

# CENTRALE TERMOELETTRICA

IN ASSETTO TRIGENERATIVO  
(ELETTRICO/TERMICO/IDROGENO)  
ALIMENTATA DA CSS COMBUSTIBILE

## GINOSA POWER

### RELAZIONE DESCRITTIVA

Rel.: 2.3 del 04/06/2024

---

## INDICE

INTRODUZIONE.....	7
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	8
LA TECNOLOGIA SMOX.....	10
REFERENZE .....	12
TECHNICAL OPINION .....	15
CALCOLO TRL .....	18
PANORAMICA DELLA TECNOLOGIA .....	19
DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA .....	21
STRATEGIE CONTRO LE EMISSIONI INQUINANTI .....	22
PROCESSO DI RIDUZIONE SELETTIVA NON CATALITICA (SNCR).....	24
SISTEMA DI PULIZIA DEI GAS ESAUSTI .....	26
Il Ciclone .....	27
Il filtro a maniche.....	29
Emissioni di gas acidi .....	30
Ceneri leggere.....	31
Monitoraggio Delle Emissioni.....	32
Microinquinanti dell'aria.....	37
CENERI PESANTI.....	39
Composizione delle Ceneri Pesanti .....	41
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA .....	43
Funzionamento della Turbina ORC .....	45
Vantaggi Della Tecnologia ORC .....	46

---

STANDARD DI COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO .....	48
ALTERNATIVE PROGETTUALI .....	49
SEZIONE DI OSSIDAZIONE .....	50
Combustione in eccesso di ossigeno (a fiamma libera) .....	50
Combustione in assenza di ossigeno (pirolisi) .....	50
Combustione in carenza di ossigeno (gassificazione).....	51
Combustione multifase SMOX (smoldering + combustione) .....	52
SEZIONE DI PULIZIA GAS ESAUSTI.....	52
Sistemi di pulizia dei gas ad umido .....	52
Sistemi di pulizia dei gas a secco .....	52
SEZIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA.....	53
Turbina a Vapore.....	53
Turbina a ciclo organico ORC.....	53
TABELLA DI RISPONDEZZA ALLE BAT 2021/2326 .....	54
PANORAMICA DEL PROCESSO ECOLOGISTIC .....	60
PRODUZIONE DEL CSS-C .....	62
IL CSS-C DI ECOLOGISTIC .....	64
RICEZIONE E STOCCAGGIO DEL CSS-C .....	68
TRASFERIMENTO DEL CSS-C NELLE CELLE DI SMOLDERING.....	70
FASE DI OSSIDAZIONE SMOX .....	71
IL PROCESSO DI SMOLDERING.....	73
IL PROCESSO DI OSSIDAZIONE .....	75
TEMPERATURE DI PROCESSO.....	77
DESCRIZIONE DEL PROCESSO SMOX .....	78

---

Sequenza operativa .....	80
Flow chart delle funzioni principali .....	83
Funzione di avviamento a freddo .....	83
Funzione di regolazione modulante .....	84
Funzione di arresto del sistema.....	86
Funzione di arresto temporaneo .....	87
Loop di controllo degli strumenti .....	88
Loop di controllo dei dispositivi .....	88
CONTROLLI DI SICUREZZA .....	89
Fuoriuscite gassose .....	89
Fuoriuscite di COV (composti organici volatili) .....	89
Fuoriuscite di syngas .....	90
Rischio di caduta di componenti solide.....	90
Rischio di incendio.....	91
Aumento incontrollato della pressione .....	92
Esplosione.....	92
MISURE DI MITIGAZIONE DEI RISCHI OPERATIVI .....	93
IL SISTEMA ELETTRICO .....	95
APPROVVIGIONAMENTO ELETTRICO DI STABILIMENTO .....	95
CARATTERISTICHE DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA .....	97
DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO .....	98
SCHEMA DI PRINCIPIO.....	98
DESCRIZIONE.....	100
CENTRALE TERMOELETTRICA .....	102

---

CEM DEGLI ELEMENTI DEL SISTEMA ELETTRICO .....	110
LEGGI E NORME APPLICABILI .....	110
DPCM 08/07/2003 (GU 200 DEL 29/08/2003).....	110
DIRETTIVA 2004/40/CE (GUCE L.184 DEL 24/05/2004).....	112
SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO (D.LGS 81/08 e D.LGS 106/09) .....	112
NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO .....	112
GENERATORE DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA .....	113
COLLEGAMENTO ALTERNATORE – CABINA ELETTRICA CENTRALE .....	114
LINEA DELLA CABINA ELETTRICA DELLA CENTRALE IN MT .....	114
LINEE DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE IN MT .....	117
CABINE DI DISTRIBUZIONE MT/BT .....	119
CONCLUSIONI SULLE CEM .....	124
BILANCIO DI MASSA .....	125
CARATTERISTICHE DELL'ARIA .....	125
BILANCIO DELLE SOSTANZE IN INGRESSO E IN USCITA.....	126
BILANCIO DI ENERGIA .....	128
ENERGIA DISPONIBILE .....	128
PRODUZIONE E CONSUMO.....	131
ENERGIA ELETTRICA .....	133
ENERGIA TERMICA .....	133
IDROGENO PER AUTOTRAZIONE .....	134

## INTRODUZIONE

La centrale elettrica GINOSA POWER è un impianto termoelettrico di potenza nominale pari a 90.0 MW termici, alimentato da CSS COMBUSTIBILE, disegnato per soddisfare la totalità dei fabbisogni energetici dello stabilimento finalizzato al riciclo di materiali di scarto di ECOLOGISTIC SpA.

La centrale è costituita da 5 moduli di recupero energetico identici, con potenza nominale pari a 18.0 MW ciascuno, un generatore elettrico costituito da una turbina ORC da 20 MW elettrici, un elettrolizzatore per la produzione di idrogeno da 2 MW, ed uno scambiatore di calore da 5 MW per linea (25MW totali), destinato ai fabbisogni termici dello stabilimento.

Il CSS COMBUSTIBILE, utilizzato per alimentare la centrale termoelettrica, è interamente prodotto dagli impianti di selezione di ECOLOGISTIC. Il suo fabbisogno è previsto in circa 85'000 ton/anno.

La centrale termoelettrica è realizzata con criteri «smart factory 5.0» in grado di ottenere un elevato livello di flessibilità ed efficienza modulando sia la quantità di materiale caricato in ingresso, che la tipologia e la quantità di energia prodotta. La produzione di energia elettrica e termica generate dall'impianto, sono modulate al fine di soddisfare i fabbisogni energetici dello stabilimento utilizzatore.

## DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto è una centrale termoelettrica realizzata con tecnologia SMOX, capace di produrre energia elettrica, idrogeno e calore, disegnata per soddisfare i fabbisogni energetici dello stabilimento ECOLOGISTIC.

- La potenza nominale dell'impianto è di 90 MW termici,
- è dotato di un generatore elettrico da 20 MW;
- un sistema di recupero termico da 25 MW;
- ed un elettrolizzatore per la produzione di idrogeno da 2 MW.

L'impianto è interamente progettato con tecnologie di tipo "dry", che non prevedono l'utilizzo o l'emissione di acqua di processo, al di fuori di quella necessaria alla produzione di idrogeno.

Durante il suo normale funzionamento, i fabbisogni energetici dell'impianto sono interamente soddisfatti dall'energia prodotta dall'impianto stesso.

L'energia necessaria per l'avviamento ed i transitori di emergenza è fornita dall'idrogeno prodotto dall'impianto.

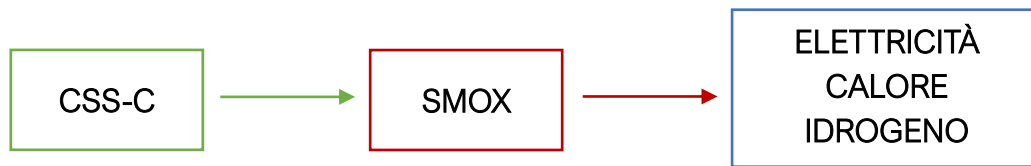
L'impianto è alimentato da un Combustibile Solido Secondario Certificato (CSS-C), nella quantità di circa 85'000 ton/anno.

La disponibilità dell'impianto è prevista in 8400 ore su base annua, prevedendo 2 settimane di fermo per manutenzione programmata, ogni 12 mesi.

Il punto di emissione al camino dell'impianto è monitorato in continuo attraverso una serie di analizzatori di gas, flussi e temperature.

---





## LA TECNOLOGIA SMOX

Il sistema di ossidazione adottato, denominato SMOX (smoldering oxidation), è stato selezionato per la sua capacità di ossidare anche materiali molto complessi evitando la formazione di inquinanti di processo già all'origine.

Il processo SMOX può essere definito come un processo di combustione, a propagazione lenta e senza fiamma (bruce), a bassa temperatura (600°C) in cui il combustibile solido subisce una decomposizione termica, producendo sostanze volatili combustibili. Le sostanze volatili combustibili sono poi completamente ossidate in un combustore a gas per oltre 2 secondi ad una temperatura compresa fra i 900°C ed i 1100°C.

L'ossidazione completa delle frazioni volatili e del carbonio del processo SMOX consentono di ottenere ceneri bianche, prive di carbonio, non più reattive né all'aria né all'acqua, aventi una composizione chimica simile a quella della sabbia.

La tecnologia SMOX, in virtù delle basse temperature adottate durante la fase di ossidazione parziale del combustibile solido (<600°C) e della lentezza del suo processo, evita la formazione di molti inquinanti quali:

- le polveri sottili (PM 2.5)
- gli ossidi di azoto (NOx)
- le diossine e i furani
- i composti organici volatili (VOC)
- la quasi totalità dei vapori metallici

consente un completo controllo del processo di ossidazione, ed ha una elevata efficienza energetica.

---



## REFERENZE

Il sistema SMOX è utilizzato fin dagli anni '80, ed ha dimostrato nel tempo la sua attitudine ad evitare la creazione di inquinanti, e la sua semplicità nella gestione della regolazione dei parametri di processo, anche in presenza di materiali complessi come i rifiuti solidi urbani indifferenziati, i pneumatici fuori uso o le sabbie inquinate da petrolio, con diverse installazioni in tutto il mondo.

Di seguito è riportato il risultato delle analisi sui gas esausti, effettuate dall'ARPA Toscana, di un impianto SMOX installato in Italia, che ha gestito diverse tipologie di rifiuto urbano non pericoloso.

Si evidenzia che, anche in presenza di un materiale complesso come il rifiuto urbano, e non di un CSS-C che ha caratteristiche combustibili nettamente migliori, i valori di diossine e furani, risultano al di sotto dei valori di rilevabilità strumentale.



**NUM.REGISTRO:** 3819

**Anno:** 2009

**Data registrazione:** 12/10/2009

**Pratica N°:** 10676

**Campione di:** EMISSIONI ATMOSFERA

**Prelevato da:** DIPARTIMENTO ARPAT MASSA  
CARRARA

**Verb. Prelievo N°:** 629

**del:** 09/10/2009

**Data di prelievo:** 08/10/2009

**Modalità di conservazione**
**Al prelievo:** TEMPERATURA AMBIENTE

**Al trasporto:** TEMPERATURA AMBIENTE

**In Dipartimento:** TEMPERATURA AMBIENTE

**Loc. Esecuz. Prova:** Dipartimento Provinciale di Massa e Carrara

**CAMPIONE CONSEGNATO IN DATA 12/10/2009 ALLE ORE 09.45**

Prova iniziata il: 19/10/2009		Conclusa il: 27/10/2009		
Parametro	Metodo	Risultato	Unità di Misura	Incertezza
ALTEZZA CAMINO	M.U. 422: 1979	= 12	m	
SEZIONE	M.U. 422: 1979	= 0,091	m <sup>2</sup>	
PRESSIONE BARDMETRICA	M.U. 467: 1979	= 100,000	KPa	
TEMPERATURA DEI FUMI	M.U. 467: 1979	= 40	°C	
VELOCITA' MEDIA DEI FUMI	M.U. 467: 1979	= 3,8	m/s	
PORTATA	M.U. 467: 1979	= 1056	Nm <sup>3</sup> /h	
PORTATA FUMI SECCHI	M.U. 467: 1979	= 1007	Nm <sup>3</sup> /h	
DURATA DEL PRELIEVO	UNI EN 1948: 1999	= 515	minuti	
VOLUME CAMPIONATO	VALORE CALCOLATO	= 8,836	m <sup>3</sup>	
OSSIGENO	M/C/011/014 REV.0: 2004	= 18,2	%	
BENZO[A]ANTRACENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
CRISENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[B]FLUORANTENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[K]FLUORANTENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[J]FLUORANTENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[A]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[E]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
INDENO[1,2,3-CD]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
DIBENZO[A,H]ANTRACENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
BENZO[GHIJ]PERILENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
DIBENZO[A,E]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
DIBENZO[A,J]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
DIBENZO[A,H]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
DIBENZO[A,L]PIRENE	M.U. 825: 1989	< 0,01	µg/Nm <sup>3</sup>	
IPA - TOTALI	M.U. 825: 1989	< 0,1	µg/Nm <sup>3</sup>	
PCB TOTALI	M.U. 825: 1989	= 0,0009	µg/Nm <sup>3</sup>	
2,3,7,8-TETRACLORODIBENZODIOSSINA	UNI EN 1948-I: 2005 + UNI EN 1948-II: 2005 + UNI EN 1948-III: 2005	< 0,0001	ng/Nm <sup>3</sup>	
1,2,3,7,8-PENTACLORODIBENZODIOSSINA	UNI EN 1948-I: 2005 + UNI EN 1948-II: 2005 + UNI EN 1948-III: 2005	< 0,0001	ng/Nm <sup>3</sup>	

---

## ARPAT – Belvedere S.p.A.

---

### IMPIANTO DI “SMOLDERING” PRESSO DISCARICA LOC. LEGOLI

## RELAZIONE CONCLUSIVA

### **3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E DELLE ATTIVITÀ**

#### 3.1 FINALITÀ DELLA SPERIMENTAZIONE

Belvedere ha intrapreso la sperimentazione con l'obiettivo di valutare la fattibilità economica e verificare gli aspetti economici ed ambientali connessi alla tecnologia SMOLDERING

In particolare sono stati definiti i seguenti obiettivi di dettaglio:

- Esecuzione di prove estese di gassificazione sui prodotti più significativi disponibili presso la Belvedere S.p.A.
- Monitoraggio delle caratteristiche del gas di sintesi prodotto e definizione dei parametri

operativi ottimali al fine di ottenere un gas di elevata qualità:

- Basso trascinarsi particellare sia dalla gassificazione primaria che dalla ossidazione secondaria;
- Pilotaggio dei parametri per la messa a punto di processi di gassificazione che prevenivano la formazione di diossine, o precursori delle stesse, nel gas di sintesi proveniente dalla gassificazione primaria
- Efficienza del sistema di abbattimento dei gas acidi (alogenati e solforosi) direttamente sul gas di sintesi, evitando che tali componenti possano dar luogo a sottoprodotti indesiderati, inclusa la riformazione di diossine a valle dell'ossidatore secondario allorché la temperatura del gas di scarico scende sotto i 500°C
- Assenza di vapori metallici nei gas
- Elevato contenuto calorico nel gas di sintesi
- Validazione della ripetitività del processo/prodotto
- Validazione dei parametri ambientali sia sui fumi che sulle ceneri
- Validazione della efficienza di trasformazione energetica tra le varie fasi: carica prodotto / gas di sintesi, gas di sintesi / gas ossidato, gas ossidato / energia elettrica + energia termica, perdite del sistema.
- Ottimizzazione del rendimento energetico

### **6. CONCLUSIONI**

Nel corso della sperimentazione, da giugno 2009 a giugno 2010, sono state condotte complessivamente 30 prove di gassificazione su tre tipologie di rifiuti individuate come le tipologie significative disponibili presso la discarica Belvedere S.p.A.

Relativamente agli impatti ambientali connessi alla sperimentazione, per quanto emerge dalla documentazione in nostro possesso e dai sopralluoghi effettuati, appare opportuno rilevare che non sono stati prodotti impatti critici sull'ambiente.

Per quanto riguarda i rifiuti prodotti nel corso delle prove di gassificazione, si segnala che le scorie e le polveri, risultano rifiuti NON pericolosi e presentano una significativa presenza di metalli. Le polveri derivanti dal trattamento fumi sono risultate avere minori concentrazioni di metalli rispetto alle scorie.

Pisa, li, 25 maggio 2012

---

## **TECHNICAL OPINION**

Opinione tecnica sulla tecnologia di SMOLDERING, prodotta dal Dipartimento di Ingegneria Chimica de “La Sapienza” di Roma.



## TECHNICAL OPINION

ON THE WASTE TO ENERGY PLANT  
DESIGNED FOR HO CHI MINH CITY BY [REDACTED]

### BACKGROUND

- Knowing the technical characteristics required by a plant to fully oxidise a generic organic-based material;
- Knowing the technical characteristics to which an oxidation system must comply in order to limit its impact on the environment as much as possible;
- Knowing the SMOLDERING technology, having, this University, already studied the process on an operational plant;
- Given the descriptive relation about the Ho Chi Minh plant design by [REDACTED] using the SMOLDERING technology to manage up to 2'000 ton/day of unsorted municipal solid waste.

This document intent is to give a technical opinion on the technology proposed by [REDACTED] for the municipality of Ho Chi Minh.

### THECNICAL OPINION ON THE SMOLDERING TECHNOLOGY

The slowness of the SMOLDERING reaction, the relatively low temperatures of the process and the low turbulence in the gasification chamber, make it possible to obtain a very clean gas to be sent to the combustion chamber, avoiding the use of complex gas cleaning systems.

The gas produced by the SMOLDERING process contains a very low particulate level and is poor in vapours of metallic salts. This allows a better combustion of these gas in the combustion chamber with positive effects on the efficiency and maintenance of the energy recovery system (low fouling of the heat exchangers surfaces) and on the exhaust gas treatment systems and ultimately on the quality of the final atmospheric emissions.





The "SMOLDERING" process, which takes place in static chambers, does not require any moving parts within the gasification area, with the consequence of a considerable reduction in operating and maintenance costs.

The plant lower energy efficiency, if compared with a "continuous operation" incineration plant, is largely compensated by the lower operating and maintenance costs and by the less specialized manpower required.

With respect to the mass and energy balance reported in the [redacted] document, it is believed that the numbers presented by the company are reliable and it is therefore possible to achieve the expected results. Furthermore, it is important to point out that the constant increase in the well-being of the population, will lead to an inevitable increase both in the quantity and in the quality of the feedstock, which can lead to an increase in the energy production that can exceed the plant capacity. It is therefore considered that the plant should have an expansion area capable of satisfying the future production needs.

Finally, it is believed that the modular structure of the plant gives it great flexibility and that represent an interesting advantage in contexts characterized by rapid social changes, where demographic variations and economic growth can lead to different amount and composition of the generated waste.

Rome 25.09.2019

Prof. Paolo De Filippis



## CALCOLO TRL

Si riporta il calcolo del TRL (livello di maturità tecnica) della tecnologia SMOLDERING, effettuato da una delle più importanti società di ingegneria francesi nel 2022, effettuato per la società Verdè sxm (Saint Martin, caraibi francesi), che ha ottenuto in seguito l'autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio di un impianto basato sulla tecnologia SMOX.



CONSEIL ET INGÉNIERIE EN DÉVELOPPEMENT DURABLE



**Rapport technique de présentation du Procédé PI  
ECOSITE de Saint-Martin (978)**

Novembre 2020



de CSR (tri, broyage et déferailage) et permet d'obtenir un *FLUFF* sec et homogène (CSR standardisé en vue d'optimiser la valorisation énergétique).

Cette installation est une combinaison innovante de différentes technologies, de façon à répondre aux spécificités du traitement des déchets sur l'île de St Martin.

**Analyse TRL des modules (échelle de 1 à 9) :**

Module	Niveau TRL	Justification
PREPARATION DES CSR : broyage primaire et extraction des métaux	9	Technologie classique de préparation de CSR
CONVERTER : broyage secondaire et lame rotative	9	Plusieurs références OMPECO
Stockage tampon CSR et système d'alimentation du SMOLDERING	9	Technologie classique (vis sans fin)
SMOLDERING et COMBUSTEUR	9	Plusieurs références en déchets solides urbains pour des modules en batch
Récupération d'énergie : échangeurs de chaleur, turbine ORC et ses auxiliaires	9	Très nombreuses références Turboden
Traitement et analyse des gaz de sortie : DÉNOX, réacteur sorbante, filtre à manches, ventilateur et analyseur	9	Technologies classiques
Valorisation des cendres : convoyage des cendres et extraction des métaux	9	Technologies classiques
Contrôle commande et régulation	9	Technologies classiques

ANALYSE TRL



## PANORAMICA DELLA TECNOLOGIA

L'incenerimento è una tecnica che, grazie all'alta temperatura di processo, può gestire contemporaneamente, grandi quantità di materiali diversi.

Tuttavia, l'incenerimento utilizza l'ossidazione a fiamma diretta che, a causa della sua elevata velocità di reazione, è di difficile controllo, e genera spesso inquinanti indesiderati.



Un migliore controllo del processo di ossidazione può essere effettuato con la tecnologia SMOX.

SMOX è un metodo di ossidazione multifase che ha lo scopo di ossidare completamente un combustibile solido, generando gas di scarico ad alta temperatura e lasciando alla fine del processo una cenere a bassissimo contenuto di carbonio.

Le basse temperature utilizzate durante le prime fasi del processo e la lentezza con cui il processo viene volutamente condotto, evitano la formazione della maggior parte degli inquinanti permettendo un ottimo recupero energetico.



## DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA

Lo SMOX è un metodo di ossidazione multifase che ha lo scopo di ossidare completamente un combustibile solido, trasformando l'ossigeno, l'idrogeno e il carbonio contenuto nella materia prima in CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, recuperandone l'energia termica, e rilasciando alla fine del processo una cenere a bassissimo contenuto di carbonio.

Il dispositivo SMOX è diviso in due componenti principali:

### 1. La CELLA DI SMOLDERING

- All'interno della CELLA DI SMOLDERING un lento processo di ossidazione in carenza di ossigeno produce un gas pulito e combustibile.
- Le basse temperature utilizzate durante questa fase del processo e la lentezza con cui il processo viene volutamente condotto, permettono di creare un bassissimo impatto ambientale, garantendo invece un ottimo recupero energetico.

### 2. La CAMERA DI OSSIDAZIONE

- Il gas caldo e combustibile che si è formato nella CELLA DI SMOLDERING è completamente ossidato nella CAMERA DI OSSIDAZIONE, per recuperare il contenuto energetico della materia prima in calore ad elevata temperatura.

I gas di scarico derivanti dal processo di ossidazione, dopo il loro recupero energetico, vengono inviati ad un sistema di filtrazione. I materiali non combustibili, contenuti nella materia prima, vengono resi inerti attraverso la loro completa ossidazione, separati dal loro contenuto di metalli e raccolti come ceneri inerti.

## STRATEGIE CONTRO LE EMISSIONI INQUINANTI

Lo SMOX è specificamente progettato per evitare la formazione di inquinanti di processo.

