

CENTRALI A CARBONE IN ITALIA TRA PASSATO E FUTURO

Claudia Cafaro^{1*}, Carla Mazziotti¹

¹ CNR-IIA, Sede secondaria di Roma c/o Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del Mare, Roma.

Sommario – Una significativa sorgente globale di emissioni di CO₂ di origine antropica è rappresentata dalle attività di produzione di energia elettrica che utilizzano carbone come combustibile. Nel presente lavoro è fornito il quadro rappresentativo delle condizioni di esercizio autorizzate per le centrali a carbone presenti in Italia, con particolare riferimento alle migliori tecniche disponibili adottate in ambito comunitario anche sull'efficienza energetica. Queste installazioni sono regolamentate infatti dalla legislazione europea in materia di riduzione e prevenzione dell'inquinamento ed in particolare dalla direttiva comunitaria 2010/75/UE nota come direttiva IED (direttiva sulle emissioni industriali – prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento). In linea con le disposizioni comunitarie le centrali a carbone in Italia devono essere in possesso di una autorizzazione che tiene conto delle migliori tecniche disponibili – BAT, contenente tutte le misure necessarie affinché l'esercizio degli impianti avvenga garantendo un adeguato livello di protezione dell'ambiente interessato dalle emissioni riconducibili all'attività industriale presente. In particolare, le autorizzazioni riportano le condizioni operative di esercizio, i valori limite di emissione per gli inquinanti pertinenti nelle diverse matrici ambientali (acqua, aria, suolo), le modalità di monitoraggio e controllo. L'insieme di tali prescrizioni tecnico/gestionali contenute nelle autorizzazioni assicurano il rispetto delle prestazioni ambientali di riferimento previste a livello europeo, permettendo una considerevole riduzione delle emissioni industriali per tutti i principali inquinanti.

Parole chiave: grandi impianti di combustione, emissioni industriali, autorizzazione integrata ambientale, migliori tecniche disponibili, efficienza energetica.

COAL FIRED POWER PLANTS IN ITALY FROM PAST TO FUTURE

Abstract – A relevant source of global emissions of CO₂ from human activities is due to the burning of fossil fuels to generate energy. This paper focuses on Italian coal power plants especially with regard to implementation of EU best available techniques (BAT) related to energy efficiency. In particular, it reviews IPPC permits adopted for the Italian coal power plants as regulated by the recent EU legislation on Industrial Emissions Directive – integrated pollution prevention and control (IPPC-IED). According to such a piece of legislation, IPPC permits should be based on BAT in order to reach an adequate level of environmental protection and should establish all the necessary measures including operating conditions, emission limit values for relevant polluting substances as well as monitoring require-

ments. Possible emissions to water, air, soil as well as energy efficiency, waste production, use of raw materials as well as recovering and recycling, prevention of accidents and restoration of the site upon closure are taken into account in IPPC permits. The aim of this paper is to provide a synthesis of relevant emission limit values in IPPC permit releases to Italian coal power in order to achieve an adequate level of environmental protection.

Keywords: large combustion plants, industrial emissions, IPPC permit, best available techniques, energy efficiency.

Ricevuto il 1-12-2017. Modifiche sostanziali richieste il 9-1-2018. Correzioni richieste il 27-1-2018. Accettazione il 30-1-2018.

1. INTRODUZIONE

Le emissioni di gas serra riconducibili al settore della produzione di energia elettrica, su scala globale, rappresentano circa il 30% delle emissioni totali (Fig. 1). Sicuramente un contributo rilevante all'interno del settore energetico, è rappresentato dalle centrali di combustione a carbone (US EPA, 2017a), come evidenziato anche in Figura 2 nella quale sono rappresentate le emissioni di CO₂ derivanti dalla produzione di energia elettrica in Italia (ISPRA, 2017). A fronte di questi dati, va però considerato che il progresso tecnologico da un lato e l'evoluzione normativa comunitaria e nazionale dall'altro, hanno portato ad un miglioramento tecnico e gestionale nella conduzione delle attività industriali, assicurando il raggiungimento ed il mantenimento di prestazioni in linea con le indicazioni delle direttive europee per le emissioni industriali e limitando così l'impatto dell'attività produttiva presente. Nel presente lavoro è fornito il quadro rappresentativo delle condizioni di esercizio autorizzate per le centrali a carbone presenti in Italia, con particolare riferimento alle migliori tecniche disponibili adottate in ambito comunitario anche sull'efficienza energetica.

2. MATERIALI E METODI

2.1. La normativa comunitaria di riferimento

Le principali attività industriali ed in particolare le centrali con potenza non inferiore a 50 MW termici, i cosiddetti "Grandi Impianti di Combustione",

* Per contatti: Via C. Colombo 44, 00147 Roma.
Tel. 06.57225018; fax 06.57225087. E-mail: cafaro@iia.cnr.it.

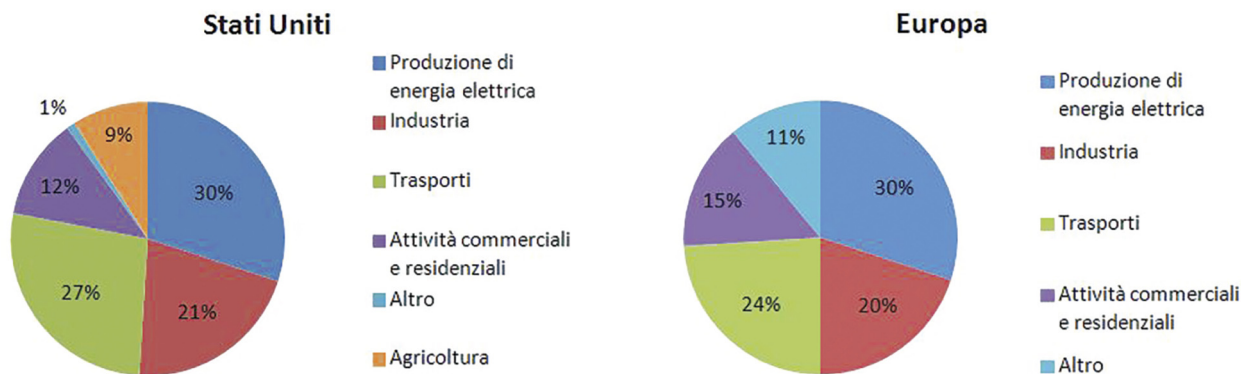


Figura 1 – Emissioni di gas serra per settore riferite al 2015 negli Stati Uniti (fonte dati: US-EPA, 2017b) e in Europa (fonte dati: EEA, 2017)

