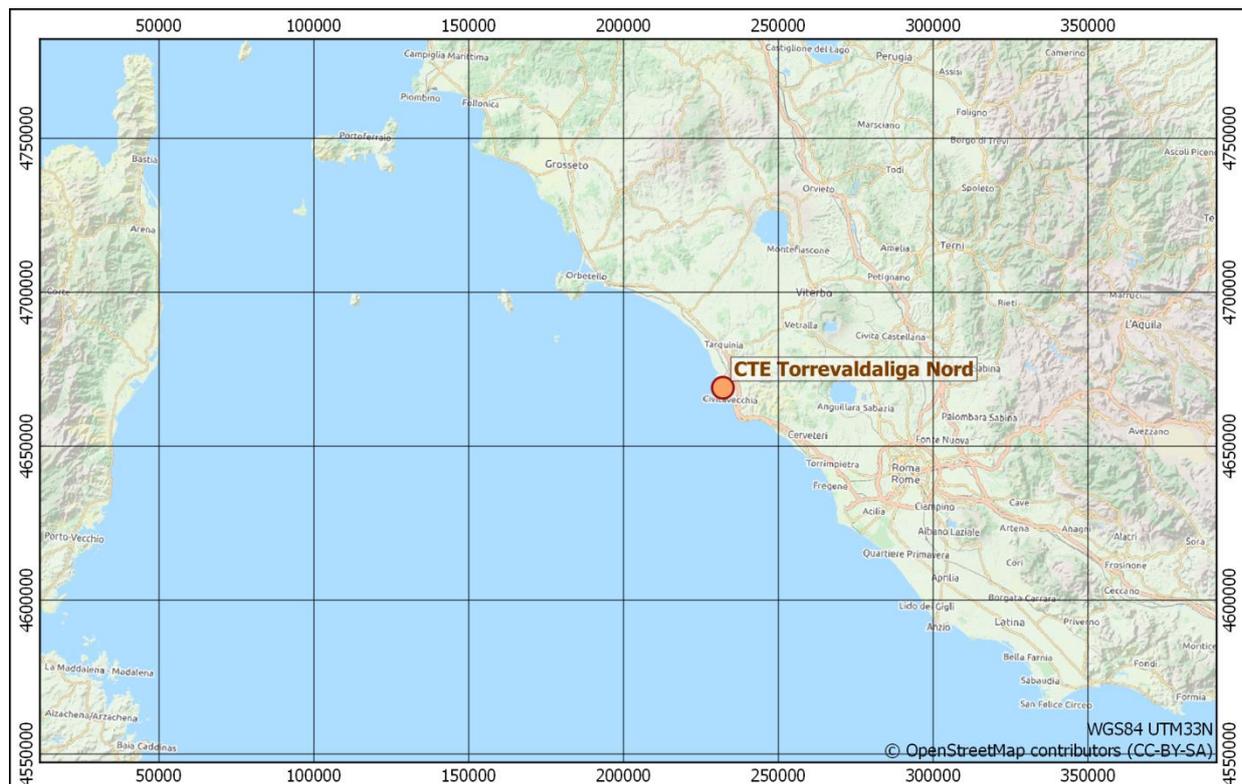


Figura 2.1.1 - Inquadramento dell'area di indagine.

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.

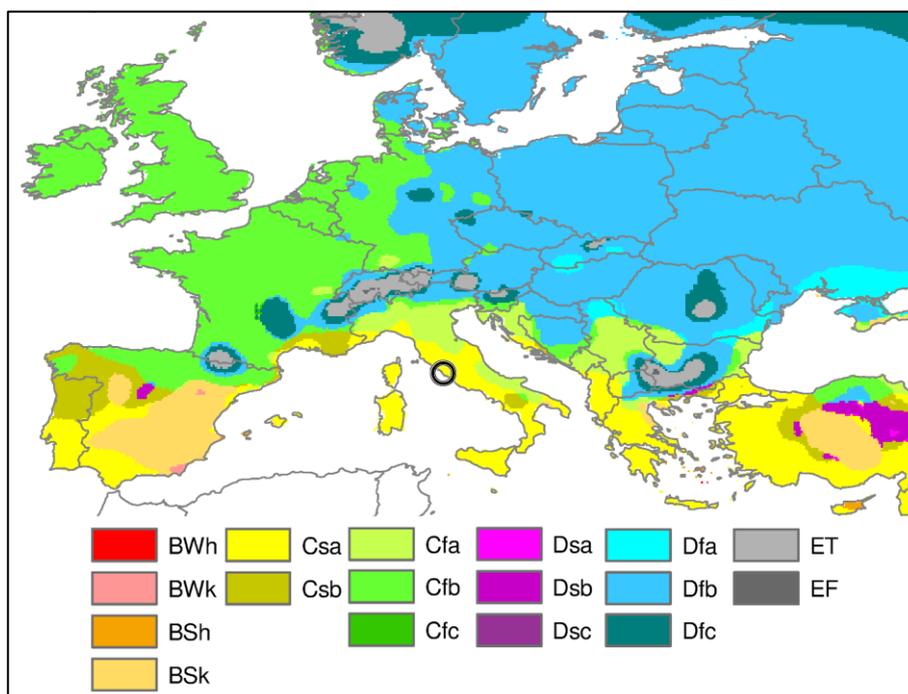


Figura 2.1.2 - Classificazione di Köppen-Geiger.

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 Civitavecchia (AM - Lazio, latitudine 42.033, longitudine 11.817, quota 4 m s.l.m.), localizzata, come mostrato in Figura 2.1.3, nei pressi di Santa Marinella (Indicativo OACI: LIQJ).



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

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 7.4 °C, mentre il valore massimo mensile più alto è stato di 27.4 °C.

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 autunnali di ottobre e novembre. Dei massimi relativi sono riscontrabili a gennaio e aprile. I mesi dell'anno che mediamente risultano avere il maggior numero di giorni piovosi risultano quelli compresi tra ottobre ed aprile, con circa 7-8 giorni piovosi ($R > 1$ mm). L'andamento dell'umidità relativa mostra valori

massimi delle medie mensili costantemente intorno all'85%, e valori minimi che oscillano tra il 60% e il 65%.

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, in questa area geografica, si verificano nella stagione autunnale, con valori che oscillano tra il 3% ed il 5%.

Le rose dei venti delle ore 00, 06, 12 e 18 UTC, elaborate su base stagionali nel trentennio 1971-2000 sono riportate in Figura 2.1.7.

In generale, le direzioni di provenienza prevalenti sono quelle da NE e da S-SE indotte dalla circolazione sinottica. A queste si sovrappone il regime locale di brezza dovuta alla presenza del mar Tirreno a W e ai rilievi dell'Appennino ad E, che si evidenziano nella maggior frequenza dei venti dal settore orientale nelle ore notturne e da quello occidentale nelle ore diurne. Si osserva inoltre una apprezzabile frequenza delle condizioni di calma di vento nelle ore notturne (00 e 06), con percentuali sempre superiori al 22% in tutte le stagioni e un massimo del 40% nelle ore 00 estive. Per le ore diurne (12 e 18) si osserva invece una minore frequenza delle condizioni di calma di vento, con percentuali sempre inferiori al 15% e un minimo del 7-9% nel periodo estivo.

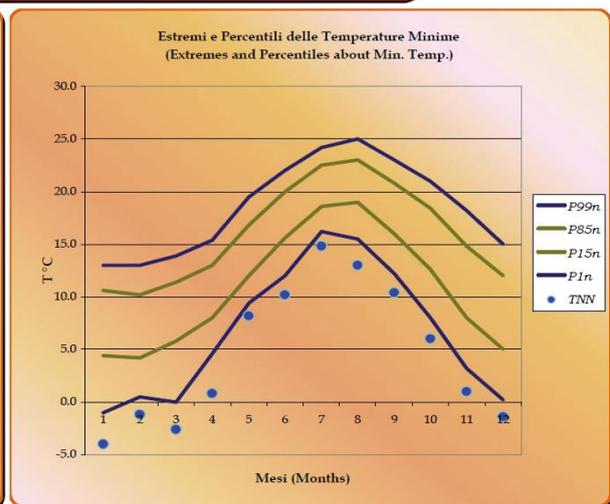
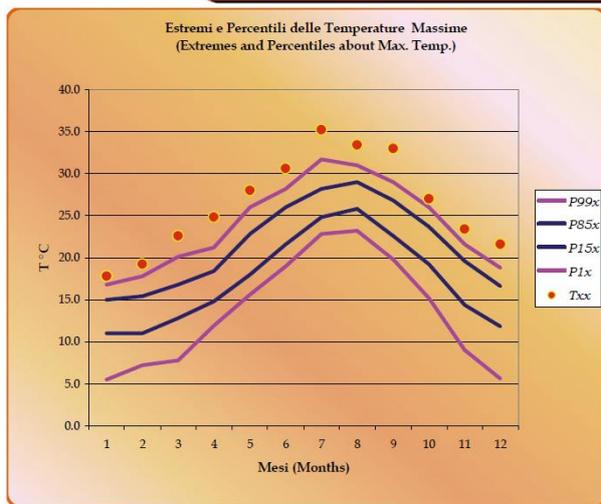
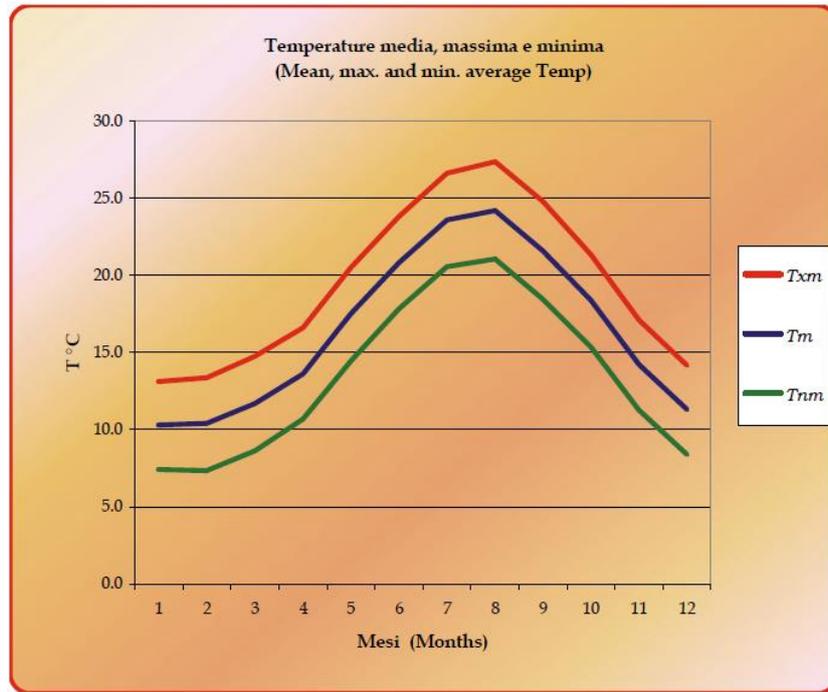


Figura 2.1.4 – Andamenti Mensili Temperature nel trentennio 1971-2000 nella stazione Civitavecchia (fonte: Atlante Climatico AM).

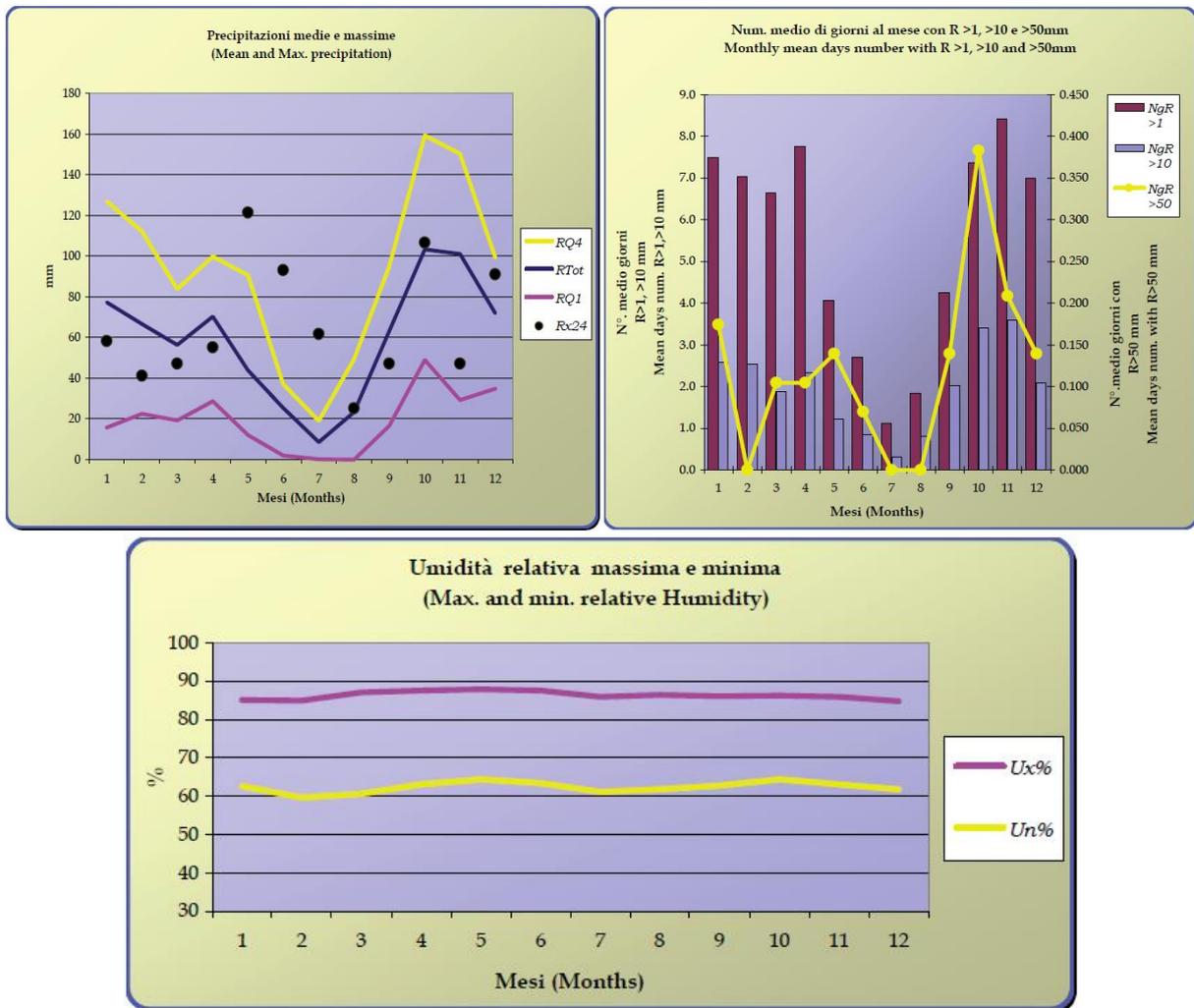


Figura 2.1.5 – Andamenti Mensili Precipitazioni e Umidità relativa nel trentennio 1971-2000 nella stazione Civitavecchia (fonte: Atlante Climatico AM).

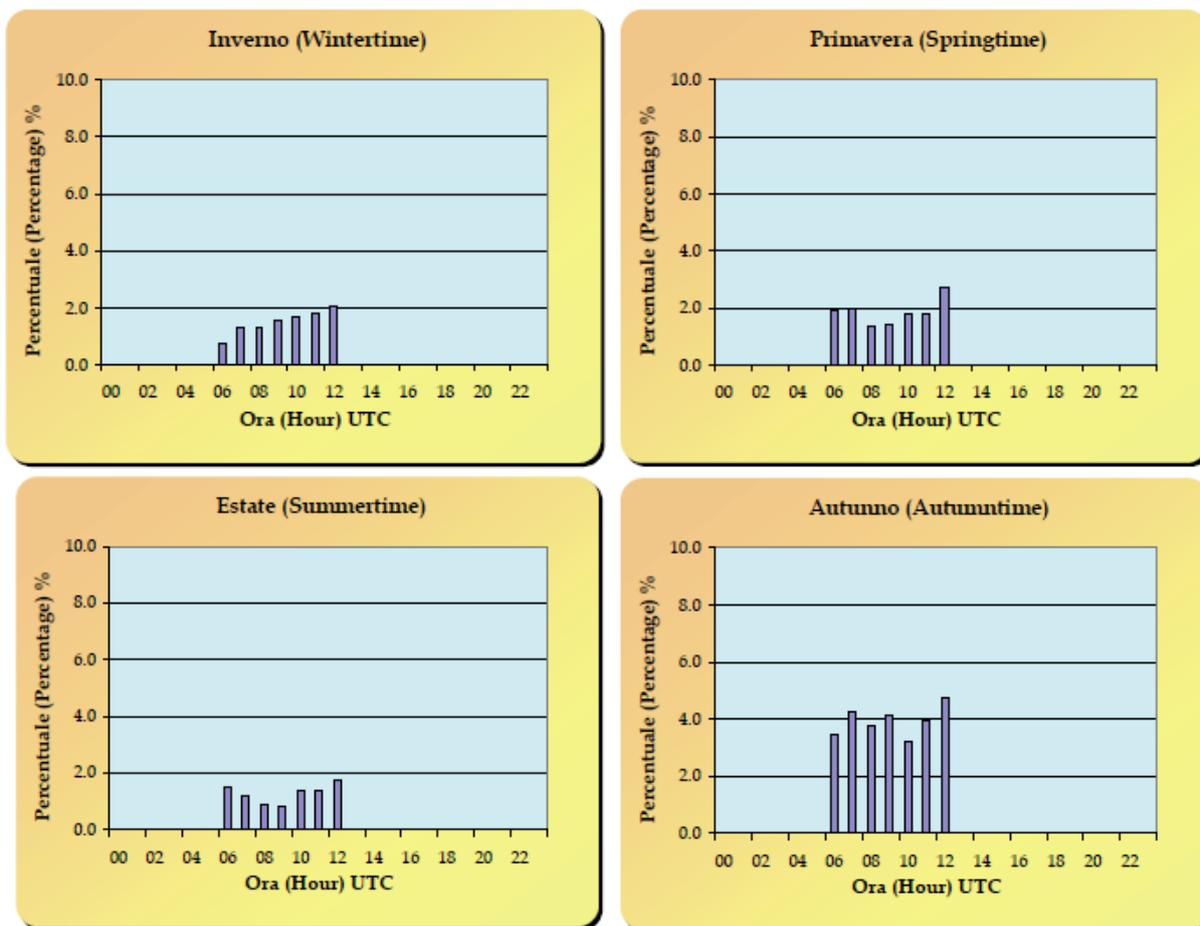


Figura 2.1.6 – Giorni tipo stagionali delle Percentuali di casi con nubi temporalesche nel periodo 1973-2000 nella stazione Civitavecchia (fonte: Atlante Climatico AM).

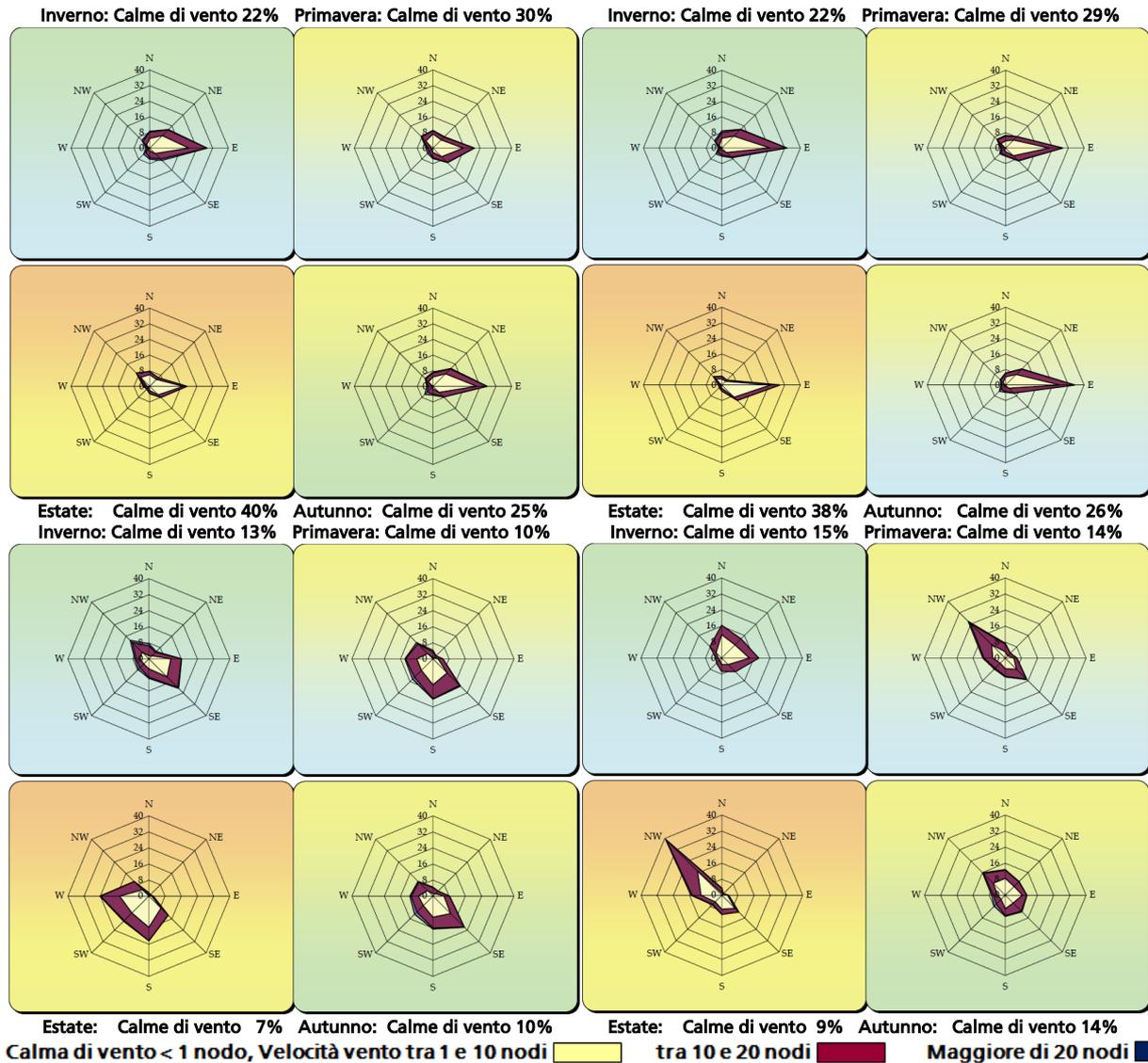


Figura 2.1.7 – Rose dei venti stagionali alle ore 00, 06, 12 e 18 UTC nel trentennio 1971-2000 nella stazione Civitavecchia (fonte: Atlante Climatico AM).

