

**TRACTEBEL ENGINEERING S.p.A.**

Lungotevere Arnaldo da Brescia, 12 – 00196 Rome – ITALY  
tel. +39 06 203990 - fax +39 06 203990 16  
engineering-it@tractebel.engie.com  
tractebel-engie.com

**TECHNICAL NOTE**



**Our ref.:** ROS2017/4NT/0464323/000/00

**TS:**

**Imputation:** P.008561/2004



**INTERNAL**

**Client :** SOLVAY CHIMICA ITALIA SPA  
**Project :** Rosen2017 Conver. phase A  
**Subject :** RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO  
**Comments:**

00	2016 05 04	PRL	*A. Coppola	*E. Candido	*P. Palmieri	
REV.	11/11/2016	STAT.	WRITTEN	VERIFIED	APPROVED	VALIDATED

\* This document is fully electronically signed on 2016 05 04.

## SOMMARIO

<b>1. SISTEMAZIONE GENERALE DI IMPIANTO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Descrizione generale della nuova configurazione di impianto .....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Configurazione attuale dell'impianto.....	3
1.1.2. Configurazione futura dell'impianto .....	3
<b>1.2. Caratteristiche progettuali del sito .....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Condizioni del sito di riferimento.....	4
<b>1.3. Combustibile.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Sistemazione generale di impianto .....</b>	<b>6</b>
1.4.1. Cabinato turbina a gas e cabinato alternatore .....	6
<b>2. CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI COMPONENTI .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Turbina a gas .....</b>	<b>9</b>
2.1.1. Descrizione della turbina a gas .....	9
2.1.2. Foglio dati turbina a gas .....	12
2.1.3. Strumentazione della turbina a gas .....	13
2.1.4. Sistema di controllo, monitoraggio e protezione .....	14
<b>2.2. Generatore .....</b>	<b>17</b>
2.2.1. Descrizione generale.....	17
2.2.2. Foglio dati alternatore preliminare.....	18
2.2.3. Sistema di eccitazione e regolazione di tensione.....	19
<b>2.3. Sistema di aspirazione aria .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. Caldaia a recupero .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. Sistema elettrico .....</b>	<b>23</b>
2.5.1. Prestazioni delle singole unità.....	23
2.5.2. Trasformatore elevatore .....	23

2.5.3.	Barre di fase isolate (IPB, Isolated Phase Busbar) .....	24
2.5.4.	Cavi elettrici da 132 kV .....	24
2.5.5.	Interruttore del generatore (GCB - Generator Circuit Breaker) .....	24
2.5.6.	Trasformatore di unità (UAT – Unit Auxiliary Transformer) .....	25
2.5.7.	L’edificio elettrico .....	26
<b>2.6.</b>	<b>Modifiche agli ausiliari di impianto</b> .....	<b>26</b>
2.6.1.	Sistema di raffreddamento acqua di torre .....	27
2.6.2.	Sistema di acqua demineralizzata .....	27
2.6.3.	Sistema di estrazione condensato .....	27
2.6.4.	Sistema aria compressa .....	28
<b>2.7.</b>	<b>Nuove tubazioni e strutture di supporto</b> .....	<b>29</b>
2.7.1.	Tubazione vapore bassa pressione .....	30
2.7.2.	Tubazione acqua demineralizzata .....	31
<b>2.8.</b>	<b>Lavori di Strumentazione e controllo</b> .....	<b>31</b>
2.8.1.	Interventi relativi alla nuova Turbina a gas TG1 .....	31
2.8.2.	Interventi relativi all’ automazione degli ausiliari .....	32
<b>3.</b>	<b>PRESTAZIONI DI IMPIANTO</b> .....	<b>34</b>
3.1.	Sistema vapore .....	34
3.2.	Consumi elettrici .....	36
<b>4.</b>	<b>IMPATTO AMBIENTALE</b> .....	<b>37</b>
4.1.	Dispositivi e provvedimenti adottati per la limitazione degli impatti .....	37
4.2.	Rilasci gassosi .....	37
4.3.	Rumore .....	39
<b>5.</b>	<b>OPERAZIONE</b> .....	<b>40</b>
5.1.	Modi di funzionamento .....	40
5.1.1.	Avviamento e spegnimento automatico .....	40
5.1.2.	Spegnimento di emergenza (trip) .....	41
5.1.3.	Regolazione di frequenza di rete .....	41
5.1.4.	Carico minimo stabile .....	41
5.1.5.	Carico minimo ambientale .....	42
5.1.6.	Rifiuto totale di carico .....	42
5.1.7.	Funzionamento in isola .....	42
<b>6.</b>	<b>ALLEGATI</b> .....	<b>43</b>
6.1.	Elenco allegati .....	43

# 1. SISTEMAZIONE GENERALE DI IMPIANTO

## 1.1. Descrizione generale della nuova configurazione di impianto

Oggetto della presente relazione è la centrale termoelettrica ROSEN, sita all'interno del complesso industriale Solvay di Rosignano, in via Piave 6 – Rosignano Solvay 57013 (Livorno).

Lo stabilimento Solvay realizza prodotti chimici fondamentali per vari comparti industriali (principalmente soda caustica, bicarbonato e carbonato di sodio), la cui produzione richiede un elevato quantitativo di energia elettrica e termica.

La centrale ROSEN è una centrale di cogenerazione a gas naturale, entrata in servizio nel Luglio 1997, la quale garantisce una produzione di potenza elettrica di 356 MW e una produzione nominale di vapore di 410 t/h (destinato a Solvay).

La sensibile riduzione della produzione dello stabilimento Solvay e la contemporanea cessazione nel 2017 del regime incentivante CIP 6 con il quale la Centrale ha esercitato dalla sua realizzazione e dispacciato l'energia elettrica prodotta con collocamento prioritario sulla Rete Elettrica Nazionale creano le condizioni per introdurre una riconversione della Centrale. Di seguito vengono descritte le modalità con le quali si prevede di introdurre le modifiche in accordo al nuovo scenario produttivo

### 1.1.1. Configurazione attuale dell'impianto

Il vapore prodotto dalla centrale è fornito a Solvay a due differenti livelli di pressione: HP (40 barg) e MP (14 barg).

Nella sua configurazione attuale, la centrale è principalmente composta da:

- 2 Turbogas Ansaldo Energia da 150 MWe, modello AE94.2;
- 2 Caldaie a Recupero Ansaldo Caldaie, con produzione di energia termica in forma di vapore ottenuto dai gas esausti del turbogas, a tre livelli: Alta Pressione (HP = 70 barg), Media Pressione (MP = 14 barg) e Bassa Pressione (LP = 3 barg);
- 1 Turbina a vapore Ansaldo Energia da 80 MWe in piena condensazione alimentata dai flussi di alta e bassa pressione;
- 1 condensatore ad acqua e torri di raffreddamento;
- Linee vapore surriscaldato a 40 barg e 14 barg dirette a Solvay, provenienti dalla turbina a vapore o direttamente dai generatori di vapore a recupero tramite le linee di bypass 70-40 barg e 70-14 barg. Il vapore di media pressione prodotto dai GVR viene convogliato nei collettori a 14 barg verso Solvay.

### 1.1.2. Configurazione futura dell'impianto

A seguito del cambiamento dello scenario produttivo del 2017 previsto per lo stabilimento Solvay, l'impianto ROSEN sarà soggetto a una riconversione che comporterà la possibilità di produrre il vapore necessario con uno solo gruppo grazie al potenziamento della taglia della turbina a gas.

In particolare, la futura configurazione dell'impianto comporterà:

- Sostituzione del turbogas GT-1 esistente con una nuova unità di potenza superiore, pari a 176 MWe in condizioni ambientali ISOArresto definitivo dell'esistente turbina a vapore ST;
- Mantenimento della caldaia a recupero HRSG-1 per la produzione di vapore, totalmente destinato a Solvay;
- Turbogas GT-2 e caldaia a recupero HRSG-2 in assetto "cold stand-by", da utilizzarsi come back-up in caso di fermata della GT-1 e HRSG-1.

L'arresto definitivo della turbina a vapore richiede inoltre una riconfigurazione del sistema di produzione del vapore con l'inserimento di una nuova linea vapore di bassa pressione 0,2 bar da un minimo di 8 t/h a un massimo di circa 18 t/h diretta a Solvay, in aggiunta alle esistenti linee da 40 e 14 barg.

La riconfigurazione dell'impianto comporterà, inoltre, modifiche ai sistemi ausiliari. In particolare si realizzerà:

- Riconfigurazione del sistema di produzione dell'aria strumentale, con l'inserimento di un nuovo compressore aria;
- Modifiche alle linee di acqua demineralizzata;
- Integrazione dei segnali provenienti dalla nuova strumentazione verso gli esistenti sistemi di controllo (DCS).
- Interventi sul sistema di raffreddamento acque di circolazione

## 1.2. Caratteristiche progettuali del sito

### 1.2.1. Condizioni del sito di riferimento

Temperatura massima aria	35 °C
Temperatura minima aria	-5 °C
Umidità relativa media (estate/inverno)	70% - 40%
Ambiente	Industriale
Altezza attuale del sito	8,40 m.s.l.m
Pressione atmosferica	1010 mbar
Vento	10 km/h
Pioggia precipitazione massima (mm in 2 h)	50
precipitazione di riferimento (mm/h)	1,1
Neve	Zona 3
Sismicità	Zona 3

## 1.3. Combustibile

Il combustibile utilizzato dalla turbina a gas è gas naturale, fornito dalla rete adiacente SNAM, con le seguenti caratteristiche.

Pressione Circa 45 barg (max 75 barg)

Temperatura 5 ÷ 15 °C

Prima di entrare nel turbogas, il gas naturale viene riscaldato al fine di evitare il fenomeno della condensazione e successivamente depressurizzato per mezzo della stazione di riduzione di pressione esistente. Le condizioni del gas all'uscita della stazione di riduzione della pressione ed in ingresso alla turbina a gas, saranno:

- Pressione = 21 barg
- Temperatura  $\geq 5$  °C

Una filtrazione del gas viene anche effettuata attraverso filtri 2x100% (uno in funzione e uno in riserva), aventi la seguente classe di filtrazione:

- 100% particelle solide  $\geq 5$   $\mu\text{m}$
- 100% particelle solide  $> 5$   $\mu\text{m}$

La composizione del gas prevista sarà la seguente:

Parametro	% vol
C6+	0,015
CO2	0,474
C2H6	4,035
C3H8	0,692
i-C4H10	0,093
n-C4H10	0,119
neo-C5H12	0,000
i-C5H12	0,028
n-C5H12	0,021
N2	0,964
CH4	93,529
HHHV	39029 (kJ/Sm3)
LHV	35198 (kJ/Sm3)

Il consumo medio annuale previsto nella nuova configurazione con la sola GT-1 in marcia è di circa 436.492.000 Sm3/anno.

Anche la fase di accensione è a gas naturale.

## 1.4. Sistemazione generale di impianto

La nuova GT-1 ed il suo alternatore verranno installati al posto di quelli esistenti, senza implementare alcuna modifica alle fondazioni.

