



DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DEL SISTEMA DI ABBATTIMENTO ATTUALE E FUTURO DEL CAMINO E3

STABILIMENTO DI LONIGO

09/09/22	0	Prima Stesura	Resp. Forni (UTC)	Resp. Ambiente (UTC)	Direttore Stabilimento
Data	Revisione	Commento	Preparata	Revisionata	Approvata

1 Sommario

2	PREMESSA.....	4
1.	CARATTERISTICHE DI UN FORNO FUSORIO PER LA PRODUZIONE DI VETRO	4
1.1.	Continuità di processo.....	6
1.2.	Fonti di emissione di un forno fusorio per vetro	7
1.3.	Emissioni di polveri.....	7
1.4.	Emissioni di ossidi di azoto (NO _x).....	8
1.5.	Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO _x)	8
1.5.1	Il Bilancio dello zolfo	8
2.	DESCRIZIONE STATO DI FATTO	10
2.1.	Descrizione emissioni allo stato di fatto	10
2.1.1	Emissioni di polveri	10
2.1.2	Emissioni di ossidi di azoto (NO _x).....	10
2.1.3	Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO _x)	12
2.2	Sistema di abbattimento a servizio del camino E3 - filtro elettrostatico “Lurgi” stato di fatto 12	
2.2.1	Descrizione del sistema elettrofiltro.....	13
2.2.2	Funzionamento dell’elettrofiltro	14
2.2.3	Caratteristiche principali dell’elettrofiltro	14
2.2.4	Rendimenti Misurati	15
2.2.5	Parametri funzionali di riferimento in condizioni standard.....	17
2.2.6	Sistemi di controllo in continuo (SME).....	17
3	DESCRIZIONE STATO DI PROGETTO	17
3.1	Descrizione emissioni stato di fatto	17
3.1.1	Emissioni di polveri	18
3.1.2	Emissioni di ossidi di azoto (NO _x).....	18
3.1.3	Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO _x)	19
3.1.4	Bilancio dello zolfo – stato futuro	20
3.1.5	Emissioni di altri acidi (HF-HCl)	20
3.1.6	Sintesi delle emissioni in Ciminiera nello stato futuro	20
4	GESTIONE BYPASS DEL SISTEMA DI ABBATTIMENTO	21
4.1	Manutenzione ordinaria dell’elettrofiltro	21
4.2	Manutenzione straordinaria e Anomalie/ guasti dell’elettrofiltro	22
4.3	Flusso di massa delle emissioni in caso di By Pass Elettrofiltro	23

4.4	Procedura di riduzione del cavato nei casi di manutenzione ordinaria, straordinaria e guasti dell'impianto.....	24
4.5	Analisi di opportunità di installazioni di ridondanza per gestione scenari di bypass	24
5	COMBUSTIBILE DI BACK- UP (GASOLIO)	25
	ALLEGATI	26

2 PREMESSA

Scopo del documento e dei relativi allegati è fornire una risposta alla seguente richiesta di integrazioni, relative al punto 3 “caratterizzazione dell’impatto sull’atmosfera”:

- una descrizione di dettaglio del sistema di abbattimento a servizio del Camino E3 nello stato di fatto (funzionamento, rendimenti attesi/misurati, parametri funzionali di riferimento in condizioni standard, sistemi di controllo in continuo), sia per la parte di abbattimento polveri sia per la parte di desolforazione;
- una descrizione del medesimo sistema nello stato di progetto, evidenziando eventuali esigenze di adeguamento rispetto alle modifiche proposte (in particolare in merito alla desolforazione nel futuro assetto a gas metano);
- una descrizione delle misure di contenimento e controllo degli inquinanti gassosi, sia nello stato di fatto, sia nello stato di progetto, per le circostanze in cui, causa anomalie/fuori servizio o in condizioni di back-up (alimentazione a gasolio), il sistema costituito da elettrofiltro sia bypassato.

1. CARATTERISTICHE DI UN FORNO FUSORIO PER LA PRODUZIONE DI VETRO

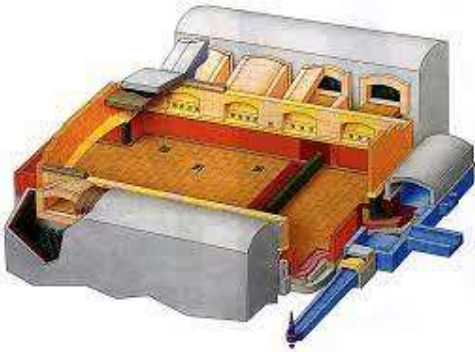
Il forno fusorio è una struttura costruita in materiale refrattario adibita alla fusione del vetro. In VERALLIA ITALIA ed in particolare nello stabilimento di Lonigo (VI) sono presenti 2 forni fusori di tipo rigenerativo.

Il forno fusorio di tipo rigenerativo è composto da:

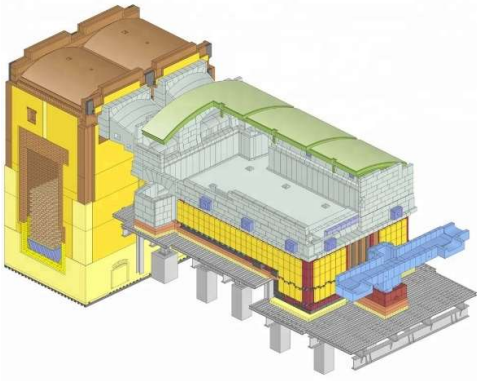
- **Bacino di fusione** che contiene la massa di vetro fusa e che viene alimentato in maniera continua con materie prime e rottame da fondere
- **Camera di Combustione:** Posta sopra il bacino di fusione, è lo spazio in cui l’aria comburente incontra il combustibile sviluppando la fiamma. È disegnata per massimizzare lo scambio termico per irraggiamento e conduzione verso il bacino di fusione.
- **Rigeneratori:** poste nella parte posteriore del forno, sono adibite al recupero del calore dei fumi che viene poi ceduto all’aria comburente, al fine di ridurre al minimo tecnico possibile le perdite termiche.

Attualmente i due forni di Lonigo sono:

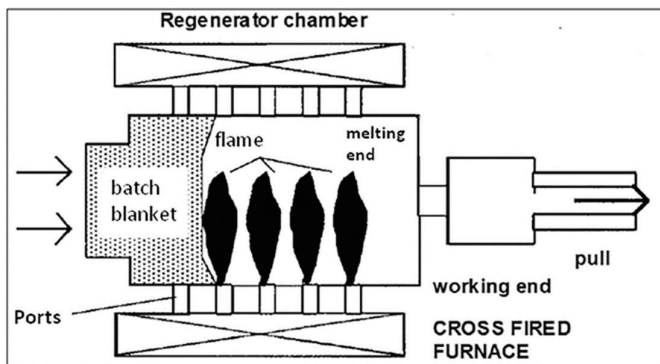
- **F31:** forno a fiamme trasversali in cui le fiamme sono perpendicolari al flusso del vetro all’interno del forno.