2.2 Caratterizzazione meteorologica

La caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio è stata condotta sulla base dei dati orari registrati dalla stazione Tarquinia, localizzata in località Portaccia (VT) ad una quota di 22 m s.l.m. (Figura 2.2.1). La stazione Tarquinia, distante circa 11 km in direzione NNO dal sito della Centrale, è parte della rete meteorologica ARSIAL (Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio, <http://www.arsial.it>). Le caratteristiche orografiche del sito e la vicinanza alla costa permettono di ritenere la stazione rappresentativa anche del sito di Centrale.

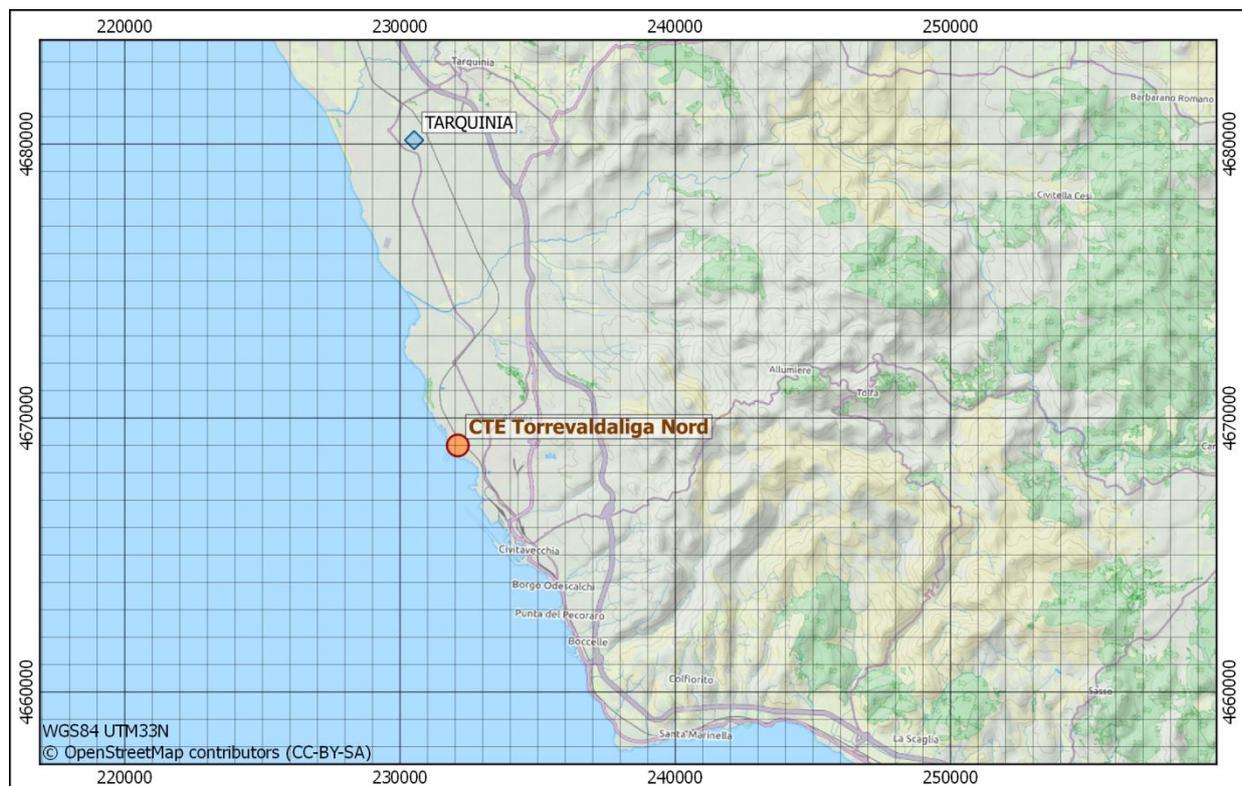


Figura 2.2.1 – Centrale di Torrevaldaliga Nord e stazione meteorologica Tarquinia.

Il regime termico valutato nel periodo 2004-2017 è riportato nella Figura 2.2.2, dove si evidenziano un valore medio annuo di circa 16 °C, un valore massimo della media mensile in luglio-agosto di circa 25 °C e un valore minimo in gennaio-febbraio con circa 9 °C. I valori orari minimo e massimo del periodo hanno raggiunto i 2 °C in inverno ed i 39 °C.

Il regime pluviometrico riportato in Figura 2.2.3, relativo al periodo 2004-2017, evidenzia un massimo di piovosità autunnale (a novembre, con circa 104 mm/mese) ed un minimo estivo (a luglio, con circa 11 mm/mese). Il numero di giorni piovosi (con precipitazione cumulata di almeno 1 mm/giorno) risulta di circa 7-9 giorni/mese nel periodo invernale (tra novembre e marzo), di circa 1-3 giorni nel periodo estivo (da giugno ad agosto) e di circa 4-6 giorni nelle stagioni di transizione (aprile-maggio e settembre-ottobre).

L'andamento pluriennale del numero di giorni di pioggia (Figura 2.2.4) evidenzia come la piovosità media di 66 giorni/anno abbia registrato una variabilità tra un massimo di circa 90 giorni/anno nel 2010 ad un minimo di circa 40 giorni/anno nel 2017. La bassa piovosità registrata nel 2017 è anche confermata dal confronto, visualizzabile nella Figura 2.2.5, tra la pioggia cumulata media nel periodo 2004-2017 e quella cumulata nel solo corso del 2017.

La Figura 2.2.6 riporta le rose dei venti mensili relative all'anno 2017. In generale, le direzioni prevalenti provengono dal primo e secondo quadrante (NE e SE) indotte dalla circolazione sinottica. A queste si sovrappone il regime locale di brezza dovuta alla presenza del mar Tirreno e ai rilievi dell'Appennino, che si evidenziano nei venti di buona frequenza e modesta intensità provenienti dal primo e terzo quadrante.

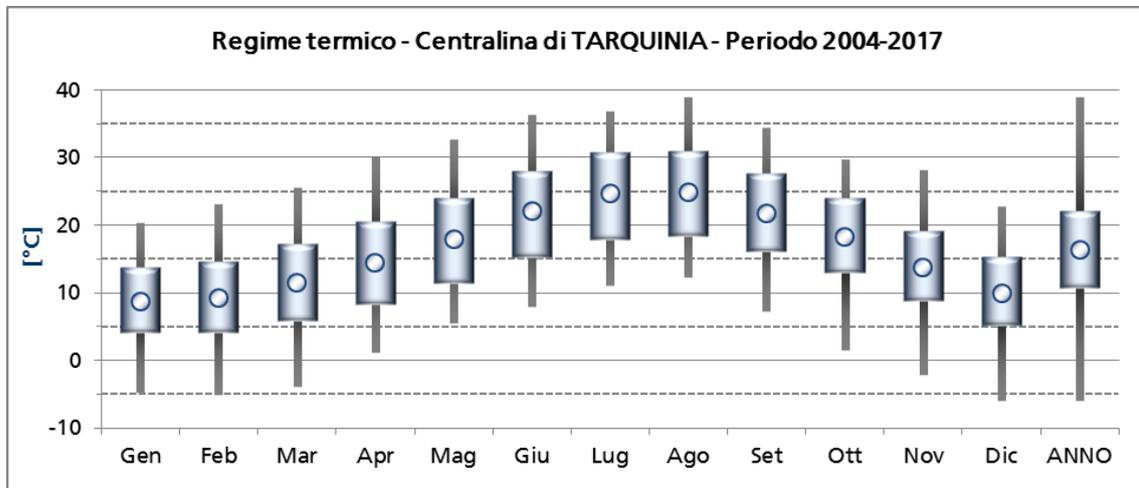


Figura 2.2.2 – Stazione meteorologica Tarquinia. Regime termico nel periodo 2004-2017.

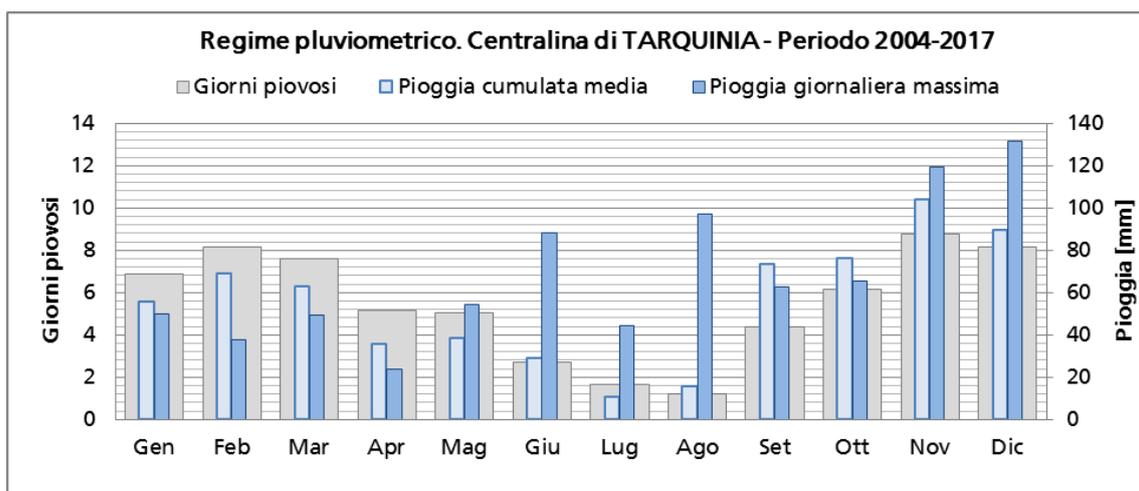


Figura 2.2.3 – Stazione meteorologica Tarquinia. Regime pluviometrico nel periodo 2004-2017.

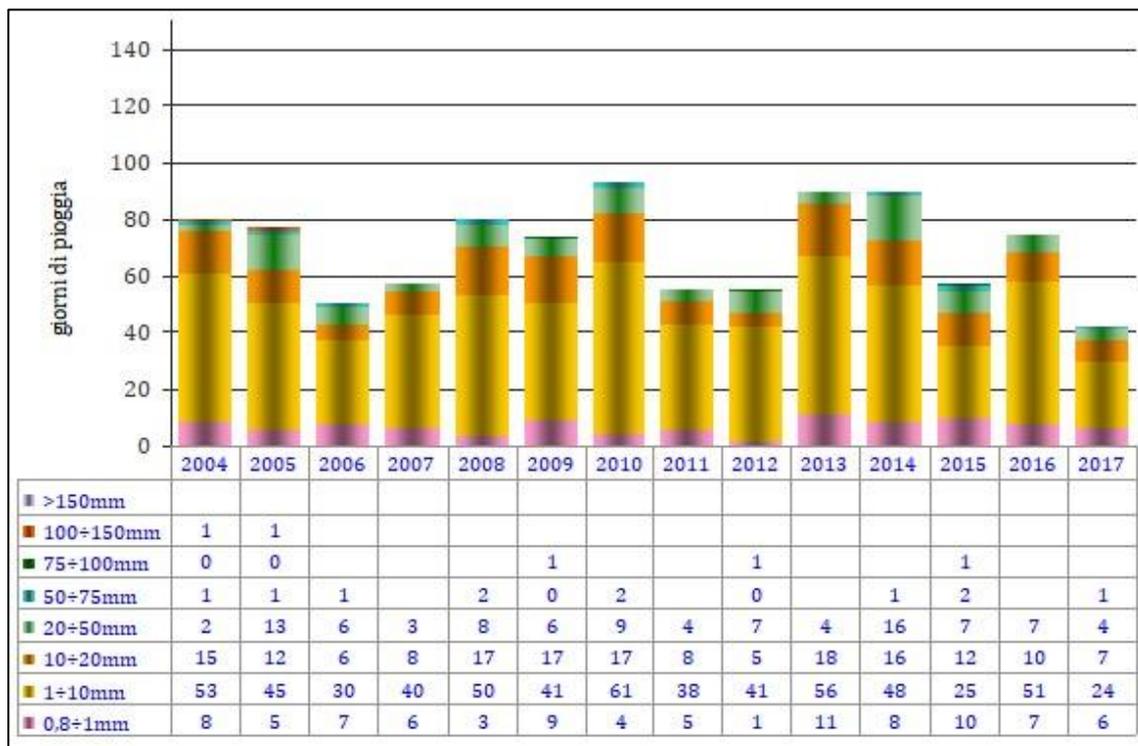


Figura 2.2.4 – Stazione meteorologica Tarquinia. Giorni di pioggia nel periodo 2004-2017.

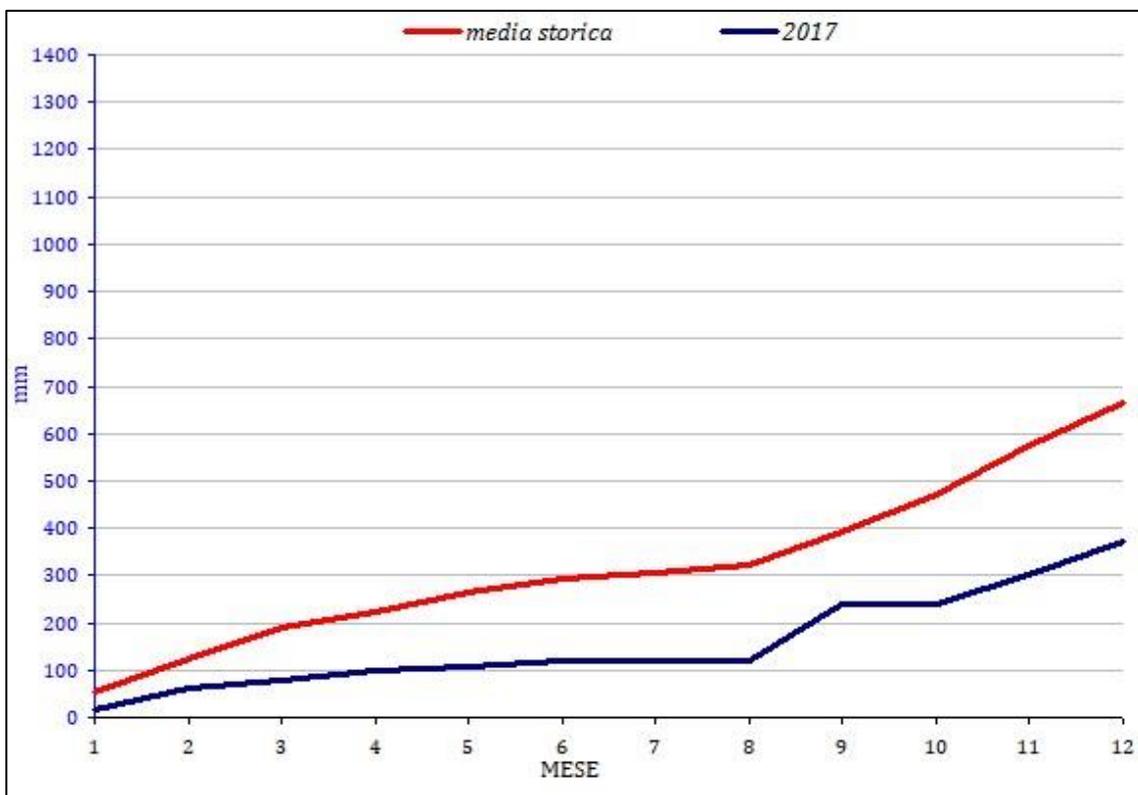


Figura 2.2.5 – Stazione meteorologica Tarquinia. Pioggia cumulata nel periodo 2004-2017.

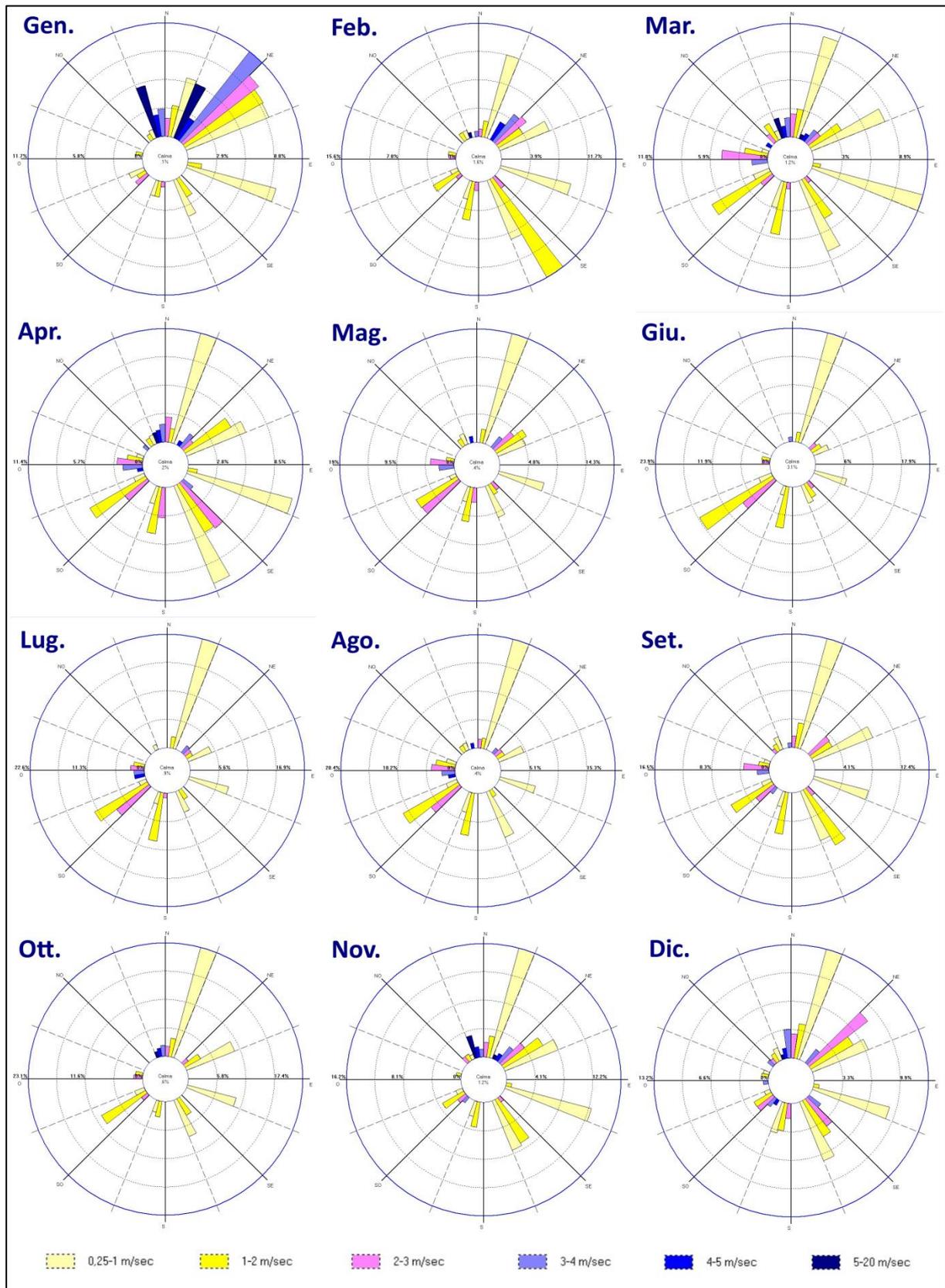


Figura 2.2.6 – Stazione meteorologica Tarquinia. Rose dei venti mensili, anno 2017.

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.

Di seguito vengono riportati i valori limite (Tabella 3.1.1), i valori obiettivo (

Tabella 3.1.2) i livelli critici per la vegetazione (

Tabella 3.1.3) e le soglie di allarme (

Tabella 3.1.4) 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 3.1.5 e 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 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 nell'industria e impianti energetici
02	Impianti di combustione non industriale
03	Processi produttivi (combustione nell'industria manifatturiera)
04	Processi produttivi (combustione senza contatto)
05	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica
06	Uso di solventi ed altri prodotti
07	Trasporti stradali
08	Altre sorgenti mobili e macchinari mobili (trasporti fuori strada)
09	Trattamento dei rifiuti e discariche
10	Agricoltura
11	Altre emissioni ed assorbimenti

Di seguito viene fatto riferimento a dati e analisi pubblicati da ARPA Lazio (<http://www.arpalazio.gov.it>) e prodotti da ISPRA (<http://www.sinanet.isprambiente.it>),

relativi alla disaggregazione dell'inventario nazionale effettuata spazialmente a livello provinciale per l'anno 2015 ed aggiornata a Maggio 2018.