Il progetto prevede la sostituzione del cabinato elettrico della GT-1 esistente con uno nuovo, che ospita i nuovi quadri elettrici e di controllo della turbina a gas.

I nuovi quadri necessitano di uno spazio di installazione maggiore rispetto a quelli esistenti, non consentendo di replicare esattamente il layout dell'attuale sala quadri. Questo comporta lo spostamento dei tre nuovi trasformatori ausiliari al di fuori della sala macchine, in prossimità del trasformatore elevatore, non potendo essere installati nel nuovo cabinato. In questo modo si assicura il mantenimento del passaggio dei mezzi di movimentazione per la manutenzione nello spazio tra le due turbine a gas e il completo riutilizzo delle fondazioni del cabinato elettrico esistente non dovendo apportare modifiche per ingrandire la nuova sala quadri.

Inoltre, il sistema olio di lubrificazione verrà posizionato lateralmente alla GT-1 (nell'area resa disponibile una volta rimosso il sistema di alimentazione ad olio combustibile), per aumentare la manutenibilità ed accessibilità del sistema, superando quindi la vecchia sistemazione impiantistica che lo vedeva installato in prossimità dell'albero intermedio, tra il generatore ed il compressore.

In aggiunta, al fine di contenere il rumore generato dal nuovo turbogas ed in linea con i nuovi standard di installazione delle turbine a gas, la nuova macchina verrà ospitata all'interno di un cabinato completamente chiuso da pannelli fonoassorbenti.

### 1.4.1. Cabinato turbina a gas e cabinato alternatore

Il cabinato che ospiterà la nuova TG-1 è dotato di un sistema di estrazione aria dall'interno del cabinato.

Tale sistema è composto da un canale che convoglia aria dal cabinato verso l'esterno e da due unità di estrazione d'aria, ciascuna in grado di garantire il 100% del flusso totale richiesto (una unità in riserva).

Ogni unità di estrazione è composta da:

- Regolatore manuale ON-OFF
- Ventilatore centrifugo di aria esausta a singola velocità, di tipo EEXD
- Serranda di aerazione a gravità
- Silenziatore di aspirazione
- Griglia a prova di agenti atmosferici
- Flussometro

L'aria, proveniente dalla centrale di alimentazione, entra nel cabinato attraverso le aperture situate sulla parete laterale del cabinato stesso. Tali aperture sono dotate di silenziatore e di serrande tagliafuoco ad attuazione pneumatica, controllate dal Sistema di estinzione a CO<sub>2</sub>.

Una serranda tagliafuoco è installata anche all'uscita dell'aria del cabinato; l'aria esce quindi dal canale e dalle unità di estrazione e viene infine scaricata in area sicura.

Nel caso in cui il sistema di rilevazione gas posto all'interno del cabinato individui una concentrazione pari al 15% del limite inferiore di esplosività (LEL), viene automaticamente attuata la seconda unità di estrazione usualmente in riserva, in modo tale da aumentare il numero dei ricambi d'aria nel cabinato della GT-1.

Qualora, nonostante ciò, venga raggiunta la soglia del 30% del LEL, la turbina a gas viene immediatamente arrestata, mentre il sistema di ventilazione resta attivo.

Anche il nuovo alternatore verrà dotato di cabinato ventilato. In particolare si prevede l'installazione in sala macchine di un set di ventilatori che garantiscono la circolazione dell'aria all'interno di esso, aiutando quindi il raffreddamento del generatore. Come per la turbogas, anche il cabinato del generatore sarà dotato di sistema di spegnimento a CO<sub>2</sub>.

La parte di layout riportata in figura 1 mostra come sarà la nuova sistemazione impiantistica di GT-1 e dei suoi ausiliari.

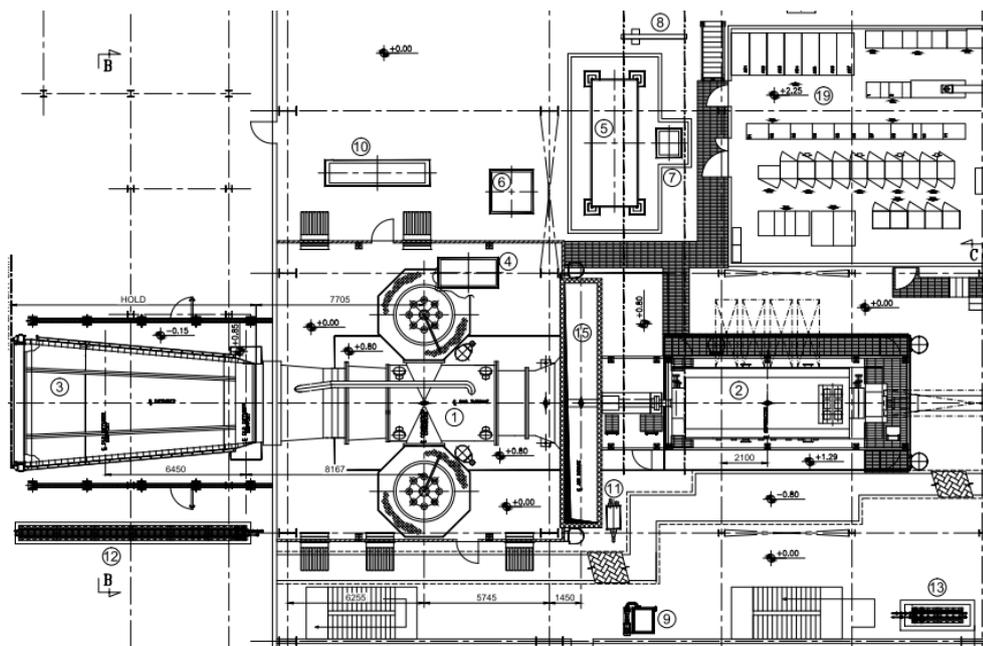


Figura 1 – Nuova GT-1, alternatore ed ausiliari – layout

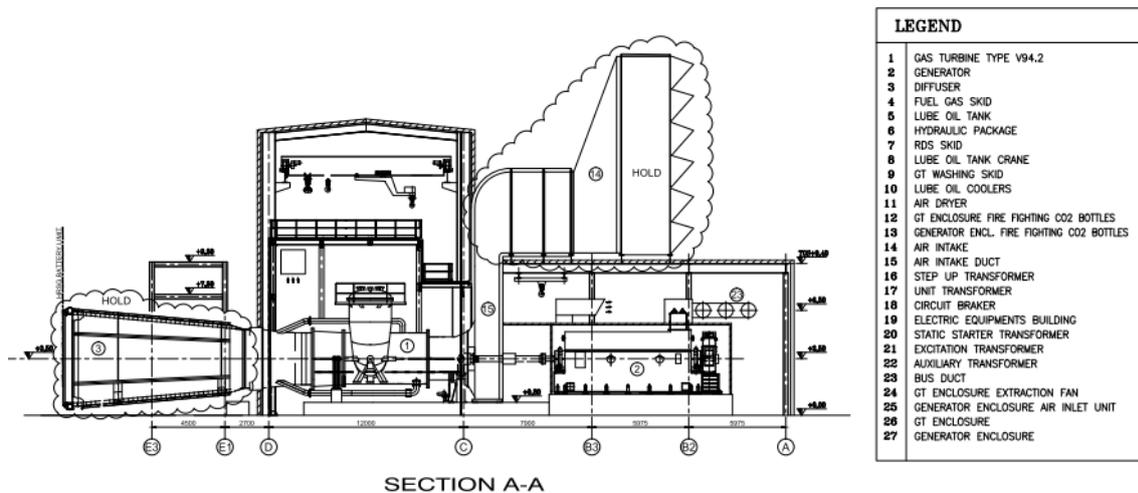


Figura 2 – Nuova GT-1, alternatore ed ausiliari – sezione

## 2. CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI COMPONENTI

Di seguito vengono descritte le caratteristiche dei principali componenti dell'impianto nella sua configurazione futura.

### 2.1. Turbina a gas

#### 2.1.1. Descrizione della turbina a gas

La turbina a gas Ansaldo AE94.2 scelta per il progetto di riconversione dell'impianto, è una turbina robusta, progettata per il funzionamento a 50 Hz ad asse singolo, avviamento da freddo, due camere di combustione e un espansore a 4 stadi.

E' da sottolineare che le caratteristiche dimensionali della turbina sono analoghe a quelle della turbina attualmente installata, così come la distribuzione dei carichi sulle fondazioni esistenti. Questo dato consente il completo riutilizzo delle strutture di fondazione esistenti.

L'aria ambiente entra nel compressore attraverso un sistema di aspirazione, costituito dal condotto di aspirazione e da filtri adatti al funzionamento alle condizioni del sito. L'aria compressa è poi diretta ai bruciatori, posizionati nella parte alta di ciascuna camera di combustione. La combustione del gas naturale avviene in due camere simmetriche, montate verticalmente su ambo i lati della turbina e dotate ciascuna di 8 bruciatori.

I gas di combustione caldi attraversano quindi la turbina, dove la loro entalpia viene convertita in energia meccanica. Il generatore elettrico è accoppiato al lato del compressore del rotore della turbina a gas attraverso un albero intermedio.

I gas esausti sono infine scaricati attraverso un diffusore assiale a pressione atmosferica. A valle del diffusore, i gas caldi vengono usati per la produzione di vapore nella caldaia a recupero.

##### 2.1.1.1. CARATTERISTICHE MECCANICHE

La turbina a gas AE94.2 è ad asse singolo e include un compressore assiale a 16 stadi e un espansore a 4 stadi, aventi stesso rotore.

Le prime pale statoriche e rotoriche della turbina sono raffreddate ad aria. Quest'ultima è costituita da una porzione di aria estratta dal compressore, la quale fluisce verso le parti interne del rotore per mezzo di fori localizzati nell'incavo dell'asse.

L'aria è diretta al canale delle pale e alla sezione attiva delle pale del primo stadio del rotore. L'aria di raffreddamento, dopo aver attraversato le pale, viene scaricata nella corrente dei gas caldi.

Per evitare il sovraccarico del compressore quando la velocità è inferiore al valore consentito, la turbina a gas è dotata di valvole di spurgo per l'estrazione dell'aria dagli stadi terminali del compressore.

Il rotore consiste in una sezione frontale, sedici dischi del compressore, una sezione cava centrale, quattro dischi dell'espansore e una sezione terminale, unite tramite una singola barra centrale.

Ciascun disco del rotore è dotato di denti radiali ad ambo i lati. Il rotore risultante da tale costruzione è autosostenente e leggero, tale da poter essere sostenuto da due cuscinetti, uno alla sezione frontale ed uno a quella terminale. I due cuscinetti sono sistemati esternamente alla regione pressurizzata.

La cassa della turbina è duplice, in modo da separare le funzioni di resistenza alla pressione ed ai carichi termici: la cassa esterna, relativa alle parti esterne della GT e costituita da un'unica sezione, e la cassa interna, nella parte intermedia della GT, formata da due sezioni.