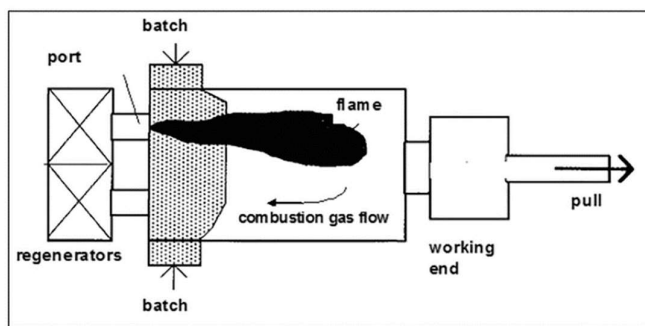
- **F32:** forno a fiamme a U (end-port) in cui le fiamme sono parallele al flusso del vetro e hanno una forma a U.



In maniera schematica le differenze tra i due forni possono essere così rappresentate:



A



B

1.1. Continuità di processo

Per le sue caratteristiche il processo di fusione non può essere interrotto in quanto un'interruzione prolungata della combustione comporterebbe principalmente due problemi:

- Congelamento del bagno di vetro con impossibilità poi di rifonderlo o demolirlo.
- Contrazione termica dei refrattari che essendo installati a secco e avendo diversi coefficienti di dilatazione farebbero collassare la struttura se non gestiti in modo controllato.

La fermata di un forno in condizioni di sicurezza comporta:

- **Lo svuotamento del forno dal vetro fuso:** operazione complessa che comporta l'intervento di personale altamente specializzato di ditte esterne per la foratura del forno e la gestione del vetro fuso.
- **Il raffreddamento controllato** da 1600°C a temperatura ambiente con una durata di circa 7 giorni e che necessita di attrezzature particolari per la gestione della curva di temperatura.
- **Il preriscaldamento del forno** della durata di circa 10-12gg
- **Il riempimento del forno** della durata di circa 4-6 giorni.

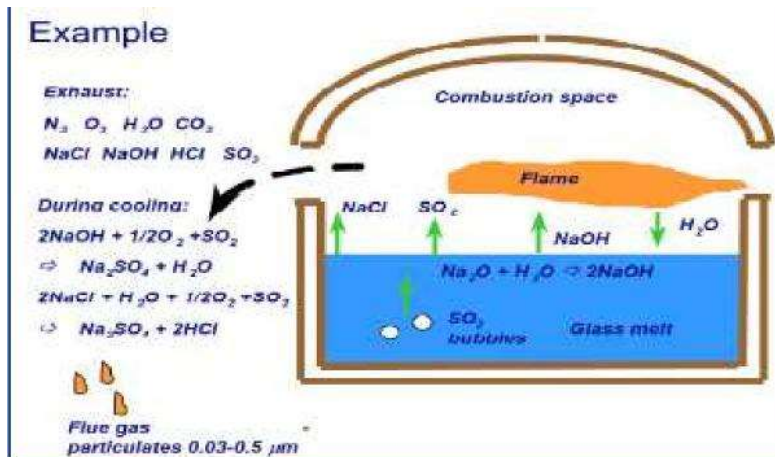
Tutte queste operazioni vengono effettuate e gestite da ditte esterne altamente specializzate che necessitano di preavvisi di alcune settimane per l'organizzazione e la movimentazione delle attrezzature necessarie oltre che per la predisposizione in loco degli impianti.

1.2. Fonti di emissione di un forno fusorio per vetro

Le fonti di emissione all'interno del forno fusorio hanno principalmente 3 origini:

- Materie Prime:
 - Degradazione dei Solfati → SO_x
 - Degradazione dei carbonati → CO_2
 - Evaporazione dal bagno di fusione → Polvere, Metalli, HCl e HF
- Combustione → CO , CO_2 , NO_x , SO_x , Polveri
- Trattamenti secondari → Sn, HCl e SO_x

1.3. Emissioni di polveri

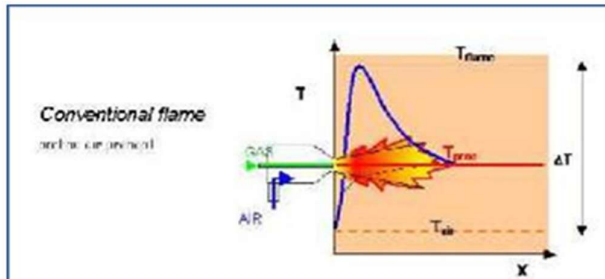


Le fonti di polveri sono generate principalmente

- **Condensazione di Solfato di Sodio** a causa della reazione tra Na gassoso e NaOH volatilizzato dalla fusione con SO_2 rilasciato dall'affinaggio a base di solfato e dalla combustione del combustibile
 Il solfato di sodio Na_2SO_4 condensa al di sotto dei 1100°C in particolare al di sotto di 884°C , ovvero all'interno dei rigeneratori, con deposito alla base delle camere (500°C)
- **Spolverio** del bagno legato a:
 - Temperatura della superficie del vetro (T elevata = emissioni elevate),
 - Turbolenze della fiamma (elevata turbolenza e fiamme che incidenti = emissioni elevate)
 - Materie prime utilizzate (granulometria, coefficiente di decrepitazione)
 - Umidità della miscela
 - Design dell'infornaggio

- **Ceneri di combustione** legate al tipo di combustibile (Alte per OCD, medie per Gasolio, basse per gas).

1.4. Emissioni di ossidi di azoto (NO_x)



- **NO_x Termici:** oltre il 95% dei NO_x viene prodotto mediante ossidazione diretta all'elevata temperatura di azoto proveniente dall'aria. Sono possibili molte reazioni a partire da $T > 1300^\circ\text{C}$, mentre i prodotti sono principalmente NO (90 ÷ 95% del totale) e NO_2 ; N_2O non viene formato.