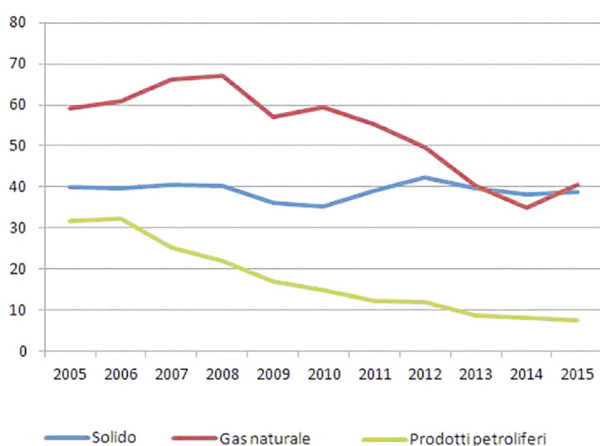


Figura 2 – Emissioni di anidride carbonica (Mt/anno) in Italia derivanti dalla produzione di energia elettrica, per tipo di combustibile (fonte dati: ISPRA, 2017)

a livello comunitario sono regolamentate dalla direttiva europea 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali – prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, nota con l'acronimo IED (*Industrial Emissions Directive*), che è lo strumento legislativo vigente in materia di IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*). Le norme IPPC da vent'anni ormai, la prima direttiva risale al 1996, disciplinano le modalità attuative finalizzate alla prevenzione e alla riduzione integrate dell'inquinamento generato dalle principali categorie di impianti industriali, assicurando, per i principali e caratteristici inquinanti riconducibili ad una specifica attività industriale, il conseguimento di un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso, non più considerando separatamente i singoli contributi emissivi nelle varie matrici ambientali, ma esaminando l'intero quadro ambientale di riferimento; saranno pertanto presi

in considerazione tutti i contributi, in aria, acqua e suolo, riconducibili ad un impianto inserito in un contesto ambientale specifico, per porre in essere le conseguenti opportune azioni correttive, allo scopo ultimo di pervenire ad una protezione coordinata dell'ambiente.

La normativa IED prevede una gestione controllata delle materie prime impiegate, l'utilizzo efficiente dell'energia, nonché il miglioramento delle prestazioni ambientali dell'installazione, attraverso l'applicazione delle migliori tecniche disponibili (BAT). Per ciascuna attività industriale è, pertanto, rilasciata un'autorizzazione che regola l'esercizio dell'impianto e che contiene, per ciascuna matrice ambientale, i valori limite e le prescrizioni ambientali da rispettare o da conseguire mediante opportuni interventi di adeguamento impiantistici e/o gestionali, e le metodologie e le frequenze di monitoraggio e controllo delle emissioni. Per l'attribuzione dei valori limite di emissione da associare alle diverse tipologie di attività industriali, sono presi come riferimento i corrispondenti documenti europei i cosiddetti BAT Reference Document (BRef) che associano specifiche BAT ai vari processi industriali e propongono, a seconda della tecnica utilizzata, il relativo range di valori limite conseguibili.

Il primo BRef relativo ai grandi impianti di combustione "BRef for Large Combustion Plants" risale al luglio 2006 ed ha rappresentato un primo orientamento per la definizione delle condizioni di esercizio da prescrivere nelle autorizzazioni rilasciate alle centrali esistenti. Il 31 luglio 2017 è stata emanata la decisione di esecuzione della Commissione europea che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (*BAT Conclusions*) per il settore dei grandi impianti di combustione;

tale documento riporta i valori limite di emissione per le varie tipologie di centrali di combustione, nonché le altre condizioni di esercizio, divenute vincolanti con l'entrata in vigore della direttiva IED. Oltre a ciò, le Conclusioni sulle BAT del 2017 riepilogano anche le tecniche da applicare per ottimizzare la combustione e per ridurre le emissioni in atmosfera di CO e delle sostanze incombuste (BAT 6), quelle per ampliare l'efficienza energetica delle unità di combustione (BAT 12) e quelle specificatamente rivolte alle unità alimentate a carbone (BAT 19), con le relative specifiche di applicabilità e i livelli di efficienza energetica associati. Nella tabella seguente (Tab. 1) sono riportate a titolo di esempio le principali tecniche sull'efficienza energetica applicabili alle unità di combustione, nonché quelle specifiche per gli impianti alimentati a carbone. In particolare, l'efficienza energetica di una caldaia alimentata a carbone (o lignite) è strettamente legata alla natura del combustibile e alla temperatura dell'aria ambiente; è possibile pertanto ottimizzare alcuni parametri ad esempio attraverso la movimentazione a secco delle ceneri pesanti, l'ottimizzazione della combustione attraverso un eccesso di aria (tipicamente tra il 15% e il 20%) e la temperatura del vapore e del flusso gassoso in uscita alla caldaia (tipicamente tra 120 °C e 180 °C). Anche l'impiego di sistemi di controllo avanzati della combustione contribuisce ad un miglioramento dell'efficienza energetica. Le ceneri pesanti secche sono fatte cadere dal forno su un nastro trasportatore meccanico e, dopo essere state riconvogliate nel forno per una nuova combustione, sono raffreddate all'aria ambiente. Si recupera energia utile sia dalla ricombustione della ceneri sia dal loro raffreddamento.