I gas esausti sono scaricati dalla turbina per mezzo di un condotto di scarico assiale che combina i vantaggi di geometria semplice e perdite di carico basse.

Inoltre, al fine di facilitare la connessione di un'ottima geometria del diffusore di gas esausti con la caldaia a recupero senza significativi cambi di direzione, il generatore è spinto dalla sezione terminale (fredda) del compressore.

La turbina a gas è sostenuta sulle fondazioni da due supporti lato compressore, due lato espansore ed una guida di centratura. I supporti lato compressore costituiscono il punto fisso della macchina, mentre quelli lato espansore sono flessibili nel piano orizzontale.

La guida di centratura, posizionata nella parte inferiore della cassa turbina, ha lo scopo di centrare le unità nella direzione assiale.

#### 2.1.1.2. CAMERA DI COMBUSTIONE E BRUCIATORI

La turbina a gas AE94.2 è fornita di due camere di combustione a silo, montate verticalmente sui lati della turbina a gas e connesse alle flange laterali della cassa esterna della turbina. Questa disposizione della camera di combustione garantisce una buona accessibilità per l'ispezione di tutti i componenti e, laddove richiesto, facilità di assemblaggio e di smantellamento.

L'aria estratta dal compressore viene riscaldata fino alla temperatura di ingresso in turbina nella camera di combustione attraverso la combustione del gas naturale.

Nella zona di fiamma, dove le temperature del gas sono particolarmente alte, sono impiegati rivestimenti ceramici interni. La portata di aria di raffreddamento agisce come barriera tra il rivestimento esterno e il gas caldo.

La configurazione della camera di combustione a silo comporta che ci siano due percorsi concentrici di flusso: uno dal compressore alla camera di combustione e uno dalla camera di combustione alla turbina, garantendo una velocità di flusso relativamente bassa e quindi una caduta di pressione minima.

La cassa esterna è progettata per resistere alla pressione interna, la cassa interna alle alte temperature. L'aria pressurizzata estratta dal compressore circola attorno al gas caldo e la cassa interna è raffreddata tramite lo scambio di calore.

Ciascuna camera di combustione, provvista di un rivestimento refrattario interno, è dotata di 8 bruciatori separati.

L'aerodinamica del bruciatore è data da due zone concentriche dette "swirler", di cui uno posto assialmente e uno diagonalmente.

La maggior parte dell'aria primaria richiesta per la combustione viene fornita attraverso lo swirler diagonale e poi da qui alimentata alla zona di combustione. La parte rimanente di aria viene fornita allo swirler assiale.

Il bruciatore a singolo combustibile è dotato di tre sistemi per l'iniezione del gas:

- Ugelli del bruciatore distributore, per l'operazione di diffusione del gas
- Ugello per il gas pilota, per stabilizzare la fiamma durante l'operazione di premiscelazione
- Bruciatore a premix

Gli ugelli del distributore del gas sono localizzati a monte dello swirler assiale. Nella stessa area sono presenti delle piccole zone di passaggio per il gas pilota. Mentre la parte interna del bruciatore è progettata per l'operazione di diffusione, lo swirler diagonale è progettato per l'operazione di premiscelazione.

Il gas premix è alimentato attraverso piccoli fori all'interno dello swirler diagonale.

Durante il funzionamento a premiscelazione (che avviene in tutto il range di carico con l'eccezione del solo avviamento fino al raggiungimento dei giri nominali), il gas viene miscelato con l'aria di combustione a monte dello swirler diagonale. Il combustibile è alimentato dal canale premix, fluisce attraverso il distributore ed il bruciatore a premix e si miscela con l'aria di combustione. Una piccola quantità di gas, detto pilota, viene bruciata in modalità diffusiva per migliorare la stabilità della fiamma, attraverso gli ugelli del gas pilota.

L'ottima distribuzione di aria e combustibile, che è tipica della combustione con premiscelazione, evita di avere zone con composizione stechiometrica e temperatura di fiamma locale elevata, riducendo la formazione di ossidi di azoto.

La fiamma premiscelata è stabile al di sopra del 41% del carico base del GT, pertanto si utilizza la fiamma a diffusione in fase di avviamento.

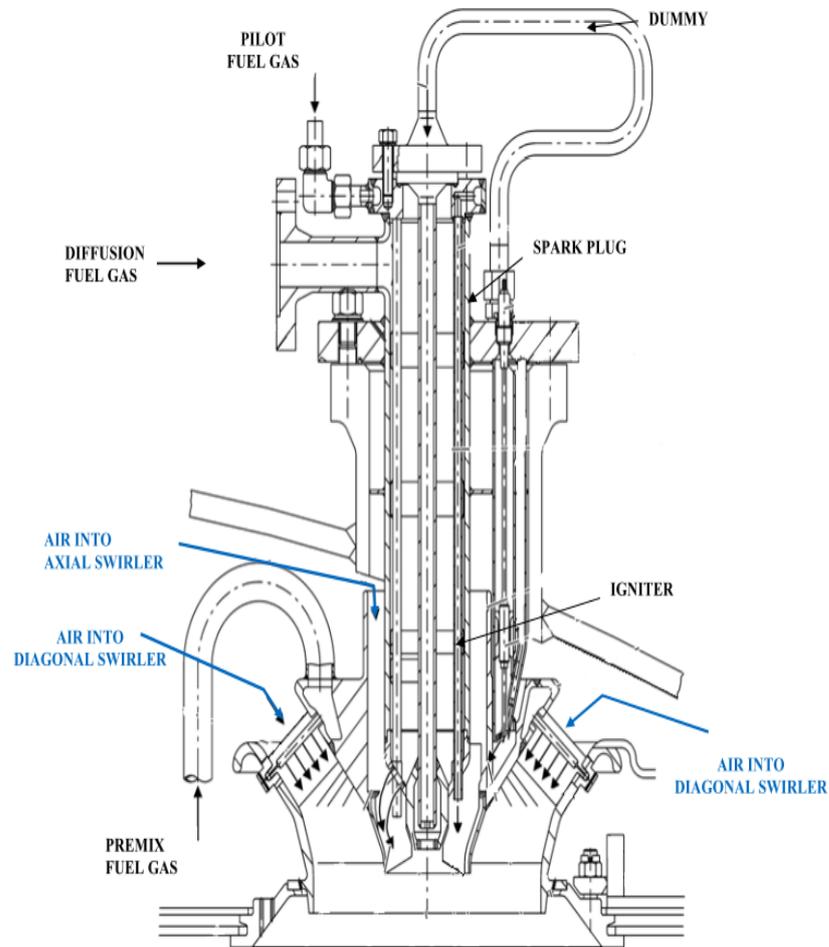


Figura 3 – Tipico Bruciatore

## 2.1.2. Foglio dati turbina a gas

### Compressore

Numero di stadi	16
Tipo di costruzione del rotore	Multi-disco con serraggio a denti e barra centrale
Numero di stadi con schiera mobile	1
Valvole di blow-off	n° 2 al 5° stadio n° 1 al 10° stadio
Rapporto di compressione	12

### Sistema di combustione

Tipo di camera di combustione	a silo
Numero	2
Numero di bruciatori	16 (8 per ogni camera)
Tipo di bruciatori	Dry Low NOx
Tipo di ignitori	Candela a scintilla
Numero di ignitori	1 per burner
Tipo di elementi di supervisione	Sensori di fiamma
Numero di elementi di supervisione	4 (2 per ogni camera)
Metodo di riduzione NOx	Combust. Premix a secco

### Turbina

Numero di stadi	4
Tipo di costruzione del rotore	Multi-disco con serraggio a denti e barra centrale
Velocità nominale	3000 rpm (50 Hz)
Range di frequenza garantita	47.5 – 51.5 Hz
Soglia velocità limite	3240 rpm

### Viradore

Tipo	Motore idraulico
Velocità	85 – 110 rpm
Operazione dopo arresto	24 h
Disponibilità di viraggio manuale	Si

### Sistema di avviamento

Tipo	Convertitore statico
Potenza nominale	2900 kW
Velocità	da 0 a 2100 rpm

## 2.1.3. Strumentazione della turbina a gas

La strumentazione primaria della turbina a gas include quanto segue, tramite misure ridondanti e/o differenziate:

- Misure di velocità tramite sensori magnetici
- Misure vibrazioni delle casse
- Misure di temperature dei cuscinetti
- Pressione assoluta e differenziale a monte del compressore
- Pressione e temperatura allo scarico del compressore
- Temperatura di ingresso compressore
- Temperatura di scarico turbine
- Posizione schiere mobili ingresso compressore (IGV)
- Livelli olio idraulico e olio lubrificazione

#### 2.1.4. Sistema di controllo, monitoraggio e protezione

Il sistema di controllo, monitoraggio e protezione della turbina a gas AE94.2 è costituito dalla componentistica elettronica specificamente dedicata ad effettuare le funzioni di controllo, monitoraggio e protezione definite di seguito.

Funzioni di controllo sono le azioni continue e discontinue volte a mantenere i valori delle variabili di processo entro limiti predefiniti.

Le funzioni di monitoraggio permettono all'operatore di iniziare manualmente le funzioni di controllo e protezione, e di seguire le azioni automatiche conseguenti, e forniscono all'operatore le informazioni necessarie relativamente allo stato del processo e dei componenti.

Le funzioni di protezione corrispondono ad azioni volte ad evitare situazioni ritenute anormali o pericolose sotto ogni aspetto ed a salvaguardare l'integrità del processo e dei componenti.

##### Funzioni di controllo

- Avviamento
- Controllo attuatori
- Controllo combustibile

##### Controllo attuatori

Le logiche di comando e monitoraggio di tutti gli attuatori dei sistemi ausiliari della turbina a gas (motori di pompe, valvole, interruttori, valvole a solenoide, ecc) sono realizzate all'interno del sistema di controllo.

Ciascun sistema di controllo include sia le funzioni personalizzate per l'attuatore attinente, sia funzioni tipiche (le cosiddette "driver units") per quel tipo di attuatore.

##### Controllo combustibile

Le funzioni di controllo del combustibile sono implementate da processori veloci dedicati.

Il controllo del combustibile consiste nelle seguenti funzioni:

- funzione di avviamento
- loop di controllo di velocità
- loop di controllo di carico

- loop di controllo della temperatura di scarico
- loop di controllo della posizione delle valvole combustibile

La funzione di avviamento definisce la posizione della valvola di controllo del combustibile necessario durante la procedura di avviamento ad accelerare la macchina dalla velocità di ignizione alla velocità nominale.

Il loop di controllo della velocità entra in operazione quando la macchina si avvicina alla velocità nominale per adeguare la velocità alla frequenza di rete.

Inoltre il loop di controllo della velocità controlla la macchina durante il funzionamento in modalità ad isola integrando il carico dell'impianto e in caso di rigetto del carico.

Il loop di controllo del carico entra in funzione appena eseguita la sincronizzazione, ovvero quando è stato chiuso l'interruttore di macchina, e controlla la macchina a tutti i carichi effettuando automaticamente salite/discese di carico.