I macroinquinanti trattati sono: CO (monossido di carbonio); NMCOV (composti organici volatili non metanici); NH₃ (ammoniaca); NO_x (ossidi totali di azoto); PM₁₀ (polveri fini aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 µm); SO₂ (biossido di zolfo).

In Tabella 3.2.2 e in Tabella 3.2.3 sono riportate rispettivamente le quantità di inquinanti emessi in provincia di Roma e nell'intera regione Lazio 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), risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione di SO₂ (41 e 51%);
- il ruolo del macrosettore 02 "Combustione non industriale", che a livello regionale risulta rilevante solo nella formazione di PM₁₀ (64%) e CO (56%) a livello provinciale gioca invece un ruolo che, oltre ad essere ancora più rilevante, per SO₂ (72%) e CO (63%), ha un peso anche per NMVOC (18%);
- il ruolo del macrosettore 03 "Combustione nell'industria", a livello regionale risulta rilevante per la formazione di SO₂ (20%) mentre a livello provinciale per nessun inquinante viene raggiunta la soglia del 15%, l'apporto massimo per l'SO₂ è del 7%;
- il ruolo del macrosettore 04 "Processi produttivi" non risulta essere rilevante, né a livello regionale né a quello provinciale per nessun inquinante i riscontri massimi si hanno per l'SO₂ (6 e 7%);
- il ruolo del macrosettore 05 "Estrazione e distribuzione combustibili" non risulta essere rilevante, né a livello regionale né a quello provinciale per nessun inquinante, riscontri massimi inferiori al 5%;
- il ruolo del macrosettore 06 "Uso di solventi" concorre sia a livello regionale che provinciale solo alla formazione di NMCOV, con una rilevanza che risulta essere rispettivamente del 15 e 22%;

- il ruolo del macrosettore 07 "Trasporto su strada", risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale nella formazione di NO_x (46 e 43%) e CO (23 e 26%) nonché a livello provinciale della formazione di PM₁₀ (16%) e NMVOC (16%);
- il ruolo del macrosettore 08 "Altre sorgenti mobili e macchinari" risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione di NO_x (33 e 38%) e di SO₂ (19 e 24%);
- il ruolo del macrosettore 09 "Trattamento e smaltimento dei rifiuti", non risulta essere rilevante, né a livello regionale né a quello provinciale per nessun inquinante, riscontri massimi inferiori al 5%;
- il ruolo del macrosettore 10 "Agricoltura", risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione della grande maggioranza di NH₃ (93 e 84%);
- il ruolo del macrosettore 11 "Altre sorgenti e assorbenti" risulta rilevante sia a livello regionale che provinciale per la formazione dei NMVOC (57 e 35%).

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 Roma nel 2015 ripartite per Macrosettori

Id MSett	CO (ton)	NMVO (ton)	NH₃ (ton)	NO_x (ton)	PM₁₀ (ton)	SO₂ (ton)
1-Produzione energia e trasform. combustibili	1593.6	197.4	52.6	4921.3	131.1	3136.9
2-Combustione non industriale	90108.5	11418.2	102.5	4214.9	6856.3	555.6
3-Combustione nell'industria	1229.7	49.3	47.1	1885.8	55.1	441.0
4-Processi produttivi	0.0	1860.0	0.0	0.0	199.8	450.9
5-Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	1724.7	0.0	0.0	138.7	0.0
6-Uso di solventi	0.0	13798.6	0.0	0.0	0.0	0.0
7-Trasporto su strada	37506.2	10134.7	448.6	27180.7	1543.4	26.6
8-Altre sorgenti mobili e macchinari	7550.5	1780.4	0.6	24236.4	358.0	1497.1
9-Trattamento e smaltimento rifiuti	275.1	164.8	116.2	14.9	13.0	6.9
10-Agricoltura	51.2	9.4	4122.9	810.2	52.4	0.0
11-Altre sorgenti e assorbimenti	4252.8	22349.1	14.3	169.9	183.4	12.7
Totale	142568	63487	4905	63434	9531	6128

Tabella 3.2.3 – Emissioni nella regione Lazio nel 2015 ripartite per Macrosettori

Id MSett	CO (ton)	NMVO (ton)	NH₃ (ton)	NO_x (ton)	PM₁₀ (ton)	SO₂ (ton)
1-Produzione energia e trasform.	1808.4	230.3	54.5	5513.2	148.9	3255.
2-Combustione non industriale	122213.	17199.2	139.0	6801.6	9358.	978.8
3-Combustione nell'industria	1511.9	201.1	47.1	2979.6	507.9	1571.
4-Processi produttivi	0.0	2916.8	0.0	0.0	338.7	450.9
5-Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	2660.4	0.0	0.0	138.7	0.0
6-Uso di solventi	0.0	21441.7	0.0	0.0	0.0	0.0
7-Trasporto su strada	50549.6	13969.4	615.3	37690.	2131.	36.8
8-Altre sorgenti mobili e macchinari	11881.7	2729.7	1.5	26931.	574.9	1514.
9-Trattamento e smaltimento rifiuti	1105.5	441.7	302.5	51.4	50.1	8.6
10-Agricoltura	181.3	34.4	16498.	2371.8	313.9	0.0
11-Altre sorgenti e assorbimenti	27748.7	83295.7	93.1	343.5	1155.	82.7
Totale	217000	145120	17751	82683	14718	7899

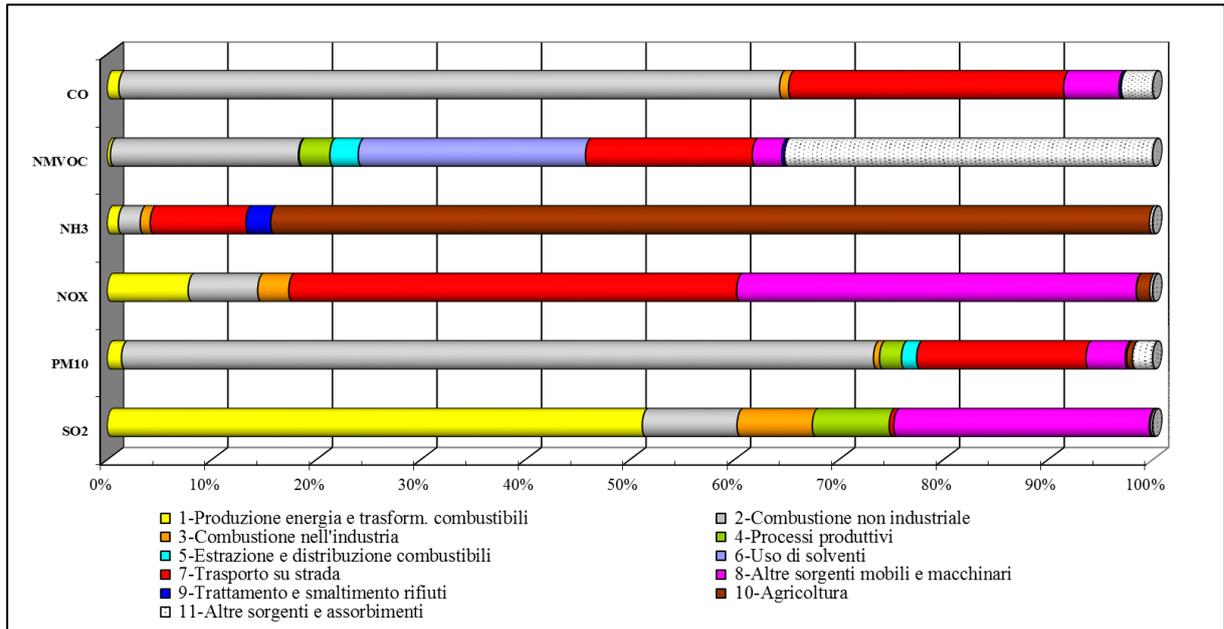


Figura 3.2.1 – Provincia di Roma - Emissioni % per Macrosettori nel 2015

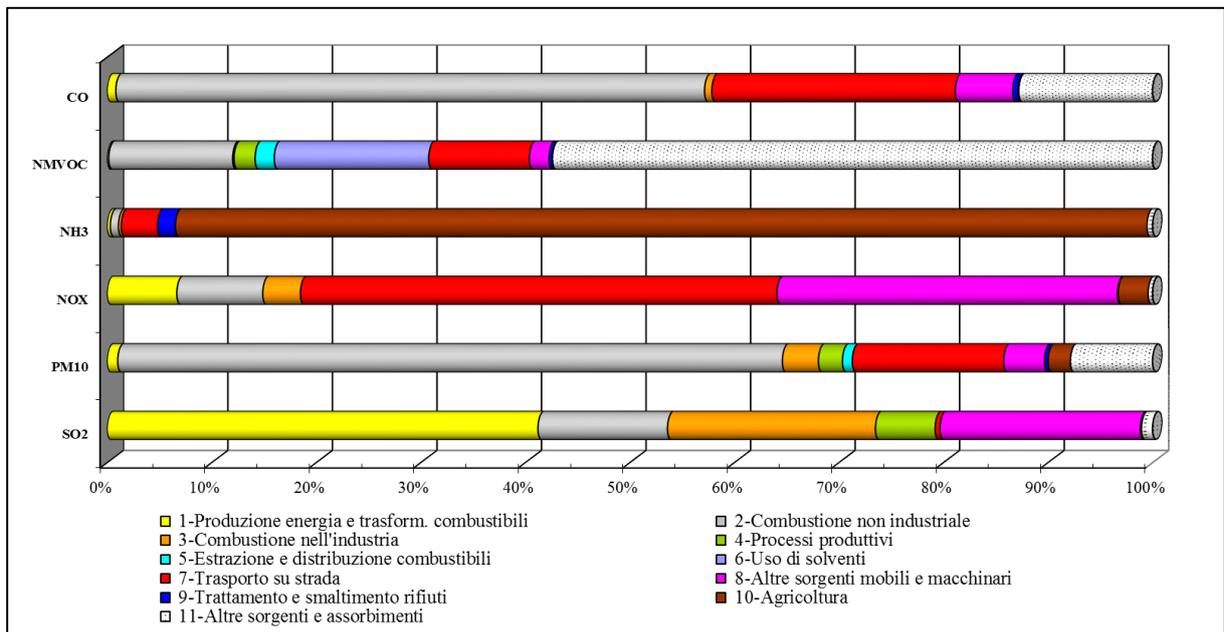


Figura 3.2.2 – Regione Lazio - Emissioni % per Macrosettori nel 2015

3.3 Lo stato attuale della qualità dell'aria

Nel presente paragrafo viene analizzato lo stato attuale della qualità dell'aria a livello regionale, con specifico interesse per quanto rilevato nelle postazioni della rete regionale più prossime alla Centrale di Torrevaldaliga Nord.

La "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio", redatta con cadenza annuale da Arpa Lazio, cui nel seguito si fa riferimento per il periodo 2018, riporta la valutazione annuale della qualità dell'aria realizzata come previsto dal D. Lgs. 155/2010, combinando i diversi strumenti messi a disposizione dalla norma secondo le specifiche previste.

Il 18 maggio 2012, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 217, è stato approvato il progetto di "Zonizzazione e Classificazione del Territorio Regionale (aggiornato con D.G.R. n. 536 del 2017) ai sensi degli artt. 3, 4 e 8 del d.lgs. 155/2010", ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente in attuazione dell'art. 3 commi 1 e 2, art. 4 e dei commi 2 e 5 dell'art. 8, del D. Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. Come richiesto dalle Linee Guida del Ministero dell'Ambiente, la procedura di zonizzazione del territorio laziale è stata condotta sulla base delle caratteristiche fisiche del territorio, uso del suolo, carico emissivo e densità di popolazione. Il territorio regionale risulta così suddiviso, per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono, nelle 4 Zone rappresentate in Figura 3.3.1. Relativamente all'ozono, le Zone "Appenninica" e "Valle del Sacco" sono state accorpate nell'unica Zona "Appenninica-Valle del Sacco".

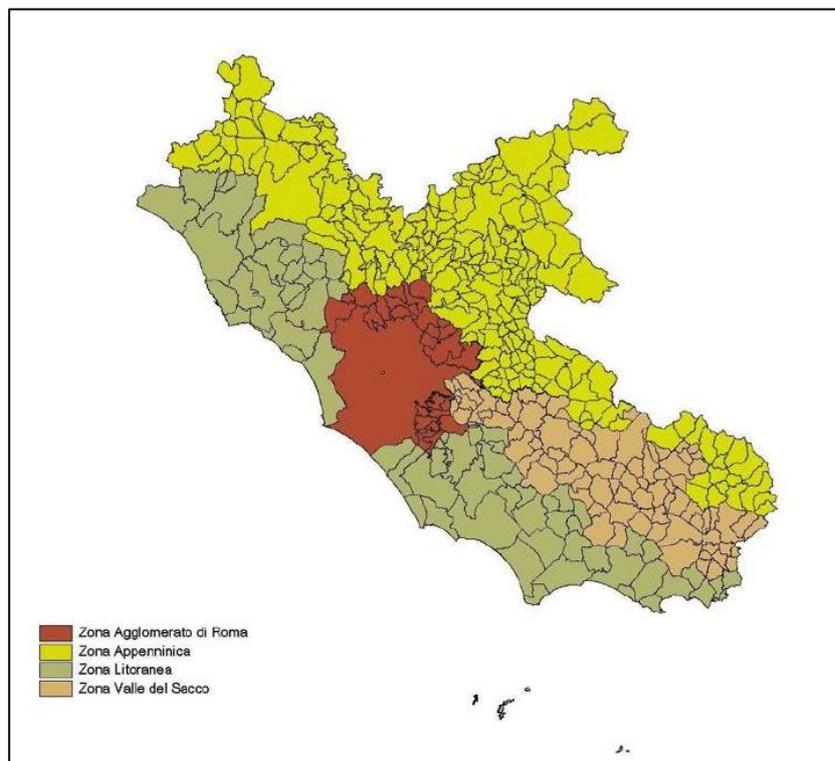


Figura 3.3.1 – Zone del territorio regionale, per tutti gli inquinanti ad esclusione dell'ozono.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria regionale nel 2018 è costituita da 55 stazioni di monitoraggio, di cui 46 incluse nel Programma di Valutazione della qualità dell'aria regionale approvato con D.G.R. n. 478 del 2016. Le stazioni di misura sono dislocate nell'intero territorio regionale come di seguito indicato:

- 5 stazioni in zona Appenninica,
- 10 stazioni in zona Valle del Sacco,
- 16 stazioni nell'Agglomerato di Roma (di cui 1 non inclusa nel Programma di valutazione regionale);
- 24 stazioni in zona Litoranea (di cui 8 non incluse nel Programma di valutazione regionale).

In accordo con la Regione Lazio e a partire dal 02 maggio 2016, ARPA Lazio ha acquisito, in comodato d'uso dal Comune di Civitavecchia, la gestione e la manutenzione di 11 stazioni di monitoraggio "ex-Enel" dislocate nel comprensorio di Civitavecchia. Da tale data, l'Agenzia è responsabile del corretto funzionamento delle stazioni di monitoraggio a partire dalla manutenzione fino alla comunicazione dei risultati. Delle centraline ex-Enel, non sono attualmente attive le stazioni di Tarquinia e Santa Marinella.

La dislocazione delle stazioni di misura sul territorio regionale è riportata in Figura 3.3.2.

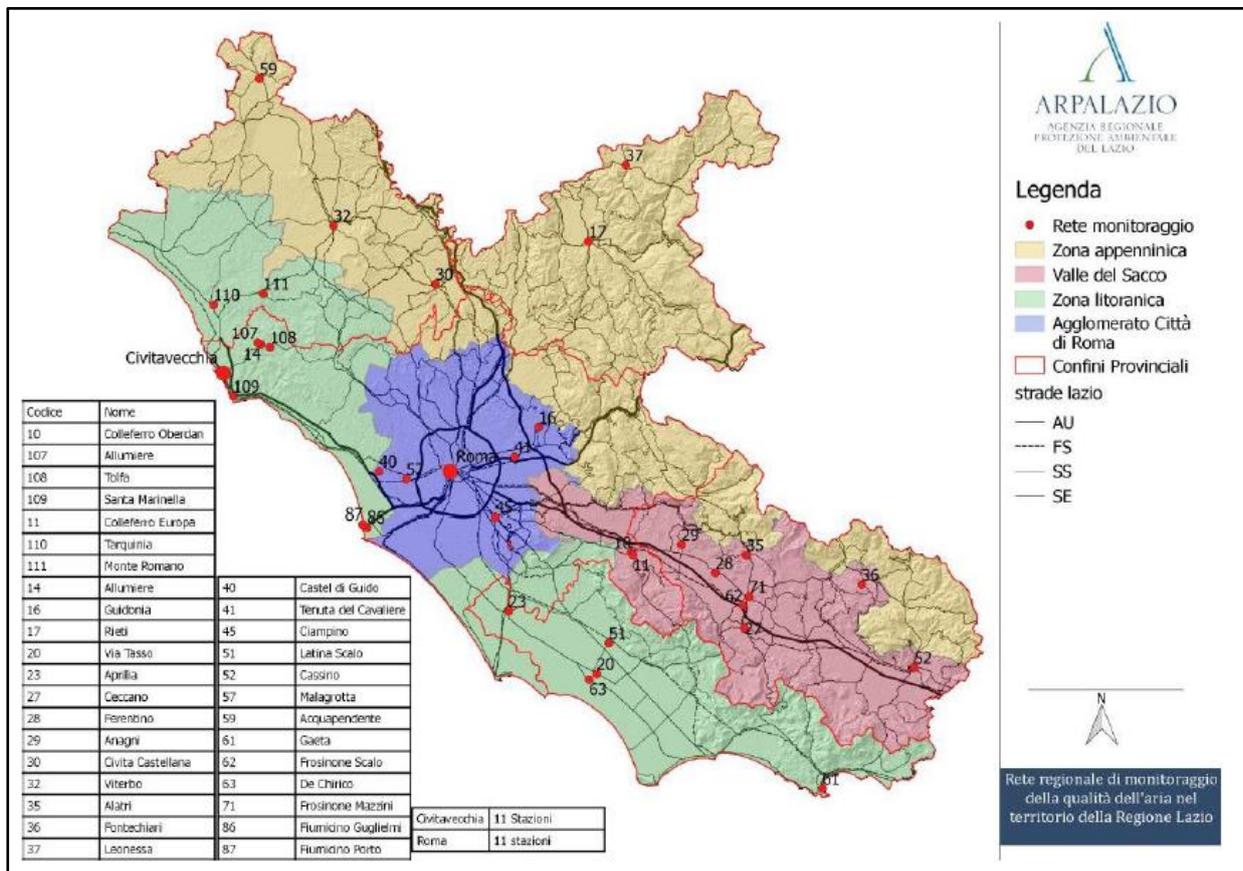


Figura 3.3.2 – Localizzazione delle stazioni della rete di misura regionale del Lazio nel 2018.

In Tabella 3.3.1 viene riportato un quadro sintetico, per ogni Zona, che riassume la verifica del rispetto dei valori limite per il 2018 del monitoraggio della rete fissa secondo il D. Lgs. 155/2010. In rosso è evidenziato il superamento, in verde è evidenziato il rispetto dei limiti. Per gli inquinanti con più di un valore limite, è stato considerato il peggiore per ogni Zona. L'Agglomerato di Roma e la Valle del Sacco sono le aree più critiche con superamenti dei valori limite di NO₂ e O₃ per entrambi e di PM₁₀ e benzo(a)pirene nella sola Valle del Sacco. Relativamente all'ozono il superamento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione riguarda tutte le Zone del territorio regionale, mentre quello per la protezione della salute umana è limitato alle zone della Valle del Sacco e Litoranea.

Tabella 3.3.1 – Quadro riassuntivo dei superamenti riscontrati dal monitoraggio da rete fissa nel Lazio per il 2018.

Zona	SO ₂	NO ₂	PM10	PM2.5	CO	O ₃	Ben-zene	B(a)P	Metalli
Agglomerato di Roma	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde
Appenninica	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde
Litoranea	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde
Valle del Sacco	Verde	Rosso	Rosso	Verde	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Verde

Nella Figura 3.3.3 sono riportati i dettagli cartografici delle stazioni localizzate nel Comune di Civitavecchia. Tra queste, nella Tabella 3.3.2 viene riportato il dettaglio anagrafico delle stazioni, non inserite nel progetto di rete, localizzate in prossimità della Centrale di Torvaldaliga Nord (Figura 3.3.4) e considerate rappresentative dello stato della qualità dell'aria nell'area di interesse:

- Aurelia, circa 3.0 km in direzione ENE dalla Centrale;
- Fiumaretta, circa 3.5 km in direzione SE dalla Centrale;
- S. Agostino, circa 3.9 km in direzione NNO dalla Centrale.

Nella seguente Tabella 3.3.3 vengono riportati gli standard di legge, ai fini della verifica del rispetto dei limiti previsti dal D. Lgs. 155/2010, per tutti gli inquinanti rilevati in continuo per il 2018 dalle tre stazioni sopra individuate. Dall'analisi della tabella si rileva che tutti i parametri monitorati per i diversi inquinanti (polveri, ossidi di azoto, biossido di zolfo, benzene, monossido di carbonio e ozono) risultano per il 2018 entro i limiti di legge.