Le condizioni che favoriscono la formazione di NO_x sono le seguenti:

- Elevata temperatura nell'atmosfera di combustione e nella fiamma
 - Buona miscelazione tra N_2 e O_2
 - Elevate quantità di N_2 a contatto con O_2 in eccesso di combustione stechiometrica
- **Composti di Azoto nel Combustibile:** questo contributo è di solito molto piccolo o trascurabile

1.5. Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO_x)

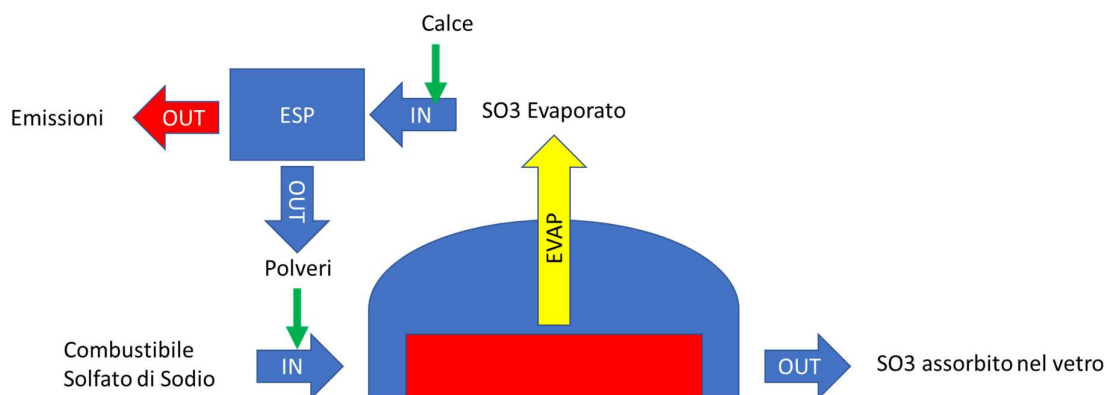
- **Solfati nella Miscela Vetrificabile:** introdotti nella miscela come affinanti (rimozione delle bolle) e ossidanti. Le principali fonti sono il Solfato di Sodio e le polveri recuperate dall'impianto di abbattimento.
- **Zolfo come Impurità del Combustibile:** Lo zolfo è presente come impurità nell'olio combustibile pesante al suo stato elementare e le reazioni di combustione lo ossidano in SO_2 e, marginalmente, in SO_3 (Anidride Solforica o Triossido di Zolfo). I forni di vetro che bruciano gas naturale hanno in media una concentrazione di SO_x (Ossidi di Zolfo) nei gas di combustibile non trattati di circa $300\div 800 \text{ mg/Nm}^3$, mentre gli stessi forni che bruciano l'olio combustibile con zolfo all'1% potrebbero raggiungere i livelli di SO_x (Ossidi di Zolfo) fino a 2000 mg/Nm^3 e superiore

1.5.1 Il Bilancio dello zolfo

La continuità e la stabilità del processo di fusione permettono di sapere in modo abbastanza preciso di calcolare le quantità di SO_x emessi in funzione di alcuni parametri di funzionamento:

- Quantità di materie prime apportatrici di composti dello zolfo (solfato di sodio, polveri elettrofiltro) e rottame interno esterno ed interno → *Fonte File calcolo ricette*
- Tenore di composti dello zolfo espressi come SO₃ contenuti nelle materie prime e rottami → *Fonte analisi chimica XRF di laboratori interni ed esterni*
- Quantità di Olio e Gas utilizzati → *Fonte strumentazione a campo con misura in continuo*
- Tenore di composti dello zolfo nei combustibili fossili
- SO₃ residuo assorbito nel vetro e non rilasciato in atmosfera *Fonte analisi chimica XRF di laboratori interni ed esterni*

Con questi dati a disposizione è possibile quindi fare un bilancio dello zolfo ante trattamento nell'elettrofiltro così come calcolare teoricamente la quantità di reagente necessaria.



$$\text{SO}_3 \text{ evaporato} = \text{SO}_3 \text{ combustibile} + \text{SO}_3 \text{ Composizione} - \text{SO}_3 \text{ Residuo nel vetro}$$

$$\text{SO}_3 \text{ Emissioni} = \text{SO}_3 \text{ Evaporato} - \text{Quantita Reagente} \times \text{Resa Stechiometrica}$$

2. DESCRIZIONE STATO DI FATTO

2.1. Descrizione emissioni allo stato di fatto

2.1.1 Emissioni di polveri

Le emissioni delle polveri vengono mantenute nei limiti attraverso misure primarie e secondarie.

Le Misure primarie comportano:

- Utilizzo di carbonati di calcio e magnesio a bassa decrepitazione, per ridurre il fenomeno dello spolverio.
- Mantenimento della miscela umida al fine di ridurre la polverosità.
- Riduzione al minimo necessario delle turbolenze legate alla fiamma mediante continue ottimizzazioni dell'inclinazione dei bruciatori.
- Monitoraggio in continuo del caricamento del batch del forno attraverso Telecamere ad infrarossi (installata sul F31 dal 2020 e in corso di installazione sul F32 entro luglio 2022).
- Sul F32 utilizzo di gas naturale come combustibile che permette di ridurre le emissioni di polveri. Attualmente, per il F32, è previsto il back-up a Olio Combustibile denso che viene attivato in caso interruzione della fornitura di gas o problemi tecnici che non permettano l'alimentazione del forno in modo continuativo.

Le misure secondarie comportano:

- Abbattimento delle polveri in un filtro elettrostatico a due campi costruito dalla Lurgi (Vedi paragrafo 3 e 4).

2.1.2 Emissioni di ossidi di azoto (NO_x)

Le emissioni degli ossidi dell'azoto vengono mantenute nei limiti esclusivamente attraverso **misure primarie**, ovvero:

- Design dei forni al fine di massimizzare l'efficienza energetica, lo scambio di calore nella camera di combustione e ridurre la formazione di NO_x.

Nel 2019 il F32 è stato ricostruito integrando le recenti migliorie introdotte da Verallia per la riduzione degli NO_x, in particolare modificando il lay-out dei bruciatori.

- Utilizzo di bruciatori Low-Nox sia per la combustione a OCD che per la combustione già in uso su entrambi i forni.
- Sistema SFC (Sonic Flow Control). Sistema di ricircolazione dei fumi nella camera di combustione che permette di ridurre emissioni di CO e NO_x attraverso un sistema a lama d'aria. Installato nel 2019 sul F32.

- Sistemi di conduzione in automatico del forno (Expert System ESIII) che ottimizzano in continuo il consumo di combustibile ed energia elettrica, migliorando la stabilità termica del forno e monitorano in continuo il rapporto aria/combustibile per mantenere stabili le emissioni. Installato su F32 nel 2020.
- Monitoraggio in continuo del tenore di ossigeno e CO ai torrini per poter regolare la combustione in tempo reale e mantenerla in condizioni di riduzione. Il sistema è in fase di studio sul F32 e collegato all'Expert System per la regolazione automatica della combustione. Installato sul F32 nel 2021.
- Massimizzazione della quantità di rottame utilizzato. L'uso di rottame riduce il fabbisogno energetico. Questa azione è ovviamente dipendente dalla disponibilità di vetro riciclabile sul mercato e dalla sua qualità e varia in funzione dei colori prodotti, in linea con obiettivi di riduzione CO₂.
- Piano di Manutenzione forno e audit periodici: lo stato di usura del forno è monitorato in modo continuo attraverso check list giornaliera di controllo, audit mensili del responsabile forni e da parte dell'ufficio tecnico. L'obiettivo di questi audit è definire il piano di manutenzione del forno al fine di mantenerne l'efficienza nel tempo, attraverso varie possibili azioni:
 - Lavaggi termici delle camere
 - Ripresa delle sigillature del forno
 - Riporto di materiale refrattario nelle zone usurate
 - etc

2.1.3 Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO_x)

Le emissioni degli ossidi dell'azoto vengono mantenute nei limiti attraverso misure primarie e secondarie.