Alcuni inquinanti sono direttamente correlati alla materia prima utilizzata nel processo; tuttavia, altri sono creati dal processo stesso, per evitare la formazione di questi inquinanti di processo, vengono adottate opportune strategie:

INQUINANTE DI PROCESSO	STRATEGIA
NO <sub>x</sub> di tipo FUEL	Ossigeno sub-stechiometrico (<50%) e bassa temperatura (600°C) durante la fase di smoldering. Il poco ossigeno disponibile durante questa fase favorisce la formazione di CO <sub>2</sub> (-393.5 kJ/mol) o CO (-110.5 KJ/mol), avendo questi un'entalpia di formazione inferiore piuttosto che formare NO <sub>2</sub> (+33.2 KJ/mol) o NO (+91.3kJmol).
NO <sub>x</sub> di tipo TERMICO	L'intero processo viene condotto a temperature inferiori alle temperature di formazione degli NO <sub>x</sub> termici (T>1200°C).
POLVERI	La quasi staticità della fase di smoldering, e la bassa velocità del flusso d'aria (<2 m/s) durante la fase di smoldering, non consentono il sollevamento delle polveri e il loro conseguente trasporto all'interno del gas combustibile.
CO, DIOSSINE, FURANI e TAR	L'ossidazione viene condotta all'interno di una camera di ossidazione turbolenta, per > 2.5 secondi, a 1000°C, in eccesso di ossigeno (>> 8%), al fine di ossidare completamente il CO in CO <sub>2</sub> e per distruggere DIOSSINE, FURANI e TAR.
VAPORI METALLICI	La fase di smoldering viene effettuata a bassa temperatura (600°C), non permettendo l'evaporazione di quasi tutti i metalli.

CHAR (ALL'INTERNO  
DELLA CENERE)

La fase di smoldering è condotta alla temperatura di 600°C, per oltre 120 minuti, con aria umida, queste condizioni permettono una elevata riduzione del contenuto di carbonio nelle ceneri.

## PROCESSO DI RIDUZIONE SELETTIVA NON CATALITICA (SNCR)

Anche se il processo viene condotto in modo da limitare la formazione di NO<sub>x</sub>, la camera di ossidazione è dotata di un sistema SNCR DeNO<sub>x</sub>.

Nel processo di riduzione selettiva non catalitica (SNCR), gli ossidi di azoto (NO; NO<sub>2</sub>) vengono rimossi iniettando un agente riducente (Urea) nella camera di ossidazione.

Le reazioni chimiche coinvolte sono:

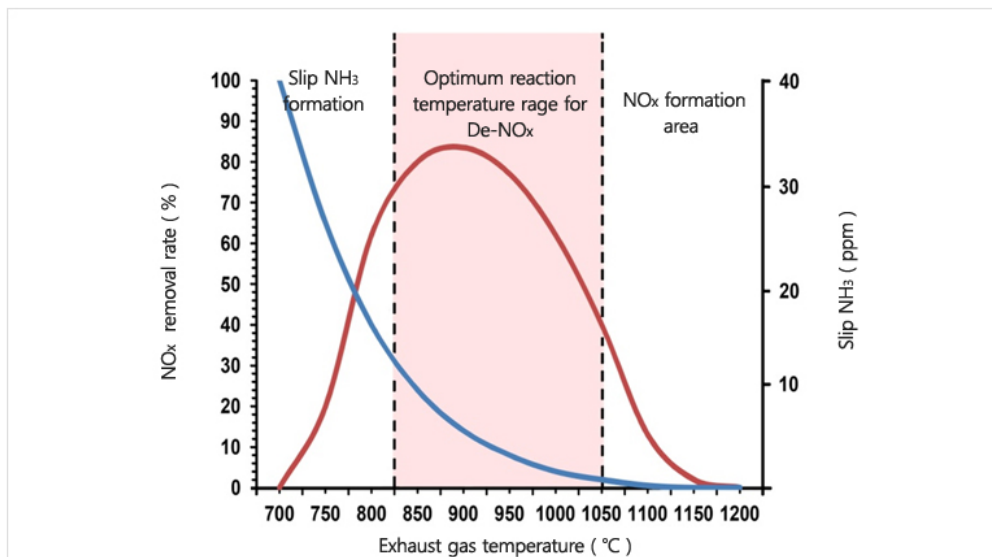
- Conversione dell'urea in ammoniaca  $\text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$
- Riduzione di NO a N<sub>2</sub> con ammoniaca  $4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

L'agente reagente selezionato è l'Urea in quanto avendo un intervallo di temperatura efficiente piuttosto ampio (850 -1000 °C) rende il controllo della temperatura meno critico. Inoltre, offre minori rischi nella fase di stoccaggio e manipolazione, non essendo né infiammabile né tossica.

Di seguito è riportata la relazione tra la riduzione degli NO<sub>x</sub>, la formazione di ammoniaca e la temperatura di reazione.

L'impianto regola automaticamente la quantità di Urea immessa attraverso l'analisi della quantità di NO<sub>x</sub> misurati in continuo al punto di emissione.

**Exhaust gas temperature and NO<sub>x</sub> removal rate at SNCR**





Nell'intervallo di temperatura definito per la camera di ossidazione (950 -1000 °C), la riduzione di NO<sub>x</sub> è prevista in circa il 75 %, con una produzione di ammoniaca di tipo slip, inferiore al 3%.

## SISTEMA DI PULIZIA DEI GAS ESAUSTI

I sistemi di pulizia dei gas di scarico dell'impianto sono costituiti da una combinazione di singole unità di processo che insieme forniscono un sistema complessivo di trattamento degli effluenti gassosi con lo scopo di evitare qualsiasi effetto pericoloso per l'uomo e per l'ambiente che potrebbe essere prodotto dalle emissioni dell'impianto .

I gas di scarico generati dallo smoldering hanno di per sé un basso contenuto di polvere, vapori metallici e sostanze organiche volatili, grazie alla modalità con cui viene condotto il processo.

Tuttavia, all'interno dei fumi, si potrebbero trovare alcune sostanze inquinanti, per ridurre l'impatto ambientale di questi inquinanti è installato un sistema di filtrazione a secco.

Il sistema di filtrazione è costituito da 3 elementi principali:

- Un reattore a sorbalit (calce idrata + carboni attivi), necessario alla neutralizzazione di sostanze come  $\text{SO}_2$ ; HCl; HF; Hg e sostanze organiche volatili.
- Un filtro a maniche ed un ciclone con elettrofiltro per la cattura dei risultati delle reazioni di abbattimento operate dal reattore a sorbalit, e di eventuali polveri.
- Un ventilatore di coda, necessario per mantenere l'intero impianto in leggera depressione ed evitare quindi la fuoriuscita di inquinanti nelle fasi di processo.



### *Il Ciclone*

I cicloni utilizzano le forze centrifughe per separare la polvere dal flusso di gas.

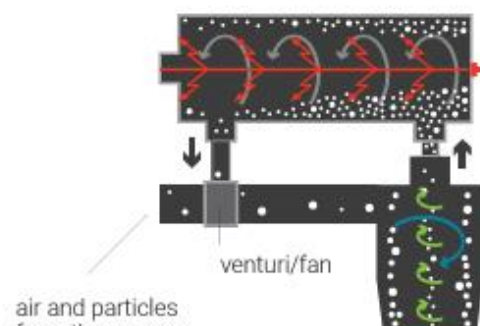
Il flusso di gas entra tangenzialmente nel separatore ed esce da una porta centrale. I solidi vengono spinti all'esterno del ciclone e raccolti ai lati per la rimozione.

Il ciclone svolge un ruolo importante come depolveratore successivamente alle altre fasi di trattamento dei fumi, nella riduzione del carico di polveri..

Il vantaggio nell'utilizzo del ciclone è che il suo fabbisogno energetico è molto basso in quanto non c'è quasi nessuna caduta di pressione attraverso il ciclone.

Il ciclone adottato per la filtrazione finale dei gas esausti in uscita è del tipo a "concentrazione" con elettrofiltro.

—  
2





### *Il filtro a maniche*

In un filtro a maniche, l'aria inquinata viene aspirata al di sotto delle maniche filtranti attraverso una precamera. Gran parte delle polveri contenute nell'aria aspirata precipita nella tramoggia a causa della notevole riduzione della velocità di flusso; L'aria viene successivamente convogliata attraverso le maniche, passando dall'esterno verso l'interno e depositando le impurità residue sul tessuto delle maniche.

Il filtro è mantenuto perfettamente efficiente da una pulizia in controcorrente in linea. Un getto di aria compressa, immagazzinato in un apposito serbatoio, viene soffiato con forza nei sacchi. Questo crea una violenta onda d'urto a monte che scuote le sacche e rimuove le particelle depositate sul tessuto e le fa cadere.

I filtri a maniche sono collettori di particolato molto efficienti. Raccolgono particelle con dimensioni che vanno da pochi micron a diverse centinaia di micron di diametro con un'efficienza superiore al 99.8%.

Il materiale filtrante selezionato è un tessuto in PPS (solfuro di polifenilene), scelto per la sua eccellente resistenza sia agli acidi che agli alcali, il che lo rende molto utile nelle applicazioni di controllo della combustione.

Per migliorare il mezzo filtrante e ridurre l'adesione dei solidi incrostati ai tessuti, e quindi rendere il processo di pulizia più facile ed efficace, viene applicato un trattamento superficiale (finiture penetranti in PTFE).



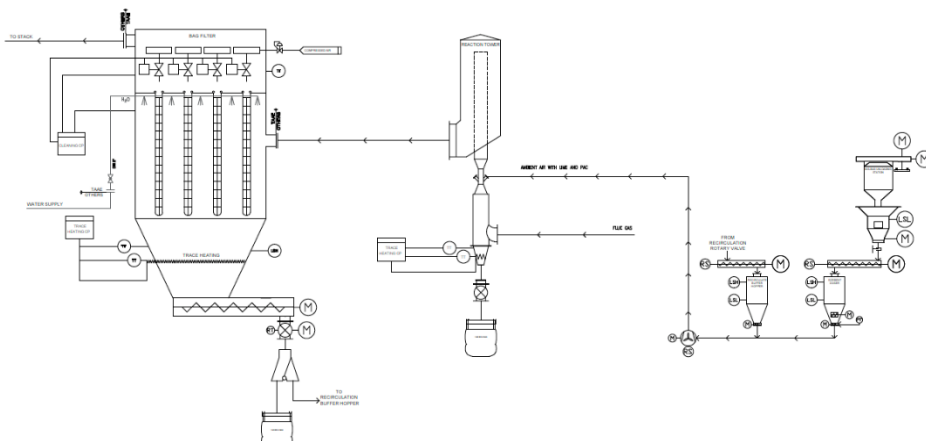
### *Emissioni di gas acidi*

I gas acidi come l'anidride solforosa e gli alogeni gassosi vengono purificati dai gas di scarico mediante l'iniezione di un reagente alcalino, che viene portato a contatto con i gas di combustione.

I prodotti di reazione generati sono solidi e devono essere rimossi dai fumi sotto forma di polvere nel filtro a maniche.

Il sovradosaggio del reagente viene tenuto sotto controllo utilizzando i dati forniti dall'analizzatore di gas di combustione, inoltre è messa in atto una strategia nel sistema di ricircolo del reagente e dei prodotti di reazione per aumentare l'efficienza d'uso del reagente.

Il reagente selezionato è una miscela di calce e carbone attivo. Il vantaggio di questo approccio è che non solo rimuove i componenti acidi, ma il carbone attivo assicura che i PCDF (policlorodibenzofurani) e i PCDD (policlorodibenzodiossine), così come l'Hg (mercurio), siano anch'essi adsorbiti.



### *Ceneri leggere*

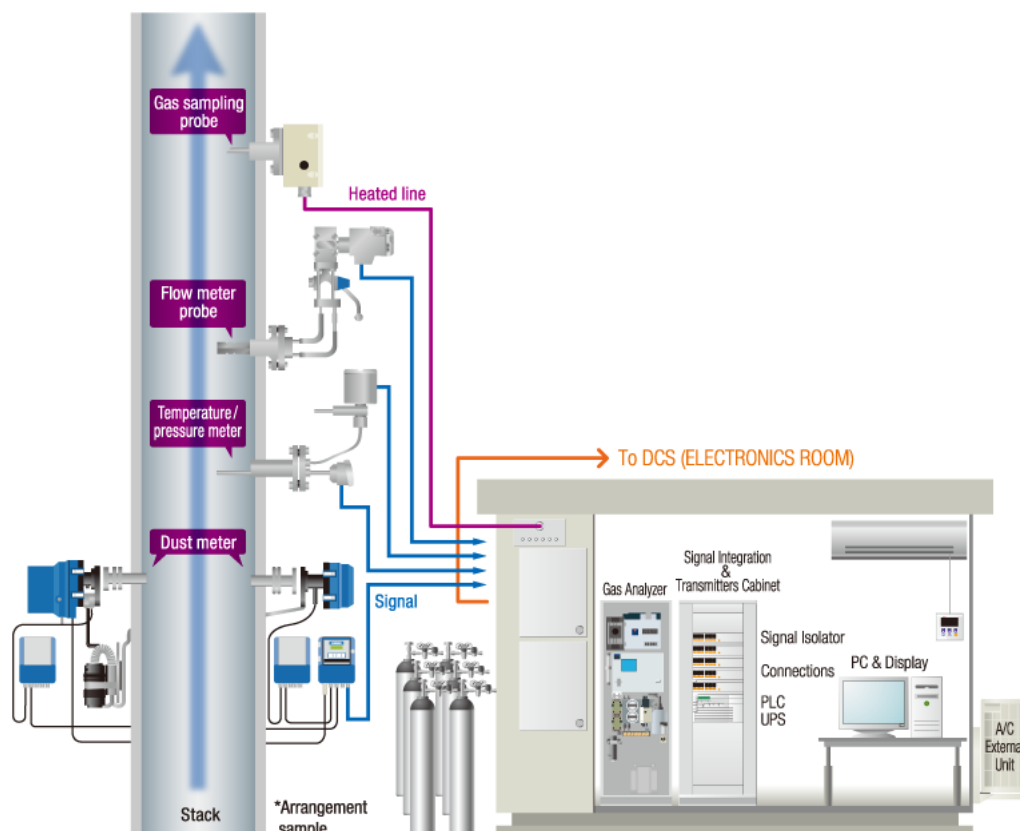
I residui del trattamento dei fumi a secco sono una miscela di sali di calcio, principalmente cloruri e solfati. Ci sono anche alcuni fluoruri e reagenti chimici non reagiti (calce idrata).

Il metodo di smaltimento è lo smaltimento in discarica come rifiuto speciale.

## Monitoraggio Delle Emissioni

Le finalità del monitoraggio delle emissioni sono:

- fornire dati e informazioni sulle emissioni dell'impianto, per dimostrare la conformità ai requisiti normativi;
- fornire informazioni sulle prestazioni in materia di emissioni al sistema di gestione automatica dell'impianto e ai gestori in modo che possano essere adottate, se necessario, misure correttive.



*Esempio del sistema di monitoraggio in continuo dei fumi*

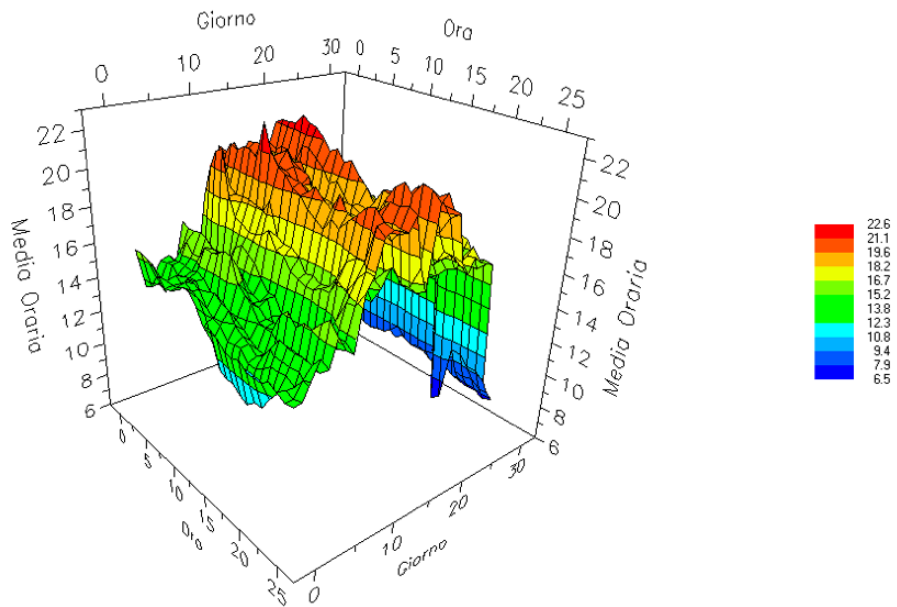


## STRUMENTAZIONE

### SISTEMA DI MONITORAGGIO DEI GAS DI SCARICO

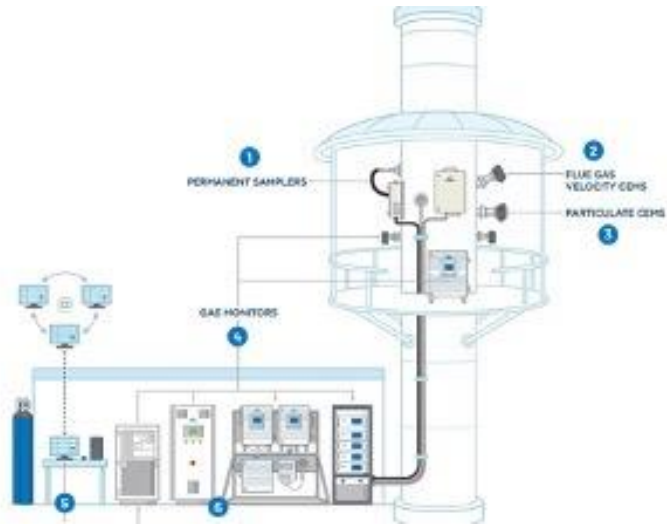
Componenti del sistema:

- Sonda di campionamento PTFE
- Scatola per il trattamento di campionamento
- Analizzatore FTIR multi-gas
- Modulo trattamento aria
- Analizzatore FID Graphite 52M
- Generatore di idrogeno di taratura
- QAL 181 Analizzatore di polveri
- Stack flow 200 Misuratore di portata e temperatura
- Unità di acquisizione ed elaborazione dati PMI
- Sistema di monitoraggio ODBC Database
- Interfaccia utente del sistema



Il sistema è progettato per il monitoraggio e la registrazione continua dei seguenti parametri:

○ CO	gamma	0-100 mg/Nm <sup>3</sup>
○ NO	gamma	0-400 mg/Nm <sup>3</sup>
○ NO <sub>2</sub>	gamma	0-400 mg/Nm <sup>3</sup>
○ SO <sub>2</sub>	gamma	0-200 mg/Nm <sup>3</sup>
○ HCl	gamma	0-60 mg/Nm <sup>3</sup>
○ HF	gamma	0-4 mg/Nm <sup>3</sup>
○ TOC	gamma	0-20 mg/Nm <sup>3</sup>
○ POLVERE	gamma	0-30 mg/Nm <sup>3</sup>
○ NH <sub>3</sub>	gamma	0-100 ppm
○ O <sub>2</sub>	gamma	0-25% in volume
○ H <sub>2</sub> O	gamma	0-30% in volume
○ Temp. gas di scarico.	gamma	0-500°C
○ Flusso dei gas di scarico	gamma	pressione 600–1100 hPa



### *Microinquinanti dell'aria*

I microinquinanti attesi nei gas esausti, grazie al processo di ossidazione adottato ed i sistemi di filtrazione installati, sono previsti largamente inferiori ai limiti imposti dalla normativa vigente, ad eccezione delle diossine, dove ci si aspetta un valore inferiore a quello di misurabilità strumentale.

I dati esposti in tabella sono normalizzati, come previsto dalle BAT, calcolando un eccesso di ossigeno pari al 6%. L'eccesso di ossigeno effettivo gestito dal processo è atteso essere, l'11.93% in volume ed il 13.23% in massa.

Tutti i livelli di emissione dell'impianto sono monitorati in continuo, ad eccezione delle diossine che sono monitorate a campionamento in quanto non diversamente misurabili.

## Emissioni di micro-inquinanti dell'impianto

INQUINANTE	Inquinante tipico nei gas esausti prima dei filtri mg/Nm <sup>3</sup>	Inquinanti dell'impianto prima dei filtri mg/Nm <sup>3</sup>	Emissioni Impianto attese al camino (>140°C) mg/Nm <sup>3</sup>	Limiti DL 152-2006 e BAT 2021 Grandi Impianti di Combustione mg/Nm <sup>3</sup>
Polveri sottili	1000-5000	452.86950480	0.45286950	5.00000000
CO	5-50	20.96350393	8.38540157	150.00000000
COV	1-10	3.49391732	1.39756693	12.00000000
PCDD/F	0,5-10 ng/m <sup>3</sup>	0.00000000	0.00000000	0.00000004
Hg	0.05-0.5	0.00473693	0.00189477	0.20000000
Cd + Ti	<3	0.00000423	0.00000002	0.20000000
Metalli Pesanti	<50	0.00000042	0.00000000	8.00000000
HCl	500-2000	277.68119606	1.24956538	6.00000000
HF	5-20	2.77681196	0.01249565	3.00000000
SO <sub>2</sub>	200-1000	0.00000000	0.00000000	200.00000000
NO <sub>x</sub>	150-500	43.56456728	10.89114182	150.00000000
NH <sub>3</sub>	< 40	0.80633691	0.20158423	10.00000000

## CENERI PESANTI

Le ceneri pesanti sono il residuo solido della camera di smoldering dopo che la parte volatile dell'CSS-C è stata rimossa.

Questo è un residuo importante del processo di ossidazione dell'CSS-C a causa della grande quantità che può essere generata.



Le ceneri pesanti generate dal processo, grazie al considerevole tempo di permanenza nella cella di smoldering, sono completamente ossidate (inerti), non fuse, e con un bassissimo contenuto di carbonio (< 1%).

Alla fine del processo, le ceneri vengono estratte e depositate in un contenitore chiuso, per evitare la generazione di emissioni di polveri diffuse, e poi trasferite ad un sistema che ne recupera la frazione metallica.





### *Composizione delle Ceneri Pesanti*

Le ceneri pesanti sono generate dopo un lento processo di gassificazione SMOX. Il processo di gassificazione viene condotto utilizzando sia aria che vapore.

Le principali reazioni coinvolte nell'estrazione del carbonio dal CSS-C sono le seguenti:

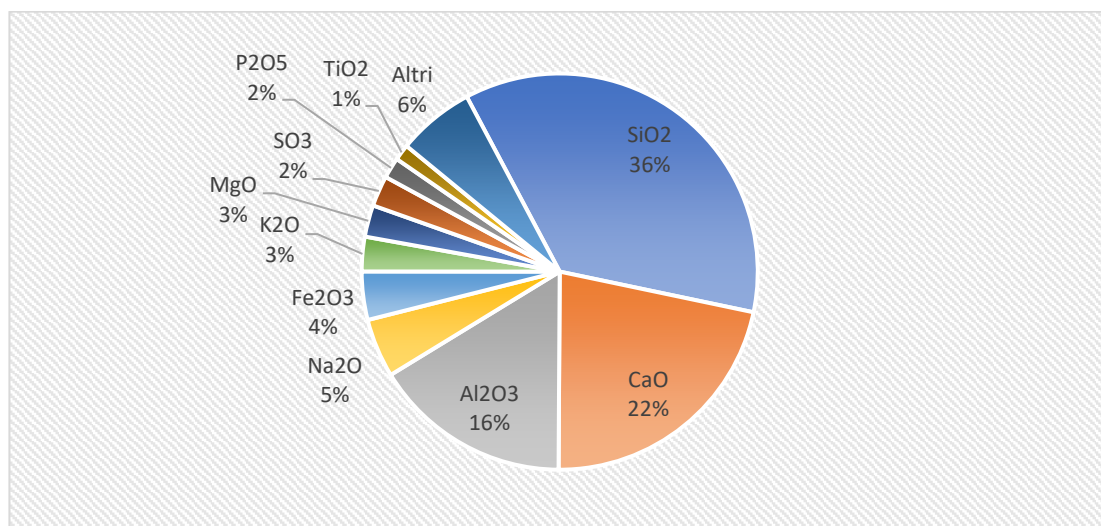
Reazione di Boudouard	$C + CO_2 \leftrightarrow 2CO$ endotermico $\Delta H^\circ 172.16$ MJ/kmol
Reazione del gas d'acqua	$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$ endotermico $\Delta H^\circ 131.40$ MJ/kmol
Reazione di formazione del metano	$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4$ esotermico $\Delta H^\circ -74.90$ MJ/kmol
Reazione di shift dell'acqua	$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ $\Delta H^\circ$ esotermico $-41.10$ MJ/kmol

Tutti gli altri elementi contenuti nella cenere reagiscono direttamente con l'ossigeno producendo ossidi, tra i più comuni:  $SO_3$ ;  $P_2O_5$ ;  $SiO_2$ ;  $Fe_2O_3$ ;  $Al_2O_3$ ;  $CaO$ ;  $MgO$ ;  $Na_2O$ ;  $K_2O$ ;  $TiO_2$ .