In particolare, la concentrazione media annua di PM₁₀ è variata nell'area da un minimo di 13 µg/m³ nella stazione di Aurelia, ad un massimo di 19 µg/m³ in quella di Fiumaretta, a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³. È stato registrato, dalla stazione Fiumaretta, un solo valore superiore alla soglia giornaliera di 50 µg/m³ a fronte dei 35 superamenti permessi dalla normativa.

La concentrazione media annua di NO₂ è variata nell'area da un minimo di 3 µg/m³ nella stazione di S. Agostino, ad un massimo di 18 µg/m³ in quella di Fiumaretta, a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³. Non sono stati registrati superamenti della soglia oraria di 200 µg/m³.

Anche per il biossido di zolfo (SO₂) non sono stati registrati superamenti né della soglia oraria di 350 µg/m³ né della soglia giornaliera di 125 µg/m³.

Per il benzene il valore medio annuo di 0.3 µg/m³ nella stazione di Fiumaretta, risulta ampiamente al di sotto del limite normativo di 5 µg/m³.

Il monossido di carbonio monitorato nella stazione di Fiumaretta ha fatto registrare per tutto il 2018 valori sempre inferiori al limite per la protezione della salute umana alla concentrazione massima media mobile su 8 ore di 10 mg/m³.

Infine, anche per l'ozono, non si rilevano, nella stazione di S. Agostino superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ e tantomeno di quella di allarme di 240 µg/m³. Non è stato invece possibile calcolare il valore relativo all'obiettivo a lungo termine per l'O₃ (massimo della media mobile su 8 ore inferiore ai 120 µg/m³), per il 2018, il cui numero di superamenti era stato nel 2017 di 5 numero comunque largamente inferiore ai 25 consentiti dalla normativa per anno civile

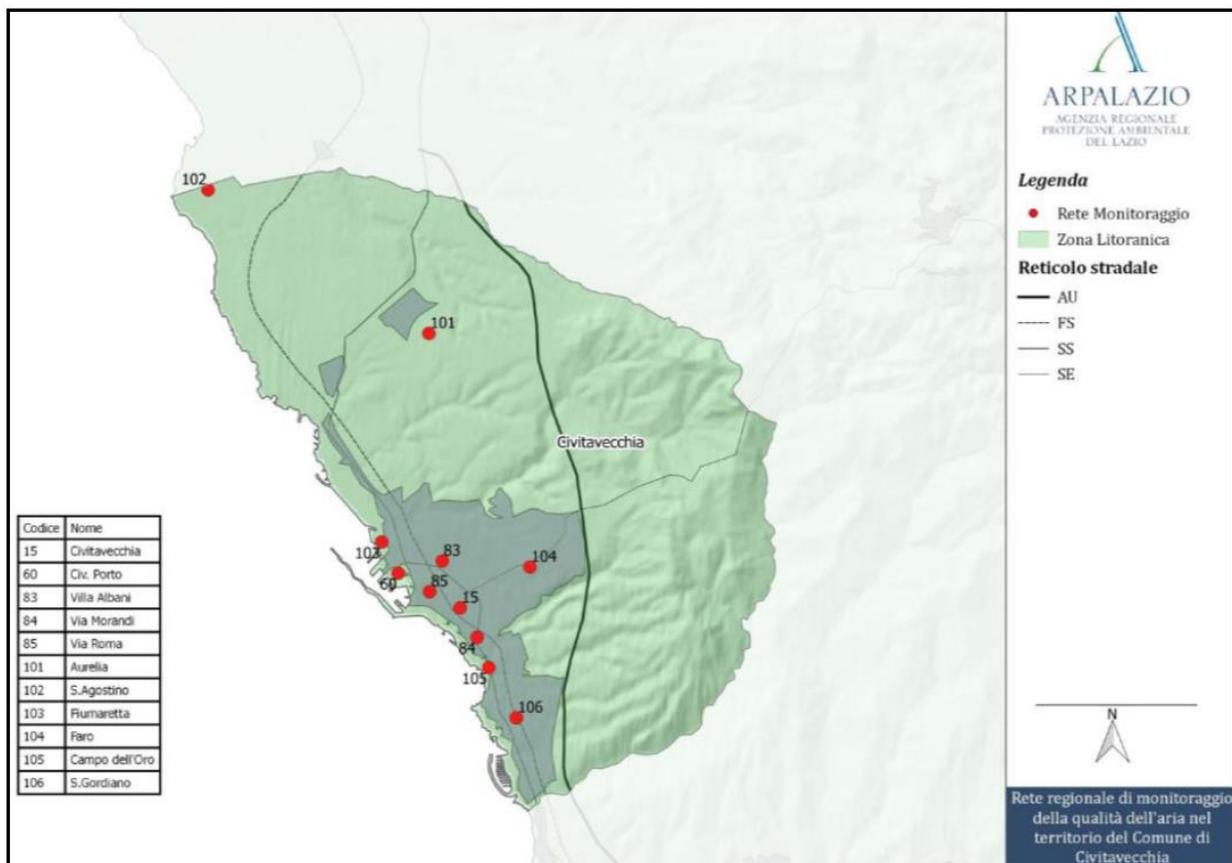


Figura 3.3.3 – Localizzazione delle stazioni della rete di misura nel Comune di Civitavecchia.

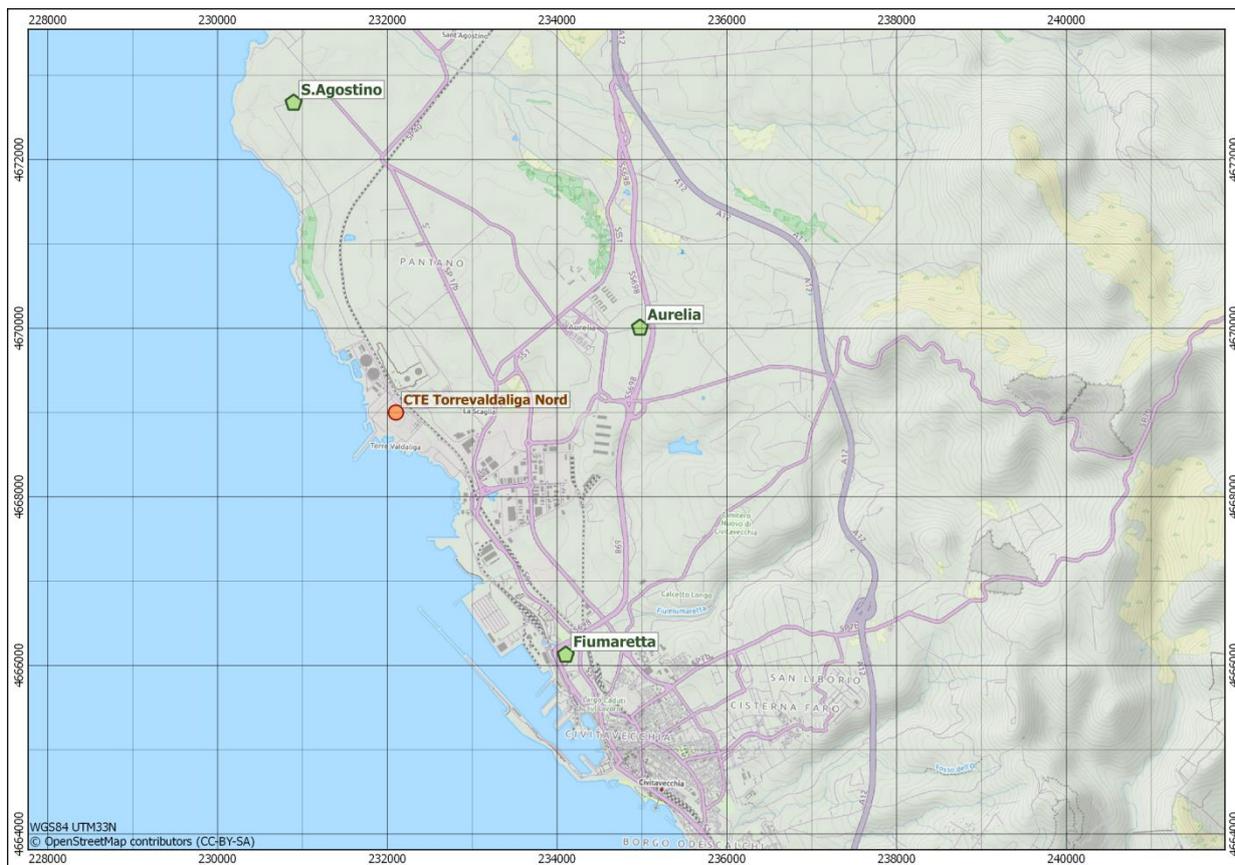


Figura 3.3.4 – Localizzazione delle stazioni più prossime alla Centrale di Torrevaldaliga Nord

Tabella 3.3.2 – Stazioni localizzate in prossimità della Centrale di Torrevaldaliga Nord.

Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	BTX	O ₃	SO ₂
Civitavecchia	Aurelia	42.14	11.79	X	X	X			
Civitavecchia	Fiumaretta	42.10	11.78	X		X	X (*)		X
Civitavecchia	S. Agostino	42.16	11.74	X		X		X	

(*) da Novembre 2017

Tabella 3.3.3 – Standard di legge del 2018 per le stazioni selezionate localizzate in prossimità della Centrale di Torrevaldaliga Nord

NOME	PM ₁₀		PM _{2.5}	NO ₂		SO ₂		C ₆ H ₆	CO	O ₃			
	Media annua	Superamenti valore soglia giornaliera 50 µg/m ³	Media annua	Media annua	Superamenti di 200 µg/m ³	Superamenti valore soglia giornaliera di 125 µg/m ³	Superamenti valore soglia oraria di 350 µg/m ³	Media annua	Superamenti max media mob. su 8 ore	(*) AOT 40	(**) Superamenti max media mob. su 8 ore	Superamenti orari di 180 µg/m ³	Superamenti orari di 240 µg/m ³
unità:	µg/m ³	#	µg/m ³	µg/m ³	#	#	#	µg/m ³	#	µg/m ³ .h	#	#	#
Aurelia	13	0	-	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Fiumaretta	19	1	10 ^(*)	18	0	0	0	0.3	0 ^(*)	-	-	-	-
S. Agostino	15	0	-	3	0	-	-	-	-	-	-	0	0
(*) calcolato come media su 5 anni													
(**) calcolato come media su 3 anni													
^(^) non inserita nel progetto di rete													

Il Centro Regionale della Qualità dell’Aria (CRQA) di ARPA Lazio mantiene operativo un sistema modellistico per determinare la distribuzione spaziale e temporale delle concentrazioni degli inquinanti previsti dal D. Lgs. 155/2010. Tra gli obiettivi del sistema vi è la valutazione della qualità dell’aria, ovvero la verifica del rispetto dei limiti di legge attraverso la ricostruzione degli andamenti dei parametri fissati dalla normativa per i principali inquinanti.

Il modello di dispersione fornisce, tra l’altro, il campo di concentrazione dei diversi inquinanti per tutto il territorio regionale con una risoluzione orizzontale pari a 4x4 km². Tale dato è utilizzato per ottenere una caratterizzazione a livello comunale dello stato della qualità dell’aria.

Nella Tabella 3.3.4 e nella Figura 3.3.5 e Figura 3.3.6 è riportata la caratterizzazione relativa al Comune di Civitavecchia, estratta dai rapporti di “*Valutazione della qualità dell’aria della regione Lazio*”, per il periodo 2014-2018, in termini di valore massimo registrato tra le celle che si trovano all’interno del Comune.

L’analisi conferma il superamento dell’obiettivo a lungo termine per l’O₃ (massimo della media mobile su 8 ore inferiore ai 120 µg/m³), condizione condivisa con la maggior parte dei comuni ricadenti nella Zona Litoranea, che, pur rimanendo per Civitavecchia, ancora al di sotto del limite di 25 superi, vede un trend in aumento nel quinquennio considerato.

La concentrazione media annua di PM₁₀ sull’intero territorio del Comune di Civitavecchia è stimata raggiungere valori di 19-22 µg/m³, con un trend in diminuzione nel quinquennio. I

superamenti del valore giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati sono occasionali e sono sempre al di sotto del limite dei 35 superi.

Anche per il $\text{PM}_{2.5}$ viene stimato un trend in diminuzione nel quinquennio, con una concentrazione media annua che raggiunge valori di $10\text{-}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le concentrazioni medie annue di NO_2 stimate sull'intero territorio del Comune di Civitavecchia, mostrano un valore massimo di $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raggiunto nel 2015, a cui fa seguito un trend in diminuzione nei 3 anni successivi, con il valore minimo di $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stimato nel 2018.

Per il benzene (C_6H_6) non si rilevano criticità, con valori di concentrazione media annua circa un ordine di grandezza inferiori al relativo valore limite.

Infine, anche per CO e SO_2 le stime modellistiche a livello comunale non evidenziano alcun superamento dei limiti normativi.

**Tabella 3.3.4 – Caratterizzazione del Comune di Civitavecchia
(codice Istat 12058032, area di 72.3 km^2).**

Anno	PM ₁₀		PM _{2.5}	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	O ₃ *
	Media annua	Super. giornalieri ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annua	Media annua	Super. Orari ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annua	Super. di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ della media mobile massima su 8 ore	Super. giornalieri ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Super. di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della media mobile massima su 8 ore
unità	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	#	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	#	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	#	#	#
2014	22	7	12	27	0	0.5	0	0	5
2015	21	0	11	32	0	0.42	0	0	9
2016	21	1	10	27	0	0.39	0	0	17
2017	19	1	10	23	0	0.4	0	0	18
2018	19	2	10	21	0	0.4	0	0	24

• Calcolato come media su 3 anni

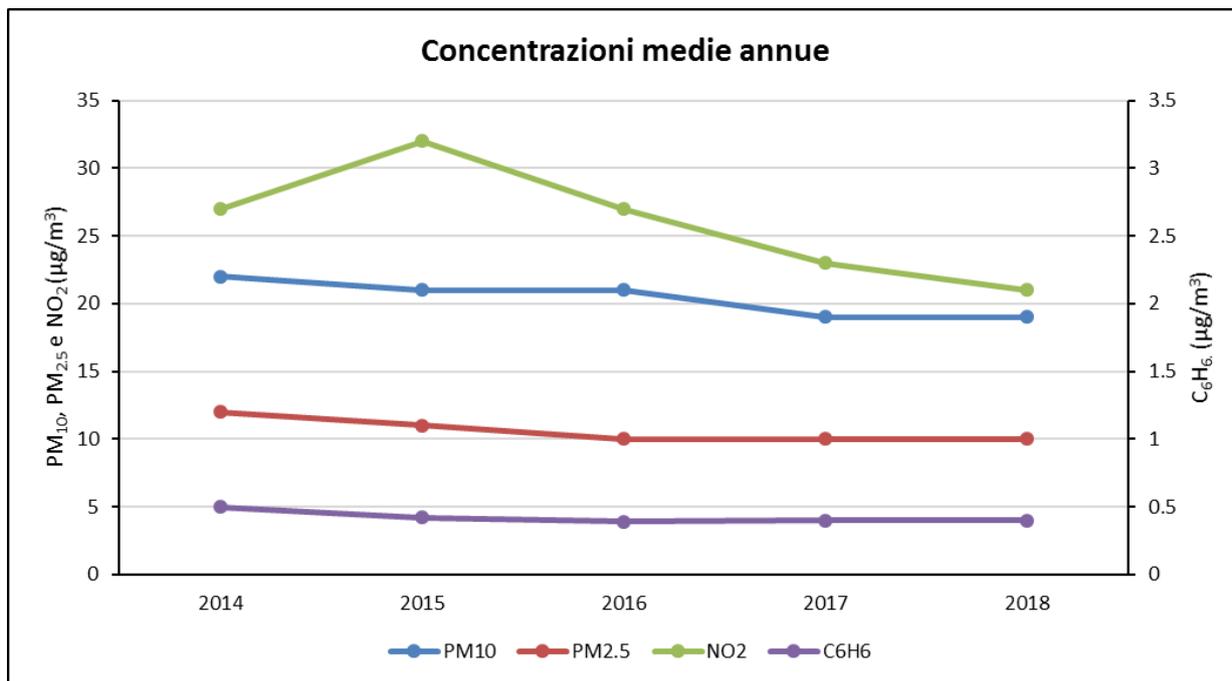


Figura 3.3.5 – Andamento temporale delle concentrazioni medie annue di PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ e C₆H₆ nel Comune di Civitavecchia (codice Istat 12058032, area di 72.3 km²)..

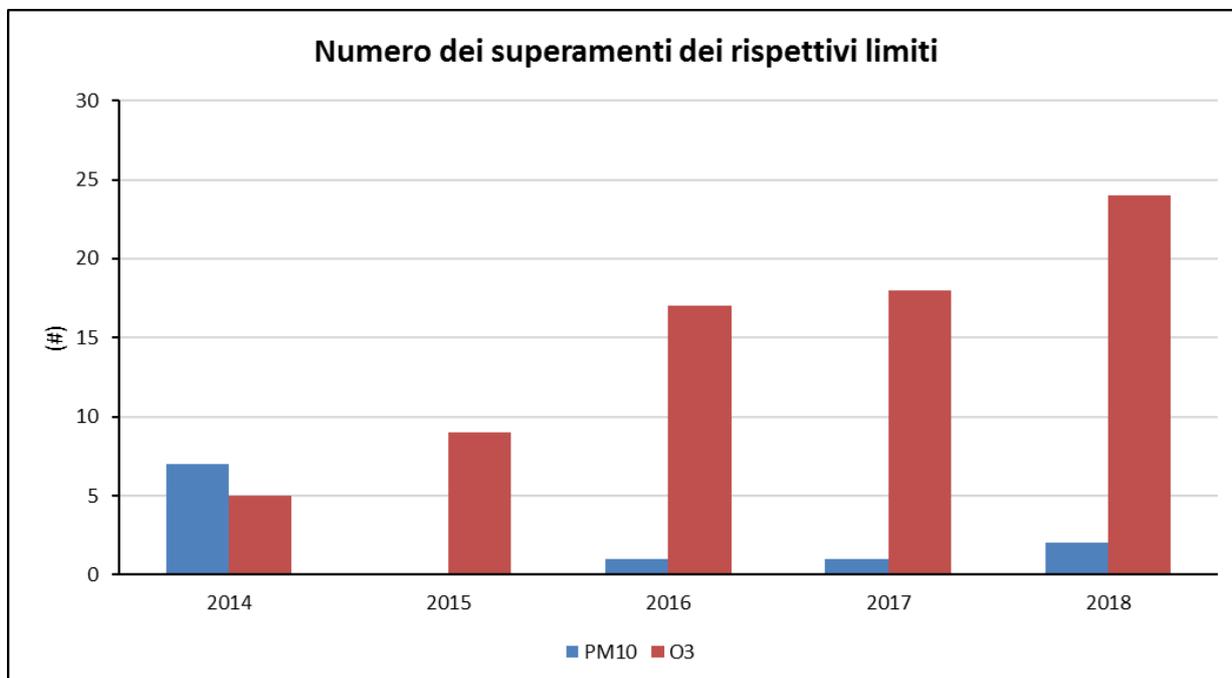


Figura 3.3.6 – Numero dei superamenti dei limiti giornalieri di PM₁₀, e O₃ nel Comune di Civitavecchia (codice Istat 12058032, area di 72.3 km²)..

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:

- Autorizzato: esistente gruppi esistenti TN2, TN3 e TN4 alimentati a carbone;
- Progetto Proposto fase 1: nuovo gruppo TVN1A alimentato a gas naturale in ciclo aperto su camino di *by-pass* (OCGT) con la contestuale messa fuori servizio delle unità TN2, TN3 e TN4;
- Progetto Proposto fase 2: nuovi gruppi TVN1A e TVN1B alimentati a gas naturale in ciclo aperto su camino di *by-pass* (OCGT) e il fuori servizio delle unità TN2, TN3 e TN4;
- Progetto Proposto fase 3: nuovi gruppi TVN1A e TVN1B alimentati a gas naturale in ciclo combinato (CCGT) e il fuori servizio delle unità TN2, TN3 e TN4.

Durante la fase di demolizione e di realizzazione le attività generatrici di emissioni in atmosfera saranno 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 posto 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 rinterrati, esse saranno gestite come rifiuto, pertanto poste in apposite aree dedicate e in seguito caratterizzate ai fini dell'attribuzione del codice CER; successivamente tramite mezzi idonei al loro trasporto secondo quanto previsto dalla normativa vigente, trasportate e conferite in discariche od impianti di trattamento autorizzati.

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 (elevazioni e fondazioni);
- 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;
- eventuale trattamento di vibroflottazione o vibrocompattazione dei terreni;
- fondazioni profonde e superficiali di macchinari principali e secondari;
- fondazioni profonde e superficiali di edifici principali e secondari;
- 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.);
- adeguamento della vasca di prima pioggia esistente, a cui confluiscono le acque interessate dalla costruzione del nuovo CCGT;
- 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 nuovo 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 (portineria, centro medico, servizi igienici, spogliatoi);
- 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 TG1A;
- 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 preliminare 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 macchine per TV e smontaggio TV esistente Gr.1 e demolizione condensatore;
- demolizione parziale del cavalletto turbina per futuro alloggiamento nuova TV;
- rimozione 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 CCGT da circa 1.680 MW_e è stimabile in circa 25.000 m², da utilizzare per gli uffici Enel & Contractor di costruzione / commissioning (7.000 m² previsti) e per lo stoccaggio dei materiali (18.000 m² previsti).