Le misure primarie sono:

- Massimizzazione della quantità di rottame utilizzato. L'uso di rottame riduce il fabbisogno energetico. Questa azione è ovviamente dipendente dalla disponibilità di vetro riciclabile sul mercato e dalla sua qualità e varia in funzione dei colori prodotti.
- Sul F32 utilizzo di gas naturale come combustibile che permette di ridurre le emissioni di SO_x. Attualmente, per il F32, è previsto il back-up a Olio Combustibile denso.
- Mantenimento del tenore di solfato in ricetta al minimo tecnico possibile per garantire la qualità finale del vetro in funzione del cambio colore. Nel corso del tempo nello stabilimento di Lonigo sono state fatte diverse riduzioni del tenore di solfato e quindi dell'emissioni in atmosfera di ossidi dello zolfo.

Tenore di SO ₃ introdotto in ricetta nel Vetro in ppm				
Anno	F31-AG	F32-Blu	F32-Mezzo Bianco	F32-Verde
2013	1.339			3.457
2014	1.380		3.956	2.237
2015	1.289			1.983
2016	846		3.591	1.814
2017	770	2.346		1.552
2018	751			1.612
2019	675	1.897		1.620
2020	684	1.671	2.725	1.772
2021	650	1.692		2.054

Le misure secondarie sono:

- Abbattimento dei composti dello zolfo e altri acidi mediante trattamento con calce ventilata e successivo abbattimento in un filtro elettrostatico a due campi costruito dalla Lurgi (Vedi paragrafo 3 e 4).

Mensilmente si controllano lo stato generale del sistema di dosaggio calce e la quantità di calce dosata a parità di frequenza della coclea impostata.

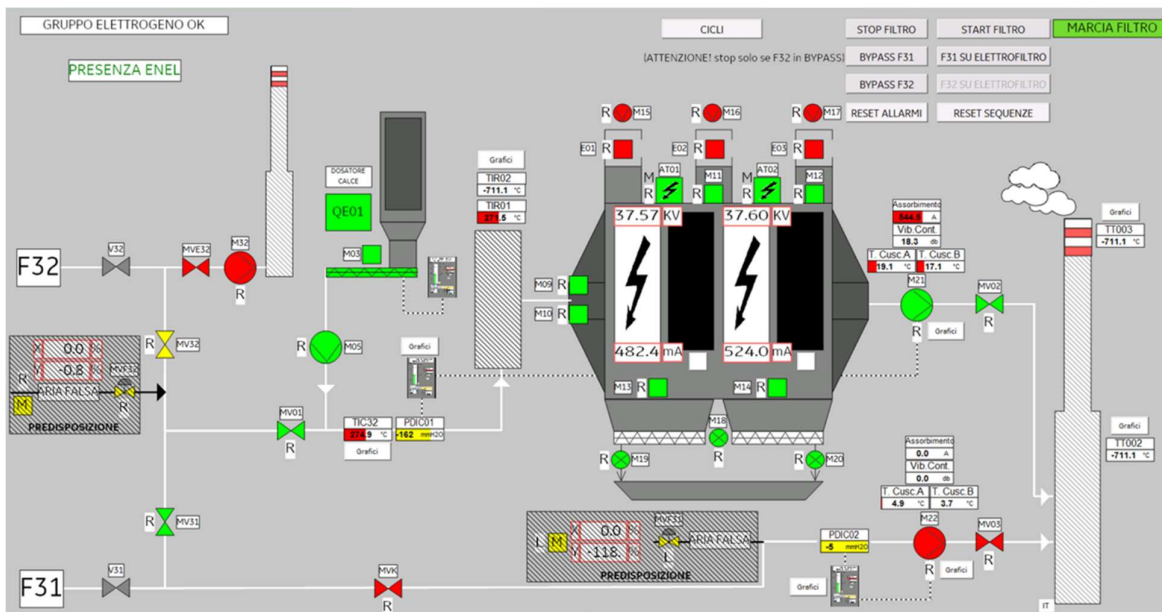
2.2 Sistema di abbattimento a servizio del camino E3 - filtro elettrostatico "Lurgi" stato di fatto

2.2.1 Descrizione del sistema elettrofiltro

I due forni sono collegati all'impianto di trattamento con tubazioni in metallo coibentate di dimensioni adeguate per le portate e le temperature in gioco con l'obiettivo di avere le temperature ottimali all'ingresso delle varie parti dell'impianto.

I fumi dei forni fusori sono convogliati all'interno dell'impianto di assorbimento, depurazione ed emissione costituiti da:

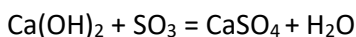
- Torre di contatto
- Elettrofiltro
- Camino

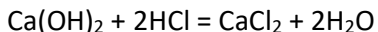
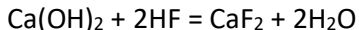
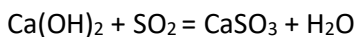


Nel condotto fumi prima della torre di contatto viene introdotta la calce a mezzo di un impianto di dosaggio, costituito da:

- Silo in acciaio per lo stoccaggio del reagente
- Sistema pneumatico di fluidificazione del reagente per impedire la formazione di agglomerati o ponti all'interno del silo
- Sistema di segnalazione riempimento silo
- Sistema di dosaggio composto di coclea, rotocella, serbatoio intermedio
- Tubazione e ventilatore per il trasporto del reagente fino al condotto fumi

I fumi uniti alla calce entrano nella torre di contatto. All'interno della torre vi è una gola che obbliga il flusso di gas e reagente ad acquistare velocità e successivamente ad espandersi in una più ampia camera il cui sbocco superiore è collegato all'elettrofiltro. Nella torre di contatto si completano le reazioni:





Trattandosi di un processo a secco in fase mista solido-gas l'efficienza della reazione può essere influenzata da parametri come la granulometria della calce, la miscelazione delle fasi e la temperatura.

2.2.2 Funzionamento dell'elettrofiltro

L'elettrofiltro è costituito da due campi elettrostatici che vengono attraversati dai fumi in senso orizzontale, l'involucro è costruito in lamiera di acciaio ricoperta di isolamento termico. Ogni campo è costituito da sistema emittente e piastre di captazione. Per asportare le polveri depositate sulle piastre di captazione, sugli elettrodi emittenti e sui dispositivi di distribuzione gas all'ingresso del filtro questi elementi sono sottoposti a percussione motorizzata. La polvere generata e captata (circa $35 \pm 10\text{Kg/h}$) si raccoglie nella tramoggia disposta sotto il filtro e da qui viene continuamente scaricata mediante una coclea su di un propulsore per caricare 2 silo. Queste polveri, costituite dai prodotti di reazione riportati sopra, calce non reagita ed altri prodotti del processo di fusione, sono riutilizzate come componente della miscela vetrificabile.