Quando necessario, essa definisce la posizione della valvola del combustibile processando l'errore di carico e l'errore di velocità, per correggere il carico proporzionalmente alle deviazioni di frequenza.

Il loop di controllo della temperatura di scarico entra in operazione aprendo le IGV quando viene raggiunto il corrispondente set di temperatura.

Il loop di controllo del limite di carico entra in funzione quando la potenza massima, corrispondente alla torsione massima sul rotore, viene raggiunta. Questo per prevenire che lo stress meccanico esercitato sui componenti superi il livello massimo ammissibile.

Il controllo del rapporto di compressione massimo previene condizioni operative inammissibili e mantiene una distanza di sicurezza tra il punto di funzionamento e il limite di instabilità del compressore.

### Funzioni di monitoraggio

L'interfaccia operatore gestisce tutti i comandi e le informazioni relativi allo stato dei sistemi e dei componenti del gruppo turboalternatore AE94.2. I comandi, i parametri e le soglie vengono regolati manualmente dall'operatore tramite tastiera o mouse. Tutti gli allarmi sono gestiti tramite monitor e stampante. Lo stato del sistema è visibile dall'operatore sul monitor dell'interfaccia operatore. In tal modo è possibile monitorare completamente il gruppo turboalternatore AE94.2 attraverso le pagine grafiche del monitor, per mezzo di indicazioni dinamiche. All'operatore sono disponibili pagine contenenti informazioni relative a gruppi e sottogruppi.

Alcune tipiche pagine grafiche del monitor sono le seguenti:

- quadro generale (supervisione turbina a gas)
- sequenze di avviamento
- sequenze di spegnimento
- controllo combustibile
- monitoraggio camera di combustione
- sistema olio di lubrificazione
- sistema ingresso aria
- sistema di spurgo

- generatore elettrico
- connessione alla rete e distribuzione elettrica
- sistemi di ventilazione

### Funzioni di protezione

Le funzioni di protezione della turbina sono implementate in un'unità di controllo dedicata (unità di protezione) che include la protezione di superamento della velocità e i sensori di velocità relativi.

Le logiche di protezione comandano inoltre i relè di potenza per attivare/disattivare le valvole di controllo e stop del combustibile.

I criteri generalmente applicati dalle funzioni di protezione sono i seguenti:

- tutti i sensori di campo usati per i trip sono ridondanti
- i segnali dai sensori ridondanti sono convalidati da logiche 2 su 3, 2 su 2 o 1 su 2, in base alla criticità del parametro relativo e all'effetto sul guasto relativo, al fine di assicurare la sicurezza dei macchinari e l'operatività dell'impianto.
- A seguito del fallimento di una delle n reti di protezione o sensori, la funzione di protezione passa all'operazione 1 su n-1
- Prima del trip della turbina vengono generati allarmi pre-trip per le controazioni
- Per attuare la chiusura delle valvole di emergenza sono presenti dei circuiti con relè di potenza dimensionati sui guasti e per sicurezza intrinseca

Alcune tipiche funzioni di protezione (trip) della turbina a gas sono le seguenti:

- vibrazioni assolute cuscinetti molto alte
- temperature cuscinetti molto alte
- temperatura di scarico molto alta
- perdita di fiamma
- pompaggio compressore
- pressione olio lubrificazione molto bassa
- sovra velocità
- richiesta di trip manuale
- richiesta di trip esterno

## 2.2. Generatore

Il generatore esistente nell'assetto attuale dell'impianto accoppiato alla GT-1 verrà sostituito con un modello di taglia superiore.

E' da sottolineare che le caratteristiche dimensionali del nuovo generatore elettrico sono analoghe a quelle del generatore attualmente installato, così come la distribuzione dei carichi sulle fondazioni esistenti. Questo dato consente il completo riutilizzo delle strutture di fondazione esistenti.

In particolare, i criteri generali di progetto del nuovo generatore saranno i seguenti:

- potenza nominale di progetto pari a 230 MVA
- fattore di potenza nominale pari a 0.85

L'impianto è direttamente connesso alla rete elettrica 132 kV, pertanto il generatore sarà progettato per funzionare in parallelo con la rete esterna, alla quale sarà connesso a mezzo di un trasformatore elevatore.

### 2.2.1. Descrizione generale

Il generatore WY21Z-097 scelto per l'accoppiamento con la nuova turbina a gas, è un generatore di tipo convenzionale, progettato in accordo con le norme di riferimento CEI e IEC, a raffreddamento in aria, a due poli con rotore cilindrico, ventilato in circuito chiuso con scambiatori aria-acqua. Gli scambiatori sono incorporati nella parte inferiore della carcassa.

In accordo al tipo di installazione, i terminali dell'avvolgimento di statore sono ubicati nella parte superiore della macchina.

Le principali caratteristiche dell'alternatore sono:

- Avvolgimento statore a raffreddamento indiretto
- Avvolgimento rotore a raffreddamento diretto con sistema assiale
- Pacco statore a raffreddamento diretto con condotti radiali
- Rotore dotato di avvolgimento smorzatore
- Ventilazione in circuito chiuso con scambiatori aria-acqua
- Autoventilazione dello statore e del rotore mediante due ventilatori assiali calettati sul rotore
- Eccitazione di tipo statico
- Camera anelli con anelli collettori e sistema di portaspazzole e spazzole per il trasferimento della tensione e corrente di eccitazione del quadro di eccitazione all'avvolgimento rotore. I portaspazzole sono estraibili durante il normale esercizio della macchina per la sostituzione periodica delle spazzole.
- Isolamento avvolgimento statore in barra singola
- Sistema d'isolamento di cassa F per statore e rotore
- Sistema di messa a terra dell'albero lato accoppiamento e doppio isolamento del cuscinetto lato opposto accoppiamento in modo da prevenire la circolazione delle correnti d'albero

## 2.2.2. Foglio dati alternatore preliminare

<b>Tipo di generatore</b>	-	<b>WY21Z-097</b>
Motore primo	-	TG AE94.2
Norme di riferimento	-	IEC
Potenza nominale	MVA	230
Fattore di potenza nominale (cosφ)	-	0,85
Tensione nominale ( $V_n$ )	kV	15
Frequenza nominale ( $f_n$ )	Hz	50
Campo variazione frequenza (normale/eccezionale)	%	± 5
Campo di variazione di tensione	%	± 7,5
Massima variazione combinata tensione/frequenza	p.u.	1.075
Corrente storica nominale	A	8853
Velocità nominale	rpm	3000
Sovra velocità (test per 2 minuti)	rpm	3600
Numero di fasi	-	3
Connessione delle fasi	-	Stella
Rapporto di cortocircuito calcolato	-	0.45
Classe di isolamento avvolgimento statore	-	F
Classe di isolamento avvolgimento rotore	-	F
Metodo di raffreddamento (IEC 34-6)	-	IC 8 A1 W7
Raffreddamento avvolgimento statore	-	Aira, indiretto
Raffreddamento avvolgimento rotore	-	Aria, diretto
Raffreddamento pacco statore	-	Aria, diretto
Forma costruttiva	-	IM7315
Grado di protezione alternatore (IEC 34-5)	-	IP54
Temperature totali di esercizio (classe)	-	B
Temp. acqua raffreddamento (valore di progetto)	°C	≤ 19
Temp. gas freddo all'uscita del sistema di raffreddamento	°C	≤ 25
Portata acqua di raffreddamento	mc/h	400
Incremento di temperatura acqua	K	5
Tipo di sistema di eccitazione	-	STATICO
Tensione di eccitazione a carico nominale (a 105 °C)	V	303
Corrente di eccitazione a carico nominale	A	1491
Reattanza sincrona non satura asse-d (calcolata)	%	246,6
Reattanza transitoria non satura/satura asse-d (calcolata)	%	25,1/23
Reattanza subtransitoria non satura/satura asse-d (calcolata)	%	18,9/13,9
Costante di tempo transitoria a vuoto asse-d (calcolata)	s	9,85
Costante di tempo sub transitoria a vuoto asse-d (calcolata)	s	0,021
Costante di tempo di armatura (calcolata) @95°C	s	0,578
Massima corrente di sequenza negativa continua: $I_2/I_n \times 100$	%	8
Massima corrente di sequenza negativa transitoria: $I_2^2 \times t$	s	10
Rendimento convenzionale secondo norme IEC	-	100% carico = 195,5 MW
- a carico nominale e fattore di potenza nominale	%	98,77
- al 75% di carico e fattore di potenza nominale	%	98,64
- al 50% di carico e fattore di potenza nominale	%	98,26
Costante di inerzia del rotore	s	1,14
Momento di inerzia del rotore	Kgm2	5300

### 2.2.3. Sistema di eccitazione e regolazione di tensione

Il sistema di eccitazione è composto principalmente da un quadro di eccitazione statica e un trasformatore di eccitazione. Il trasformatore è di tipo trifase, a secco, isolato in resina, con ventilazione naturale.

Il sistema di eccitazione comprende due sottosistemi principali: la sezione della potenza e la sezione di regolazione e controllo.

#### Sezione di potenza

La parte di potenza comprende:

- n. 2 ponti raddrizzatori a tiristori in parallelo, dimensionati per resistere in continuo alle condizioni di funzionamento peggiori che potrebbero essere richieste dal generatore, considerando la variazione di frequenza e tensione che richiede la più alta corrente di eccitazione. I ponti raddrizzatori sono posizionati in parallelo (uno in funzione e l'altro in riserva) e insieme compongono il cosiddetto "convertitore di potenza".
- n. 1 dispositivo di diseccitazione di tipo statico (cow-bar), connesso a valle del parallelo dei due ponti, che, insieme alla resistenza di scarica lineare, assicura contemporaneamente le funzioni di interruttore di campo statico e di protezione contro eventuali sovratensioni sul campo.

#### Sezione di controllo e regolazione

La parte del quadro di eccitazione relativa al controllo ha le seguenti funzioni:

- Regolazione della tensione/potenza reattiva del generatore
- Limitazione del punto di funzionamento del generatore all'area di sicurezza
- Logiche per garantire il corretto funzionamento dell'unità
- Commutazione tra componenti ridondanti
- Monitoraggio dei componenti interni del quadro di eccitazione
- Generazione di allarmi e trip
- Interfaccia locale e remota

L'accuratezza delle regolazioni digitali è dello  $\pm 0,2\%$  della tensione statorica nominale.

La sezione di controllo e regolazione è composta da:

- n. 2 sistemi di regolazione automatica (uno in funzione e l'altro di riserva) completamente digitali, identici e indipendenti. Ciascuno di essi comprende un regolatore automatico di tensione, lo sfasatore relativo e un proprio sistema di interfaccia-operatore.
- n.1 sistema di alimentazione per l'elettronica del quadro di eccitazione
- n. 1 dispositivo di logica realizzato con 1 PLC, con funzioni di gestione e supervisione dell'intero sistema
- n. 1 sistema di protezioni elettroniche a sorveglianza dell'integrità del complesso
- n. 1 sistema diagnostico di efficace aiuto per gli operatori nella ricerca di eventuali guasti.