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.

All'interno dell'impianto di Torrevaldaliga Nord le aree sono molto congestionate e l'identificazione di aree idonee per la costruzione, sia per posizione logistica che per estensione, si rende particolarmente complessa. Considerando le tempistiche di cantiere, si devono pertanto distinguere tre momenti principali nei quali considerare come si svilupperà la cantierizzazione in conseguenza dell'avanzamento delle fasi realizzative:

- Fase-1: realizzazione della prima unità OCGT;
- Fase-2: realizzazione della seconda unità OCGT;

- Fase-3: chiusura in ciclo combinato CCGT di entrambe le unità.

4.1.1.1.1 Fase-1 e Fase-2

Durante tali fasi, non appena saranno stati demoliti l'edificio portineria e spogliatoi e l'edificio mensa e ricostruiti i nuovi uffici, si potrà procedere con la demolizione degli uffici attuali di Centrale, del magazzino e delle tettoie parcheggi. Si presenterà una configurazione delle aree come riportata nella seguente Figura 2.1.1, che mostra un'area per prefabbricazione e stoccaggi temporanea e una (frontale ai camini di *by-pass*) necessaria ai montaggi. L'area azzurra, avente un'estensione di circa 13.000 m², si potrà utilizzare per gran parte della costruzione delle prime due unità.

Le altre aree necessarie per lo stoccaggio dei materiali si dovranno invece ricercare nell'area posta a Nord della linea ferroviaria, attualmente occupata dal parco combustibili dismesso. Qui, procedendo con la demolizione delle attrezzature presenti fino a quota 0.00, ovvero senza prevedere scavi di terreno, e rimuovendo i serbatoi ex-gasolio, l'edificio elettrico e la stazione travaso terminale oleodotti, si potrà ricavare un'area di circa 30.000 m².

Per tutte le fasi 1-2, l'uso di tale area sarà sufficiente per soddisfare le esigenze del cantiere. All'interno di tale area si realizzeranno le aree logistiche di costruzione (deposito materiali, officine, aree imprese, etc.).



Figura 4.1.1 – Aree di cantiere

4.1.1.1.2 Fase-3

Durante la fase 3, la logistica delle aree rappresenterà un aspetto critico perché gran parte dell'area interna, utilizzata durante le prime fasi, sarà completamente impegnata dai macchinari necessari per la costruzione del CCGT, come autogru, gru a torre, sollevatori telescopici, etc. Per tale motivo, si segnala che le nuove infrastrutture per magazzino e officine (pos. 9 e 10 della planimetria PBITC00931) verranno realizzate solo alla fine della fase 3.

Nel caso servissero ulteriori aree, esse saranno ricercate all'interno per perimetro di Centrale.

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 55'000 m³.

Le attività relative alle opere civili richiederanno scavi e trasporti a discarica per un quantitativo stimato di 14'000 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.

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, autogrù, 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 PM_{75} , 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 PM_{10} 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 PM_{10} 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 PM_{10} 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 una superficie di circa 43'000 m² (cfr. paragrafo 4.1.1.1). Il progetto prevede lo scavo di circa 55'000 m³ di terre, di cui un quantitativo stimato di circa 14'000 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, 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 PM_{10} dall'intera area di cantiere di 2.5 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 TVN1A a ciclo aperto su camino di *by-pass*) e la contestuale messa fuori servizio delle unità a carbone TN2, TN3 e TN4, nella fase 2 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi a ciclo aperto su camino di *by-pass*) e nella fase 3 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi in ciclo combinato).

4.2.1 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 di Torrevaldaliga Nord, nel suo assetto attuale e in quelli di progetto nella fase 1 (funzionamento del solo gruppo TVN1A a ciclo aperto su camino di *by-pass*) e la contestuale messa fuori servizio delle unità a

carbone TN2, TN3 e TN4, nella fase 2 (funzionamento di entrambi i nuovi gruppi a ciclo aperto su camino di *by-pass*) 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 di Torrevaldaliga Nord si trova sulla costa laziale, in Provincia di Roma, nel Comune di Civitavecchia, circa 2 km a NNW di Punta La Mattonara (Figura 4.2.1).

L'area della centrale è ubicata in una stretta fascia pianeggiante che si estende parallelamente al mare a circa 6 km Nord-Ovest dell'abitato di Civitavecchia ed è attraversata dalla Ferrovia Roma-Pisa, che divide il sito in due parti. Oltre il rilevato ferroviario è situata la sotto stazione elettrica, mentre l'impianto di produzione, fino ai trasformatori di macchina, occupa l'area lungo la costa tirrenica.

Complessivamente l'area occupata dall'impianto è di circa 700'000 m², su un'area di proprietà di circa 975'000 m².

A NNW il sito confina con un impianto di piscicoltura che utilizza le acque calde di scarico della centrale. Più all'interno transitano la S.S. n. 1 Aurelia ed il tratto settentrionale dell'Autostrada Roma-Civitavecchia.

L'impianto è posizionato su un terreno pianeggiante che si raccorda, verso l'entroterra, con i rilievi collinari della Tolfa, che raggiungono le quote massime in prossimità degli abitati di Allumiere e Tolfa (Monte Tolfaccia, 579 m s.l.m., circa 10 km ad Est di Civitavecchia).

Verso Nord-Ovest, la fascia costiera continua con andamento pianeggiante raggiungendo la Punta S. Agostino e la foce del Fiume Mignone.

A Sud invece si trovano, in successione, l'area industriale occupata dalla Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Sud, l'area portuale e l'abitato di Civitavecchia.

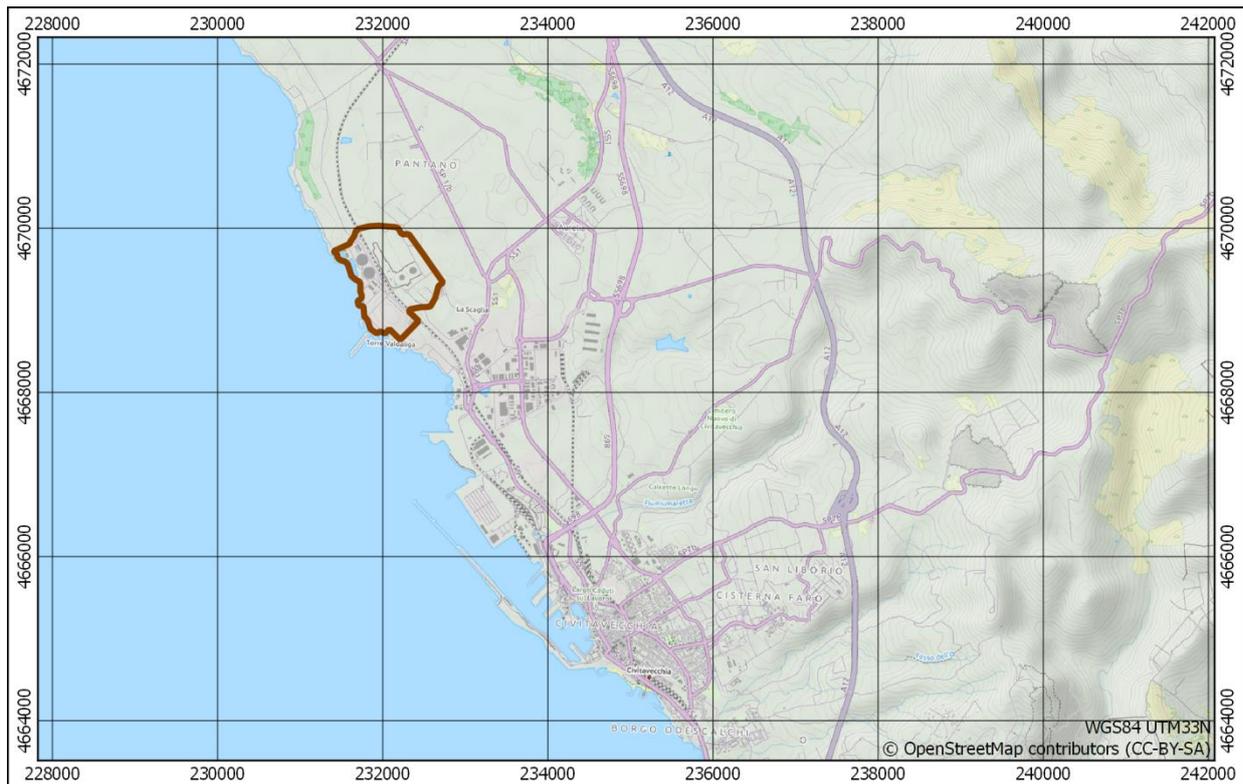


Figura 4.2.1 - Inquadramento territoriale della Centrale di Torrevaldaliga Nord.

4.2.1.4 Caratteristiche delle sorgenti di emissione

La Centrale di Torrevaldaliga Nord fu costituita negli anni '80 con quattro sezioni termoelettriche da 660 MWe ciascuna, alimentate ad olio combustibile denso. La potenza lorda complessiva era di 2'640 MWe e il rendimento di ciascuna unità circa il 44,7%. Le unità entrarono in servizio tra ottobre 1984 e giugno 1986.

Nel 2002 iniziò il progetto di trasformazione della Centrale, che prevedeva il cambiamento del combustibile utilizzato da olio denso a carbone per 3 unità.

Le vecchie unità ad olio combustibile sono state messe fuori servizio a partire dal 2005 e la prima sezione a carbone della centrale è stata avviata a giugno 2009. Dall'agosto 2010 è stato messo a regime l'intero complesso con 3 unità denominate F1, F2 ed F3. Il progetto di conversione a carbone ha previsto l'installazione di tre nuove caldaie supercritiche e l'adeguamento del ciclo termico con sostituzione delle turbine a vapore. Inoltre, ai fini

dell'abbattimento degli inquinanti atmosferici prodotti dalla combustione a carbone, sono stati inseriti nuovi sistemi di denitrificazione catalitica dei fumi (DeNOx), sistemi di depolverazione dei fumi mediante filtri a manica, sistemi di desolforazione dei fumi per ogni sezione (DeSOx).

La centrale è attualmente esercita a carbone con una potenza termica totale pari a 4.260 MW_t e una potenza elettrica lorda di 1.980 MW_e (660 MW per gruppo).

La ciminiera di altezza 250 m, è in posizione baricentrica rispetto ai gruppi, in cui alloggianno le canne fumarie delle tre unità.

L'assetto di progetto prevede la messa fuori servizio di tutte e tre le sezioni a carbone esistenti e la costruzione nell'area di impianto di un ciclo combinato in configurazione due su uno (2 turbine a gas e relative caldaie a recupero che si collegano ad una sola turbina a vapore), taglia di circa 1.680 MW_e¹.

La configurazione finale di impianto verrà raggiunta in tre fasi. Nella prima fase l'impianto opererà con una sola delle due turbine a gas previste dal progetto finale, che funzionerà in ciclo aperto, con una potenza di circa 560 MW_e. Nella seconda fase entrerà in funzione la seconda turbina, che opererà sempre in ciclo aperto, anch'essa con una potenza di circa 560 MW_e. Nella terza ed ultima fase entrambe le turbine opereranno in ciclo combinato con una potenza di 840 MW_e ciascuna. 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

¹ Nel caso di configurazione 2+1 la potenza nominale di 1680 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.

- Modello di dispersione:
 - Modelli parametrizzati gaussiani e non gaussiani
 - Modelli chimici di trasporto euleriano
 - Modelli lagrangiani
- Chimica:
 - 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:

- Modelli meteorologici:
 - 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.

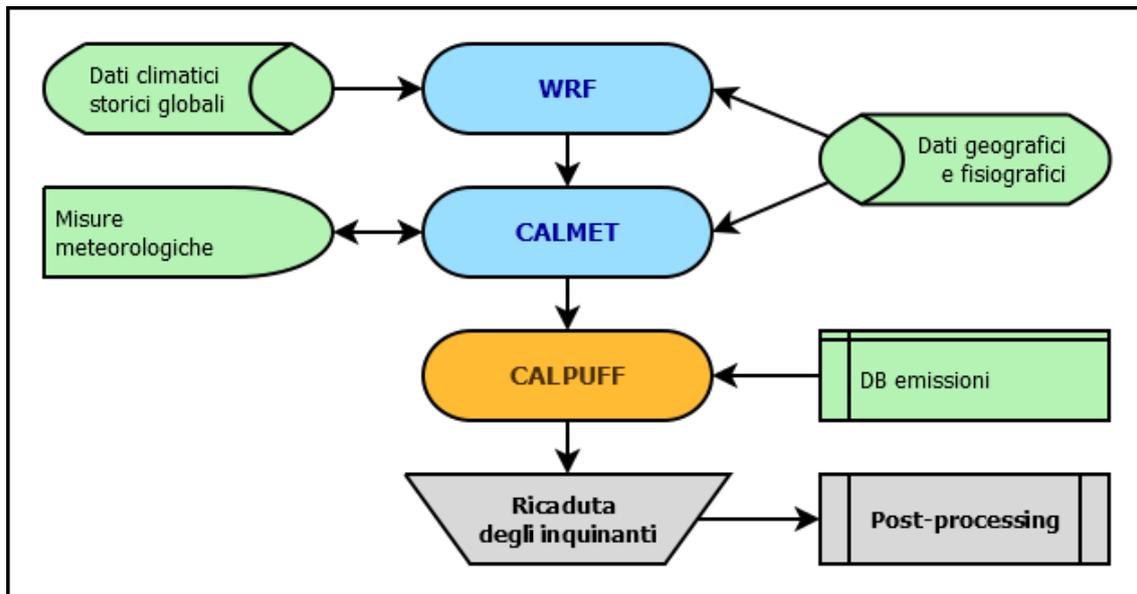


Figura 4.2.2 – Struttura del sistema modellistico.

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 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: 180'500 m E, 4'617'500 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: 225'500 m E, 4'653'500 m N
 - Numero di celle: 54 in direzione N-S, 54 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 46 x 46 punti a maglia di 500 m, ovvero 2'116 recettori (parzialmente sovrapposti ai precedenti) che coprono un'area di 23 x 23 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 4.2.2.2.

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

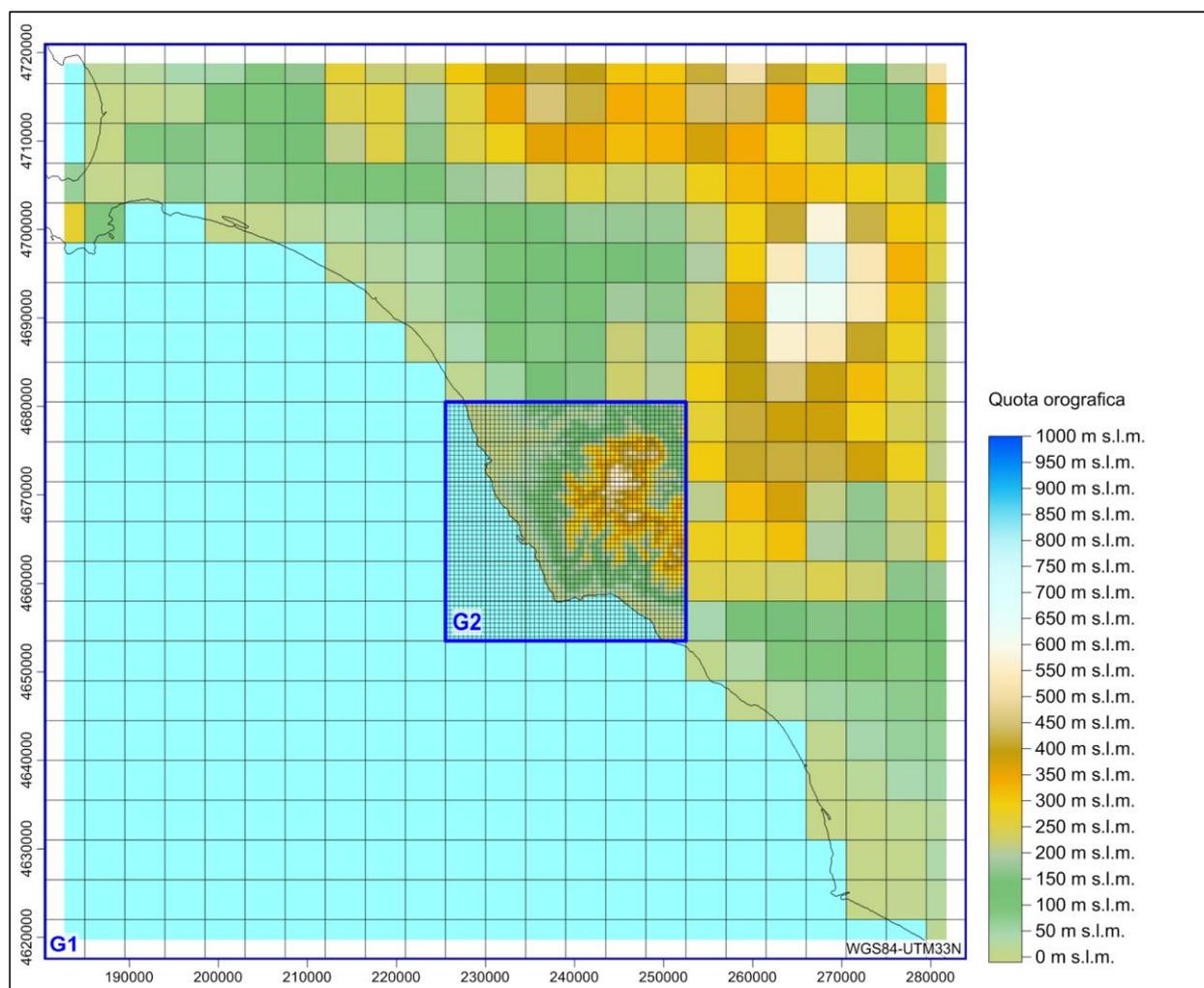


Figura 4.2.3 – Domini di calcolo (G1 e G2), griglie recettori (4.5 km e 500 m) e quota orografica alla risoluzione del modello meteorologico CALMET.

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).

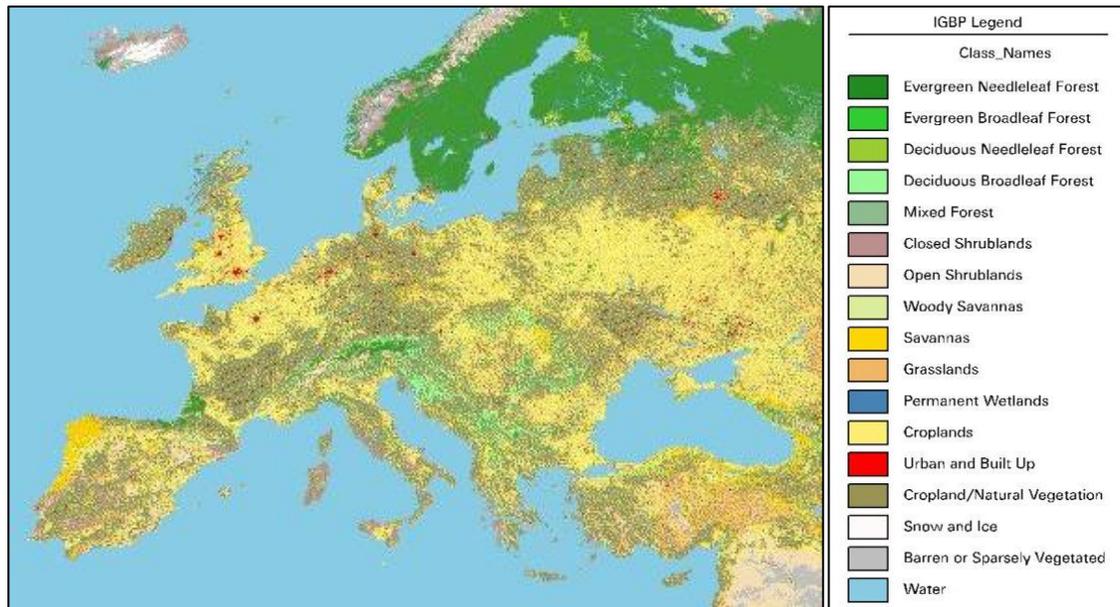


Figura 4.2.4 – Global Land Cover Characterization (GLCC).