La recente emanazione del documento sulle *BAT Conclusions* per i grandi impianti di combustione comporterà nei prossimi mesi il riesame di tutte le autorizzazioni rilasciate alle centrali in esercizio in Italia, per allineare le condizioni autorizzative alle nuove prestazioni individuate, dal momento che la direttiva IED, all'art. 21, comma 3, prevede che, entro quattro anni dalla data di pubblicazione della decisione sulle conclusioni sulle BAT, siano rivedute e se necessario aggiornate tutte le condizioni dell'autorizzazione rilasciata, per garantire la conformità di un'installazione alle nuove indicazioni contenute nelle Conclusioni sulle BAT e applicabili all'impianto in questione. Con riferimento alla normativa IPPC per i grandi impianti di combustione, entro il 17 agosto del 2021, cioè quattro anni dopo la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea delle *BAT Conclusions*, dovrà essere completato, laddove necessario, l'adeguamento delle installazioni, anche per il rispetto dei valori limite di emissione previsti dalle nuove Conclusioni sulle BAT. I riesami delle autorizzazioni per le centrali a carbone però non potranno prescindere dal prendere in considerazione le recenti indicazioni riportate nel documento di Strategia Energetica Nazionale (2017), che ipotizza un orizzonte temporale per il *phase out* del carbone al 2025. In quest'ottica le autorizzazioni da rilasciare agli impianti di produzione di energia elettrica alimentati a carbone dovranno probabilmente regolamentare più che l'adeguamento delle installazioni alle prestazioni ambientali previste dai più recenti documenti comunitari, la progressiva fermata degli impianti in linea con le politiche nazionali illustrate nel documento di Strategia Energetica Nazionale.

Tabella 1 – Tecniche per aumentare l'efficienza energetica delle unità di combustione

BAT	Tecnica
BAT 12: aumentare l'efficienza energetica applicando una combinazione adeguata delle tecniche indicate (unità in funzione \geq 1.500 ore/anno)	a. Ottimizzazione della combustione
	b. Ottimizzazione delle condizioni del fluido di lavoro (gas o vapore)
	c. Ottimizzazione del ciclo del vapore
	d. Riduzione al minimo del consumo di energia
	e., f. e h. Preriscaldamento dell'aria di combustione // combustibile // acqua di alimentazione
	g. Sistema di controllo avanzato
	i. Recupero di calore da cogenerazione (CHP)
	l. Accumulo termico
	BAT 19: aumentare l'efficienza energetica della combustione di carbone e/o lignite

2.2. La normativa nazionale di recepimento

La direttiva europea 2010/75/UE in Italia è stata recepita con il D.Lgs 46/2014 che rappresenta il vigente strumento legislativo in materia di prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento e che ha introdotto specifiche modifiche al D.Lgs 152/06 (testo unico ambientale) per allineare le disposizioni normative nazionali a quanto previsto a livello comunitario. In ambito nazionale l'autorizzazione prevista dalle norme IPPC, al fine di regolamentare l'esercizio degli impianti industriali, prende il nome di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), all'interno della quale trovano applicazione tutte le disposizioni da impartire per garantire un funzionamento degli impianti compatibile con il contesto ambientale e in linea con le prestazioni di riferimento previste a livello europeo. Il rilascio di tale autorizzazione in Italia è di competenza statale, a carico del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, per le maggiori realtà industriali nazionali, installazioni di particolare valenza ambientale e strategica per il Paese e considerate maggiormente inquinanti per tipologia di attività o per estensione dell'impianto, vale a dire le raffinerie, le acciaierie integrate, le centrali termoelettriche con potenza superiore ai 300 MW termici e gli impianti chimici con capacità produttiva annua al di sopra di specifiche soglie. Per gli stabilimenti al di sotto delle suddette soglie e per le altre categorie produttive previste dalla normativa IPPC, il rilascio delle AIA è demandato alle Regioni che in alcuni casi delegano per questo scopo le Province territorialmente competenti (Cafaro *et al.*, 2015).

Guardando alla totalità delle installazioni industriali nazionali, siano esse di competenza statale o regionale, gli impianti IPPC in Italia sono circa 6.000 (ARPA Emilia Romagna, 2017), distribuiti su quasi tutto il territorio nazionale, ma localizzati maggiormente nelle Regioni settentrionali. In realtà anche se numericamente la zona del bacino padano è caratterizzata da una massiccia presenza di attività industriali soggette alle norme in materia di IPPC, esistono in diverse parti del territorio nazionale specifiche aree nelle quali più installazioni, di diversa tipologia, quali centrali termoelettriche, raffinerie e impianti chimici, e spesso anche di grandi dimensioni, sono concentrate in limitate porzioni di territorio. In tali siti le attività produttive sono fortemente integrate al fine di condividere i costi delle infrastrutture e dei servizi, nonché per il riutilizzo delle materie prime secondarie e

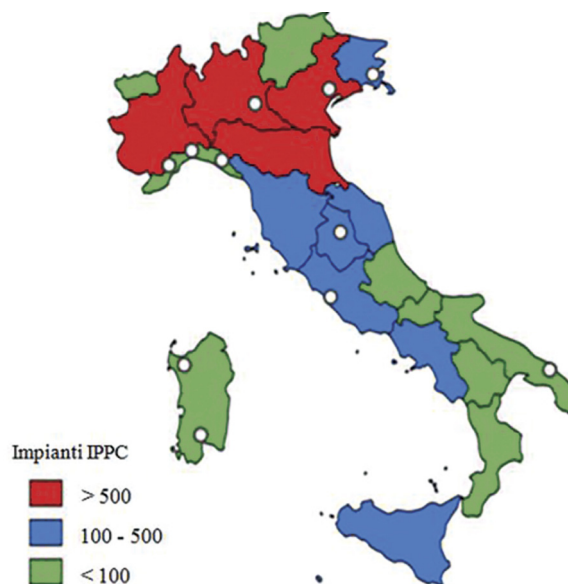


Figura 3 – Principali centrali a carbone esistenti in Italia (fonte dati: Cafaro *et al.*, 2015)