Un controllo automatico e stabile dovrà, inoltre, regolare la tensione ai terminali del generatore. L'errore dovrà essere inferiore a  $\pm 0,5\%$  del valore di riferimento fissato.

Il sistema di eccitazione dovrà essere provvisto di limitatori di sovra-eccitazione e sotto-eccitazione, al fine di mantenere il funzionamento del generatore entro i limiti consentiti dell'area di funzionamento.

Il sistema di eccitazione dovrà operare secondo le caratteristiche seguenti:

Massimo valore di errore di tensione accettabile al relativo loop di controllo	$\pm 0,5\%$
Valore di riferimento della tensione	Regolabile tra 80% e 110% della tensione nominale
Limite al funzionamento nominale	Sistema di eccitazione nominale = 200%
Tempo per il quale il limite dovrebbe essere mantenuto in caso di cortocircuito vicino ai terminali del generatore	2 s
Massimo campo di corrente per 10 s	150%
Positive compound	70% - 80% della caduta di tensione al trasformatore

Il limite di sovra-eccitazione deve essere temporaneamente superato al fine di forzare il campo di corrente durante un guasto nella rete.

Il sistema di eccitazione (solo per l'eccitazione statica) deve essere in grado di operare regolarmente anche con un valore di tensione pari al 20% del valore nominale.

## 2.3. Sistema di aspirazione aria

La nuova GT-1 è caratterizzata da una maggiore portata d'aria, essendo una macchina di taglia superiore rispetto all'esistente.

Il sistema di aspirazione aria oggi installato non è sufficiente a garantire le portate necessarie alla nuova turbina ed a mantenere le perdite di carico dovute al sistema di filtraggio in un intervallo ottimale al funzionamento efficiente della macchina.

Risulta quindi necessario sostituire il sistema di filtrazione con uno caratterizzato da una maggiore superficie che consenta di elaborare le portate d'aria richieste. Al momento il progetto sviluppato non è giunto alla definizione delle caratteristiche di ingombro finali della nuova apparecchiatura (rif. Figura 2).

La nuova presa d'aria sarà costituita dai seguenti componenti:

- Cappa d'ingresso

- Separatore di gocce
- Sistema di pre-filtraggio (classe G4 secondo la norma EN779) e filtrazione fine (classe F9 secondo la norma EN779)
- Silenziatore, plenum e condotto aria di collegamento al compressore

## 2.4. Caldaia a recupero

Nella configurazione futura dell'impianto la caldaia a recupero HRSG-1 sarà oggetto di un intervento di manutenzione volto a estenderne l'operabilità futura.

La caldaia a recupero HRSG-1 è principalmente composta da tre sezioni a differenti livelli di pressione:

- Sezione di alta pressione (HP, High Pressure) a 70 barg, la quale produce vapore surriscaldato a circa 530°C;
- Sezione di media pressione (MP, Medium Pressure) a 14 barg, la quale produce vapore surriscaldato a circa 260°C;
- Sezione di bassa pressione (LP, Low Pressure) a 2-3 barg, la quale produce vapore saturo.

La caldaia è a corpi cilindrici, uno per ogni livello di pressione

Ciascuna sezione è costituita da uno o più economizzatori (ECO), un evaporatore (EVA) e uno o più surriscaldatori (SH). In particolare:

- La sezione HP SH è composta da due scambiatori: l'SH1 operante alla temperatura più bassa e l'SH2 operante alla temperatura più alta, quest'ultimo suddiviso in altre due parti provviste di una sezione di de-surriscaldamento posizionata tra i due e usata per controllare la temperatura di uscita del vapore.
- La sezione LP ECO opera come un pre-riscaldatore (PH) del condensato che, nella configurazione attuale, riceve dal condensatore dell'impianto e manda successivamente ai de-gasatori. Da qui l'acqua di alimento viene poi mandata alla sezione LP EVA.

La caldaia opera esclusivamente in modalità recupero del calore sensibile dei fumi di scarico della turbina a gas; non è previsto sistema di post combustione associato alla caldaia.

Il progetto di riconfigurazione dell'impianto prevede alcuni interventi di modifica, richiesti a causa dell'usura della caldaia stessa, al fine di ottimizzarne le prestazioni e, quindi, garantire il buon funzionamento per 20 anni di estensione della vita dell'impianto.

In particolare, le modifiche alla caldaia a recupero che verranno implementate sono elencate di seguito.

### 1) Nuova copertura per il condotto di ingresso

Il condotto di ingresso attuale presenta usura del metallo della copertura esterna, la quale causa perdite di gas e infiltrazioni di acqua piovana. Durante una ristrutturazione condotta sull'impianto sono stati effettuati soltanto degli interventi temporanei, ma il problema persiste.

Questo condotto è caratterizzato dalla presenza di fibre ceramiche classificate (CF). La copertura metallica e l'isolamento interno sono entrambi in cattive condizioni. Importante conseguenza è la perdita di energia utile per la produzione di vapore.

- 2) Nuovo sistema di collegamento del surriscaldatore SH (travi)  
Il collegamento attuale presenta numerosi incurvamenti, i quali potrebbero causare gravi danni alla struttura della caldaia. Tali deformazioni sono attualmente ancora entro i limiti, ma è necessario sostituire le travi di supporto.
- 3) Nuova copertura nella parte superiore della sezione di alta pressione  
La copertura esistente è anch'essa soggetta a infiltrazioni d'acqua e perdite. Non ci sono conseguenze dirette, ma la caduta d'acqua calda in pressione comporta uno shock sui materiali e il loro conseguente degrado.
- 4) Nuovi giunti di espansione in tessuto per le penetrazioni dei tubi  
È prevista la sostituzione dei giunti rotti/ammalorati
- 5) Nuovi giunti di espansione in tessuto da installare tra le sezioni di caldaia  
È prevista la sostituzione dei giunti rotti/ammalorati
- 6) Silenziatore dello sfiato del vapore  
Necessario in quanto il vecchio dispositivo è al termine della sua durata di vita.
- 7) Tubazioni e valvole inferiori ai 2" per il sistema di drenaggio della sezione alta pressione  
Questo intervento è legato principalmente a problematiche che la caldaia potrebbe presentare durante la fase di funzionamento e finalizzato al miglioramento dell'affidabilità dell'impianto: tubazioni piccole fredde possono essere soggette a corrosione e perdite..

## 2.5. Sistema elettrico

A seguito dell'aumento di potenza nominale della nuova turbina a gas e del corrispondente generatore sincrono ad essa accoppiato, dovranno essere effettuate alcune modifiche anche al sistema elettrico. La nuova Unità, come quella attuale, sarà connessa alla rete nazionale a 132 kV, per mezzo della sottostazione esistente di Rosen.

L'impianto di cogenerazione Rosen nella nuova configurazione sarà pertanto connesso alla rete nazionale a 400 kV (TERNA) e a 132 kV (ENEL Distribuzione). Gli impianti Rosen e Solvay non fanno parte della RTN (Rete di Trasmissione Nazionale), ma sono classificati come RIU (Rete Interna di Utenza).

### 2.5.1. Prestazioni delle singole unità

La turbina a gas, il generatore e i loro sistemi ausiliari funzioneranno senza restrizioni e in modo continuo durante:

- Normale funzionamento in parallelo alla rete
- Modalità funzionamento in isola, fornendo potenza a Solvay, attraverso la sottostazione 132 kV
- Modalità funzionamento in isola sopperendo soltanto alle richieste dei propri sistemi ausiliari
- Tempi di avviamento a freddo e a caldo uguali o inferiori a quelli delle macchine attuali
- Fasi di avviamento e spegnimento

### 2.5.2. Trasformatore elevatore

Le caratteristiche principali del trasformatore elevatore esistente sono le seguenti:

Tipo	Isolato in olio	
Tensione nominale	15/134 ± 2x2.5% kV	
Potenza nominale a 40°C	150/200 MVA (ONAN/ONAF)	
Zcc	10%	
Gruppo vettoriale	Ynd1	
Commutatore	Fuori tensione	
Bushing (HV/LV)	Adatto per 132 kV cavi XLE / IPB	
Incremento di temperatura di progetto:	Olio	60°C
	Avvolgimenti	65°C

Sulla base dei dati relativi al trasformatore e alle prestazioni della nuova turbina a gas, è possibile riutilizzare lo stesso trasformatore anche nella nuova configurazione dell'impianto in maniera soddisfacente per almeno altri 10 anni.

### 2.5.3. Barre di fase isolate (IPB, Isolated Phase Busbar)

Le caratteristiche principali delle sbarre di fase usate per la connessione del generatore al trasformatore sono le seguenti:

Tipo	IPB
Tensione nominale	20 kV
Tensione nominale di prova a frequenze industriali (1 min)	50 kV
Tensione nominale di resistenza agli impulsi	125 kV
Corrente nominale di funzionamento	8 kA
Temperatura di progetto:	Conduttore 85°C (max 105°C)
	Guaina 65°C (max 80°C)

La dimensione delle IPB esistente è adatta all'installazione della nuova turbina a gas.

### 2.5.4. Cavi elettrici da 132 kV

La connessione del GSUT (Generator Step-Up Transformer) alla sottostazione a 132 kV è realizzata attraverso cavi elettrici sotterranei da 132 kV in polietilene reticolato.

Le principali caratteristiche di tali cavi sono le seguenti:

Produttore	Kaiser Cable
Tipo	A singola fase, XLPE
Tensione nominale	76/132 kV
Conduttore	1000 mm <sup>2</sup>
Corrente nominale	945 A

Il dimensionamento dei cavi esistenti è adatto all'installazione della nuova turbina a gas.

### 2.5.5. Interruttore del generatore (GCB - Generator Circuit Breaker)

Essendo fuori produzione e data la tecnologia di costruzione obsoleta, l'interruttore esistente verrà sostituito con un nuovo dispositivo avente le seguenti caratteristiche:

Tensione operative	15 kV
Tensione nominale	17,5 kV
Tensione nominale di prova a frequenze industriali	38 kV
Tensione nominale di resistenza agli impulsi	95 kV
Corrente nominale	Almeno 10 kA
Corrente ammissibile nominale di breve durata	100 kA
Valore di cresta della corrente ammissibile nominale	250 kA
Corrente nominale di cortocircuito	100 kV

## 2.5.6. Trasformatore di unità (UAT – Unit Auxiliary Transformer)

L'impianto Rosen è dotato di due trasformatori di unità, uno per ciascuna turbina a gas. Durante il normale funzionamento dell'impianto, entrambi gli UAT sono utilizzati per alimentare metà della potenza richiesta dai sistemi ausiliari.