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 riportata, 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

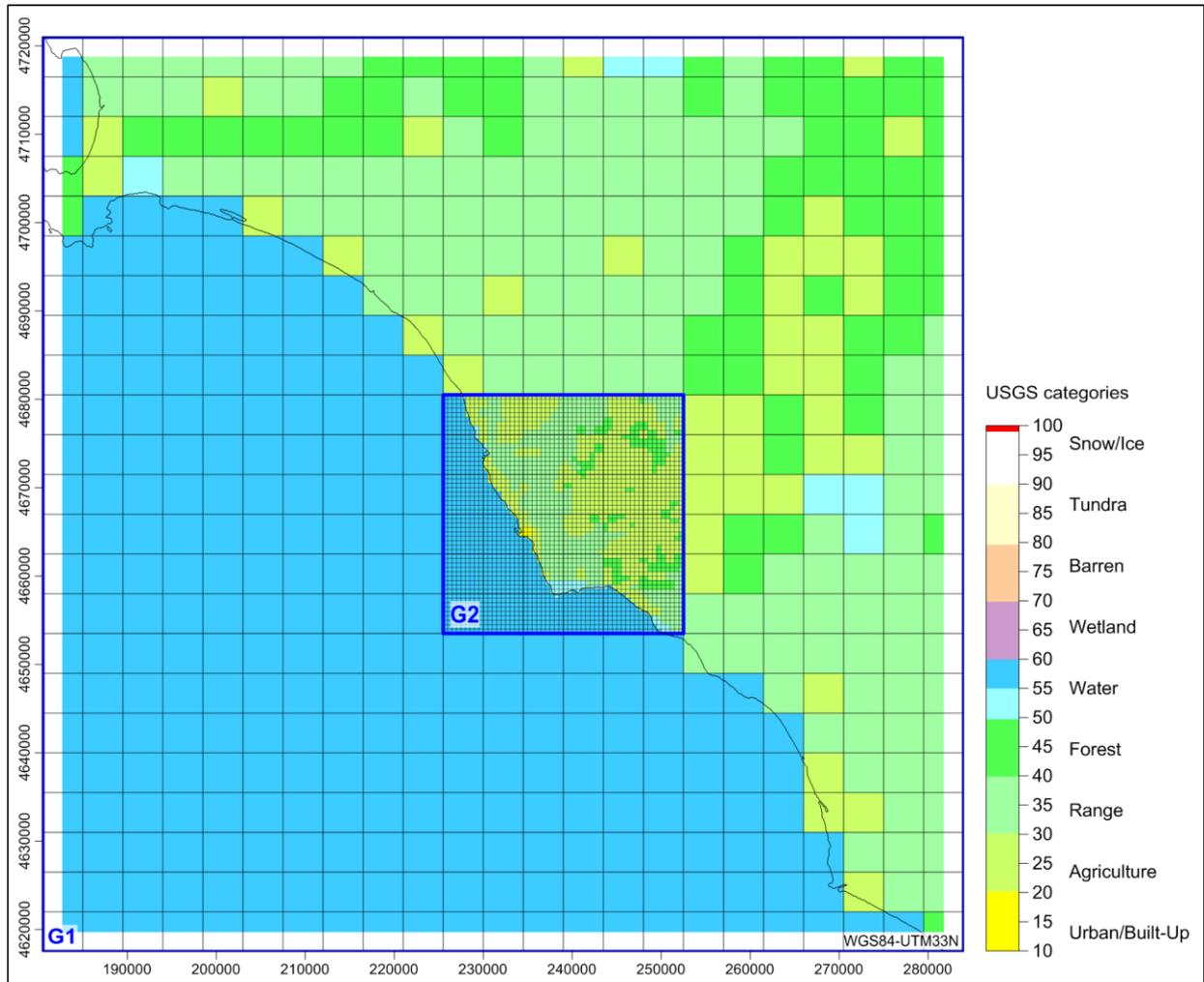


Figura 4.2.5 – Classe prevalente di uso del suolo alla risoluzione del modello CALMET (elaborazione da fonte: USGS Global).

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 Built-up Land or	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 di Torrevaldaliga Nord 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 di Torrevaldaliga Nord, che risulta essere la "IT0952A", localizzata a 50 km in direzione SE dalla Centrale (longitudine 12.266, latitudine 41.889, quota di 61 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.

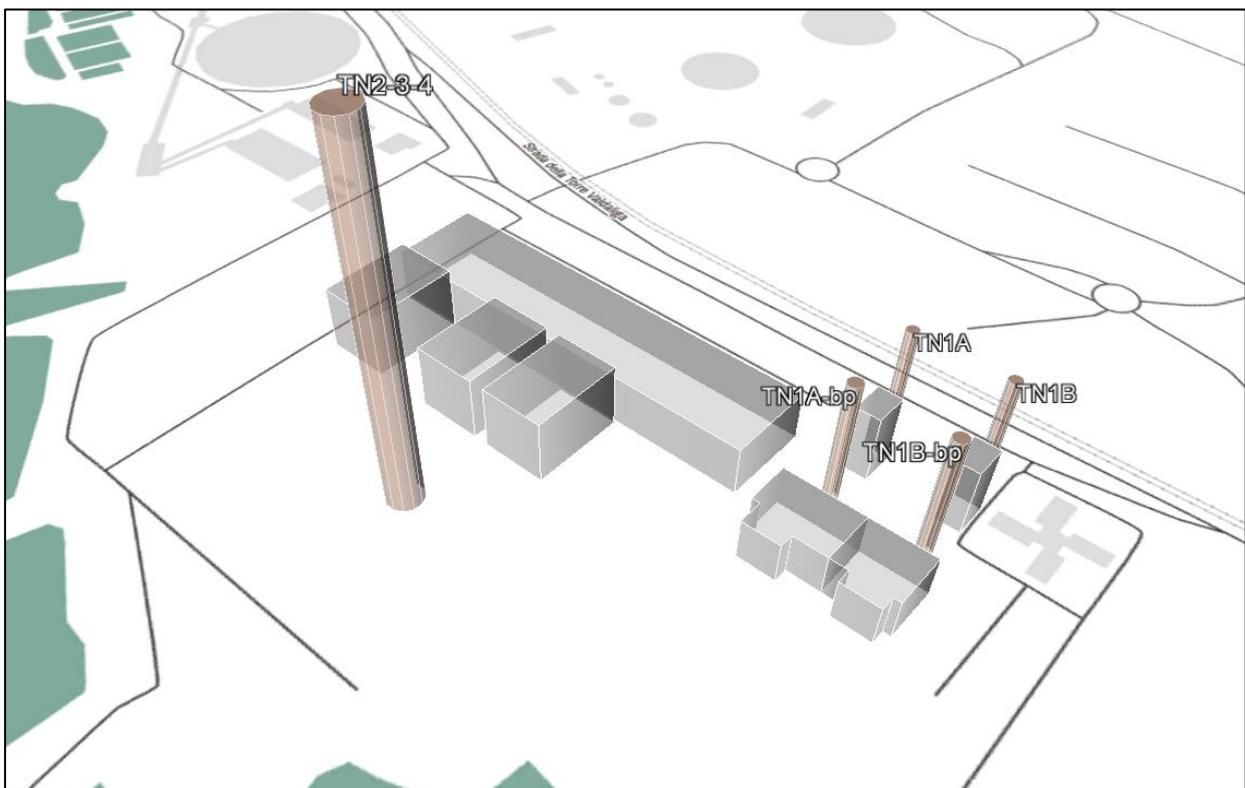


Figura 4.2.8 – Rappresentazione ai fini dell'effetto "building downwash" delle strutture di interesse in prossimità dei punti di emissione convogliata.

(© OpenStreetMap contributors)

4.2.3 Analisi meteorologica

4.2.3.1 Selezione delle stazioni meteorologiche 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 Roma Fiumicino dell’Aeronautica Militare (ENAV - Lazio, codice ICAO LIRF, coordinate geografiche di 41.811° N e 12.253° E, quota di 15 m s.l.m.), distante circa 85 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 Fiumicino 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 Fiumicino (LIRF).

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 Roma Fiumicino 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 più che soddisfacente, con entrambe le rose dei venti totali che mettono in evidenza i medesimi settori prevalenti di provenienza delle masse d'aria. In generale, in linea con quanto riscontrato a livello climatologico nel trentennio 1971-2000 (capitolo 2.1.2), le direzioni di provenienza prevalenti sono quelle da NE e da SE indotte dalla circolazione sinottica. A queste si sovrappone il regime locale di brezza dovuta alla presenza del mar Tirreno a W e ai rilievi dell'Appennino ad E, che si evidenziano nella maggior frequenza dei venti dal settore orientale nelle ore notturne e da quello occidentale nelle ore diurne.

L'intensità media del vento ricostruita per via modellistica risulta più alta di quella misurata, 5.6 m/s del modello a fronte di 3.7 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 0.6%. 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 molto soddisfacente.

Nella stagione calda prevale la direzione di provenienza da Ovest, conseguenza degli intensi moti convettivi generati dal surriscaldamento estivo del territorio costiero, mentre nella stagione fredda si evidenzia una maggiore frequenza dei venti indotti dalla circolazione sinottica. 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 Roma Fiumicino 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. Su base mensile si riscontra una moderata differenza tra i valori medi misurati e i corrispondenti ricostruiti per via modellistica: circa ± 2 °C, con una sottostima modellistica della stagione calda, una sovrastima di quella fredda ed una corretta ricostruzione delle stagioni di transizione. Su base annua le temperature misurate risultano molto ben rappresentate dal modello, con un discostamento di appena 0.24 °C.

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.

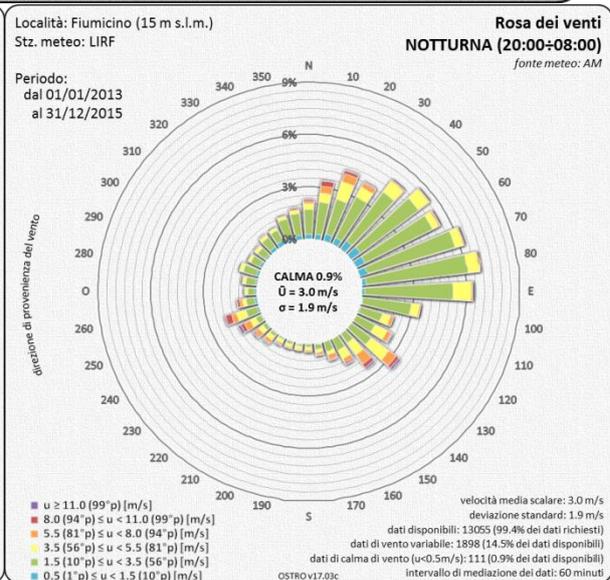
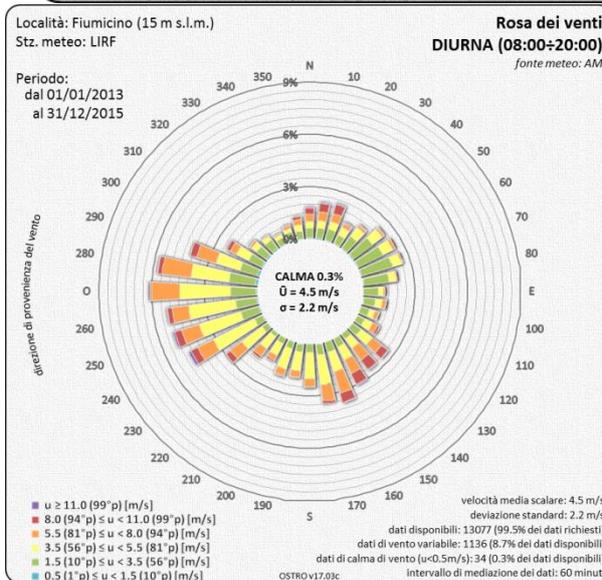
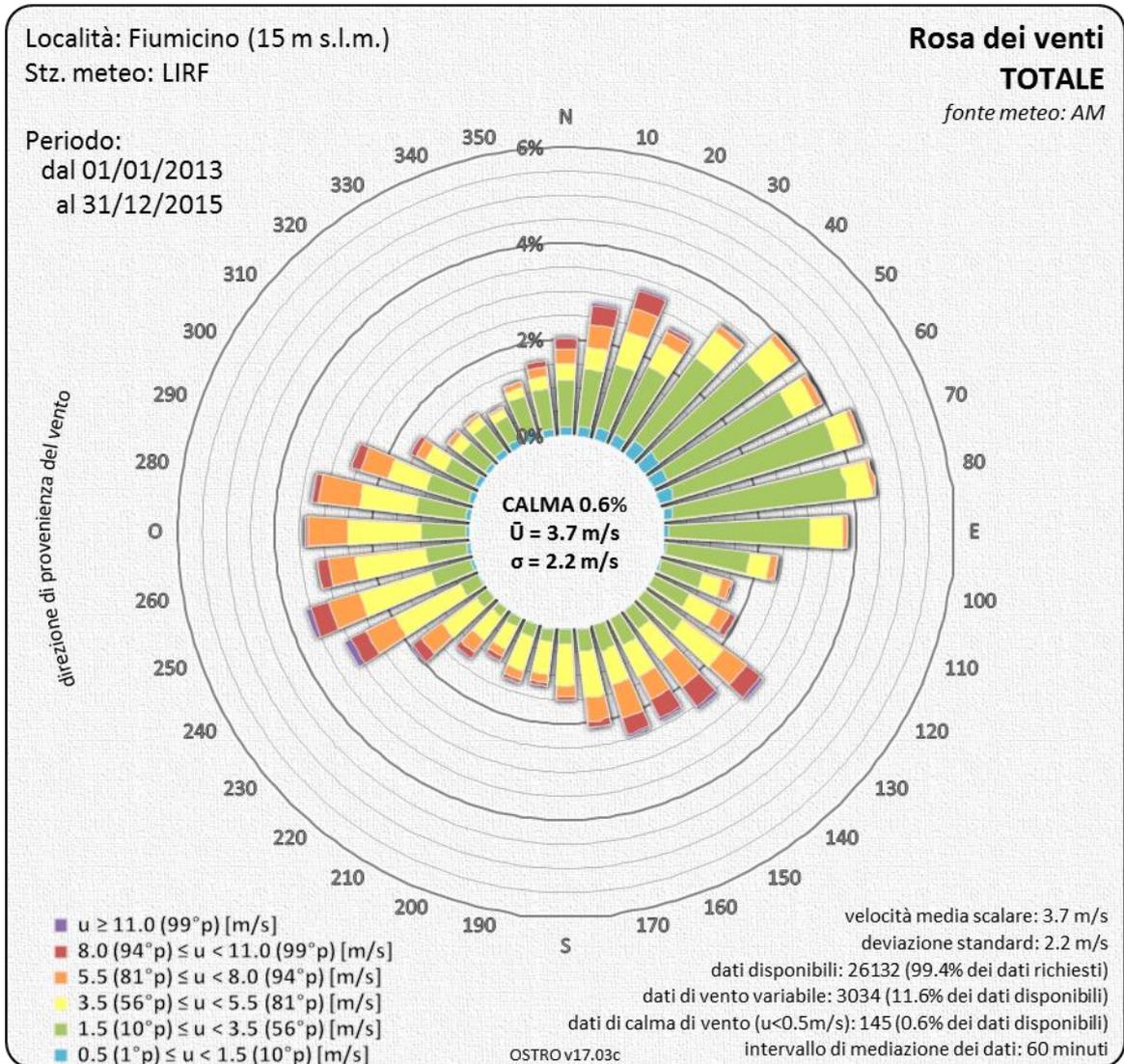


Figura 4.2.10 – Dati misurati dalla stazione Roma Fiumicino.
Rose dei venti totale, diurna e notturna. Periodo 2013-2015.

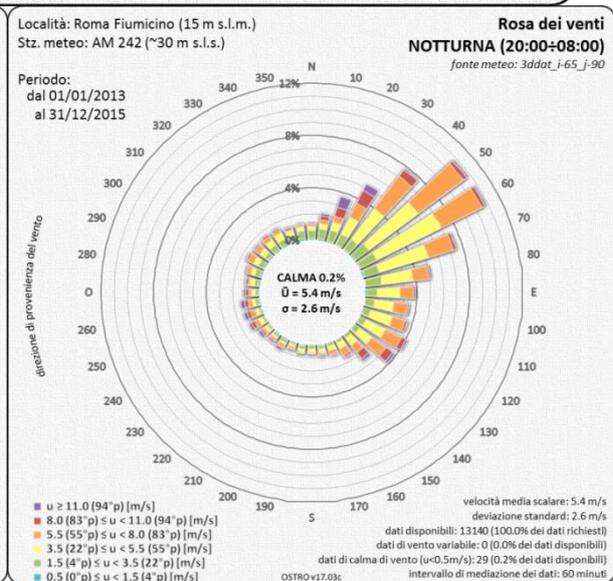
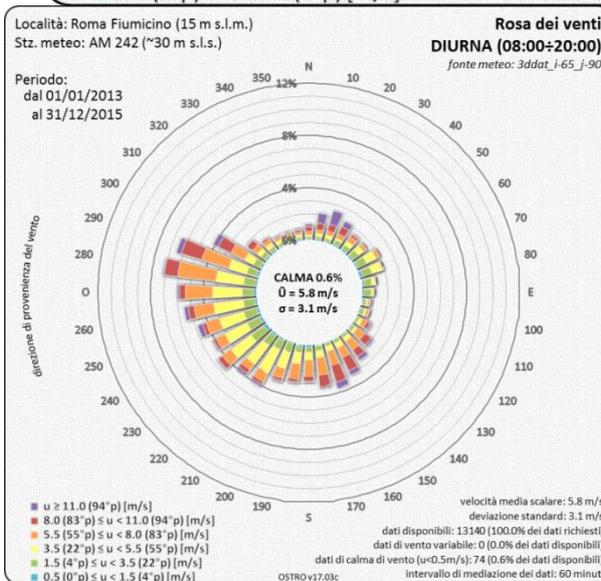
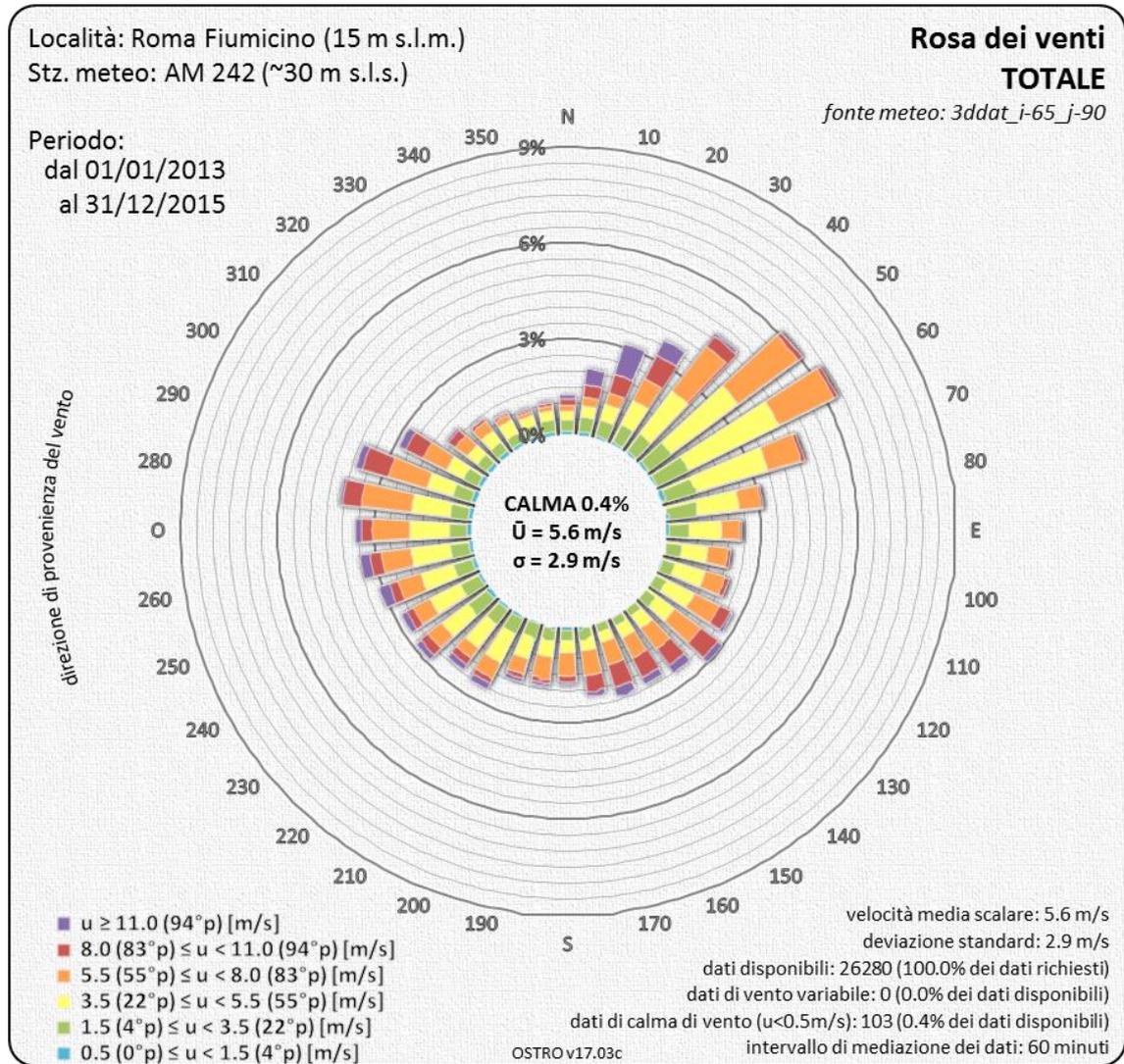


Figura 4.2.11 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Roma Fiumicino. Rose dei venti totale, diurna e notturna. Periodo 2013-2015.