per il recupero dell'energia (Taddeo *et al.*, 2012). Queste zone sono maggiormente esposte a possibili alterazioni degli equilibri ambientali, con gravi ripercussioni nelle diverse matrici ambientali, aria, acqua, o suolo che possono comportare un fattore di rischio per l'ambiente e la popolazione; il rilascio di un'autorizzazione ad un'installazione che insiste in uno specifico polo industriale, così come i monitoraggi e i controlli previsti dall'AIA, devono necessariamente tenere conto anche dei possibili contributi riconducibili alle attività industriali limitrofe. Proprio in questi distretti industriali talvolta si ritrovano, tra le varie attività coinsediate, anche alcune delle principali centrali a carbone attualmente in esercizio in Italia, come nel caso dell'area di Porto Marghera, di Brindisi, di Porto Torres, il cui contributo emissivo va quindi a sommarsi a quello degli altri impianti insistenti nella stessa zona (Fig. 3).

2.3. Contesto industriale considerato e relativo assetto autorizzativo

In Italia ci sono circa 120 centrali termoelettriche con potenza termica installata maggiore di 300 megawatt e pertanto soggette al rilascio dell'AIA a livello statale da parte del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM, 2017). Tra di esse, la maggior parte è alimentata a gas naturale, in linea con le tendenze in atto a livello comunitario (EEA, 2013), le restanti sono alimentate con combustibili solidi (carbone) o altri combustibili, come ad esempio combustibili gassosi di

Tabella 2 – Rendimento termico (%) per le centrali termoelettriche nazionali alimentate a combustibili solidi esaminate (MATTM, 2017; Commissione Europea, 2006 e 2017; Mazziotti et al. 2017)

Tipo di installazione	Cogenerazione CHP	Centrale termoelettrica alimentata a carbone
Rendimento termico (%) (BRef 2006)	-	PC 43-47 (impianto nuovo)
	-	FBC > 41 (impianto nuovo)
	-	PFBC > 42 (impianto nuovo)
	75 – 90 (impianto esistente)	36 – 40 (impianto esistente)
Rendimento termico (%) (BATC, 2017)	-	45 – 46 (impianto nuovo ≥ 1 000 MW)
	-	36,5 – 41,5 (impianto nuovo < 1 000 MW)
	-	33,5 – 44 (impianto esistente ≥ 1 000 MW)
	-	32,5 – 41,5 (impianto esistente < 1 000 MW)
Centrale n. 1 (%)	-	38
Centrale n. 2 (%)	-	36
Centrale n. 3 (%)	-	36
Centrale n. 4 (%)	-	-
Centrale n. 5 (%)	90	-

PC: combustione a polvere; FBC: combustione a letto fluido; PFBC: combustione a letto fluido sotto pressione.

sintesi delle limitrofe raffinerie. Per il presente lavoro, sono state prese in considerazione le centrali a carbone insistenti sul territorio italiano (MATTM, 2017). Il confronto per questi impianti tra il primo documento di riferimento a livello europeo (BRef 2006), le Conclusioni sulle BAT recentemente emanate e le condizioni di esercizio prescritte nelle AIA nazionali rilasciate, mostra come tali impianti italiani già esercitano secondo modalità tecnico/gestionali in linea con le recenti prestazioni di riferimento formulate in ambito comunitario che dovranno essere perseguite nei prossimi quattro anni. A tale riguardo sono stati selezionati a titolo esemplificativo i 5 impianti italiani alimentati a carbone ritenuti di maggiore interesse con riferimento ad uno o più dei seguenti aspetti: potenza termica installata; ore effettive di esercizio annue; collocazione in zone particolarmente sensibili o per la presenza di altre attività industriali a gravare sul quadro ambientale di riferimento, o per la presenza di centri abitati attigui e pertanto particolarmente suscettibili di attenzioni da parte della popolazione. Per essi è stato condotto un approfondimento sul rendimento termico, confrontando i livelli di efficienza energetica riportati nel BRef di riferimento del 2006 e nelle *BAT Conclusions* del 2017 con le prestazioni dichiarate dai gestori degli impianti in sede di domanda per il rilascio dell'AIA (Tab. 2). Nel seguito sono rapportati poi, per i principali macroinquinanti, i valori limite di emissione indicati nei documenti di riferimento a livello europeo, ovvero il BRef del 2006 e le Conclusioni sulle BAT

del 2017, con le condizioni di esercizio prescritte nelle AIA nazionali rilasciate e i dati forniti annualmente dai gestori, come prescritto nelle autorizzazioni, sulle effettive emissioni registrate durante l'esercizio degli impianti (Tab. 3). Nella tabella sono indicate espressamente anche le medie temporali con le quali verificare la conformità ai valori limite di emissione prescritti, dal momento che le nuove Conclusioni sulle BAT hanno introdotto una ulteriore più stringente condizione per l'esercizio degli impianti: andranno infatti rispettati contemporaneamente un valore limite come media mensile ed uno come media giornaliera. Da tale confronto emerge come gli impianti considerati già esercitano secondo prescrizioni e valori limite di emissione in linea con le recenti prestazioni di riferimento formulate in ambito comunitario che dovranno essere perseguite nei prossimi quattro anni. Oltre agli inquinanti principali nelle Conclusioni sulle BAT è previsto anche il monitoraggio delle emissioni in atmosfera di mercurio, considerato un inquinante caratteristico e particolarmente rilevante nel processo di combustione del carbone (Glodek e Pacyna, 2009). Il mercurio è divenuto ormai un inquinante su scala globale a causa delle massicce emissioni nell'ambiente derivanti da sorgenti di origine antropica e naturale, per questo per tale sostanza è stato sottoscritto nell'ottobre 2013 uno specifico trattato internazionale, la Convenzione di Minamata (Minamata Convention on Mercury, 2013). Tale Convenzione prevede che ogni Stato debba mettere in atto opportune misure mirate alla ridu-