Nella nuova configurazione è previsto il riutilizzo degli stessi, le cui principali caratteristiche sono le seguenti:

Potenza nominale	10/13 MVA (ONAN) secondo la IEC 60076
Tensione nominale	$15 \pm 8 \times 1,25\%$ / 6,3 kV
Zcc	8%
Gruppo vettoriale	Dyn11
Commutatore	Sotto carico
Bushing alta tensione	Adatto a connessioni IPB
Bushing media tensione	Adatto a connessioni in cavo
Neutro bassa tensione	Messo a terra per mezzo di resistori da 9,1 Ohm

## 2.5.7. L'edificio elettrico

Il sistema ausiliario associato alla turbina a gas è alimentato da un quadro elettrico installato nell'edificio elettrico. L'edificio è localizzato vicino alla turbina a gas e al generatore all'interno della sala macchine.

L'edificio elettrico è costituito da 3 container connessi in modo appropriato, all'interno dei quali sono posizionate le seguenti unità associate alla GT:

- Quadro elettrico 6 kV (11BBE)
- Trasformatore SFC 6/1.4 kV – 1600 kVA
- Trasformatore di eccitazione 6/0.48 kV – 1180 kVA
- Trasformatore ausiliario 6/0.4 kV – 1250 kVA
- Centro di potenza 400 V (11BFE) e centro di controllo
- Sezione di emergenza 400 V (11BFE08)
- Quadro elettrico d.c. 220 V
- Sistema d.c. 24 Vdc
- Pannello di protezione del generatore
- Pannello di protezione del trasformatore elevatore e dei trasformatori di unità
- Pannello di eccitazione
- Pannello di controllo della turbina a gas
- Pannello dei trasformatori di tensione

Considerata la necessità di rispettare le nuove norme di sicurezza in termini di spazio tra i diversi cabinet, il layout dell'edificio elettrico sarà modificato per contenere i nuovi componenti elettrici di GT1, spostando all'esterno i nuovi trasformatori in resina SFC 6/1.4 kV, di eccitazione 6/0.48 kV e ausiliario 6/0.4 kV.

Anche parte dei cavi di interconnessione tra i vari elementi verrà sostituita, al fine di evitare l'impiego di giunti.

## 2.6. Modifiche agli ausiliari di impianto

Oltre all'installazione dei componenti principali descritti nei paragrafi precedenti, l'impianto subirà una serie di interventi sui componenti ausiliari, necessari per operare l'impianto senza la turbina a vapore e ad ottimizzare i consumi elettrici nel nuovo assetto con una sola TG in funzione.

In particolare, i sistemi che sono stati oggetto di modifiche sono:

- Sistema di raffreddamento acqua di torre
- Sistema di acqua demineralizzata
- Sistema estrazione condensato
- Sistema aria compressa

### 2.6.1. Sistema di raffreddamento acqua di torre

La messa fuori servizio della turbina a vapore determina una sovra-capacità del sistema di raffreddamento, nell'attuale assetto che prevede il funzionamento delle 4 torri evaporative e due pompe di circolazione in esercizio.

Nella nuova configurazione operativa, il calore da smaltire nel funzionamento normale è principalmente relativo al calore prodotto dal ciclo chiuso. Tuttavia il condensatore verrà mantenuto flussato con una portata corrispondente alla velocità minima per evitare fenomeni di corrosione dei tubi dovuti a stagnazione dell'acqua e per garantire il raffreddamento del condensatore in caso di bypass del vapore di alta pressione al condensatore.

Il nuovo assetto operativo comporterà lo spegnimento di 3 delle 4 torri evaporative ed il funzionamento di una sola pompa di circolazione di torre. La portata che tale pompa deve elaborare risulta pari a circa il 40% della portata di progetto della pompa stessa. Al fine di ottimizzare il consumo elettrico dell'impianto, si prevede quindi di sostituire una delle 3 pompe di circolazione con una di taglia più piccola, ottimizzata per il nuovo punto di funzionamento.

Le restanti due pompe verranno mantenute in stand-by per funzioni di emergenza.

### 2.6.2. Sistema di acqua demineralizzata

Al fine di mantenere in funzionamento il preriscaldatore di caldaia, che nella configurazione attuale è alimentato dal condensato raccolto nel condensatore, si prevede di realizzare una nuova linea di acqua demineralizzata che devia una parte dell'acqua di reintegro del ciclo termico destinata al degasatore, al pozzo caldo condensatore. Tale acqua demineralizzata regolerà il livello del pozzo caldo, garantendo un battente per il funzionamento della pompa estrazione condensato che invierà tale acqua al preriscaldatore di caldaia.

L'acqua demineralizzata prima dell'ingresso nel condensatore verrà trattata al fine di raggiungere le condizioni chimiche compatibili con i materiali del pozzo caldo, tramite un nuovo sistema di dosaggio chimico.

In questo modo, si garantirà la presenza di acqua nel preriscaldatore di caldaia, assicurando un ulteriore recupero del calore dai fumi di scarico della caldaia prima del camino.

### 2.6.3. Sistema di estrazione condensato

Nella nuova configurazione di impianto, poiché la turbina a vapore verrà messa fuori servizio, il condensatore verrà isolato dallo scarico della TV tramite l'inserimento di un piastrone. Tuttavia il condensatore viene mantenuto in funzionamento sotto vuoto al fine di poter accogliere il vapore di alta pressione prodotto dalle caldaie, che può essere direttamente bypassato in esso in caso di sovrappressione su tali collettori.

Inoltre il pozzo caldo del condensatore riceverà una parte dell'acqua demineralizzata regolata per controllarne il livello ed alimenterà tramite le pompe estrazione condensato il preriscaldatore della caldaia a recupero.

La temperatura dell'acqua demineralizzata in ingresso al pozzo caldo è pari a  $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . La presenza del vuoto nel condensatore consente anche di raffreddare tale acqua alle condizioni tipiche del condensato (ovvero  $30\text{-}40\text{ °C}$ ), permettendo così il funzionamento ottimale delle pompe estrazione condensato.

Dal momento che il condensatore non riceverà più la quota parte di vapore che proveniva dallo scarico di turbina, nel funzionamento normale del nuovo assetto di impianto, la portata di acqua in ingresso al preriscaldatore di ciascuna caldaia viene controllata e fissata ad un valore pari a 115 t/h. Tale valore consente di ottimizzare il funzionamento del preriscaldatore del GVR e di recuperare il calore dai fumi mantenendo il rendimento del GVR in linea con la configurazione attuale.

#### 2.6.3.1. OTTIMIZZAZIONE DEL CONSUMO ELETTRICO DELLA POMPA ESTRAZIONE CONDENSATO

Le 3 pompe di estrazione condensato esistenti sono dimensionate ciascuna per una portata pari a  $296\text{ m}^3/\text{h}$ . L'attuale normale assetto prevede che mentre 1 pompa è in funzione le altre 2 sono di riserva.

Nella condizione di funzionamento normale nel nuovo assetto la portata che la pompa dovrà gestire sarà pari al 40% della portata di dimensionamento: il progetto prevede quindi di sostituire una pompa estrazione condensato con una di taglia più piccola, ottimizzata per lavorare nelle nuove condizioni di processo.

Tale ottimizzazione consente anche di ridurre il consumo elettrico di questo sistema, come evidenziato al §3 ( ).

Le restanti due pompe esistenti saranno mantenute in stand-by e pronte ad intervenire in caso di emergenza e nel caso di bypass totale del vapore AP al condensatore. Infatti, nella nuova configurazione viene mantenuta la possibilità di bypassare tutto il vapore di alta pressione prodotto dal GVR al condensatore in caso di sovrappressione sui collettori vapore dovuti ad improvviso arresto della richiesta di vapore dalla Sodiera.

#### 2.6.4. Sistema aria compressa

Attualmente l'aria compressa strumenti e servizi è prodotta tramite uno spillamento di aria dal compressore della turbina a gas, opportunamente raffreddata ed essiccata. La nuova turbina a gas non prevede questo sistema di spillamento, che risulta ormai obsoleto in quanto riduce l'efficienza della turbogas. Per poter garantire la produzione di aria compressa richiesta dall'impianto è quindi prevista l'installazione di un nuovo compressore di aria, da localizzare accanto all'esistente compressore di emergenza e la connessione di esso con la rete di aria compressa esistente.



Figura 4 – Linea aria compressa esistente

Le caratteristiche del nuovo compressore sono sintetizzate di seguito:

tipologia del compressore		a vite	
Pressione di ingresso	:	1	bara
Pressione di scarico (max)	:	9,5	bara
Portata nominale	:	350	Nm3/h
Potenza del motore	:	55	kW

Figura 5 – nuovo compressore

## 2.7. Nuove tubazioni e strutture di supporto

Al fine di operare l'impianto nella nuova configurazione, sarà necessario realizzare le seguenti nuove tubazioni:

- Nuova linea di vapore di bassa pressione
- Nuova tubazione di acqua demineralizzata
- Connessione del nuovo compressore all'esistente sistema di aria compressa.

Per meglio spiegare la posizione delle nuove tubazioni, sono state identificate le seguenti aree (si veda il documento "Key Plan" ROS2017-560-1261375-001):

- AREA "A1" – limiti di batteria e pipe rack
- AREA "A2" – Area passaggio tubazioni a terra
- AREA "A3" – Area Pipe-Rack attraverso la strada
- AREA "B" – Area edificio officina
- AREA "C" – Area cortile
- AREA "D" – magazzino generale
- AREA "E" – Area stoccaggio soda
- AREA Impianto ROSEN

## 2.7.1. Tubazione vapore bassa pressione

La nuova tubazione di vapore BP partirà dal collettore di vapore esistente di ROSEN (in fig. 8) dove verrà realizzato la connessione, rimuovendo il fondello esistente ed installando un gruppo di regolazione, per inserirsi nell'anello di vapore a bassa pressione situato nello stabilimento Solvay.



Figura 6 - collettore esistente vapore bassa pressione 24"

Nello specifico, la tubazione correrà per un tratto rettilineo supportato dall'esistente piperack; nuovi supporti verranno installati, ove necessario. Come evidenziato dalle piante montaggi in allegato, la nuova linea vapore proseguirà su supporti a terra, per poi risalire su strutture di supporto esistenti e raggiungere la connessione con la rete di Sodiera come mostrano le figure di seguito riportate.