Per quanto riguarda la concentrazione di altri elementi, non dipende dal processo in sé, ma dai materiali in ingresso.

Ad oggi, la maggior parte degli elementi pericolosi che erano presenti nei rifiuti, non vengono più utilizzati dall'industria che produce per uso civile.

Diverse analisi sulle ceneri prodotte in Europa dagli impianti di incenerimento mostrano che esse possono essere classificate come ceneri non pericolose.



*Tipica composizione delle ceneri di un CSS (EU ECN Phyllis #2921)*

## PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

La produzione di energia elettrica è realizzata mediante un sistema di recupero del calore a media entalpia, basato su una turbina ad efflusso radiale a ciclo organico Rankine.

Il principio di funzionamento di una centrale elettrica a ciclo organico Rankine è simile al processo più utilizzato per la generazione di energia, il ciclo Clausius-Rankine. La differenza principale è l'uso di sostanze organiche al posto dell'acqua (vapore) come fluido di lavoro.

Il fluido di lavoro organico ha un punto di ebollizione più basso e una tensione di vapore più elevata rispetto all'acqua ed è quindi in grado di utilizzare una maggiore quantità di calore per produrre elettricità.



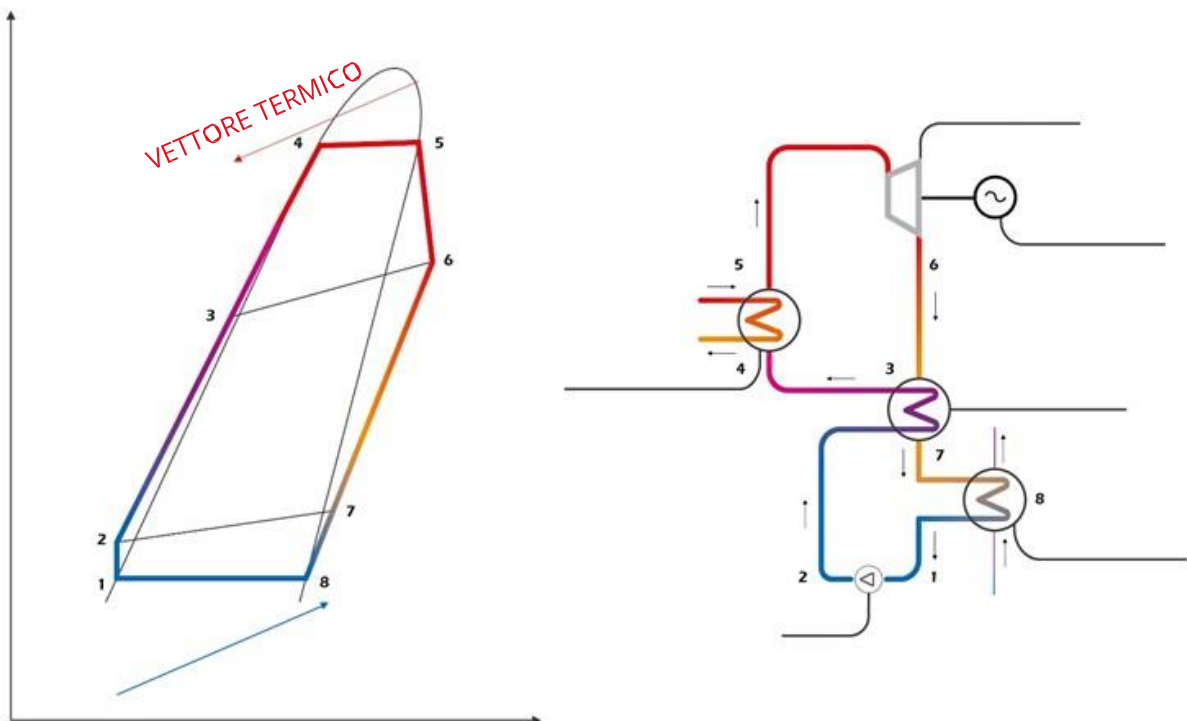
## Funzionamento della Turbina ORC

Il turbogeneratore utilizza l'olio diatermico ad alta temperatura per preriscaldare e vaporizzare un adatto fluido organico di lavoro nell'evaporatore (4>5).

Il vapore organico espande nella turbina (5>6), che è direttamente collegata al generatore elettrico attraverso un giunto elastico.

Il vapore passa attraverso il rigeneratore (6>7), preriscaldando in questo modo il fluido organico (2>3) e viene poi condensato nel condensatore (raffreddato dal media refrigerante) (7>8>1).

Il liquido organico viene infine pompato (1>2) nel rigeneratore e da qui nell'evaporatore, completando così la sequenza di operazioni nel circuito chiuso.



## Vantaggi Della Tecnologia ORC

### SEMPLICE

- Aspetti tecnici semplici: basse pressioni coinvolte, bassa velocità della turbina, numero limitato di stage della turbina ( $\leq 6$ ), fluidi auto-lubrificanti, non è richiesta acqua, basso riempimento del fluido richiesto.
- Funzionamento e manutenzioni facili ed economici: funzionamento automatico (presenza di operatore qualificato non richiesta), minime attività di manutenzione, nessuna revisione importante (turbine non soggetta a erosione o corrosione), veloci procedure di avviamento, nessun trattamento chimico.

### AFFIDABILE

- Alta disponibilità (98%+)
- Vita tecnica estremamente lunga (20 anni)

### FLESSIBILE

- Range di taglie fino a 20 MW per singolo albero
- Diverse fonti di energia primaria
- Larga elasticità
- Modalità cogenerativa o solo energia elettrica
- Facilità di integrazione
- Modalità in isola



## STANDARD DI COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO

I dispositivi dell'impianto sono forniti con una dichiarazione di conformità CE e sono conformi ai requisiti di progettazione, produzione, sicurezza e messa in servizio previsti all'interno della Comunità Europea.

In particolare, i macchinari sono costruiti nel rispetto dei seguenti requisiti minimi:

- *Norma ISO 9001:2015 sul sistema di gestione della qualità*
- *Norma ISO 14001:2015 sul sistema di gestione ambientale*
- *Norma ISO 4413:2010 sui sistemi di alimentazione dei fluidi idraulici*
- *Norma ISO 13849-1:2015 sulle parti dei sistemi di controllo relative alla sicurezza*
- *Norma ISO 7010:2019 sulla segnaletica di sicurezza*
- *Norma ISO 12100:2010 sulla valutazione e la riduzione del rischio*
- *Norma ISO 14120:2015 sulla progettazione e costruzione di protezioni fisse e mobili*
- *Norma ISO 11303:2002 Selezione dei metodi di protezione contro la corrosione atmosferica*
- *Norma ISO 3506-1:2009 sulle proprietà meccaniche degli elementi di fissaggio in acciaio inossidabile resistenti alla corrosione*
- *Norma ISO 12944-2:2017 sulla protezione dalla corrosione delle strutture in acciaio*
- *Standard di qualità per l'ambiente marino RINA*
- *Direttiva 2006/95/CE relativa alla progettazione del materiale elettrico*
- *Direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine*
- *Direttiva 2014/68/UE in materia di attrezzature a pressione*
- *Direttiva 2014/30/UE sulla compatibilità elettromagnetica*
- *Direttiva 2014/35/UE sulle apparecchiature a bassa tensione*
- *Direttiva EN 60204-1 relativa al materiale elettrico delle macchine*



## ALTERNATIVE PROGETTUALI

Relativamente alla centrale termoelettrica, la scelta della tecnologia da adottare è stata effettuata valutando sia la specificità della materia prima da utilizzare come combustibile, che gli obiettivi che si intendevano conseguire, in particolare:

- La materia prima da utilizzare come combustibile doveva essere costituita dal CSS-C derivato dal plastmix prodotto dall'impianto di selezione della plastica.
- L'impianto doveva produrre energia termica, elettrica ed idrogeno, in quantità e potenza tali, da soddisfare al meglio il fabbisogno energetico dello stabilimento.
- La concentrazione di sostanze inquinanti emesse in atmosfera doveva raggiungere valori ben al di sotto dei limiti di legge.
- La quantità di materiali da avviare in discarica doveva essere la più contenuta possibile e comunque essere costituita da materiali inerti.
- L'impianto non doveva avere nessun impatto né sui consumi né sullo smaltimento di risorse idriche.
- L'impianto doveva essere energeticamente autosufficiente.

In funzione degli obiettivi da raggiungere sono state valutate diverse alternative per le differenti sezioni di impianto, come meglio specificato in seguito, facendo anche riferimento a quanto previsto dalle BAT di settore come la DIRETTIVA EU 2010/75 (Emissioni impianti industriali) e la BAT 2021/2326 (Grandi impianti di combustione).

## SEZIONE DI OSSIDAZIONE

Le tecnologie di ossidazione valutate sono:

### *Combustione in eccesso di ossigeno (a fiamma libera)*

Tradizionalmente la tecnologia più utilizzata, presenta tuttavia diversi svantaggi, soprattutto quando si utilizzano, come in questo caso, combustibili solidi.

Tecnicamente la combustione in eccesso di ossigeno, anche nota come combustione con fiamma, è caratterizzata da elevate temperature di esercizio.

La combustione ad elevata temperatura genera differenziali di pressione fra la base e la sommità della fiamma ( $PV=nRT$ ), che in presenza di combustibili solidi, provocano l'aspirazione di parte del combustibile che attraversa velocemente la fiamma senza decomporsi completamente, il fenomeno noto come fumo.

La combustione con fiamma di un combustibile solido genera tipicamente:

- Composti organici volatili, fra cui le diossine ed i furani
- Vapori metallici
- Polveri sottili
- Ossidi di azoto
- Ceneri ad alto contenuto di carbonio (non inerti)

Considerando che i sistemi di filtrazione abbattano, ma non eliminano gli inquinanti, e considerando l'altissimo tasso di inquinanti atteso attraverso l'utilizzo di questa tecnologia se si utilizzano frazioni solide, si è deciso di non perseguirne l'adozione.

### *Combustione in assenza di ossigeno (pirolisi)*

La pirolisi, grazie alle basse temperature adottate ed alla totale assenza di ossigeno nella fase di separazione della frazione solida dalle sostanze volatili contenute nel combustibile, rappresenta una tecnologia con un impatto ambientale, relativamente alle emissioni in atmosfera, estremamente contenuto.

La pirolisi, tuttavia, essendo un processo che lavora in assenza di ossigeno, non consente l'estrazione della totalità del carbonio dal combustibile caricato, rilasciando un olio di pirolisi ed un char contenenti ancora, oltre ad una significativa frazione di carbonio, tutte le sostanze presenti nel combustibile caricato.

L'adozione di questa tecnologia avrebbe comportato quindi l'onere dello smaltimento di una grande quantità di char altamente inquinato e tutte le problematiche legate alla gestione dell'olio di pirolisi (distillazione frazionata, eliminazione degli oli pesanti...), si è quindi deciso di non perseguire con l'opzione della pirolisi.

#### *Combustione in carenza di ossigeno (gassificazione)*

Al fine della valorizzazione energetica della frazione volatile di un combustibile solido, la gassificazione rappresenta una tecnologia molto efficiente.

Valorizza la quasi totalità del carbonio e produce un gas combustibile di qualità sufficientemente pura da poter essere utilizzato direttamente in motori endotermici.

Le problematiche riscontrate sul processo di gassificazione, sono essenzialmente legate al tipo di combustibile che si intende utilizzare, il CSS-C. La gassificazione, per essere efficiente, richiede infatti che il combustibile abbia caratteristiche molto costanti sia in granulometria, che in pezzatura, che in composizione chimica, in modo da poter impostare i parametri di gassificazione (flusso d'aria, turbolenza, pressione, temperatura, tempo di reazione) in modo da poter ottenere un processo efficiente.

Il CSS-C, è un materiale che, sebbene opportunamente preparato, comunque non può garantire una assoluta costanza in termini di contenuto di umidità, potere calorifico, composizione chimica e granulometria. Le caratteristiche del CSS-C pertanto non consentono ai processi di gassificazione di poter gestire il materiale in ingresso garantendo con certezza che non vi siano formazioni di inquinanti, come vapori metallici, VOC, PCCD/F, ecc...., nel gas in uscita.

La regolazione dei parametri necessari all'ottenimento di un buon processo di gassificazione è pertanto risultata troppo critica in presenza di un combustibile come il CSS-C, si è pertanto deciso di non utilizzare questa tecnologia.

---

### *Combustione multifase SMOX (smoldering + combustione)*

La combustione multifase SMOX, ovvero la gassificazione effettuata impiegando lunghi tempi di permanenza nella cella dove la frazione solida del combustibile viene divisa dalla frazione volatile producendo un gas (syngas) caldo e combustibile. Unitamente alla ossidazione in eccesso di ossigeno del syngas a temperature  $> 850^{\circ}\text{C}$  e con tempi di permanenza  $> 2$  secondi, è la tecnologia che è stata considerata la più efficiente in virtù del tipo di combustibile utilizzato.

Lo SMOX combina i vantaggi della gassificazione e della combustione in eccesso di ossigeno, senza tuttavia ereditarne i relativi svantaggi.

- Il processo di regolazione dello SMOX è semplice e non critico indipendentemente dalla natura del combustibile caricato.
- Il processo SMOX, nel suo insieme, non produce di per sé inquinanti di processo ed elimina completamente il contenuto di carbonio dalle ceneri.

Per le sue caratteristiche intrinseche si è pertanto scelto di adottare questa tecnologia al fine della valorizzazione energetica del CSS-C.

## **SEZIONE DI PULIZIA GAS ESAUSTI**

### *Sistemi di pulizia dei gas ad umido*

I sistemi di pulizia dei gas ad umido, come gli scrubber, per quanto siano sistemi certamente molto efficaci, sono stati evitati a causa della conseguente necessità di utilizzo, pulizia e smaltimento dell'acqua di processo.

### *Sistemi di pulizia dei gas a secco*

I sistemi di filtrazione a secco che si è deciso di adottare sono costituiti da:

---

- Un reattore con iniezione di calce idrata e carboni attivi
- Un filtro a maniche
- Un ciclone ad agglomerazione con elettrofiltro

Il sistema adottato è fra quelli suggeriti nelle BAT 2021/2326.

## SEZIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA

### *Turbina a Vapore*

Fra i dispositivi di conversione dell'energia termica prodotta dal sistema, è stata valutata la produzione di energia elettrica attraverso una turbina a vapore, in quanto giudicata particolarmente efficiente e con una base installata molto ampia.

Tuttavia:

- le alte pressioni utilizzate per le potenze impiegate
- i tipici fenomeni di corrosione occorrenti sui boiler a causa della bassa temperatura dei flussi di ritorno
- le basse efficienze previste in caso di carico parziale

hanno condotto alla determinazione di non utilizzare questa tecnologia.

### *Turbina a ciclo organico ORC*

Le turbine ORC hanno efficienze leggermente più basse delle turbine a vapore, tuttavia, non sono soggette a fenomeni di corrosione, mantengono un'alta efficienza anche in caso di carichi parziali ed hanno la necessità di un livello di manutenzione estremamente contenuto.

Si è deciso di perseguire la scelta di questa tecnologia in quanto più aderente alle esigenze operative dell'impianto.

## TABELLA DI RISPONDENZA ALLE BAT 2021/2326

<p>BAT 1. La BAT consiste nell'istituire e applicare un sistema di gestione ambientale.</p>	<p>L'azienda opera in conformità alle norme UNI EN ISO 14001 ed Eco management and Audit Scheme - EMAS.</p>
<p>BAT 2. La BAT consiste nel determinare il rendimento elettrico netto e il consumo totale netto di combustibile mediante l'esecuzione di una prova di prestazione a pieno carico.</p>	<p>L'azienda si impegna a svolgere le prove in oggetto sia periodicamente che in caso di variazioni ai sistemi installati, al fine di mantenere monitorato il livello di efficienza del sistema.</p>
<p>BAT 3. La BAT consiste nel monitorare i principali parametri di processo relativi alle emissioni in atmosfera e nell'acqua.</p>	<p>La soluzione impiantistica prevede un sistema per il monitoraggio degli effluenti gassosi. Il monitoraggio degli affluenti liquidi non è applicabile in quanto non presenti.</p>
<p>BAT 4. La BAT consiste nel monitorare le emissioni in atmosfera con frequenza definita.</p>	<p>L'impianto è dotato di un sistema di monitoraggio in continuo per quanto riguarda: CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, TOC, NH<sub>3</sub>, Polveri, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Temperatura, Portata. Gli altri effluenti, non monitorabili con sensori in continuo, verranno monitorati per come previsto dalla BAT 4 con cadenza trimestrale o annuale.</p>
<p>BAT 5. La BAT consiste nel monitorare le emissioni in acqua derivanti dal trattamento degli effluenti gassosi</p>	<p>Non applicabile</p>
<p>BAT 6. Per migliorare le prestazioni ambientali generali degli impianti di combustione e per</p>	<p>Sono applicati: il dosaggio e la miscela dei combustibili, la manutenzione del sistema di combustione, un sistema di controllo</p>

<p>ridurre le emissioni in atmosfera di CO e delle sostanze incombuste, la BAT consiste nell'ottimizzare la combustione e nel fare uso di un'adeguata combinazione di differenti tecniche.</p>	<p>avanzato, una buona progettazione delle apparecchiature di combustione, e la scelta del combustibile.</p>
<p>BAT 7. Al fine di ridurre le emissioni di ammoniaca in atmosfera dovute alla riduzione non catalitica selettiva (SNCR) utilizzata per abbattere le emissioni di NOX, la BAT consiste nell'ottimizzare la configurazione e il funzionamento dell'SNCR</p>	<p>Attraverso il sistema di monitoraggio in continuo, è ottimizzata la quantità di reagente immesso. Inoltre, il processo è realizzato in modo da abbattere all'origine la quantità di NOx prodotti.</p>
<p>BAT 8. Al fine di prevenire o ridurre le emissioni in atmosfera durante le normali condizioni di esercizio, la BAT consiste nell'assicurare, mediante adeguata progettazione, esercizio e manutenzione, che il funzionamento e la disponibilità dei sistemi di abbattimento delle emissioni siano ottimizzati.</p>	<p>Il sistema di abbattimento delle emissioni è progettato con modalità modulare, in modo da consentire la manutenzione dei singoli moduli senza interferire sul processo. Inoltre, è stato previsto un sistema di manutenzione di tipo predittivo, al fine di sviluppare un sistema manutentivo efficiente ed economico.</p>
<p>BAT 9. Al fine di migliorare le prestazioni ambientali generali degli impianti di combustione e ridurre le emissioni in atmosfera, la BAT consiste nell'includere programmi di garanzia della qualità per i combustibili utilizzati.</p>	<p>Sono previste prove di caratterizzazione per ogni lotto di materiale utilizzato, inoltre l'impianto è in grado di adattare in modo automatico i parametri di processo, adeguandoli alle caratteristiche del materiale sottoposto a combustione.</p>
<p>BAT 10. Al fine di ridurre le emissioni in atmosfera, durante condizioni di esercizio diverse da quelle normali, la BAT consiste nell'elaborare e attuare, un piano di gestione commisurato</p>	<p>Gli impianti sono progettati per adeguarsi a condizioni di esercizio anche molto inferiori alle condizioni nominali, grazie alla loro concezione modulare.</p>

<p>alla rilevanza dei potenziali rilasci di inquinanti.</p>	<p>Gli impianti sono sottoposti ad un sistema di manutenzione predittivo.</p> <p>Il sistema di gestione dell'impianto registra ogni informazione sull'esercizio, le anomalie e gli interventi effettuati.</p> <p>Un algoritmo di intelligenza artificiale, valuta in modo continuativo i parametri rilevati e suggerisce eventuali azioni da introdurre in modo da prevenire future anomalie di processo.</p>
<p>BAT 11.</p> <p>La BAT consiste nel monitorare adeguatamente le emissioni in atmosfera durante le condizioni di esercizio diverse da quelle normali.</p>	<p>Non applicabile in quanto l'impianto è dotato di un sistema di monitoraggio in continuo, per ogni condizione di esercizio.</p>
<p>BAT 12.</p> <p>Al fine di aumentare l'efficienza energetica delle unità di combustione, la BAT consiste nell'utilizzare una combinazione adeguata di tecniche.</p>	<p>Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) ottimizzazione della combustione</li> <li>b) non applicabile</li> <li>c) non applicabile</li> <li>d) riduzione al minimo del consumo di energia</li> <li>e) preriscaldamento dell'aria di combustione</li> <li>f) non applicabile</li> <li>g) sistema di controllo avanzato</li> <li>h) non applicabile</li> <li>i) non applicabile</li> <li>j) non applicabile</li> <li>k) non applicabile</li> <li>l) non applicabile</li> </ul>



	<p>m) non applicabile</p> <p>n) non applicabile</p> <p>o) preessiccamento del combustibile</p> <p>p) Riduzione al minimo delle perdite di calore</p> <p>q) materiali avanzati</p> <p>r) non applicabile</p> <p>s) non applicabile</p>
<p>BAT 13.</p> <p>Al fine di ridurre il consumo d'acqua e il volume delle acque reflue contaminate emesse, la BAT consiste nell'utilizzare le tecniche indicate</p>	<p>non applicabile in quanto l'impianto non utilizza acqua di processo</p>
<p>BAT 14.</p> <p>Al fine di prevenire la contaminazione delle acque reflue non contaminate e ridurre le emissioni nell'acqua, la BAT consiste nel tenere distinti i flussi delle acque reflue e trattarli separatamente, in funzione dell'inquinante.</p>	<p>non applicabile in quanto l'impianto non utilizza acqua di processo</p>
<p>BAT 15.</p> <p>Al fine di ridurre l'emissione nell'acqua di acque reflue da trattamento degli effluenti gassosi, la BAT consiste nell'utilizzare una combinazione adeguata di tecniche</p>	<p>non applicabile in quanto l'impianto non utilizza acqua di processo</p>
<p>BAT 16.</p> <p>Al fine di ridurre la quantità da smaltire dei rifiuti risultanti dalla combustione e dalle tecniche di abbattimento, la BAT consiste nell'organizzare le operazioni in modo da</p>	<p>L'impianto è caratterizzato da un sistema di ossidazione tale da ridurre le ceneri a materiali inerti e riutilizzabili nel settore dell'edilizia.</p>