Tabella 3 – Valori limite di emissione autorizzati per le centrali a carbone in Italia esaminate, confrontati con i valori di riferimento del BRef 2006, delle Conclusioni sulle BAT 2017 e dei dati forniti dai gestori degli impianti. (fonte dati: Commissione Europea, 2006 e 2017; MATTM, 2017)

Centrale di combustione a carbone	Potenza termica (MWt)	Inquinante	BRef (luglio 2006) (mg/Nm ³)	Conclusioni BAT (luglio 2017) (mg/Nm ³)	Valori limite AIA (mg/Nm ³)	Report gestore 2016* (mg/Nm ³)
Centrale n. 1	4.260 totali (3 gruppi)	NO _x	90 – 150 (m.g.)	<85 – 200 (m.g.) 65 – 150 (m.a.)	80 (m.g.) 100 (m.o.)	61,23
		SO ₂	20 – 150 (m.g.)	25 – 205 (m.g.) 10 – 130 (m.a.)	80 (m.g.) 100 (m.o.)	47,71
		Polveri	5 – 20 (m.g.)	3 – 14 (m.g.) 2 – 8 (m.a.)	8 (m.g.) 10 (m.o.)	3,21
Centrale n. 2	6.560 totali (4 gruppi)	NO _x	90 – 200 (m.g.)	<85 – 200 (m.g.) 65 – 150 (m.a.)	150 (m.m.) 130 (m.m. dal 1/01/2019)	120,36
		SO ₂	20 – 200 (m.g.)	25 – 205 (m.g.) 10 – 130 (m.a.)	150 (m.m.) 130 (m.m. dal 1/01/2019)	80,56
		Polveri	5 – 20 (m.g.)	3 – 14 (m.g.) 2 – 8 (m.a.)	15 (m.m.) 10 (m.m. dal 1/01/2019)	4,52
Centrale n. 3	Gruppo 1: 420 Gruppo 2: 435	NO _x	90 – 200 (m.g.)	<85 – 200 (m.g.) 65 – 150 (m.a.)	180 (m.g.)	96,6
		SO ₂	20 – 200 (m.g.)	25 – 205 (m.g.) 10 – 130 (m.a.)	200 (m.a.) 220 (m. 48h)	81,85
		Polveri	5 – 25 (m.g.)	3 – 20 (m.g.) 2 – 12 (m.a.)	20 (m.m.)	4,9
Centrale n. 4	Gruppo 1: 415 Gruppo 2: 430 Gruppo 3: 793 Gruppo 4: 793	NO _x	90 – 200 (m.g.)	<85 – 200 (m.g.) 65 – 150 (m.a.)	200 (m.m.) 220 (m. 48h)	157,75
		SO ₂	20 – 200 (m.g.)	25 – 205 (m.g.) 10 – 130 (m.a.)	200 (m.m.) 220 (m. 48h)	100
		Polveri	5 – 25 (m.g.)	3 – 20 (m.g.) 2 – 12 (m.a.)	20 (m.m.) 22 (m. 48h)	2,25
Centrale n. 5	Gruppo 3: 200	NO _x	90 – 200 (m.g.)	155 – 210 (m.g.) 100 – 180 (m.a.)	200 (m.g.)	168,33
		SO ₂	100 – 250 (m.g.)	135 – 220 (m.g.) 95 – 200 (m.a.)	250 (m.g.)	140,67
		Polveri	5 – 25 (m.g.)	4 – 25 (m.g.) 2 – 14 (m.a.)	5 (m.g.)	0,58

m.o. = media oraria; m.g. = media giornaliera; m.m. = media mensile; m.a. = media annuale; m. 48h = media 48 ore.
* Valore mediato per tutti i gruppi come media annuale delle medie mensili

Tabella 4 – Migliori tecniche disponibili specifiche per la riduzione delle emissioni di mercurio (BAT 23 delle Conclusioni sulle BAT del 2017)

Tecnica	Descrizione	Applicabilità
Iniezione di carboni assorbenti (carboni attivi o carboni attivi alogenati) negli effluenti gassosi	Adsorbimento di mercurio e/o PCDD/F mediante un sorbente al carbonio, quale il carbone attivo (alogenato), con o senza trattamento chimico. Generalmente usata in combinazione con un precipitatore elettrostatico o un filtro a manica	Generalmente applicabile
Additivi alogenati aggiunti al combustibile o iniettati nel forno	Aggiunta di composti alogenati (ad esempio additivi bromurati) nel forno per ossidare il mercurio elementare in specie solubili o in forma di particolato, facilitando in tal modo la rimozione del mercurio in sistemi di abbattimento a valle	Generalmente applicabile nel caso di combustibili a basso tenore di alogeni
Pretrattamento del combustibile	Lavaggio, dosaggio e miscela del combustibile per limitare/ridurre il tenore di mercurio o migliorare la cattura del mercurio tramite i dispositivi di riduzione dell'inquinamento	L'applicabilità è subordinata all'esito di uno studio preliminare volto a caratterizzare il combustibile e a stimare l'efficacia potenziale della tecnica
Scelta del combustibile	Utilizzo di un combustibile a basso tenore di ceneri o metalli	Applicabile subordinatamente ai vincoli imposti dalla disponibilità dei vari tipi di combustibile, che può dipendere dalla politica energetica dello Stato membro

zione e al controllo dei livelli di inquinamento imputabili al mercurio. Nel caso di attività produttive responsabili di contribuire significativamente alle emissioni di mercurio nell'ambiente, come le centrali a carbone, questo si traduce nell'utilizzo delle migliori tecniche disponibili (Tab. 4) e nella fissazione di uno specifico valore limite di emissione da rispettare (Tab. 5), per garantire un limitato apporto di mercurio nell'atmosfera.