Per produrre la necessaria corrente continua ad alta tensione è stato previsto per ciascun campo elettrico un convertitore di tensione A.T. costituito da un trasformatore, un raddrizzatore a semiconduttori immersi in dielettrico ed un sistema di regolazione. L'impianto di alta tensione è gestito con un sistema a microprocessori Coromatic situato in cabina elettrica. Le tensioni e le correnti in gioco sono dell'ordine dei 30-40kV e dei 200-700mA. La perdita di pressione dei fumi durante l'attraversamento dell'elettrofiltro viene compensata da un ventilatore, che convoglia i fumi depurati al camino E3.

2.2.3 Caratteristiche principali dell'elettrofiltro

L'elettrofiltro attualmente installato nello stabilimento di Lonigo ha le seguenti caratteristiche (fonte manuale tecnico Impianto Lurgi)

Quantità dei forni collegati	2
Combustibile	BTZ a 1%S e Gas Metano
Portata dei Fumi	77.800 Nm ³ /h Umido
Pressione fumi al punto di prelievo	-12mbar
Temperatura fumi al punto di prelievo	370°C
Contenuto di O₂	9% (vol.)
Contenuto di H₂O	8% (vol.)
N° Impianti iniezione calce	1
N° elettrofiltri	1
Tipo di Elettrofiltro	BS780 orizzontale 12/10/2x12/400
Nr delle tramogge a forma trapezoidale	2
N° Campi Elettrici	2

N° convertitori di tensione A.T.	2
Superficie attiva di captazione (proiettata)	2.890 m ²
N° Ventilatori di aspirazione	1
N° Gruppi elettrogeno a servizio	1

2.2.4 Rendimenti Misurati

La misura più recente di efficienza dell'elettrofiltro è stata effettuata in data 10 e 11 Marzo 2022 dalla Stazione Sperimentale del Vetro di Murano (VE) e riportata nella relazione n° 192018 del 16/03/2022, che si allega (Allegato 2.1.1).

Il campionamento è stato fatto a valle dell'elettrofiltro nel camino E3 e a monte dello stesso, rispettivamente nei condotti fumi del F31 e del F32 prima dell'iniezione della calce. In aggiunta sono stati effettuati dei campionamenti a diversi dosaggi della calce.

Le condizioni di funzionamento dei forni durante la campagna di campionamento erano:

Tabella 1 - Dati di processo Forno 1

Forno 31	
Tipologia forno	Side-port
Superficie fusione (m ²)	113
Tipologia vetro	Alta prot. Giallo
Tipologia combustibile	OCD
Consumo combustibile (kg/h)	1816
Cavato (t/d)	465
Rottame (%)	96
Forno 32	
Tipologia forno	End-Port
Superficie fusione (m ²)	95
Tipologia vetro	Blu
Tipologia combustibile	Metano
Consumo combustibile (Sm ³ /h)	1227
Cavato (t/d)	309
Rottame (%)	73,8

I risultati e le relative efficienze di abbattimento dei composti dello Zolfo, degli acidi e delle polveri sono riportati nella seguente tabella:

SOx									
Dosaggio calce kg/h	F31		F32		F31+F32		Valle filtro		Resa abbattimento %
	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	*mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	
19	1046	31,3	625	10,9	891	42,2	886	42,0	0,51
27	1052	31,5	632	11,0	897	42,5	874	41,4	2,62
35	1120	33,5	641	11,2	944	44,7	722	34,2	23,50

HCl									
Dosaggio calce kg/h	F31		F32		F31+F32		Valle filtro		Resa abbattimento %
	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	*mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	
19	31,1	0,93	22,3	0,39	27,9	1,32	22,4	1,06	19,59
27	29,8	0,89	25,4	0,44	28,2	1,34	20,3	0,96	27,96
35	32,3	0,97	24,6	0,43	29,5	1,40	20,2	0,96	31,44

HF									
Dosaggio calce kg/h	F31		F32		F31+F32		Valle filtro		Resa abbattimento %
	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	*mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	
19	17,3	0,5	12,3	0,21	15,5	0,73	3,8	0,18	75,42
27	18,2	0,5	14,3	0,25	16,8	0,79	3,67	0,17	78,10
35	15,4	0,5	11,6	0,20	14,0	0,66	2,01	0,10	85,64

Polveri									
Dosaggio calce kg/h	F31		F32		F31+F32		Valle filtro		Resa abbattimento %
	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	*mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	mg/Nm ³ 8% O ₂	kg/h	
19	228	6,82	230	4,01	229	10,8	7,56	0,36	96,69
27	221	6,61	236	4,12	227	10,7	8,71	0,41	96,15
35	231	6,91	221	3,86	227	10,8	8,99	0,43	96,05

*La concentrazione riportata come F31+F32 è una concentrazione stimata ricavata per calcolo dalla somma dei flussi di massa dei singoli forni e dalle relative portate anch'esse stimate sulla base dei dati di processo

I valori di efficienza misurati rientrano nei valori tipici di questo tipo di impianto di trattamento.

Di seguito viene riportato il bilancio dello zolfo in queste condizioni:

	F1	F2
ppm SO ₃ in ricetta	606	1.828
ppm SO ₃ residuo nel vetro	310	659
Portate fumi Nm ³ /h 8%	27.568	17.283
Cavata [t/g]	465	309
Portata OCD [kg/h]	1.816	
Portata GAS [Sm ³ /h]		1.227
SO ₂ OCD	922	-
SO ₂ GAS	-	4
SO ₂ Vetro	166	697
SO ₂ Combustibile mg/Nm ³	922	4
SO ₂ Totale mg/Nm ³	1.089	701
Input ESP mg/Nm³	939	

Il dato calcolato di **939 mg/Nm³** è in linea con il valore medio misurato dalla stazione sperimentale del vetro di **910 mg/Nm³**.

2.2.5 Parametri funzionali di riferimento in condizioni standard

Parametro	Min	Max
Quantità Reagente [kg/h]*	5	60
Depressione [mmH2O]	70	350
Temperature di ingresso [°C]	150	450
Corrente Campo 1	50	600
Corrente Campo 2	50	600
Frequenza Scuotimento	0	600"
Tempo scuotimento	180 Secondi	
Vibrazioni M21		

Temperature, tensioni e correnti nei condotti e nell'elettrofiltro sono in acquisizione continua dal sistema di supervisione.