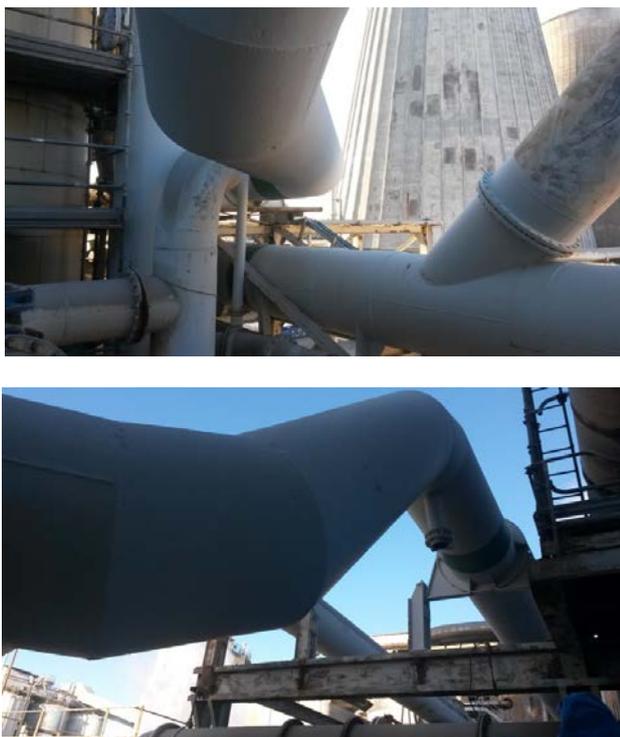


Figura 7 –alcuni passaggi della nuova tubazione BP

## 2.7.2. Tubazione acqua demineralizzata

Uno nuovo stacco da 8" dalla tubazione principale di acqua demineralizzata da 12" è previsto al fine di garantire il funzionamento dell'impianto nel nuovo assetto. La nuova linea sarà installata ad un'altezza di circa 11,5 metri da terra, tramite adeguati supporti. La tubazione raggiungerà così il piperack esistente localizzato in prossimità della sala macchine di ROSEN, per raggiungere il punto di connessione finale previsto nel pozzo caldo del condensatore esistente.

## 2.8. Lavori di Strumentazione e controllo

### 2.8.1. Interventi relativi alla nuova Turbina a gas TG1

La nuova turbina a gas TG1 verrà integrata nel sistema di controllo della centrale esistente. In particolare, il nuovo GTCS sarà molto simile all'attuale sistema di controllo, permettendo la gestione e il funzionamento della turbina a gas in modo indipendente.

Il progetto prevede protezioni adeguate a garantire l'integrità del macchinario, la sicurezza del personale e a prevenire rilasci verso l'area esterna di fluidi o altre sostanze che possano portare al superamento dei valori limite di accettabilità per i parametri ambientali di riferimento.

Come indicato nell'architettura di controllo ROS2017/580/1261374/000, il GTCS sarà interfacciato con il DCS e quindi interconnesso con i vari sistemi comuni ed ausiliari di impianto. Il nuovo sistema della TG1 includerà anche una stazione HMI locale ed una remota.

I lavori di automazione e controllo da realizzarsi includeranno:

- lo smantellamento di tutte le parti del sistema di controllo esistenti, con l'esclusione di alcuni cavi di interconnessione con il DCS o altri armadi (ad esempio protezioni elettriche, la misurazione, F & G)
- fornitura del sistema di controllo e di monitoraggio di TG1 e sui ausiliari tra cui il sistema di protezione, avvio automatico e shut-down ed il sistema antincendio, il sistema di controllo della fiamma
- i segnali e le periferiche necessarie per un'efficiente diagnostica;
- i segnali cablati e gateway di comunicazione per il collegamento con il DCS di centrale; il trasferimento di informazioni tra il controller della TG1 e le DCS tramite collegamento seriale (Modbus RS485) con funzione di data e ora;
- l'interfacciamento segnali cablati e gateway di comunicazione per il collegamento con le protezioni elettriche e sistemi di misura, protocolli di comunicazione;
- l'interfacciamento segnali cablati e gateway di comunicazione per il collegamento con i sistemi di protezione antincendio e rilevamento gas;
- l'attrezzatura per la programmazione dei microprocessori in dotazione (workstation di progettazione);
- tutti gli strumenti di misura e apparecchiature di controllo necessarie per il funzionamento automatico e sicuro e per il controllo a distanza delle apparecchiature, tra cui punti di presa per le prove di prestazione;
- la strumentazione locale e di controllo, ove richiesto;
- trasmettitori di pressione differenziale su tutti i filtri;
- il sistema di rilevazione e monitoraggio delle vibrazioni dell'albero:
  - sonde di misura per lo spostamento relativo albero;
  - sonde di misura ridondante di riferimento di fase;
  - misure di "absolute stator vibration" (chiamate anche "housing vibration" o "vibrazioni cuscinetti");
- il cablaggio (fibra ottica inclusa) tramite passerelle e le connessioni tra tutte le apparecchiature in dotazione (strumenti, valvole, sistema di controllo, HMI nella sala di controllo, ecc).

## 2.8.2. Interventi relativi all' automazione degli ausiliari

Come descritto nei precedenti paragrafi, alcuni sistemi ausiliari di centrale subiranno delle modifiche per consentire il funzionamento dell'impianto nella nuova configurazione senza la turbina a vapore.

Le nuove logiche verranno integrate nel DCS principale di centrale ed includeranno ad esempio:

- controllo della valvola di regolazione sulla nuova linea vapore di bassa pressione
- gestione delle nuove valvole motorizzate
- integrazione delle nuove pompe e del compressore aria nelle logiche esistenti
- modifica della gestione del sistema di raffreddamento con torri evaporative, che prevede il funzionamento della nuova pompa di circolazione associata ad una sola torre evaporativa in operazione.

Inoltre si prevede l'installazione della nuova strumentazione di misura necessaria per la valutazione delle grandezze necessarie alla qualifica di "Cogenerazione ad Alto Rendimento" regolamentata da GSE.

A titolo informativo, si riporta un elenco di alcune misure esistenti che verranno monitorate; laddove una delle misure necessarie per i calcoli energetici non fossero presenti verranno installati nuovi strumenti:

- calcolo della Potenza termica del combustibile farà uso di una misura del flusso compensata, tra cui:
  - misura portata volumetrica No.1
  - temperatura No.1
  - pressione No.1
- Energia elettrica (generatori):
  - No.1 misura potenza attiva ai morsetti del generatore (per la determinazione lordo di energia)
  - No.1 consumo di potenza attiva di ausiliari (per la determinazione lordo di energia)
- Utente termica a vapore, il calcolo di entalpia sarà basato su una misura del flusso compensata e comprendono:
  - misura portata volumetrica No.1
  - temperatura No.1
  - pressione No.1

Ai fini del calcolo dell'entalpia, si prevede l'installazione di una rete di unità di calcolo dell'energia locali. L'unità "CAR-CALC" sarà costituita da un datalogger microprocessore con display grafico, almeno 20 Input analogici ed una capacità di calcolo multi-variabile,, che può essere collegato a una rete multi-drop Modbus RS485, Ethernet TCP / IP, interfaccia USB e ad una memoria compatta rimovibile tipo SD o equivalente.

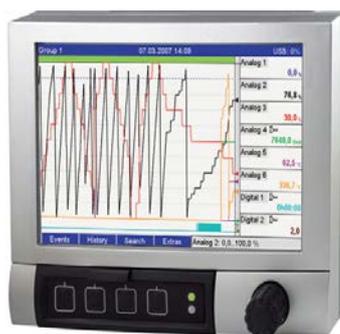


Figura 8 –calcolatori di energia

## 3. PRESTAZIONI DI IMPIANTO

### 3.1. Sistema vapore

L'impianto nel nuovo assetto sarà in grado di produrre il vapore necessario a soddisfare i nuovi fabbisogni per il processo produttivo dell'adiacente stabilimento industriale di SOLVAY. Il vapore viene utilizzato dai vari processi per la produzione di bicarbonato bruto (BIB): la Sodiera necessita di una quantità di vapore in funzione del quantitativo giornaliero di BIB da produrre. In tabella, si riportano alcuni possibili assetti ed il corrispondente fabbisogno di vapore richiesto all'impianto di ROSEN:

Assetti produzione Sodiera	Fabbisogno Vapore 40 barg		Fabbisogno vapore 14 barg		Fabbisogno totale vapore
	vapore	condense di ritorno	vapore	condense di ritorno	t/h
2000 tonBIB/giorno	89	0	204	105	293
1500 tonBIB/giorno	64	0	182	78	246
1300 tonBIB/giorno	64	0	155	66	219
1000 tonBIB/giorno	89	0	91	51	180

Figura 9 – Fabbisogni SOLVAY

Sulla base degli assetti sopra riportanti, prevedendo il funzionamento della sola nuova turbina a gas TG1, la messa fuori servizio della turbina a vapore e la conseguente esportazione di tutto il vapore prodotto dal GVR1, si determina la necessità di realizzare una nuova linea di vapore di bassa pressione a servizio del processo produttivo.

In particolare, la messa fuori servizio della turbina a vapore determina l'impossibilità di inviare in essa il vapore di bassa pressione prodotto dai generatori di vapore a recupero, non consumato dai rispettivi degasatori. Nella nuova configurazione di impianto, si prevede di inviare tale vapore [1,5 bar(a)] in eccesso attraverso una tubazione diam. 20" per alimentare il collettore di vapore di bassa pressione a 1,2 bara presente nello stabilimento SOLVAY.

In conclusione, alle esistenti linee di vapore esportato allo stabilimento SOLVAY da 40 bar(g) e 14 bar(g), si andrà ad aggiungere un'ulteriore tubazione di vapore a 0,5 bar(g).

La tabella seguente mostra le prestazioni di impianto attese nello scenario di massima richiesta di vapore e delle condizioni di ambientali. Tali prestazioni sono relative al futuro assetto operativo che vedrà TG1 in funzionamento a pieno carico, mentre TG2 sarà in cold-standby.

Parametri	u.o.m.	Scenario 2000 tBIB/giorno	Scenario 2000 tBIB/giorno	Scenario 2000 tBIB/giorno
temperatura ambiente	°C	15	-5	35
Umidità relativa	%	60	60	60
Pressione ambiente	mbar	1013	1013	1013
efficienza elettrica impianto	%	35,55	36,17	34,20
Potenza elettrica	kWe	176.350	188.628	152.724
40 barg vapore esportato	t/h	92,0	73	75,7
14 barg vapore esportato		204	209	209
BP 0.5 barg vapore esportato	t/h	17,68	19,52	16,62
efficienza globale (Gross)	%	85	80,57	86,09

(\*)LHV di riferimento = 35.226 kJ/Sm<sup>3</sup>

Figura 10 – prestazioni della nuova configurazione con TG1 a pieno carico

Allo stesso modo, nella tabella seguente si riportano le prestazioni del nuovo assetto di impianto in caso di minima produzione giornaliera di BIB della Sodiera.

Parametri	u.o.m.	Scenario 1000 tBIB/giorno
temperatura ambiente	°C	15
Umidità relativa	%	60
Pressione ambiente	mbar	1013
efficienza elettrica impianto	%	28,39
Potenza elettrica	kWe	88.175
40 barg vapore esportato	t/h	89
14 barg vapore esportato		91
BP 0.5 barg vapore esportato	t/h	8,9
efficienza globale (Gross)	%	77,3

(\*)LHV di riferimento = 35.226 kJ/Sm<sup>3</sup>

Figura 11 – prestazioni della nuova configurazione con TG1 al 50% del carico

## 3.2. Consumi elettrici

A seguito delle modifiche descritte nel Capitolo precedente, si verranno a generare delle modifiche nei consumi elettrici d'impianto, con delle riduzioni quantificabili come da tabella seguente.