<p>ottimizzare, in ordine di priorità e secondo la logica del ciclo di vita</p>	<p>Sono inoltre estratte le frazioni metalliche in modo da poterle riciclare.</p> <p>I catalizzatori utilizzati dai sistemi di pulizia fumi, sono riciccolati e riutilizzati fino a quando non perdono efficacia.</p>
<p>BAT 17.</p> <p>Al fine di ridurre le emissioni sonore, la BAT consiste nell'utilizzare una o più tecniche.</p>	<p>Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Misure operative</li> <li>b) apparecchiature a bassa rumorosità</li> <li>c) attenuazione del rumore</li> <li>d) dispositivi antirumore</li> <li>e) localizzazione adeguata delle apparecchiature</li> </ul>
<p>BAT 18-23</p>	<p>Non applicabili</p>
<p>BAT 24.</p> <p>Al fine di prevenire o ridurre le emissioni in atmosfera di NOX limitando le emissioni in atmosfera di CO e N2O risultanti dalla combustione di biomassa solida, la BAT consiste nell'utilizzare una o più tecniche tra quelle indicate di seguito</p>	<p>Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ottimizzazione della combustione</li> <li>b) non applicabile</li> <li>c) immissione d'aria in fasi successive</li> <li>d) non applicabile</li> <li>e) applicata alternativa</li> <li>f) riduzione non catalitica selettiva</li> <li>g) non applicabile</li> </ul>
<p>BAT 25.</p> <p>Al fine di prevenire o ridurre le emissioni in atmosfera di SOX, HCl e HF risultanti dalla combustione di biomassa solida, la BAT consiste nell'utilizzare una o più tecniche tra quelle indicate di seguito.</p>	<p>Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) applicata alternativa</li> <li>b) Iniezione in linea di sorbente</li> <li>c) atomizzatore a secco</li> <li>d) applicata alternativa</li> <li>e) applicata alternativa</li> <li>f) applicata alternativa</li> </ul>

	<p>g) applicata alternativa</p> <p>h) non applicabile</p>
<p>BAT 26.</p> <p>Al fine di ridurre le emissioni in atmosfera di polveri e metalli inglobati nel particolato risultanti dalla combustione di biomassa solida, la BAT consiste nell'utilizzare una o più tecniche tra quelle indicate di seguito.</p>	<p>i) Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <p>j) precipitatore elettrostatico</p> <p>k) filtro a manica</p> <p>l) sistema a secco</p> <p>m) non applicabile</p> <p>n) non applicabile</p>
<p>BAT 27.</p> <p>Al fine di prevenire o ridurre le emissioni in atmosfera di mercurio risultanti dalla combustione di biomassa solida, la BAT consiste nell'utilizzare una o più tecniche tra quelle indicate di seguito.</p>	<p>Sono applicate le seguenti tecniche suggerite dalla BAT.:</p> <p>a) Iniezione di Carboni assorbenti</p> <p>b) applicata alternativa</p> <p>c) non applicabile</p> <p>d) precipitatore elettrostatico</p> <p>e) filtro a manica</p> <p>f) sistema a secco</p> <p>g) Non applicabile</p>
<p>BAT 28 e successive</p>	<p>Non applicabili</p>

## PANORAMICA DEL PROCESSO ECOLOGISTIC

La valorizzazione energetica del CSS-C è realizzata attraverso le seguenti fasi e tecnologie:

- Produzione del CSS-C
- Ricezione del CSS-C
- Deposito del CSS-C nell'area di stoccaggio
- Trasferimento del CSS-C nelle celle di smoldering
- Processo di smoldering (ossidazione parziale a temperature  $<700^{\circ}\text{C}$ )
- Combustione dei gas di smoldering in ossidatori in eccesso d'aria a  $>900^{\circ}\text{C}$
- Recupero in caldaia dell'energia termica dei gas di smoldering
- Pulizia dei gas esausti ossidati attraverso un reattore ed un filtro a maniche
- Emissione dei gas esausti attraverso il camino e loro monitoraggio
- Prelievo dell'energia termica destinata all'utilizzatore finale
- Produzione di energia elettrica attraverso turbina ORC
- Gestione dei flussi di energia elettrica
- Generazione di idrogeno
- Gestione delle ceneri prodotte dal sistema di ossidazione
- Gestione delle polveri provenienti dai sistemi di filtrazione
- Gestione dei sistemi di emergenza e sicurezza



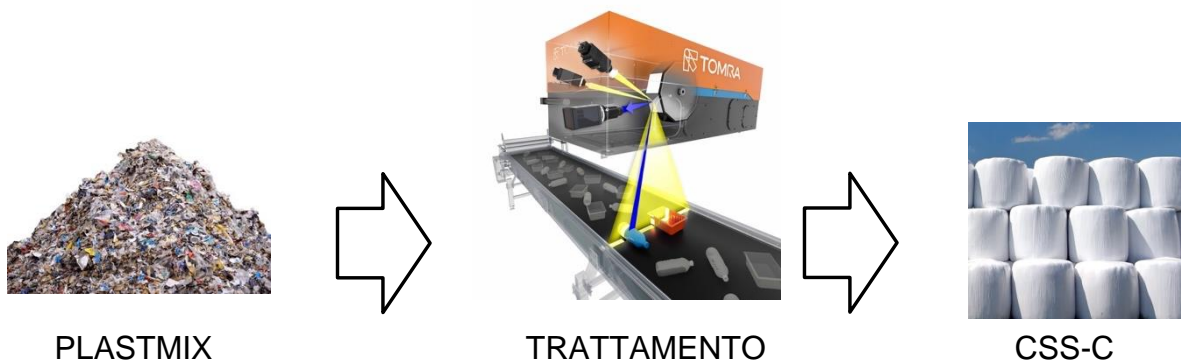
## PRODUZIONE DEL CSS-C

I materiali di scarto contenenti frazioni organiche, come i rifiuti urbani o i rifiuti agricoli, sono normalmente costituiti da materiali misti, contenenti plastica, gomma, legno, carta, cartone, tessuto, scarti alimentari, vetro, metallo, polveri, ecc., in quantità e forme estremamente variabili.

Questa variabilità si traduce in un'oggettiva difficoltà nel controllo dei processi di ossidazione con il conseguente aumento del loro impatto ambientale.

La fase di produzione del CSS opera attraverso l'adozione di trituratorie, vagli e separatori, per normalizzare la materia prima in ingresso, generando un materiale con un alto potere calorifico, e granulometria, densità e umidità costanti.

Il processo di produzione del CSS porta alla formazione di un Combustibile Solido Secondario di elevata qualità, che successivamente ad una fase di verifica sulla sua composizione può essere certificato come CSS-C (end of waste), ed essere utilizzato come combustibile, senza pregiudizio per l'ambiente.





## IL CSS-C DI ECOLOGISTIC

### ASPETTI TECNICI E NORMATIVI

Come definito all'articolo 183, comma 1, lettera cc), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il "combustibile solido secondario (CSS)" è il combustibile solido prodotto da rifiuti che rispetta le caratteristiche di classificazione e di specificazione individuate dalle norme tecniche UNI CEN/TS 15359 e successive modifiche ed integrazioni, e cessa di essere qualificato come rifiuto (CSS-C) quando rispetta le ulteriori specifiche indicate nel regolamento del Ministero dell'Ambiente n. 22 del 14 febbraio 2013.

L'apparato normativo che determina le caratteristiche del CSS-C, sono finalizzate a definire un materiale con caratteristiche tali da poter essere utilizzato come combustibile senza pregiudizio per la salute e per l'ambiente.

In particolare, il CSS-C deve:

- Avere un elevato contenuto energetico, in modo che possa essere ossidato anche senza l'ausilio di un apporto energetico da parte di combustibili fossili.
- Avere un basso contenuto di Cloro, in modo da evitare la formazione di diossine, nel caso il processo di ossidazione non sia in grado di distruggerle.
- Avere un basso contenuto di Mercurio, in quanto il suo punto di evaporazione (356°C), lo porterebbe ad evaporare all'interno dei sistemi di combustione.
- Avere un basso contenuto di metalli pesanti, per evitare che questi si diffondano in atmosfera, trascinati dai fumi di combustione.

I livelli di umidità, contenuto di ceneri, e pezzatura del CSS-C non sono definiti dalla normativa, e sono gestiti in funzione delle caratteristiche dell'impianto di ossidazione a cui è destinato il prodotto.



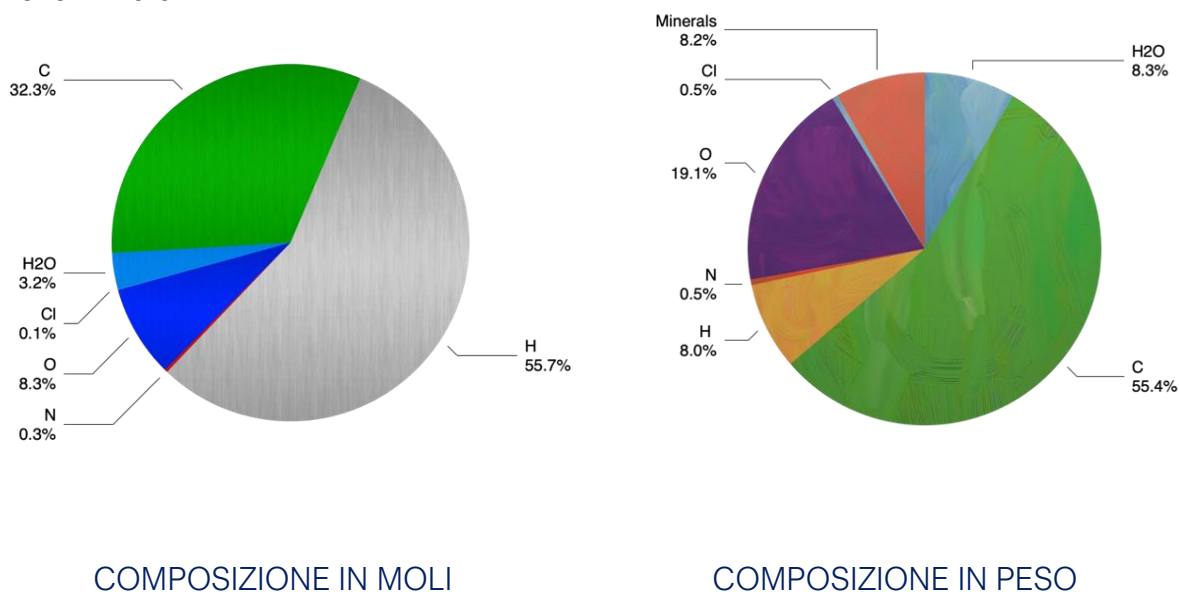


Maggiore è la qualità del CSS-C, minore sarà il suo impatto ambientale. L'elevato livello di qualità del CSS-C, prodotto da ECOLOGISTIC, garantisce un impatto ambientale con caratteristiche che superano ampiamente quelle previste a livello normativo, garantendo un impatto ambientale largamente inferiore a quello generato da altre fonti.

PARAMETRO	UNITÁ DI MISURA	CSS-C DM 22/2013	CSS-C Ecologicistic*
Energia	PCI in MJ su t.q.	> 15	<b>27.1</b>
Ceneri	% su s.s.	Dato non rilevante	<b>8.94</b>
Umidità	% su t.q.	Dato non rilevante	<b>8.33</b>
Cl - Cloro	% su s.s	< 1	<b>0.57</b>
Hg – Mercurio	Mediana - mg/MJ su t.q.	< 0.03	<b>0.0038</b>
Hg – Mercurio	80% percentile - mg/MJ su t.q.	< 0.06	<b>0.0063</b>
Sb - Antimonio	mg/kg s.s.	< 50	<b>11.8</b>
As - Arsenico	mg/kg s.s.	< 5	<b>0.3</b>
Cd - Cadmio	mg/kg s.s.	< 4	<b>0.21</b>
Cr - Cromo	mg/kg s.s.	< 100	<b>4.5</b>
Co – Cobalto	mg/kg s.s.	< 18	<b>2</b>
Mn – Manganese	mg/kg s.s.	< 250	<b>7.65</b>
Ni - Nichel	mg/kg s.s.	< 30	<b>1.94</b>
Pb – Piombo	mg/kg s.s.	< 240	<b>5.3</b>
Cu - Rame	mg/kg s.s.	< 500	<b>10.8</b>
Tl - Tallio	mg/kg s.s.	< 5	<b>0.5</b>
V - Vanadio	mg/kg s.s.	< 10	<b>0.57</b>
N - Azoto	% su s.s		<b>0.56</b>
C - Carbonio	% su s.s		<b>60.39</b>
H - Idrogeno	% su s.s		<b>8.74</b>

\*CSS-C Ecologicistic: Dati del Report di Analisi SCA del 3 gennaio 2024

L'analisi della composizione in peso e della quantità di sostanza (composizione in moli), del CSS-C di Ecologicistic, evidenzia che gli elementi che potenzialmente potrebbero arrecare un impatto ambientale sono presenti, già all'origine, in quantità molto limitata.



In particolare, si evidenzia:

- **Cloro** organico, 0.1% in moli
  - o Durante la fase di gassificazione SMOX, a causa dell'atmosfera estremamente riducente, il cloro è trasformato in HCl.
  - o Durante la fase di filtrazione l'HCl è fatto reagire con un flusso di idrossido di calcio " $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ", trasformandosi in cloruro di calcio (il sale utilizzato per sghiacciare le strade) ed acqua.
- **Azoto** organico, 0.3% in moli
  - o Durante la fase di gassificazione SMOX, a causa della carenza di ossigeno, l'azoto presente nel materiale, tende a trasformarsi in azoto molecolare  $\text{N}_2$ , il principale elemento costituente l'aria anziché in  $\text{NO}_x$ .
- **Zolfo**, assente 0%, tuttavia se ve ne fossero tracce,
  - o Durante la fase di filtrazione lo zolfo è fatto reagire con un flusso di

idrossido di calcio “ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ”, trasformandosi in solfato di calcio (un conservante alimentare).

## **RICEZIONE E STOCCAGGIO DEL CSS-C**

L'impianto utilizza come combustibile esclusivamente un combustibile solido secondario (CER 19.12.10) certificato (CSS-C), che ha cessato di essere qualificato come rifiuto.

Il CSS-C accettato dall'impianto deve essere pertanto accompagnato da una dichiarazione di conformità nel rispetto di quanto disposto dell'articolo 8 comma 2 del DM n.22 del 2013.

Verificata la dichiarazione di conformità, il CSS-C è depositato in una apposita vasca di stoccaggio capace di 250 ton (circa 625 m<sup>3</sup>), sufficiente a coprire la produzione dell'impianto per circa 25h.

La scelta di limitare la dimensione dell'area di stoccaggio a sole 250 ton è dettata dall'esigenza di limitare il carico d'incendio del materiale in prossimità dell'impianto per evitarne il danneggiamento in caso di incendio.

Il carico d'incendio calcolato per le 250 ton del CSS-C che alimenta l'impianto è pari a 6'775'000 MJ.



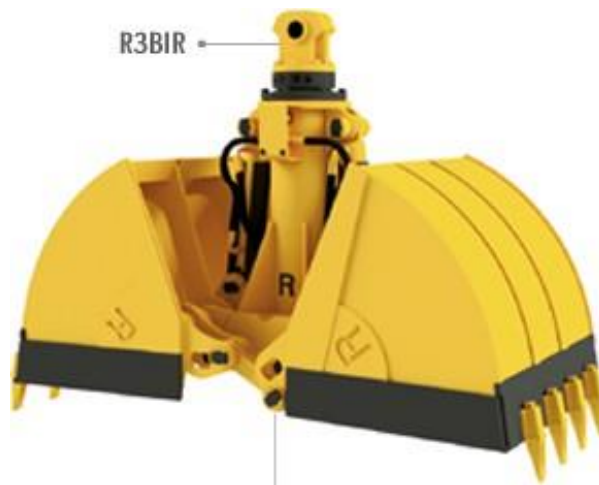
## TRASFERIMENTO DEL CSS-C NELLE CELLE DI SMOLDERING

Il trasferimento del CSS-C nelle celle di smoldering è realizzato attraverso 3 gru dotate di benne bivalve da 2.15 m<sup>3</sup> ciascuna, movimentate da 3 carri ponte automatici.

I carri ponte automatici, dotati di sensori di posizione, celle di carico e laser di misura, movimentano il materiale all'interno dell'impianto, in modo completamente autonomo.

In particolare, i carri ponte automatici:

- Sistemano il materiale nell'area di carico in modo omogeneo
- Pesano il materiale ad ogni prelievo
- Caricano le celle di smoldering, misurandone il livello di carica
- Misurano la quantità di volume depositata nell'area di carico



## FASE DI OSSIDAZIONE SMOX

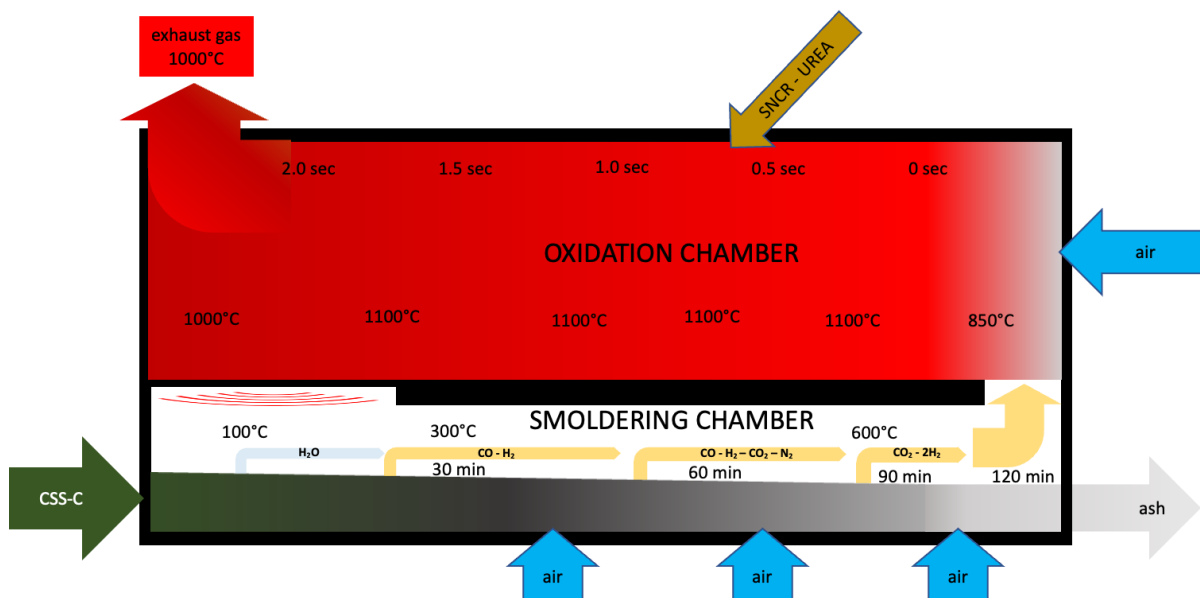
Grazie alle caratteristiche di costanza, in termini di potere calorifico, granulometria, densità e umidità del CSS-C, è possibile conseguire un ottimo controllo del processo di combustione che permetta una completa ossidazione dei materiali evitando la produzione di inquinanti.

Il processo di combustione viene condotto in più fasi distinte, al fine di migliorare il controllo del processo.

In particolare, in una prima fase (smoldering), i materiali solidi, attraverso un lento processo con iniezione di quantità sub-stechiometriche di aria, sono scissi fra parte volatile, che viene trasformata in un gas combustibile, e parte minerale solida.

In una seconda fase, il gas generato viene quindi immediatamente ossidato ad alta temperatura attraverso l'iniezione di aria comburente.

I gas esausti provenienti dal combustore vengono poi trattati all'interno di un reattore chimico che ne elimina le componenti acide e successivamente puliti da eventuali polveri residue attraverso un apposito sistema di filtrazione.





## IL PROCESSO DI SMOLDERING

Lo scopo del processo di SMOLDERING è quello di separare completamente l'acqua e la parte volatile dell'CSS-C dal suo contenuto solido.

Per evitare qualsiasi trascinamento dei componenti solidi all'interno delle sostanze volatili, il processo viene condotto in modo molto lento e per fasi:

- Fase di evaporazione: evapora il contenuto di acqua residua (H<sub>2</sub>O)
- Fase di pirolisi: estrae i composti volatili leggeri (CO; H<sub>2</sub>)
- Fase di gassificazione: estrae i composti volatili pesanti (TAR)

Per eliminare completamente il carbonio residuo (char), dai residui solidi, il processo di decarbonatazione si sviluppa per oltre 120 minuti a temperature > 600°C in un ambiente con un alto tasso di umidità.

Tra i vantaggi di questo tipo di processo:

- L'omogeneità della materia prima (CSS-C) inviata alla cella di smoldering consente un facile controllo del processo di ossidazione.
- Nella fase di pirolisi, i gas e i vapori vengono rilasciati lentamente (< 2 m/sec), e questo impedisce la formazione di correnti turbolente che potrebbero causare trascinamenti di particolato solido.
- Il prodotto che entra nella fase di gassificazione (char) è di poco superiore al 40% in peso rispetto al prodotto iniziale, è omogeneo e poroso. Queste caratteristiche rendono questo materiale estremamente reattivo a contatto con l'ossigeno.
- Le ridotte quantità di materiale da gassificare e la sua elevata reattività permettono di limitare la quantità di aria necessaria per la rimozione quasi totale del carbonio dalla frazione inorganica. Le basse velocità dell'aria attraverso il materiale di gassificazione consentono anche una forte riduzione del particolato solido trascinato dal gas combustibile.

- Le temperature presenti nella fase di pirolisi e gassificazione sono sufficientemente basse da limitare la vaporizzazione dei sali metallici.

## IL PROCESSO DI OSSIDAZIONE

Lo scopo del processo di ossidazione è quello di ossidare completamente i composti volatili prodotti dal processo di SMOLDERING, rilasciando un gas esausto.

Non appena i composti volatili vengono prodotti, raggiungono la camera di ossidazione, senza perdere il loro calore sensibile.

Nella camera di ossidazione, il composto volatile (syngas) incontra aria comburente in eccesso di ossigeno rispetto alla richiesta stechiometrica, e viene completamente ossidato.

Il volume della camera di combustione è progettato per mantenere i gas di combustione ad una temperatura compresa tra 850°C e 1100°C per almeno 2 secondi. La camera di ossidazione è dotata di un bruciatore ausiliario per non permettere alla temperatura di esercizio di scendere al di sotto degli 850°C durante il processo di ossidazione.

Inoltre, la camera di ossidazione è dotata di un SNCR DeNOx alimentato con Urea.

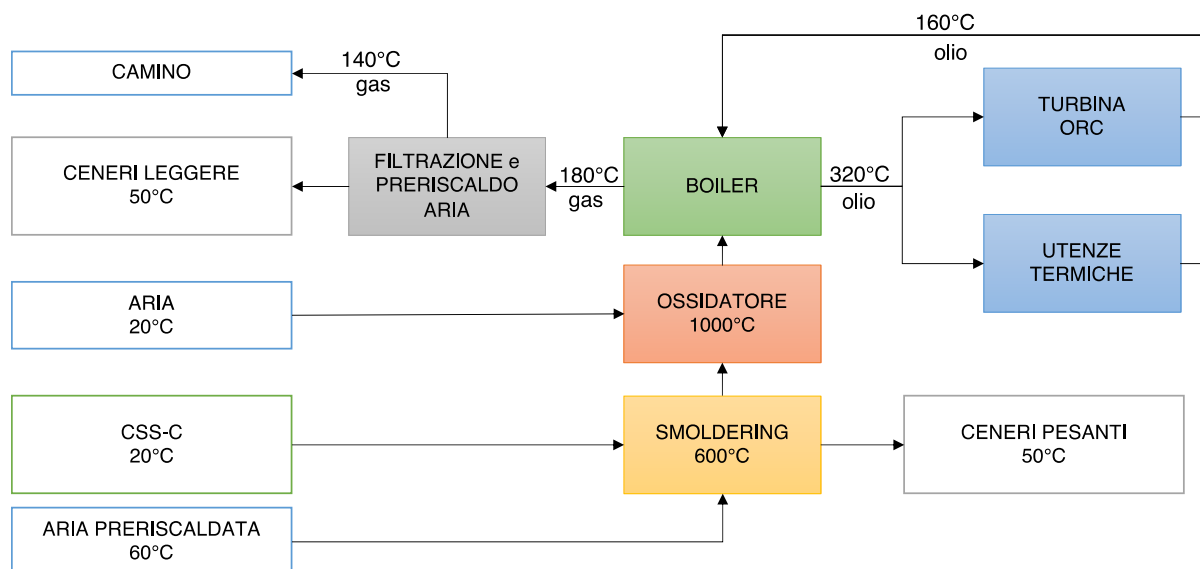
Tra i vantaggi di questo tipo di processo:

- Le condizioni al combustore (temperature, tempi di permanenza e aria in eccesso) sono tali da consentire la completa combustione dei gas generati nei processi precedenti e da garantire l'assenza di monossido di carbonio nei gas presenti al camino. Nelle condizioni adottate, anche la formazione di NOx termici è attenuata.
- Il basso contenuto di polveri trascinate e sali metallici che entrano nel combustore, facilitano il processo di ossidazione e il successivo recupero energetico e la pulizia dei gas esausti.
- La fase di ossidazione avviene in una fase omogenea tra aria e gas di sintesi/pirolisi. Questo rende il processo molto più efficiente aumentando l'efficienza totale del sistema e riducendo notevolmente il carico di inquinanti che entrano nel sistema di depurazione dei gas di scarico.

