

Emas e cambiamenti climatici



Emas e cambiamenti climatici

Informazioni legali

L'istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Manuali e Linee Guida 197/2022

ISBN 978-88-448-1102-0

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Dichiarazione Ambientale – aggiornamento 2020 – Impianto termoelettrico

Torrevaldalica Nord di Civitavecchia; Dichiarazione Ambientale – aggiornamento 2019 – Centrale di Ostiglia

ISPRA – Area Comunicazione

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

08 aprile 2022

Autori

Valeria Tropea – Tutor ISPRA – Servizio VAL CER

Giacomo Campagni - Tirocinante master SINT, consorzio QUINN, Università di Pisa.

Mara D'Amico – ISPRA – Servizio VAL CER

Andrea Gagna – ISPRA – Area VAL ATM

Referee

Salvatore Curcuruto – Dirigente Servizio per le Certificazioni Ambientali

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. SCOPO E OBIETTIVI DEL LAVORO DI ANALISI	7
3. IL LAVORO DI ANALISI	8
3.1 Gli strumenti volontari di certificazione ed il regolamento EMAS.....	8
3.2 La produzione di energia elettrica	11
3.3 Le emissioni in atmosfera.....	14
3.4 Scelta del campione oggetto di studio e metodologia	18
3.5 Elaborazione dati e verifica del miglioramento delle organizzazioni EMAS	19
3.5.1 Emissioni di CO ₂	20
3.5.2 Emissioni di NO _x	30
3.5.3 Emissioni di CO.....	39
3.5.4 Emissioni di SO _x	49
3.5.5 Sintesi dei risultati ottenuti.....	57
3.5.5 Indicazioni sulla corretta comunicazione dei dati nelle DA.....	58
4. CONCLUSIONI	61
5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	63
6.ALLEGATO A	64
7.ALLEGATO B - Precisazioni sul parametro GWP (Global Warming Potential)	66

1. INTRODUZIONE

Le emissioni in atmosfera, in particolare quelle ad effetto serra, rappresentano un argomento di enorme attualità a livello internazionale e al centro di importanti dibattiti in relazione alle politiche di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

Consapevoli di ciò, le istituzioni europee, già da tempo, hanno previsto che il Regolamento EMAS (CE n. 1221/2009) contempli tale aspetto ambientale. L'Allegato IV, infatti, dispone che le organizzazioni registrate EMAS predispongano una Dichiarazione Ambientale contenente i dati rilevati sugli aspetti ambientali significativi in relazione alle proprie attività, individuando, a tal fine, un set di indicatori chiave, tra i quali quelli relativi alle emissioni, sia come "emissioni totali annue di gas serra" che come "emissioni totali annue nell'atmosfera".

Il ruolo dell'ISPRA in tutto questo è rilevante, poiché in qualità di supporto tecnico del Comitato per l'Ecolabel e l'Ecoaudit, organismo competente in Italia per l'attuazione del Regolamento europeo EMAS, riceve tutte le Dichiarazioni Ambientali prodotte in Italia. Appare quindi interessante e naturale analizzare le informazioni ivi presenti sui dati sulle emissioni in atmosfera con riferimento alle organizzazioni industriali, le quali emettono annualmente in atmosfera importanti quantità di gas inquinanti, tra cui quelli climalteranti. Infatti, esse possono aver ricevuto una autorizzazione all'esercizio con limiti alle emissioni e/o ad emettere CO₂ entro una quota autorizzata (sistema ETS) e sono spesso tenute per legge a comunicare annualmente le quantità emesse all'autorità competente secondo modalità e criteri fissati dalle specifiche normative di riferimento.

Il presente lavoro ha quindi come scopo l'analisi del trend emissivo nelle varie componenti di emissioni in atmosfera delle organizzazioni industriali EMAS, per studiarne le caratteristiche e valutarne le performance ambientali e l'efficacia delle azioni messe in atto nell'ambito del Sistema di Gestione ambientale EMAS in relazione alla tecnologia adottata.

Per restringere il campo di analisi e ottenere un campione omogeneo di indagine, è stato selezionato il settore produzione di energia elettrica da fonti fossili in quanto esso è tra i più rappresentati numericamente tra le organizzazioni Registrate EMAS. Inoltre, l'aspetto ambientale "emissioni in atmosfera" risulta per tale settore rilevante ed esso risulta responsabile di una quota consistente delle emissioni di gas serra nazionali.

2. SCOPO E OBIETTIVI DEL LAVORO DI ANALISI

Il lavoro qui presentato si prefigura lo scopo di verificare l'effettiva efficacia del sistema di gestione ambientale EMAS, ai fini del miglioramento continuo degli obiettivi ambientali per alcune delle organizzazioni responsabili delle emissioni in atmosfera, ponendo in particolar modo l'attenzione sui valori delle emissioni dei gas responsabili dell'effetto serra. L'elaborato, di conseguenza, si concentra sull'analisi dei dati derivanti dalle dichiarazioni ambientali (DA) rilasciate dalle aziende analizzate, tutte operanti nel settore della produzione di energia elettrica da fonti fossili. Riassumendo gli obiettivi principali del lavoro sono i seguenti due:

- 1) Analisi dei trend emissivi;
- 2) Verifica delle prestazioni ambientali e del miglioramento;

3. IL LAVORO DI ANALISI

“EMAS e i cambiamenti climatici” è un lavoro articolato in varie parti con lo scopo di tratteggiare l’efficacia del sistema di gestione ambientale EMAS nel garantire il miglioramento continuo degli obiettivi ambientali all’interno di organizzazioni che si occupano della produzione di energia elettrica da fonti non rinnovabili e perciò caratterizzate dal codice NACE (classificazione statistica delle attività economiche nelle Comunità europee) 35.11 (produzione di energia elettrica), così come definito dal Regolamento (CE) n. 1893/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio. Il lavoro provvede a fornire in un primo momento il regolamento una panoramica sul Regolamento EMAS, il processo di produzione di energia elettrica da fonti fossili, nonché la caratterizzazione delle emissioni in atmosfera. In un secondo momento l’analisi verte sullo studio dell’andamento delle emissioni in atmosfera specificando la metodologia con la quale sia stato scelto il campione ed ottenuti i dati dalle dichiarazioni ambientali.

3.1 Gli strumenti volontari di certificazione ed il regolamento EMAS

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) è un Sistema di Gestione Ambientale istituito dall’Unione Europea (UE) al quale può aderire volontariamente qualsiasi organizzazione del settore pubblico o privato che intenda valutare e migliorare le sue prestazioni ambientali e comunicarle al pubblico. Analogamente a quanto avviene per le norme della Serie ISO 14000, l’EMAS abbandona la logica del “*command and control*”, riconoscendo e valorizzando il ruolo autonomo e propositivo dell’organizzazione. Questo strumento, infatti, non specifica come il miglioramento debba essere ottenuto, ma fornisce una serie di misure e strumenti in grado di aiutare le organizzazioni a migliorare nel tempo le loro prestazioni ambientali, riducendo gli impatti a carico dell’ambiente.

La prima versione di EMAS fu introdotta dal Regolamento (CEE) n. 1836/93 ed era circoscritto al solo settore industriale. Alla fine degli anni Novanta, l’UE avviò una serie di studi con l’obiettivo di verificare l’attuazione del Regolamento EMAS nel settore comunitario, cercando di delineare benefici e criticità di questo strumento. Dagli studi emerse che l’adesione ad EMAS aveva apportato dei benefici prevalentemente di “tipo interno” (migliore efficienza gestionale, certezza del rispetto della normativa ambientale cogente, motivazione del personale). Per quanto riguarda invece i benefici di “tipo esterno”, legati per esempio al miglioramento dell’immagine e al rapporto con le parti interessate, EMAS non si era dimostrato uno strumento efficace. Nel tentativo di superare le criticità mostrate dallo Schema EMAS fino a quel momento, fu emanato il Regolamento (CE) n. 761/01, comunemente denominato “EMAS II”, che abrogò e sostituì il precedente. Le novità più significative introdotte furono:

1. l’ampliamento del campo di applicazione, non più circoscritto al solo ambito industriale, ma a tutte le tipologie di organizzazioni pubbliche e private;
2. la completa conformità con la norma UNI EN ISO 14001:1996, i cui requisiti vennero incorporati tutti all’interno di EMAS II;
3. l’introduzione di un nuovo logo come strumento per la comunicazione esterna e la diffusione delle informazioni al pubblico.

Nonostante la possibilità di adesione fosse stata estesa alle organizzazioni del settore pubblico e privato, l’adesione al nuovo schema esitò a decollare. Si assistette a un progressivo aumento della partecipazione delle imprese dei servizi e della pubblica amministrazione, ma anche a una sostanziale disaffezione da parte del comparto industriale, settore con il maggiore impatto ambientale. L’esiguo numero di adesioni, circa 5000 contro le decine di migliaia per ISO 14001, testimoniava come lo Schema presentava ancora dei limiti. Uno dei principali motivi era attribuibile al carattere elitario di EMAS, valido solo in Europa, contrariamente a quanto avveniva per lo standard internazionale ISO 14001 che, essendo di portata mondiale, era senz’altro più stimolante per le imprese che esportavano in paesi extra UE. In secondo luogo, numerose critiche furono sollevate da parte del mondo ambientalista e dei consumatori riguardo l’impossibilità di misurare il miglioramento delle performance ambientali. EMAS II non prescriveva dei limiti minimi di prestazione nel miglioramento continuo favorendo la tendenza da parte delle organizzazioni ad appiattirsi su programmi mediocri a lungo termine dopo una prima fase caratterizzata da un certo impegno.

Con l’obiettivo di rendere EMAS uno strumento più attraente e diffuso, superando così i limiti riscontrati in EMAS II, con il Regolamento (CE) n. 1221/09 l’Unione Europea ha emanato la terza versione di EMAS, entrata in vigore nel gennaio 2010.

Tra le novità più significative introdotte dal nuovo Regolamento va evidenziata l’estensione di EMAS a livello globale, ovvero la possibilità di effettuare un’unica registrazione per le multinazionali con siti sia all’interno

dell'UE che al di fuori dell'UE, con evidenti vantaggi burocratici. Altra importante novità è stata quella di offrire la possibilità di adesione ad EMAS per le organizzazioni extra UE attraverso il Global EMAS.

Altro fattore di innovazione introdotto da EMAS III riguarda l'impiego di uno specifico set di Indicatori Chiave (definiti nell'Allegato IV del Regolamento) da utilizzare nella Dichiarazione Ambientale (DA) con l'obiettivo di fornire un'informazione chiara sul miglioramento ambientale dell'organizzazione. Tali indicatori riguardano: efficienza energetica, efficienza dei materiali, acqua, rifiuti, emissioni e biodiversità. Oltre a tali indicatori previsti espressamente dal Regolamento per le attività sia industriali che di servizi, nella DA possono essere riportati altri indicatori attinenti ad aspetti ambientali specifici dell'attività e del settore di appartenenza. La possibilità di quantificare, grazie agli Indicatori Chiave, il miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la gestione degli aspetti ambientali significativi per una data organizzazione, rappresenta uno dei principali punti di forza e di innovazione di quest'ultima versione del Regolamento, rendendolo particolarmente adatto ad ogni tipo di settore, determinando numerosi vantaggi per le organizzazioni che vi aderiscono. La registrazione EMAS, infatti, oltre a garantire il completo rispetto della normativa ambientale cogente, ha una ricaduta positiva in termine di immagine sulle organizzazioni, aumentandone credibilità, trasparenza e reputazione. Essa, infatti, valorizza verso il pubblico l'attenzione dell'organizzazione per l'ambiente, grazie a una forma di comunicazione oggettiva, chiara e verificabile periodicamente aggiornata. La DA infatti rappresenta uno strumento di divulgazione immediato che permette di instaurare un dialogo con le parti interessate, i cittadini e chiunque altro sia interessato alle prestazioni ambientali dell'organizzazione, nonché al miglioramento continuo di quest'ultime.

Il Regolamento EMAS III sposa i principi espressi dall'attuale politica comunitaria in materia di ambiente dandone piena attuazione e facendo dell'impegno al miglioramento continuo delle prestazioni ambientali un obiettivo prioritario anche nel settore energetico. La gestione degli aspetti ambientali attraverso un approccio sistematico e pianificato consente infatti di ottenere notevoli benefici in termini di risparmio di risorse e efficienza energetica, elementi essenziali nell'attuale politica energetica e ambientale dell'UE favorendo quindi la razionalizzazione e il risparmio di energia e materie prime. A tal proposito è stato dimostrato che EMAS consente a tutti i tipi di organizzazioni di ottenere un risparmio energetico annuale che da solo supera i costi annuali di mantenimento della registrazione EMAS.

Per questi motivi lo schema EMAS è particolarmente adatto in un settore *resource-intensive* come quello della produzione di energia elettrica, oggetto di studio nel presente lavoro, costretto ad incrementare continuamente la propria produttività al fine di soddisfare la crescente domanda energetica in un contesto nel quale limitatezza e incremento dei prezzi delle materie prime, in primis i combustibili fossili, sono tematiche molto attuali.

Un altro aspetto da evidenziare è quello relativo alle problematiche associate al cambiamento climatico, particolarmente significativo in un settore ad elevato impatto ambientale come quello della produzione dell'energia elettrica. Le parti interessate sono sempre più sensibili riguardo le tematiche ambientali causa di mutamenti climatici e si aspettano che lo siano pure le organizzazioni. In quest'ottica l'adozione di EMAS rappresenta un mezzo per migliorare le performance ambientali anche dal punto di vista delle emissioni. L'opportunità di documentare periodicamente le emissioni in atmosfera derivanti da processi produttivi, attraverso uno specifico set di dati, oltre a testimoniare la volontà di garantire trasparenza sul proprio operato da parte delle organizzazioni, agevola quest'ultime nell'individuazione di soluzioni a basso costo che aiutano la riduzione di inquinanti e gas serra nei processi di produzione di energia elettrica.

Oltre ai benefici sopraelencati l'adesione al sistema di gestione ambientale EMAS permette alle aziende aderenti di poter usufruire di ulteriori incentivi di varia natura come: possibilità di accesso a corsi di formazione organizzati da enti convenzionati a prezzi scontati, accesso a finanziamenti agevolati al fine di poter aderire od implementare il sistema di gestione ambientale, anche nell'ottica dell'acquisto di nuovi macchinari o dell'acquisizione di nuove tecnologie, nonché la possibilità di usufruire di semplificazioni burocratiche ed amministrative sia a livello nazionale che regionale, come l'incremento a sedici anni della durata dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e la riduzione delle garanzie fidejussorie per le organizzazioni operanti nel settore dei rifiuti. Va infine segnalato come sia possibile ottenere un bonus nel punteggio attribuito nei bandi pubblici (GPP) alle aziende che abbiano implementato un sistema di gestione ambientale.

A seguire vengono presentate alcune statistiche relative alle organizzazioni EMAS al fine di mostrarne la diffusione e la distribuzione per settore economico.

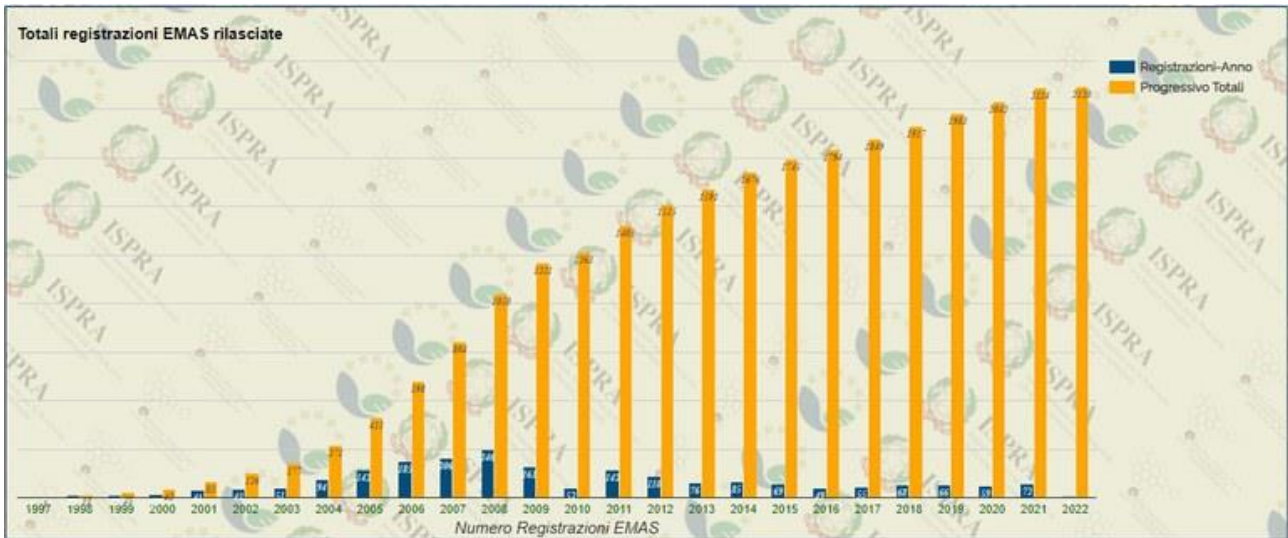


Figura 3.1 - Istogramma riportante il numero totale delle organizzazioni certificate EMAS ed il numero delle nuove organizzazioni certificate per anno solare. Fonte dati: ISPRA, aggiornato al 31/01/2022.

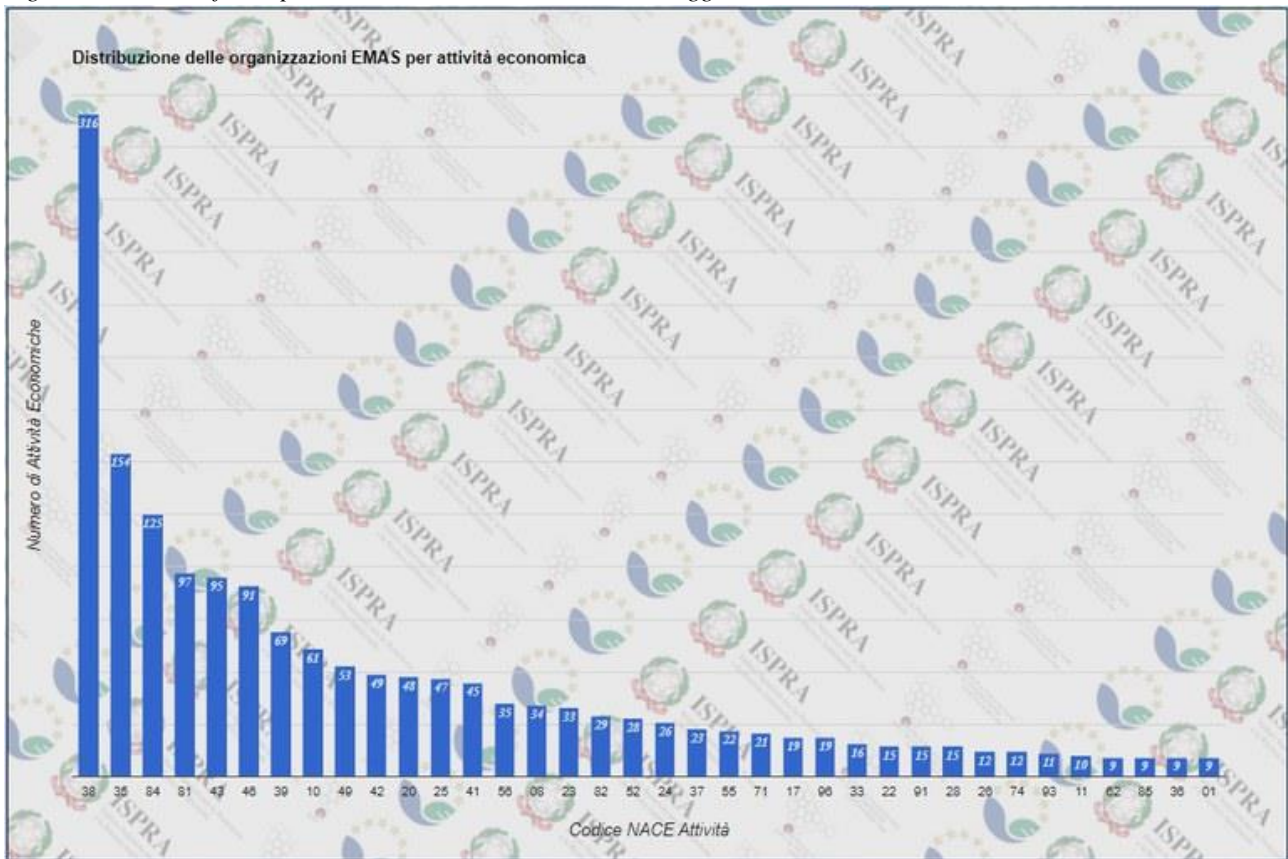


Figura 3.2 - Istogramma con la distribuzione delle attività economiche delle organizzazioni certificate EMAS per codice NACE. Fonte dati: ISPRA, aggiornato al 31/01/2022.

Tabella 3.1 - Legenda dei codici NACE.

Codici NACE	Corrispondenti attività produttive
38	Attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti - recupero dei materiali.
35	Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata.
84	Amministrazione pubblica e difesa - assicurazione sociale obbligatoria.
46	Commercio all'ingrosso (escluso quello di autoveicoli e di motocicli).
43	Lavori di costruzione specializzati.
81	Attività di servizi per edifici e per paesaggio.
39	Attività di risanamento e altri servizi di gestione dei rifiuti.
10	Industrie alimentari.
49	Trasporto terrestre e trasporto mediante condotte.
20	Fabbricazione di prodotti chimici.
25	Fabbricazione di prodotti in metallo, esclusi macchinari e attrezzature.
42	Ingegneria civile.
41	Costruzione di edifici.
23	Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi.
8	Altre attività estrattive.
82	Attività amministrative e di supporto per le funzioni d'ufficio e altri servizi di supporto alle imprese.

3.2 La produzione di energia elettrica

Le emissioni atmosferiche di gas a effetto serra di un Paese dipendono da molteplici fattori riconducibili alle attività produttive dei vari settori economici; le nazioni aderenti alla Convenzione sui Cambiamenti climatici (UNFCCC) e alla Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UN-ECE-CLRTAP), al fine di monitorare le emissioni e pianificare politiche e misure di contenimento delle emissioni, hanno istituito gli inventari nazionali delle emissioni in atmosfera tanto per i gas climalteranti quanto per gli altri inquinanti, con lo scopo di poterne verificare gli andamenti, nonché costituire la base per rapporti informativi. I dati presenti in questo lavoro provengono principalmente dal rapporto ISPRA "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019. National Inventory Report 2021" per i gas serra, mentre per le emissioni degli altri gas è stato consultato il rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventory Report 2021". Le emissioni di origine energetica (combustione e fuggitive) hanno rappresentato l'80,5% delle emissioni totali nazionali nel 2019. Il sistema energetico alla base delle attività produttive rappresenta pertanto il dominio d'indagine principale al fine di caratterizzare i fattori determinanti sottesi alle emissioni atmosferiche. Il settore elettrico costituisce una quota rilevante del settore energetico, rappresentando in termini emissivi circa il 30% delle emissioni nazionali di origine energetica. In Italia più di due terzi dell'energia elettrica è stata prodotta fino al 2008 da combustibili fossili. Nell'ultimo decennio, sotto l'impulso della normativa europea per la riduzione delle emissioni di gas serra, sono diventate prioritarie le iniziative di promozione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Da questo punto di vista il settore elettrico è particolarmente interessante poiché è responsabile di una quota rilevante delle emissioni nazionali di gas serra. La domanda elettrica mostra un andamento di lungo termine in crescita e il settore è caratterizzato da sorgenti emissive puntuali. Tali caratteristiche rendono il settore elettrico particolarmente importante in relazione alle possibili strategie di riduzione delle emissioni di gas serra. La quota relativa delle diverse fonti energetiche, così come l'efficienza energetica, in termini di trasformazione delle risorse primarie e di produzione di ricchezza economica, rappresentano fattori rilevanti per analizzare gli andamenti delle emissioni atmosferiche. Le stesse attività produttive, determinate a loro volta dalla domanda di prodotti e servizi, rappresentano un fattore significativo delle emissioni atmosferiche e una riduzione di tali attività, dovuta alle cause più disparate, quali cessazioni di attività, delocalizzazioni e ristrutturazioni dei settori produttivi, comporta inevitabilmente una riduzione delle emissioni di gas serra. Se i primi fattori possono essere considerati determinanti intrinseci del sistema

energetico, la domanda di beni e servizi può essere considerata un fattore economico di natura esterna, sebbene il sistema energetico e quello economico siano interconnessi e difficilmente trattabili come sistemi separati. La crisi economica che ha colpito le principali economie mondiali e il nostro Paese dal 2007-2008 ha reso ancora più complicato il compito di discernere il ruolo dei fattori che determinano le emissioni di gas serra. A più di dieci anni di distanza è possibile dire che l'Italia, dopo la Grecia, è tra i Paesi dell'Unione Europea che hanno avuto gli effetti più rilevanti della crisi economica. La recente pandemia di SARS-CoV-2 ha determinato una ulteriore frenata dell'economia nel biennio 2020-2021 con conseguente riduzione delle emissioni atmosferiche in seguito al lockdown delle attività dai primi giorni di marzo 2020; anche per il 2020 sono state elaborate stime preliminari delle emissioni di gas serra nazionali e dei fattori di emissione per il settore elettrico, dall'ISPRA, in base ai preconsuntivi pubblicati da Terna e dal Ministero dello Sviluppo economico.

La produzione di energia elettrica da fonti non rinnovabili avviene principalmente tramite l'utilizzo di turbine a gas o a vapore. L'acqua pressurizzata (o l'aria) viene riscaldata a temperature considerevoli tramite la combustione di una fonte fossile, utilizzata nel processo per fornire l'energia necessaria a questo scopo specifico; il vapore così generato si espande all'interno di una turbina collegata ad un alternatore. La turbina non è altro che un macchinario rotante che viene messo in moto dal transito del vapore in pressione attorno all'albero motore, lo scorrimento dei pezzi permette di attivare l'alternatore della turbina generando così energia elettrica. Le emissioni in atmosfera sono generate all'interno del processo dalla combustione della fonte non rinnovabile e perciò possono anche variare di molto a seconda della fonte energetica utilizzata.

Per dare un'idea di massima della diffusione e della rilevanza del Regolamento EMAS nel campo della produzione di energia da combustibili fossili preme sottolineare il fatto che le centrali elettriche soggette ad AIA nazionale nel 2019 (ovvero quelle con potenza termica installata maggiore di 50 MWh termici) erano 160 e che il campione analizzato contiene 50 di queste centrali soggette ad AIA, rivelando così la rilevanza delle organizzazioni che sono state scelte nella selezione del campione. Ad oggi le organizzazioni in AIA statale sono 89 tra centrali termiche ed altri impianti di combustione (Fonti: ISPRA, Annuario Indicatori Ambientali e MITE, alla pagina internet <https://va.minambiente.it/it-IT/DatiEStrumenti/DatiAmbientali>). La necessità di una corretta gestione ambientale delle centrali elettriche è resa attualmente ancora più significativa dal fatto che siano stati varati a livello sia nazionale che europeo piani di riduzione delle emissioni in atmosfera, contraddistinti da obiettivi anche molto ambiziosi; il più rilevante, al momento, prende il nome di "Energy Roadmap 2050".

La "Energy Roadmap 2050", presentata nel dicembre 2011, si pone come obiettivo il passaggio ad una economia a basse emissioni di carbonio attraverso una riduzione dell'80-95% delle emissioni di CO₂ rispetto ai livelli del 1990, da raggiungere entro la metà del secolo in corso, a fronte di questo obiettivo a lungo termine è stato identificato anche come obiettivo a medio termine la riduzione del 40% delle emissioni di gas a effetto serra, come fissato dal Quadro 2030 per il clima e l'energia, adottato dal Consiglio europeo nell'ottobre 2014 e riveduto nel 2018; tale obiettivo rappresenta anche l'NDC (contributo determinato a livello nazionale, ovvero un contributo volontario di riduzione dei gas climalteranti) dell'Ue presentato nell'ambito dell'accordo di Parigi sul clima, che è entrato in vigore dal 2021. Un contributo considerevole alla de-carbonizzazione dovrà aversi attraverso provvedimenti nella generazione elettrica, mentre il settore residenziale e quello commerciale dovranno diventare più efficienti. Strategie specifiche sono già state opportunamente messe in campo allo scopo di raggiungere gli obiettivi strategici di riduzione delle emissioni; come nell'"European Green Deal" e nella "Long Term Strategy", analizzate entrambe più nel dettaglio a seguire.

Tutti i settori produttivi comunque dovranno dare il loro apporto, incluso quello dei trasporti, che risulta il più dipendente dalle fonti fossili. Le iniziative individuate ed i relativi obiettivi da raggiungere entro il 2030 possono, nel loro complesso, essere così riassunti:

- Produzione di almeno il 32% dell'energia da fonti rinnovabili;
- Miglioramento dell'efficienza energetica pari almeno al 32,5%;
- Innalzamento delle interconnessioni elettriche al 15% in ciascuno Stato membro per migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento;
- Nuovi limiti vincolanti alle emissioni di carbonio prodotte dalle autovetture (37,5% rispetto ai livelli del 2021), dai furgoni (31% rispetto al 2021) e dai camion (30% rispetto al 2019).

L'energy Roadmap 2050 riporta, inoltre, dei possibili scenari di evoluzione del sistema energetico necessari per il raggiungimento della sostenibilità a lungo termine e della de-carbonizzazione. Gli scenari previsti si fondano su elementi chiave quali: efficienza energetica e riduzione dei consumi, aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili, sistemi di cattura e stoccaggio di CO₂ (CCS), ricorso al nucleare. Tali elementi vengono combinati dando luogo a cinque possibili scenari che sono:

1. Elevata efficienza energetica.

Le misure di efficienza ipotizzate garantiranno una riduzione della domanda di energia del 41% al 2050, rispetto al periodo 2005-2006. I provvedimenti previsti riguardano ad esempio elevate percentuali di ristrutturazione degli edifici esistenti e istituzione di obblighi di risparmio energetico alle imprese di utilità pubblica del settore dell'energia.

2. Tecnologie di approvvigionamento diversificate

Tutte le tecnologie a basso contenuto di carbonio competono liberamente, senza nessuna misura di sostegno specifica.

3. Quota elevata da fonti rinnovabili.

Sono previste ulteriori misure di sostegno al settore delle rinnovabili finalizzate al raggiungimento del 75% di energia rinnovabile nel consumo finale di energia e contributi delle risorse rinnovabili alla produzione di elettricità pari al 97%.

4. Tecnologia di cattura e stoccaggio di CO₂.

Scenario analogo a quello delle tecnologie di approvvigionamento diversificate, ma che presuppone un maggiore contributo del nucleare e l'impiego ritardato di tecnologie CCS.

5. Ricorso limitato all'energia nucleare.

Contesto simile a quello delle tecnologie di approvvigionamento diversificate ma che parte dal presupposto che non vengano costruiti nuovi impianti nucleari oltre quelli già in costruzione, con una conseguente maggiore penetrazione delle tecnologie CCS.

Nell'European Green Deal, adottato in data undici dicembre 2019, la Commissione Europea ha proposto di portare l'obiettivo della riduzione delle emissioni di gas serra nel 2030 almeno al 50% e verso il 55% rispetto alle emissioni del 1990 (EC, 2019). Il 4 marzo 2020 è stata presentata la proposta di Regolamento per una "Legge europea per il clima" che prevede di rivedere l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni di gas serra al 2030, rendendolo legalmente vincolante ed esplorando le opzioni per innalzare l'ambizione dell'obiettivo stesso. Nel mese di luglio 2021 è stata adottata e pubblicata la Legge europea per il clima (Regolamento UE 1119/2021), l'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra è stato fissato in almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990. Lo stesso Regolamento conferisce forza di legge all'obiettivo della neutralità emissiva entro il 2050, prevedendo la definizione di una traiettoria, a livello europeo, per il periodo successivo al 2030. La strategia a lungo termine esamina diversi scenari di sviluppo fino al 2050 e mette in evidenza che l'elettricità diventerà il principale vettore energetico, dal 22% dei consumi di energia finale nel 2015 al 41%-53% nel 2050 a seconda dei diversi scenari. La strategia europea mostra il ruolo determinante che avranno le fonti rinnovabili al fine di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra. In tale contesto si collocano dunque le Strategie nazionali di decarbonizzazione al 2050 che gli Stati Membri devono adottare ai sensi del Regolamento UE 2018/1999. A livello nazionale i provvedimenti più significativi degli ultimi anni in campo energetico-ambientale sono: il Piano di Azione nazionale per le energie rinnovabili, il Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011, la Strategia Energetica Nazionale.

Piano di Azione Nazionale per le energie rinnovabili (PAN) e Piano di Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011 (PAEE 2011)

I due strumenti emendati dal Ministero dello Sviluppo Economico rispettivamente nel 2010 e nel 2011 contengono una serie di misure finalizzate al conseguimento degli obiettivi nazionali ed europei in merito alle energie rinnovabili e all'efficienza energetica.

Il PAN, conforme alla Direttiva 2009/28 CE, fissa i target per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento e raffreddamento nel 2020. Vengono quindi riportate le linee di azione per ciascun'area di intervento insieme alle misure necessarie per raggiungere tali obiettivi (misura economica, non economica, di supporto o di cooperazione internazionale). Il Piano prevede l'adozione di misure trasversali come lo snellimento dei processi autorizzativi, lo sviluppo delle reti di trasmissione e distribuzione per un utilizzo intensivo/intelligente del potenziale rinnovabile e la certificazione degli installatori.

Il PAEE 2011 segue quello del 2007, evidenziando il ruolo centrale dell'efficienza energetica nella riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂. Il Documento illustra gli obiettivi raggiunti grazie al primo Piano

d'Azione che hanno permesso di raggiungere al 2010 un risparmio energetico annuale di 47,711 GWh, ben al di sopra dei valori attesi. Il target da perseguire entro il 2016, sempre fissato nel 2007, è stato di 126,54 GWh da conseguire attraverso una serie di interventi che coinvolgono i settori del residenziale, terziario, industriale e dei trasporti. L'articolazione del PAEE 2011 è rimasta sostanzialmente inalterata rispetto al PAEE 2007 a parte qualche variazione rivolta all'ottimizzazione delle misure di efficienza energetica, dei relativi meccanismi di incentivazione e, in qualche caso, alla revisione della metodologia di calcolo.

La Strategia Energetica Nazionale (SEN)

Il documento approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico nell'ottobre 2012 è stato oggetto di consultazione pubblica telematica fino al 30 novembre dello stesso anno in attesa di incontri formali con le istituzioni, le parti sociali e le associazioni di categoria; successivamente è stato aggiornato e pubblicato nella sua versione finale, dopo aver valutato le proposte presentate dalle varie parti interessate che si sono espresse in merito, in data dieci novembre 2017.

La SEN rappresenta lo strumento di indirizzo e di programmazione della politica energetica nazionale. Le misure presenti sono finalizzate al conseguimento di quattro obiettivi al 2020 di seguito riportati:

- Riduzione significativa del costo dell'energia per i consumatori e le imprese, in modo da uniformarsi ai prezzi e ai costi europei.
- Raggiungimento e superamento degli obiettivi previsti dal "Pacchetto 20-20-20".
- Miglioramento continuo della sicurezza di approvvigionamento dell'energia, in particolare nel settore gas, e riduzione della dipendenza dall'estero.
- Incentivo della crescita economica sostenibile attraverso lo sviluppo del settore energetico.