Per completare il quadro ambientale di riferimento delle emissioni in atmosfera di una centrale alimentata a carbone, nella successiva tabella (Tab. 6) è riportato anche il confronto tra i valori autorizzati e quelli previsti dalla normativa per ulteriori inquinanti caratteristici derivanti dal processo di combustione del carbone. In questo caso i limiti di emissione autorizzati sono comparati con quelli previsti dalle disposizioni normative nazionali ed in particolare dal decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modifiche e integrazioni (Testo Unico Ambientale) che rappresenta lo strumento legislativo di riferimento vigente anche in considerazione che tali inquinanti non sono riportati in maniera puntuale nelle Conclusioni sulle BAT.

In tale contesto, in cui deve essere assicurato un esercizio degli impianti che rispetti ogni condizione di esercizio prevista in AIA, assumono notevole rilevanza i sistemi di gestione, nonché le metodologie di controllo e di monitoraggio previste dalla normativa ai fini della verifica del rispetto dei valori limite di emissione prescritti. Il monitoraggio delle emissioni, in adempimento alle prescrizioni dell'AIA infatti, costituisce un prezioso strumento per individuare eventuali situazioni critiche che potranno essere oggetto di successive specifiche valutazioni e se necessario di ulteriori aggiuntive misure di pianificazione.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Le recenti disposizioni normative europee in materia di prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, che hanno quindi fissato valori limite di emissione e condizioni di esercizio molto rigorose per i principali impianti industriali esistenti, hanno avuto forti ripercussioni per le installazioni insistenti sul territorio italiano; tra le categorie che hanno maggiormente risentito delle nuove politiche europee ci sono le centrali a carbone. Ciò ha portato alla chiusura di alcune "storiche" centrali italiane in esercizio da decenni e non ritenute più adeguate alle prestazioni di riferimento richieste tanto a livello nazionale che comunitario, centrali che in questi anni hanno progressivamente dismesso i gruppi a carbone fermando definitivamente le proprie attività. In particolare nel 2016 si è registrata una diminuzione di oltre il 10% delle importazioni di carbone in Italia (MISE, 2017). Diversamente da queste però, alcuni impianti di combustione a carbone hanno puntato sull'implementazione e applicazione di tutti gli interventi tecnico-gestionali previsti dalle normative IPPC vigenti, ad esempio installando sui punti di emissione dei gruppi in esercizio presidi ambientali per la limitazione delle emissioni di ossidi di azoto, degli ossidi di zolfo, delle polveri. Paragonando quindi i valori di emissione per i principali macroinquinanti prima e dopo il rilascio dell'AIA, si può riscontrare una significativa riduzione del carico emissivo in atmosfera. La Tabella 7 riporta quindi per le centrali esaminate, il dato delle emissioni in atmosfera dichiarato dal gestore in sede di domanda di AIA, o in assenza di questo dato il valore prescritto nella precedente autorizzazione, confrontato con il dato riferito all'esercizio degli impianti nel 2016.

Tabella 5 – Valori limite di emissione autorizzati per il mercurio per le centrali a carbone in Italia esaminate, confrontati con i valori di riferimento delle Conclusioni sulle BAT del 2017 (fonte dati: Commissione Europea, 2017; MATTM, 2017)

Centrale di combustione a carbone	Potenza termica (MWt)	Inquinante	Conclusioni BAT (luglio 2017) (mg/Nm ³)	Valori limite AIA (mg/Nm ³)
Centrale n. 1	4.260 totali (3 gruppi)	Hg	< 1 – 4 Media annua o media dei campioni su un anno	0,05 Media discontinua
Centrale n. 2	6.560 totali (4 gruppi)			0,04 Media annuale
Centrale n. 3	Gruppo 1: 420 Gruppo 2: 435			0,05 ⁽¹⁾ Media discontinua
Centrale n. 4	Gruppo 1: 415 Gruppo 2: 430 Gruppo 3: 793 Gruppo 4: 793			0,05 ⁽¹⁾ Media discontinua
Centrale n. 5	Gruppo 3: 200			0,1 ⁽¹⁾ Media discontinua

(1) Il valore limite fa riferimento al D.Lgs 152/06 che prevede la misura di Cd + Hg + Tl

Tabella 6 – Valori limite di emissione autorizzati per specifici inquinanti per le centrali a carbone in Italia esaminate, confrontati con i valori di riferimento normativi nazionali (fonte dati: D.Lgs 152/06 e s.m.i.; MATTM, 2017)

Centrale di combustione a carbone	Inquinante	D.Lgs 152/06 (mg/Nm ³) Sezione 6, Parte II, Allegato II alla Parte V	Valori limite AIA (mg/Nm ³)
Centrale n. 1	Cd + Tl + Hg	0,1	Hg: 0,05 Cd + Tl: 0,05
	As + Sb + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	As + Cr VI + Co + Ni (resp.): 0,5 Se + Te + Ni (polv.): 1 Sb + Cr III + Mn + Pd + Pb + Pt + Cu + Rh + Sn + V: 5	0,5
	IPA	0,1	0,01
	PCDD/PCDF	0,01	0,1 ng/Nm ³
Centrale n. 2	Be	0,05	0,04
	Cd + Tl + Hg	0,1	0,08
	As + Cr VI + Co + Ni (frazione respirabile ed insolubile)	0,5	0,4
	Se + Te + Ni (sotto forma di polvere)	1	0,8
	Sb + Cr III + Mn + Pd + Pb + Pt + Cu + Rh + Sn + V	5	4
	IPA	0,1	0,01
	PCDD/PCDF	0,01	0,1 ng/Nm ³
Centrale n. 3	Be, Cd + Tl + Hg	Be: 0,05 Cd + Tl + Hg: 0,1	0,05
	As + Cr VI + Co + Ni (resp.) Se + Te + Ni (polv.) Sb + Cr III + Mn + Pb + Cu + V	As + Cr VI + Co + Ni (resp.): 0,5 Se + Te + Ni (polv.): 1 Sb + Cr III + Mn + Pd + Pb + Pt + Cu + Rh + Sn + V: 5	0,5
	IPA	0,1	0,01
	Be	0,05	0,05
Centrale n. 4	Cd + Tl + Hg	0,1	0,05
	As + Cr VI + Co + Ni (frazione respirabile ed insolubile)	0,5	0,5
	Se + Te + Ni (sotto forma di polvere)	1	0,5
	Sb + Cr III + Mn + Pd + Pb + Pt + Cu + Rh + Sn + V	5	0,5
	IPA	0,1	0,01
	Metalli	Sezione 6, Parte II, Allegato II alla Parte V	Limiti D.Lgs 152/06
Centrale n. 5	IPA	0,1	0,01
	PCDD/PCDF	0,01	0,1 ng/Nm ³