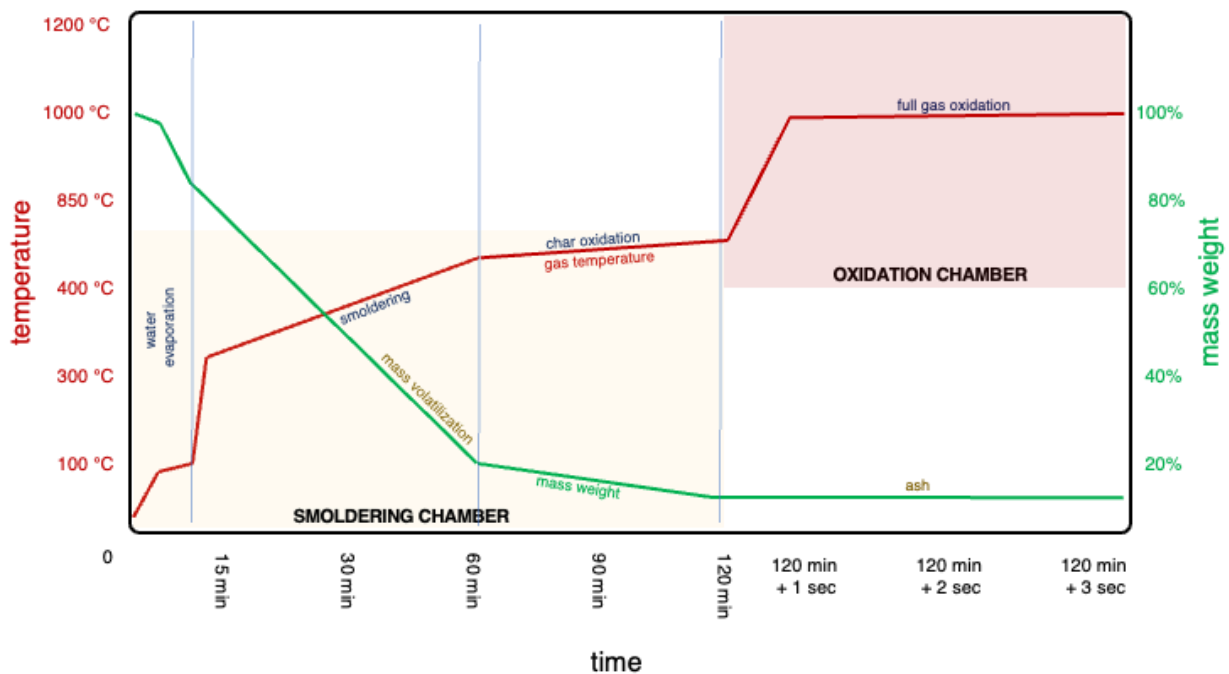


## TEMPERATURE DI PROCESSO

Lo SMOX è progettato per funzionare con le seguenti principali temperature di processo:

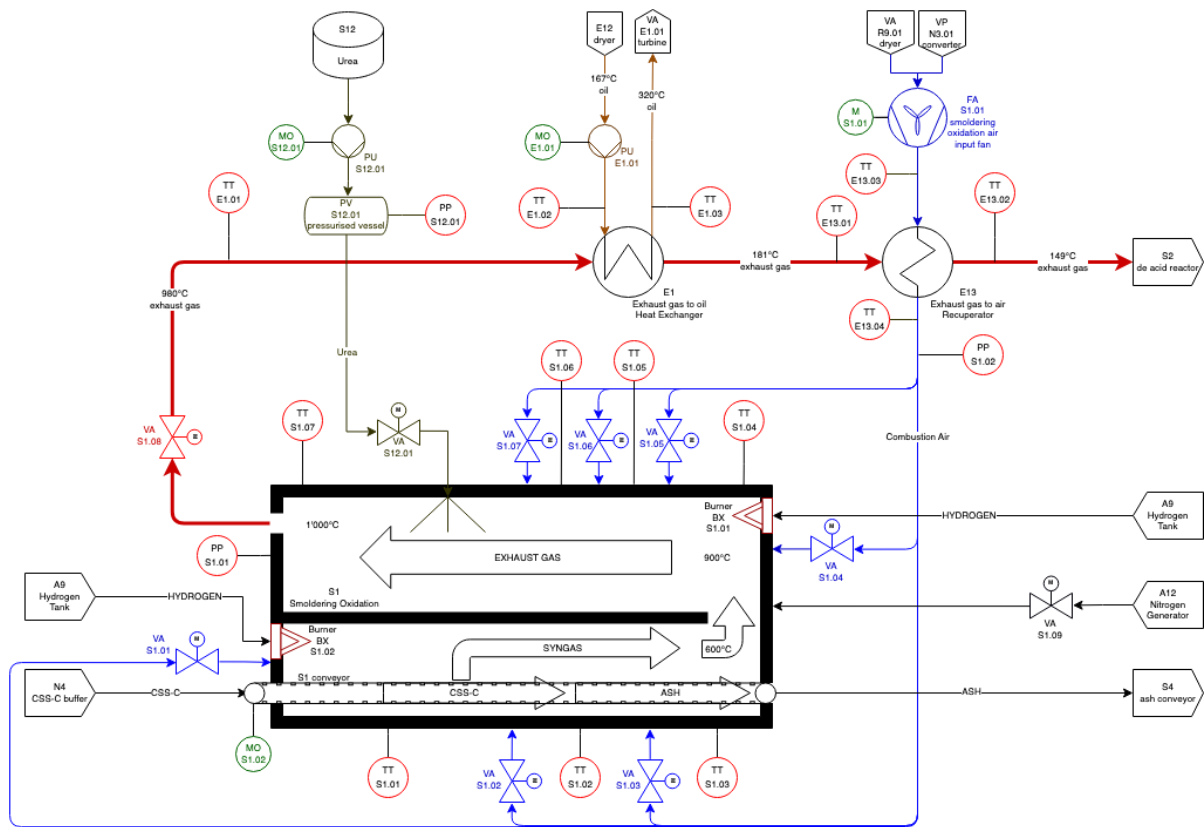


Di seguito l'andamento delle temperature durante le diverse fasi del processo di SMOX e la conseguente riduzione della massa solida.



## DESCRIZIONE DEL PROCESSO SMOX

A differenza di altri processi, che a causa delle alte velocità di reazione, richiedono una conoscenza approfondita sulla natura dei materiali caricati, il sistema SMOX, grazie a tempi di permanenza più lunghi e reazioni più lente, risulta estremamente meno critico. In particolare, la dimensione del letto di smoldering (18 m<sup>2</sup>) e il tempo di permanenza (120 min), permettono una efficiente regolazione del processo anche in presenza di materiali molto eterogenei.



Il processo SMOX è gestito da una logica di controllo che ne determina la modalità di funzionamento in tempo reale.

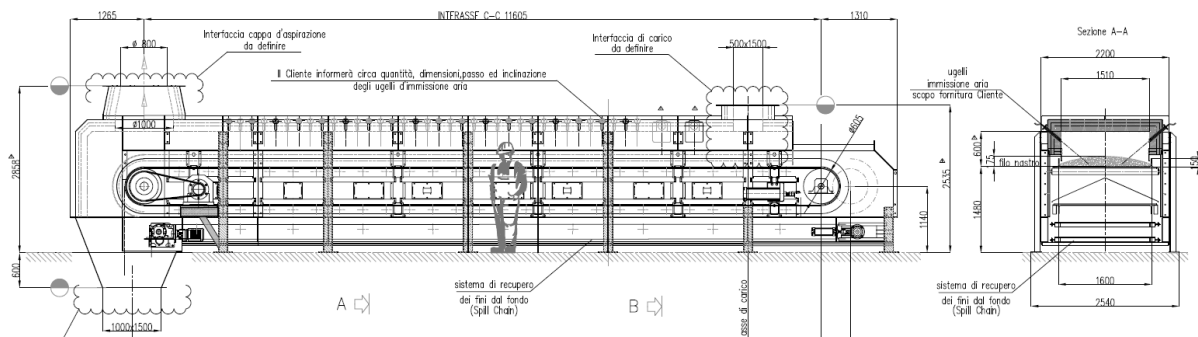
Una serie di sensori di temperatura, pressione e flusso, trasmettono alla logica di controllo lo stato del sistema, mentre una serie di motori ed attuatori, mantengono i flussi del sistema all'interno dei parametri definiti dalla logica di funzionamento.

### *Sequenza operativa*

1. Ad impianto spento e privo di CSS-C, i bruciatori ausiliari alimentati ad idrogeno, portano la camera di ossidazione a 850°C e la cella di smoldering a 400°C.
2. Quando l'impianto raggiunge le temperature di preriscaldamento definite, il CSS-C, attraverso una coclea di caricamento, viene avviato all'interno dell'impianto.
3. All'interno della cella di smoldering, il livello di energia necessario a mantenere costante la reazione di smoldering è assicurato dalla parziale ossidazione della materia organica caricata, attraverso il controllo della quantità di aria iniettata nelle varie zone, ed attraversate dal prodotto in reazione.
4. Le dimensioni del nastro, 1.6 m di larghezza per 11.6 m di lunghezza, assicurano che il prodotto caricato possa essere gestito con tempi di permanenza sufficientemente lunghi (fino a due ore), da poter ottenere i risultati attesi. L'intero sistema di smoldering è contenuto in una camera isolata che evita la dispersione di energia termica verso l'esterno.
5. L'aria di processo necessaria per sostenere il processo di smoldering è fornita da una soffiante. La quantità di aria in regime stazionario, è generalmente al di sotto di quella stechiometrica per la completa ossidazione del prodotto, ed è controllata sulla base di un sistema di termoregolazione multi-zona che aziona le diverse valvole che regolano l'iniezione dell'aria proveniente dalla soffiante. In particolare, la regolazione della quantità di aria iniettata, ha lo scopo di mantenere costante la temperatura del gas in uscita dalla cella di smoldering, indipendentemente dalle variazioni di composizione del CSS-C in ingresso.



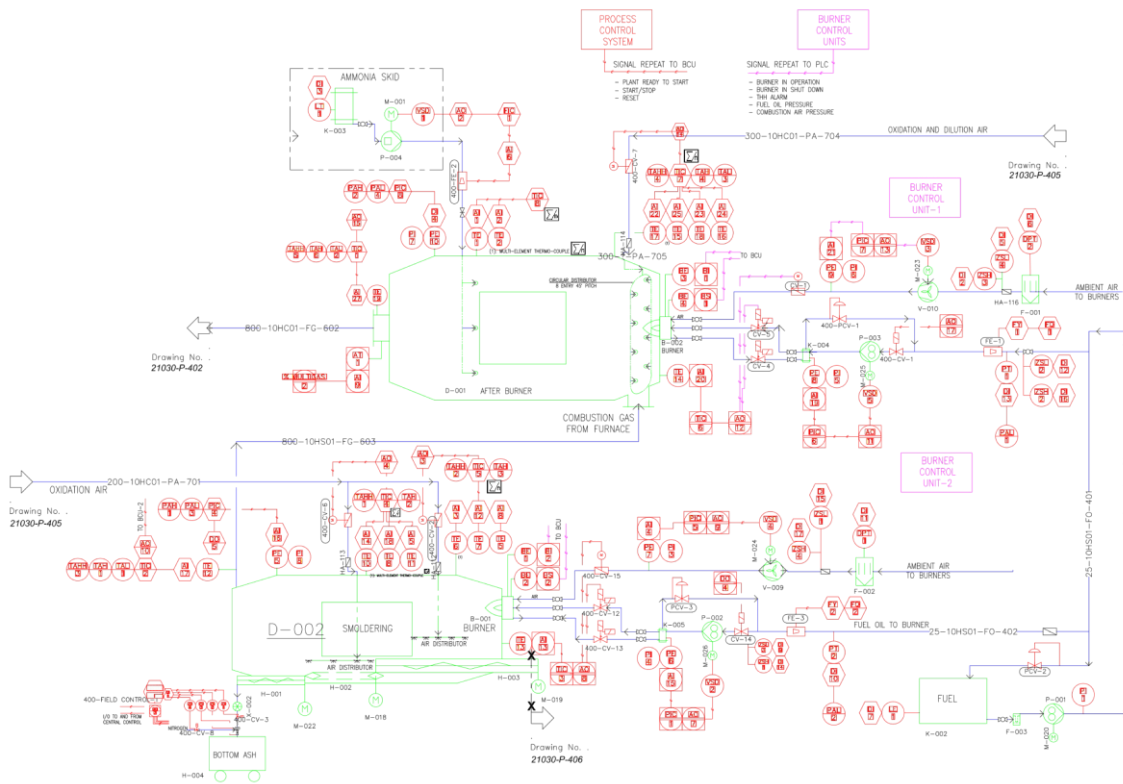
6. Le ceneri pesanti vengono estratte attraverso una coclea ed espulse in contenitori chiusi. Una valvola di interblocco sul sistema di scarico evita l'ingresso incontrollato di aria all'interno del sistema SMOX, durante la fuoriuscita delle ceneri.
7. Nel caso la temperatura nella cella di smoldering scenda al di sotto dei parametri definiti, l'intervento del bruciatore ausiliario, riporta la temperatura al valore impostato.



*Cella di smoldering*

8. I gas combustibili provenienti dalla cella di smoldering entrano nella parte posteriore della camera di ossidazione già preriscaldata e con il bruciatore ausiliario acceso.
9. Una serie di ugelli posizionati all'interno della camera di ossidazione, e inclinati verso l'asse del bruciatore ausiliario, iniettano aria in eccesso rispetto alla quantità stechiometrica necessaria per la completa ossidazione del gas combustibile, nella quantità sufficiente a mantenere la temperatura dei gas in uscita al di sotto dei 1000°C.

10. L'aria che investe il flusso ascendente del gas combustibile, ne provoca l'accensione e crea una forte turbolenza nella zona posteriore del cilindro rendendo la temperatura dei prodotti della combustione uniformi tra i 950 e i 1000°C.
11. Quando la reazione del gas combustibile con l'aria diviene stabile, il bruciatore ausiliario viene spento.
12. Il sistema di controllo regola la temperatura del gas di combustione per mantenerla tra i 950 e i 1000°C regolando la quantità di aria immessa.
13. I gas esausti hanno un tempo di permanenza all'interno della camera di ossidazione di almeno 2 secondi, sufficiente a garantire la completa combustione dei composti organici, compresi eventuali composti precursori della diossina.
14. I gas combustibili si formano in un ambiente altamente riducente e in assenza di turbolenza; pertanto, hanno un alto grado di purezza ed un contenuto di NOx praticamente nullo. Tuttavia, all'interno della camera di ossidazione, è previsto un sistema SNCR ad urea, per ridurre la quantità di NOx. Il processo avviene attraverso tre iniettori concentrici distribuiti sulla sezione trasversale, posizionati a due terzi della lunghezza della camera di ossidazione. Una pompa regola il dosaggio in base alla quantità di NOx monitorata all'uscita della camera di ossidazione.
15. Il gas di scarico a 1000°C esce dalla camera di ossidazione e passa direttamente alla caldaia per il suo recupero termico.



*P&ID del sistema SMOX*

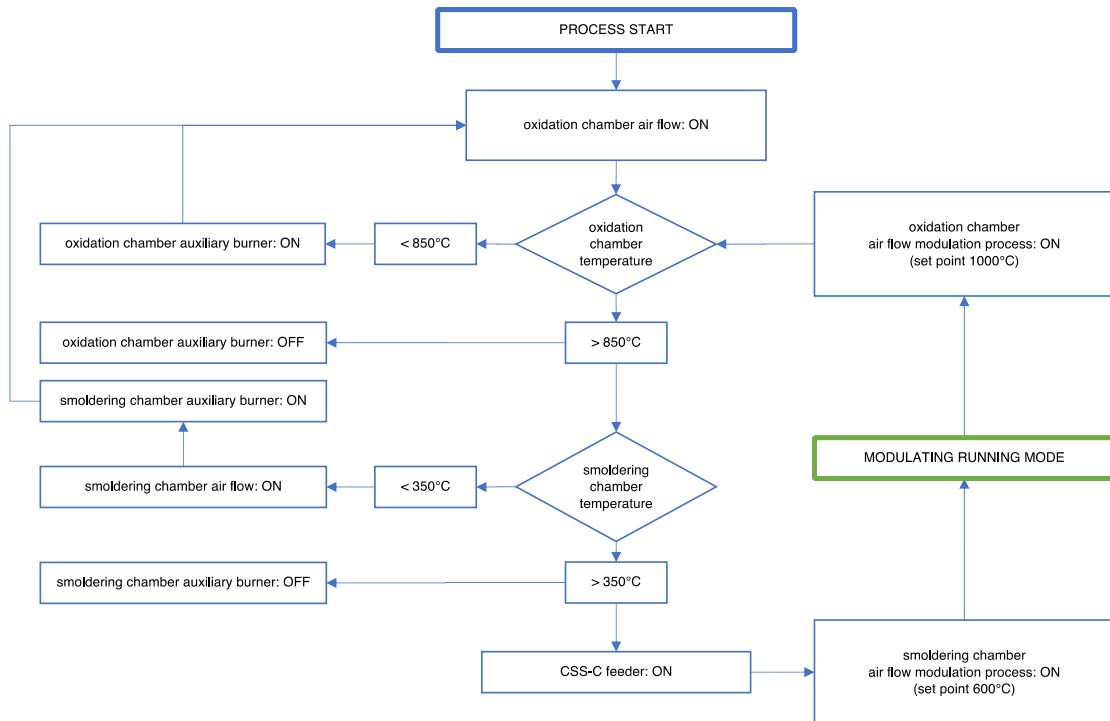
*Flow chart delle funzioni principali*

Funzione di avviamento a freddo

Le principali procedure attivate per eseguire la funzione di avviamento a freddo sono:

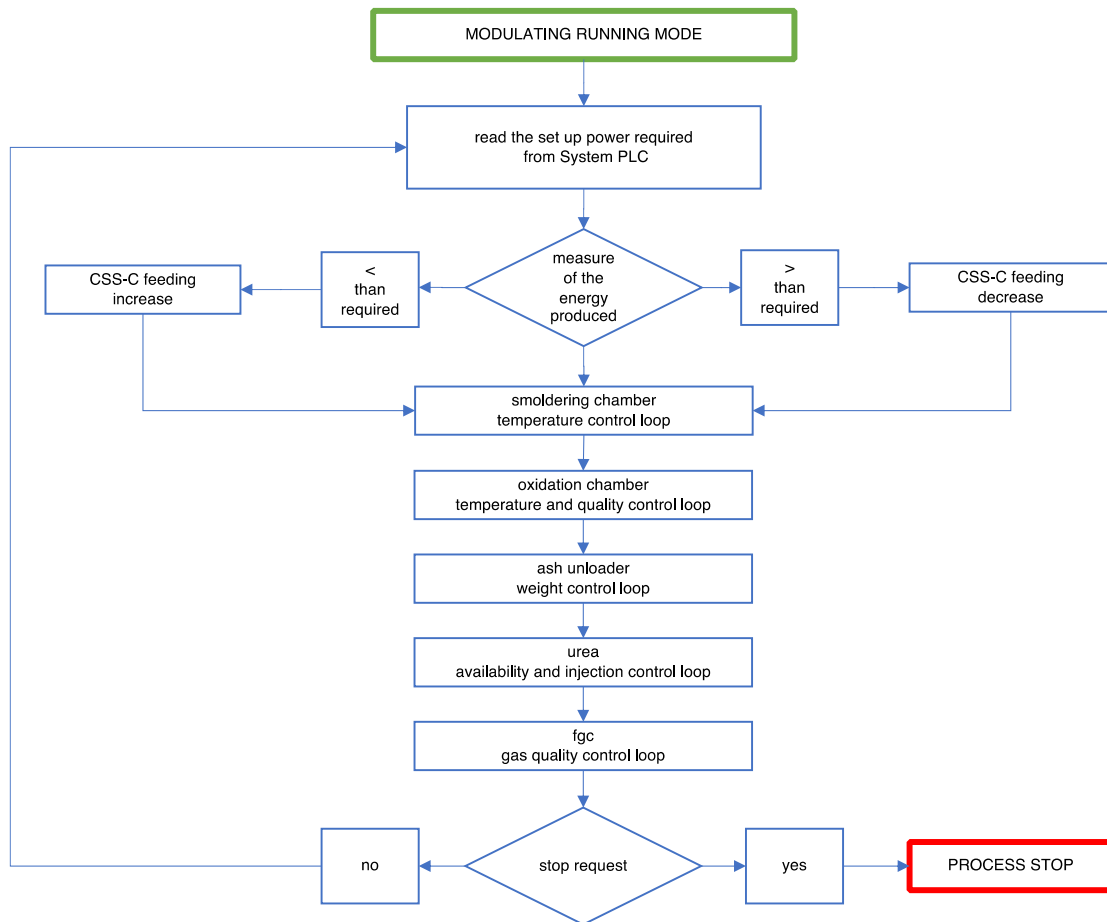
1. Verifica della disponibilità delle materie prime
  - 1.1. Disponibilità di CSS-C
  - 1.2. Disponibilità di azoto
  - 1.3. Disponibilità di urea
  - 1.4. Disponibilità di idrogeno
2. Anello di controllo degli strumenti senza segnalazione di guasto
3. Anello di controllo dei dispositivi senza segnalazione di guasto
4. Attivazione dei circuiti di: sicurezza, analizzatori gas, caldaia

5. Circuito di preriscaldamento delle camere di OSSIDAZIONE e SMOLDERING
6. PLC SMOX - Avviato in modalità di funzionamento modulante



### Funzione di regolazione modulante

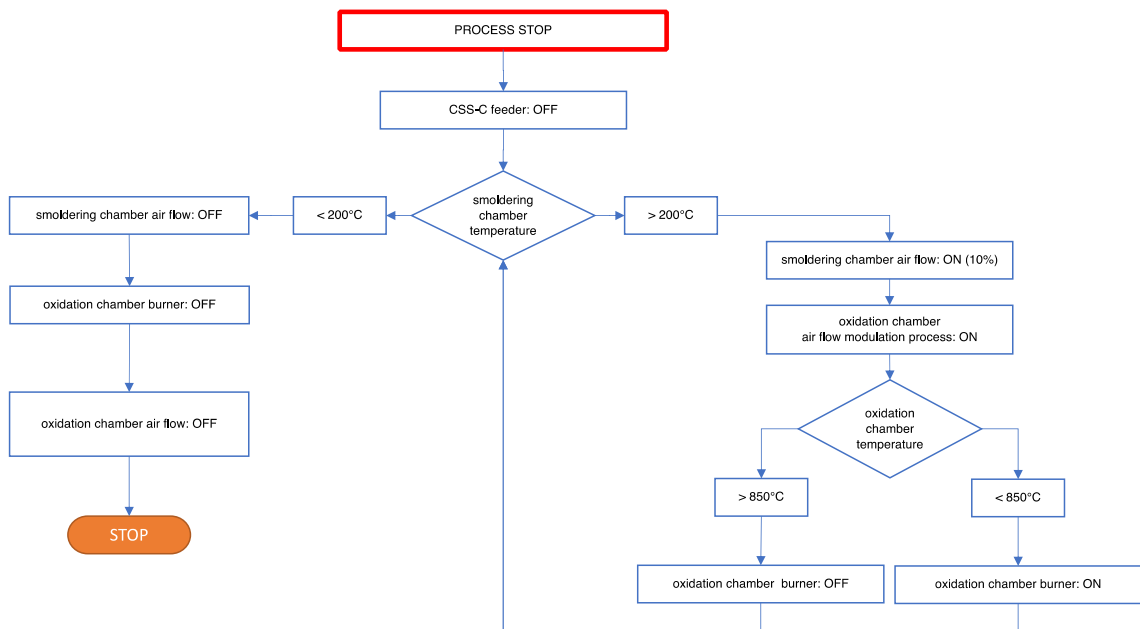
Questa funzione è progettata per raggiungere e mantenere il punto di set up energetico definito dal gestore dell'impianto all'interno di un range compreso tra il 100% e il 66% della potenza massima SMOX.