La Strategia si basa su sette priorità con specifiche misure, individuate per il raggiungimento degli obiettivi già esposti come di seguito riportato:

1. Efficienza energetica.
2. Sviluppo di un mercato del gas competitivo, con la possibilità di far diventare il Paese il principale *hub* del gas del sud-europeo, vale a dire il centro di arrivo e smistamento del gas per l'Europa meridionale.
3. Sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili.
4. Sviluppo delle infrastrutture e di un mercato elettrico pienamente integrato con quello europeo.
5. Ristrutturazione della raffinazione e della rete di distribuzione dei carburanti.
6. Sviluppo sostenibile della produzione di idrocarburi.
7. Modernizzazione del sistema di governance territoriale.

Alla luce di quanto già elencato risulta evidente la necessità e la centralità del controllo delle emissioni derivanti dalle centrali elettriche ai fini del raggiungimento degli obiettivi previsti sia a livello nazionale che internazionale in termini delle riduzioni dei gas serra.

3.3 Le emissioni in atmosfera

L'inquinamento atmosferico può essere definito come l'alterazione della normale composizione chimica e fisica dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza di una o più sostanze aventi caratteristiche qualitative e quantitative tali da poter alterare le risorse biologiche ed i beni materiali pubblici e privati, nonché influire sulla salubrità dell'ambiente e sulla salute dell'uomo. L'inquinamento atmosferico si realizza tramite emissione diretta in atmosfera di sostanze, dopo che queste sono state generate dalle attività umane (inquinanti primari) oppure tramite reazioni chimiche che coinvolgono le già citate sostanze, precedentemente emesse in atmosfera, modificandone la composizione chimica (inquinanti secondari). (Fonte: Carlo Collivignarelli e Giorgio Bertanza - Ingegneria sanitaria - ambientale; capitolo 9 - Inquinamento atmosferico, scritto da Marco Ragazzi).

I gas emessi in atmosfera non hanno la stessa pericolosità né gli stessi effetti una volta liberati, od originati, in atmosfera in quanto alcuni sono rilevanti ai fini dell'effetto serra, mentre altri non ne contribuiscono minimamente, ma possono risultare estremamente pericolosi per la salute umana e per l'ambiente in generale. Le principali sostanze emesse in aria dall'attività antropica sono:

- Polveri atmosferiche ed in particolare il materiale particolato (PM);

-
- Monossido di carbonio (CO);
 - Biossido di carbonio o anidride carbonica (CO₂)
 - Ossidi di azoto (NO_x);
 - Ossidi di zolfo (SO_x);
 - Ammoniaca (NH₃);
 - Protossido di azoto (N₂O)
 - Benzene;
 - Idrocarburi policiclici aromatici (IPA);
 - Diossine e furani (PCDD/PCDF).

Il presente lavoro intende concentrarsi sui gas maggiormente emessi durante il processo di produzione di energia elettrica da fonti fossili (CO, CO₂, NO_x, SO_x) ed in particolare sulla CO₂, essendo l'unico con capacità climalterante fra quelli elencati; svariati altri gas contribuiscono al fenomeno ed in questa sede preme sottolineare il ruolo centrale svolto da: metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo sul bilancio complessivo; va tuttavia segnalato come, per quanto i gas segnalati provvedano tutti all'effetto serra, non lo facciano tutti con la stessa magnitudo, infatti per poter compiere delle valutazioni precise sull'impatto delle emissioni in atmosfera si usa considerare un valore "pesato" degli effetti climalteranti delle singole emissioni, moltiplicando l'effettivo quantitativo emesso in atmosfera per il corrispettivo parametro GWP (*Global Warming Potential*, ovvero il potenziale di riscaldamento globale), valutato per un orizzonte temporale ben definito (es. 100 anni). Ai fini del presente lavoro, tuttavia, i gas sopraelencati non sono stati presi in considerazione, preferendo concentrare l'attenzione totalmente sull'anidride carbonica, in quanto non vengono rilasciati durante il processo di produzione di energia elettrica; a tale scopo sono stati utilizzati gli indicatori previsti dal regolamento EMAS nell'allegato IV per poter ottenere dati utili per confrontare le emissioni:

- le «emissioni totali di gas serra», tra cui almeno le emissioni di CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆, espresse in tonnellate di CO₂ equivalente;
- le «emissioni annuali totali nell'atmosfera», tra cui almeno le emissioni di SO₂, NO_x e PM, espresse in chilogrammi o tonnellate.

La concentrazione atmosferica dei gas a effetto serra (GHG) rappresenta il principale fattore determinante del riscaldamento globale (IPCC, 2013). Tra i principali gas serra l'anidride carbonica (CO₂) copre un ruolo prevalente in termini emissivi e in termini di forzante radiativo, il parametro che esprime la variazione dei flussi di energia della Terra dovuta ai gas serra. Nel 2011 le emissioni globali di CO₂ di origine fossile hanno rappresentato il 56% del forzante radiativo (IPCC, 2013). La riduzione delle emissioni di CO₂ è pertanto la principale strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici. Oltre all'utilizzo delle fonti rinnovabili la riduzione delle emissioni può essere raggiunta anche attraverso l'incremento dell'efficienza e l'utilizzo di combustibili a basso contenuto di carbonio (EC, 2011). La stima dell'impatto delle diverse misure mitigative è pertanto un elemento essenziale nella valutazione delle politiche ambientali. A tal proposito l'analisi della composizione è utile per quantificare l'impatto dei differenti fattori che determinano la variazione dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ sia per quanto riguarda la produzione elettrica sia per quanto riguarda i consumi finali.

In generale i dati riferiti alle emissioni totali di gas serra, riportati differenziando i vari gas responsabili del fenomeno, sono rappresentati nel grafico a seguire.

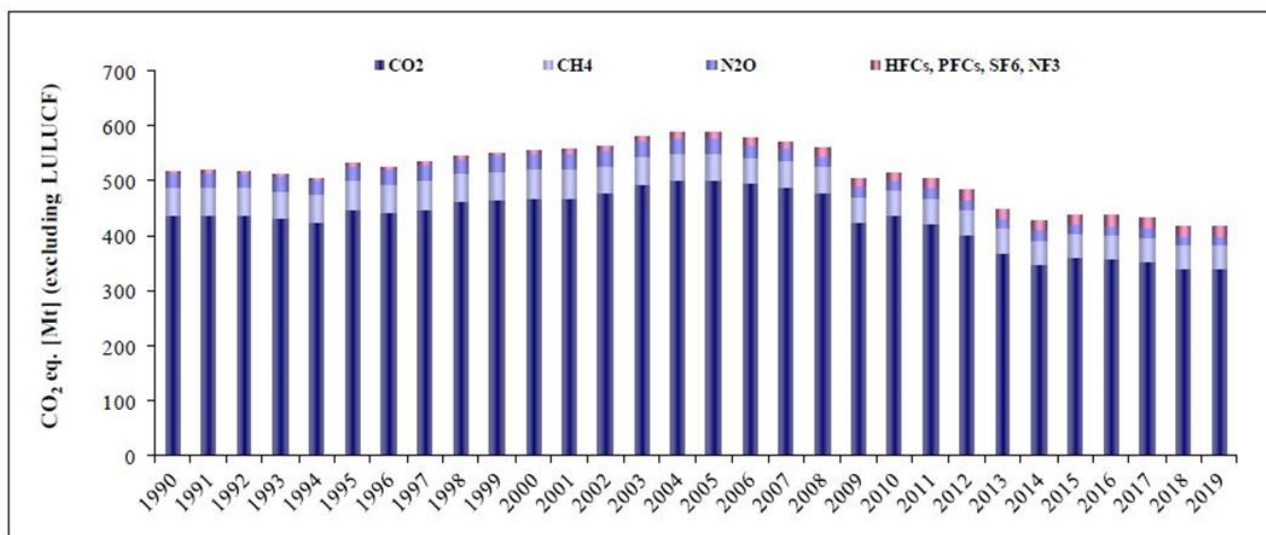


Figura 3.3 - Andamento delle emissioni di CO₂eq(Mt) con rappresentati i contributi cumulativi per singolo gas responsabile dell'effetto serra. Fonte dati: Rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. National Inventory Report 2021".

Il grafico rappresenta l'andamento delle emissioni in Italia, in milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, dal 1990 al 2019. Risulta essenziale utilizzare l'indicatore della CO₂ equivalente per poter effettuare qualsiasi tipo di valutazione in quanto il potenziale di riscaldamento globale (GWP) dei singoli gas serra è molto variabile e la conversione in CO₂ eq permette di poterne confrontare i valori. Si è assistito in generale ad una diminuzione del 19,4% delle emissioni totali di gas serra espressi in CO₂ equivalente all'interno di quest'arco di tempo ed in particolare la CO₂ ha presentato una diminuzione del 22,7%, leggermente superiore. Nella figura a seguire le emissioni di CO₂ sono suddivise a seconda del settore che le ha originate; risulta così immediato verificare come l'industria energetica ne sia una delle sorgenti principali.

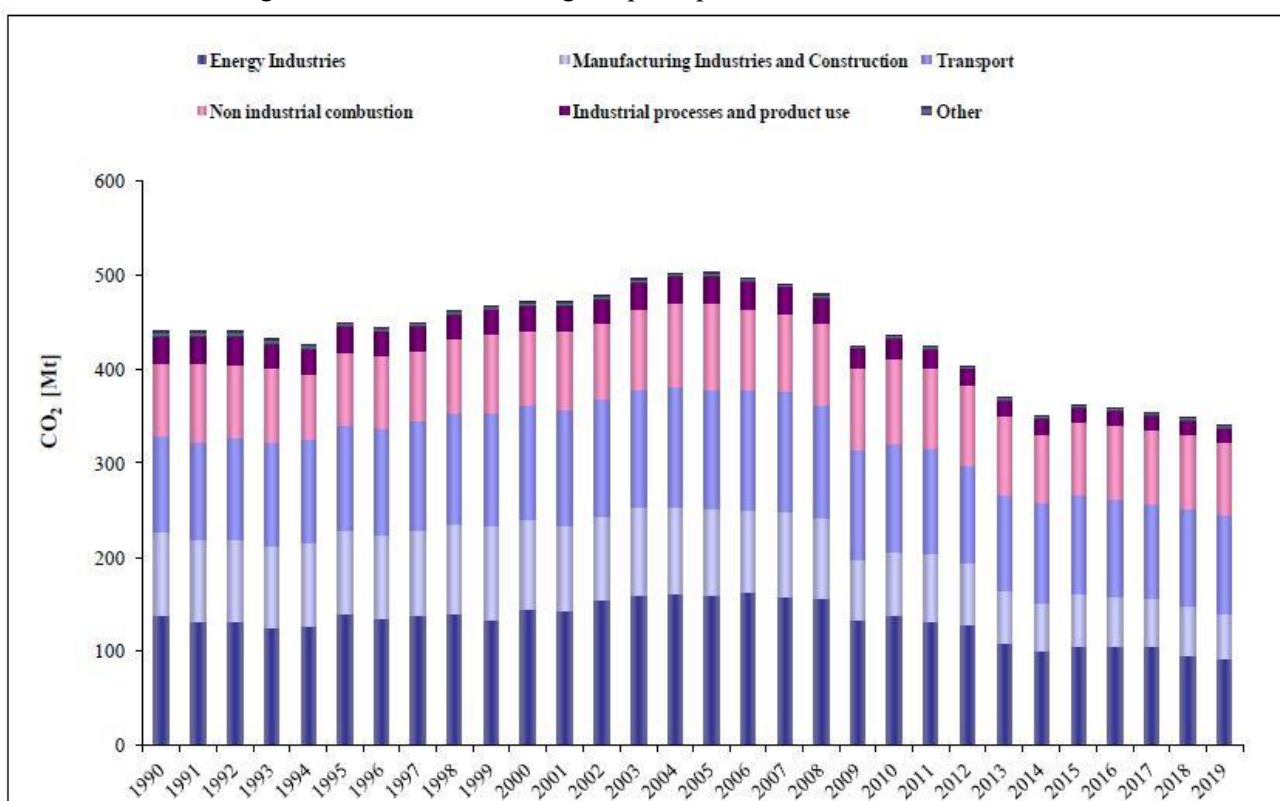


Figura 3.4 – Andamento delle emissioni di CO₂ (Mt) per macrosettore. Fonte dati: Rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. National Inventory Report 2021".

Andamenti decrescenti a livello nazionale accomunano anche le emissioni dei gas non serra, così come da evidenze presentate anche nelle dichiarazioni ambientali. Nel grafico a seguire sono mostrate le variazioni misurate dagli ossidi di zolfo (SO_x) nell'intervallo temporale oggetto di studio e già evidenziato in precedenza.

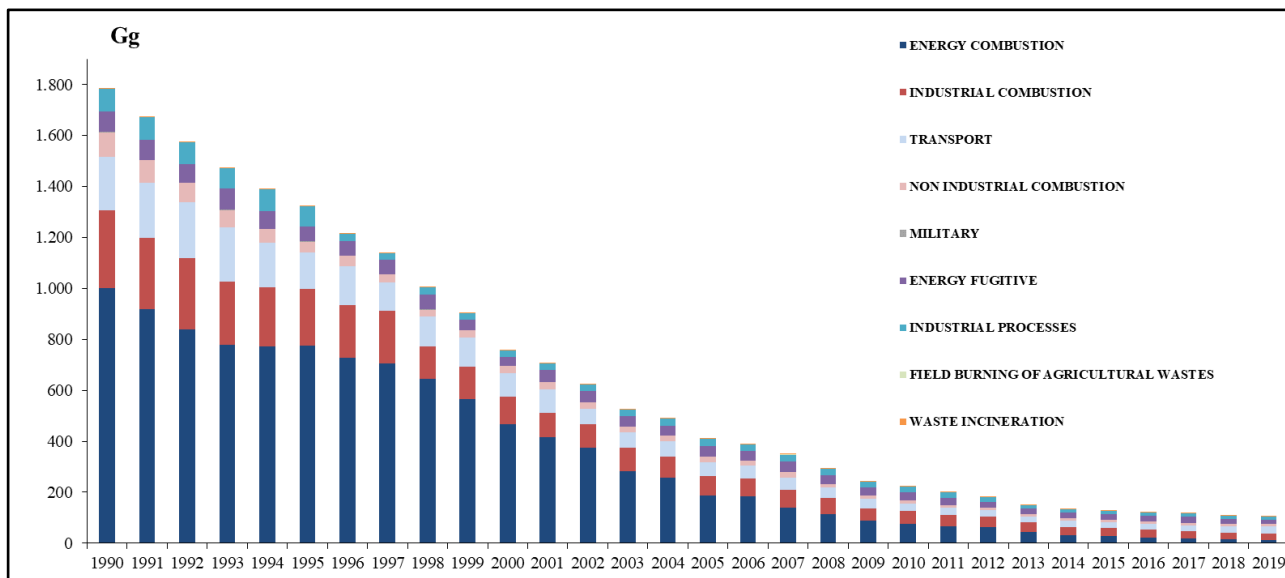


Figura 3.5 - Andamento delle emissioni di SOx in Italia per macrosettore. Fonte dati: Rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventory Report 2021".

La drastica diminuzione (-94,1% complessivamente nel trentennio analizzato) verificatasi è dovuta principalmente all'utilizzo di combustibili alternativi rispetto al carbone per la combustione e ad una rigorosa legislazione europea in merito al tenore di zolfo massimo consentito.

Simili andamenti vengono messi in mostra dagli ossidi di azoto (NOx).

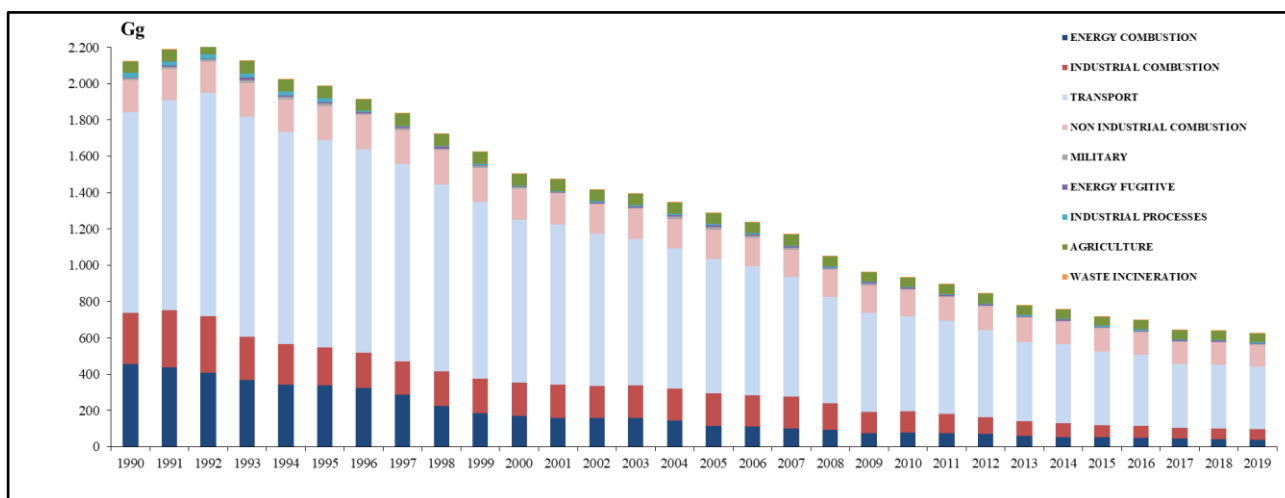


Figura 3.6 - Andamento delle emissioni di NOx in Italia per macrosettore. Fonte dati: Rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventory Report 2021".

La netta diminuzione (-70,4 % complessivamente nel trentennio analizzato) è dovuta soprattutto al miglioramento tecnologico nel settore del trasporto su strada.

Andamento generalmente in diminuzione anche per il Monossido di carbonio, infatti, malgrado la stazionarietà generale degli ultimi, anni i valori hanno subito una diminuzione del 68,7% complessivamente nel trentennio analizzato.

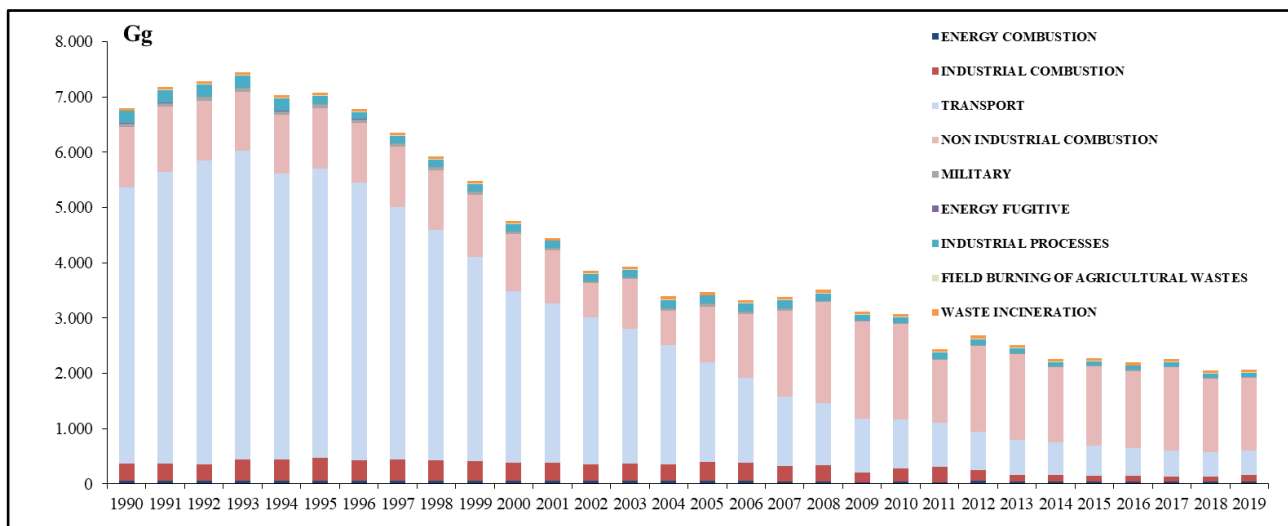


Figura 3.7 - Andamento delle emissioni di CO in Italia per macrosettore. Fonte dati: *Rapporto ISPRA "Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventory Report 2021"*.

Risultati buoni che mostrano i trend di miglioramento e che dimostrano l'efficacia generale degli sforzi combinati a livello dell'innovazione tecnologica e a livello legislativo.

3.4 Scelta del campione oggetto di studio e metodologia

Il campione in esame è stato estratto dalla banca dati dell'ISPRA contenente tutte le organizzazioni registrate EMAS adottando i seguenti criteri di selezione:

- 1) estrazione delle organizzazioni operanti nel settore della produzione di energia elettrica, con codice NACE 35.11;
- 2) selezione di tutte le organizzazioni che al 17/07/2021 presentano una Registrazione in corso di validità;
- 3) individuazione nella selezione ottenuta del campione, delle organizzazioni operanti nel settore della produzione di energia da fonti non rinnovabili.

In funzione di questi criteri di selezione si è ottenuto un campione costituito complessivamente da cinquanta organizzazioni operanti nel settore della produzione di energia da fonti fossili. Dal campione ottenuto preliminarmente è stata esclusa un'organizzazione, in quanto si trattava di una centrale in dismissione che nel periodo oggetto di studio (2011-2019) non aveva prodotto energia elettrica, per una seconda centrale, la numero 37 non è stato possibile ottenere i valori delle emissioni dal 2011 al 2015 poiché non aveva ancora conseguito la certificazione EMAS e perciò sono stati considerati nello studio solamente gli anni per i quali erano disponibili i dati; per un'altra centrale (la numero 38) facente parte del campione non è stato possibile ottenere i dati riferiti al 2019, ma solo quelli relativi agli anni precedenti e perciò, per giungere alle osservazioni sulle tendenze di andamento, sono stati considerati solamente gli anni dal 2011 al 2018. Altre centrali, allo stesso modo, non avevano dati per alcuni anni poiché non ancora registrate EMAS. Queste centrali sono le numero 40, 48 e 49 (solo l'anno 2011 mancante) e le numero 45 e 47, per le quali mancano gli anni 2011 e 2012; allo stesso modo degli esempi sopra riportati le valutazioni sono state eseguite usando i soli dati a disposizione; infine, si è deciso di procedere per la centrale, 15 e per la centrale 26, prelevando i dati mancanti delle emissioni di monossido di carbonio dai dati comunicati al registro EPRTR o dal sito del ministero della transizione ecologica dedicato alle VIA-AIA, poiché era l'unico modo di poter rinvenire questi dati.

Dopo aver organizzato il campione, si è passati ad un'analisi dettagliata delle Dichiarazioni Ambientali (DA) focalizzando l'attenzione sull'uso degli indicatori chiave relativi alle emissioni in atmosfera, espressi in tonnellate di CO₂ equivalente per i gas serra e in tonnellate per i gas non serra. L'indicatore principale utilizzato per la valutazione degli andamenti complessivi delle emissioni di anidride carbonica è quello delle emissioni specifiche, ottenuto dal rapporto fra le emissioni in atmosfera di CO₂ (esprese in tonnellate), e la rispettiva produzione energetica di ogni centrale (espressa in GWh), in modo da poter confrontare con semplicità le emissioni liberate rispetto ai quantitativi energetici prodotti, indipendentemente da differenze tecnologiche, taglia dell'impianto, tecnologia utilizzata, numero di ore di funzionamento o numero di cicli accensione-spegnimento. Il campione oggetto di studio risulta di una certa consistenza alla luce dei dati misurati delle

emissioni: infatti, nel triennio considerato, il campione di 49 aziende ha realizzato in media ben il 14,57% delle emissioni totali nazionali di CO₂; alla luce del fatto che sul territorio nazionale siano presenti, al 2018, un numero di 4779 aziende con potenza nominale superiore a 200kW (Fonte dati TERNA, 2018) è facile realizzare come la scelta del campione sia stata operata identificando opportunamente centrali di una certa rilevanza produttiva ed emissiva; fra queste, le centrali a carbone analizzate nel campione, in numero di sette, rappresentano una quota parte emissiva di una certa rilevanza, in quanto, nell'arco di tempo considerato, hanno da sole rappresentato mediamente il 9,16% delle emissioni totali nazionali di CO₂. La metodologia sopra descritta è stata successivamente applicata anche all'analisi delle emissioni specifiche delle singole centrali del campione per altri tre gas: il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo. Si è inoltre provveduto a stratificare il campione dividendo le organizzazioni per tecnologia produttiva prevalentemente utilizzata nel tentativo di caratterizzare le emissioni liberate in atmosfera anche in funzione delle tecnologie utilizzate. Al solo fine di rendere leggermente meno complessa questa suddivisione si è optato per operare una distinzione solamente fra centrali a carbone, centrali a ciclo combinato a gas naturale e centrali di cogenerazione. Va tuttavia precisato che la distinzione adoperata non sia da intendersi come del tutto rigida, in quanto talvolta le centrali presentano parti dell'impianto di produzione addette a sfruttare altre fonti energetiche ed in particolare gli impianti di cogenerazione presentano una variabilità piuttosto consistente fra loro, sfruttando le più disparate combinazioni di fonti e tecnologie nella produzione di elettricità e calore. È, infine, opportuno chiarire che il campione oggetto del presente studio non possa essere definito statistico in quanto il gruppo di organizzazioni individuato è stato selezionato in modo ben preciso e non per rappresentare statisticamente tutta la popolazione delle organizzazioni con registrazione EMAS.

I risultati ottenuti vengono riportati e commentati nel capitolo successivo, accompagnati da un numero consistente di grafici riassuntivi.

3.5 Elaborazione dati e verifica del miglioramento delle organizzazioni EMAS

Gli esiti del lavoro di analisi svolto vengono esposti nel presente capitolo, insieme ad una serie di commenti ed osservazioni esplicative di vario genere. Ai fini della valutazione del miglioramento è stato scelto di dividere in scaglioni progressivi i risultati ottenuti dopo aver calcolato la variazione (sia in positivo che in negativo) fra il 2011 e il 2019 delle emissioni specifiche in percentuale; così facendo per l'intero campione è stato possibile stratificare il numero delle centrali in quattro differenti categorie in base al valore delle diminuzioni o degli incrementi percentuali delle emissioni specifiche, variazioni:

- minori al 5%,
- comprese fra il 5 ed il 10%,
- comprese fra il 10% ed il 15%,
- superiori al 15%.

Per semplicità di analisi e motivi di tempo sono stati adoperati gli stessi scaglioni per tutti e quattro i parametri emissivi considerati, consapevoli del fatto che un'analisi più raffinata potrebbe richiedere di utilizzare valori differenti per ciascun parametro, nonché essendo a conoscenza del fatto che le variazioni di emissioni possano risultare notevolmente differenti fra i vari gas, con particolare riferimento alla CO, gas per il quale i valori di emissioni sono particolarmente influenzati dalle condizioni di esercizio, come verrà evidenziato nella corrispondente parte del lavoro.

Sono state eseguite analisi e comparazioni sugli andamenti delle emissioni per i quattro gas oggetto di studio: CO₂, NO_x, CO e SO_x, sia considerando l'interesse del campione in un primo momento sia, in un secondo momento, stratificando il campione in base alla tipologia di tecnologia utilizzata per generare energia elettrica; così facendo le quarantanove centrali costituenti il campione sono state divise in tre macro gruppi tecnologici: le centrali a carbone, le centrali a ciclo combinato a gas naturale e le centrali di cogenerazione. I primi due gruppi presentano una certa uniformità impiantistica e perciò non risulta necessario procedere ad ulteriori stratificazioni del campione, al contrario le centrali di cogenerazione possono presentare una variabilità intrinseca molto maggiore dovuta da una parte alla tecnologia utilizzata per la generazione di energia elettrica e, dall'altra parte, alle numerose combinazioni che si possono formare con le tecnologie di generazione dell'energia termica. Nel caso specifico, tuttavia, non è stato necessario operare una ulteriore divisione del campione, in quanto le centrali di cogenerazione facenti parte dello studio sfruttano per la quasi totalità la tecnologia del ciclo combinato a gas naturale per poter poi operare anche la cogenerazione; solamente due di queste centrali: la numero 5 e la numero 37 sfruttano, rispettivamente, impianti combinati di gas e carbone e gas e biomasse all'interno del processo produttivo e perciò si è preferito procedere con approfondimenti

specifici per le due centrali, quando necessario, all'interno delle valutazioni generali per le centrali di cogenerazione.

Nel complesso il campione, rispetto al totale di 49 elementi, è costituito da:

- 7 centrali a carbone (14,29% sul totale),
- 24 centrali a ciclo combinato (48,98% del totale) e
- 18 centrali di cogenerazione (36,73% del totale).

Delle 18 centrali di cogenerazione, 16 sfruttano il ciclo combinato per la cogenerazione (88,89% sul totale delle centrali di cogenerazione), mentre solo 2 (11,11% sul totale delle centrali di cogenerazione) sfruttano, oltre al ciclo combinato alimentato a gas naturale, anche altri sistemi per la cogenerazione, nella fattispecie una delle due brucia carbone, mentre l'altra utilizza biomassa legnosa.

3.5.1 Emissioni di CO₂

Le 49 organizzazioni considerate non costituiscono un numero particolarmente rilevante rispetto al totale delle centrali operanti sul territorio nazionale: infatti su un totale di 4779 operatori con potenza attiva nominale superiore a 200 kW (Fonte dati: Terna, 2018) il campione rappresenta solo l'1,03% del totale, ma, d'altro canto, rappresentano una percentuale rilevante in fatto di emissioni di anidride carbonica in atmosfera, sempre, negli anni, superiori al 10% del totale nazionale, come riassunto nella tabella a seguire:

Tabella 3.2 - Emissioni cumulate di CO₂ delle centrali analizzate nello studio, elaborazioni su dati ISPRA.

	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
Totale emissioni annue delle organizzazioni certificate (t)	60.615.1 74,74	58.758.1 21,66	56.889.1 81,19	50.270.3 15,65	50.568.0 60,96	55.355.6 08,76	54.967.1 71,09	49.597.8 22,80	45.128.1 92,57
Emissioni totali italiane annue (t)	424.277. 530	403.447. 210	369.834. 340	349.581. 750	361.302. 480	358.060. 740	352.849. 910	349.020. 450	339.772. 170
Rapporto in percentuale rispetto al totale delle emissioni italiane:	14,29%	14,56%	15,38%	14,38%	14,00%	15,46%	15,58%	14,21%	13,28%
Emissione specifica media (t/Gwh):	469,43	478,85	476,51	473,88	492,58	470,35	459,92	461,32	461,85

Le emissioni medie totali di CO₂, durante i nove anni considerati, si attestano su un valore del 14,57%, ovvero poco più del decuplo rispetto alla numerosità percentuale del campione rispetto al totale delle centrali operanti sul territorio nazionale. Di particolare rilevanza, poi, risultano i valori delle emissioni totali delle sole centrali a carbone: quest'ultime, pur rappresentando solo il 14,29% della numerosità campionaria hanno realizzato da sole più del 50% delle emissioni campionarie dal 2011 al 2018, mentre, per il 2019 ciò non è avvenuto di poco a causa, principalmente, del fatto che sono entrate in funzione di meno rispetto alle annate precedenti. Questi dati sono esplicitati nella tabella a seguire:

Tabella 3.3 - Emissioni cumulate di CO₂ delle centrali a carbone, elaborazione su dati ISPRA.

	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019
Totale emissioni annue delle sole centrali a carbone (t)	38.535.4 22,00	38.527.3 83,00	39.534.4 99,00	37.065.9 15,00	34.884.2 62,50	35.167.8 43,00	31.492.6 38,00	27.899.0 19,00	20.661.8 06,00
Rapporto in percentuale rispetto al totale delle emissioni italiane:	9,08%	9,55%	10,69%	10,60%	9,66%	9,82%	8,93%	7,99%	6,08%

In generale si può osservare come le emissioni totali delle sette centrali a carbone abbiano rappresentato in media il 9,16% delle emissioni totali nazionali di anidride carbonica nei nove anni considerati. A seguire viene riportato il grafico riassuntivo complessivo delle emissioni totali di anidride carbonica nel periodo considerato:

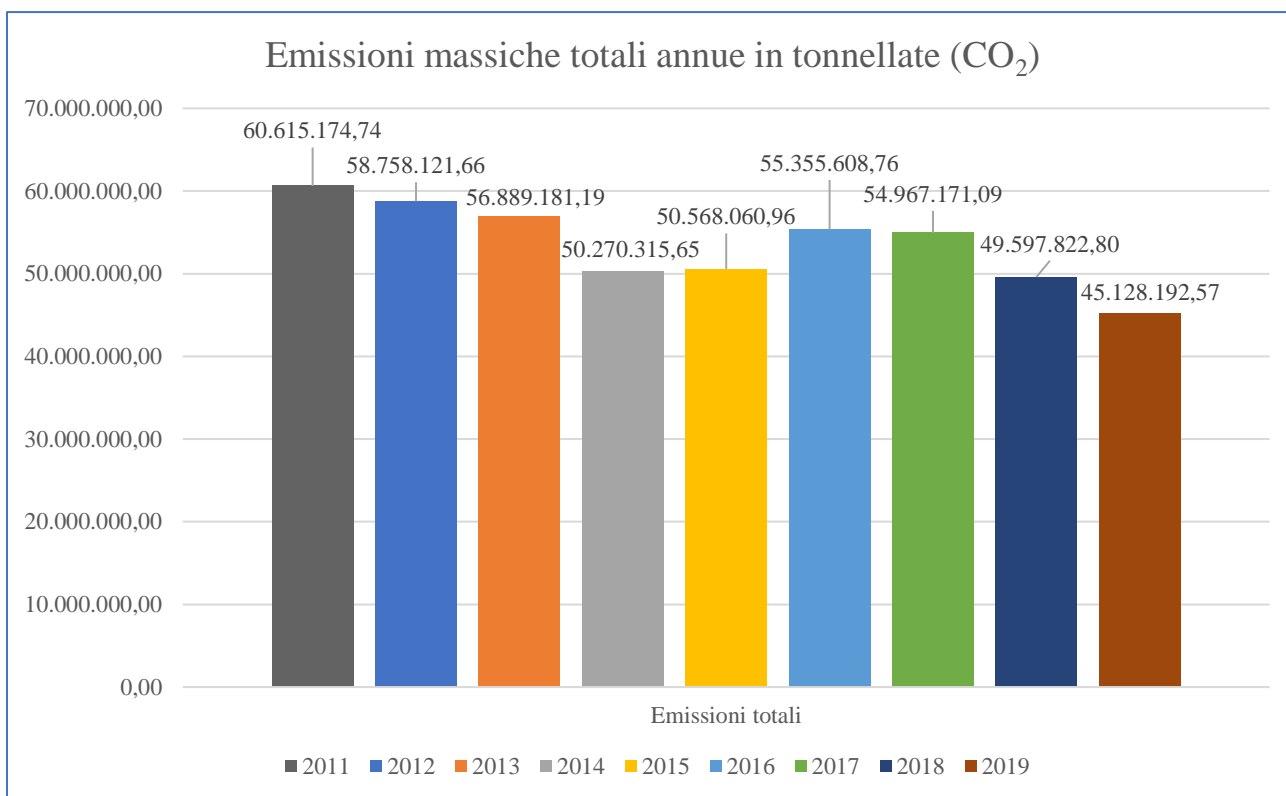


Figura 3.8 - Emissioni totali annue in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di CO₂.