*Impostata come Hz sull'inverter del motore della rotocella di dosaggio

2.2.6 Sistemi di controllo in continuo (SME)

Le emissioni in uscita dall'elettrofiltro sono campionate ed analizzate in continuo (SME). Lo SME è composto da:

- Analizzatore NDIR ULTRAMAT23
- Analizzatore a celle elettrochimiche OXYMAT16
- Sistema di condizionamento del gas campione
- Sistema acquisizione ed elaborazione dati
- Sonda di prelievo
- Linea riscaldata per trasporto campione
- Misuratore polveri DR320
- Misuratore temperatura fumi PT100
- Misuratore pressione fumi PTX1400

La gestione dello SME è riportata nel manuale relativo.

3 DESCRIZIONE STATO DI PROGETTO

In questo paragrafo si descrive lo stato di progetto del sistema di abbattimento, in termini di emissioni e del sistema di abbattimento Lurgi. Nello specifico per quest'ultimo si rimanda anche alla relazione di "analisi performance ESP Lurgi per accoppiamento con nuovo forno 31", in allegato 2.1.2.

3.1 Descrizione emissioni stato di fatto

Dal punto di vista emissivo, il nuovo F31 è stato progettato secondo gli Standard VERALLIA più recenti per la riduzione delle emissioni.

In particolare, sono state introdotte significative modifiche nella geometria del forno, che viene inoltre equipaggiato con tecnologie per miglior gestione della combustione e di conseguenza delle emissioni.

La riduzione delle emissioni passa in primo luogo per il cambio di tecnologia del nuovo forno. Si passerà da un forno a fiamme trasversali con 15 bruciatori per lato e quindi meno efficiente dal punto di vista emissivo, ad un fiamme a U con 3 bruciatori/lato e quindi più performante dal punto di vista emissivo.

3.1.1 Emissioni di polveri

- Design del Forno.
 - L'area di infornaggio è stata ampliata rispetto al design tradizionale e segregata maggiormente dalla camera di combustione al fine di ridurre lo spolverio e il carry-over nei fumi.
 - Il numero di bruciatori è stato ridotto da 15 per lato a 3. Ciò permette di ridurre le turbolenze al di sopra del bagno di vetro.

- Combustibile.

A causa della geometria del forno, l'attuale forno non permette di utilizzare come combustibile il gas naturale. La modifica della tipologia di forno permetterà invece l'utilizzo di metano che permette di ridurre le emissioni di polveri sia per le caratteristiche intrinseche del combustibile, sia perché il tenore di zolfo del gas permetterà una riduzione delle quantità di emissioni di SO_x.

Rispetto allo scenario ante operam, l'abbassamento dei limiti dell'SO_x comporterà un maggior utilizzo di reagente che impatterà sulle polveri in ingresso all'elettrofiltro.

In linea con gli obiettivi di riduzione CO₂ si prevede l'utilizzo di metano come combustibile principale.

Al fini di garantire la continuità produttiva, è previsto come back-up l'utilizzo del gasolio (vedi capitolo 5).

3.1.2 Emissioni di ossidi di azoto (NO_x)

- Design del Forno:
 - Passaggio dalla tecnologia Side Port alla Tecnologia End-Port comporta un significativo abbattimento delle emissioni di NO_x dagli attuali 1700 Mg/Nm³ a valori al di sotto degli 800 Mg/m³. Tale riduzione è principalmente legata alla riduzione del numero di bruciatori.
 - La geometria dei torrini permette una migliore miscelazione Aria/Gas con miglioramento dell'efficienza generale del forno.
 - Geometria della camera di combustione con volte più alte per migliorare lo scambio termico e sviluppare con temperature di radice di fiamma più basse. Inoltre, la diversa tipologia di forno permette un tempo di contatto tra fiamma e quindi una riduzione dell'intensità di fiamma che è poi la causa principale degli NO_x.

- Dimensioni dei giunti tra Vasca e Sovrastruttura e Sovrastruttura e volta ridotto al fine di limitare gli ingressi di aria parassita e quindi miglior efficienza termica del forno.
 - Il giunto tra il muro laterale e la volta è stato disegnato concepito per non essere raffreddato (come sui forni tradizionali) in questo modo gli ingressi di aria parassita e punti freddi vengono ridotti in modo significativo.
 - Dimensionamento delle camere di rigenerazione tali da massimizzare lo scambio termico e ridurre il consumo di combustibile.
 - Incremento del numero di elettrodi per incrementare la quantità di energia elettrica utilizzata.
 - L'isolamento del forno è stato incrementato al fine di ridurre le perdite termiche verso l'ambiente e migliorare l'efficienza dell'impianto.
 - Predisposizione per l'installazione di un ulteriore recupero termico per il preriscaldamento del batch e ridurre ulteriormente il consumo energetico
- Combustibile.
 - Con il passaggio a Gas, il nuovo forno monterà bruciatori low-NOx a doppio impulso già in uso su tutti i forni Verallia con combustione a gas.
 - Automazione e Impianti a servizio del forno che permettono di migliorare le emissioni.
Il nuovo forno 31 sarà equipaggiato con:
 - Sistema SFC (Sonic Flow Control). Sistema di ricircolazione dei fumi nella camera di combustione che permette di ridurre emissioni di CO e NOx attraverso un sistema a lama d'aria.
 - Termocamera ad Infrarossi: che permette il monitoraggio in continuo delle temperature del forno, del caricamento, degli ingressi d'aria parassita, delle variazioni del profilo termico e della geometria della fiamma, permettendo così una migliore ottimizzazione della combustione.
 - Expert System (ESIII): sistema automatico di conduzione del forno che permette di regolare in continuo il forno al fine di stabilizzare le condizioni di funzionamento, ridurre i consumi e di conseguenza le emissioni. Il forno sarà anche equipaggiato con il modulo di regolazione della combustione in continuo.
 - Il forno è predisposto per l'installazione del sistema di monitoraggio del CO e dell'ossigeno ai torrini che potrà essere installato in un secondo momento qualora si rendesse necessaria una regolazione più fine dell'aria comburente. Tale sistema è già installato sul F32.

Non è prevista nessuna misura secondaria per l'abbattimento degli NOx.

3.1.3 Emissioni di ossidi dello Zolfo (SO_x)

- Combustibile.
Il passaggio a gas naturale, descritto al paragrafo precedente, permette di ridurre le emissioni di SOX, visto il ridotto tenore di zolfo nel gas.
Per quanto riguarda le emissioni di SOX durante il back up, con utilizzo del gasolio, si rimanda al paragrafo specifico.

- Reagenti Elettrofiltro

Attualmente l'abbattimento degli acidi e degli SO_x è fatto con l'utilizzo di calce.

3.1.4 Bilancio dello zolfo – stato futuro

E' stato simulato il bilancio dello zolfo nello stato futuro in varie condizioni di funzionamento di cui sono sintetizzati i risultati qui sotto.