## Funzione di arresto del sistema

Per arrestare il processo SMOX in sicurezza è necessario:

1. Arrestare il processo di produzione dei gas combustibili della camera di smoldering
2. Mantenere costantemente la temperatura dei gas di scarico  $> 850^{\circ}\text{C}$
3. Bruciare tutti i gas residui presenti nella camera di combustione
4. Arrestare il sistema SMOX



## Funzione di arresto temporaneo

Questa funzione gestisce lo spegnimento dell'impianto SMOX in condizioni di emergenza, in caso di guasto temporaneo in uno dei sottosistemi a valle (treno di depurazione fumi, strumenti di controllo, sistema di estrazione ceneri, ...).

Durante l'arresto temporaneo, lo SMOX entra in uno "stato di sospensione", in attesa del riavvio del processo.

La funzione di arresto temporaneo procede come segue:

1. La modalità di funzionamento modulante viene interrotta
2. L'alimentazione del CSS-C viene interrotta
3. L'iniezione dell'aria comburente viene interrotta
4. La cinghia di trascinamento della cella di smoldering viene fermata
5. I bruciatori ausiliari sono spenti
6. Il sistema di iniezione dell'urea è disattivato
7. Il PLC gestisce l'uscita del gas tramite il sistema di evacuazione di emergenza
8. Il ventilatore di coda aumenta la sua capacità di aspirazione
9. L'azoto viene scaricato nelle camere di combustione e ossidazione

Al termine dell'emergenza che ha causato l'arresto temporaneo, il responsabile dell'impianto può decidere di riavviare l'impianto tramite la "Funzione Process Start" o arrestare lo SMOX tramite la "Funzione System Stop".

### Loop di controllo degli strumenti

Questa funzione verifica il funzionamento e la congruità di misura degli strumenti del sistema.

I principali parametri controllati sono:

- Connessione e comunicazione del sensore
- Congruità di misura del sensore con le condizioni effettive dell'impianto
- Congruità di misura del sensore con gli altri sensori dell'impianto

I sensori sottoposti a test sono:

1. Sensori di temperatura
2. Sensori di pressione
3. Sensori di flusso
4. Sensori di volume
5. Sensori di velocità
6. Sensori di livello per liquidi
7. Sensori di peso

### Loop di controllo dei dispositivi

Questa funzione verifica la disponibilità dei dispositivi del sistema.

I principali sottosistemi controllati sono:

1. Dispositivi SMOX connessi e pronti per l'uso
    - 1.1. Controllo del nastro di trascinamento dello smoldering
    - 1.2. Controllo dei sistemi di ventilazione dell'aria
    - 1.3. Controllo del ventilatore di coda
    - 1.4. Controllo della valvola dell'azoto
    - 1.5. Ritegno della valvola Urea
    - 1.6. Controllo della valvola di iniezione dell'aria
    - 1.7. Controllo della coclea di alimentazione
-



- 1.8. Controllo dello scaricatore della cenere
- 1.9. Controllo dei bruciatori ausiliari
2. PLC SICUREZZA (Azoto) collegato e pronto
3. PLC SMOX collegato e pronto
4. PLC FGC collegato e pronto per l'uso
5. PLC GAS ANALAYZER collegato e pronto

## CONTROLLI DI SICUREZZA

Il sistema rispetta rigorosamente i requisiti di buona ingegneria industriale per gli impianti di combustione.

Procedure dedicate regolano la gestione degli scostamenti alle normali procedure operative in concomitanza con eventi accidentali.

Gli operatori saranno debitamente formati e preparati all'evento anomalo, compresa la corretta registrazione dell'evento, le azioni correttive intraprese e la reportistica completa fino alla soluzione del problema.

### *Fuoriuscite gassose*

La prevenzione delle fuoriuscite di composti gassosi dalle apparecchiature o dalle tubazioni è fronteggiata mantenendo tutto il sistema al di sotto della pressione atmosferica.

### *Fuoriuscite di COV (composti organici volatili)*

- I COV si formano all'interno del sistema di smoldering e si espandono attraverso l'intera linea di post-combustione e di pulizia dei gas di scarico. Poiché l'intera linea funziona in depressione, generata dal ventilatore di coda che spinge i gas esausti verso il camino, i COV vengono spinti attraverso l'intero sistema di ossidazione, neutralizzazione e filtrazione prima di uscire dal camino.

- Eventuali sovrapressioni occasionali si espandono lungo tutta la line di trattamento senza superare le barriere di tenuta esistenti.
- Una eventuale moderata sovrappressione accidentale verrà rilasciata attraverso sfiati automatici (valvole limitatrici di pressione) che convogliano i vapori verso un sistema di lavaggio e neutralizzazione.

#### *Fuoriuscite di syngas*

- Le fuoriuscite di syngas dalla combustione saranno rilevate attraverso i sensori di gas installati vicino all'apparecchiatura. Ciò provoca l'arresto immediato di emergenza del processo di smoldering.
- La cella di smoldering in caso di arresto di emergenza sarà automaticamente segregata (chiusura delle valvole di ingresso del prodotto e dell'aria e chiusura della valvola di uscita del postcombustore). Una valvola di sfiato si apre automaticamente e allo stesso tempo viene introdotto un leggero flusso di azoto all'interno per impedire l'ingresso dell'aria. La valvola di sfiato convoglia le piccole quantità di vapori e syngas che continuano a formarsi per inerzia ad un apposito filtro di emergenza.
- Quanto sopra è una procedura temporanea fino a quando non viene presa una decisione in merito ad un arresto completo della linea con conseguente spurgo dell'impianto, o ad un eventuale riavvio immediato.

#### *Rischio di caduta di componenti solide*

L'area di processo e tutti gli ambienti in cui i sottoprodotti solidi o chimici potrebbero cadere all'esterno dei contenitori sono dotati di opportune barriere per evitare che il prodotto si propaghi all'esterno prima della sua rimozione e del corretto lavaggio. Le dispersioni accidentali all'interno dell'area di produzione durante le operazioni di riempimento verranno immediatamente rimosse.

---

Durante le operazioni di manutenzione, potrebbero verificarsi dispersioni occasionali. La procedura di manutenzione prevede azioni preventive da parte degli operatori per ridurre il rischio, es. barriere di contenimento temporanee, strumenti appropriati per la bonifica immediata in caso di cadute accidentali.

### *Rischio di incendio*

Le apparecchiature soggette a rischio di incendio sono dotate di un sistema di monitoraggio della temperatura ridondante con diversi livelli di allarme. Il sistema di controllo gestisce gli allarmi in base al livello. Al primo livello, in assenza di evidenti cause esterne, viene attivata una procedura correttiva (in genere la causa è l'eccesso di aria in ingresso o una microesplosione) per riportare i parametri ai valori di progetto; Se ciò non avviene entro un tempo prestabilito, viene attivata la procedura di spegnimento di emergenza e messa in sicurezza dell'impianto (ovvero spurgo con azoto e/o allerta precoce della squadra di sicurezza).

### *Aumento incontrollato della pressione*

L'intero sistema funziona in leggera depressione. I soffiatori d'aria comburente erogano l'aria ad una pressione molto inferiore alle perdite di carico di processo. Le possibili cause dell'aumento della pressione possono derivare solo da una microesplosione dovuta all'accumulo accidentale di aria in aree limitate all'interno della camera di combustione.

### *Esplosione*

Diversi fattori contribuiscono a ridurre il rischio di esplosione:

- L'ambiente all'interno della camera di smoldering presenta una forte carenza di ossigeno (< 50% dell'ossigeno stechiometrico necessario per la completa combustione del prodotto).
- Se la quantità di aria immessa aumenta, si ha un conseguente aumento della temperatura nelle zone di reazione e il sistema di controllo attiva immediatamente azioni correttive.
- Il sistema di monitoraggio della temperatura è di tipo multi-zona, in modo da poter rilevare in tempo anche alte concentrazioni di aria confinate.
- Il gas combustibile ha un potere calorifico molto più basso rispetto al gas naturale.
- La temperatura all'interno della camera di smoldering è inferiore ai 600°C.

Il rischio di esplosioni distruttive è estremamente basso.

In caso di microesplosioni, la sovrappressione viene scaricata attraverso una speciale porta antideflagrante posizionata nel plenum tra la camera di smoldering e la camera di

---

ossidazione, e i gas di scarico vengono spinti all'esterno dell'edificio. Non vi è alcun rischio di propagazione di vapori combustibili con fuoco nell'area di lavoro.

## MISURE DI MITIGAZIONE DEI RISCHI OPERATIVI

Di seguito sono riportate le principali misure di mitigazione di rischio:

- L'impianto è dotato di un sistema centralizzato per il controllo del processo. Questo prevede, oltre alla gestione del ciclo produttivo, anche la gestione di tutte le procedure di sicurezza e di emergenza.
- Il funzionamento manuale da parte dell'operatore è previsto solo su singoli dispositivi e per periodi limitati per consentire operazioni speciali al di fuori del normale processo produttivo.
- Procedure speciali gestiscono le operazioni con funzionamento manuale. Anche quando le operazioni manuali limitano l'attività dell'impianto, tutte le procedure di emergenza rimangono in vigore.
- Il sistema SMOX funziona a pressione inferiore a quella atmosferica.
- I serbatoi in cui possono avvenire sovrappressioni sono dotati di sistema di sfiato automatico (opportunitamente protetto).
- Le pressioni e le temperature all'interno del sistema vengono misurate e gestite dal sistema di controllo. Un allarme a doppia soglia, in caso di persistenza di situazioni anomale, permette l'attivazione automatica della procedura di spegnimento e messa in sicurezza dell'impianto.
- In caso di allarme critico, i dispositivi contenenti gas vengono svuotati e inertizzati con azoto.

- Le operazioni di sicurezza possono essere seguite attraverso il pannello sinottico con interfaccia operatore posto nella sala di controllo. Questo viene replicato all'interno dei locali di produzione in tutte le sue funzioni. Il sistema registra le sequenze di allarme con ora di inizio e ora di fine, il pannello sinottico dà evidenza dei parametri critici di funzionamento e ne segue l'andamento nel tempo attraverso grafici personalizzabili.
- L'impianto è predisposto per il controllo remoto.
- L'impianto è dotato di un sistema di rilevazione fumi e gas.
- In caso di grave allarme, si attivano automaticamente i sistemi di spegnimento localizzato e l'impianto viene spento, l'inertizzazione viene effettuata in automatico dove necessario.
- L'impianto è dotato di un gruppo di continuità che, in caso di mancanza dell'alimentazione di rete, alimenta tutti i carichi critici. Inoltre, l'alimentazione di emergenza dalla rete principale permette di alimentare alternativamente i servizi essenziali.
- Tutti i tubi e i serbatoi sono realizzati in acciaio di alta qualità. Le connessioni delle flange sono limitate ai punti di connessione all'apparecchiatura o alle valvole.
- I raccordi flangiati su tubazioni in pressione in cui circolano fluidi ad alta temperatura sono dotati di idonea scatola in acciaio di contenimento che protegge da getti incontrollati di liquido all'esterno. Queste scatole sono dotate di un dispositivo di drenaggio controllato che permette di rilevare in anticipo piccole perdite dalle guarnizioni.



*Interno di una cella di smoldering*

## **IL SISTEMA ELETTRICO**

### **APPROVVIGIONAMENTO ELETTRICO DI STABILIMENTO**

Il sito industriale di Ecologicistic s.p.a., è alimentato attraverso una linea ad alta tensione (AT 150K V), attraverso una sottostazione collocata all'interno del perimetro dello stabilimento, e di proprietà di Enel Energia.

Nell'area immediatamente adiacente all'area Enel, è collocata la cabina elettrica di trasformazione dell'alta in media tensione (AT/MT), che a sua volta distribuisce l'energia elettrica in media tensione (20K V) all'interno di tutto lo stabilimento.

Una rete di cabine, alimentate in media tensione (MT/BT), trasforma l'energia elettrica in bassa tensione (400 V), che attraverso appositi quadri elettrici, alimentano le utenze dell'intero stabilimento.

Una centrale termoelettrica ed un impianto fotovoltaico, verranno collegati alla linea di distribuzione di media tensione, e supporteranno il carico elettrico di Ecologistic, sostituendosi alla fornitura di energia elettrica in AT.

Il collegamento in AT verrà comunque mantenuto attivo, quale supporto allo stabilimento nel caso di fermo programmato o accidentale della centrale termoelettrica.

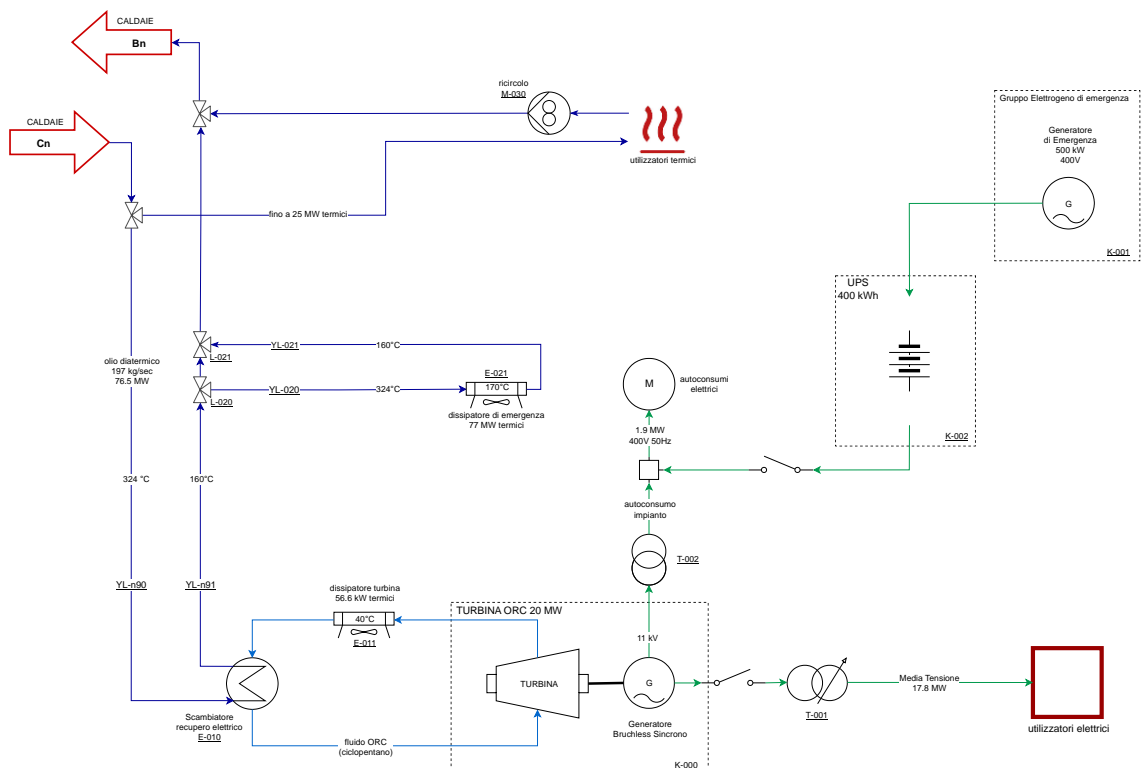




## CARATTERISTICHE DELLA CENTRALE TERMOELETTRICA

DATO	QUANTITÀ
Potenza termica installata	90 MW (5 ossidatori x 18 MW)
Potenza elettrica installata	20 MW
Tipo di combustibile	CSS-C
Quantità di combustibile	10.1 ton/h (85'000 ton/anno)
Energia elettrica disponibile netta	17.8 MW
Energia termica disponibile	Max 25 MW (con riduzione elettrica)

## SISTEMA DI PRODUZIONE ENERGETICO



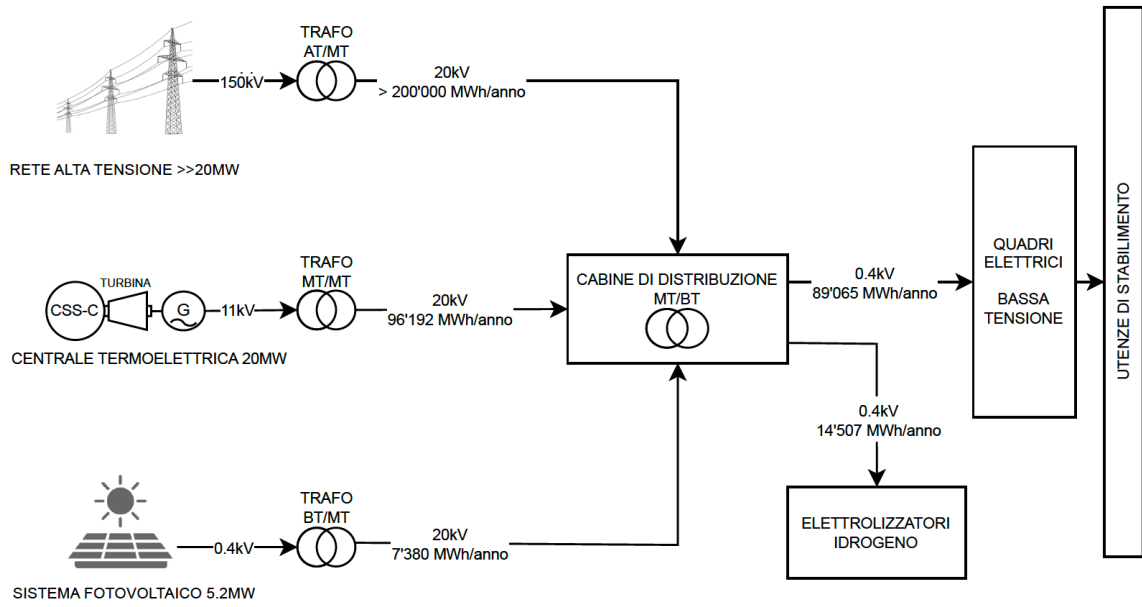
## DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO

Di seguito viene descritto l'impianto elettrico di media (MT) e bassa tensione (BT) del complesso produttivo con l'obiettivo di stimare i livelli di emissione dei campi elettromagnetici da parte dei componenti e delle condutture nelle varie aree di impianto.

L'impianto è normalmente gestito con personale in esercizio su tre turni, avvicendati nell'arco delle 24h, e con personale di manutenzione, amministrazione e controllo con orario giornaliero di 8 ore. Inoltre, l'impianto potrà essere oggetto di occasionali visite della durata di poche ore, da parte di tecnici o altro personale esterno, nonché di comitive guidate.

Il generatore elettrico e le cabine saranno accessibili solamente da parte di personale specializzato, e solamente per operazioni di manutenzione, che si svolgeranno comunque su sistemi non elettricamente alimentati.

## *SCHEMA DI PRINCIPIO*

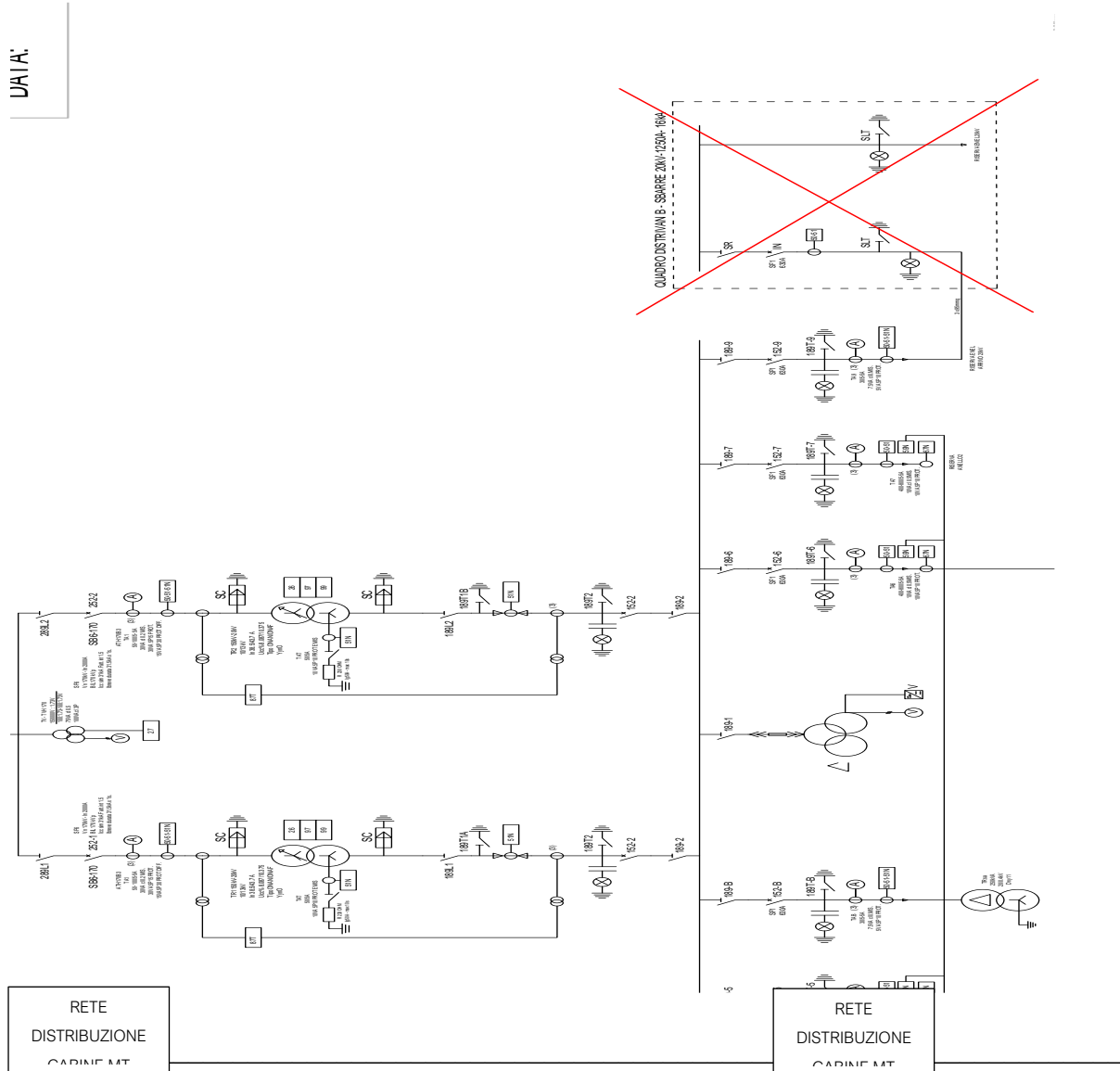


## DESCRIZIONE

### RETE DI ALTA TENSIONE

Lo stabilimento è collegato con una rete ad alta tensione (AT 150k V) alla rete elettrica nazionale. La sottostazione di collegamento, posizionata fisicamente all'interno dell'area dello stabilimento, è gestita direttamente da Enel.