Il grafico precedente presenta un andamento delle emissioni che mostra una decisa diminuzione delle stesse, infatti nell'arco di nove anni i quantitativi di CO₂ sono diminuiti di circa un quarto, risultato ottenuto malgrado la parziale risalita avvenuta fra 2016 e 2017.

I dati sulle emissioni totali di CO₂ sono stati riportati in tutte le dichiarazioni ambientali con le poche eccezioni riportate precedentemente. Di seguito vengono presentati i grafici delle emissioni totali in atmosfera nell'arco di tempo oggetto dello studio e quello delle emissioni specifiche medie, rapportate al numero di anni per i quali, effettivamente, erano presenti dati.

Dal primo grafico (Figura 3.9), che riporta la somma delle emissioni per gli anni considerati e per singola centrale, è possibile immediatamente verificare che i dati presentano nel complesso una certa uniformità, ad esclusione di un certo numero di valori di picco, corrispondenti soprattutto alle centrali a carbone, come verrà evidenziato più nel dettaglio nel seguito dell'analisi. Va inoltre osservato che le centrali a ciclo combinato presentano fra sé emissioni specifiche pressappoco analoghe, come evidenziato successivamente, ad esclusione della centrale numero 12, i cui valori di picco sono stati motivati dal fatto di aver prodotto un quantitativo di energia particolarmente basso per volontà del gestore energetico: aver fatto lavorare a regime le macchine per meno ore ha comportato un innalzamento generale delle emissioni specifiche di CO₂, rispetto alle normali condizioni di utilizzo. Le percentuali di variazione, calcolate rispetto ai nove anni considerati sono evidenziate nei paragrafi successivi, nei quali vengono riportati i risultati delle analisi per i vari sottocampioni stratificati in base alla tecnologia.

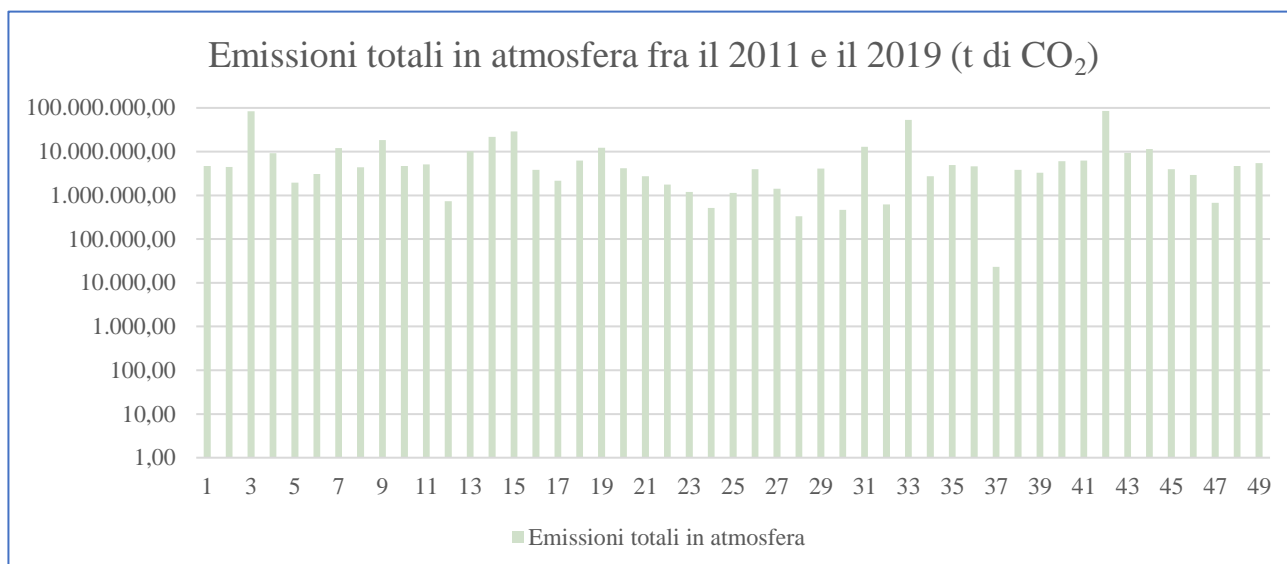


Figura 3.9 - Emissioni in atmosfera cumulate, espresse in scala logaritmica in base 10, sul periodo osservato, per ogni centrale, in tonnellate di CO₂.

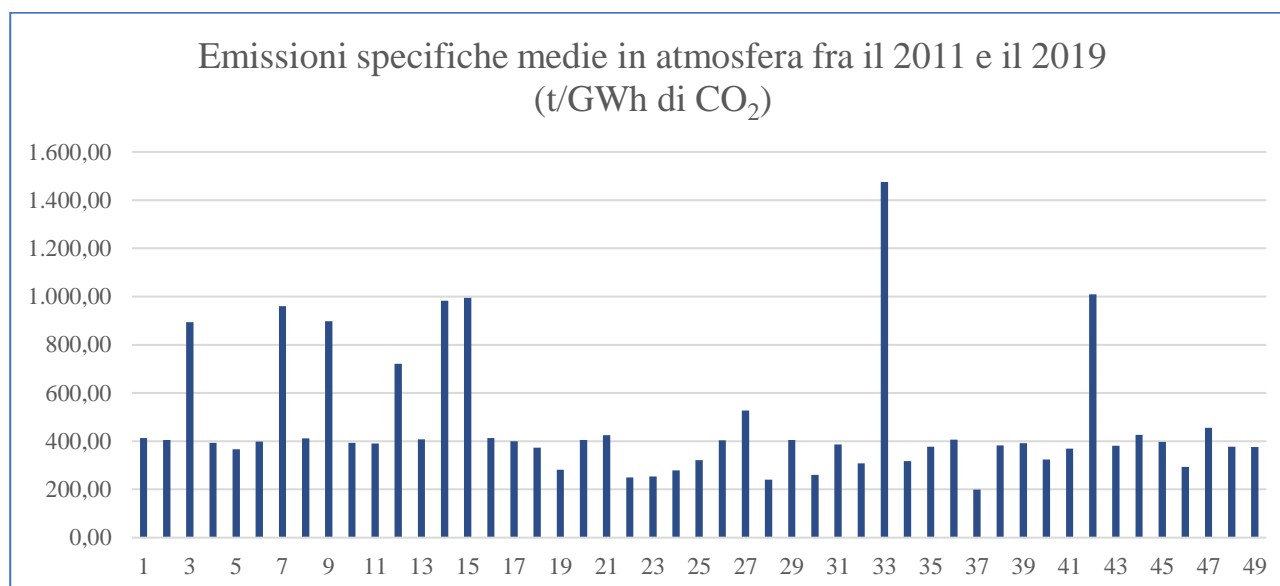


Figura 3.10 - Emissioni specifiche in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di CO₂, valori medi sul periodo osservato.

In base al criterio già discusso precedentemente, è stato calcolato il numero di organizzazioni che, alla fine dei nove anni, ha riportato miglioramenti o peggioramenti e questi sono stati stratificati sulla base del valore assoluto in percentuale degli stessi, così come è mostrato nella tabella a seguire:

Tabella 3.4 - Divisione delle centrali sulla base delle variazioni effettive delle emissioni specifiche di CO₂.

	Numero di centrali	Percentuale sul totale
Miglioramenti entro il 5% =	18,00	36,73%
Miglioramenti fra il 5% e il 10% =	5,00	10,20%
Miglioramenti fra il 10% e il 15% =	2,00	4,08%
Miglioramenti superiori al 15% =	3,00	6,12%
Peggioramenti entro il 5% =	14,00	28,57%
Peggioramenti fra il 5% e il 10% =	3,00	6,12%
Peggioramenti fra il 10% e il 15% =	0,00	0,00%
Peggioramenti superiori al 15% =	4,00	8,16%

Nella tabella a seguire sono riassunti i principali parametri statistici che sono stati calcolati:

Tabella 3.5 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO₂ per il campione completo.

Varianza del campione completo =	0,0134
Variazione media del campione completo =	-1,1297%
Deviazione standard del campione completo =	0,1159

Nel complesso le centrali hanno registrato una diminuzione media delle emissioni, per quanto di scarsa entità; tuttavia, ciò si è realizzato a fronte di un aumento complessivo delle emissioni per le centrali a carbone ed una diminuzione generalizzata per le altre tecnologie.

In generale, risulta che 28 centrali abbiano migliorato le prestazioni (57,14% del totale) e 21 le abbiano peggiorate (42,86% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

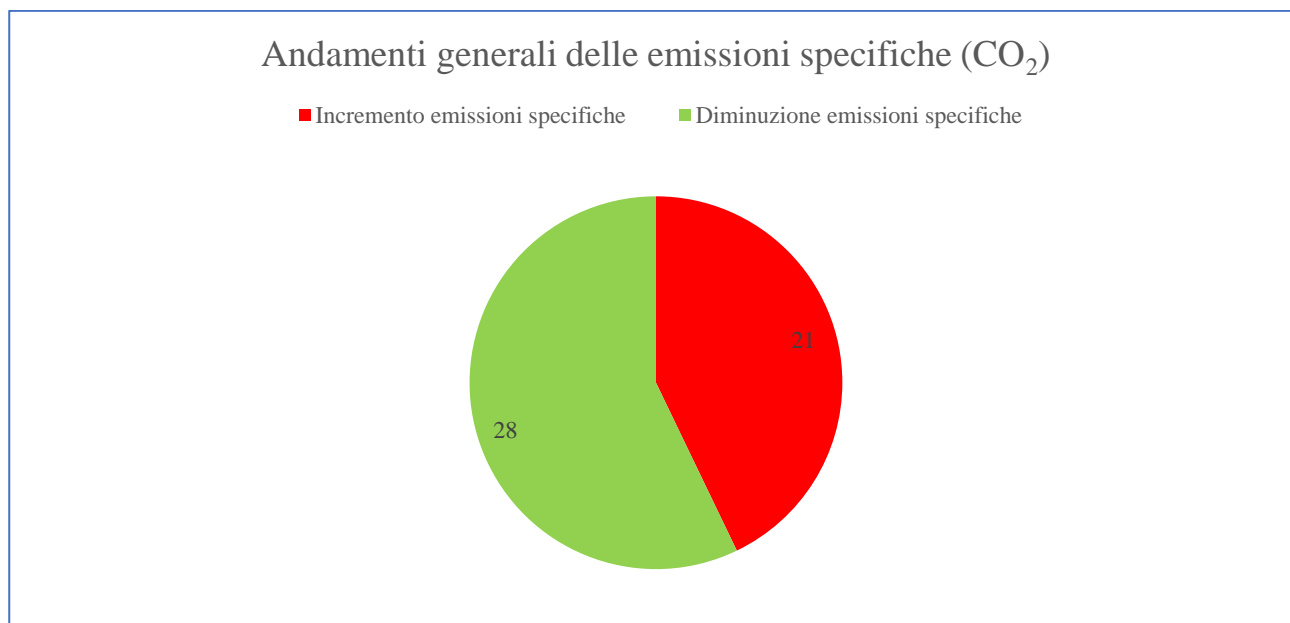


Figura 3.11 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche del campione completo.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO₂ delle centrali certificate EMAS hanno ottenuto un miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in diminuzione, sia considerando il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Si procede a questo punto ad effettuare le medesime analisi per le varie parti del campione stratificato per tecnologia, in modo da evidenziare informazioni più dettagliate.

Come già mostrato in precedenza, le centrali a carbone, pur costituendo una parte minoritaria del campione, sono responsabili di una parte consistente delle emissioni; nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera specifiche delle sole sette centrali a carbone presenti:

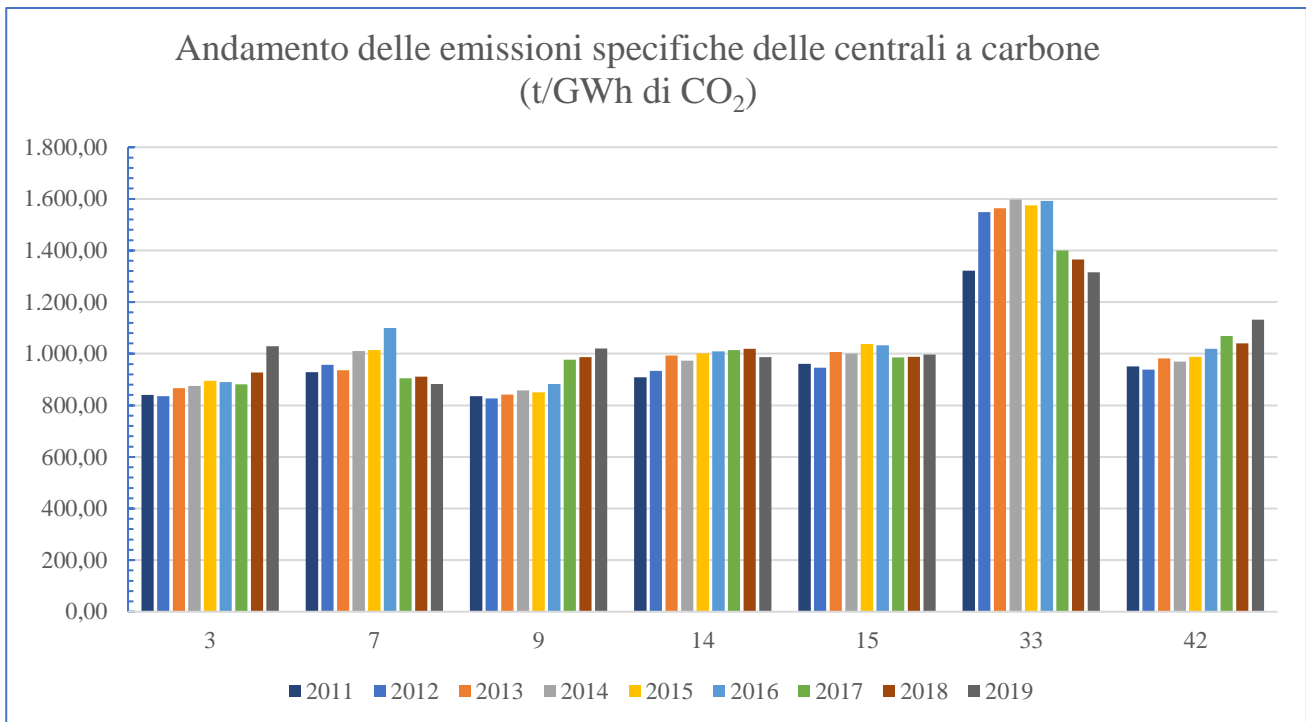


Figura 3.12 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO₂ delle centrali a carbone.

I risultati mostrati dall'analisi statistica nella tabella sottostante evidenziano una variabilità generale alquanto accentuata a fronte di un incremento medio superiore al 10%, formando, nel complesso, il sottocampione che ha registrato i peggiori andamenti in fatto di emissioni in atmosfera di anidride carbonica.

Tabella 3.6 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali a carbone.

Varianza delle centrali a carbone =	0,0128
Variazione media delle centrali a carbone =	10,0919%
Deviazione standard delle centrali a carbone =	0,1130

Va, tuttavia, evidenziato come la variabilità campionaria degli andamenti sia particolarmente accentuata, in quanto due delle centrali sono riuscite ad ottenere diminuzioni, in un caso anche consistenti, dei quantitativi emessi; risultati interessanti, ma pur sempre inferiori in valore assoluto rispetto agli aumenti realizzati da altre cinque centrali. Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a carbone sono rappresentati nel grafico a seguire:

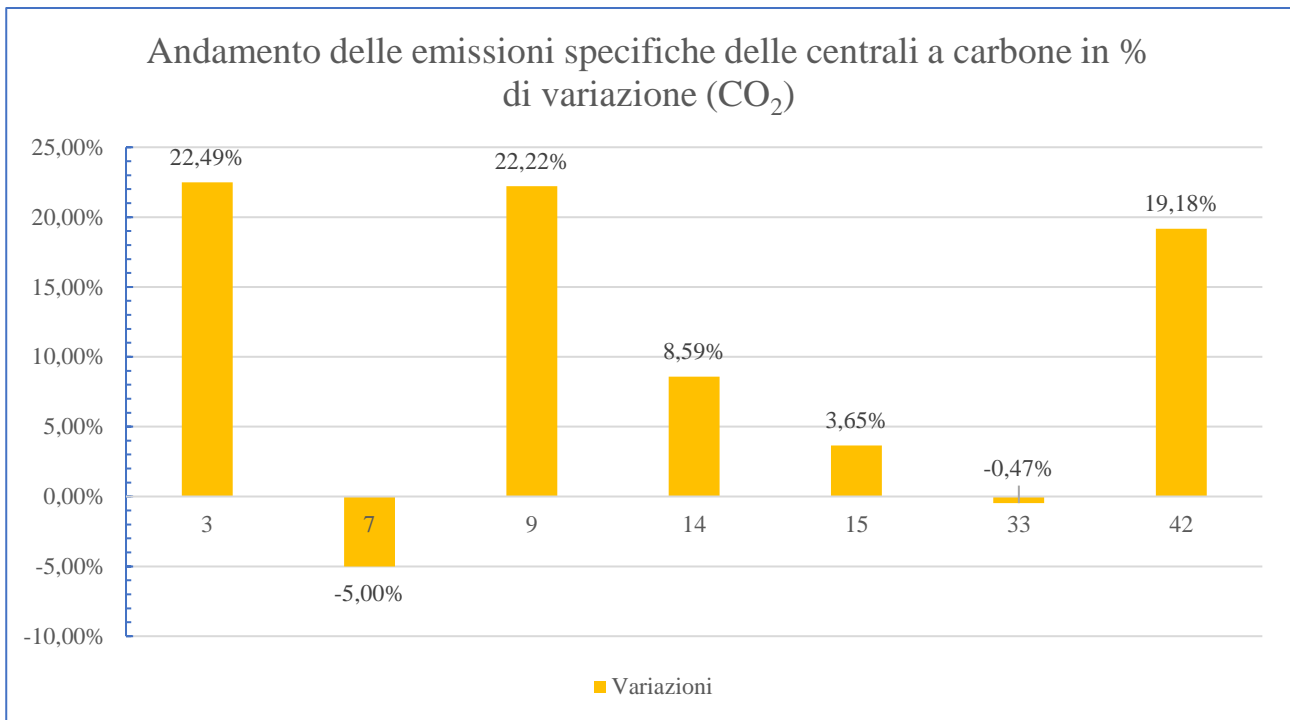


Figura 3.13 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali a carbone (2019 sul 2011).

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come la tendenza generalizzata all'aumento delle emissioni sia particolarmente evidente, come era già anche stato evidenziato dai parametri statistici relativi presentati precedentemente. Quattro delle sette centrali, ovvero il 57,14% del sottocampione ha presentato variazioni delle emissioni specifiche comprese entro il 9%, sia in aumento che in diminuzione, mentre le centrali numero 3, 9 e 42 hanno visto aumentare le proprie emissioni di almeno il 19% costituendo, perciò, *outlier* di un certo interesse. La variazione più consistente della centrale numero 3 è stata giustificata nella DA con la riduzione del funzionamento dell'impianto e, conseguentemente, con la variazione delle modalità di funzionamento dello stesso così come richieste dalla rete, ovvero dal maggior numero di avviamenti; l'aumento del funzionamento delle ore in transitorio e non in regime ha causato un generale peggioramento delle prestazioni anche per le altre centrali.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 2 centrali hanno migliorato le prestazioni (28,57% del totale) e 5 le hanno peggiorate (71,43% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

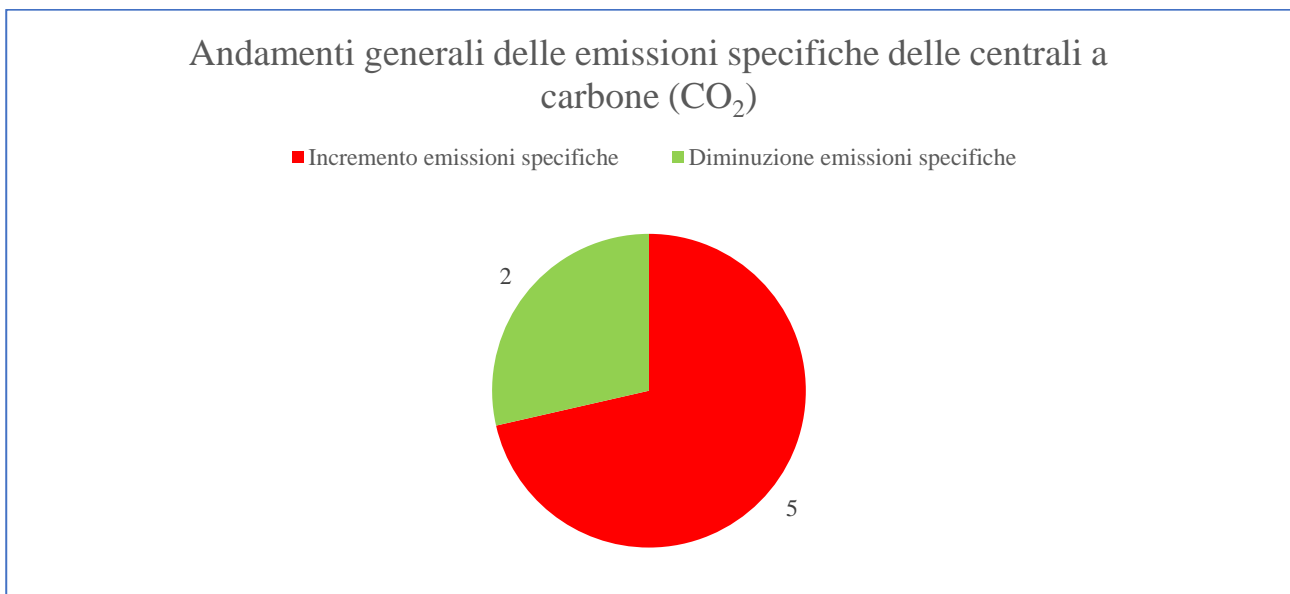


Figura 3.14 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a carbone.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO₂ delle centrali a carbone certificate EMAS hanno ottenuto un deciso peggioramento complessivo, in quanto è stato rilevato un peggioramento di consistente entità degli andamenti medi delle emissioni ed inoltre il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti è inferiore rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Le centrali a ciclo combinato incluse nel campione presentano emissioni nette e specifiche di anidride carbonica inferiori rispetto alle centrali a carbone e generalmente più uniformi, con due eccezioni ben visibili, quelle della centrale numero 12 e quella della centrale numero 27. Con ventiquattro centrali, il ciclo combinato rappresenta, inoltre, la tecnologia predominante all'interno del campione. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle centrali a ciclo combinato considerate:

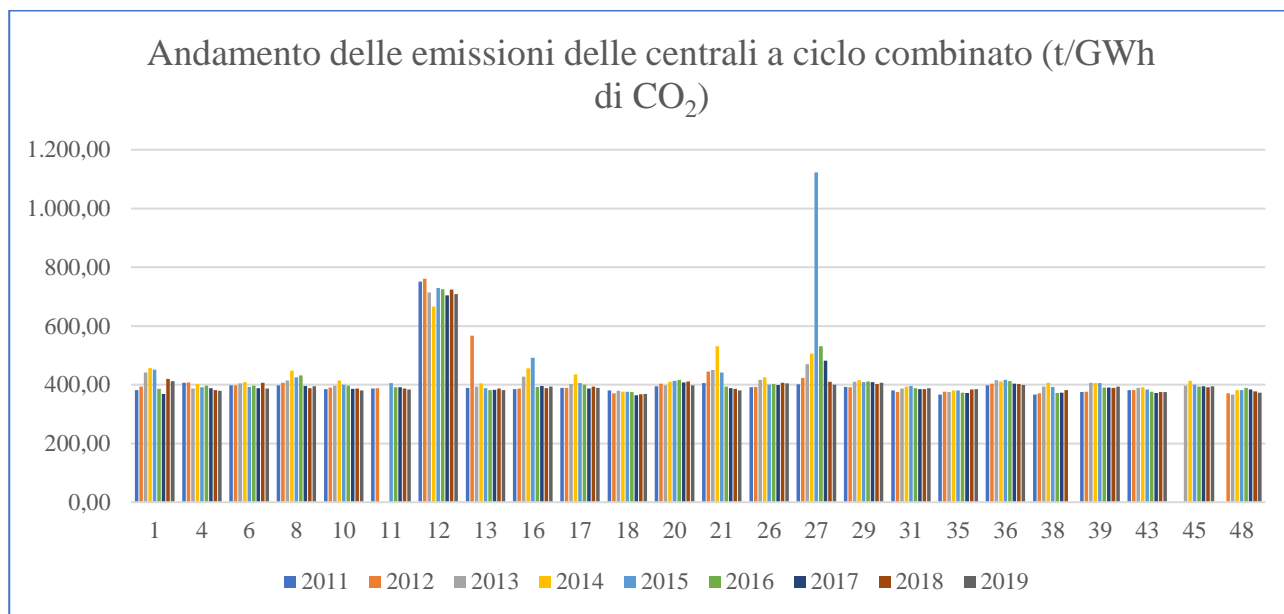


Figura 3.15 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO₂ delle centrali a ciclo combinato.

Nel complesso, il sottocampione ha registrato risultati praticamente stazionari, denotando un incremento minimo in fatto di emissioni in atmosfera di anidride carbonica, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.7 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali a ciclo combinato.

Varianza delle centrali a ciclo combinato =	0,0013
Variazione media delle centrali a ciclo combinato =	0,1224%
Deviazione standard delle centrali a ciclo combinato =	0,0365

I risultati mostrati dall'analisi statistica evidenziano una variabilità generale contenuta, come già accennato, presentando il sottocampione con la minore varianza campionaria calcolata rispetto a tutti gli altri, accompagnandolo con un incremento medio delle emissioni, di circa lo 0,12%; ciò mostra le difficoltà che si realizzano nell'ottenere ulteriori miglioramenti dopo aver implementato una delle migliori tecnologie esistenti sul mercato. I risultati decisamente meno eclatanti della centrale numero 12, caratterizzati da emissioni specifiche nell'ordine delle 700 t/GWh, a differenza di quasi tutte le altre, caratterizzate da emissioni specifiche nell'ordine delle 400 t/GWh sono da ricondurre, secondo la rispettiva DA, all'elevato numero di cicli di accensione e spegnimento, nonché alla drastica diminuzione della produzione, come da pianificazione del gestore per l'energia. Il risultato che spicca maggiormente, rispetto a tutti gli altri, tuttavia, risulta essere il valore di picco della centrale numero 27 registrato nell'anno 2015; ciò è stato ottenuto poiché nell'anno la centrale ha diminuito notevolmente la produzione, in seguito ad un prolungato periodo di manutenzione, i valori sono rientrati nella norma già a partire dall'anno successivo. Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a ciclo combinato sono rappresentati nel grafico a seguire:

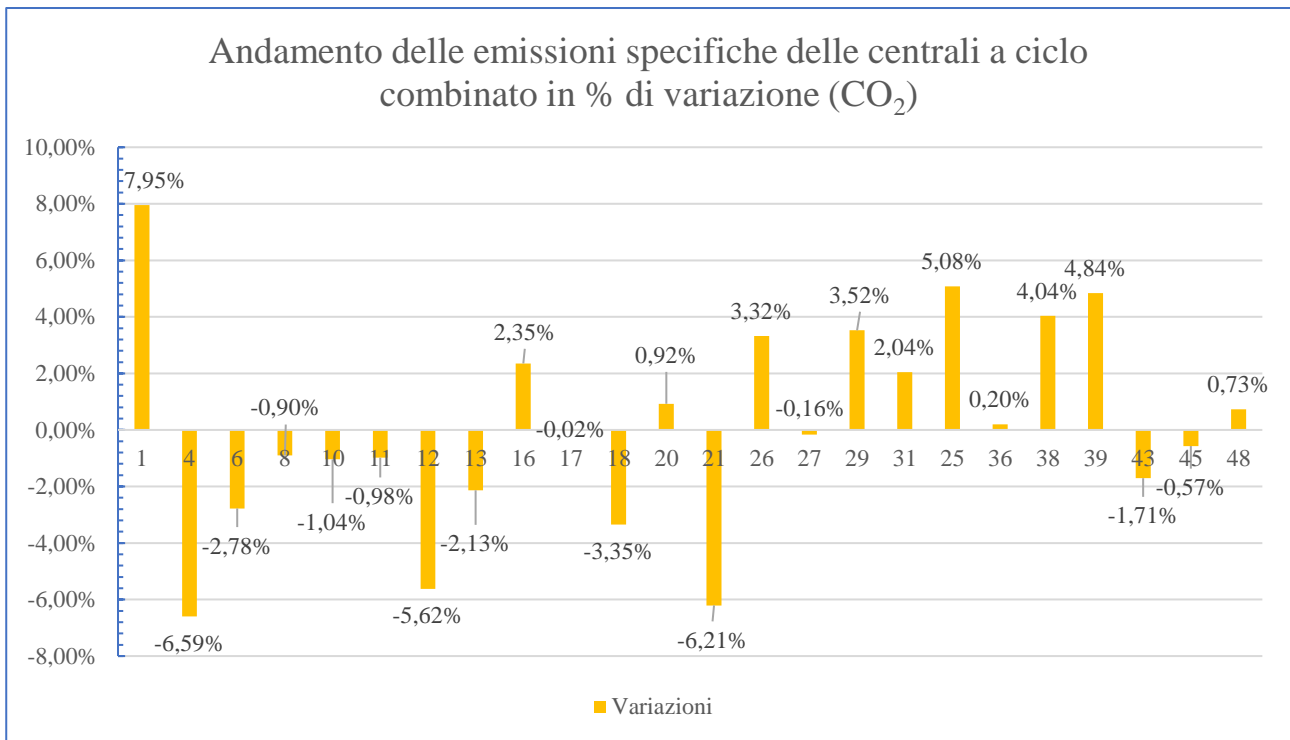


Figura 3.16 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali a ciclo combinato (2019 sul 2011).

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come le variazioni degli andamenti siano comprese entro il 6% per 21 elementi su 24 (ovvero esattamente l'87,5% del campione), mentre i restanti tre elementi (ovvero esattamente il 12,5% del campione) costituiscono degli outlier dipendenti dalle condizioni operative delle centrali. Nel dettaglio:

- la centrale numero 1 ha visto un notevole incremento delle emissioni specifiche, principalmente in relazione all'aumento del numero di avviamenti richiesti, che comportano una maggiore emissione complessiva per la fase di transitorio sotto il minimo tecnico e sono la causa dell'aumento consistente delle emissioni;
- le centrali numero 4 e 12, al contrario, hanno diminuito le emissioni grazie ad un'ottimizzazione del processo di combustione in seguito ad un consistente aumento di produzione.

In generale, risulta che 13 centrali abbiano migliorato le prestazioni (il 54,17% del totale) e 11 le abbiano peggiorate (il 45,83% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

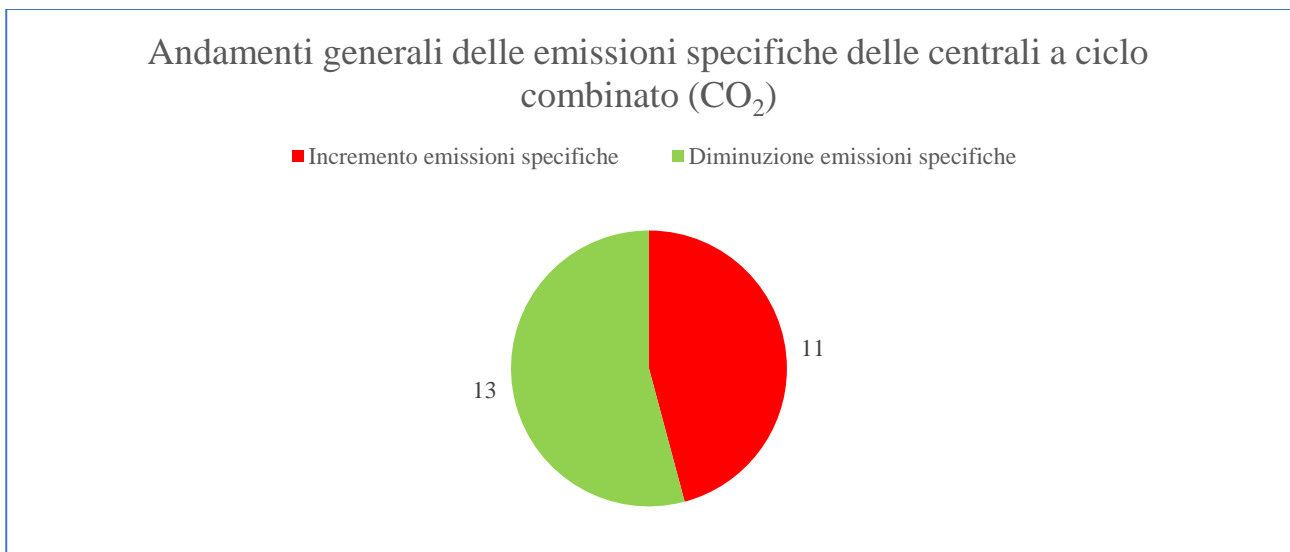


Figura 3.17 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO₂ delle centrali a ciclo combinato certificate EMAS hanno ottenuto un sostanziale risultato di stazionarietà, poiché, considerando gli andamenti medi delle emissioni, si registra un leggero incremento, mentre il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti risulta leggermente superiore rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Le centrali di cogenerazione presentano emissioni ben più variegata, anche a causa del fatto che sfruttano le più disparate combinazioni di combustibili per la cogenerazione di calore a volte, ottenendo risultati con una variabilità intermedia fra quella delle centrali a carbone e quelle a ciclo combinato; a fronte di una variabilità intermedia i risultati medi denotano una ben più marcata diminuzione delle emissioni specifiche. Come già evidenziato all'inizio del capitolo non si è ritenuto necessario operare una ulteriore distinzione fra le centrali di cogenerazione in quanto la maggior parte di queste sfrutta un impianto a ciclo combinato per la generazione di energia elettrica e le due eccezioni verranno esaminate successivamente nel dettaglio. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle diciotto centrali di cogenerazione presenti:

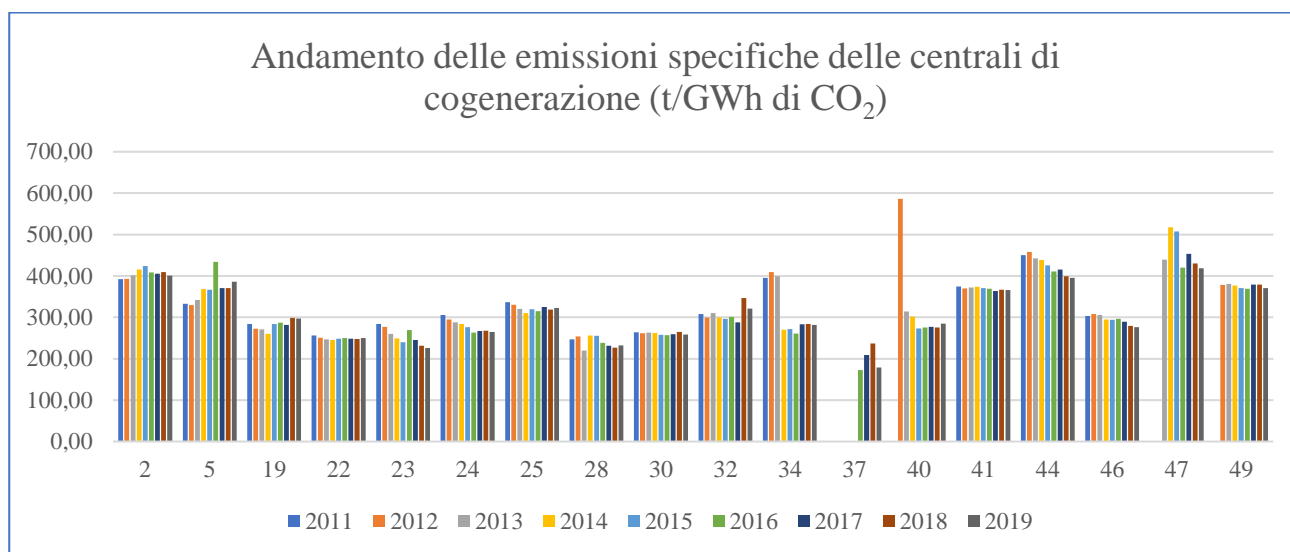


Figura 3.18 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO₂ delle centrali di cogenerazione.