Tabella 7 – Confronto per le centrali esaminate tra i dati emissivi prima e dopo il rilascio dell'AIA. (fonte dati: MATTM – Portale AIA)

Centrale di combustione a carbone	Inquinante	Ante AIA (mg/Nm ³)	Post AIA (mg/Nm ³)
Centrale n. 1	NO _x	100*	61,23
	SO ₂	100*	47,71
	Polveri	15*	3,21
Centrale n. 2	NO _x	161,10**	120,36
	SO ₂	153,75**	80,56
	Polveri	13,93**	4,52
Centrale n. 3	NO _x	469,12**	96,6
	SO ₂	997,85**	81,85
	Polveri	15,3**	4,9
Centrale n. 4	NO _x	340,25**	157,75
	SO ₂	642,25**	100
	Polveri	5,13**	2,25
Centrale n. 5	NO _x	543***	168,33
	SO ₂	374***	140,67
	Polveri	2***	0,58

* Dato autorizzato. ** Dato emissivo 2005. *** Dato emissivo 2004.

Tabella 8 – Stato degli impianti di combustione a carbone in Italia autorizzati a livello statale. (Fonte dati: MATTM, 2017)

Impianto di combustione a carbone	Potenza termica installata (MWt)	Anno di inizio attività	Ultimi interventi di ambientalizzazione	Stato
Centrale n. 1	4.260	2009-2010	2009-2010	In esercizio
Centrale n. 2	6.560	1991-1993	1998	In esercizio
Centrale n. 3	855	1965-1970	2016	In esercizio
Centrale n. 4	2.431	1969-1974	2006-2007	In esercizio
Centrale n. 5	200	1972	2013	In esercizio
Centrale n. 6	849	1952-1960	-	Chiuso
Centrale n. 7	400	1989-1990	-	Chiuso
Centrale n. 8	1.540	1969	2001	In esercizio
Centrale n. 9	1.650	1971	-	Chiuso
Centrale n. 10	580	1986-2005	2002-2005	In esercizio
Centrale n. 11	640	1992-1993	1992-1993	In esercizio

Pertanto in Italia l'attuazione di normative ambientali sempre più restrittive per regolamentare l'esercizio degli impianti di combustione di maggiori dimensioni, ha generato un punto di rottura rispetto al passato che ha comportato la chiusura di centrali ormai tecnicamente superate e di conseguenza fortemente inquinanti, per le quali non era conveniente investire per perseguire gli ammodernamenti tecnologici richiesti; ciò ha anche permesso l'implementazione e la nascita di impianti tecnologicamente avanzati e con migliori prestazioni ambientali, presi pertanto come orientamento a livello europeo nell'ambito dei lavori per l'individuazione dei livelli emissivi conseguibili con l'applicazione delle migliori tecniche disponibili (Tab. 8).

È questo il caso per esempio di una moderna centrale a carbone nata in Italia dalla riconversione di un impianto ad olio combustibile esistente (Centrale n. 1). In questa occasione è stata fatta una scelta radicale di sostituire totalmente gli impianti esistenti con dei nuovi gruppi a carbone. Nonostante il passaggio ad un combustibile per sua natura potenzialmente fortemente inquinante, l'utilizzo di moderne soluzioni impiantistiche e sistemi efficienti di abbattimento delle emissioni (anche in termini di consumo energetico per prevenire e/o ridurre le emissioni) da una parte e una gestione accurata del combustibile dall'altra, con l'utilizzo di sistemi di movimentazione e stoccaggio del carbone completamente chiusi, rendono questo impianto di combustione un riferimento a livello europeo. Alcuni degli impianti in esercizio presi a riferimento hanno massimizzato il recupero di calore dal ciclo di smaltimento dei rifiuti e dalla cogenerazione: tali impianti sono impiegati come impianti di base del sistema elettrico nazionale. Da tanti anni ormai

per esempio una centrale a carbone ubicata in una estesa area industriale, sede di numerosi e differenziati insediamenti produttivi, svolge una attività di co-combustione del carbone con i rifiuti della vicina città (Centrale n. 4). Qui i rifiuti solidi urbani raccolti vengono sottoposti a trattamenti meccanico-biologici per essere trasformati in combustibile da rifiuti (CDR) che è poi utilizzato in co-combustione con il carbone all'interno della centrale. Si rileva che le caratteristiche dei rifiuti impiegati (potere calorifico, densità, umidità, composizione chimica, ecc.) influenzano il processo di combustione e conseguentemente i residui prodotti nella combustione e le relative emissioni. Pertanto le autorizzazioni in essere devono regolamentare le tipologie e le percentuali di rifiuti che possono essere utilizzati nella combustione con il carbone. Quindi in questo caso i rifiuti, prodotti e raccolti con un efficiente sistema di raccolta differenziata, sono riutilizzati riducendo la necessità di ricorrere all'utilizzo delle discariche e rendendo l'attività energetica esistente ambientalmente sostenibile e utile per il territorio. Un altro esempio di utilizzo efficiente dell'energia con significativi benefici da un punto di vista ambientale è rappresentato da un centrale a carbone del nord Italia (Centrale n. 5) che ormai da decenni ha realizzato un impianto di teleriscaldamento in grado di fornire calore a circa il 70% degli edifici della limitrofa città, soddisfacendo una parte rilevante della richiesta di energia termica da parte dell'utenza. In tale installazione sono inoltre presenti caldaie di integrazione alimentate a gas metano, caratterizzate da elevata flessibilità di esercizio, utilizzate nei momenti di picchi di richiesta termica dalle utenze private o in caso di indisponibilità degli impianti di produzione principali. Con il teleriscaldamento si ha un

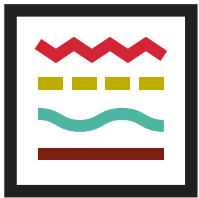
sistema di produzione centralizzata del calore che viene distribuito direttamente alle utenze mediante una rete di tubazioni interrato, eliminando così la necessità di utilizzo di caldaie nei singoli edifici e rappresentando un sistema di ottimizzazione dell'efficienza energetica e di salvaguardia dell'ambiente.