Un trasformatore AT/MT alimenta la rete di cabine elettriche di distribuzione di media tensione (MT 20kV).





## CENTRALE TERMoeLETTRICA

La potenza termica installata della centrale termoelettrica è di 90 MW (termici), tale potenza è finalizzata a sostenere una energia di picco di 19.9 MW (elettrici) lordi, che al netto degli autoconsumi della centrale, è calcolata in 17.8 MW (elettrici), valore compatibile con la potenza di picco installata degli impianti di produzione.

La potenza media erogata dalla turbina della centrale termoelettrica, sulla base di 7512 ore di lavoro, è di circa 12.8 MW netti, valore adeguato a sostenere il consumo medio delle linee di produzione a regime (11.8 MW) e ad alimentare l'elettrolizzatore finalizzato alla produzione di idrogeno, necessario ai fabbisogni dello stabilimento (1 MW).

## MODULABILITÀ DELLA POTENZA DELLA CENTRALE

La quantità di materiale immesso in ingresso all'impianto, e di conseguenza delle sostanze in uscita, potrà variare in funzione delle effettive esigenze energetiche dello stabilimento in un range che va dal 26% al 100% della potenza massima nominale, ovvero da 23.8 MW (equivalenti a 3156 kg/h di CSS-C), a 90 MW termici (equivalenti a 11956 kg/h di CSS-C).

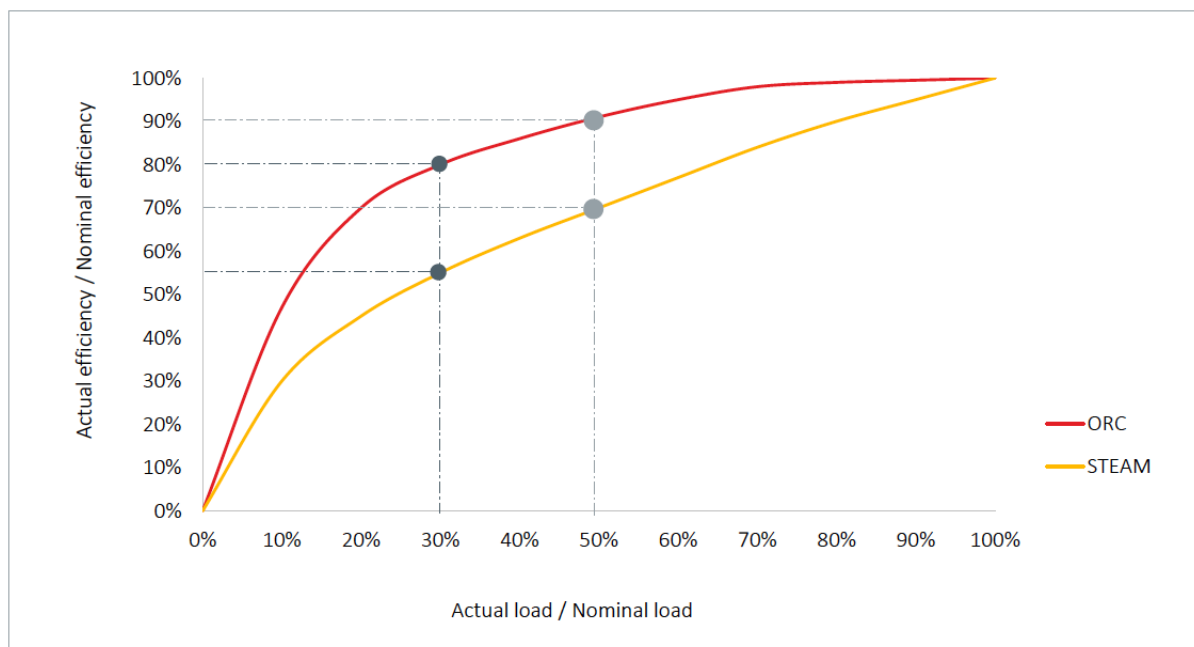
## Modulazione Combustori

COMBUSTORI IN PARALLELO	Potenza min MW	Potenza max MW	CSS-C min kg/h	CSS-C max kg/h
1	11.9	18.0	1'578	2'391
2	23.8	36.0	3'156	4'782
3	35.6	54.0	4'735	7'174
4	47.5	72.0	6'313	9'565
5	59.4	90.0	7'891	11'956

## FUNZIONAMENTO A CARICO PARZIALE

Fra le diverse soluzioni presenti sul mercato, è stata scelta una turbina che potesse avere una elevata efficienza anche a carico parziale.

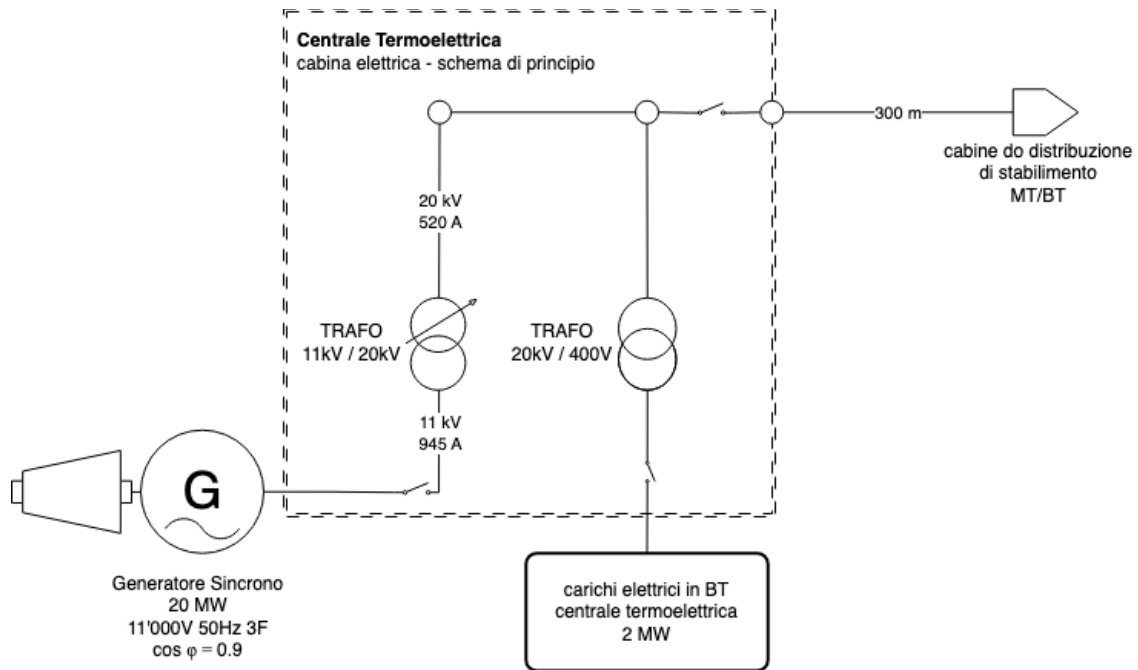
Di seguito il grafico che evidenzia la differenza fra la soluzione scelta, turbina ORC, nel confronto con una turbina a vapore.



In particolare, si evidenzia che fino al 70% della potenza nominale, ovvero fino ad una potenza di 14 MW su una potenza installata di 20MW, non vi è alcuna perdita di efficienza.



## SISTEMA DI COLLEGAMENTO



Il generatore elettrico è connesso in cavo ad una cabina elettrica di trasformazione per l'elevazione della tensione del generatore di 11KV, alla media tensione di stabilimento, pari a 20kV.

La cabina della centrale termoelettrica, oltre a connettere il generatore alla rete di cabine elettriche di distribuzione di media tensione, alimenta il trasformatore MT/BT, dedicato all'alimentazione dei quadri in bassa tensione della centrale stessa.

L'energia elettrica necessaria al funzionamento della centrale è pari a circa 2 MW elettrici e fornisce l'alimentazione per il ciclo termico, la depurazione dei fumi, gli asservimenti alla turbina ed i servizi ausiliari generali.



## SISTEMA FOTOVOLTAICO

Lo stabilimento ha installato un sistema fotovoltaico integrato sul tetto degli edifici utilizzati dal sistema produttivo, avente una potenza nominale di 5200 kWp.

Il sistema, costituito da pannelli fotovoltaici in silicio, inverter e trasformatore, è intestato ad una cabina elettrica dedicata.

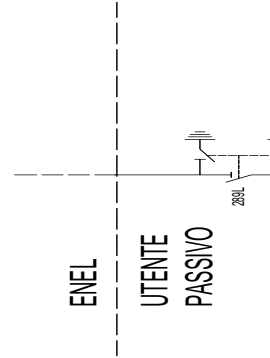
La cabina, oltre ad alimentare i servizi del sistema fotovoltaico, attraverso un apposito trasformatore BT/MT, supporta l'alimentazione della rete di cabine elettriche di distribuzione di media tensione (MT 20kV) dello stabilimento.

## CABINE DI DISTRIBUZIONE IN MEDIA TENSIONE

Date le considerevoli dimensioni dello stabilimento, la corrente elettrica è distribuita attraverso una rete di cabine elettriche alimentate in media tensione a 20KV (MD).

All'interno delle cabine di MT, sono allocati i trasformatori, i sistemi di misura e di sezionamento per le linee di bassa tensione (BT 400V) necessarie all'alimentazione elettrica delle apparecchiature di stabilimento.

**SCHEMA DI CONNESSIONE 150KV**



## LINEE ELETTRICHE IN MEDIA TENSIONE

Le linee elettriche in media tensione che trasportano l'energia elettrica all'interno dello stabilimento sono di tipo in cavidotto interrato.

Le linee sono costituite da cavi unifilari schermati con sezione 240 mm<sup>2</sup>, e trasportano oltre alle 3 fasi di potenza, il neutro e la terra.

Le tre fasi, nel cavidotto, sono disposte a trifoglio, in modo da minimizzare il campo elettromagnetico.



## CEM DEGLI ELEMENTI DEL SISTEMA ELETTRICO

### LEGGI E NORME APPLICABILI

*DPCM 08/07/2003 (GU 200 DEL 29/08/2003)*

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Riguarda i limiti di esposizione della popolazione ai campi magnetici emessi da elettrodotti a frequenza industriale a 50 Hz.

È ormai prassi consolidata che la sua applicazione si estende cautelativamente anche: ai componenti elettrici in quanto tali; al personale di esercizio/manutenzione con stazionamento in sito per > 4 ore al giorno.

I limiti di induzione del campo elettromagnetico fissati da tale Decreto sono i seguenti:

- Campo elettrico: limite di esposizione 5K V/m
- Campo magnetico: limite di esposizione 100  $\mu$ T;
- Campo magnetico: valore di attenzione 10  $\mu$ T (riservato alle aree dell'impianto dove stazionano persone per >4 ore al giorno);
- Campo magnetico: obiettivo di qualità 3  $\mu$ T (riservato ad aree di tipo civile).

La seconda parte del Decreto riguarda inoltre i limiti di esposizione della popolazione ai campi magnetici emessi da apparati a radiofrequenza (100 kHz-300 GHz).

Le apparecchiature a radiofrequenza presenti nell'impianto sono marginali e di tipologia assimilabile a quelle civili, omologate CE.

---

Pertanto, questa parte del Decreto, coinvolgendo solo marginalmente i dispositivi presenti all'interno dell'impianto, sarà preso in considerazione solo a consuntivo durante le verifiche strumentali iniziali e periodiche.

### *DIRETTIVA 2004/40/CE (GUCE L. 184 DEL 24/05/2004)*

Riguarda i limiti di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici.

Fatte salve le considerazioni di cui sopra, il limite massimo insuperabile di esposizione dei lavoratori che operano in prossimità di elettrodotti o componenti elettrici nel campo di frequenze 25 - 820 Hz è previsto eccezionalmente in 500  $\mu$ T.

Si dà per scontato che tale eccezione è pertinenza quasi esclusiva del personale di manutenzione per il quale vale anche il vincolo temporale di 4 ore per intervento.

### *SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO (D.LGS 81/08 e D.LGS 106/09)*

Nel Titolo VIII - Agenti fisici, il Dlgs prescrive controlli strumentali periodici per il rispetto dei limiti suddetti.

La frequenza delle verifiche, oltre a quelle iniziali, sarà quadriennale o in occasione di modifiche impiantistiche significative .

### *NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO*

- Guida CENELEC CLC/TR50453 Evaluation of electromagnetic fields around power transformer;
- Guida CEI 106-11 - Calcolo delle emissioni di campo magnetico e fasce di rispetto per elettrodotti;
- Guida CEI 106-12 - Calcolo delle emissioni di campo magnetico e fasce di rispetto per le cabine elettriche;



- Guida CEI 211- 6 - Tecniche di misurazione di campo magnetico nel campo di frequenze 0-10 kHz;
- Guida CEI 211- 7 - Tecniche di misurazione di campo magnetico nel campo di frequenze da 10 kHz a 300 GHz.

### *GENERATORE DELLA CENTRALE TERMOELETRICA*

Il generatore della centrale termoelettrica è costituito da un alternatore sincrono trifase, di potenza nominale pari a 20 MW, ad una tensione di 11'000 V a 50 Hz.

L'alternatore è realizzato in modo da non generare campi elettrici e magnetici nocivi alle persone o alle cose, secondo quanto previsto dagli standard:

- IEC EN 31000-2-12
- IEC EN 61000-6-2
- IEC EN 61000-6-4

Nell'intorno dell'alternatore il campo elettromagnetico degrada rapidamente e raggiunge il valore di 100  $\mu$ T ad una distanza di 1 m.

L'area all'interno della quale sarà posizionato l'alternatore verrà comunque ulteriormente ed opportunamente isolata sia dai campi elettrici che da quelli magnetici, in modo da garantire il rispetto delle soglie obiettivo di 3  $\mu$ T di radiazione in tutta l'area circostante il generatore.

Durante il suo funzionamento, l'area all'interno della quale è posto il generatore, non sarà accessibile al personale.



### *COLLEGAMENTO ALTERNATORE – CABINA ELETTRICA CENTRALE*

Dall'alternatore escono una terna di cavi a 11kV che trasportano l'energia alla cabina elettrica della centrale, per la trasformazione della tensione a 20kV, e per la sua successiva distribuzione ed utilizzo.

I cavi, comunque schermati, sono contenuti in una canaletta metallica schermante. Il campo elettromagnetico prodotto dai cavi è ridotto a valori inferiori a 3  $\mu$ T grazie all'effetto delle misure adottate.

### *LINEA DELLA CABINA ELETTRICA DELLA CENTRALE IN MT*

Caratteristiche del cavidotto dalla cabina elettrica della centrale termoelettrica alla rete delle cabine di distribuzione di media tensione dello stabilimento:

- Tipologia del cavidotto: In cunicolo interrato schermato
- Lunghezza del cavidotto: 300 m
- Dimensione dei cavi: 240 mm<sup>2</sup>

- Numero dei cavi: 3 fasi + neutro + terra
- Tipo di cavo: unipolare schermato in Cu rivestito in XLPE
- Tensione di linea: 20'000 V
- Corrente di fase (max): 520 A
- Posizionamento dei cavi: a trifoglio adiacenti

La caduta di tensione  $\Delta U$  in V è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta U = k \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \times I \times M / 1000 = 34 \text{ V}$$

*Dove:*

$K = 3^{1/2}$  (per linee trifase)

$R = 0.0943$  (resistenza per cavi in Cu con sezione di  $240 \text{ mm}^2$ )

$X = 0.0902$  (reattanza per cavi in Cu con sezione di  $240 \text{ mm}^2$ )

$I$  = corrente di fase in A

$M$  = lunghezza del cavidotto in metri

## CAMPO ELETTRICO

I cavi per le linee elettriche interrato sono costituiti da un conduttore centrale in treccia di rame, rivestito da un materiale isolante (XLPE). Quest'ultimo è avvolto da una speciale protezione dalle infiltrazioni d'acqua e da una guaina metallica che, a sua volta è posta all'interno di una guaina in materiale protettivo (PE). Detta guaina metallica, costituita da fili di rame, oltre a proteggere il cavo da sovratensioni per cortocircuito, ha un notevole effetto schermante dal punto di vista elettrico.

Grazie a tale schermo, anche senza considerare gli eventuali ulteriori effetti schermanti derivati dal terreno, il campo elettrico prodotto da una linea elettrica in cavo interrato può essere considerato nullo.

## CAMPO MAGNETICO

Come per il campo elettrico, anche quello magnetico prodotto da una linea elettrica è dipendente dalla configurazione dai conduttori ma varia in funzione dell'intensità di corrente elettrica che percorre i conduttori stessi.

---

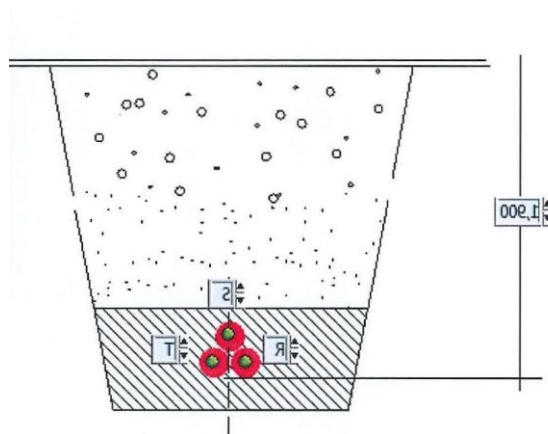
Anche in questo caso i valori dell'induzione magnetica sono funzione della distanza del punto ricettivo rispetto alla linea e pertanto, maggiore è questa distanza, minore è il valore dell'induzione magnetica in quel punto.

Diversamente dal campo elettrico, l'induzione magnetica viene solo in modesta misura schermato da eventuali corpi naturali frapposti tra la fonte e il ricettore.

Al fine di ridurre l'emissione di induzione magnetica i tre cavi di potenza costituenti la linea saranno posati a contatto fra loro, nella disposizione così detta "a trifoglio".

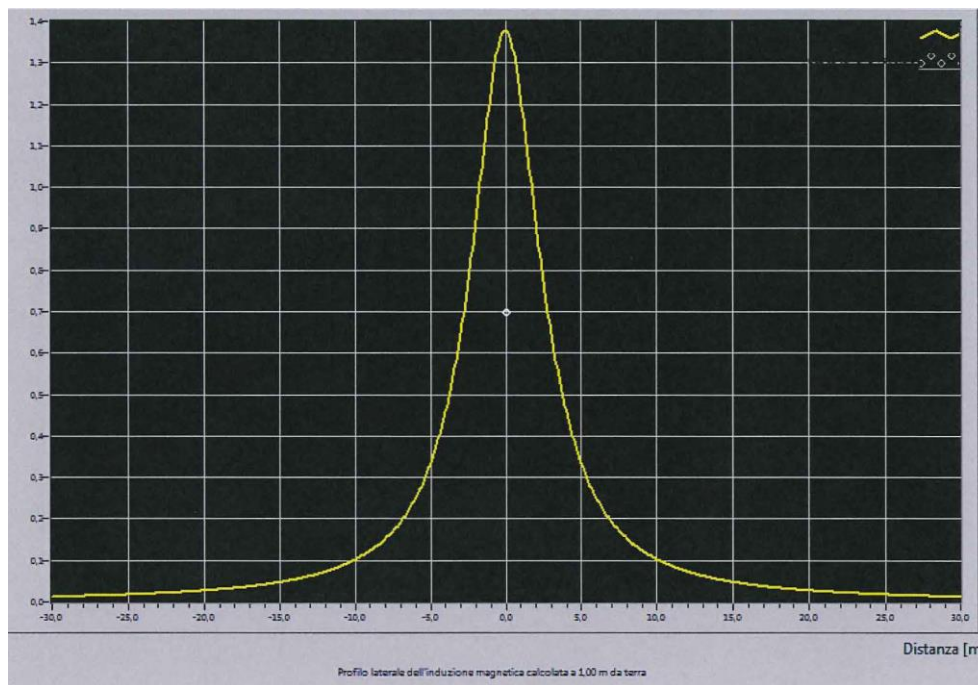
La tipologia di posa prevista è in terreno vegetale alla profondità di m 1,90 dal piano campagna.

L'intensità di corrente considerata è quella relativa alla "portata in regime permanente" di cui alla Norma CEI 11-17 relativa al tipo di cavi prescelti, che è pari a 520 A. La figura riporta la sezione tipo con la configurazione dei cavi posti a trifoglio su terreno vegetale.



Il diagramma rappresenta il profilo laterale del campo di induzione magnetica sulla sezione trasversale della linea.

In questo caso, a 1 m da terra, il valore massimo dell'induzione magnetica, riscontrabile sulla verticale dell'elettrodotto risulta essere 1,38  $\mu\text{T}$ .



Come si evince dalle verifiche sopra riportate, in ogni punto del tracciato della linea a un metro dal suolo, sulla verticale dell'asse della linea stessa dove l'intensità del campo magnetico è massima, pur considerando la corrente pari alla "portata in regime permanente" dei cavi anziché quella massima effettiva (sempre inferiore), si avranno valori dell'induzione CEM sensibilmente al di sotto dell'obiettivo di qualità di cui al DPCM 08/07/2003.

#### *LINEE DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE IN MT*

Per le linee di distribuzione in media tensione dello stabilimento, valgono le considerazioni fatte per la “LINEA DELLA CABINA ELETTRICA DELLA CENTRALE IN MT”, essendo queste analoghe sia per quanto riguarda le caratteristiche dei cavi, della tensione e della corrente circolante.

## *CABINE DI DISTRIBUZIONE MT/BT*

### TRASFORMATORI E COLLEGAMENTI IN BT

All'interno delle cabine, le sorgenti che contribuiscono maggiormente alla generazione di campi elettromagnetici sono:

- trasformatori MT/BT
- vie cavi in bassa tensione

Per quanto riguarda i trasformatori MT/BT la maggior parte delle emissioni di campo magnetico attorno al trasformatore sono prodotte dalle correnti che percorrono gli avvolgimenti, esse generano flussi magnetici che si richiudono nel nucleo magnetico e all'esterno del nucleo magnetico, il cosiddetto flusso disperso. La massima emissione di campo magnetico intorno al trasformatore si ha per la massima corrente che può percorrere gli avvolgimenti.



Stante che non è possibile evitare il flusso magnetico generato da un trasformatore, per poter abbattere il suo livello emissivo e rientrare nei parametri obiettivo di  $3 \mu\text{T}$ , sono adottate le seguenti strategie:

1. Utilizzo di materiali ad altissima permeabilità elettromagnetica
2. Box di contenimento di adeguate caratteristiche schermanti
3. accoppiamento tra i componenti (nucleo, avvolgimenti, box e uscite cavi).

Per abbattere il campo magnetico generato dai cavi, le terne, raggruppate a trifoglio, sono posizionate all'interno di canalizzazioni metalliche chiuse.

#### QUADRI DI DISTRIBUZIONE

I quadri di distribuzione secondaria sono prefabbricati con involucro metallico, misure fatte nelle immediate vicinanze dell'involucro hanno mostrato valori di campo elettrico intorno ai  $20 \text{ V/m}$ , largamente inferiore rispetto al limite di  $5 \text{ kV/m}$ .


Eguale, l'involucro metallico funge anche da schermo per il campo magnetico.


Di seguito è rappresentato il campo magnetico generato da un quadro all'interno del quale fruiscono correnti superiori a  $1200 \text{ A}$ , correnti superiori a quelle utilizzate dalle utenze dell'impianto.


Le misure e i modelli disponibili mostrano che intorno al quadro, considerando le correnti di funzionamento dell'impianto, il campo magnetico a  $1,5\text{-}2$  metri è inferiore a  $3$  microtesla, pertanto l'influenza emissiva del quadro nei locali adiacenti la cabina risulta trascurabile.