Nel complesso, il sottocampione ha registrato risultati molto buoni in fatto di emissioni in atmosfera di anidride carbonica, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.8 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali di cogenerazione.

Varianza delle centrali di cogenerazione =	0,0224
Variatione media delle centrali di cogenerazione =	-7,1632%
Deviazione standard delle centrali di cogenerazione =	0,1495

I valori ricavati denotano una certa variabilità del campione; in compenso la tendenza generale alla diminuzione delle emissioni è, in questo caso molto più consistente, attestandosi su una media di diminuzione di poco superiore al 7%, ciò è dovuto sia all'utilizzo ottimale del ciclo combinato sia all'aumento di efficacia ed efficienza dell'impiantistica di cogenerazione.

Risulta interessante notare come, in generale, i valori delle emissioni specifiche siano confrontabili con quelli delle centrali a ciclo combinato, ovvero nell'ordine delle 400 t/GWh di emissioni specifiche ad esclusione di due centrali che hanno ottenuti risultati mediamente peggiori (corrispondenti all'11,11% del totale) e che una parte consistente del sottocampione (nove centrali su diciotto, ovvero il 50%) sia riuscita ad ottenere risultati migliori, scendendo sotto le 300 t/GWh di emissioni specifiche, grazie ad un efficientamento più accentuato del processo. Le centrali 5 e 37 che utilizzano altri combustibili per la cogenerazione risultano avere gli andamenti delle emissioni specifiche in peggioramento in entrambi i casi, ma la centrale 5 presenta comunque dei valori numerici in linea con le altre centrali, mentre la centrale 37 presenta dei valori di emissioni specifiche inferiori rispetto alle altre centrali del sottocampione.

I valori di variazione delle centrali di cogenerazione sono rappresentati nel grafico a seguire:

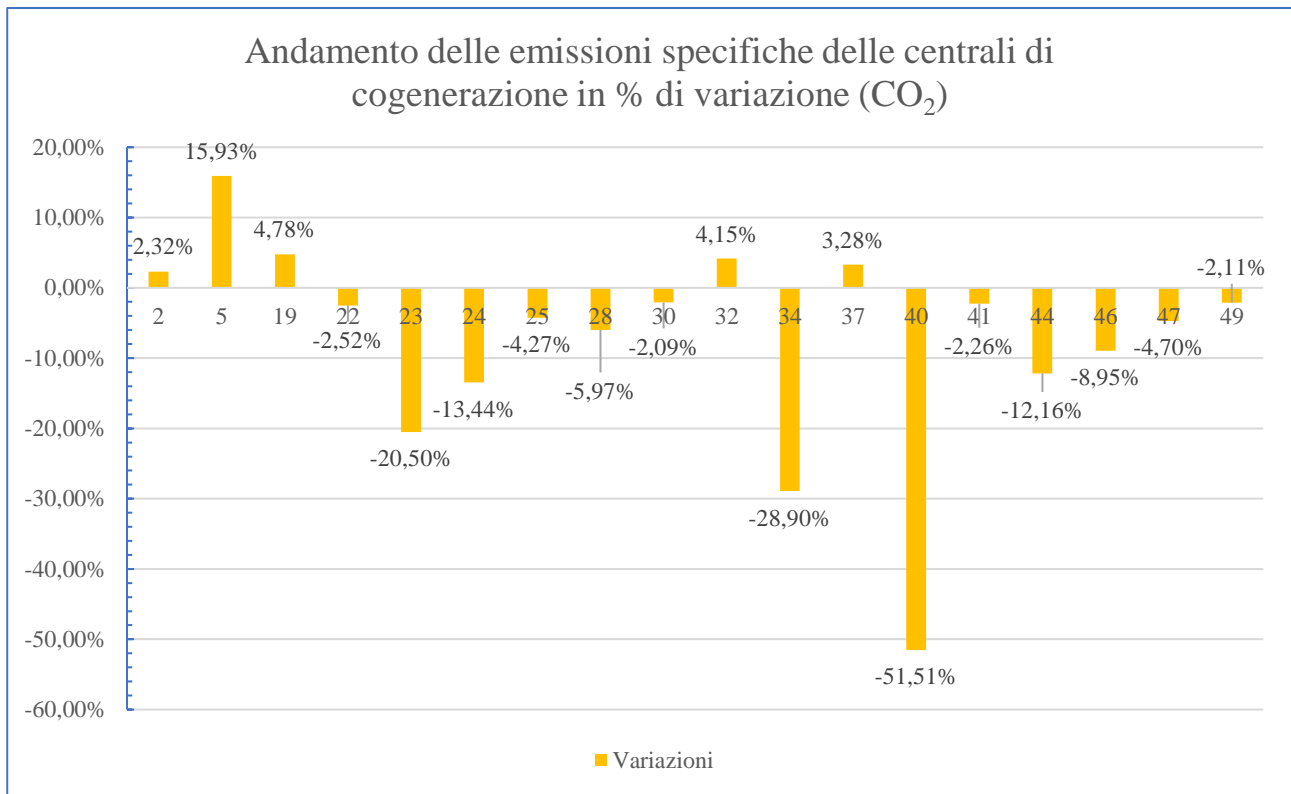


Figura 3.19 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO₂ per le centrali di cogenerazione.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota che 11 su 18 elementi (ovvero il 61,11% del campione) presentano una variazione delle emissioni entro il 6%, mentre i restanti 7 elementi costituiscono *outlier* legati alle condizioni operative:

- La centrale numero 23 è riuscita a diminuire le emissioni di più del 20% probabilmente grazie agli interventi di efficientamento delle caldaie di recupero e alle modifiche impiantistiche atte a ridurre le emissioni, così come segnalato nelle DA.
- La centrale numero 5 adduce come motivazione dell'incremento delle emissioni specifiche la diminuzione della produzione termica ed elettrica, a fronte di un funzionamento superiore in regime di transitorio.
- La centrale numero 34 ha diminuito in modo considerevole le proprie emissioni nel corso dei nove anni e per l'esattezza del 28,9%; le ragioni di questo drastico calo non sono state illustrate nel dettaglio nella DA, tuttavia è possibile supporre che il miglioramento riscontrato sia avvenuto grazie ad alcuni fattori concomitanti: l'incremento della produzione della centrale unito ad una diminuzione del tempo trascorso in regime di transitorio, nonché il miglioramento della produzione di energia termica in cogenerazione.
- Motivazioni analoghe a quelle esposte per la centrale 34 sono dietro anche ai miglioramenti delle centrali numero 44 e numero 46; in particolare può essere interessante segnalare come l'organizzazione numero 46 abbia supposto come ulteriore causa dietro al miglioramento delle emissioni specifiche la composizione qualitativa del gas naturale in ingresso alla centrale, parametro sul quale, tuttavia, l'organizzazione non può esercitare un controllo diretto. Ciò può essere spiegato tenendo in considerazione che il gas naturale normalmente contiene anche idrocarburi gassosi più pesanti come etano, propano, butano e pentano.
- Il risultato in assoluto migliore, tuttavia, è rappresentato dal dimezzamento delle emissioni specifiche operato dalla centrale numero 40, ciò è stato realizzato grazie alla messa a punto dell'impianto in condizioni di regime dopo l'inizio della attività di produzione, nel 2012, che, appunto, presenta valori notevolmente maggiori di emissioni specifiche.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 14 centrali hanno migliorato le prestazioni (77,78% del totale) e 4 le hanno peggiorate (22,22% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

Andamenti generali delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione (CO₂)

■ Incremento emissioni specifiche ■ Diminuzione emissioni specifiche

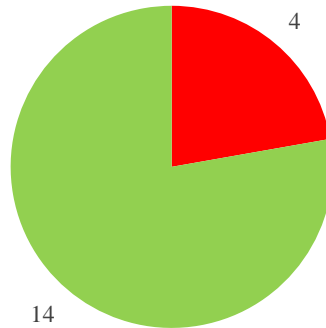


Figura 3.20 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO₂ delle centrali di cogenerazione certificate EMAS hanno ottenuto un deciso miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in notevole diminuzione, sia considerando che il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti è maggiore di quelle che non ne hanno ottenuti.

3.5.2 Emissioni di NO_x

Nel paragrafo precedente sono stati descritti i risultati che ottenuti dall'analisi del campione intero e di quello stratificato per tecnologia in riferimento alle emissioni di anidride carbonica. La stessa operazione verrà ripetuta nel presente paragrafo in riferimento agli ossidi di azoto emessi in atmosfera. A seguire viene riportato il grafico riassuntivo delle emissioni degli ossidi di azoto (NO_x) dal campione considerato per gli anni del periodo osservato:

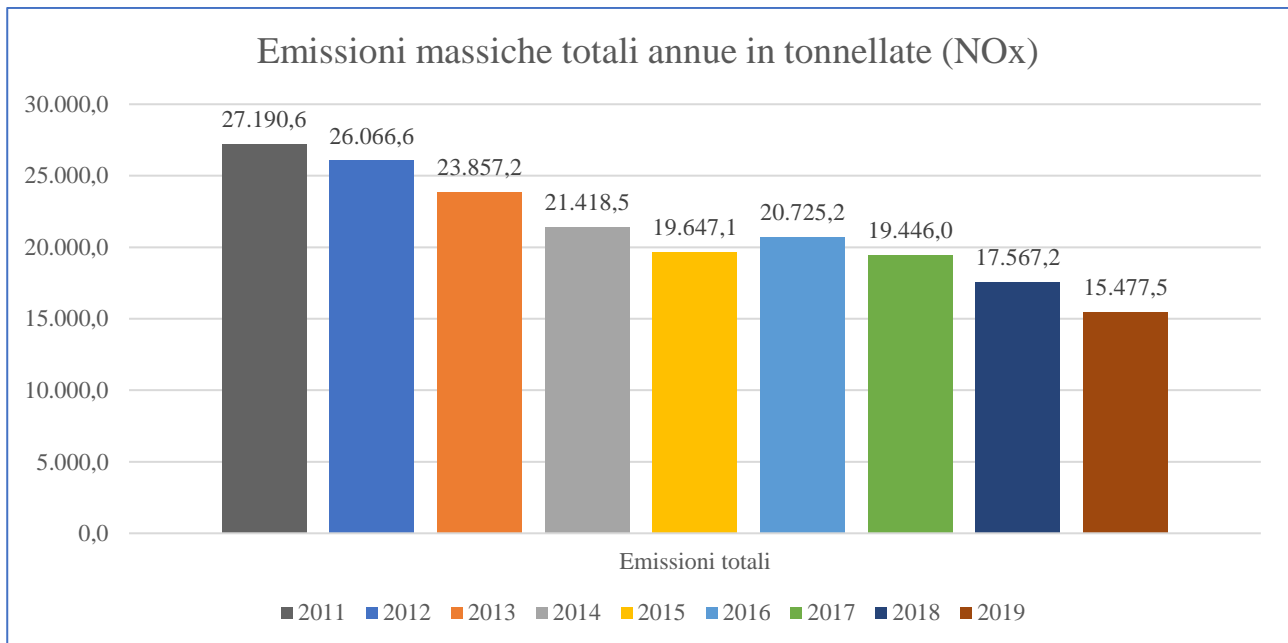


Figura 3.21 - Emissioni totali annue in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di NO_x.

Il grafico precedente mostra una ancor più decisa tendenza alla diminuzione delle emissioni di NOx rispetto a quella registrata dalla CO₂, assestandosi a più del 40% complessivamente; oltretutto le emissioni hanno presentato un andamento decrescente molto marcato in quanto quasi tutti gli anni, ad esclusione del 2016, hanno evidenziato un quantitativo di NOx emesso in atmosfera sempre minore.

I dati sulle emissioni totali di NOx sono stati riportati in quasi tutte le dichiarazioni ambientali dettagliatamente tranne che nel caso della centrale numero 25, la quale ha generalmente riportato i valori delle concentrazioni nei fumi di uscita e non i valori effettivi delle emissioni in massa, riportandoli solo per gli anni 2013, 2016 e 2019, ciò ha costretto a valutare gli andamenti delle emissioni basandosi solo su questi tre anni. Dal grafico si denota una costante riduzione nel tempo delle emissioni generali, che da più di 27.000 tonnellate sono passate a circa 15.000 tonnellate, dimostrando l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni attuate. Dal grafico sottostante è possibile immediatamente verificare come i dati presentino un certo numero di valori di picco, corrispondenti soprattutto alle centrali a carbone, i quali spiccano in chiaro contrasto con buona parte degli altri valori di emissione, decisamente inferiori; questo fattore verrà evidenziato più nel dettaglio nel seguito dell'analisi.

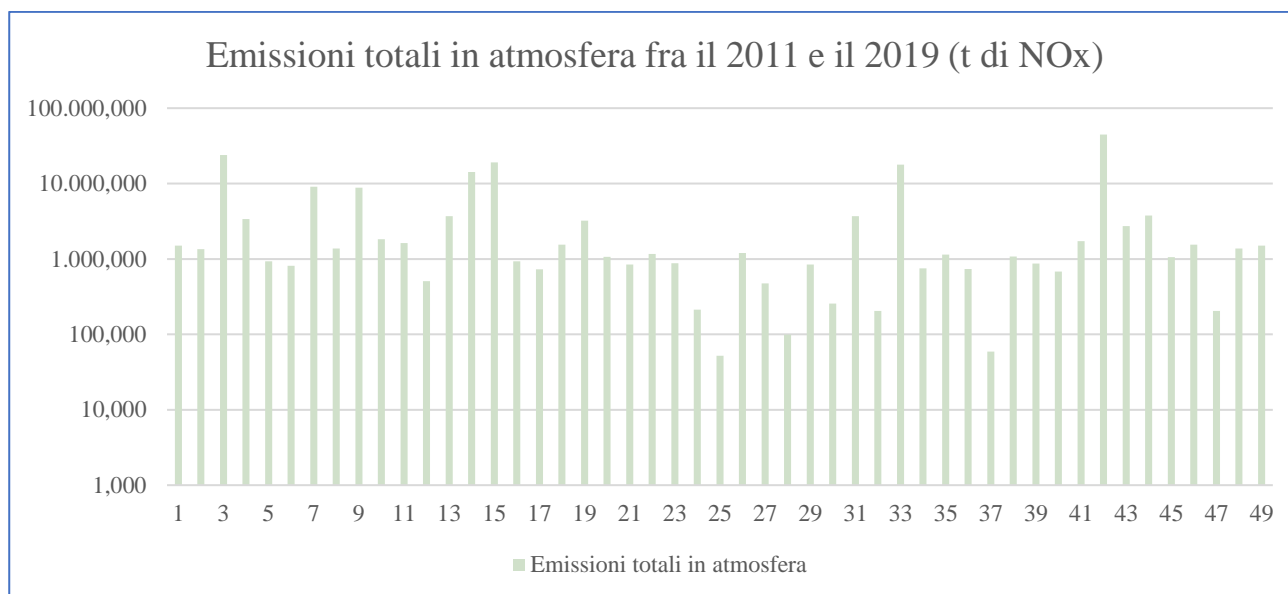


Figura 3.22 - Emissioni in atmosfera cumulate, espresse in scala logaritmica in base 10, sul periodo osservato, per ogni centrale, in tonnellate di NOx.

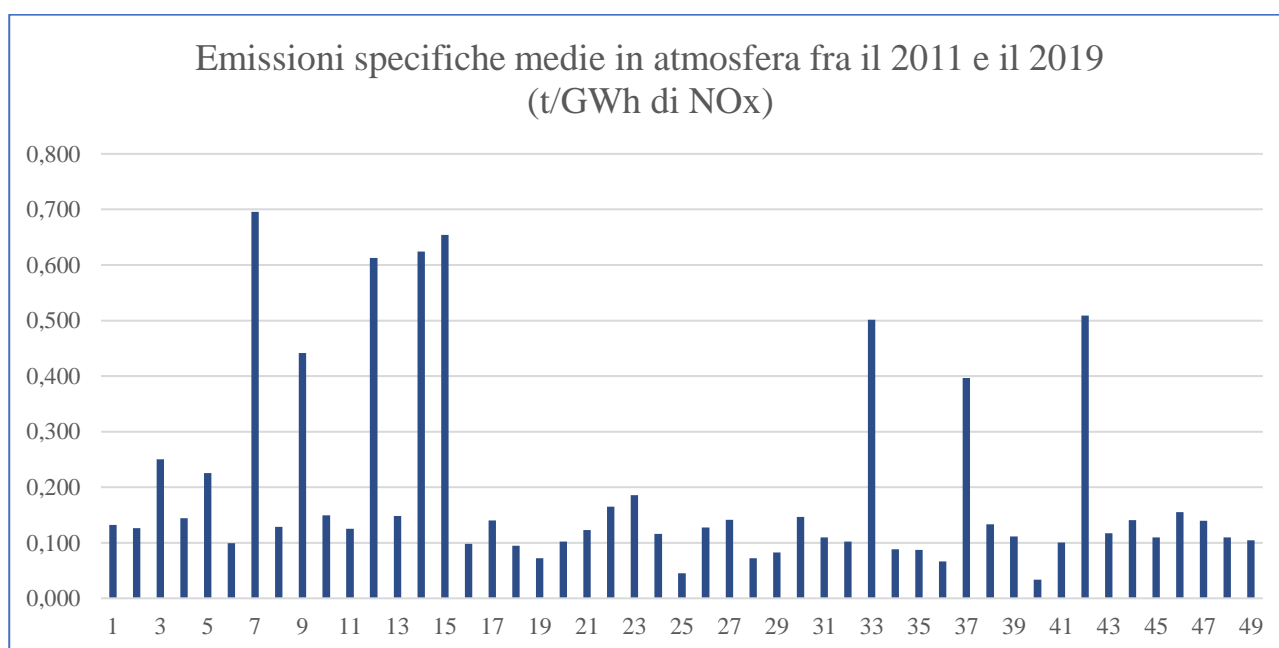


Figura 3.23 - Emissioni specifiche medie in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di NOx.

In base al criterio già discusso precedentemente, è stato calcolato il numero di organizzazioni che, alla fine dei nove anni, ha riportato miglioramenti o peggioramenti e questi sono stati stratificati sulla base del valore assoluto in percentuale degli stessi, così come è mostrato nella tabella a seguire:

Tabella 3.9 - Divisione delle centrali sulla base delle variazioni effettive delle emissioni specifiche di NOx.

	Numero di centrali	Percentuale sul totale
Miglioramenti entro il 5% =	4,00	8,16%
Miglioramenti fra il 5% e il 10% =	5,00	10,20%
Miglioramenti fra il 10% e il 15% =	4,00	8,16%
Miglioramenti superiori al 15% =	18,00	36,73%
Peggioramenti entro il 5% =	1,00	2,04%
Peggioramenti fra il 5% e il 10% =	3,00	6,12%
Peggioramenti fra il 10% e il 15% =	3,00	6,12%
Peggioramenti superiori al 15% =	11,00	22,45%

Nel complesso le centrali hanno registrato una diminuzione media delle emissioni, di circa l'8%, e presentano, come già evidenziato anche dal grafico precedente, degli andamenti molto variegati, come mostra il valore alto della varianza campionaria. Nella tabella a seguire sono riassunti i principali parametri statistici che sono stati calcolati:

Tabella 3.10 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di NOx per il campione completo.

Varianza del campione completo =	0,1066
Variatione media del campione completo =	-8,4958%
Deviazione standard del campione completo =	0,3265

In generale, risulta che 31 centrali abbiano migliorato le prestazioni (63,27% del totale) e 18 le abbiano peggiorate (36,73% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

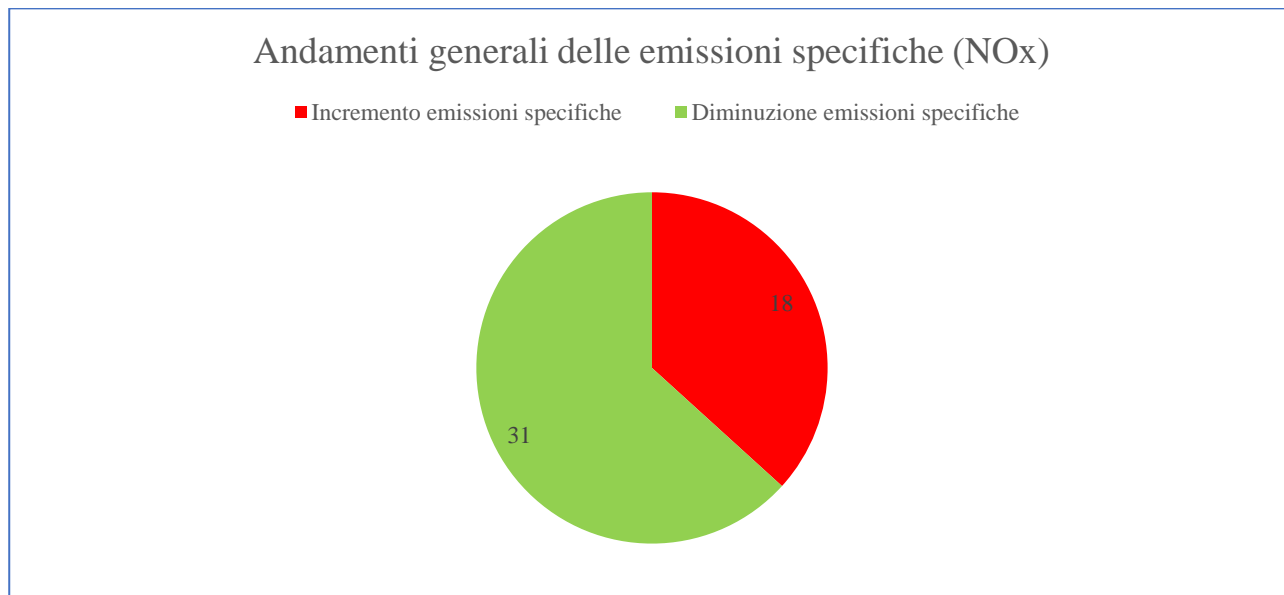


Figura 3.24 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche del campione completo.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di NOx delle centrali certificate EMAS hanno ottenuto un notevole miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in decisa diminuzione, sia considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Nel seguito si presentano i risultati delle analisi sulle varie parti del campione stratificato per tecnologia, in modo da evidenziare informazioni più dettagliate.

Come già mostrato in precedenza, le centrali a carbone, pur costituendo una parte minoritaria del campione, sono responsabili di una parte consistente delle emissioni; nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle sette centrali a carbone presenti:

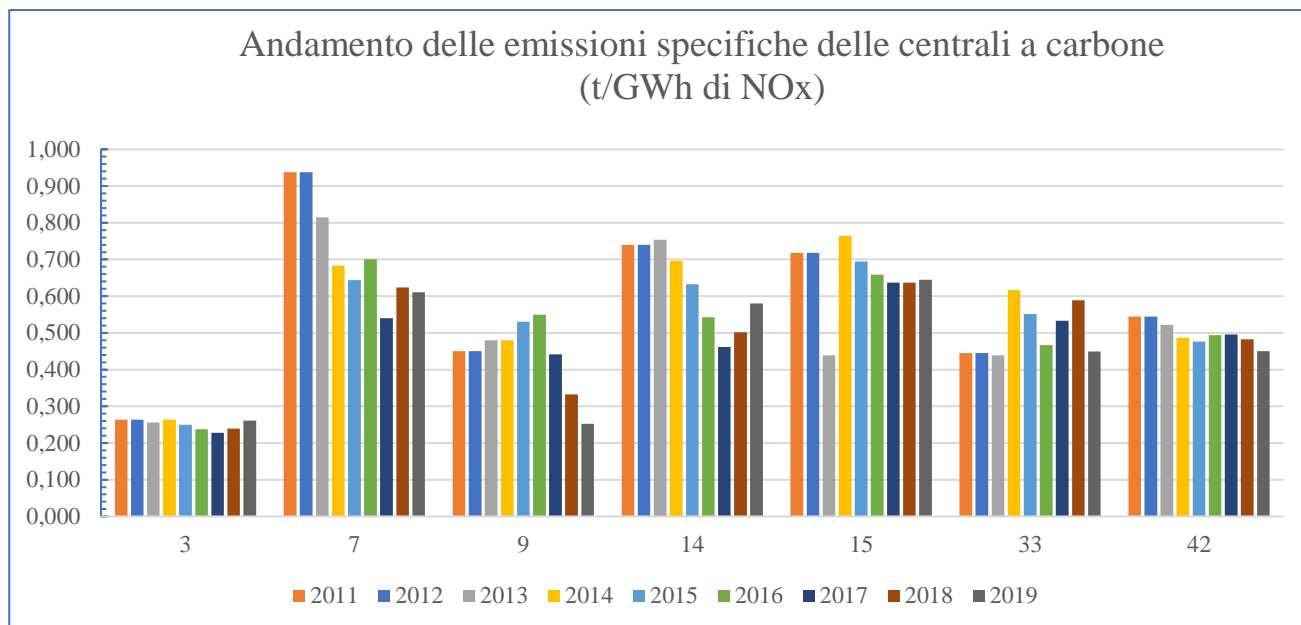


Figura 3.25 - Istogramma delle emissioni specifiche di NOx delle centrali a carbone.

I risultati, a dispetto di quanto evidenziato dallo studio delle emissioni di anidride carbonica, mostrati dall'analisi statistica evidenziano una variabilità generale piuttosto contenuta degli andamenti, ma, soprattutto, una accentuata tendenza alla diminuzione delle emissioni, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.11 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di NOx per le centrali a carbone.

Varianza delle centrali a carbone =	0,0317
Variatione media delle centrali a carbone =	-14,8307%
Deviazione standard delle centrali a carbone =	0,1779

Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a carbone tra il 2011 e il 2019 sono rappresentati nel grafico a seguire:

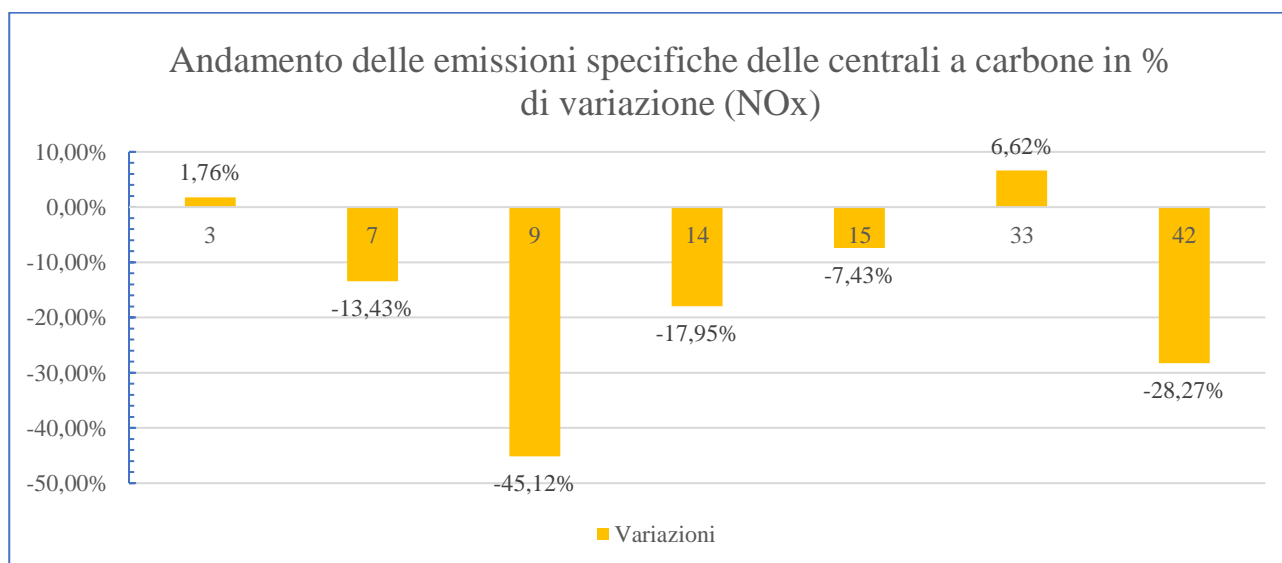


Figura 3.26 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di NOx per le centrali a carbone, 2019 sul 2011.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come la maggioranza delle centrali sia riuscita ad abbassare le proprie emissioni. Il 71,43% del campione ha presentato variazioni comprese entro il 18%, sia in aumento che in diminuzione, ma i risultati più interessanti sono quelli della centrale numero 9, la quale ha visto diminuire le proprie emissioni addirittura del 45% e quelli della centrale numero 42, che le ha viste diminuire di circa il 28%. Questi due casi, pertanto, costituiscono, due *outlier* di notevole interesse. L'enorme diminuzione degli ossidi di azoto della centrale numero 9 è stata giustificata nella DA dalla manutenzione accurata che è stata effettuata sui denitrificatori catalitici (DeNOx), nonché all'accentuato utilizzo dei reagenti di denitrificazione.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 5 centrali abbiano migliorato le prestazioni (71,43% del totale) e 2 le abbiano peggiorate (28,57% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

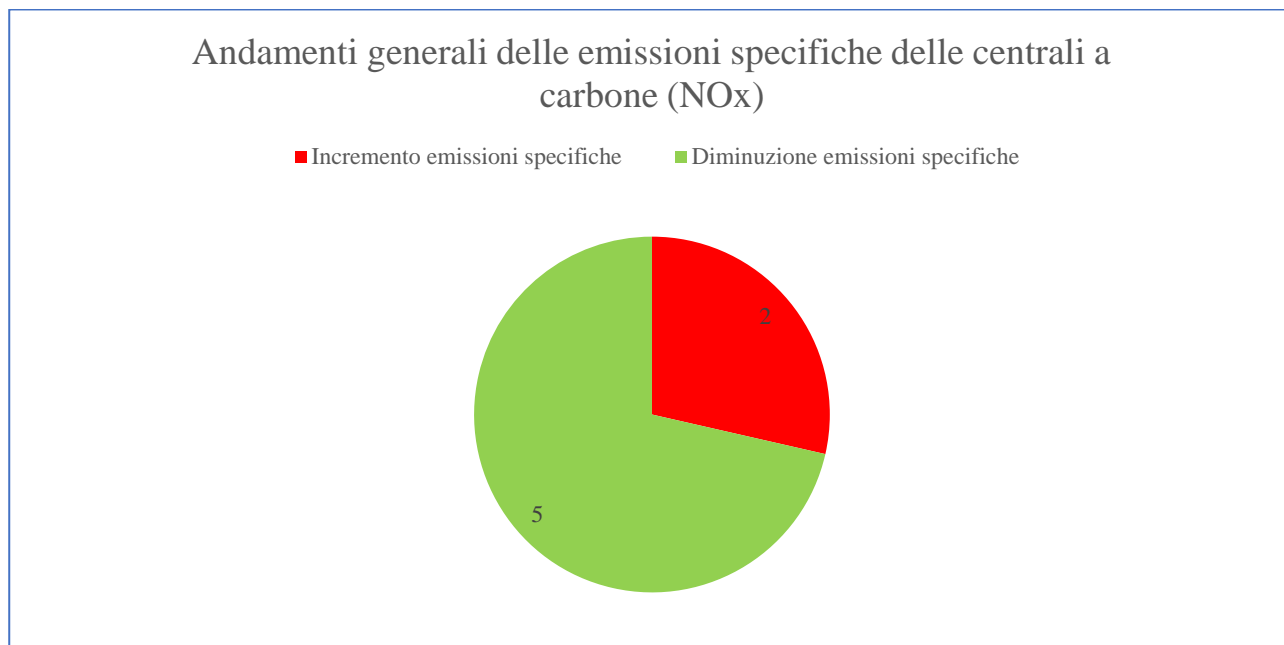


Figura 3.27 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a carbone.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di NOx delle centrali a carbone certificate EMAS hanno ottenuto un deciso miglioramento complessivo, in quanto è stato rilevato un miglioramento notevole degli andamenti medi delle emissioni e del numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Le centrali a ciclo combinato presentano emissioni specifiche di NOx inferiori generalmente rispetto alle centrali a carbone, malgrado una certa variabilità di fondo. L'unica eccezione ben visibile è quella rappresentata dalla centrale numero 12 che presenta emissioni specifiche notevolmente maggiori rispetto al resto del campione per i primi due anni. Queste centrali costituiscono la tecnologia predominante all'interno del campione. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni specifiche in atmosfera delle ventiquattro centrali a ciclo combinato considerate:

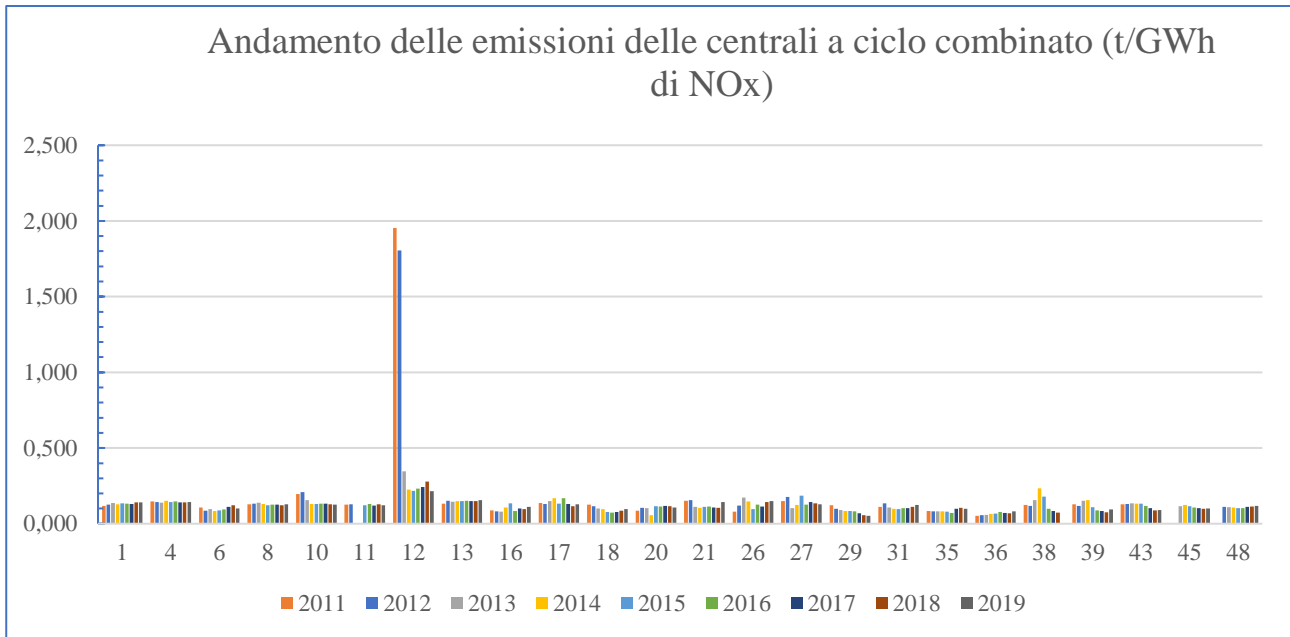


Figura 3.28 - Istogramma delle emissioni specifiche di NOx delle centrali a ciclo combinato.