CONDIZIONE	SO ₃ in ingresso a ESP
Entrambi i forni con funzionamento a Metano	550 – 650 mg/Nm ³ rif 8% O ₂
Entrambi i forni con funzionamento a Misto (60% Gas – 40% GASOLIO con % S 0,1)	600 – 800 mg/Nm ³ rif 8% O ₂
Entrambi i forni con 100% funzionamento gasolio con % S 0,1	700-900 mg/Nm ³ rif 8% O ₂

L'abbattimento di tali composti oltre che dalle quantità in ingresso dipende anche da:

- Tipo di Reagente più specificatamente superficie specifica e prodotto (Calce)
- Quantità di reagente.

3.1.5 Emissioni di altri acidi (HF-HCl)

Essendo le emissioni di questi prodotti legate alle materie prime e al rottame, le emissioni di questi composti non subiranno variazioni.

Nell'ambito dei nuovi limiti sarà da aumentare il tenore di calce utilizzata.

3.1.6 Sintesi delle emissioni in Ciminiera nello stato futuro

Parametro	Monte Filtro	Resa Abbattimento	Valle Filtro
NO _x	<800 mg/Nm ³	N/A	<800 mg/Nm ³
Polveri	200-300 mg/Nm ³	95%	10-15 mg/Nm ³
SO _x (100% Metano)	550 – 650	15-30%*	500 mg/Nm ³
SO _x (Combustione 100% gasolio)	700-900 mg/Nm ³	15-30%*	650 mg/Nm ³
HF	17	75-85%	<5 mg/Nm ³
HCl	30	20-30%*	<20 mg/Nm ³

* Le rese dipendono dal tipo e dalla quantità di reagente dosato prima dell'ingresso nell'elettrofiltro oltre che alle temperature dei fumi.

Per le Emissioni di SO_x, HF e HCl è necessario incrementare i dosaggi di reagente rispetto all'attuale al fine di garantire i limiti.

4 GESTIONE BYPASS DEL SISTEMA DI ABBATTIMENTO

In questo capitolo si descrivono le misure di contenimento e controllo degli inquinanti, sia nello stato di fatto sia nello stato di progetto per le circostanze in cui, causa manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria o guasti, l'elettrofiltro sia by-passato.

Si rimanda all'allegato 2.1.3 per la configurazione dell'impianto nei vari scenari di bypass.

4.1 Manutenzione ordinaria dell'elettrofiltro

Per garantire la continuità del trattamento fumi e la sua efficienza nel tempo è necessario provvedere periodicamente ad una manutenzione ordinaria e pulizia degli elettrodi del filtro e al loro posizionamento.

Inoltre, per particolari condizioni di temperatura e funzionamento, si verificano reazioni indesiderate all'interno dell'elettrofiltro, che portano alla formazione di pirosofati, che hanno la tendenza ad incrostare le piastre e gli elettrodi con conseguente diminuzione dell'efficienza e che non vengono rimossi dal sistema automatico di percussione. E' necessario quindi tutelare l'impianto, al fine di evitare danni che compromettano nel tempo la struttura dell'impianto.

La fermata periodica programmata dell'elettrofiltro è su base circa annuale per manutenzione e pulizia.

La durata della manutenzione ordinaria, durante la quale è necessario spegnere i campi e quindi azzerare il potere di abbattimento, è mediamente di 5gg, a meno di condizioni particolarmente gravose dell'impianto (fino quindi a un massimo di 10 gg), inclusi i tempi di raffreddamento e preriscaldamento della struttura.

L'operazione di pulizia dell'elettrofiltro e l'allineamento dei campi, così come la verifica dei sistemi di scuotimento richiede l'ingresso di personale all'interno dell'impianto, che, essendo uno spazio confinato, richiede personale adeguatamente formato e condizioni di temperatura e ossigeno tali da poter svolgere l'attività in sicurezza.

Per lo svolgimento di queste attività Verallia, nel limite del possibile cerca di:

- Organizzare queste attività in ombra ad interventi di rifacimento dei forni con un solo forno in emissione.
- Organizzare queste attività cercando di minimizzare i tempi di intervento, garantendo la periodicità annuale della manutenzione stessa.
- Organizzare queste attività al di fuori di fasi transitorie dei forni (cambio colore) o di altre manutenzioni sui forni che possano impattare negativamente le emissioni.
- Minimizzare le emissioni mettendo in campo azioni primarie che limitino le emissioni (Percentuale di Rottame). Queste manovre dipendono anche dalla disponibilità sul mercato di rottame e altri prodotti.

4.2 Manutenzione straordinaria e Anomalie/ guasti dell'elettrofiltro

Premesso che Verallia si impegna a mettere in campo ogni contromisura possibile per limitare le fermate per anomalia e/o guasto, esiste comunque il rischio di tali eventi, in quanto l'impianto funziona in modo continuo 24h su 24h per 365 giorni all'anno.

Al netto delle fermate per manutenzione ordinaria dell'elettrofiltro, le fermate per guasto con fermata dell'elettrofiltro, negli ultimi anni sono state:

Anno	H fermate per guasti
2013	5,00
2014	3,00
2015	6,00
2017	4,00
2018	13,75
2019	54,50
2020	0
2021	0

Le fermate più lunghe negli anni 2018 e 2019 hanno riguardato guasti significativi rispettivamente al PLC dell'elettrofiltro che è stato cambiato poi nel 2019 e la rottura del meccanismo di movimentazione di un campo che ha comportato una fermata straordinaria dell'elettrofiltro per poter accedere al suo interno.

In caso di mancanza di corrente il sistema è collegato ad un gruppo elettrogeno che, al netto dei tempi di avviamento e commutazione, permette di mantenerlo in funzione durante i possibili blackout.

L'obiettivo di VERALLIA è quello di minimizzare il rischio di anomalie e guasti per garantire le performance e l'operatività dell'impianto in continuo. A tal fine vengono messe in campo le seguenti azioni:

- Manutenzioni preventive dell'impianto, discussa al paragrafo precedente
- Analisi degli eventuali guasti attraverso metodologie Lean e ricerca della causa radice al fine di evitare che possano accadere nuovamente.
- Formazione degli operatori al fine di conoscere l'impianto e le sue criticità.

4.3 Flusso di massa delle emissioni in caso di By Pass Elettrofiltro

Nell'Autorizzazione attuale, AIA n 04/2013, è previsto il rispetto del flusso di massa annuale, espresso in kg/anno.

Sulla base delle evidenze sperimentali e dei rendimenti attesi dagli impianti/reagenti, e dell'esperienza sull'impianto installato a Lonigo, è stata fatta una simulazione del rispetto del flusso di massa annuale nello stato di progetto.