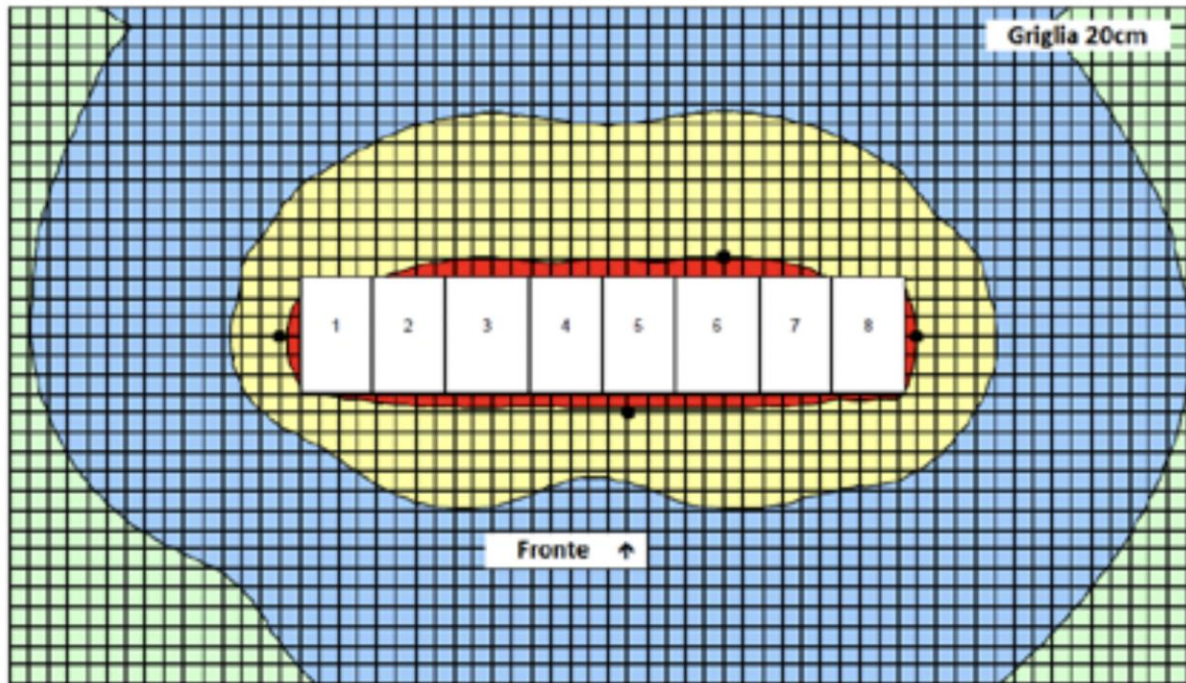


 <math>< 1 \mu T</math>

 <math>< 10 \mu T</math>

 <math>< 100 \mu T</math>

 <math>\geq 100 \mu T</math>



## INVOLUCRO DELLA CABINA

Qualora, nonostante i provvedimenti adottati, all'esterno della cabina, ed in prossimità di aree dove è prevista la permanenza di personale, risultassero valori di radiazione elettromagnetica superiori ai valori obiettivo di 3  $\mu$ T, saranno adottate ulteriori strategie per la loro riduzione quali:

- agire sulla disposizione delle apparecchiature, allontanando nei limiti del possibile le sorgenti che determinano valori di campo inammissibili (quadro BT e relativi collegamenti al trasformatore) dai muri della cabina confinanti con l'esterno ove si vuole ridurre il campo;
- agire sulla disposizione delle connessioni: avvicinando le fasi dei collegamenti fra lato BT trasformatore e quadro BT, avvolgendo a elica i tre cavi unipolari;
- ulteriormente schermare le sorgenti principali con materiali conduttori e/o ferromagnetici, estendendo se necessario la schermatura anche all'intera cabina.



## CONCLUSIONI SULLE CEM

Per quanto sopra esposto si ritiene che il progetto elettrico dell'impianto tenga conto dei vincoli della normativa vigente:

- nelle zone di processo, di pertinenza del personale di esercizio e manutenzione, non si superano mai i limiti prescritti;
- saranno emesse disposizioni di servizio che regoleranno la modalità ed il tempo di permanenza all'interno delle cabine elettriche, comunque accessibili solo al personale qualificato;
- le zone ad elevata e perdurante presenza di personale (uffici, sale riunioni, sale controllo, aree di lavoro, mensa), i limiti di radiazione rientrano nei parametri obiettivo di 3  $\mu$ T;

In ogni caso, eventuali carenze, rilevabili in occasione delle prove reali iniziali di avviamento, saranno affrontate con provvedimenti di mitigazione aggiuntiva (p.es. con l'apposizione di schermi).

Durante le prove reali di avviamento dell'impianto saranno effettuate le prove strumentali con strumentazione certificata.

La strumentazione utilizzata e le tecniche di misurazione saranno coerenti con le indicazioni delle Guide CEI 211-6 e 211-7.

Tali prove saranno ripetute con cadenza quadriennale salvo anticipo in caso di rilevanti interventi alla configurazione dell'impianto.

## BILANCIO DI MASSA

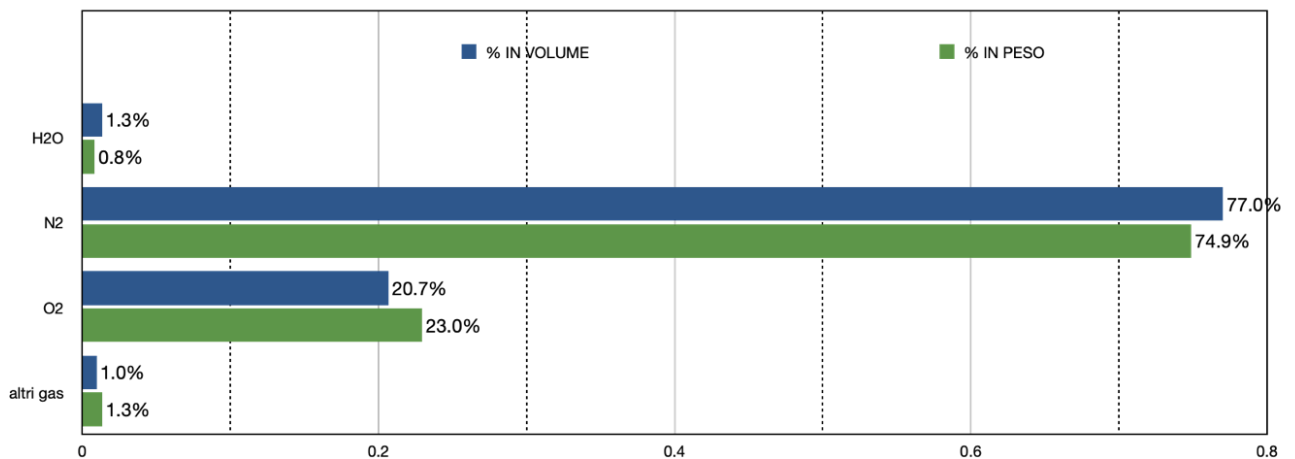
### CARATTERISTICHE DELL'ARIA

Al fine del calcolo del bilancio di massa, è necessario definire le caratteristiche medie dell'aria comburente.

Le caratteristiche dell'aria sono state definite utilizzando le serie storiche dei dati disponibili della Stazione Meteorologica dell'Aeronautica Militare di Ginosa Marina.

Caratteristiche dell'Aria

<b>Elevazione s.l.m.</b>	82.0 m	100'349 Pa local pressure	1'003 hPA (millibar)	100'349 Pa design	
<b>Temperatura (media annuale)</b>	16.2 °C media progetto	289.35 K media progetto			
<b>Umidità relativa</b>	72.7% RH media progetto	72.7 % RH			
<b>Velocità del vento al suolo (3m)</b>	5 m/s	45 m altezza camino	7.4 m/s		
<b>Pressione aria secca (P<sub>dry</sub>)</b>	99'009 Pa	990 millibar			
<b>Pressione di saturazione del vapore (P<sub>ws</sub>)</b>	1'843 Pa	18 millibar			
<b>Pressione del vapore (P<sub>w</sub>)</b>	1'340 Pa	13 millibar			
<b>Punto di rugiada (T<sub>s</sub>)</b>	11.3 °C	0.8 γ	17.625 a Magnus Coef.	243.040 b Magnus Coef.	
<b>Temperatura bulbo umido (T<sub>w</sub>)</b>	13.0 °C	286.2 K			
<b>Umidità assoluta</b>	0.0084 kg H2O /kg dry air	8.4 gr H2O /kg dry air			
<b>Densità dell'aria</b>	1.2020 kg/m <sup>3</sup>	1'202 g/m <sup>3</sup>	1.1920 kg/m <sup>3</sup> dry air	0.0100 kg/m <sup>3</sup> H2O	
<b>Entalpia</b>	44.8 kJ/m <sup>3</sup>	37.3 kJ/kg	19.4 kJ/m <sup>3</sup>	25.4 kJ/m <sup>3</sup>	
<b>COMPOSIZIONE</b>	kg/m <sup>3</sup>	mol/m <sup>3</sup>	% in volume	gr/mol	% in peso
<b>H2O</b>	0.0100325	0.5569	1.3%	18.015580	0.83%
<b>N2</b>	0.9002038	32.1347	77.0%	28.013480	74.89%
<b>O2</b>	0.2759052	8.6222	20.7%	31.999400	22.95%
<b>altri gas</b>	0.0159068	0.3992	1.0%	39.845414	1.32%
<b>TOTALE</b>	1.2020484	41.7130	100.0%	28.817144	100.00%



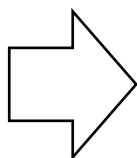
## BILANCIO DELLE SOSTANZE IN INGRESSO E IN USCITA

Il bilancio di massa è calcolato sulla base dell'analisi effettuata sulle caratteristiche del CSS-C previsto in ingresso all'impianto, considerando la quantità di materiale necessario per raggiungere la potenza di picco di **90 MW termici**.

Dalle analisi effettuate su 10 campioni di CSS-C, si evidenzia che il potere calorifico inferiore del materiale in ingresso alla centrale è di 27100 kJ/kg, circa 7.53 kWh/kg. La quantità di CSS-C utilizzato per raggiungere la potenza di picco di 90 MW termici e pertanto calcolabile in 11956 kg/ora.

### Sostanze in ingresso

Elemento	Massa kg/sec	Massa kg/h
C	1.8385	6'619
H	0.2661	958
O	0.6327	2'278
N	0.0170	61
S	0.0000	0
Cl	0.0174	62
H <sub>2</sub> O	0.2766	996
Hg	0.0000	0.0011
Metalli	0.0005	1.9567
Minerali	0.2722	980
Calce	0.0052	18.6565
Carboni Attivi	0.0003	0.9328
Totale aria	69.7169	250'981
Aria stechiometrica	27.7757	99'992
Aria di diluizione	41.9413	150'989
<b>TOTALE</b>	<b>73.0434</b>	<b>262'956</b>



### Sostanze in uscita

Elemento	Massa kg/sec	Massa kg/h	% su ingresso	destinazione
CO <sub>2</sub>	6.7367	24'252	99.59%	GAS ESAUSTI in atmosfera
H <sub>2</sub> O	3.2321	11'635		
N <sub>2</sub>	52.2266	188'016		
O <sub>2</sub>	9.6267	34'656		
Altri gas	0.9226	3'321		
Metalli	0.0005	1.9567	0.00%	riciclo
Ceneri pesanti	0.2722	980	0.37%	discarica inerti
Ceneri leggere	0.0261	94	0.04%	discarica
<b>TOTALE</b>	<b>73.0434</b>	<b>262'956</b>	<b>100%</b>	



## BILANCIO DI ENERGIA

### ENERGIA DISPONIBILE

La quantità di energia utilizzabile dalla centrale termoelettrica è rappresentata dal prodotto fra la quantità di CSS-C disponibile all'impianto ed il suo potere calorifico inferiore.

Il potere calorifico inferiore del CSS-C di Ecologicistic, in base alle analisi effettuate su una serie di 10 campioni raccolti fra novembre e dicembre 2023, ed emesso il 3 gennaio 2024, da un laboratorio indipendente ed accreditato, è risultato essere pari a 27.1 MJ/kg, ovvero 7.53 kWh/kg, di CSS-C.

Risultato in linea anche con le analisi precedentemente effettuate sullo stesso materiale.

L'energia primaria disponibile su base annua è pertanto calcolata come:

$$85'000 \text{ ton/anno di CSS-C} \times 7.53 \text{ kWh/kg} = \mathbf{640'050 \text{ MWh termici}}$$

Una parte dell'energia termica contenuta nella materia prima è utilizzata per favorire i processi necessari ai sistemi di filtrazione per la pulizia dei gas esausti, prima della loro immissione in atmosfera, ed una parte è costituita dalle perdite termiche tecniche del sistema, per un totale complessivo di circa il 15% dell'energia disponibile.

L'energia termica primaria, effettivamente disponibile per la centrale termoelettrica e finalizzata allo sfruttamento energetico, è pertanto calcolata in:

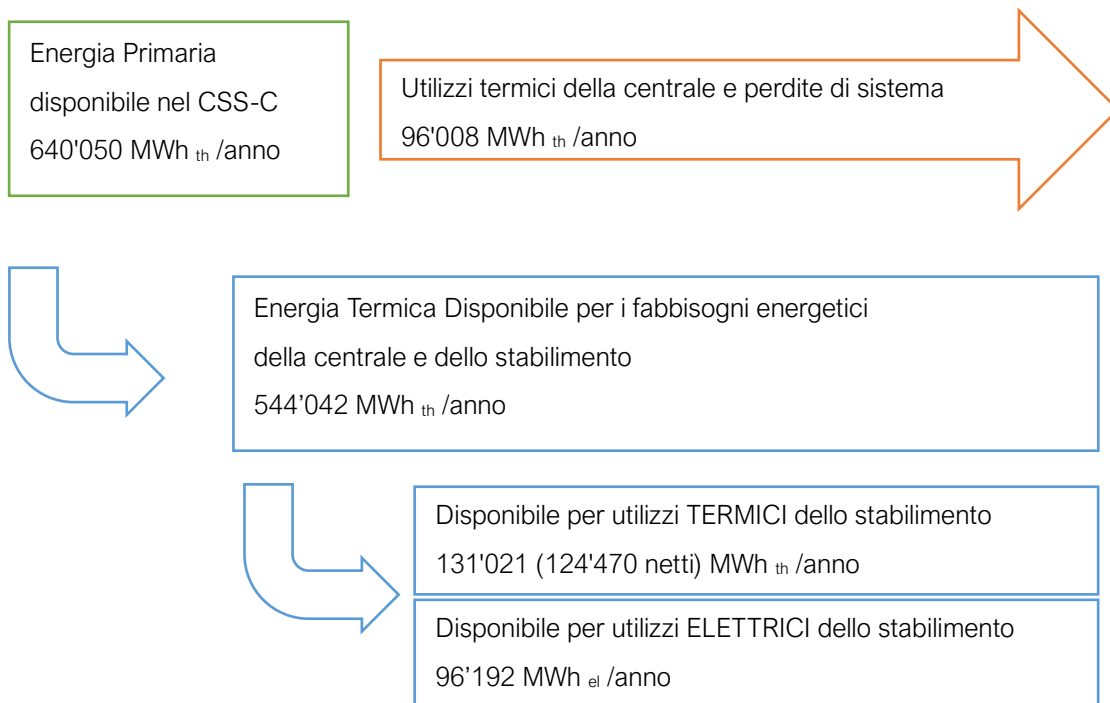
$$\mathbf{544'042 \text{ MWh termici su base annua.}}$$



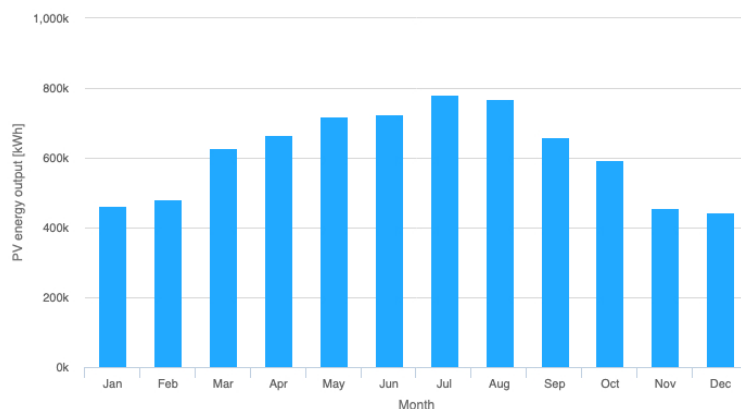
Al netto degli autoconsumi elettrici, la centrale termoelettrica potrà distribuire ai differenti utilizzatori elettrici e termici dello stabilimento la restante parte dell'energia disponibile.

In particolare, potrà:

- Trasformare circa il 23.29% dell'energia termica disponibile in energia elettrica netta disponibile allo stabilimento.
- Utilizzare una parte dell'energia termica disponibile, direttamente per gli utilizzi termici legati al processo produttivo, con efficienze > 95%.



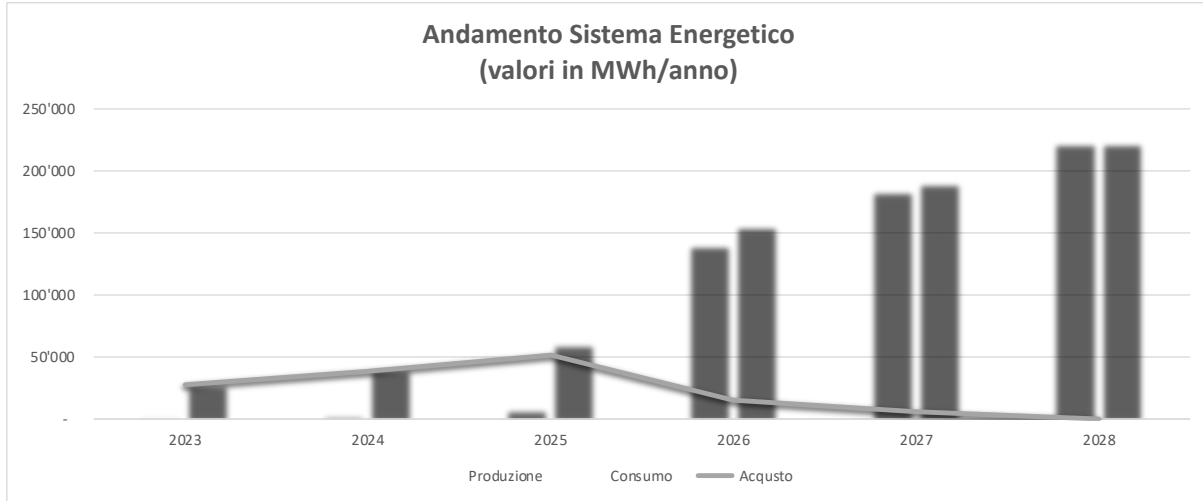
Alla produzione di energia elettrica prodotta dalla centrale termoelettrica, si somma l'energia elettrica prodotta dal campo fotovoltaico dello stabilimento, con potenza nominale di 5200 kWp, calcolata in 7380 MWh su base annua a pieno rendimento, con la seguente curva di produzione:



## PRODUZIONE E CONSUMO

La seguente tabella riporta le previsioni di produzione e consumo delle differenti fonti di energia utilizzate all'interno dello stabilimento:

PERIODO DI RIFERIMENTO (ANNO)	2023	2024	2025	2026	2027	2028
<i>Giorni lavorati all'anno</i>	254	306	313	313	313	313
<i>Ore lavorate al giorno</i>	16	18	24	24	24	24
<b>Ore lavorate all'anno</b>	<b>4064</b>	<b>5508</b>	<b>7512</b>	<b>7512</b>	<b>7512</b>	<b>7512</b>
<b>PRODUZIONE ELETTRICA</b>						
<i>Produzione fotovoltaica (MWh/anno)</i>		1'845	7'380	7'306	7'232	7'159
<i>Produzione centrale netta (MWh/anno)</i>		-	-	57'715	76'954	96'192
<i>Energia utilizzata per l'idrogeno (MWh/anno)</i>	-	-	-	-	1'554	14'286
<b>Energia elettrica disponibile (MWh/anno)</b>	<b>-</b>	<b>1'845</b>	<b>7'380</b>	<b>65'021</b>	<b>82'632</b>	<b>89'065</b>
<b>PRODUZIONE TERMICA</b>						
<b>Energia termica disponibile @ 310°C (MWh/anno)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>74'682</b>	<b>99'576</b>	<b>124'470</b>
<b>PRODUZIONE IDROGENO</b>						
<i>Idrogeno prodotto (kg/anno)</i>	-	-	-	-	27'975	257'167
<b>Energia nell'idrogeno disponibile (MWh/anno)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>932</b>	<b>8'571</b>
<b>CONSUMI ELETTRICI DI STABILIMENTO</b>						
<i>UtENZE installate (MW)</i>	12.80	12.80	12.80	17.80	17.80	17.80
<i>Potenza media utilizzata (MW)</i>	4.70	5.00	5.72	10.00	11.00	11.86
<b>Consumi elettrici (MWh/anno)</b>	<b>19'101</b>	<b>27'540</b>	<b>42'991</b>	<b>75'120</b>	<b>82'632</b>	<b>89'065</b>
<b>CONSUMI TERMICI DI STABILIMENTO</b>						
<b>Consumi termici (MWh/anno)</b>	<b>6'000</b>	<b>9'000</b>	<b>11'700</b>	<b>74'682</b>	<b>99'576</b>	<b>124'470</b>
<b>CONSUMI MOVIMENTAZIONE STABILIMENTO</b>						
<b>Macchine di movimentazione (MWh/anno)</b>	<b>2'696</b>	<b>3'586</b>	<b>4'476</b>	<b>5'393</b>	<b>6'982</b>	<b>8'571</b>
<b>ACQUISTO DI ENERGIA DAL MERCATO</b>						
<i>Energia Elettrica (MWh/anno)</i>	19'101	25'695	35'611	10'099	-	-
<i>Energia Termica (MWh/anno)</i>	6'000	9'000	11'700	-	-	-
<i>Gasolio Autotrazione (MWh/anno)</i>	2'696	3'586	4'476	5'393	6'050	-
<b>Totale energia acquistata sul fabbisogno</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>	<b>88%</b>	<b>10%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>



## ENERGIA ELETTRICA

I consumi elettrici sono attribuibili proporzionalmente alle percentuali indicate, ai seguenti centri di costo:

- Selezione plastiche 10 %
- Produzione di CSS-C 20 %
- Realizzazione di prodotti riciclati 60 %
- Servizi generali 10 %

L'incremento dei consumi elettrici nel periodo 2025-2028 è legato sia ad un incremento delle ore lavorate, che all'installazione di ulteriori linee per la realizzazione di prodotti riciclati, necessarie per rispondere alle crescenti richieste di imballaggi da parte del mercato locale.

## ENERGIA TERMICA

I consumi termici sono prevalentemente legati ai sistemi di lavaggio dei materiali in ingresso ed al sistema di depurazione dell'acqua di processo.

L'elevato incremento dei consumi termici è prodotto da un diverso sistema di depurazione delle acque reflue, che ne prevede il totale riutilizzo attraverso un ciclo di depurazione per evaporazione, in grado di ridurre in modo significativo l'utilizzo e di conseguenza lo smaltimento di acqua da parte dello stabilimento.

L'energia termica prodotta dalla centrale sostituirà interamente il fabbisogno di consumo di metano.

## IDROGENO PER AUTOTRAZIONE

L'idrogeno prodotto sarà utilizzato in parte dalla centrale termoelettrica per alimentare i sistemi di preriscaldamento degli ossidatori ed in parte in sostituzione del gasolio attualmente utilizzato per la movimentazione dei carrelli elevatori nello stabilimento.

L'idrogeno prodotto dalla centrale sostituirà interamente il fabbisogno di consumo di gasolio.