Nel complesso, il sottocampione ha registrato buoni risultati in fatto di emissioni in atmosfera degli ossidi di azoto, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.12 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di NOx per le centrali a ciclo combinato.

Varianza delle centrali a ciclo combinato =	0,1286
Variatione media delle centrali a ciclo combinato =	-3,5206%
Deviazione standard delle centrali a ciclo combinato =	0,3587

I risultati mostrati dall'analisi statistica evidenziano una tendenza media alla diminuzione delle emissioni piuttosto consistente, di circa il 3,5%, risultato che si mostra ancora più esaltante alla luce del fatto che tutte le centrali a ciclo combinato realizzano valori delle emissioni specifiche già di base molto bassi, nell'ordine o sotto il valore di 0,15 t/GWh. I risultati sono decisamente meno buoni per la centrale numero 12, caratterizzata da valori di picco enormemente maggiori per gli anni 2011 e 2012. Valori che subiscono una riduzione netta già a partire dal 2013, in seguito ad un revamping generale della centrale e dei sistemi di abbattimento degli ossidi di azoto; accompagnandolo di pari passi con una modifica del metodo di rilevazione delle emissioni di NOx e CO che passano dall'essere stimate dalle concentrazioni nei fumi di scarico all'essere rilevate con sistemi di monitoraggio in continuo, rendendo la valutazione dei quantitativi massici emessi più accurata, come sostiene la DA.

Gli andamenti complessivi delle variazioni tra 2011 e 2019 delle centrali a ciclo combinato sono rappresentati nel grafico seguente:

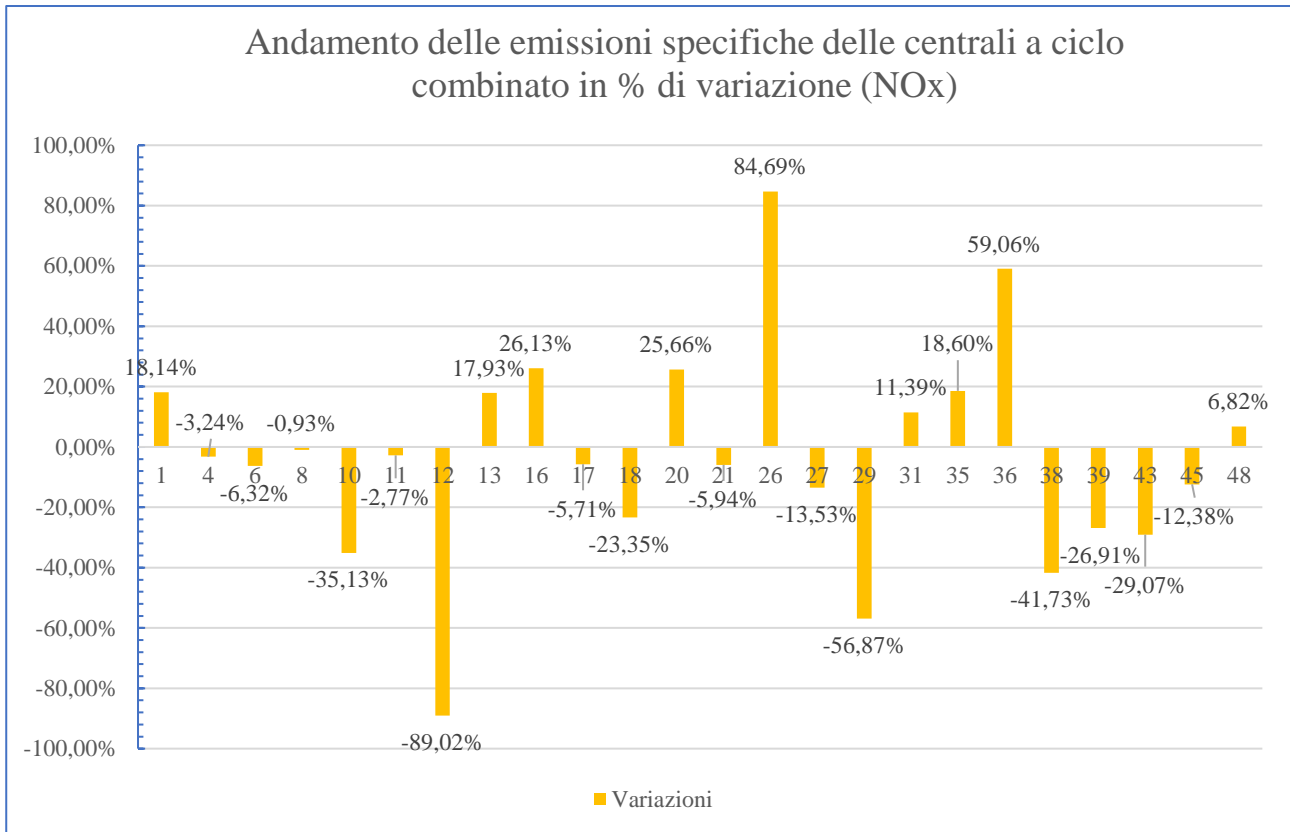


Figura 3.29 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di NOx per le centrali a ciclo combinato, 2019 sul 2011.

A differenza dei valori ricavati per l’anidride carbonica, le variazioni delle emissioni specifiche in atmosfera per gli ossidi di azoto si sono rivelate mediamente maggiori in valore assoluto.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come le variazioni degli andamenti siano comprese entro il 30% per 18 elementi su 24 (ovvero esattamente il 75% del campione), mentre i restanti sei elementi (ovvero esattamente il 25% del campione) hanno mostrato variazioni ben più consistenti. La centrale numero 29, che ha visto diminuire le emissioni di ben il 56% nei nove anni considerati, forma il secondo elemento di maggior interesse del campione dopo la centrale numero 12, la cui notevolissima diminuzione delle emissioni è già stata indagata nel paragrafo precedente, anche in considerazione del fatto che è la centrale con le minori emissioni specifiche di NOx all’interno del sottocampione; le possibili cause di questa diminuzione non sono state indagate dal gestore all’interno della DA, ma, probabilmente, sono da imputare all’efficientamento avvenuto in seguito all’incremento della produzione e alla conseguente diminuzione dei regimi di transitorio. Al contrario le centrali numero 26 e 36 hanno visto un notevole incremento delle emissioni specifiche, l’incremento registrato è attribuibile, nel caso della centrale 26 al nuovo assetto d’impianto ancora in fase di ottimizzazione per i nuovi bruciatori installati, in quanto l’impianto è dovuto restare fermo più del previsto per manutenzione; nel caso della centrale 36 l’andamento in aumento delle emissioni è conseguente alle modifiche, apportate sul sistema di combustione dei gruppi, le quali hanno migliorato le emissioni di CO, ma peggiorato quelle di NOx.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 15 centrali hanno migliorato le prestazioni (il 62,5% del totale) e 9 le hanno peggiorate (il 37,5% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

Andamenti generali delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato (NOx)

■ Incremento emissioni specifiche ■ Diminuzione emissioni specifiche

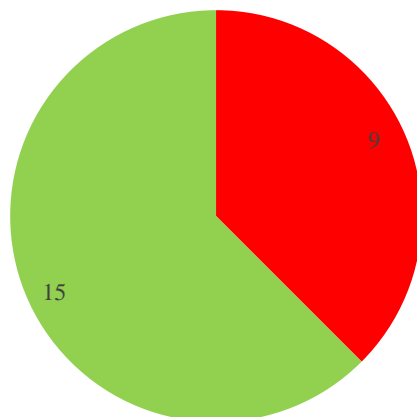


Figura 3.30 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di NOx delle centrali a ciclo combinato certificate EMAS hanno ottenuto un discreto miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in diminuzione, sia considerando il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Le centrali di cogenerazione presentano emissioni ben più variegata, anche a causa del fatto che sfruttano le più disparate tecnologie per la cogenerazione di calore, ed ottengono, pertanto, risultati estremamente variabili, formando il sottocampione dotato della varianza più grande. I risultati medi denotano una marcatissima diminuzione delle emissioni specifiche. Come già evidenziato all'inizio del capitolo non si è ritenuto necessario operare una ulteriore distinzione fra le centrali di cogenerazione in quanto la maggior parte di queste sfrutta un impianto a ciclo combinato per la generazione di energia elettrica e le due eccezioni verranno esaminate successivamente nel dettaglio. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle diciotto centrali di cogenerazione presenti:

Andamento delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione (t/GWh di NOx)

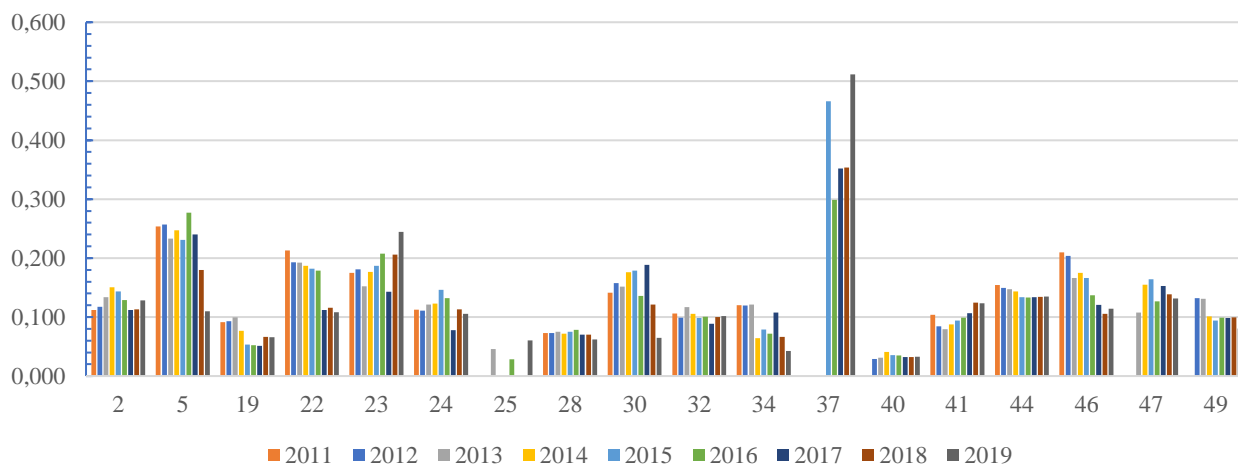


Figura 3.31 - Istogramma delle emissioni specifiche di NOx delle centrali di cogenerazione.

Nel complesso, il sottocampione ha registrato risultati molto buoni in fatto di emissioni specifiche in atmosfera di ossidi di azoto, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.13 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di NOx per le centrali di cogenerazione.

Varianza delle centrali di cogenerazione =	0,1088
Variatione media delle centrali di cogenerazione =	-12,6660%
Deviazione standard delle centrali di cogenerazione =	0,3299

I valori ricavati denotano, come già accennato, una certa variabilità intrinseca del sottocampione; in compenso la tendenza generale alla diminuzione delle emissioni è, in questo caso, più consistente, attestandosi su una media di diminuzione di poco superiore al 12%, ciò è dovuto sia all'utilizzo ottimale del ciclo combinato sia all'aumento di efficacia ed efficienza dell'impiantistica di cogenerazione.

Risulta interessante notare come, in generale, i valori delle emissioni specifiche siano confrontabili con quelli delle centrali a ciclo combinato, nella maggior parte dei casi, ovvero nell'ordine delle 0,1 - 0,2 t/GWh di emissioni specifiche, con l'esclusione di una centrale (corrispondente al 5,56% del totale) che ha ottenuto risultati peggiori, nell'ordine di 0,3 - 0,5 t/GWh e che una parte consistente del sottocampione (cinque centrali su diciotto, ovvero il 27,78%) sia riuscita ad ottenere risultati migliori, scendendo sotto le 0,1 t/GWh di emissioni specifiche, grazie ad un efficientamento più accentuato del processo. Le centrali 5 e 37 che utilizzano altri combustibili per la cogenerazione risultano avere gli andamenti delle emissioni specifiche differenziati, infatti la centrale 5 presenta comunque dei valori numerici superiori a quelli delle altre centrali, anche se questi rientrano in numeri più in linea con quelli delle altre centrali fra il 2018 e il 2019, mentre la centrale 37 presenta delle emissioni specifiche sensibilmente maggiori rispetto a quelle delle altre centrali del sottocampione.

I valori di variazione delle centrali di cogenerazione tra il 2011 e il 2019 sono rappresentati nel grafico a seguire:

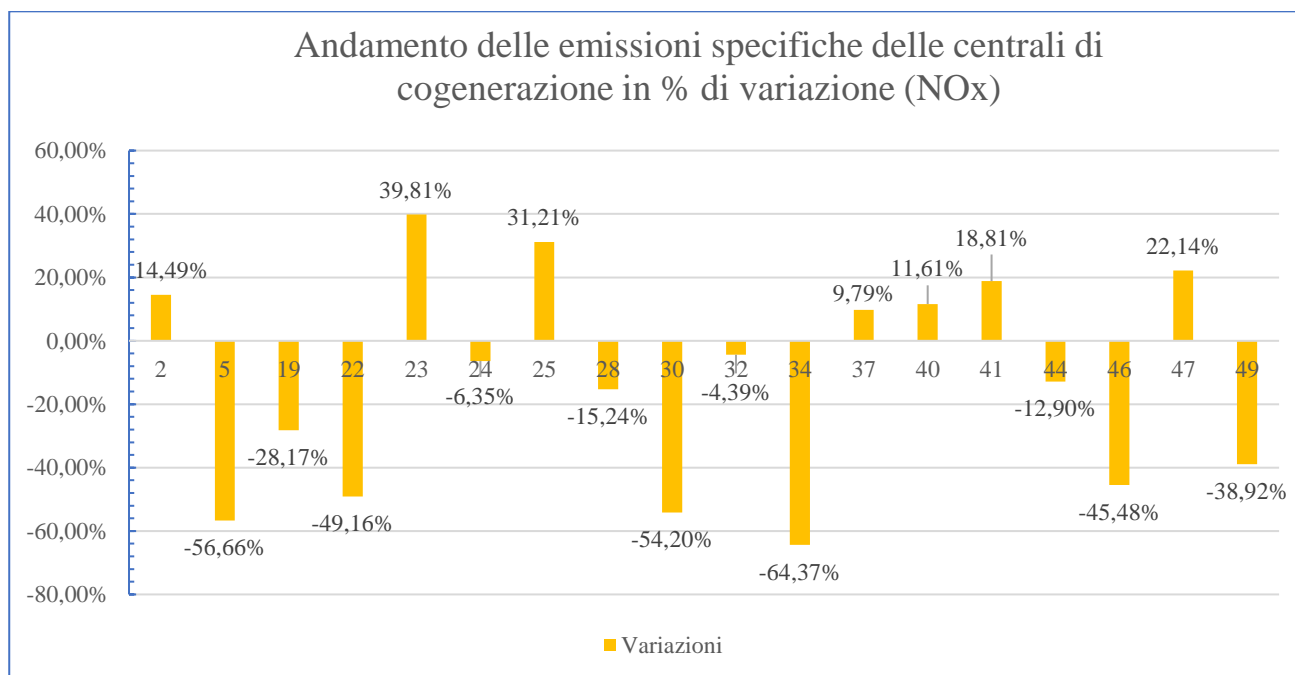


Figura 3.32 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di NOx per le centrali di cogenerazione.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota che 10 su 18 elementi del sottocampione presentano una variazione delle emissioni specifiche entro il 30%, mentre i restanti 8 elementi costituiscono *outlier* di certo interesse. Le centrali numero 5, 30 e 34 sono riuscite a ridurre le emissioni specifiche di più del 50% grazie a vari interventi di efficientamento documentati nelle DA: la centrale numero 5 ha provveduto ad installare un nuovo reattore di denitrificazione sulla linea fumi di una turbina, la centrale numero 30 ha provveduto a revisionare i sistemi di abbattimento già installati, la centrale numero 34 ha provveduto all'installazione di una versione aggiornata dei bruciatori Dry Low NOx (DLN), ottenendo immediatamente una riduzione delle emissioni. Le centrali numero 23 e 25 hanno incrementato le emissioni specifiche in modo consistente. Non sono state adottate nelle DA motivazioni particolari per gli incrementi verificatisi, probabilmente alcuni sistemi di abbattimento delle

emissioni hanno diminuito l'efficienza con il passare del tempo; discorsi analoghi si possono fare per le diminuzioni realizzate dalle centrali numero 22, 46 e 49, anche se non ne sono state ricercate dai gestori le possibili cause nelle DA.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 12 centrali hanno migliorato le prestazioni (il 66,67% del campione) e 6 le hanno peggiorate (33,33% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

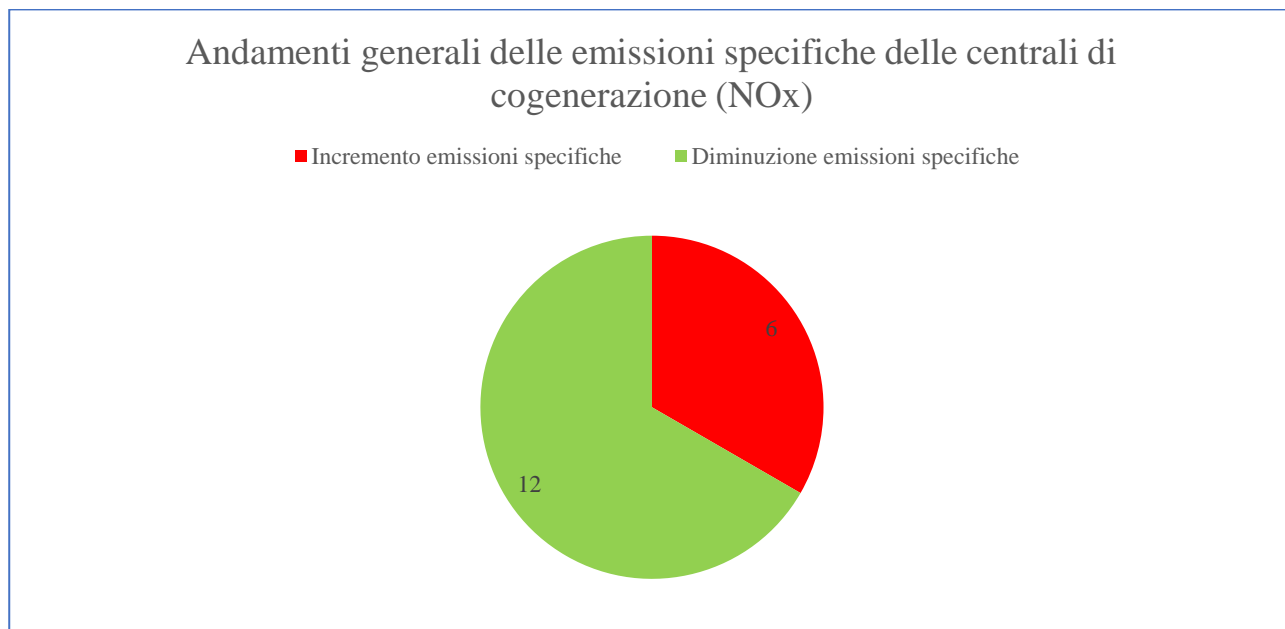


Figura 3.33 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni specifiche di NOx delle centrali di cogenerazione certificate EMAS hanno ottenuto un buon miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni specifiche, in diminuzione, sia considerando il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

3.5.3 Emissioni di CO

La stessa analisi dei dati di CO₂ e NOx riportata nei paragrafi precedenti verrà ripetuta nel presente paragrafo per il monossido di carbonio emesso in atmosfera. A seguire viene riportato il grafico riassuntivo complessivo delle emissioni totali di monossido di carbonio (CO) del campione nel periodo considerato:

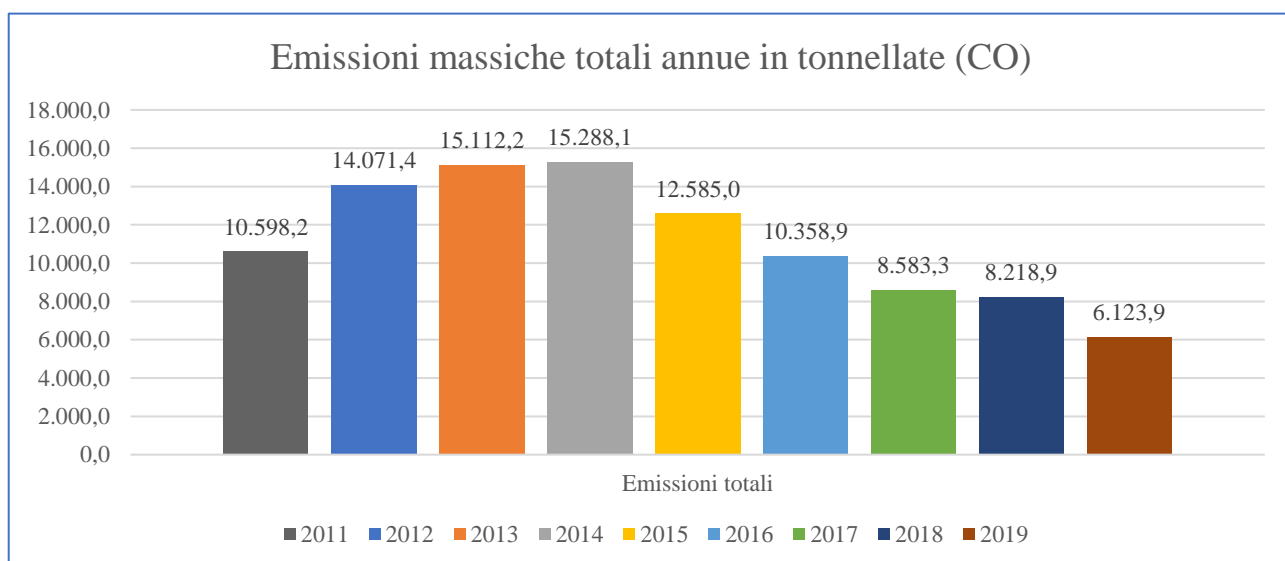


Figura 3.34 - Emissioni totali annue di CO in atmosfera (in tonnellate) dell'intero campione.

I dati presentati nel grafico precedente non sembrano chiari quanto quelli dei gas esaminati in precedenza poiché, malgrado l'effettiva diminuzione delle emissioni riscontrata sia stata di poco superiore al 40%, gli andamenti sono risultati altalenanti; la drastica diminuzione è avvenuta solo dal 2015 in poi, poiché tra 2011 e 2014 gli andamenti presentano una chiara tendenza all'aumento delle emissioni di monossido di carbonio.

I dati sulle emissioni totali di CO sono stati riportati in quasi tutte le dichiarazioni ambientali dettagliatamente, con alcune eccezioni: la centrale numero 5 ha semplicemente riportato i valori delle concentrazioni nei fumi di uscita e non i valori effettivi delle emissioni in massa, ciò ha costretto ad escluderla dal campione, in quanto la mancanza dei dati non permette di poter elaborare valutazioni sugli andamenti. Il campione oggetto di studio per gli andamenti del monossido di carbonio è costituito, pertanto, da 48 elementi.

Dal grafico sottostante è possibile immediatamente verificare come i dati presentino un certo numero di valori di picco, i quali spiccano in chiaro contrasto con buona parte degli altri valori di emissione, decisamente inferiori; questo fattore verrà evidenziato più nel dettaglio nel seguito dell'analisi.

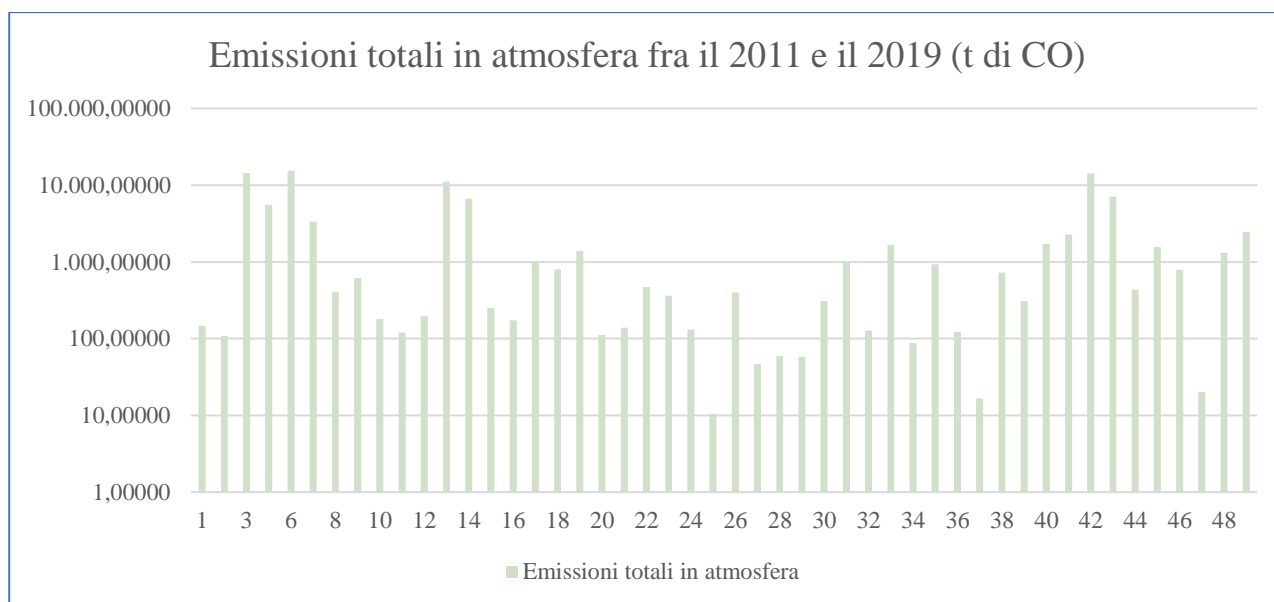


Figura 3.35 - Emissioni in atmosfera cumulate, espresse in scala logaritmica in base 10, sul periodo osservato, per ogni centrale, in tonnellate di CO.

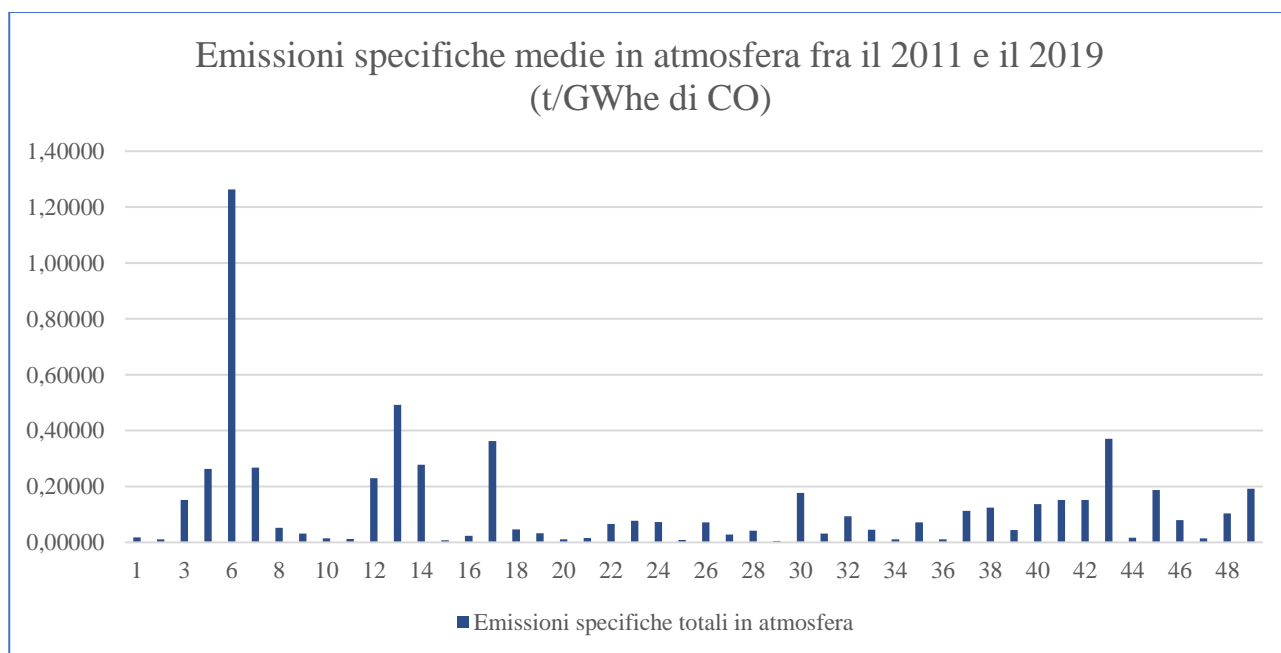


Figura 3.36 - Emissioni specifiche medie di CO in atmosfera (t CO/GWh) per singola centrale, calcolate sul periodo osservato.

In base al criterio già discusso precedentemente, è stato calcolato il numero di organizzazioni che, alla fine dei nove anni, ha riportato miglioramenti o peggioramenti e questi sono stati stratificati sulla base del valore assoluto in percentuale degli stessi, così come è mostrato nella tabella a seguire:

Tabella 3.14 – Divisione delle centrali sulla base delle variazioni effettive delle emissioni specifiche di CO.

	Numero di centrali	Percentuale sul totale
Miglioramenti entro il 5% =	1,00	2,08%
Miglioramenti fra il 5% e il 10% =	1,00	2,08%
Miglioramenti fra il 10% e il 15% =	1,00	2,08%
Miglioramenti superiori al 15% =	25,00	52,08%
Peggioramenti entro il 5% =	3,00	6,25%
Peggioramenti fra il 5% e il 10% =	1,00	2,08%
Peggioramenti fra il 10% e il 15% =	1,00	2,08%
Peggioramenti superiori al 15% =	15,00	31,25%

Nella tabella a seguire sono riassunti i principali parametri statistici che sono stati calcolati:

Tabella 3.15 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO per il campione completo.

Varianza del campione completo =	0,8789
Variazione media del campione completo =	5,0227%
Deviazione standard del campione completo =	0,9375

Gli andamenti delle emissioni specifiche di CO, a differenza degli ossidi di azoto e di zolfo, sono diminuibili con maggiore difficoltà poiché sono generalmente correlabili con la qualità della combustione: un miglioramento del processo di combustione, soprattutto facendolo avvenire in eccesso di comburente provoca, generalmente, una diminuzione delle emissioni totali di CO, ed un aumento conseguente delle emissioni totali di CO₂. Nel complesso le centrali hanno registrato un aumento medio delle emissioni di una certa consistenza, di circa il 5%, malgrado la tendenza maggioritaria delle organizzazioni sia stata quella di diminuire le emissioni e presentano degli andamenti molto variegati, come mostra il valore relativamente alto della varianza campionaria. La parte di maggior rilievo è, tuttavia, costituita dal fatto che l'analisi dati abbia evidenziato in prima analisi degli incrementi delle emissioni per la centrale numero 20 nell'ordine del 900%; approfondendo l'analisi in seconda istanza questo *outlier* statistico è stato identificato come dato anomalo, ottenuto in seguito ad una errata comunicazione dei valori di emissione. Il dato è stato così corretto, grazie all'aiuto del gestore ed utilizzato ai fini delle valutazioni qui proposte.

In totale, risulta che 28 centrali hanno migliorato le prestazioni (58,33% del totale) e 20 le hanno peggiorate (il 41,67% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

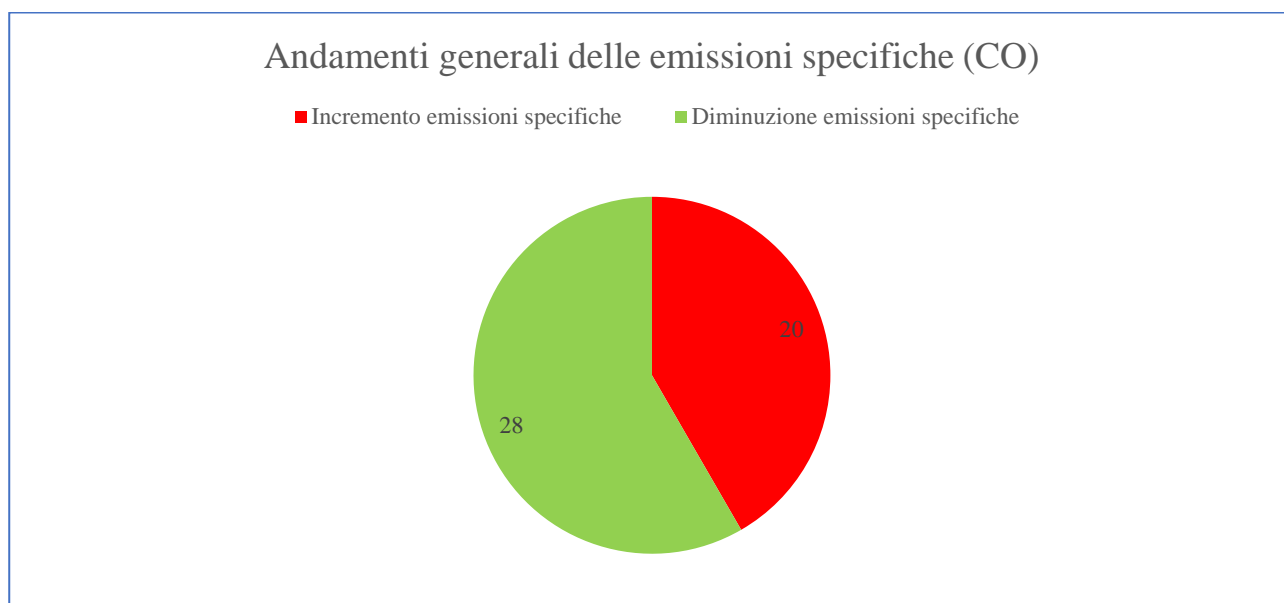


Figura 3.37 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche del campione completo.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni specifiche di CO delle centrali certificate EMAS hanno ottenuto dei risultati contrastanti e perciò conviene che siano considerati come un peggioramento complessivo; in quanto, considerando gli andamenti medi delle emissioni si registra un aumento di una certa consistenza, realizzato, tuttavia, soprattutto, da una sola centrale, mentre considerando il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti si registra un buon miglioramento.

Si procede a questo punto ad effettuare le medesime analisi per le varie parti del campione stratificato per tecnologia, in modo da evidenziare informazioni più dettagliate.