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

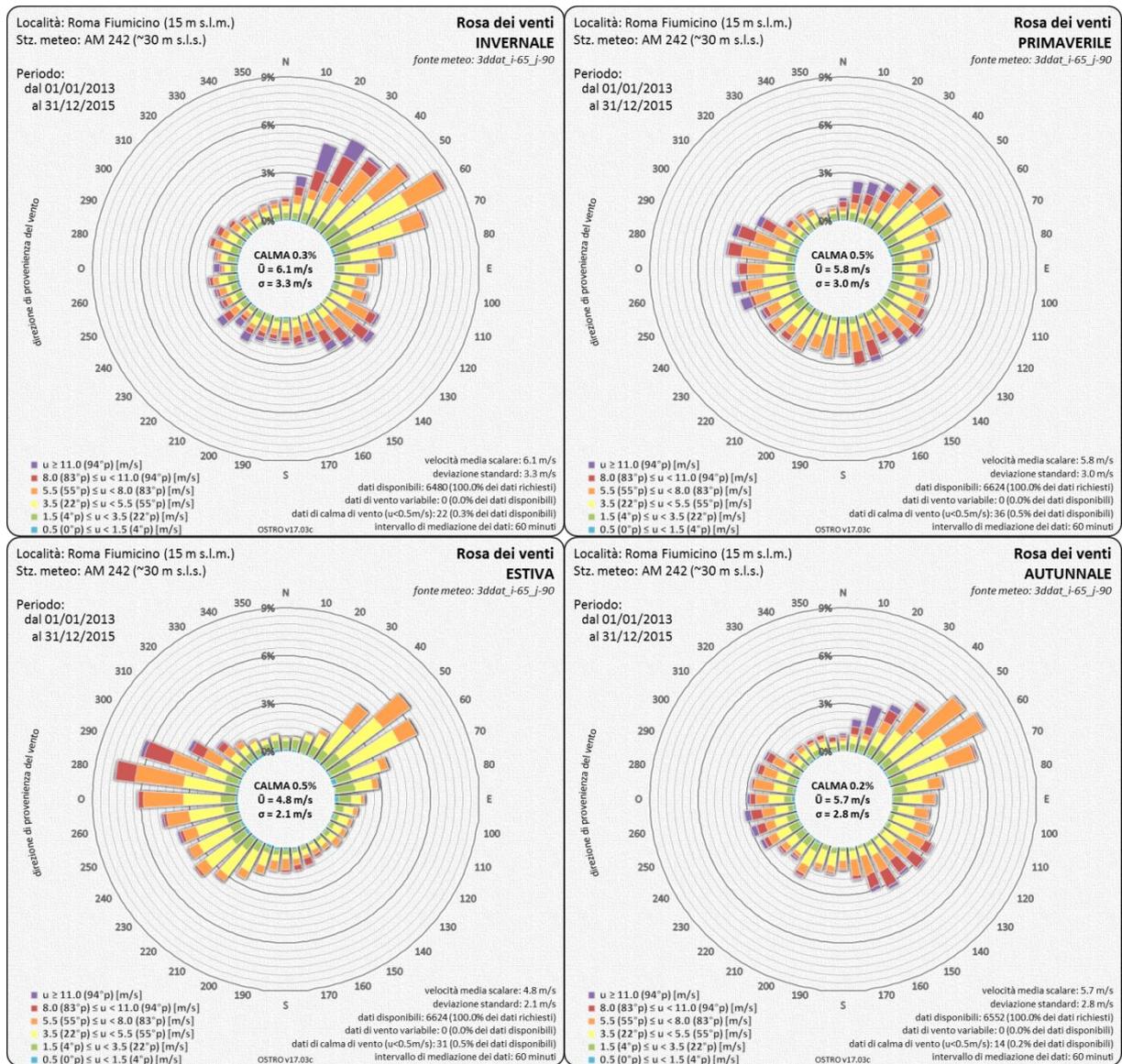


Figura 4.2.13 – Dati estratti dal modello WRF in corrispondenza della stazione Roma Fiumicino. Rose dei venti stagionali. Periodo 2013-2015.

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

Regime termico - Stazione Roma Fiumicino (misura) - dati 2013-2015													
Parametro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Disponibilità	99	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100
Massima	18.0	21.0	21.0	28.0	31.0	32.0	34.0	35.0	33.0	27.0	23.0	20.0	35.0
Media massima	13.3	13.5	15.5	19.0	22.2	26.3	29.2	29.4	25.9	22.7	18.2	14.7	20.9
Media	9.2	9.4	11.4	14.6	17.7	21.8	24.9	24.8	21.5	18.1	14.0	9.5	16.5
Media minima	5.1	5.1	7.0	9.6	12.6	16.4	19.6	19.4	16.7	13.6	10.3	5.4	11.8
Minima	-1.0	-1.0	0.0	4.0	8.0	11.0	13.0	16.0	10.0	4.0	1.0	-1.0	-1.0

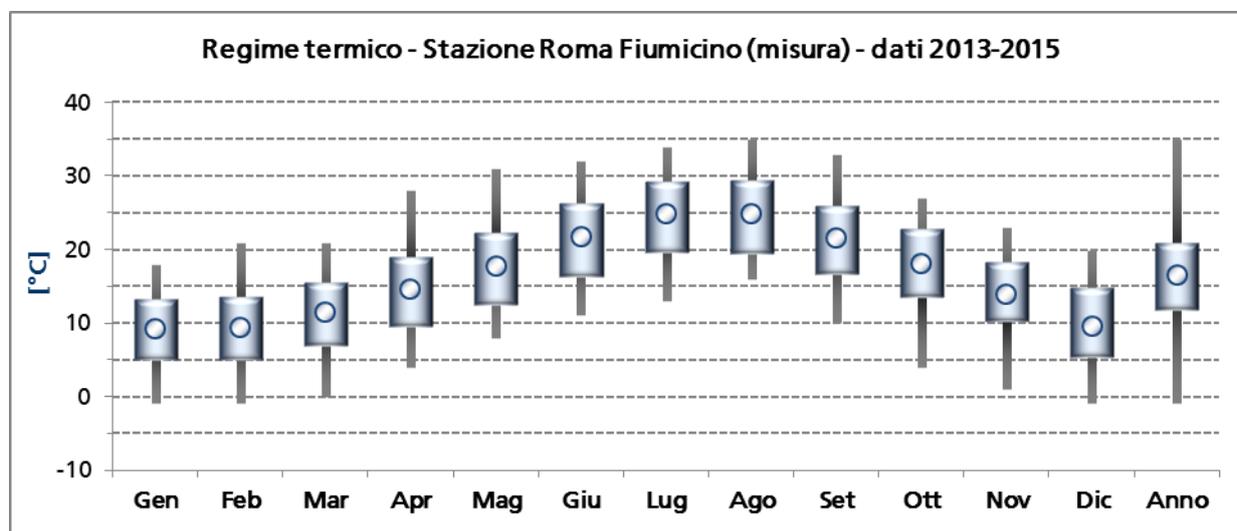


Figura 4.2.14 – Regime termico registrato dalla stazione Roma Fiumicino. Periodo 2013-2015.

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

Regime termico - Stazione Roma Fiumicino (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	16.7	17.8	18.0	22.9	28.5	28.6	28.0	29.4	27.0	24.1	21.3	19.3	29.4
Media massima	13.2	12.6	13.6	15.7	18.4	21.7	24.9	25.7	23.8	21.1	17.5	14.1	18.5
Media	10.5	10.1	11.3	13.5	16.3	19.6	23.0	23.5	21.4	18.7	15.1	11.2	16.2
Media minima	7.5	7.1	8.3	10.4	13.0	16.0	19.5	19.8	18.0	15.6	12.0	7.9	13.0
Minima	-1.3	0.9	2.7	4.1	8.3	11.5	15.3	15.9	13.4	9.8	4.2	0.7	-1.3

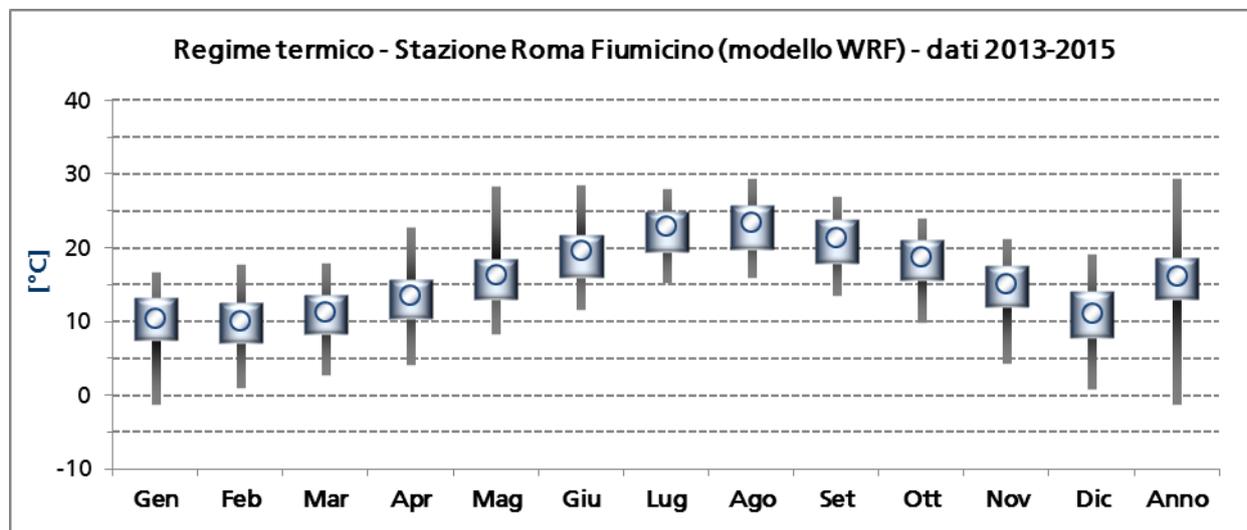


Figura 4.2.15 – Ricostruzione modellistica del regime termico nella stazione Roma Fiumicino (modello WRF). Periodo 2013-2015.

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 quasi 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 6÷7 e 19÷20), 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. 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.

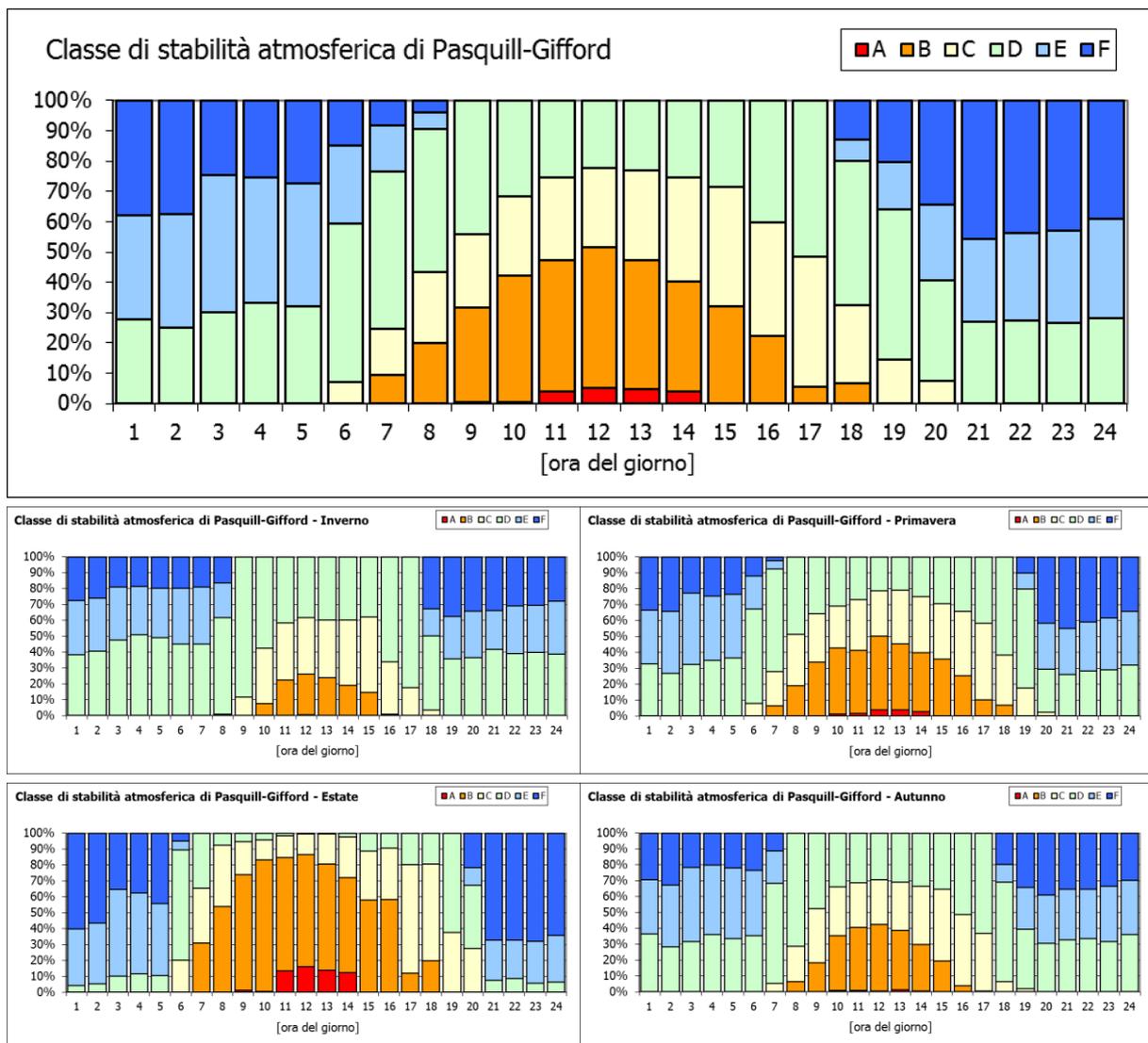


Figura 4.2.16 – Distribuzioni orarie della classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford calcolate su base annuale e stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale.

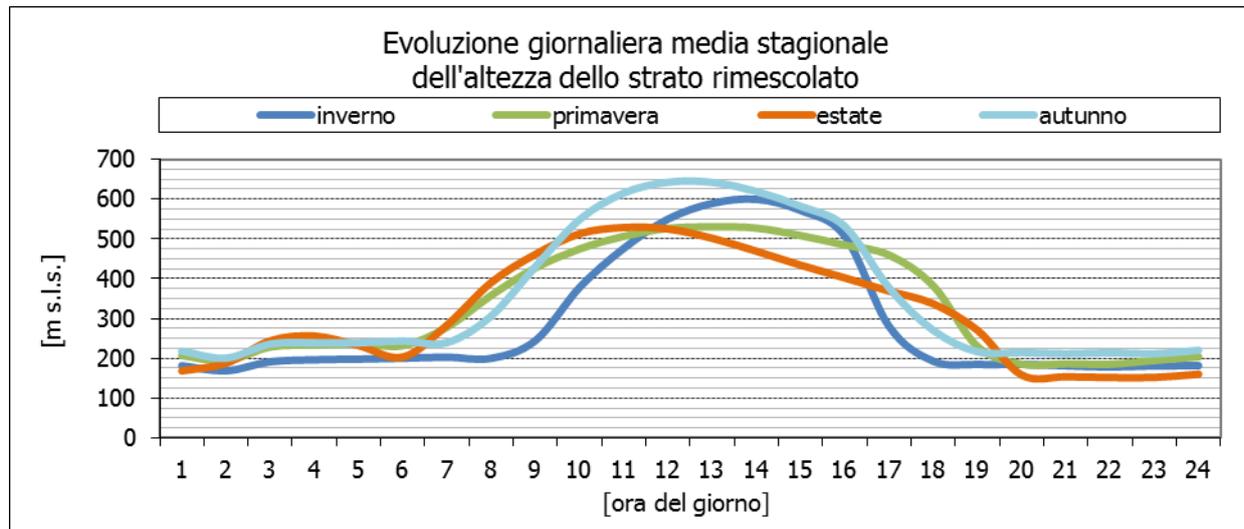


Figura 4.2.17 – Evoluzione giornaliera media dell'altezza dello strato rimescolato calcolata su base stagionale. Periodo 2013-2015. Valori orari estratti dal modello CALMET in corrispondenza della Centrale.

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 TN2, TN3, e TN4 alimentati a carbone (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.1);
- scenario di progetto fase 1, con emissione dal gruppo in progetto TVN1A alimentato a gas naturale funzionante a ciclo aperto (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2) e la contestuale messa fuori servizio delle unità esistenti a carbone;
- scenario di progetto fase 2, con emissione dai gruppi in progetto TVN1A e TVN1B alimentati a gas naturale funzionanti a ciclo aperto (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2), e le unità esistenti fuori servizio;
- scenario di progetto fase 3, con emissione dai gruppi in progetto TVN1A e TVN1B alimentati a gas naturale funzionanti a ciclo combinato (vedi il seguente paragrafo 4.2.4.2) e le 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, ai valori autorizzati (su base oraria per SO₂, NO_x, NH₃, PTS e giornaliera per CO);
 - per i nuovi gruppi turbogas, ai valori proposti per il progetto nel pieno rispetto dei *Best Available Techniques reference documents* (BREFs) di settore;

- tutte le sezioni d'impianto sia per lo scenario attuale, che 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).

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	NH ₃	CO	PTS
Limite [ton/anno]	2.100	3.450	195	2.000	160

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 di tre gruppi esistenti TN2, TN3 e TN4, con emissione dalla ciminiera in cui alloggiavano le canne fumarie delle tre unità. 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
TN2	231'991.9	4'668'895.1	4.0	250.0	5.7 (ciascuna delle 3 canne) ⁽¹⁾
TN3					
TN4					

⁽¹⁾ Ai fini modellistici si assume l'emissione da un camino equivalente di diametro pari a 9.9 m

Tabella 4.2.7 – Scenario attuale². Caratteristiche dei fumi allo sbocco.

Gruppo	Parametri fisici dei fumi allo sbocco				Valori di concentrazione all'emissione				
	Temperatura	Velocità	Portata ⁽¹⁾	O ₂ Rif	SO ₂ ⁽²⁾	NO _x ⁽³⁾	NH ₃ ⁽⁴⁾	CO ⁽⁵⁾	PTS ⁽⁶⁾
	°C	m/s	Nm ³ /h	%	mg/Nm ³				
TN2	110	30.0	2.100.000	6	100 ⁽⁷⁾	100 ⁽⁸⁾	5 ⁽⁹⁾	120 ⁽¹⁰⁾	10 ⁽¹¹⁾
TN3	110	30.0	2.100.000	6	100 ⁽⁷⁾	100 ⁽⁸⁾	5 ⁽⁹⁾	120 ⁽¹⁰⁾	10 ⁽¹¹⁾
TN4	110	30.0	2.100.000	6	100 ⁽⁷⁾	100 ⁽⁸⁾	5 ⁽⁹⁾	120 ⁽¹⁰⁾	10 ⁽¹¹⁾

⁽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 SO_x 10-130 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
25-205 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero

⁽³⁾ BAT per NO_x 65-150 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
85-165 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero

⁽⁴⁾ BAT per NH₃ 3-10 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale

⁽⁵⁾ BAT per CO 5-100 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale

⁽⁶⁾ BAT per PTS 2-8 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
3-11 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero

⁽⁷⁾ Limite attuale autorizzato per SO_x, periodo di riferimento orario (limite giornaliero 80 mg/Nm³, annuale 70 mg/Nm³)

⁽⁸⁾ Limite attuale autorizzato per NO_x, periodo di riferimento orario (limite giornaliero 80 mg/Nm³, annuale 70 mg/Nm³)

⁽⁹⁾ Limite attuale autorizzato per NH₃, periodo di riferimento orario (limite giornaliero 5 mg/Nm³)

⁽¹⁰⁾ Limite attuale autorizzato per CO, periodo di riferimento giornaliero (limite annuale 52,5 mg/Nm³)

⁽¹¹⁾ Limite attuale autorizzato per PTS, periodo di riferimento orario (limite giornaliero 8 mg/Nm³, annuale 5 mg/Nm³)

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 TVN1A operante in ciclo aperto e la contestuale messa fuori servizio delle unità a carbone TN2, TN3 e TN4, nella fase 2 si

² Decreto di riesame dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.) n. DEC-MIN-2019/0000284 del 30/09/2019

aggiunge il funzionamento del gruppo denominato TVN1B 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	Nord			
	Km	km	m s.l.m.	m	m
Fase 1					
TVN1A-bypass	232.239	4'668.885	8	90	10.0
Fase 2					
TVN1A-bypass	232.239	4'668.885	8	90	10.0
TVN1B-bypass	232.284	4'668.842	8	90	10.0
Fase 3					
TVN1A	232.279	4'668.927	8	90	8.5
TVN1B	232.323	4'668.884	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									
TVN1A-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
Fase 2									
TVN1A-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
TVN1B-bypass	680.0	40.0	4'150'000	15	---	30 ⁽⁵⁾	---	30 ⁽⁶⁾	---
Fase 3									
TVN1A	80.0	20.0	4'150'000	15	---	10 ⁽⁵⁾	5 ⁽⁶⁾	30 ⁽⁶⁾	---
TVN1B	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 (TVN1A&B-bypass): 15-35 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
25-50 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero
- CCGT (TVN1A&B): 10-30 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
15-40 mg/Nm³ per periodo di riferimento giornaliero

(3) BAT per NH₃

- CCGT (TVN1A&B): 3-10 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale

(4) BAT per CO

- OCGT (TVN1A&B bypass): 5-40 mg/Nm³ per periodo di riferimento annuale
- CCGT (TVN1A&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 nuovi gruppi turbogas, prevede l'annullamento delle emissioni di SO₂ e di PTS, la decisa diminuzione delle emissioni degli NO_x di poco meno di un ordine di grandezza, e la diminuzione delle emissioni di CO di oltre il 60%. Si riscontra al contempo un aumento delle emissioni di NH₃ di circa il 30%.

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)	TN2	210.0	210.0	10.5	252.0	21.0
	TN3	210.0	210.0	10.5	252.0	21.0
	TN4	210.0	210.0	10.5	252.0	21.0
	Totale	630.0	630.0	31.5	756.0	63.0
Progetto (P)	TVN1A	0.0	41.5	20.8	124.5	0.0
	TVN1B	0.0	41.5	20.8	124.5	0.0
	Totale	0.0	83.0	41.5	249.0	0.0
Differenza (P-A)		-630.0	-547.0	10.0	-507.0	-63.0

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 di Torrevaldaliga Nord, sia nello scenario attuale sia in quelli di progetto (fasi 1, 2 e 3), è presentata nelle tavole allegate fuori testo.