Con 10 giorni di bypass dell'elettrofiltro è possibile garantire il rispetto dei seguenti flussi di massa in accordo con i limiti previsti dalle BAT ovvero:

SOX (Portata 60.000 Nm3/h)

Scenario	Limite [mg/Nm3]	Valori Medi [mg/Nm3]	Flusso di Masso [Kg/anno]	Limite Flusso di massa [Kg/anno]	gg fermata	HP Monte Filtro [mg/Nm3]	Flusso di massa in bypass [kg]	Flusso di massa totale con Bypass
F31+F32 100% GAS	500	490	250.488	262.800	10	650	9.360	259.848

POLVERI (Portata 60.000 Nm3/h)

Scenario	Limite [mg/Nm3]	Valori Medi [mg/Nm3]	Flusso di Masso [Kg/anno]	Limite Flusso di massa [Kg/anno]	gg fermata	HP Monte Filtro [mg/Nm3]	Flusso di massa in bypass [kg]	Flusso di massa totale con Bypass
F31+F32 100% GAS	20	13,00	6.646	10.512	10	250	3.600	10.246

ALTRI ACIDI (Portata 60.000 Nm3/h)

Scenario	Limite [mg/Nm3]	Valori Medi [mg/Nm3]	Flusso di Masso [Kg/anno]	Limite Flusso di massa [Kg/anno]	gg fermata	HP Monte Filtro [mg/Nm3]	Flusso di massa in bypass [kg]	Flusso di massa totale con Bypass
HCl	20	19	9.713	10.512	10	30	432	10.145
HF	5	4	2.045	2.628	10	17	245	2.290

4.4 Procedura di riduzione del cavato nei casi di manutenzione ordinaria, straordinaria e guasti dell'impianto

La procedura si applica in caso di manutenzione ordinaria, straordinaria e guasti dell'impianto di abbattimento che comportino un bypass dello stesso.

Per situazioni che si prevede eccedano le 72 ore, oltre alla comunicazione all'Autorità competente della sussistenza dell'evento e degli interventi correttivi previsti, dovrà essere ridotto il cavato dei forni che danno luogo ad emissioni che non sono avviate ad abbattimento, secondo il seguente schema:

Durata del bypass	Azioni da intraprendere da parte del gestore
Da inizio bypass	Comunicazione preventiva in caso di manutenzioni ordinarie programmate e comunicazione entro le 24 ore successive in caso di manutenzioni straordinarie / guasti
Fino a 72 h	
Da 72 ore (3 giorni)	Riduzione del cavato al di sotto del 95% del cavato massimo autorizzato
A 7 giorni	
Da 7 giorni	Riduzione del cavato al di sotto del 85% del cavato massimo autorizzato
A 14 giorni	
Da 14 giorni	Riduzione del cavato al di sotto del 75% del cavato massimo autorizzato
A 21 giorni	
Da 21 giorni	Riduzione del cavato al di sotto del 50% del cavato massimo autorizzato
A 1 mese	
Oltre 1 mese	Riduzione al cavato tecnico minimo

La diminuzione del cavato è una procedura che deve essere svolta progressivamente per tutelare la struttura dei refrattari, evitando shock termici che accorciano la vita del forno, nonché per evitare sbalzi sulla composizione della matrice vetrosa, in particolare sulle colorimetrie, che inficiano la qualità del prodotto e la conformità dello stesso alla vendita. In allegato 2.1.4 la procedura completa.

4.5 Analisi di opportunità di installazioni di ridondanza per gestione scenari di bypass

L'analisi di opportunità di installazioni di ridondanza per gestione scenari di bypass, richiesta dagli Enti in via informale, è riportata nell' Allegato 2.1.2 Analisi performance ESP Lurgi per accoppiamento con nuovo forno 31 e nell' allegato 2.1.5 Relazione integrativa su analisi di opportunità di installazioni in ridondanza per gestioni scenari di manutenzione

5 COMBUSTIBILE DI BACK- UP (GASOLIO)

In questo capitolo si descrive l'utilizzo del combustibile di back up e le emissioni relative, per lo stato di progetto.

Come già anticipato, con il progetto, il forno 31 passerà da combustibile OCD a metano.

Il forno 32 attualmente è autorizzato a combustione sia con metano che con OCD.

In linea con le strategie di riduzione della CO₂ stabilite dall'azienda, il metano è il combustibile principale previsto per entrambi i forni.

Nello stato di progetto, si prevede l'utilizzo del gasolio come combustibile di back up in entrambi i forni, in caso di emergenza. In particolare, in caso di:

- Mancanza di fornitura del gas metano
- Guasto all'impianto del gas

Periodicamente saranno necessari test di passaggio combustione al fine di formare gli operatori e testare il funzionamento degli impianti.

L'uso del gasolio è migliorativo rispetto all'OCD, in quanto comporta una riduzione del particolato e del tenore di zolfo.

Al fine di valutare l'impatto del gasolio, è stato integrato il modello diffusionale presentato con la domanda di PAUR del 19 novembre 2021, considerando lo scenario di utilizzo combustibile 100% gasolio in entrambi i forni. In allegato l'elaborato (Allegato 2.1.6).

Nella valutazione è stato considerato il parametro SOX, perché su polveri e NO_x non vi saranno variazioni rispetto all'utilizzo di metano, e quindi si fa riferimento al modello diffusionale già agli atti.

La Decisione di esecuzione della commissione del 28 febbraio 2012 che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per la produzione del vetro ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alle emissioni industriali (BAT 2012), riporta i limiti per utilizzo metano e OCD.

Il limite previsto dalle BAT con l'utilizzo del solo OCD, con tenore di zolfo dell'1%, è di 1200 mg/Nm³.

Considerando il tenore di zolfo previsto per il gasolio, in base ai dati ricevuti dai fornitori potenziali di questi combustibili, pari allo 0,1%, è stato stimato un limite in uscita di SO_x di 650 mg/Nm³, che è stato assunto come valore nel modello diffusionale.

Dalle conclusioni della relazione del modello diffusionale si evince che, anche con il gasolio, l'analisi di confronto dei valori delle ricadute ante e post operam evidenzia un notevole

miglioramento per i parametri, il cui flusso di massa viene sensibilmente ridotto con il nuovo impianto.

Con il nuovo progetto, la diminuzione delle ricadute è circa del 50% sia con alimentazione a metano che a gasolio. Sovrapponendo i due grafici è evidente che la differenza di ricadute tra metano e gasolio sia lieve.

ALLEGATI

Allegato 2.1.1 Verifica dell'efficienza e mappatura del sistema di trattamento fumi (precipitatore elettrostatico) dello stabilimento Verallia Italia Spa sito in Lonigo (VI) (Stazione Sperimentale del Vetro)

Allegato 2.1.2 Analisi performance ESP Lurgi per accoppiamento con nuovo forno 31

Allegato 2.1.3 Configurazione dell'impianto nei vari scenari di bypass

Allegato 2.1.4 Procedura di riduzione del cavato nei casi di manutenzione ordinaria, straordinaria e guasti dell'impianto

Allegato 2.1.5 Relazione integrativa su analisi di opportunità di installazioni in ridondanza per gestioni scenari di manutenzione

Allegato 2.1.6 Modellazione prognostica del trasporto aereo e dispersione inquinanti dalle emissioni per il combustibile gasolio