Come già mostrato in precedenza, le centrali a carbone, a differenza delle emissioni degli altri gas, sono responsabili, in questo caso, di una parte minore delle emissioni; nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni specifiche in atmosfera delle centrali a carbone:

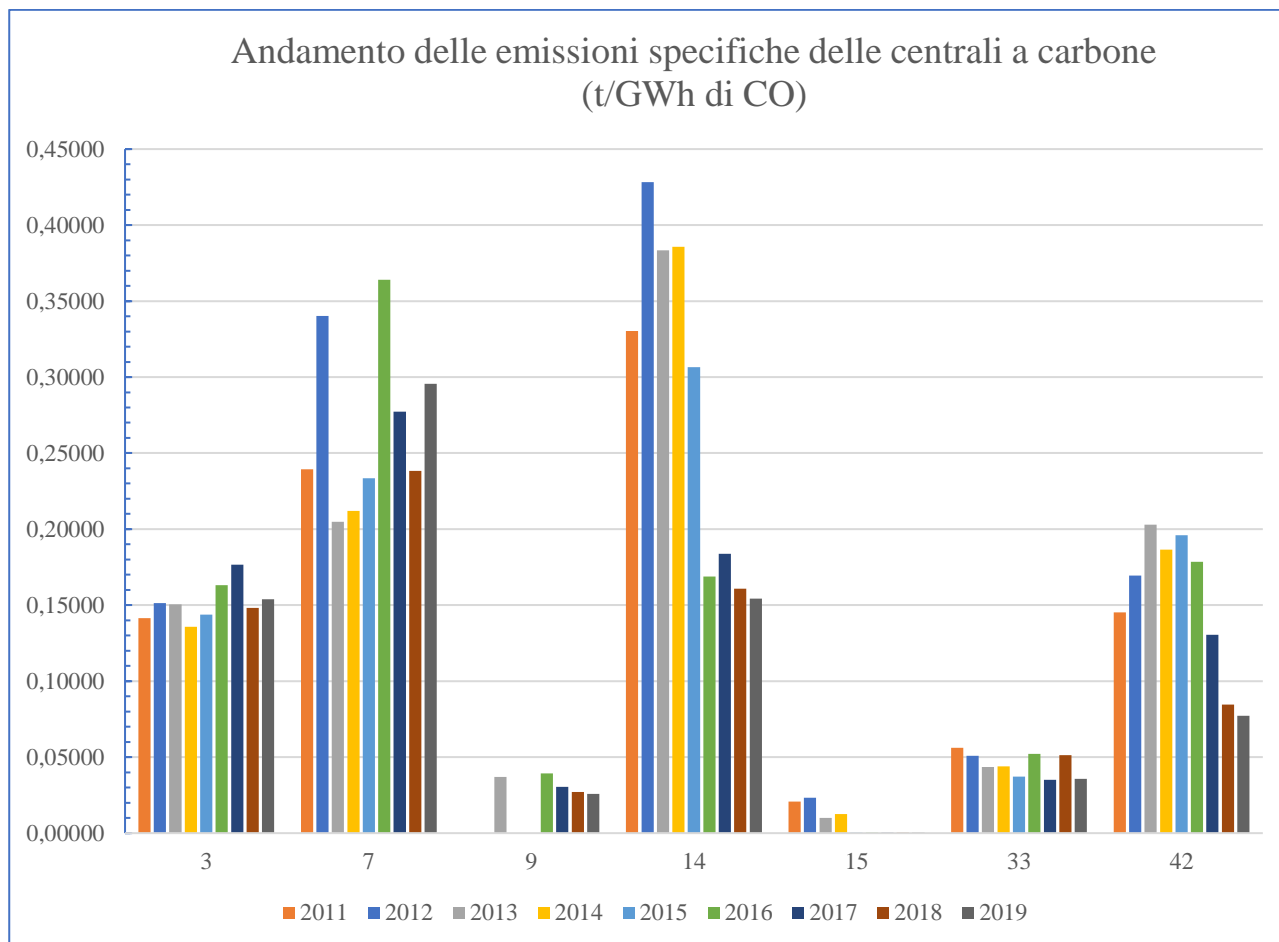


Figura 3.38 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO delle centrali a carbone.

I risultati mostrati dall'analisi statistica, a dispetto di quanto evidenziato dallo studio delle emissioni specifiche di anidride carbonica e anche contrariamente alla tendenza media del campione completo, evidenziano una variabilità generale di media entità degli andamenti, accompagnata da una decisissima tendenza media alla diminuzione delle emissioni, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.16 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO per le centrali a carbone.

Varianza delle centrali a carbone =	0,0977
Variatione media delle centrali a carbone =	-22,4170%
Deviazione standard delle centrali a carbone =	0,3125

Dato che, oltretutto, è ancora più interessante in quanto tre delle centrali (ovvero il 42,86% del campione) hanno delle emissioni medie in atmosfera sotto le 0,05 t/GWh, valori che permettono alle centrali di porsi fra quelle con minori emissioni specifiche in atmosfera di monossido di carbonio. Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a carbone tra il 2011 e il 2019 sono rappresentati nel grafico a seguire:

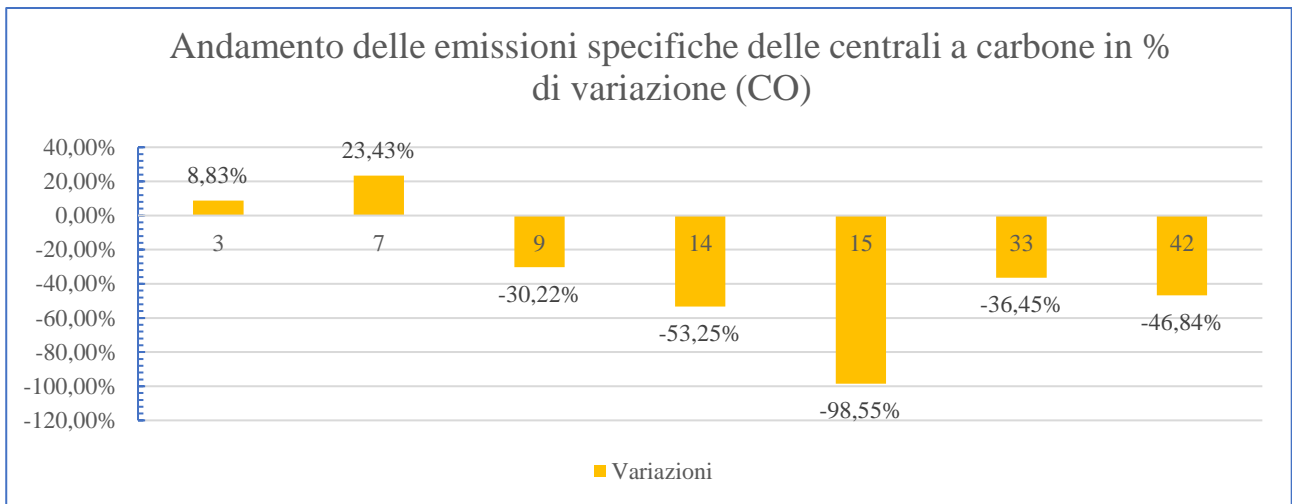


Figura 3.39 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO per le centrali a carbone, 2019 sul 2011.

Riassumendo i risultati ottenuti, si nota stavolta una tendenza al miglioramento molto diffusa: il 28,57% del campione ha presentato variazioni comprese entro il 30% e per di più questa parte del campione è l'unica parte che ha aumentato le proprie emissioni specifiche. Il dato di maggior interesse riguarda la centrale numero 15, per la quale la diminuzione quasi totale è dovuta principalmente al fatto che i dati disponibili per gli ultimi anni del periodo osservato sono solo stime indicative dei dati di emissione (comunque inferiori alle 50 tonnellate annue), la centrale numero 42 ha visto diminuire le proprie emissioni di circa il 46% e la centrale numero 14 ha visto diminuire le proprie emissioni di circa il 53%, costituendo due *outlier* di notevole interesse. L'enorme diminuzione del monossido di carbonio della centrale numero 42 è giustificabile dalla sostituzione completa della strumentazione di riduzione delle emissioni che è stata operata, attività che, indirettamente, dovrebbe aver provocato un miglioramento della qualità della combustione ed una conseguente riduzione delle emissioni di CO; in modo analogo l'efficientamento della combustione pare essere alla base della riduzione delle emissioni della centrale 14.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 5 centrali abbiano migliorato le prestazioni (71,43% del totale) e 2 le abbiano peggiorate (28,57% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

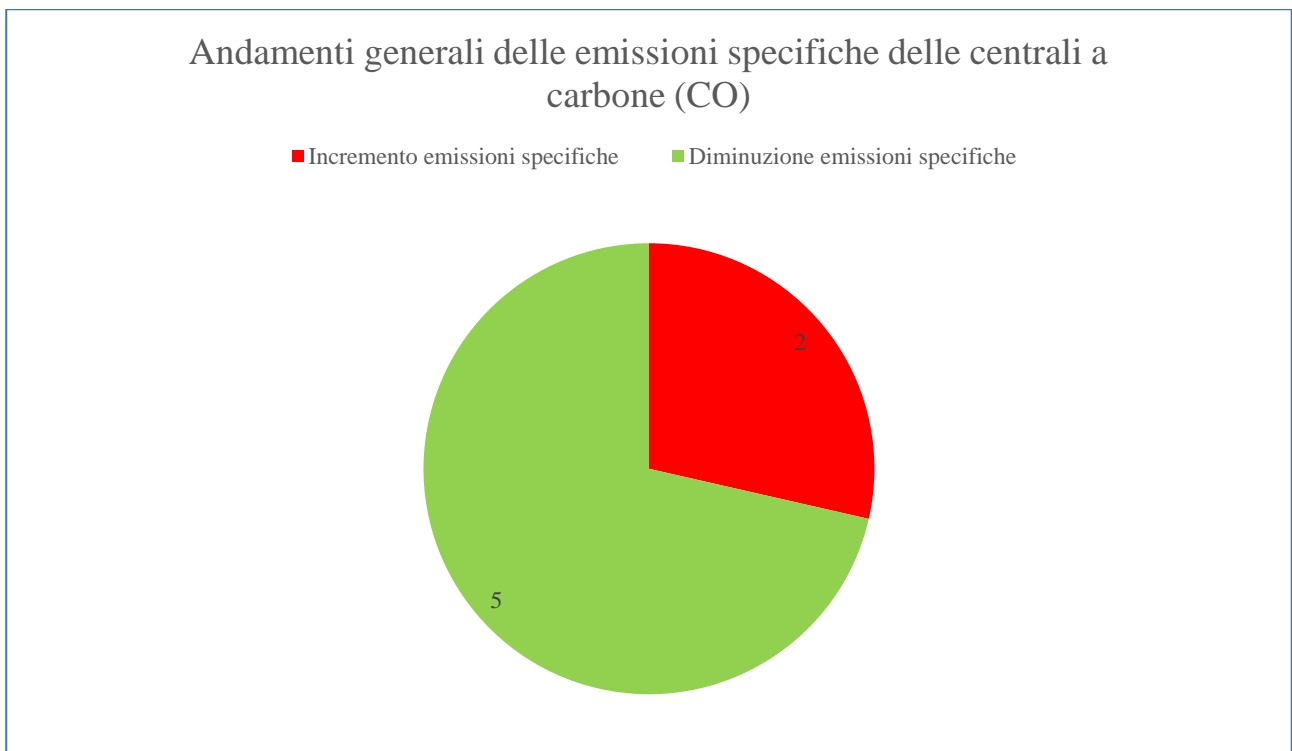


Figura 3.40 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a carbone.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO delle centrali a carbone certificate EMAS hanno ottenuto un grande miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni specifiche, in grossa diminuzione, sia considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti, di molto maggiore rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Le centrali a ciclo combinato costituiscono il sottocampione più numeroso fra quelli considerati e, a dispetto di quanto osservato nei casi precedenti per l'anidride carbonica e per gli ossidi di azoto, presentano emissioni specifiche di CO caratterizzate da elevata variabilità e da una tendenza decisa all'incremento delle emissioni specifiche. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle ventitré centrali a ciclo combinato effettivamente considerate:

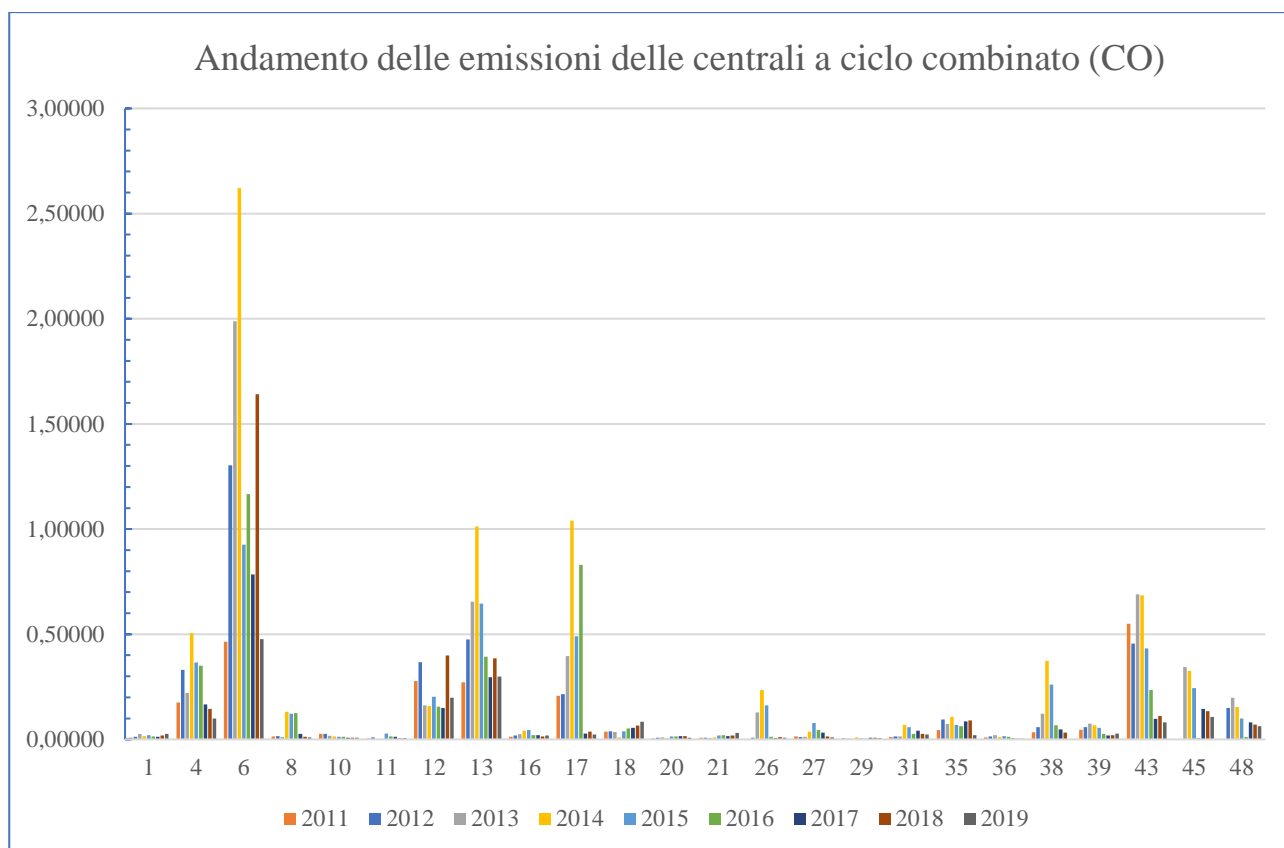


Figura 3.41 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO delle centrali a ciclo combinato.

Tabella 3.17 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO per le centrali a ciclo combinato.

Varianza delle centrali a ciclo combinato =	0,8686
Variatione media delle centrali a ciclo combinato=	7,9993%
Deviazione standard delle centrali a ciclo combinato =	0,9320

I risultati mostrati dall'analisi statistica evidenziano una tendenza media all'incremento delle emissioni specifiche piuttosto accentuata, accompagnata a valori delle emissioni specifiche, per alcune centrali, che appaiono molto maggiori rispetto a quelle delle altre presenti; oltre a ciò, il sottocampione presenta la varianza campionaria maggiore, denotando così l'estrema variabilità dei valori ottenuti. A differenza del resto del sottocampione, caratterizzato da emissioni specifiche generalmente, a parte poche eccezioni, inferiori alle 0,3 t/GWh, spicca la centrale n.6, la quale ha realizzato in alcuni anni emissioni specifiche anche nell'ordine di 2,5 t/GWh. Tali valori sono da ricondurre, secondo la DA, all'elevato numero di cicli di accensione e spegnimento, tuttavia è molto probabile che alcuni dei dati che siano stati comunicati soffrano di problemi di disomogeneità, poiché incrementi di emissioni in questi ordini di grandezza sembrano essere più dovuti ad una differenza del metodo di calcolo adoperato per analizzare il dato piuttosto che ad effettivi incrementi dei valori delle emissioni massiche; infatti le emissioni di CO tendono a risultare maggiori durante i periodi di transitorio delle macchine da spente sino alle condizioni di funzionamento a regime, perciò comunicare i dati comprensivi di questi periodi di transitorio comporta una differenza che può arrivare a due ordini di grandezza delle emissioni totali. Nel 2019 la centrale registra una drastica diminuzione delle emissioni specifiche, ritornando

su valori confrontabili con quelli del 2011, cosa che parrebbe confermare la precedente ipotesi. L'altra centrale che ha presentato variazioni piuttosto sospette è la numero 20, la quale, prima della correzione già discussa nel paragrafo introduttivo, registrava un incremento di circa il 980% delle emissioni specifiche, accompagnandolo con un incremento delle emissioni massiche presente nel solo anno 2019; una volta utilizzato l'effettivo quantitativo corretto per le emissioni di CO è stato possibile far rientrare il valore delle variazioni delle emissioni specifiche entro valori attendibili.

Preme sottolineare come, a differenza dei valori ricavati per l'anidride carbonica e gli ossidi di azoto, le variazioni delle emissioni specifiche in atmosfera per il monossido di carbonio si siano rivelate mediamente maggiori in valore assoluto, cosa che è già stata evidenziata dall'analisi statistica precedente.

Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a ciclo combinato sono rappresentati nel grafico a seguire:

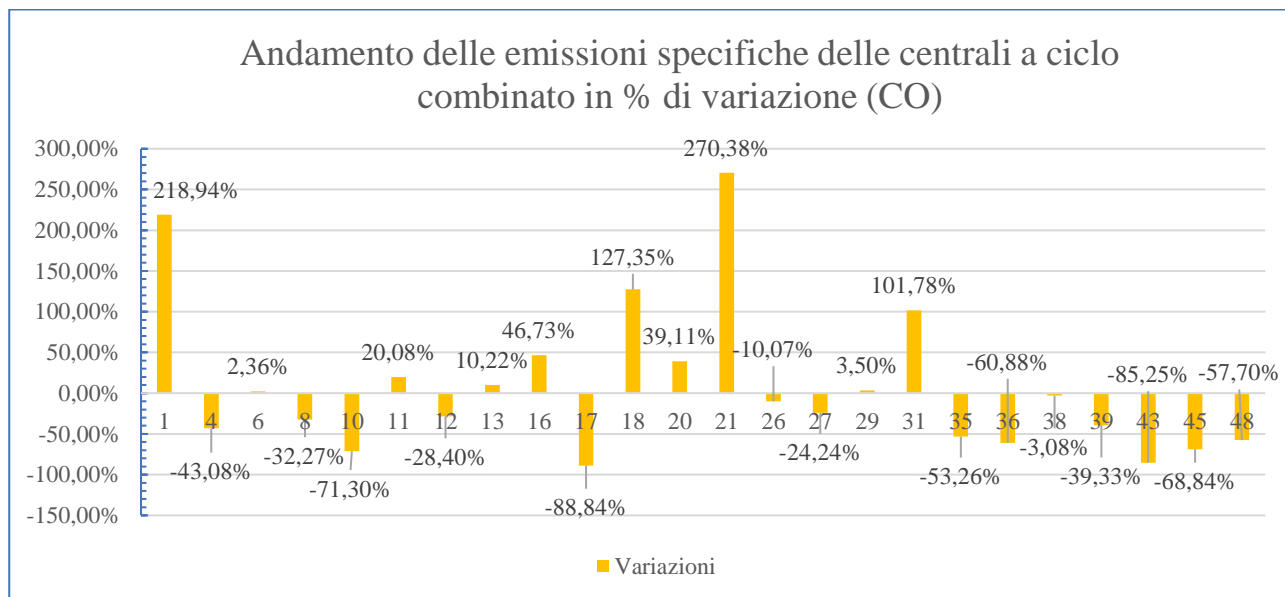


Figura 3.42 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO per le centrali a ciclo combinato.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come le variazioni degli andamenti siano comprese entro il 100% per solamente 19 elementi su 24 (ovvero il 79,16% del campione), denotando come gli scostamenti dallo zero siano molto più consistenti rispetto agli altri casi finora osservati. La centrale numero 20, al netto delle osservazioni precedenti, ha registrato un aumento mastodontico delle emissioni specifiche di CO, di ben il 980% circa e perciò costituisce il caso di maggior interesse del sottocampione, ancora più interessante risulta il fatto che l'incremento sembra essersi realizzato solo nel 2019, poiché gli altri anni presentano dei valori di emissioni pressappoco simili. In questo caso sarebbe utile poter disporre dei dati di riferimento delle emissioni del 2020, cosa che permetterebbe di poter confermare o smentire ipotesi per la quale le variazioni registrate siano dovute principalmente alla comunicazione dei valori delle emissioni di CO comprensivi dei transitori, a differenza di quelli verificatisi negli anni precedenti.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 14 centrali hanno migliorato le prestazioni (corrispondenti al 58,33% sul totale) e 10 le hanno peggiorate (corrispondenti al 41,67%), così come evidenziato nel grafico a seguire:

Andamenti generali delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato (CO)

■ Incremento emissioni specifiche ■ Diminuzione emissioni specifiche

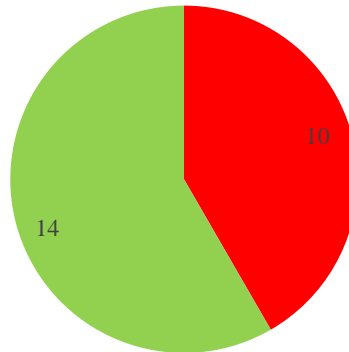


Figura 3.43 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni specifiche di CO delle centrali a ciclo combinato certificate EMAS hanno ottenuto dei risultati contrastanti e perciò conviene che siano considerati come un peggioramento complessivo; in quanto, considerando gli andamenti medi delle emissioni specifiche, si registra un aumento di elevata consistenza, mentre considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti si registra un miglioramento di piccola entità.

Le centrali di cogenerazione presentano emissioni piuttosto varie, anche a causa del fatto che sfruttino una gamma di altri combustibili per la cogenerazione di calore, ed ottengono, pertanto, risultati estremamente variabili. I risultati medi denotano un rilevante aumento delle emissioni specifiche. Come già evidenziato all'inizio del capitolo, non è stato ritenuto necessario operare una ulteriore distinzione fra le centrali di cogenerazione in quanto la maggior parte di queste sfrutta un impianto a ciclo combinato per la generazione di energia elettrica e l'eccezione verrà esaminata successivamente nel dettaglio; poiché per la centrale numero 5 non è stata possibile effettuare valutazioni, in quanto erano mancanti i valori delle emissioni massiche in atmosfera, avendo preferito l'organizzazione fornire i valori delle emissioni di monossido di carbonio come concentrazione dello stesso nei fumi di scarico nella DA. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle diciassette centrali di cogenerazione presenti:

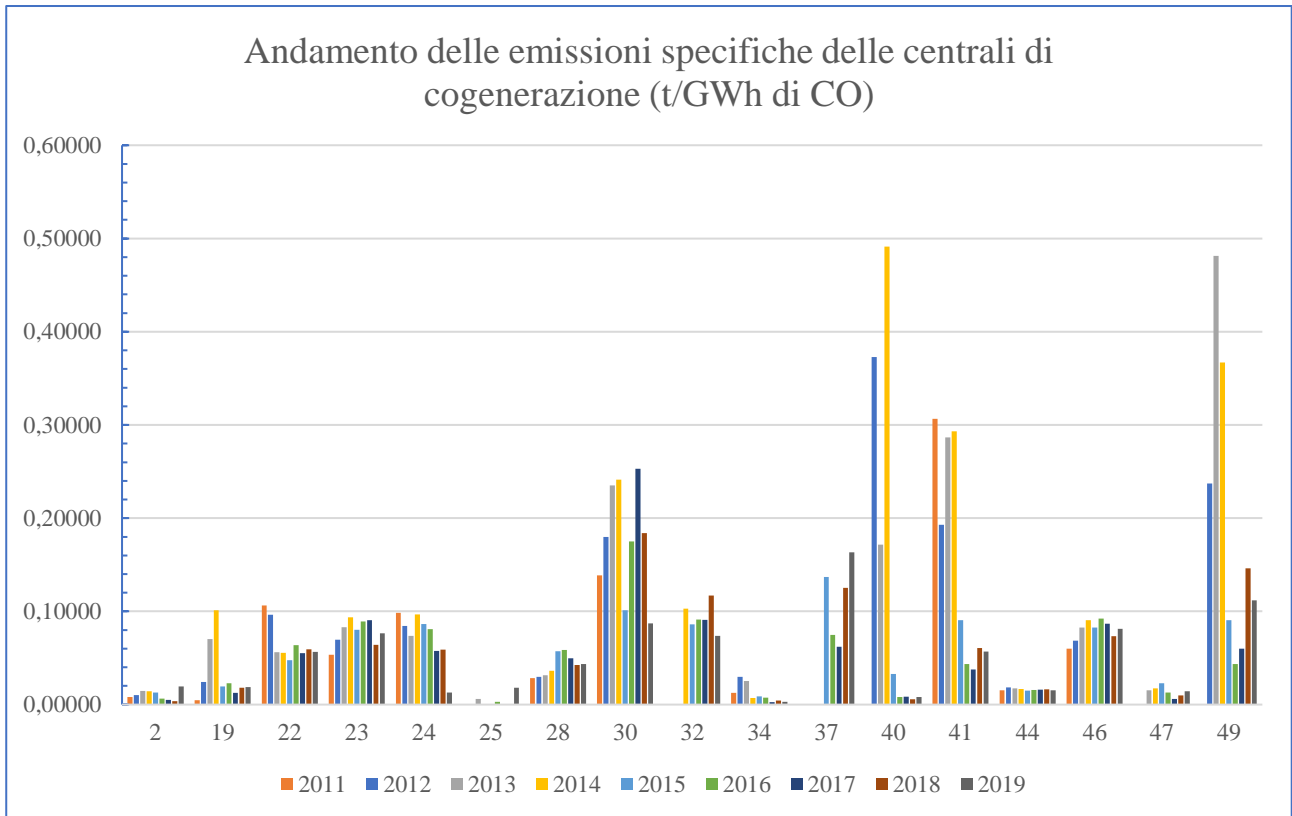


Figura 3.44 - Istogramma delle emissioni specifiche di CO delle centrali di cogenerazione.

I valori ricavati denotano, come già accennato, una certa variabilità intrinseca del sottocampione. Inoltre la tendenza generale all'aumento delle emissioni è consistente e, nel complesso, il sottocampione ha registrato risultati discutibili in fatto di emissioni in atmosfera di monossido di carbonio, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.18 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di CO per le centrali di cogenerazione.

Varianza delle centrali di cogenerazione =	1,1908
Variazione media delle centrali di cogenerazione =	16,7727%
Deviazione standard delle centrali di cogenerazione =	1,0912

Risulta interessante osservare che, in generale, malgrado la tendenza media sia quella del peggioramento, i valori delle emissioni specifiche siano relativamente bassi, generalmente nell'ordine delle 0,05-0,15 t/GWh, denotando una efficienza molto alta della combustione che avviene all'interno delle centrali di cogenerazione. Le centrali 5 e 37 che utilizzano altri combustibili per la cogenerazione risultano avere gli andamenti delle emissioni specifiche in peggioramento per la centrale 37, malgrado gli effettivi valori delle emissioni specifiche siano in linea con quelli delle altre centrali del sottocampione, al netto di una certa variabilità intrinseca del dato; mentre per la centrale 5 non è possibile effettuare valutazioni poiché non ha fornito i valori delle emissioni massiche in atmosfera della CO, preferendo fornire i dati delle emissioni come concentrazioni nei fumi di scarico.

I valori di variazione delle centrali di cogenerazione, 2019 sul 2011, sono rappresentati nel grafico a seguire:

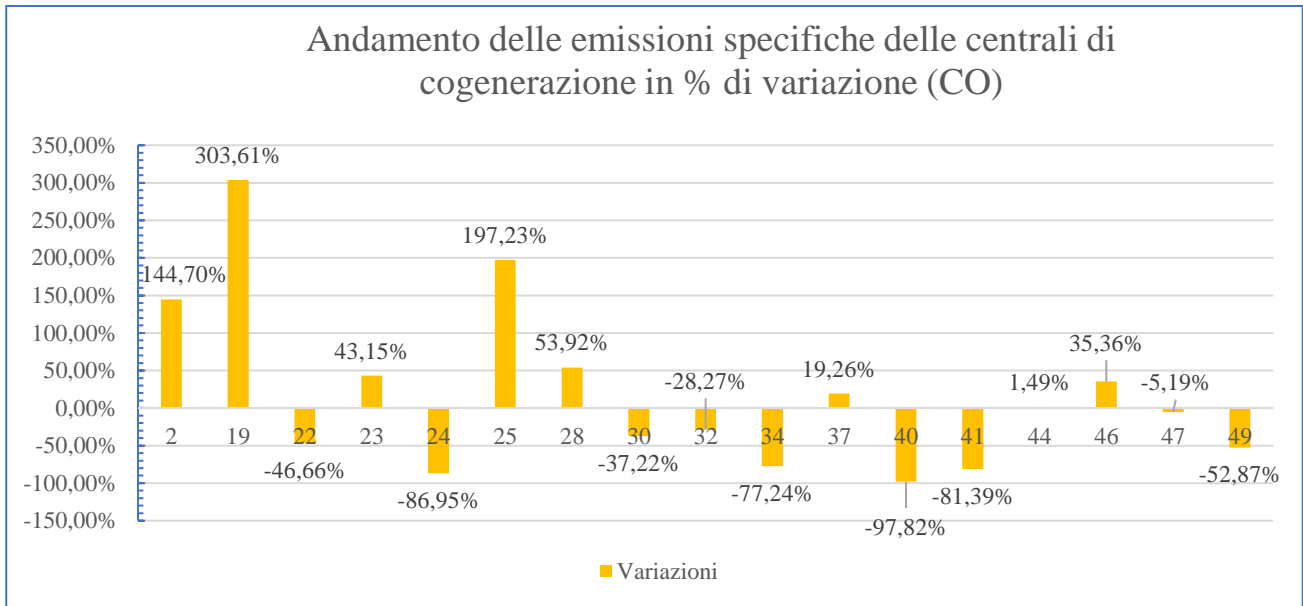


Figura 3.45 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO per le centrali di cogenerazione.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come 10 su 17 elementi effettivamente considerati del sottocampione (il 58.82% del campione) presentino una variazione delle emissioni entro il 60%, mentre i restanti 9 elementi costituiscono *outlier* interessanti. Ad esempio, la centrale numero 24 è riuscita a diminuire le emissioni di più del 50% grazie a vari interventi di efficientamento come il miglioramento delle turbine. Altra possibile causa dell'incremento è da ricercarsi nel fatto che le emissioni di CO siano influenzate in modo sensibile dalle condizioni di esercizio imposte all'impianto dal Mercato dell'energia elettrica e dalle richieste di bilanciamento di Terna S.p.A. (numero e tipologia di avviamenti).

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 9 centrali hanno migliorato le prestazioni (corrispondenti al 52,94% del campione effettivo) e 8 le hanno peggiorate (corrispondenti al 47,06% del campione effettivo), così come evidenziato nel grafico a seguire:

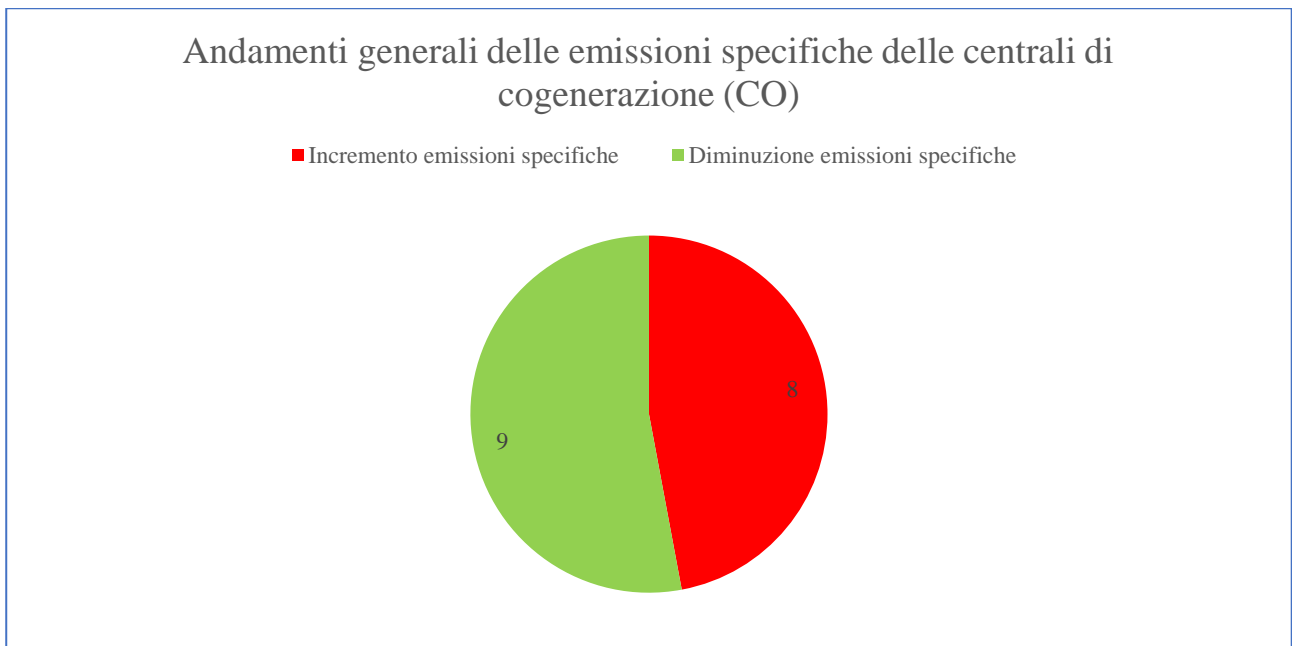


Figura 3.46 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di CO delle centrali di cogenerazione certificate EMAS hanno ottenuto un grande peggioramento complessivo, in quanto è stato rilevato un grosso aumento degli andamenti medi delle

emissioni, mentre considerando il numero netto delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti risulta leggermente maggiore di quelle che non ne hanno ottenuti.