4. CONCLUSIONI

Il proposito di eliminare gradualmente l'utilizzo del carbone nelle centrali termoelettriche e, contestualmente, di limitare le attività estrattive è diventata una misura chiave nell'agenda politica europea (Johnstone e Hilscher, 2017; Commissione Europea, 2015). Anche in Italia gli scenari di decarbonizzazione individuati dal documento di Strategia Energetica Nazionale (2017), ipotizzano un orizzonte temporale per il phase out del carbone al 2025. In attesa che si concretizzino i programmi proposti, è importante però sottolineare che talune installazioni hanno già cessato l'esercizio, mentre altre hanno provveduto al miglioramento in termini di prestazioni ambientali per garantire il rispetto delle normative europee e nazionali di settore sempre più stringenti e puntuali. Quindi anche se l'andamento della produzione elettrica in Italia riconducibile agli impianti a carbone non ha subito grandi oscillazioni nell'ultimo decennio, questo dato nasconde però un notevole cambiamento nel modo con cui è stata prodotta questa elettricità: impianti datati e ormai antiquati hanno lasciato il posto a centrali tecnologicamente avanzate ed adeguate alle prestazioni di riferimento definite a livello europeo e da conseguire per il 2021. Nonostante quindi si sia registrato negli anni un andamento costante dell'energia prodotta in termini quantitativi, va anche considerato il progresso in termini qualitativi delle modalità di produzione di tale energia, che si traduce anche in un miglioramento dell'efficienza energetica, nell'attesa che i combustibili solidi tradizionali lascino il posto ad altre forme di energia.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARPA Emilia Romagna (2017) Controlli AIA conoscenza condivisa in un sistema unitario a rete. Disponibile su: www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=6824&idlivello=1528.
- Cafaro C., Ceci P., Cola B., et al. (2015) IPPC Evoluzione normativa e attuazione. Ariccia (Roma): Aracne Editrice S.r.l.
- Commissione Europea (2006) Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. Disponibile su: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>.
- Commissione Europea (2015) Energy Union Package: A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. Disponibile su: https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en.
- Commissione Europea (2017) Decisione di esecuzione (UE) 2017/1442 della Commissione del 31 luglio 2017 che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT), a norma della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, per i grandi impianti di combustione. Disponibile su: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia Ambientale.
- Decreto legislativo 4 marzo 2014, n. 46. Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento).
- Direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 24 novembre 2010 relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento).
- EEA (2013) Reducing air pollution from electricity-generating large combustion plants in the European Union – An assessment of potential emission reductions of NOx, SO2 and dust. European Environment Agency. Technical report, No 9/2013.
- EEA (2017) Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2015 and inventory report 2017. European Environment Agency. Disponibile su: www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2017.
- Glodek A. e Pacyna J.M. (2009) Mercury emission from coal-fired power plants in Poland. Atmospheric Environment 43: 5668-5673.
- ISPRA (2017) Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia. Disponibile su: www.sisninet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view.
- Johnstone P. e Hilscher S. (2017) Phasing out coal, sustaining coal communities? Living with technological decline in sustainability pathways. The Extractive Industries and Society. in stampa.
- MATTM (2017) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Portale AIA (consultato nel 2018). Disponibile su: <http://aia.minambiente.it>.
- Mazziotti Gomez de Teran C., Fiore D., Favaroni M., Fardelli A. (2017) Overview of technologies for improving energy efficiency from energy intensive industries derived from the Italian national experience in IPPC permit licensing. Journal of Cleaner Production 168: 1547-1558.
- Minamata Convention on Mercury (2013). Disponibile su: www.mercuryconvention.org.
- MISE – Ministero dello sviluppo economico. (2017) La situazione energetica nazionale nel 2016. Disponibile su: <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2036464-la-situazione-energetica-nazionale-nel-2016>.
- MISE (2017) Strategia Energetica nazionale. Disponibile su: www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/testo_della_StrategiaEnergeticaNazionale_2017.pdf.
- Taddeo R., Simboli A., Morgante A. (2012) Implementing eco-industrial parks in existing clusters. Findings from a historical Italian chemical site. Journal of cleaner Production 33: 22-29.
- US-EPA (2017a) Global Greenhouse Gas Emissions Data (consultato nel 2017). United States Environmental Protection Agency. Disponibile su: www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data.
- US-EPA (2017b) Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks. United States Environmental Protection Agency. Disponibile su: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2017 è sostenuta da:

STADLER[®]
STADLER ITALIA S.r.l.



 **VEOLIA**
Veolia Water Technologies Italia S.p.A.

*SOLV*air[®] Solutions

 INGENGERIA
DELL'AMBIENTE



N. 4/2017

Ledizioni 



CiAI Consorzio
Imballaggi
Alluminio


UNICALCE
Innoviamo la tradizione


ecopneus
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi


iren

VOMM

 **RICREA** 20¹⁹⁹⁷
CONSORZIO NAZIONALE RICICLO
E RECUPERO IMBALLAGGI ACCIAIO 2017

ALLEGRI
ecologia
trattamento acque

KSB 

PASSAVANT
IMPIANTI 
progettazione e costruzione impianti trattamento acque, fanghi e rifiuti

 **comieco**
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo
degli Imballaggi a base Cellulosica

conTec

 **SEAM**
engineering
l'acqua e l'ambiente