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).

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. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un livello critico a protezione della vegetazione alla concentrazione media per anno civile di SO₂ pari a 20 µg/m³. Nello scenario Attuale (.a), l'area di maggiore impatto è localizzabile circa 5 km a Est della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di 0.3 µg/m³. Oltre i 10-13 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 0.1 µg/m³.

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 circa 2-5 km a Est della Centrale, ove si stimano contributi al più di 11 µg/m³. Oltre i 7-8 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 5 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 circa 3-4 km a Est della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di 50 µg/m³. Oltre i 10 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 15 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 è localizzabile a circa 4-6 km in direzione Est-SudEst della Centrale, ove si stimano contributi di poco superiori ai 0.3 µg/m³. Si riscontrano poi concentrazioni tra 0.1 e 0.3 µg/m³, da NordEst a SudEst fino a circa 15-20 km dalla Centrale, dove le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 0.1 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 3, l'area dove si stimano i contributi di poco superiori ai 0.3 µg/m³ è ridotta ed è localizzabile a circa 2 km in direzione Est-NordEst. Anche l'area dove si riscontrano concentrazioni tra 0.1 e 0.3 µg/m³, risulta notevolmente ridotta con un'estensione verso Est che non va oltre i 15 km e che in direzione Nord e Sud si ferma a circa 10 km. Nelle fasi intermedie l'impatto risulta ancora minore con i valori massimi che rimangono al di sotto di 0.2 µg/m³ nella fase 2 e di 0.1 µg/m³ nella fase 1.

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 tra circa 2 e 8 km nell'entroterra intorno alla Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di 25-50 µg/m³. Oltre i 15 km dalla Centrale, le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 10 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 3 si ha una decisa riduzione dell'impatto su tutto il dominio, con valori che raggiungono al più circa 30 µg/m³ su un'area localizzata circa 1 km a Est-NordEst della Centrale. Nelle fasi intermedie l'impatto risulta ancora minore con i valori massimi che rimangono al di sotto dei 20 µg/m³ nella fase 2 e dei 10 µg/m³ nella fase 1.

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 è localizzabile a circa 4-6 km in direzione Est-SudEst della Centrale, ove si stimano contributi di poco superiori ai 0.4 µg/m³. Si riscontrano poi concentrazioni tra 0.2 e 0.4 µg/m³, da NordEst a SudEst fino a circa 10-15 km dalla Centrale, dove le concentrazioni scendono a livelli inferiori a 0.2 µg/m³. Nello scenario di progetto fase 3, l'area dove si stimano i contributi di poco superiori ai 0.4 µg/m³ è ridotta ed è localizzabile a circa 2 km in direzione Est-NordEst. Anche l'area dove si riscontrano concentrazioni tra 0.2 e 0.4 µg/m³, risulta notevolmente ridotta con un'estensione verso NordEst a SudEst che si ferma intorno ai 5-7 km. Nelle fasi

intermedie l'impatto risulta ancora minore con i valori massimi che rimangono di poco superiori, ai $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella fase 2, e ai $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella fase 1.

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 valore nel punto di massimo impatto è inferiore ai $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a fronte di un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM₁₀, previsto dal D. Lgs. 155/2010, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le **tavole 08** (cfr. Tabella 4.2.11) riportano la stima del contributo alla concentrazione media giornaliera di PM₁₀ (primario e secondario) superata 35 volte in un anno nello scenario Attuale. Il D. Lgs. 155/2010 prevede infatti un valore limite alla concentrazione media giornaliera di PM₁₀ 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 4 e 8 km nell'entroterra intorno alla Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di $0.3-0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 valore nel punto di massimo impatto è inferiore ai $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a fronte di un valore limite alla concentrazione media per anno civile di PM_{2.5}, previsto dal D. Lgs. 155/2010, pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 SO₂ (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.

Nello scenario attuale, l'area di maggiore impatto è localizzabile circa 12-14 km in direzione Est-NordEst dalla Centrale, nell'area dei Monti della Tolfa, ove si stimano contributi dell'ordine di $0.01-0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nello scenario di progetto fase3 si ha una riduzione dell'impatto su tutto il dominio, con valori che rimangono inferiori a $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle fasi intermedie l'impatto raggiunge i valori massimi di $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella fase 1 e di $0.012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella fase 2, localizzabili sempre a circa 12-14 km in direzione Est-NordEst dalla Centrale.

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, al massimo di $0.012 \mu g/m^3$ nello scenario di progetto fase 2) con i limiti normativi per $PM_{2.5}$ e PM_{10} ($25 \mu g/m^3$ e $40 \mu g/m^3$ rispettivamente) consente dunque di ritenere trascurabili le ricadute stimate per via modellistica in termini di particolato atmosferico.

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 $10 mg/m^3$. Nello scenario attuale, si individuano due aree localizzabili a circa 1-1.5 km a Est e a circa 3-3.5 km a NordEst della Centrale, ove si stimano contributi dell'ordine di $0.05 mg/m^3$ con un valore massimo di $0.08 mg/m^3$. Nello scenario di progetto fase 3, le stime risultano leggermente inferiori con aree ove si stimano contributi dell'ordine di $0.05 mg/m^3$ localizzabili a circa 1-1.5 km a Est e a circa 3-3.5 km a SudOvest della Centrale con un valore massimo di $0.07 mg/m^3$. Nelle fasi intermedie l'impatto risulta ancora minore con i valori massimi che rimangono di poco superiori, ai $0.02 mg/m^3$ nella fase 2, e ai $0.01 mg/m^3$ nella fase 1.

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 presente paragrafo l'andamento dei giorni tipo stagionali relativi agli ossidi di azoto (NO_x). L'analisi è relativa al punto di massima ricaduta (233'750 m E, 4'669'750 m N, fuso UTM 33 Nord) stimato per la fase 2 dello scenario di progetto, ove è atteso un contributo alla concentrazione media sull'intero triennio di circa $0.3 \mu g/m^3$ (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 07. Tale crescita raggiunge i valori massimi nel corso del giorno, in momenti diversi in funzione della stagione: tra le ore 11 e le 13 in estate, alle ore 12 in primavera, alle ore 14 in autunno, e tra le ore 13 e le 16 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.

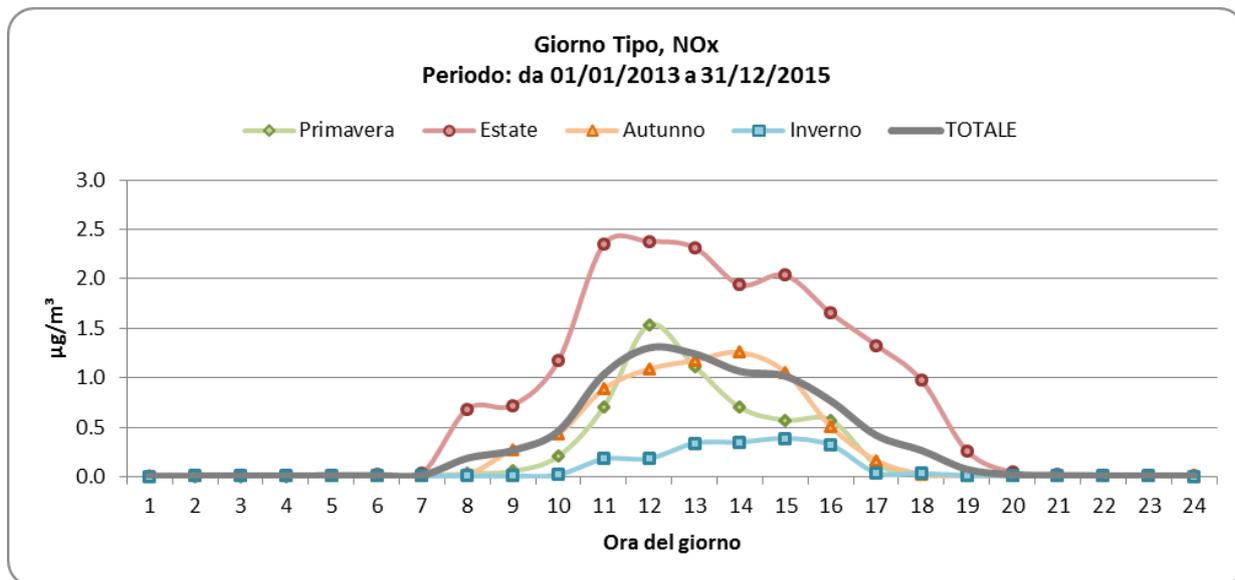


Figura 4.2.18 – Giorno tipo stagionale e totale di NO_x nel punto di massima ricaduta relativo allo scenario di progetto (fase 2). Periodo 2013-2015.

4.2.5.3 Confronto coi limiti di legge

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 sia, e 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, ridurre su base oraria di circa l'87% quelle degli ossidi di azoto (NO_x) e di circa il 67% 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 il 40%.

Anche la ricaduta del monossido di carbonio (CO) nel punto di massimo impatto risulta ridotta, seppur di poco, rispetto allo scenario attuale.

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

Rif. Tavola	Parametro ⁽¹⁾	U.m.	Limite di legge (D. Lgs. 155 /2010) ⁽²⁾	Area di 23 x 23 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.)	0.28	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	0.09	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.)	11.0	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	3.2	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.)	61.0	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	13.6	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
04	NO ₂ – Concentrazione media annua	µg/m ³	40 (V.L.)	0.33	0.08	0.17	0.33	0.10	0.03	0.06	0.08
05	NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno	µg/m ³	200 (V.L.)	47.0	8.4	16.5	30.7	11.6	2.2	4.4	4.6
06	NO _x – Concentrazione media annua	µg/m ³	30 (L.C.)	0.45	0.11	0.22	0.44	0.13	0.04	0.08	0.09
07	PM ₁₀ – Concentrazione media annua ^{(4) (7)}	µg/m ³	40 (V.L.)	0.028	0.006	0.012	0.010	0.012	0.002	0.004	0.004
08	PM ₁₀ – Conc. giorn. superata 35 volte per anno ^{(4) (7)}	µg/m ³	50 (V.L.)	0.409	0.020	0.039	0.032	0.159	0.007	0.014	0.013
09	PM _{2.5} – Concentrazione media annua ^{(5) (7)}	µg/m ³	25 (V.L.)	0.028	0.006	0.012	0.010	0.013	0.002	0.004	0.004
10	SPM – Concentrazione media annua ⁽⁶⁾	µg/m ³	---	0.015	0.006	0.012	0.010	0.006	0.002	0.004	0.004
11	CO – Conc. media massima giorn. su 8 ore	mg/m ³	10 (V.L.)	0.075	0.011	0.023	0.071	0.015	0.002	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

4.2.5.4 Recettori sensibili

In Tabella 4.2.13 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 4.2.14 riporta le analoghe informazioni per lo scenario di progetto fase 3 e la Tabella 4.2.15 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 4.2.13) sia, e ancor più, nello scenario di progetto fase 3 (Tabella 4.2.14).

I recettori maggiormente interferiti risultano Santa Lucia, circa 5 km a Est della Centrale, e Aurelia, circa 3 km a Est-NordEst 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 1.2 e 0.8% del relativo limite, in termini di concentrazione media annua di NO₂ raggiungono rispettivamente 0.7 e 0.4% del relativo limite, in termini di concentrazione media annua di PM₁₀ raggiungono rispettivamente il 0.06 e il 0.04% 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 che, escludendo Aurelia e Santa Marinella, è dell'ordine del 20÷60%. Le ricadute in termini di polveri (PM₁₀, PM_{2.5}, SPM) risultano diminuire in maniera notevole con una riduzione sulla media annua di circa l'65÷80%. 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÷0.5% del limite normativo.

Tabella 4.2.13 – 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
5800410001	Allumiere	→	0.13	3.0	11.6	0.16	9.9	0.19	0.023	0.269	0.023	0.013	0.012
5800410002	La Bianca	→	0.13	3.7	12.7	0.16	10.2	0.19	0.023	0.267	0.023	0.013	0.014
5803210001	Aurelia	→	0.16	9.1	40.5	0.18	33.4	0.24	0.018	0.158	0.018	0.006	0.044
5803210002	Civitavecchia	→	0.11	3.7	26.7	0.12	20.9	0.17	0.012	0.142	0.012	0.004	0.021
5803210003	Santa Lucia	→	0.24	10.0	45.0	0.28	36.1	0.38	0.026	0.345	0.026	0.008	0.051
5809710001	Santa Marinella	→	0.02	1.2	3.9	0.03	3.1	0.04	0.005	0.056	0.005	0.003	0.008
5809710002	Santa Severa	→	0.06	1.6	7.5	0.08	6.5	0.09	0.010	0.133	0.010	0.005	0.006
5809710003	Stazione di Santa Severa	→	0.06	1.4	7.1	0.07	6.2	0.09	0.010	0.140	0.010	0.005	0.006
5810510001	Santa Severa Nord	→	0.06	1.4	6.9	0.08	6.0	0.09	0.010	0.146	0.011	0.006	0.007
5810510002	Tolfa	→	0.11	3.2	10.8	0.13	8.4	0.16	0.020	0.219	0.020	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 4.2.14 – 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	
5800410001	Allumiere	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.12	4.9	0.13	0.008	0.028	0.008	0.008	0.020
5800410002	La Bianca	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.12	5.3	0.13	0.008	0.028	0.008	0.008	0.020
5803210001	Aurelia	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.28	15.3	0.37	0.006	0.019	0.006	0.006	0.048
5803210002	Civitavecchia	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.06	3.8	0.08	0.003	0.008	0.003	0.003	0.012
5803210003	Santa Lucia	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.17	9.0	0.22	0.005	0.018	0.005	0.005	0.030
5809710001	Santa Marinella	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	2.9	0.04	0.003	0.007	0.003	0.003	0.013
5809710002	Santa Severa	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	1.4	0.05	0.003	0.011	0.003	0.003	0.004
5809710003	Stazione di Santa Severa	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	1.2	0.04	0.003	0.011	0.003	0.003	0.004
5810510001	Santa Severa Nord	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.04	1.2	0.04	0.003	0.011	0.003	0.003	0.004
5810510002	Tolfa	→	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	n.d. ⁽⁶⁾	0.10	4.3	0.11	0.007	0.025	0.007	0.007	0.016

⁽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 4.2.15 – 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
5800410001	Allumiere	→	-0.13	-3.0	-11.6	-0.04	-5.0	-0.06	-0.015	-0.241	-0.015	-0.005	+0.007
5800410002	La Bianca	→	-0.13	-3.7	-12.7	-0.04	-4.9	-0.06	-0.015	-0.239	-0.015	-0.004	+0.006
5803210001	Aurelia	→	-0.16	-9.1	-40.5	+0.11	-18.1	+0.13	-0.012	-0.140	-0.012	+0.000	+0.004
5803210002	Civitavecchia	→	-0.11	-3.7	-26.7	-0.07	-17.1	-0.09	-0.009	-0.134	-0.009	-0.001	-0.009
5803210003	Santa Lucia	→	-0.24	-10.0	-45.0	-0.11	-27.1	-0.16	-0.021	-0.327	-0.021	-0.002	-0.021
5809710001	Santa Marinella	→	-0.02	-1.2	-3.9	+0.01	-0.2	+0.01	-0.002	-0.049	-0.002	-0.000	+0.005
5809710002	Santa Severa	→	-0.06	-1.6	-7.5	-0.04	-5.1	-0.05	-0.007	-0.122	-0.007	-0.002	-0.002
5809710003	Stazione di Santa Severa	→	-0.06	-1.4	-7.1	-0.04	-5.0	-0.05	-0.007	-0.129	-0.007	-0.002	-0.002
5810510001	Santa Severa Nord	→	-0.06	-1.4	-6.9	-0.04	-4.9	-0.05	-0.007	-0.135	-0.007	-0.002	-0.003
5810510002	Tolfa	→	-0.11	-3.2	-10.8	-0.03	-4.1	-0.05	-0.012	-0.194	-0.013	-0.004	+0.004

(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 TN2, TN3 e TN4 alimentati a carbone. Lo scenario di progetto prevede tre fasi di sviluppo, nella fase 1 verranno messi fuori servizio le unità TN2 e TN3 alimentati a carbone ed entrerà in funzione il nuovo gruppo TVN1A alimentato a gas, che opererà a ciclo aperto su camino di *by-pass*. Nella fase 2 entrerà in funzione il secondo nuovo gruppo TVN1B alimentato anch'esso a gas e operante a ciclo aperto su camino di *by-pass*. Infine, nella fase 3 potrà essere previsto, per entrambi i nuovi gruppi, il funzioneranno 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 ampiamente 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 che, prevedendo il funzionamento solo dei nuovi gruppi alimentati a gas naturale, azzerano 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 una zona maggiormente interessata dalle ricadute nell'area posta entro qualche chilometro nell'entroterra intorno 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 (-62%) delle emissioni di kg CO₂ per MWh_e netto prodotto, grazie alla maggiore efficienza dei nuovi impianti (dall'attuale rendimento elettrico del 47% ad un valore del 62%) ed alla diminuzione della potenza termica installata dagli attuali 4.260 MW_t (gruppi TN2, TN3 e TN4) ai proposti 2.700 MW_t (gruppi TVN1A e TVN1B).

A parità di energia prodotta quindi la centrale nello scenario di progetto "fase 2" sarà maggiormente efficiente rispetto alla configurazione attuale.

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 di Torrevaldaliga Nord, 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 Civitavecchia estratti dall'Atlante Climatico dell'Aeronautica Militare, sia la caratterizzazione meteorologica condotta sui dati del periodo 2004-2017 della stazione Tarquinia, confermano la classificazione climatica.

Dal punto di vista anemologico, il sito evidenzia direzioni di provenienza prevalenti da NE e da SE indotte dalla circolazione sinottica, alle quali si sovrappone il regime locale di brezza dovuta alla presenza del mar Tirreno a W e ai rilievi dell'Appennino ad E, che si evidenziano in una maggior frequenza dei venti dal settore orientale nelle ore notturne e da quello occidentale nelle ore diurne.

Lo stato attuale della qualità dell'aria, a livello regionale e locale, è stato analizzato considerando le pubblicazioni "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio" relative al periodo dal 2014 al 2018, redatte da Arpa Lazio, che riportano la valutazione annuale della qualità dell'aria realizzata come previsto dal D.Lgs. 155/2010, combinando i diversi strumenti messi a disposizione dalla norma secondo le specifiche previste. L'analisi ha evidenziato l'assenza a livello locale di criticità relative ai principali parametri ad eccezione dell'ozono, per il quale sussiste una condizione di ripetuto superamento del relativo valore obiettivo condivisa con la maggior parte dei comuni ricadenti nella Zona Litoranea. Tutti gli altri parametri (polveri, ossidi di azoto, biossido di zolfo, e monossido di carbonio) risultano invece entro i limiti di legge. In particolare, nel 2018, la concentrazione media annua di PM₁₀ registrata dalle centraline disposte nei dintorni della Centrale è stata di 13-19 µg/m³, a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³. La concentrazione media annua di NO₂ è stata di 3-18 µg/m³, a fronte di un limite normativo di 40 µg/m³. Per il SO₂ non sono stati registrati superamenti né della soglia oraria di 350 µg/m³ né della soglia giornaliera di 125 µg/m³. Infine, anche per il monossido di carbonio sono stati registrati valori sempre inferiori al limite per la protezione della salute umana alla concentrazione massima media mobile su 8 ore di 10 mg/m³.

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 dei nuovi gruppi turbogas, permette di eliminare le emissioni di biossido di zolfo (SO_2) e particolato primario (PM_{10} e $PM_{2.5}$) e di ridurre, nella fase 3, di poco meno del 90% quelle degli ossidi di azoto (NO_x) e di oltre il 60 % quelle di monossido di carbonio (CO). 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: SO_2 , NO_x e PM.

La realizzazione del progetto proposto, riducendo le emissioni di CO_2 , 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>).

ARSIAL - Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio (<http://www.arsial.it>).

Arpa Lazio, 2019. "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio. Anno 2018"

Arpa Lazio, 2018. "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio. Anno 2017" RELAZIONE TECNICA – RT/SQU – Rev 0 del 16.06.2018.

Arpa Lazio, 2017. "Valutazione della qualità dell'aria – 2016" RELAZIONE TECNICA – RT/DAI/17/04 – Rev 1 del 17.11.2017

Arpa Lazio, 2016. "Valutazione della qualità dell'aria – 2015" RELAZIONE TECNICA – RT/DAI/16/01 – Rev 0 del 06.05.2016

Arpa Lazio, 2015. "Valutazione della Qualità dell'Aria nel Lazio Anno 2014" RELAZIONE TECNICA – RT/DAI/15/01 – Rev 0 del 16.10.2015

Regione Lazio. D.G.R. 4 agosto 2016, n. 478. "Approvazione del progetto: "Programma di valutazione della qualità dell'aria- Revisione del sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria" relativo alla protezione della salute umana. Delega all'Arpa Lazio della gestione delle stazioni di misurazione previste dal programma di valutazione. Art.5 - commi 6 e 7, del Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n.155."

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 Lazio. Centro Regionale della qualità dell'aria. Inventario regionale delle emissioni in atmosfera (<http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/aria/inventario.htm>)

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.