3.5.4 Emissioni di SOx

Questi appena descritti sono i risultati che sono stati ottenuti dall'analisi del campione intero e di quello stratificato per tecnologia in riferimento alle emissioni del monossido di carbonio. L'esercizio di analisi proposto nei paragrafi precedenti per i dati di CO₂, NO_x e CO è stato applicato ai dati relativi agli ossidi di zolfo, nel presente paragrafo sono presentati i risultati ottenuti. A seguire viene riportato il grafico riassuntivo delle emissioni totali annuali degli ossidi di zolfo (SO_x) del campione di centrali nel periodo considerato:

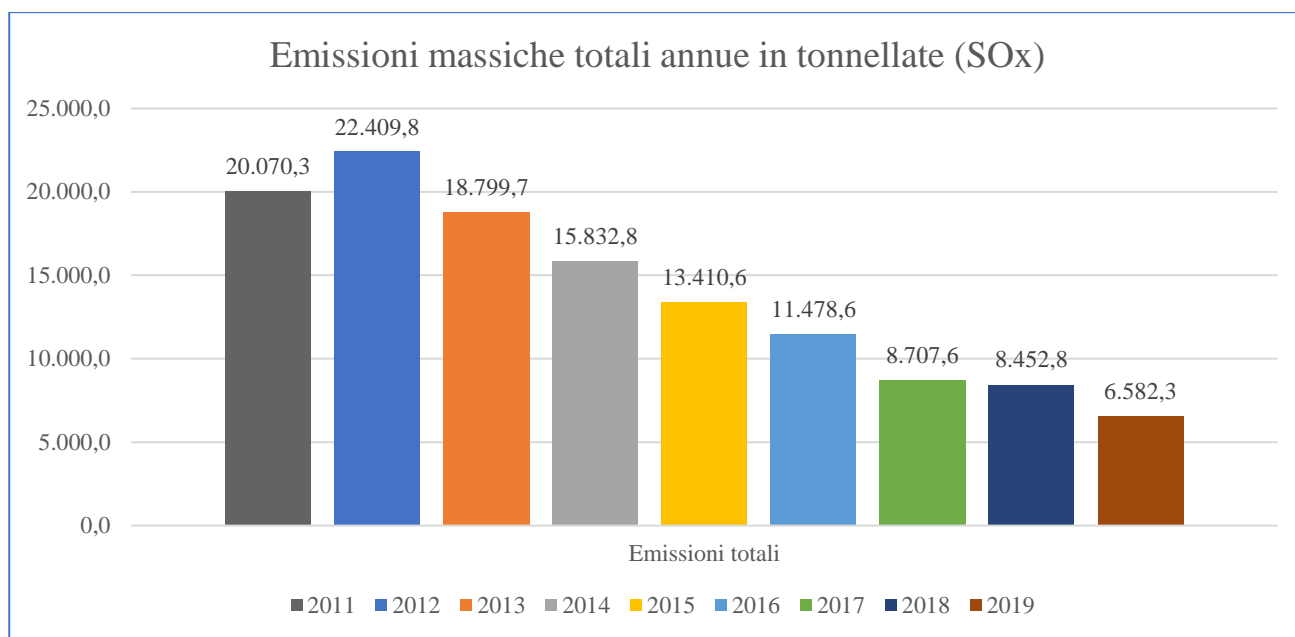


Figura 3.47 - Emissioni totali annue in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di SO_x.

Le emissioni presentate nel precedente grafico dimostrano l'eccezionale diminuzione che è stata realizzata, pari a quasi il 70%, nell'arco di tempo considerato, ciò è avvenuto in modo piuttosto deciso, ad esclusione di una prima fluttuazione dei dati nel 2012, unico anno per il quale i quantitativi sono aumentati.

I dati sulle emissioni totali di SO_x sono stati riportati in poche dichiarazioni ambientali a causa della specificità delle emissioni: infatti gli ossidi di zolfo vengono emessi in atmosfera solo in seguito alla combustione di un combustibile contenente un certo tenore di zolfo e, difatti, una strategia che è stata adoperata in passato per contenerne le emissioni è stata quella di accordare la commercializzazione di combustibili contenenti un basso tenore di zolfo (ciò è avvenuto soprattutto in riferimento al carbone e all'olio combustibile). Per questo motivo alcune tecnologie emettono in atmosfera solo tracce di questo inquinante e pertanto le corrispondenti DA ne considerano le emissioni uguali a zero (in particolare la combustione del gas naturale non emette ossidi di zolfo in atmosfera).

Il campione oggetto di studio per gli andamenti degli ossidi di zolfo è costituito, pertanto dalle sole organizzazioni che hanno ricevuto prescrizioni specifiche affinché ne misurassero le emissioni in atmosfera, per un totale di quattordici elementi.

Dal successivo grafico delle emissioni totali è possibile immediatamente verificare come i dati presentino per nove organizzazioni delle emissioni piuttosto consistenti, mentre per le restanti quattro le emissioni sono notevolmente inferiori, inferiori alle 100 t totali; spicca in particolare la centrale numero 6 che è arrivata ad emettere meno di 100 t totali.

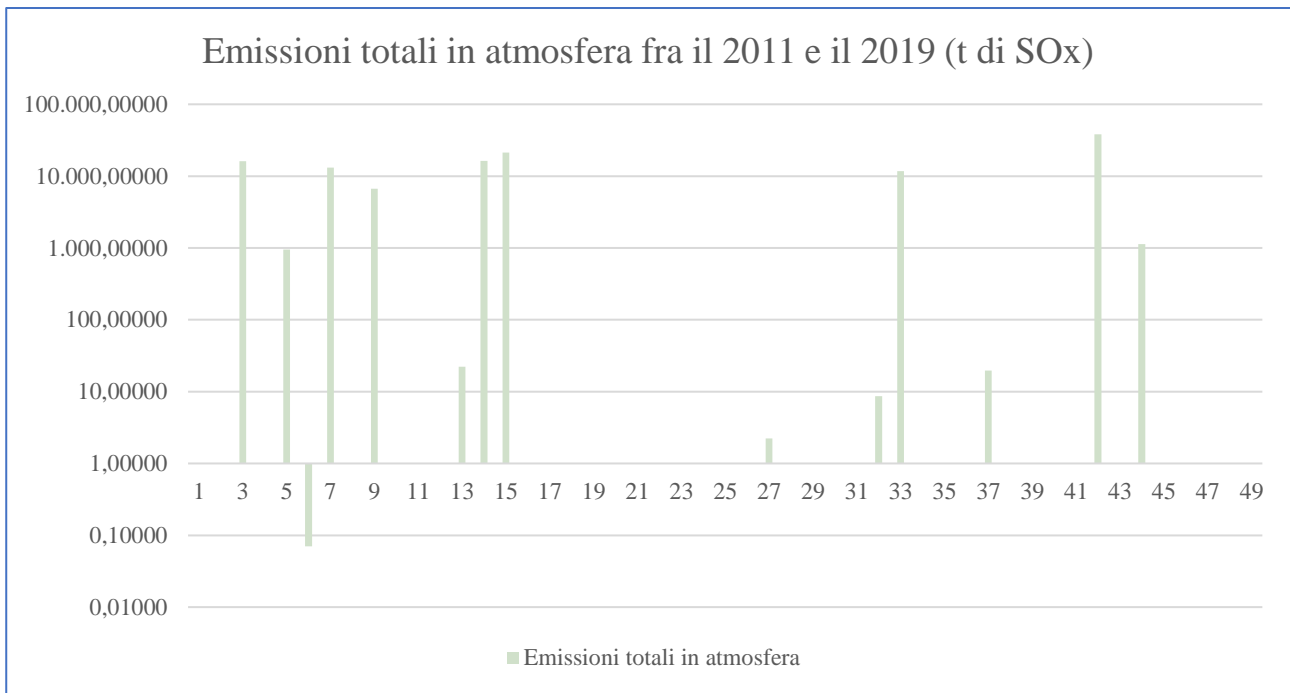


Figura 3.48 - Emissioni in atmosfera cumulate, espresse in scala logaritmica in base 10, sul periodo osservato, per ogni centrale, in tonnellate di SO_x.

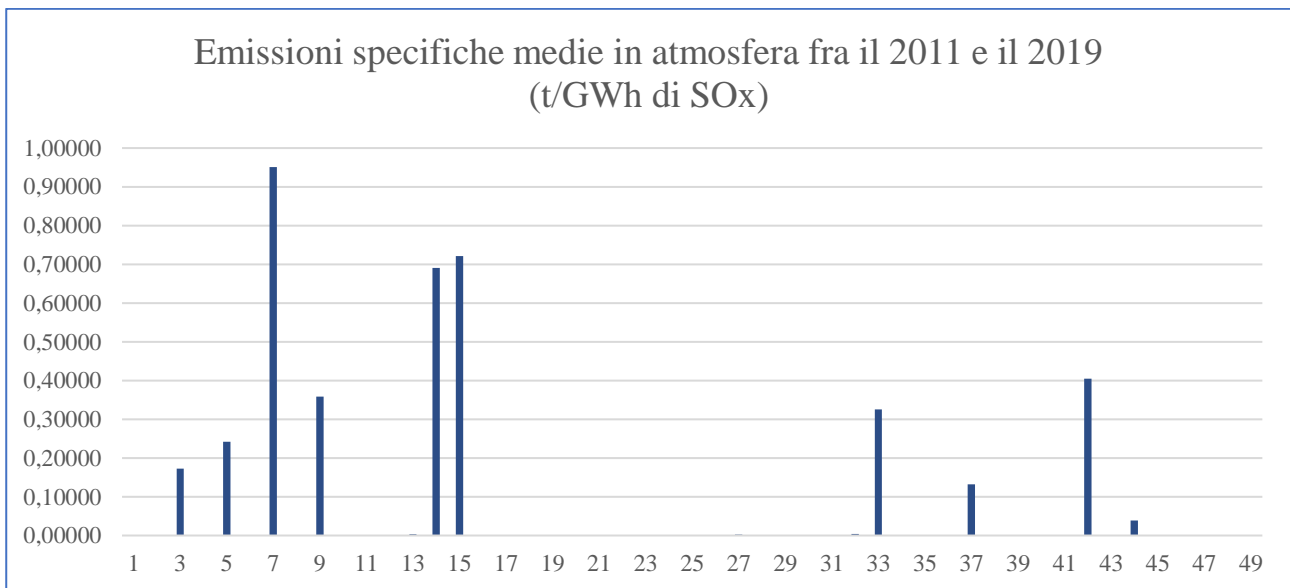


Figura 3.49 - Emissioni specifiche medie in atmosfera dell'intero campione in tonnellate di SO_x.

In base al criterio già discusso precedentemente, è stato calcolato il numero di organizzazioni che, alla fine dei nove anni, ha riportato miglioramenti o peggioramenti e questi sono stati stratificati sulla base del valore assoluto in percentuale degli stessi, così come è mostrato nella tabella a seguire:

Tabella 3.19 - Divisione delle centrali sulla base delle variazioni effettive delle emissioni specifiche di SOx.

	Numero di centrali	Percentuale sul totale
Miglioramenti entro il 5% =	0,00	0,00%
Miglioramenti fra il 5% e il 10% =	0,00	0,00%
Miglioramenti fra il 10% e il 15% =	1,00	7,14%
Miglioramenti superiori al 15% =	10,00	71,43%
Peggioramenti entro il 5% =	0,00	0,00%
Peggioramenti fra il 5% e il 10% =	0,00	0,00%
Peggioramenti fra il 10% e il 15% =	0,00	0,00%
Peggioramenti superiori al 15% =	3,00	21,43%

Nel complesso le centrali hanno registrato una notevole diminuzione media delle emissioni, di circa il 39%; la tendenza maggioritaria delle organizzazioni è stata, difatti, quella di diminuire le emissioni e presentano, come già evidenziato anche dal grafico precedente, degli andamenti piuttosto variegati rispetto a quelli di altri inquinanti, come mostra il grosso valore della varianza campionaria. Nella tabella a seguire sono riassunti i principali parametri statistici che sono stati calcolati:

Tabella 3.20 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di SOx per il campione effettivo di 14 centrali.

Varianza del campione completo =	0,2140
Media del campione completo =	-39,3944%
Deviazione standard del campione completo =	0,4627

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 11 centrali hanno migliorato le prestazioni (78,57% del totale) e 3 le hanno peggiorate (21,43% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

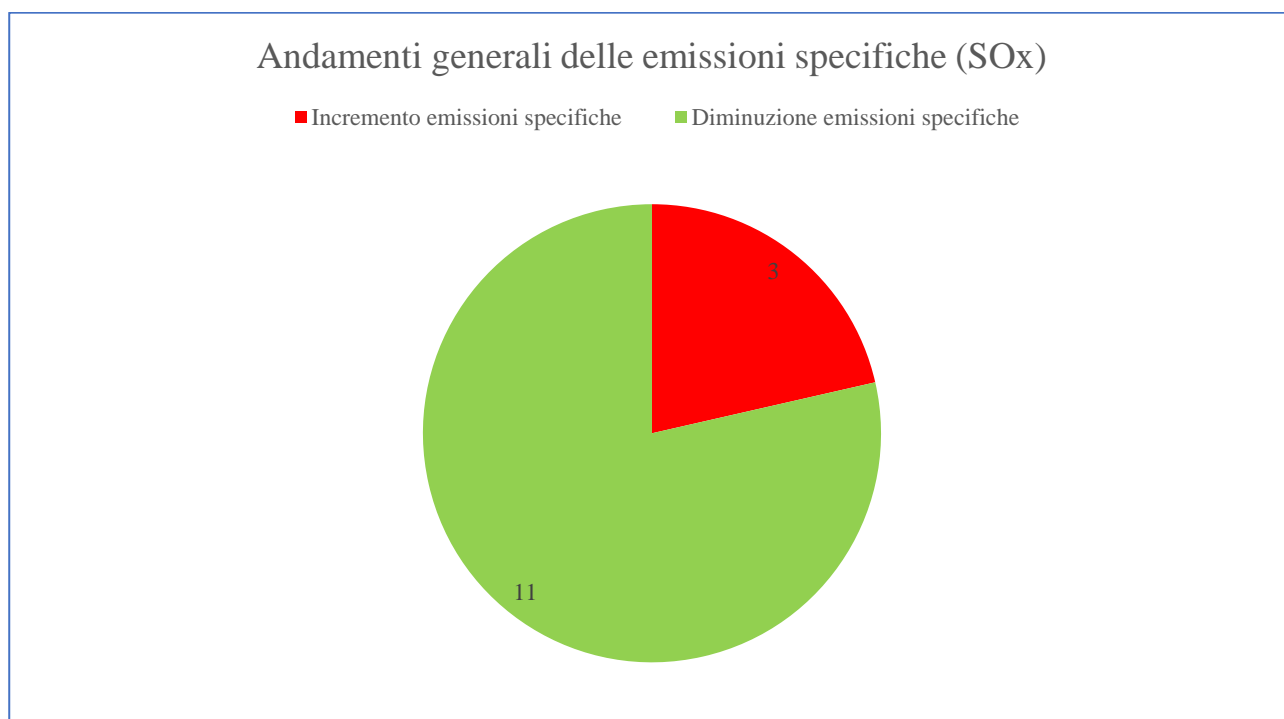


Figura 3.50 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche del campione completo.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di SOx delle centrali certificate EMAS hanno ottenuto un grande miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in buona diminuzione, sia considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti, di molto maggiore rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti.

Si procede a questo punto ad effettuare le medesime analisi per le varie parti del campione stratificato per tecnologia, in modo da evidenziare informazioni più dettagliate.

Nel caso degli SOx le centrali a carbone costituiscono, a differenza delle casistiche evidenziate per i gas precedenti, la parte maggioritaria del campione e sono responsabili di una parte consistente delle emissioni di ossidi di zolfo; nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni specifiche in atmosfera delle sette centrali a carbone considerate nel sottocampione:

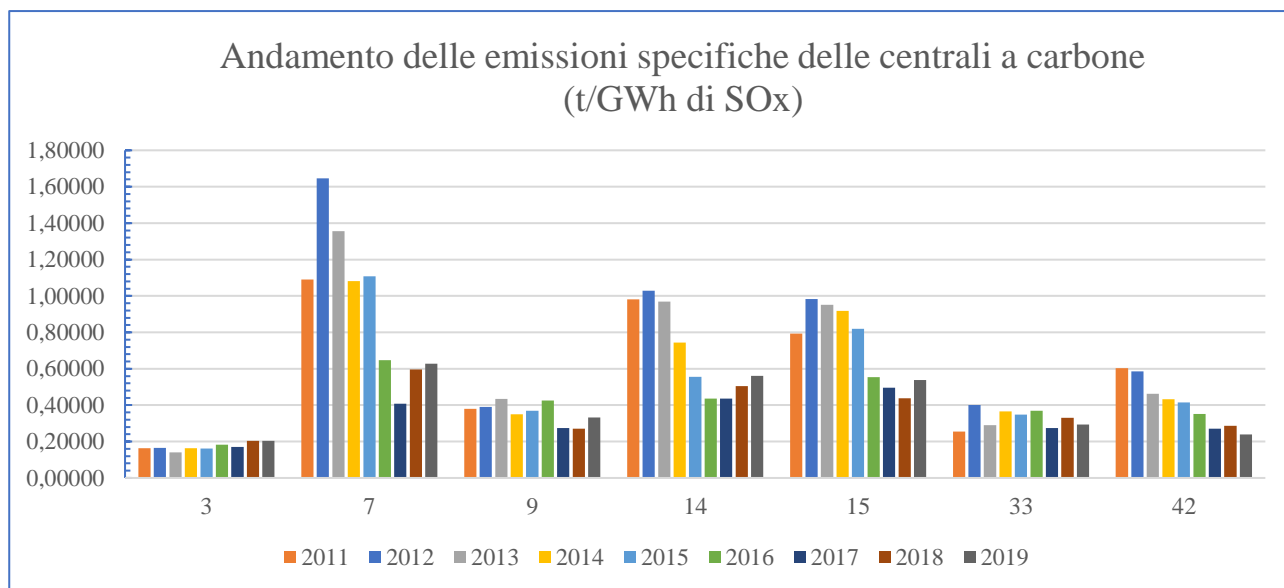


Figura 3.51 - Istogramma delle emissioni specifiche di SOx delle centrali a carbone.

I risultati confermano quanto era già stato affermato nell'analisi del campione completo: il sottocampione delle centrali a carbone è dotato di una variabilità delle emissioni non troppo elevata e al contempo è caratterizzato da una spiccata tendenza media alla diminuzione delle emissioni per quanto inferiore rispetto agli andamenti generali, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.21 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di SOx per le centrali a carbone.

Varianza delle centrali a carbone =	0,1017
Variazione media delle centrali a carbone =	-21,4773%
Deviazione standard delle centrali a carbone =	0,3189

Va evidenziato, inoltre, come i valori delle emissioni specifiche siano compresi nell'ordine delle 0,2-0,6 t/GWh, rendendo i miglioramenti futuri più difficoltosi per le centrali che hanno già ottenuto risultati buoni.

Gli andamenti complessivi delle variazioni delle centrali a carbone sono rappresentati nel grafico a seguire:

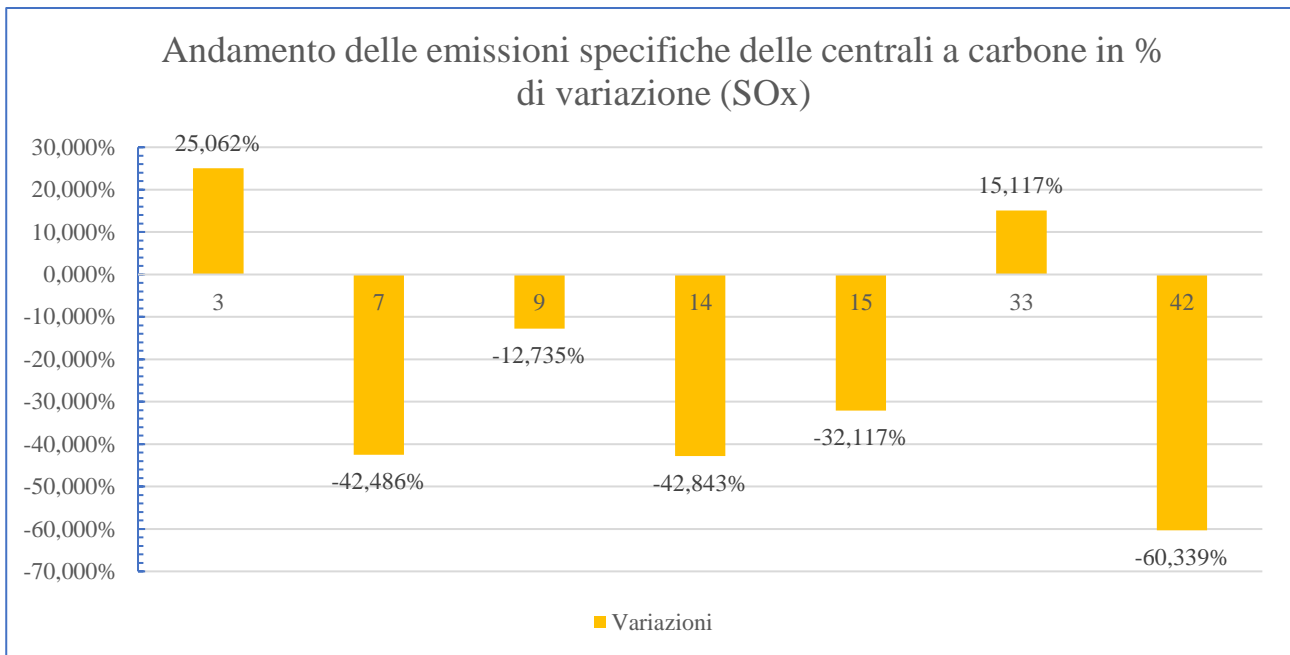


Figura 3.52 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di SOx per le centrali a carbone.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota una tendenza al miglioramento diffusa in quasi tutti gli elementi del sottocampione; quattro elementi su sette, ovvero il 57,14% del campione, hanno presentato variazioni comprese entro il 40%, sia in aumento che in diminuzione. La centrale numero 7, insieme alla centrale 14, hanno diminuito le proprie emissioni di circa il 42%, costituendo, due *outlier* di notevole interesse, ma sempre inferiori ai risultati della centrale 42. La consistente riduzione, addirittura del 60%, degli ossidi di zolfo emessi della centrale numero 42 è giustificabile dalla sostituzione completa del sistema di riduzione delle emissioni del ciclo DeSOx.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 5 centrali hanno migliorato le prestazioni (71,43% del totale) e 2 le hanno peggiorate (28,57% del totale), così come evidenziato nel grafico a seguire:

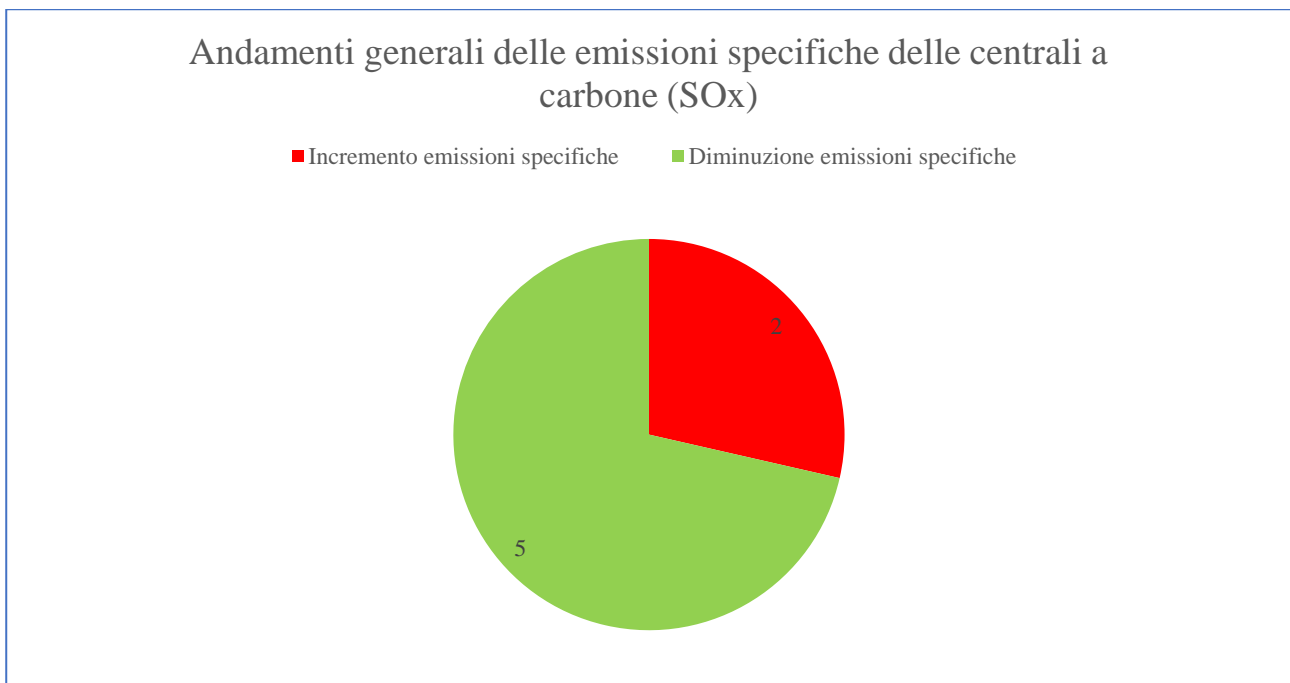


Figura 3.53 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a carbone.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni specifiche di SOx delle centrali a carbone certificate EMAS hanno ottenuto un

grande miglioramento complessivo, sia considerando gli andamenti medi delle emissioni, in grossa diminuzione, sia considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto peggioramenti, di molto minore rispetto a quelle che hanno ottenuto miglioramenti.

Le centrali a ciclo combinato costituiscono nei confronti delle emissioni degli ossidi di zolfo il sottocampione meno numeroso in quanto la combustione del gas naturale non emette in atmosfera SOx se non in tracce e pertanto le organizzazioni che adoperano questa tecnologia non hanno ritenuto la valutazione delle emissioni degli ossidi di zolfo come un aspetto ambientale significativo, anche in considerazione del fatto che le prescrizioni relative al piano di monitoraggio probabilmente non li includano come emissioni da analizzare per le motivazioni già espresse. Il sottocampione ha, pertanto, numerosità molto ridotta, attestandosi a solamente tre elementi che durante gli anni dello studio avevano alcuni gruppi alimentati anche con combustibili diversi dal gas naturale, per la precisione le centrali 6 e 13 avevano dei gruppi alimentati anche con olio combustibile denso (OCD) e la centrale 27 aveva un gruppo alimentato a gasolio, così come mostrato nel seguente grafico:

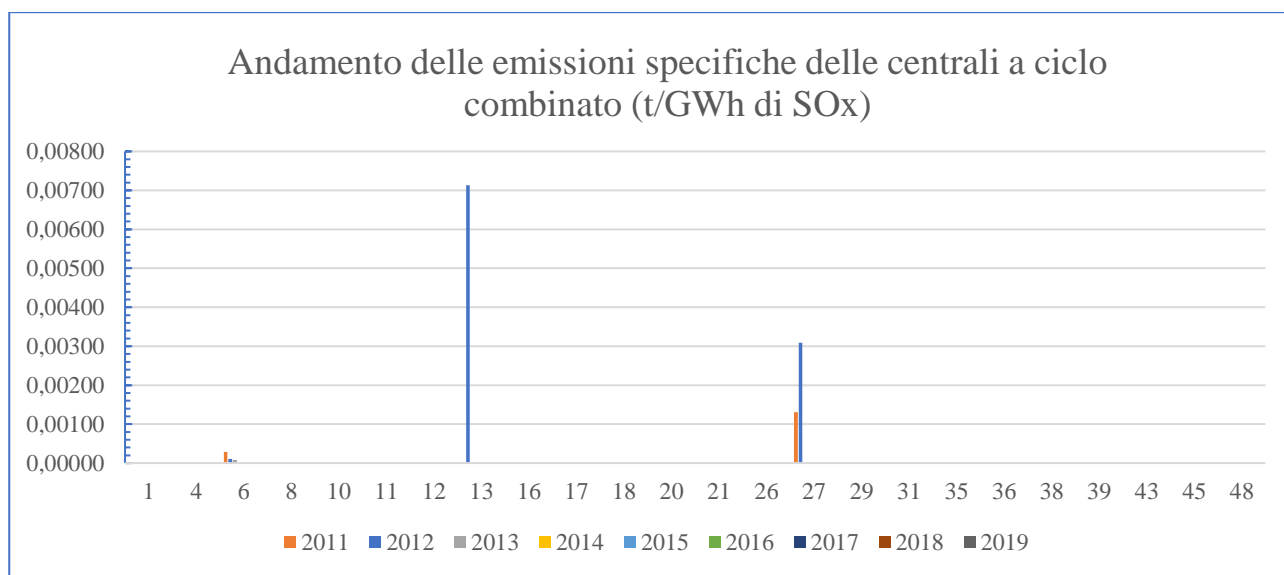


Figura 3.54 - Istogramma delle emissioni specifiche di SOx delle centrali a ciclo combinato.

Tutte le centrali hanno azzerato le emissioni di SOx nel corso degli anni dismettendo i gruppi produttivi responsabili delle emissioni del gas in atmosfera.

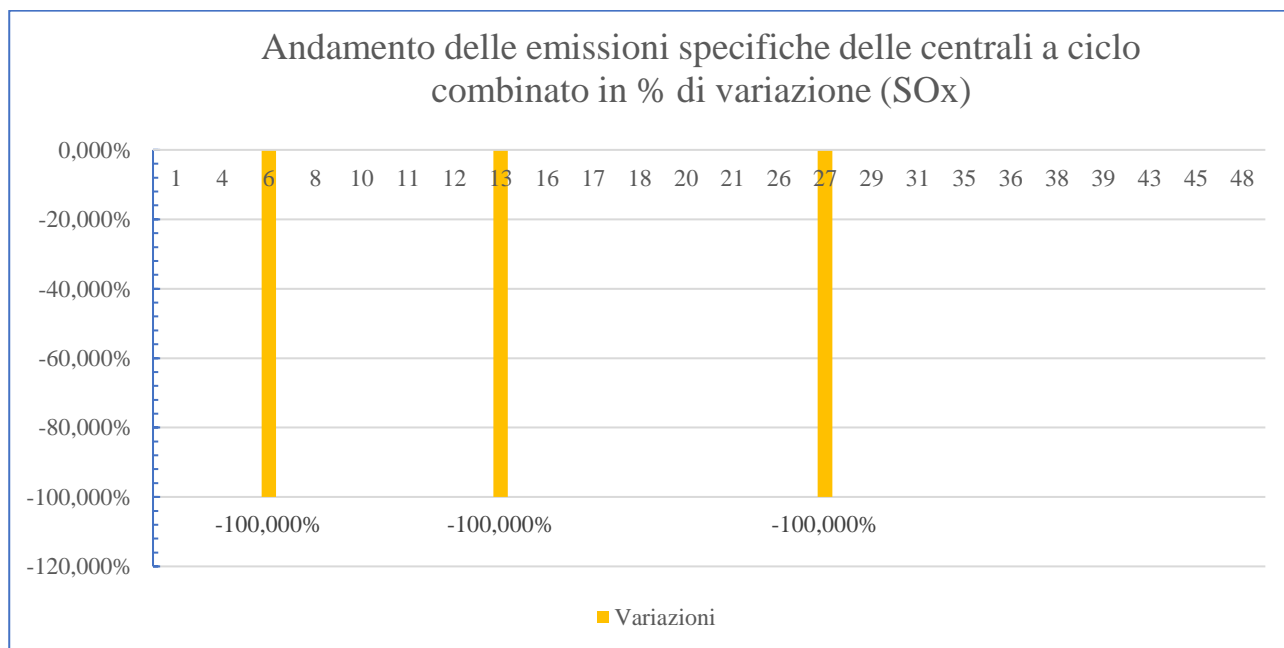


Figura 3.55 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di SOx per le centrali a ciclo combinato.

Riassumendo, tutte le centrali hanno ottenuto miglioramenti insuperabili; ciò è avvenuto grazie all'abbandono della tecnologia di combustione dell'olio combustibile denso e del gasolio per fare posto alla tecnologia di combustione del metano. È incontestabile il fatto che le centrali a a ciclo combinato riescano a fornire un impatto ambientale pari a zero da questo punto di vista.

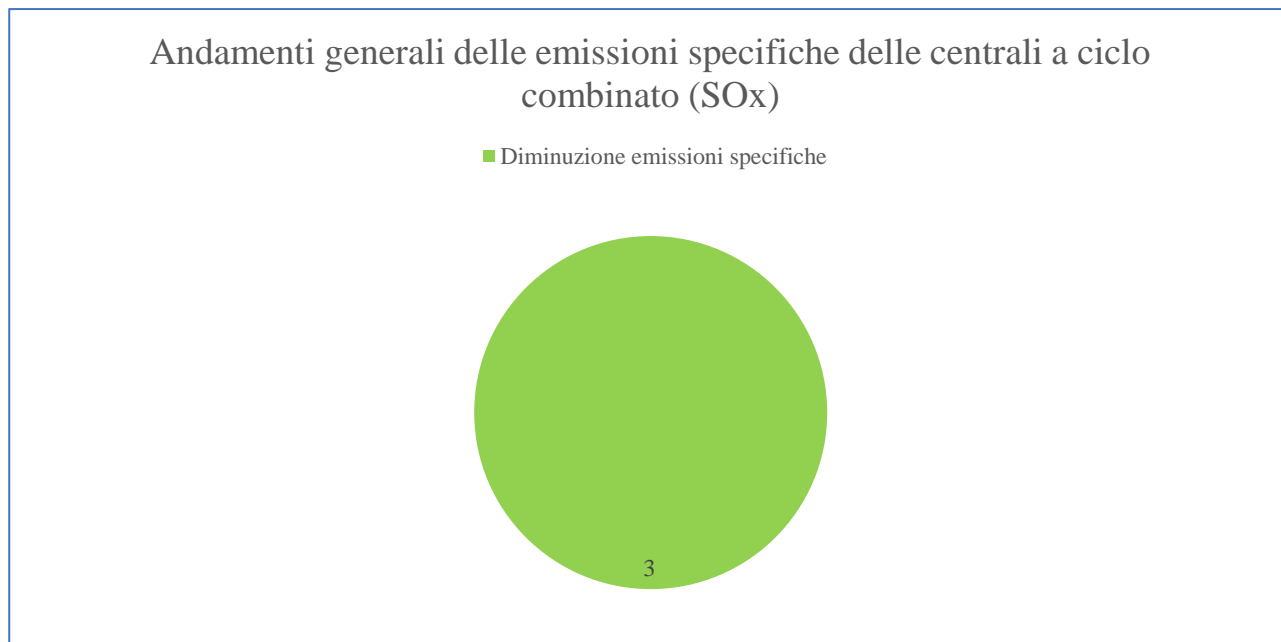


Figura 3.56 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali a ciclo combinato.

Per le centrali di cogenerazione valgono in larga parte le osservazioni che sono già state riportate per le centrali a ciclo combinato in quanto la stragrande maggioranza delle stesse sfrutta la combustione del gas naturale ai fini della cogenerazione di energia. Le centrali 5 e 37 sono le uniche all'interno del campione a sfruttare anche altre forme di combustibile in aggiunta al gas naturale, rispettivamente carbone e biomasse, producendo, pertanto delle emissioni di ossidi di zolfo da considerare. Altre due organizzazioni hanno deciso di fornire valori per le emissioni di SOx, ma questi risultano notevolmente inferiori rispetto alle emissioni delle centrali 5 e 37. Nel grafico a seguire vengono mostrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera delle quattro centrali di cogenerazione effettivamente considerate:

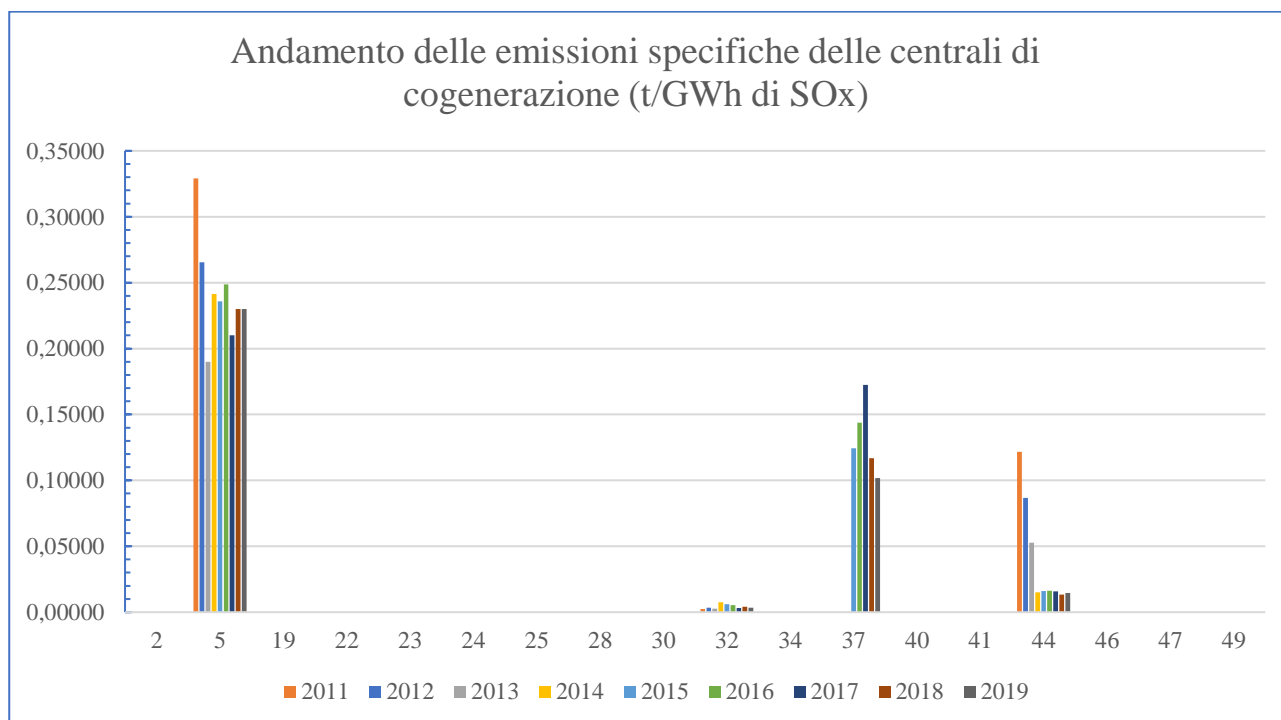


Figura 3.57 - Istogramma delle emissioni specifiche di SOx delle centrali di cogenerazione.

I valori ricavati denotano, come quelli delle centrali a carbone, una tendenza generale alla diminuzione delle emissioni, anche molto consistente. Nel complesso, il sottocampione ha registrato risultati buoni in fatto di emissioni in atmosfera di ossidi di zolfo, così come evidenziato nella tabella sottostante:

Tabella 3.22 - Parametri statistici principali riferiti alle emissioni specifiche di SOx per le centrali a ciclo combinato.

Varianza delle variazioni =	0,2554
Variazione media delle variazioni =	-25,2950%
Deviazione standard delle variazioni =	0,5054

Preme sottolineare nuovamente la notevole differenza in termini quantitativi di emissioni specifiche che è presente fra le centrali: infatti la numero 32 e la numero 44 presentano emissioni specifiche inferiori alle 0,05 t/GWh, mentre la 5 e la 37, che utilizzano altri combustibili per la cogenerazione, hanno registrato emissioni specifiche ben superiori, nell'ordine delle 0,1-0,3 t/GWh. I valori di variazione delle centrali di cogenerazione sono rappresentati nel grafico a seguire:

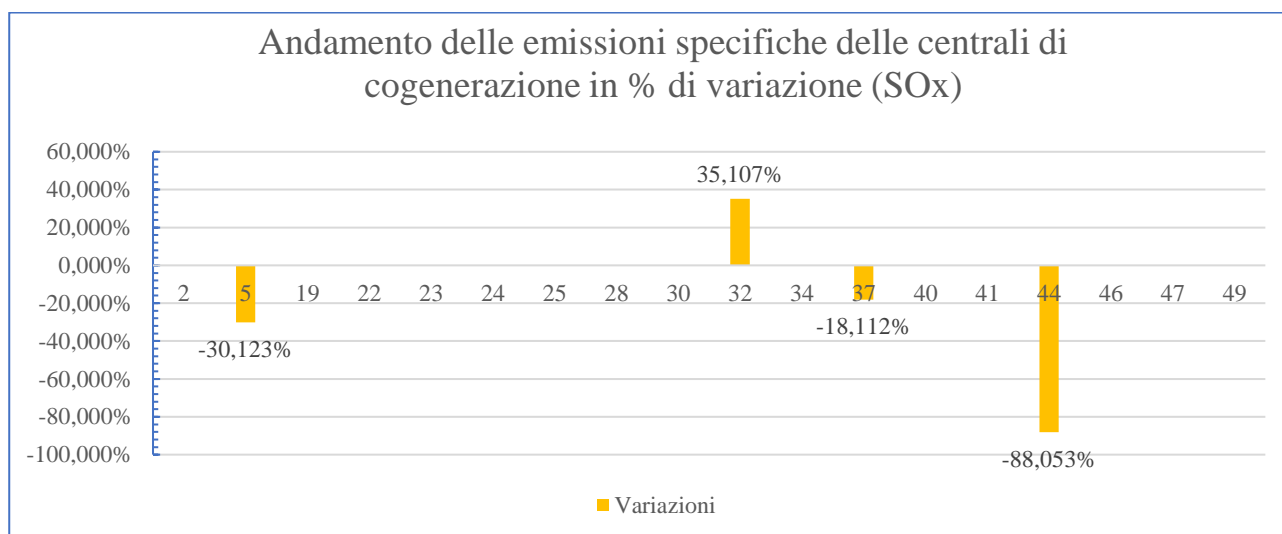


Figura 3.58 - Istogramma delle variazioni percentuali delle emissioni specifiche di CO per le centrali di cogenerazione.

Riassumendo i risultati ottenuti si nota come 3 su 4 elementi effettivamente considerati del sottocampione (esattamente il 75% del campione) presentino una variazione delle emissioni specifiche compresa entro il 40%, mentre il restante elemento costituisce un *outlier* decisamente interessante, anche in virtù della notevolissima diminuzione dell'88% delle emissioni di ossidi di zolfo nel periodo considerato. In seguito all'analisi della DA della centrale 44 è stato possibile verificare come tra 2011 e 2013 sia diminuito l'uso di Olio BTZ (a basso tenore di zolfo) nella centrale a parità di consumi di gas. Il salto tra il 2013 e 2014 dovrebbe invece essere l'effetto dell'adeguamento alle prescrizioni dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA) con l'applicazione delle BAT (Migliori tecnologie disponibili) sia nel controllo della combustione, sia per la riduzione degli inquinanti al camino di una sezione della centrale.

In base al criterio già discusso precedentemente, risulta che 3 centrali hanno migliorato le prestazioni (corrispondenti esattamente al 75% del campione effettivo) e 1 le ha peggiorate (corrispondente esattamente al 25% del campione effettivo), così come evidenziato nel grafico a seguire:

Andamenti generali delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione (SOx)

■ Incremento emissioni specifiche ■ Diminuzione emissioni specifiche

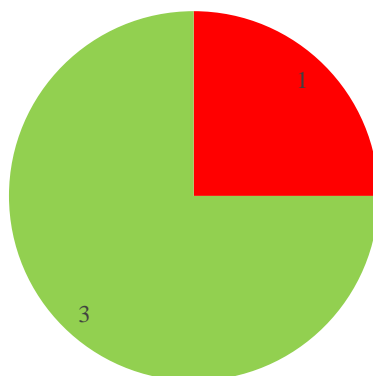


Figura 3.59 - Grafico a torta riferito al miglioramento delle emissioni specifiche delle centrali di cogenerazione.

Per concludere, nel tentativo di formulare un giudizio sintetico sui risultati ottenuti, si può affermare che gli andamenti delle emissioni di SOx delle centrali di cogenerazione certificate EMAS hanno ottenuto un buon miglioramento complessivo, in quanto è stato rilevato un miglioramento di elevata entità degli andamenti medi delle emissioni, mentre considerando il numero delle centrali che hanno ottenuto miglioramenti rispetto a quelle che non ne hanno ottenuti si assiste ad una leggera prevalenza delle prime.

3.5.5 Sintesi dei risultati ottenuti

Al fine di ottenere uno sguardo di sintesi dei risultati ottenuti sono state sviuppate le tabelle di seguito riportate, differenziando i risultati per i principali gas analizzati. Nell'ordine: CO₂, NOx, CO, SOx.

Per ogni tabella il parametro emissivo è stato valutato per ciascuna delle tre tecnologie analizzate (carbone, CCGT, cogenerazione e per il campione completo) attribuendo un punteggio a due fattori chiave per il miglioramento: la media delle variazioni ed il numero delle aziende che hanno migliorato, peggiorato o pareggiato le proprie prestazioni all'interno del periodo considerato. In altre parole, a seconda dei risultati è stato attribuito un punteggio positivo da +1 a +3 nel caso in cui si fosse effettivamente riscontrato un miglioramento, un punteggio negativo da -1 a -3 nel caso in cui si fosse effettivamente riscontrato un peggioramento ed un punteggio pari a zero in caso di pareggio. È stato attribuito un punteggio maggiore a seconda di quanto fossero stati consistenti i miglioramenti (per miglioramenti molto consistenti è stato attribuito un punteggio massimo di +3); viceversa è stato attribuito un punteggio minore a seconda di quanto fossero stati consistenti i peggioramenti (per peggioramenti molto accentuati è stato attribuito un punteggio minimo di -3).

Tabella 3.23 - Tabella riassuntiva dei punteggi prestazionali per la CO₂.

Punteggi per valutare il miglioramento delle emissioni di CO ₂		
	Variazioni medie	Numerosità delle organizzazioni
Campione completo	+1	+1
Carbone	-2	-2
Ciclo combinato	0	+1
Cogenerazione	+2	+3

Le emissioni in atmosfera di CO₂ hanno subito delle riduzioni nella quasi totalità dei casi, per quanto di entità non eccessiva, sono contraddistinte da punteggi generalmente positivi, ad esclusione delle centrali a carbone, la cui somma totale dà +4, per cui è possibile affermare che il parametro è stato tenuto sotto controllo,

permettendo un miglioramento delle prestazioni generali, a riprova della efficacia del modello gestionale adottato.

Tabella 3.24 - Tabella riassuntiva dei punteggi prestazionali per gli NOx.

Punteggi per valutare il miglioramento delle emissioni di NOx		
	Variazioni medie	Numerosità delle organizzazioni
Campione completo	+2	+2
Carbone	+3	+2
Ciclo combinato	+1	+2
Cogenerazione	+3	+2

Le emissioni in atmosfera di NOx hanno conseguito risultati abbastanza eclatanti nel complesso, anche maggiori di quelli della CO₂ appena esposti, con tutti gli indicatori di punteggio che evidenziano il miglioramento, anche con numeri piuttosto alti; la cui somma totale dà +17, per cui è possibile affermare che il parametro è stato tenuto sotto controllo, permettendo un miglioramento delle prestazioni generali.

Tabella 3.25 - Tabella riassuntiva dei punteggi prestazionali per la CO.

Punteggi per valutare il miglioramento delle emissioni di CO		
	Variazioni medie	Numerosità delle organizzazioni
Campione completo	-1	+1
Carbone	+3	+2
Ciclo combinato	-2	+1
Cogenerazione	-3	0

L'analisi delle emissioni in atmosfera di CO ha fornito risultati discordanti nel complesso, anche se leggermente tendenti ad un miglioramento complessivo molto lieve, visto che la somma totale dei punteggi dà +1; perciò è possibile affermare che il parametro sia stato tenuto sotto controllo, permettendo, tuttavia un mantenimento generale dei quantitativi emessi a fronte di un disatteso miglioramento. A tal proposito risulta rilevante segnalare che l'analisi dei valori emissivi di questo specifico gas abbia anche evidenziato incoerenze proprio in relazione alle anomalie dovute alle situazioni particolari, quali transitori e fermo impianto, rendendo di fatto incongruenti le analisi realizzate sui valori emissivi prima delle dovute correzioni.

Tabella 3.26 - Tabella riassuntiva dei punteggi prestazionali per gli SOx.

Punteggi per valutare il miglioramento delle emissioni di SOx		
	Variazioni medie	Numerosità delle organizzazioni
Campione completo	+3	+3
Carbone	+2	+3
Ciclo combinato	+3	+3
Cogenerazione	+3	+3

Riguardo alle emissioni in atmosfera di SOx sono stati ottenuti risultati abbastanza eclatanti nel complesso, con tutti gli indicatori di punteggio che puntano ad un miglioramento consistente e la cui somma totale dà +23, quasi il massimo punteggio ottenibile; per cui è possibile affermare che il parametro è stato tenuto sotto controllo, permettendo un miglioramento delle prestazioni generali. A completamento della precedente affermazione va inoltre segnalato come buona parte delle organizzazioni campionate non abbia eseguito valutazioni sugli andamenti degli SOx in quanto emissione minoritaria, presente spesso solo in tracce. Ciò dipende principalmente dal combustibile utilizzato, il gas naturale, il quale è naturalmente quasi del tutto privo di zolfo e perciò l'emissione, per buona parte del campione, è gestita in modo ottimale, impedendone a priori, cioè durante la combustione, la liberazione in aria.

3.5.5 Indicazioni sulla corretta comunicazione dei dati nelle DA

Il Regolamento EMAS stabilisce i requisiti che devono essere soddisfatti nella stesura delle DA, sia in termini di contenuti che in termini di qualità dei dati forniti.

Nello specifico, l'Allegato IV (Comunicazione Ambientale), parte C (Relazione basata su indicatori di prestazione ambientale e informazioni qualitative) stabilisce che:

” Sia nella dichiarazione ambientale che nella dichiarazione ambientale aggiornata, le organizzazioni riferiscono sugli aspetti ambientali significativi diretti e indiretti, utilizzando gli indicatori chiave e gli indicatori specifici di prestazione ambientale illustrati di seguito...omissis

Gli indicatori:

a) forniscono una valutazione accurata delle prestazioni ambientali dell'organizzazione;

b) sono facilmente comprensibili e privi di ambiguità;

c) consentono confronti da un anno all'altro al fine di valutare se le prestazioni ambientali dell'organizzazione sono migliorate; per consentire il confronto, la relazione copre almeno tre anni di attività, a condizione che i dati siano disponibili;

d) consentono confronti con i parametri di riferimento a livello settoriale, nazionale o regionale, come opportuno;

e) consentono eventualmente confronti con gli obblighi regolamentari.

A sostegno di ciò, l'organizzazione definisce brevemente l'ambito di applicazione (compresi i limiti materiali e organizzativi, l'applicabilità e la metodologia di calcolo) di ciascun indicatore. “

Nell'analisi delle DA predisposte dal campione considerato nel presente lavoro è stato possibile identificare margini di miglioramento rispetto ai suddetti punti b), c), d) ed e), con riferimento agli aspetti generali di:

- omogeneità
- consistenza
- trasparenza

Omogeneità

I dati di prestazione ambientale, comprensivi dei dati di attività e dei parametri emissivi inclusi nelle DA dovrebbero essere riportati nelle medesime unità di misura in tutti gli aggiornamenti delle dichiarazioni, per consentire facilmente il confronto da un anno all'altro (punto c del suddetto elenco). Ciò vale tanto al livello della singola organizzazione quanto al livello più aggregato di codice di attività economica (organizzazioni con lo stesso codice NACE/ATECO), per consentire confronti con i parametri di riferimento a livello settoriale (punto d del suddetto elenco).

Consistenza

Nella predisposizione delle diverse DA di una stessa organizzazione, il Gestore dovrebbe porre attenzione, come evidenziato poc'anzi, a garantire la confrontabilità delle informazioni fornite nei diversi periodi di riferimento osservati dalle singole DA. Per ottemperare a questo requisito del Regolamento EMAS risulta fondamentale che i dati siano presentati in modo coerente da un anno all'altro. In sostanza le diverse DA devono essere il risultato dello stesso processo metodologico applicato nel corso degli anni; quando intervengono delle variazioni della metodologia applicata sarebbe opportuno estenderle anche ai dati presentati dalla stessa Organizzazione in passato. Così facendo l'informazione comunicata dal Gestore risulterebbe di facile comprensione e priva di ambiguità (punto b del suddetto elenco), ovvero più correttamente interpretabile dal pubblico e il confronto dei dati su più anni risulterebbe più semplice (punto c del suddetto elenco). Anche questo aspetto risulta applicabile al livello più aggregato del codice di attività economica, in quanto mancando la consistenza dei dati risulta difficile confrontare gli stessi con parametri di riferimento o con altre organizzazioni dello stesso settore (punto d del suddetto elenco).

La consistenza dovrebbe essere ovviamente garantita anche quando la medesima Organizzazione fornisce la stessa informazione nell'ambito di adempimenti di legge diversi. Salvo casi particolari, è da aspettarsi che i dati di attività e di emissione presentati nella DA di una Organizzazione siano gli stessi o comunque coerenti con i dati di attività e di emissione che la stessa Organizzazione comunica in ottemperanza ad altre richieste della normativa vigente o alle prescrizioni contenute nei dispositivi che autorizzano l'esercizio degli impianti descritti nella DA (punto e del suddetto elenco).

Sul piano pratico, a titolo di esempio e per una migliore comprensione, si riportano di seguito una serie di criticità da superare, legate alla consistenza dei dati, specifiche per il settore 'produzione di energia' desunte dall'analisi del campione:

- I dati di emissione massica sono rapportati alla produzione di energia lorda per alcuni impianti e alla produzione di energia netta in altri. Così facendo le emissioni specifiche derivanti non risultano immediatamente confrontabili nel comparto;
- Le emissioni specifiche sono calcolate rapportando ai dati di produzione lorda in alcuni anni e ai dati di produzione netta in altri. In tal modo non è garantita la consistenza lungo il periodo osservato;
- I dati di emissione massica e la produzione di energia, sono riportati senza specificare se trattasi di produzione lorda o netta;
- Le emissioni specifiche sono riportate senza chiarire o dare la possibilità di verificare se sono rapportate alla produzione lorda o netta;
- Le emissioni massiche di CO₂, in alcuni aggiornamenti delle DA includono i transitori, al contrario di quanto riscontrato in altri aggiornamenti. Ciò impedisce la confrontabilità nei periodi osservati e la valutazione di un eventuale trend;
- Le emissioni massiche di CO₂ sono riportate nella DA senza specificare se sono o meno inclusi i transitori.

Trasparenza

La trasparenza è uno dei pilastri su cui si fonda il Regolamento EMAS e, così come esplicitamente richiesto dall'Allegato IV, i dati devono essere presentati in modo da garantire il rispetto di questo principio. A tale scopo risulta fondamentale chiarire l'applicabilità e la metodologia di calcolo degli indicatori, soprattutto in quei casi in cui possano generarsi ambiguità. Ne è un esempio l'indicatore di emissione specifica del gas CO₂, per il quale la scelta metodologica influisce sul risultato. Altro esempio per gli impianti di produzione di energia, si ha nel caso delle emissioni del gas CO, in cui non sempre viene specificato se i dati includono o meno le emissioni legati ai transitori (avvii e fermo impianto) che spesso rappresentano una parte rilevante delle emissioni. Trattandosi di Dichiarazioni Ambientali, quindi di dati sugli impatti ambientali, per una questione di trasparenza, sarebbe auspicabile trovare rappresentato il dato di emissioni totale.

Una maggior cura dovrebbe essere posta anche al commento dei trend che accompagnano la presentazione dei dati e degli indicatori inclusi nelle DA. Non sempre la stessa circostanza operativa (es. variazione di combustibile, revamping...) dà conto delle variazioni osservate nei parametri di base e negli indicatori elaborati dalle Organizzazioni; pertanto, è consigliabile che lo spazio dedicato alla descrizione dei trend sia adeguato e includa l'analisi dei dati di base e degli indicatori costruiti a partire da essi. Le spiegazioni relative alle variazioni interannuali del valore dei parametri di base e degli indicatori che l'organizzazione costruisce e include nella DA sono fondamentali per la comprensione dei dati stessi e la corretta valutazione dei risultati raggiunti attraverso il piano di miglioramento attuato dall'Organizzazione. Minore attenzione a questo aspetto si traduce in una potenziale minore trasparenza della DA e una minore trasparenza spesso può implicare una difficoltà dell'Organizzazione nel dimostrare i risultati presentati.

Al fine di superare le criticità evidenziate per gli aspetti considerati con la presente Linea Guida si intendono fornire le seguenti importate indicazioni:

- 1) Adottare sempre le stesse unità di misura;
- 2) Garantire la confrontabilità dei dati mediante l'adozione negli anni del medesimo approccio metodologico;
- 3) Garantire la consistenza dei dati in tutti gli adempimenti previsti dalla normativa;
- 4) Rapportare in maniera esplicita i dati alla produzione netta o lorda e chiarendo la scelta adottata nelle DA; tale suggerimento sarebbe maggiormente valido se la scelta metodologica fosse adottata da tutto il comparto;
- 5) Porre maggiore attenzione ai parametri emissivi influenzati dai transitori, fornendo il dato completo comprensivo di questi;
- 6) Dedicare maggiore cura alla descrizione dei trend che accompagnano la presentazione dei dati e degli indicatori evidenziando meglio i driver significativi.

4. CONCLUSIONI

Lo scopo della presente Linea Guida è stato duplice infatti, da un lato si è cercato di fornire al lettore, attraverso l'esperienza desunta dalle Dichiarazioni Ambientali delle organizzazioni registrate EMAS, l'evidenza di come il settore energetico, grazie alla implementazione di un Sistema di gestione Ambientale, abbia correttamente gestito le emissioni in atmosfera e il loro miglioramento continuo; dall'altro quello di condurre il lettore attraverso la tematica dei cambiamenti climatici e della loro stretta interconnessione con le fonti emissive.

In merito a quest'ultimo punto, la Linea Guida fornisce un'ampia panoramica sulla produzione energetica italiana richiamando i punti chiave della Energy Roadmap 2050, ripercorrendo i possibili scenari di evoluzione del sistema energetico necessari per il raggiungimento della sostenibilità a lungo termine e della decarbonizzazione: efficienza energetica, diversificazione delle tecnologie, ricorso alle fonti rinnovabili, adozione di sistemi di cattura e stoccaggio della CO₂, ricorso limitato all'energia nucleare.

Inoltre, riporta un sunto sul Piano di Azione Nazionale per le energie rinnovabili (PAN) e sul Piano di Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011 (PAEE 2011), strumenti emendati dal Ministero dello Sviluppo Economico rispettivamente nel 2010 e nel 2011 che contengono una serie di misure finalizzate al conseguimento degli obiettivi nazionali ed europei in merito alle energie rinnovabili e all'efficienza energetica.

Viene anche presentata una panoramica sulla Strategia Energetica Nazionale, approvata nel 2012 che rappresenta lo strumento di indirizzo e di programmazione della politica energetica nazionale.

Infine è stato illustrato il quadro sinottico delle fonti emissive e introdotto il focus sui gas maggiormente emessi durante i processi di produzione di energia elettrica da fonti fossili (CO, CO₂, NO_x, SO_x) con particolare attenzione alla CO₂, gas con capacità climalterante.

Passando al ruolo di EMAS come Sistema di Gestione Ambientale antesignano della mitigazione dei cambiamenti climatici mediante l'introduzione nell'Allegato IV di due specifici indicatori "emissioni totali annue di gas serra" e "emissioni totali annue nell'atmosfera", la Linea Guida ha posto in evidenza che EMAS si conferma come un valido strumento per la gestione degli aspetti ambientali significativi delle organizzazioni operanti nel settore energetico quali sono le emissioni in atmosfera.

L'uso degli indicatori di prestazione ambientale ha consentito infatti, mediante l'analisi e il confronto degli andamenti riportati nelle Dichiarazioni Ambientali del campione selezionato, di definire il profilo emissivo dello stesso e di evidenziare il miglioramento continuo di alcuni parametri, più evidente nel caso di gas come SO_x e NO_x, meno per altri gas come la CO₂, che pur avendo subito delle riduzioni lievi, nella quasi totalità dei casi si è rivelato comunque un parametro che è stato gestito correttamente. Nel caso della CO, c'è stato un peggioramento delle emissioni generali, anche se determinato da una quota minoritaria delle organizzazioni.

Il quadro emissivo testé riportato, nella sua evoluzione quasi decennale, testimonia il miglioramento tecnologico e di utilizzo dei combustibili, attraverso la riduzione dei parametri NO_x, SO_x e CO₂. Relativamente al parametro CO, l'andamento variegato dei dati evidenzia la dipendenza di questo tipo di emissione dalle esigenze di mercato più che dalle modalità di gestione interne agli impianti, essendo esso determinato dal numero di avviamenti degli stessi.

A tal proposito, si fa presente che l'analisi degli indicatori ha anche evidenziato alcune incoerenze proprio in relazione alle anomalie dovute alle situazioni particolari, quali transitori e fermo impianto, causa di variazione repentine del profilo emissivo. A riguardo una considerazione importante da condividere con i lettori porta a richiamare le caratteristiche con cui devono essere costruiti gli indicatori. Infatti, come indicato nell'Allegato IV del Regolamento EMAS l'indicatore oltre ad essere accurato e comprensibile deve poter garantire il confronto e la comparazione, sia con altre organizzazioni, sia, soprattutto, con gli altri valori registrati nel corso degli anni. In merito a quest'ultimo punto si vuole evidenziare che dall'analisi dei dati del campione di riferimento l'andamento delle prestazioni è stato in alcuni casi difficile da analizzare per la mancanza di coerenza nei dati di emissione della CO di uno stesso impianto, in quanto riferiti in alcuni anni alle sole condizioni di esercizio mentre in altri anni essi includevano anche i transitori. Ciò ha determinato anche un 'errore' di fondo nella comparazione dei dati tra diversi impianti, in quanto non coerenti da questo punto di vista. Infine si è riscontrato anche un uso non sempre coerente delle unità di misura riportate nell'arco temporale oggetto di studio.

In conclusione, nella corsa alla prevenzione dei cambiamenti climatici, anche EMAS può fare la sua parte confermandosi come una valida risposta a questa sfida globale. Tramite EMAS, infatti, non solo è possibile perseguire un uso efficiente delle risorse e il miglioramento continuo delle prestazioni ambientali, ma anche

quella spinta all'innovazione, al miglioramento tecnologico, alla carbon sequestration che le organizzazioni EMAS già hanno messo in atto.

5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Anna Maria Caricchia, Mario Carmelo Cirillo, Andrea Gagna - I registri delle emissioni inquinanti - INES ed EPER verso il PRTR; rivista tecnico-scientifica "Ingegneria Ambientale", volume XXXIV, nn. 11-12 di novembre-dicembre 2005.
- Carlo Collivignarelli e Giorgio Bertanza - Ingegneria sanitaria - ambientale; capitolo 9 - Inquinamento atmosferico di Marco Ragazzi, CittàStudi edizioni, Novara, 2012⁸.
- Rapporto ISPRA n. 342/2021 "Italian Emission Inventory 1990-2019. Informative Inventory Report 2021".
- Rapporto ISPRA n. 341/2021 "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019. National Inventory Report 2021".
- Rapporto ISPRA n. 327/2020 "Il sistema EU-ETS in Italia e nei principali Paesi Europei".
- Rapporto ISPRA n. 132/2011 "Grandi impianti di combustione: emissioni totali, emissioni specifiche e concentrazioni; anni 2007-2008-2009".
- Regolamento di esecuzione del Regolamento (CE) n. 166/2006 relativo all'istituzione di un Registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti e che modifica le direttive 91/689/CEE e 96/61/CE, pubblicato sulla gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana del 26/09/2011. (Registro EPRTR).
- Regolamento (CE) n. 1221/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 novembre 2009 sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS), pubblicato sulla gazzetta ufficiale dell'Unione Europea del 22/12/2009.
- Sito ISPRA, soprattutto per la parte della certificazione EMAS (<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/emas>).
- Sito del MITE, pagina dei dati ambientali di livello nazionale e regionale (<https://va.minambiente.it/it-IT/DatiEStrumenti/DatiAmbientali>).
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".
- Legge 4 marzo 2015, n.46 "Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento).

6.ALLEGATO A

Si procede nella presente appendice a fornire la lista delle organizzazioni oggetto del lavoro di analisi:

Tabella A.1 - Lista completa, ordinata per numero di registrazione crescente, delle organizzazioni oggetto dell'analisi.

Nome dell'organizzazione	Nome della centrale	Numero di registrazione
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. La Casella	Centrale di La Casella	IT-000017
A2A GENCOGAS SPA	Centrale di Cassano d'Adda	IT-000024
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. TORREVALDALIGA NORD	Centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord	IT-000031
EP Produzione S.p.A.	Centrale di Tavazzano e Montanaso	IT-000032
A2A CALORE & SERVIZI S.R.L.	Centrale di Cogenerazione Lamarmora	IT-000044
IREN ENERGIA S.P.A.	Centrale Termoelettrica di Turbigo	IT-000051
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - Generazione Italia U.B. Sulcis	Centrale Grazia Deledda	IT-000077
A2A GENCOGAS SPA	Centrale Termoelettrica Sermide	IT-000096
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. FUSINA	Impianto Termoelettrico "Andrea Palladio di Fusina"	IT-000104
A2A GENCOGAS SPA	Centrale Termoelettrica di Piacenza	IT-000167
A2A GENCOGAS SPA	Centrale Termoelettrica di Chivasso	IT-000176
EP Produzione S.p.A.	Centrale di Trapani	IT-000236
EP Produzione S.p.A.	Centrale Termoelettrica di Ostiglia	IT-000355
ENEL Produzione S.p.A. - Power Plant La Spezia	Centrale Termoelettrica "Eugenio Montale"	IT-000376
FIUME SANTO S.P.A.	Centrale Termoelettrica Fiume Santo	IT-000403
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - Power Plant North CENTRALE PORTO CORSINI	Centrale di Porto Corsini	IT-000461
A2A GENCOGAS SPA	Centrale Termoelettrica del Mincio	IT-000506
VOGHERA ENERGIA S.P.A.	Voghera	IT-000695
IREN ENERGIA S.P.A.	Centrale Termoelettrica di Moncalieri	IT-000749
SORGENIA POWER S.P.A.	Centrale di Termoli	IT-000992
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. Centro - Centrale Santa Barbara	Impianto termoelettrico di Santa Barbara	IT-001227
ALTO GARDA POWER Srl	Viale Rovereto, 15	IT-001263
SEA ENERGIA S.P.A.	Centrale di Malpensa	IT-001279
SEA ENERGIA S.P.A.	Centrale di Linate	IT-001279
HERA S.P.A.	Centrale di cogenerazione di Imola	IT-001333
SET S.P.A.	Centrale Teverola	IT-001337
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. Pietrafitta	Centrale "Franco Rasetti-UB Pietrafitta"	IT-001360
A2A CALORE & SERVIZI S.R.L.	Centrale di cogenerazione Canavese	IT-001386
TIRRENO POWER S.P.A. - NAPOLI LEVANTE	Centrale Termoelettrica di Napoli Levante	IT-001392
OSPEDALE SAN RAFFAELE S.r.l.	Centrale di Cogenerazione di Vimodrone	IT-001393
SOCIETÀ ENIPOWER FERRARA S.R.L.	Stabilimento di Ferrara	IT-001459
FIUMICINO ENERGIA S.R.L.	Centrale di cogenerazione di Aeroporto di Roma	IT-001490
ARCELORMITTAL ITALY ENERGY S.r.l.	Centrale di Taranto	IT-001508
NOVEL S.P.A.	Centrale di Novara	IT-001510
EN PLUS S.r.l.	Centrale di San Severo	IT-001532
SORGENIA PUGLIA S.p.A.	Centrale Termoelettrica di Modugno	IT-001537

ZOLA PREDOSA TELERISCALDAMENTO S.r.l.	Centrale di cogenerazione Zola P.	IT-001543
ERGOSUD S.P.A.	Centrale di Scandale	IT-001609
A2A GENCOGAS SPA	Centrale Termoelettrica di Gissi	IT-001631
IREN ENERGIA S.P.A.	Centrale Termoelettrica Torino Nord	IT-001644
ENGIE Produzione SpA	Centrale di Leinì	IT-001684
ENEL PRODUZIONE S.p.A. - U.B. Brindisi	Impianto Termoelettrico Federico II	IT-001699
EP Produzione Centrale Livorno Ferraris S.p.A.	Centrale di Livorno Ferraris	IT-001708
ERG POWER S.R.L.	Centrale di Priolo Gargallo	IT-001713
SORGENIA POWER S.P.A.	Centrale di Aprilia	IT-001715
DS SMITH PAPER ITALIA S.r.l.	Centrale termica di Porcari	IT-001732
TERMICA COLLEFERRO S.p.A.	Termica Colleferro	IT-001781
SORGENIA POWER S.P.A.	Centrale di Turano L. e Bertinico	IT-001790
ENGIE Produzione SpA	Rosignano	IT-001791

Per tutte le centrali qui riportate i dati sono stati estrapolati dalle rispettive dichiarazioni ambientali rilasciate per gli anni dal 2011 al 2019, con le dovute eccezioni già chiarite ad inizio del lavoro.

7.ALLEGATO B - Precisazioni sul parametro GWP (Global Warming Potential)

Come già accennato in altri punti nello studio, una corretta valutazione del potenziale climalterante delle emissioni in atmosfera deve essere effettuata tramite il ricorso ad un parametro che consenta di uniformare l'effettivo potenziale serra per tutti i gas emessi in atmosfera. La scelta comunemente adottata è quella di fare riferimento al parametro "GWP", ovvero il potenziale di riscaldamento globale; quest'ultimo viene calcolato considerando il contributo potenziale all'effetto serra che ogni singolo gas è in grado di fornire. In una qualsiasi miscela gassosa è possibile valutare i singoli contributi tramite i fattori di impatto specifici (IF, Impact Factor) moltiplicati per le rispettive concentrazioni rispetto alla massa totale della miscela; in formula ciò è esprimibile nel seguente modo:

$$IS = \sum_{i=1}^n [A_i] \cdot (IF)_i$$

Ove A_i è la concentrazione in miscela della specie i -esima e $(IF)_i$ è il fattore di impatto della specie i -esima, ovvero quanto potenzialmente il gas possa incidere sul riscaldamento globale, IS è il contributo totale della miscela all'effetto serra.

Il valore di IF non è di norma facilmente ricavabile, in quanto frutto di studi specifici, nonché di elaborazioni matematiche e chimiche alquanto complesse; i risultati sono stati riassunti nella seguente tabella:

Tabella B.1 - Valori del GWP per l'orizzonte temporale di 100 anni (AR4, IPCC)

Gas	GWP
CO2	1
CH4	25
R11	4750
R12	10900
R22	1810
R32	675
R123	77
R134a	1430
R236FA	9810
R290	3
R407C	1774
R410a	2088
R500	8077
R502	4657

L'IPCC aggiorna i valori del GWP delle sostanze climalteranti e generalmente riferisce i valori a degli orizzonti temporali definiti. Comunemente per le stime delle emissioni climalteranti, espresse in termini di CO₂ equivalente, si fa riferimento ai valori di GWP a 100 anni; attualmente i Paesi adottano i valori a 100 anni inclusi nel 4th Assessment Report dell'IPCC (AR4) per le proprie valutazioni delle emissioni.

Si può notare come molti gas, pur non essendo emessi in quantità consistenti in atmosfera tanto quanto l'anidride carbonica abbiano comunque un potenziale climalterante molto più consistente della CO₂, anche di due o tre ordini di grandezza maggiore e perciò possono, in certe casistiche, essere di grande rilevanza sul bilancio totale.