Tale tabella illustra la stima dei consumi attesi nella configurazione di funzionamento di entrambe le turbine a gas (nuova GT-1 ed esistente GT-2). Si può osservare che la riduzione dei consumi elettrici è legata principalmente allo spegnimento della turbina a vapore e dei sistemi associati.

Le voci in tabella sono state ricavate considerando 8000 ore di funzionamento annuo.

Descrizione	installato	in esercizio	consumo elettrico annuo atteso GT-1+GT-2
	-	-	kWh/anno
pompe di circolazione torre	3	1	1.810.273
HRSG1 pompe alimento AP	2	1	8.058.204
HRSG2 pompe alimento AP	2	1	8.058.204
ventilatori di torre	4	1	492.011
pompe estrazione condensato	3	1	1.471.791
eccitatrice GT-1	1	1	1.124.108
eccitatrice GT-2	1	1	1.124.108
ausiliari GT-1	1	1	1.574.150
ausiliari GT-2	1	1	1.574.150
HRSG1 pompe alimento BP	2	1	188.898
HRSG2 pompe alimento BP	2	1	188.898
ausiliari caldaie	-	-	65.480
compressore aria	2	1	432.891
pompa acqua mare	2	1	829.009
sistema trattamento acqua	1	1	23.167
HVAC	-	-	1.579.711
illuminazione	-	-	567.773
<b>TOTALE (kwh/anno)</b>			<b>29.162.826</b>

Il consumo totale previsto risulta inferiore di circa il 27% rispetto a quello registrato nella situazione attuale (pari a circa 40.142.300 kwh/anno).

Visto lo scenario produttivo SOLVAY programmato per il 2017, l'assetto di funzionamento di ROSEN prevede la marcia continua solo della nuova GT1, con conseguente ulteriore riduzione dei consumi elettrici pari a circa il 57% rispetto agli attuali.

## 4. IMPATTO AMBIENTALE

### 4.1. Dispositivi e provvedimenti adottati per la limitazione degli impatti

Si riassumono brevemente di seguito i dispositivi e provvedimenti adottati per la limitazione degli impatti ambientali relativi al nuovo assetto di impianto:

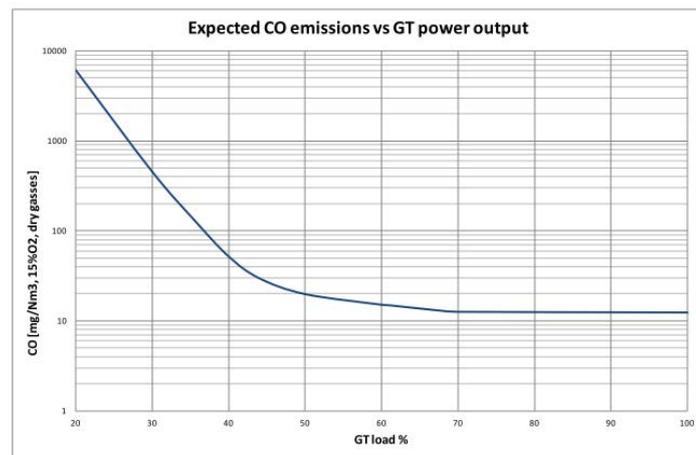
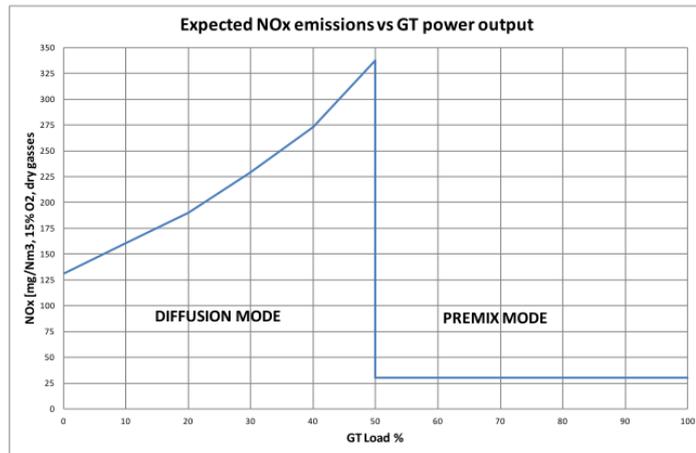
- **rilasci gassosi** - Le emissioni gassose sono limitate ad ossidi di azoto (NOx) ed ossido di carbonio (CO) generati nelle camere di combustione delle turbine a gas. I sistemi adottati per la limitazione delle emissioni corrispondono alle migliori tecnologie disponibili per la tipologia di turbogas utilizzata. In particolare, i bruciatori utilizzati dalla nuova turbina a gas sono a bassa produzione di NOx (DLN). Tali bruciatori, in un campo di potenze della turbina a gas dal 50 al 100%, utilizzano la tecnologia della pre-miscelazione del combustibile con aria primaria di combustione, con abbattimento dei picchi di temperatura responsabili della formazione di ossidi di azoto, mantenendo tuttavia una omogeneità e completezza della combustione tale da contenere la concentrazione di ossido di carbonio nei fumi di combustione a valori molto bassi.
- **rilasci liquidi** – la nuova configurazione non prevede alcuna modifica all'impianto attuale di trattamento liquidi. Non ci sono inoltre alterazione al rilascio totale di liquidi rispetto all'odierno assetto.
- **rumore** – la nuova turbina a gas GT-1 è installata all'interno di un cabinato insonorizzante, tale da mantenere i livelli di rumore entro l'impianto. Anche il nuovo filtro aspirazione aria della GT-1 è caratterizzato da componenti a basso impatto sonoro, grazie alla coibentazione adeguata delle superfici e l'installazione di un silenziatore.

### 4.2. Rilasci gassosi

Le emissioni in atmosfera in tutte le condizioni ambientali nei fumi di scarico al camino di HRSG-1 sono come segue:

<b>NOx mg/Nm<sup>3</sup> (15%O<sub>2</sub> dry) per carichi della turbina a gas fra il 50 ed il 100%</b>	30
<b>CO mg/Nm<sup>3</sup> (15%O<sub>2</sub> dry) per carichi della turbina a gas fra il 50 ed il 100%</b>	20

I seguenti grafici rappresentano le emissioni di NOx e CO in funzione del carico:



Di seguito, la tabella riportata, fornisce le caratteristiche di scarico relative alla turbina a gas TG1 al 100% del carico, nelle stesse condizioni ambientali utilizzate per la valutazione delle prestazioni.

Temp. Amb [°C]	portata fumi [kg/s]	temperatura fumi [°C]	O <sub>2</sub> [% vol]	N <sub>2</sub> [% vol]	Ar [% vol]	CO <sub>2</sub> [% vol]	H <sub>2</sub> O [% vol]
15	551	536	13,659	74,882	0,878	3,298	7,283
-5	584	516	13,773	75,448	0,884	3,317	6,578
35	508	550	13,341	73,178	0,858	3,227	9,396

Il sistema di monitoraggio esistente verrà utilizzato per il controllo e archiviazione dei dati relativi alle emissioni in atmosfera.

## 4.3. Rumore

I livelli di pressione sonora attesi relativi all'installazione della nuova turbina a gas ed ausiliari sono:

- $L_p \leq 85$  dB(A) a 1 m di distanza dai cabinati della TG e del generatore
- $L_p \leq 85$  dB(A) a 1 m di distanza ed 1,5 m di altezza dal nuovo filtro aspirazione aria

A differenza della vecchia turbina a gas, la nuova TG1 verrà dotata di cabinato chiuso che consente di contenere i livelli di rumore nelle condizioni sopra citate.

## 5. OPERAZIONE

L'impianto di Rosen manterrà il sistema di controllo DCS centrale che continuerà a gestire in modo automatico le sequenze di avviamento, funzionamento e spegnimento. La nuova turbina a gas TG1 con il suo sistema di controllo dedicato verrà gestita dal DCS centrale come avviene oggi nella per le turbine a gas esistenti.

In normale operazione, il sistema di automazione coordina l'operazione dell'impianto da carico minimo a pieno carico.

Le fasi dell'avviamento saranno effettuate tramite le seguenti sequenze automatiche:

- avviamento da freddo
- avviamento da caldo
- avviamento da tiepido
- fermata a condizione calda.

La nuova turbogas presenta un buon grado di flessibilità operativa ed una efficienza energetica che si mantiene relativamente elevata anche a carichi ridotti.

La turbina è progettata per avviamenti frequenti ed affidabili, anche se si prevede di operare la centrale per circa 8000 ore anno con la nuova TG1 in funzionamento ed avviare TG2 solo in condizioni di manutenzione o problemi a TG1 o per carichi di produzione della Sodiera molto bassi che richiedono una produzione di vapore inferiore al minimo producibile con TG1.

L'impianto è in grado di soddisfare i requisiti di Terna S.p.A. e di partecipare alla regolazione di frequenza della rete.

### 5.1. Modi di funzionamento

#### 5.1.1. Avviamento e spegnimento automatico

Prima di iniziare la sequenza di partenza, viene selezionato il set-point di carico, ovvero il carico di base o parziale o carico minimo da raggiungere e l'unità si sincronizza automaticamente sul set selezionato.

Dopo aver attivato l'interruttore di avviamento master:

- il sistema di controllo verifica tutti i consensi di partenza,
- l'erogazione del combustibile viene avviata,
- lo stater accelera il rotore ed a circa 500 rpm, il combustibile viene ammesso in camera combustione e l'accensione avviene,
- lo stater è spento a circa 2100 rpm, e la turbina a gas continua accelerare fino a raggiungere la velocità di funzionamento normale.

Per un ciclo aperto in generale, con una rampa di carico normale, la turbina a gas raggiunge il carico base dieci minuti dopo la chiusura dell'interruttore.

Al contrario, la sequenza di arresto può essere avviata automaticamente come segue:

- durante i primi passi, viene prodotto un comando di riduzione di carico;
- sotto il carico di soglia per la combustione premiscelata, viene effettuato il passaggio a combustione a diffusione;
- quando il carico generato si annulla, l'interruttore di macchina viene aperto;
- la portata di combustibile viene ulteriormente ridotta, decelerando la macchina, le valvole di spurgo del compressore vengono aperte e tutti gli ausiliari portati nello stato di arresto;
- a bassa velocità, vengono avviate le pompe olio di sollevamento e quindi avviato il viradore

### 5.1.2. Spegnimento di emergenza (trip)

In caso di arresto di emergenza, le valvole di intercettazione del carburante vengono immediatamente chiuse, l'interruttore principale viene aperto, scollegando il generatore dalla rete e tutte le valvole di blow-off vengono aperte. L'arresto di emergenza può avvenire automaticamente a causa di una protezione generale della turbina a gas o può essere indotto manualmente (pulsante di emergenza) dall'operatore.

Dopo un arresto di emergenza, la condizione che ha provocato l'arresto deve essere eliminata prima di poter riavviare la macchina. Il tempo minimo prima di riavviare dipende dalla possibilità di eliminare rapidamente tale causa di arresto e dalla velocità consentita dal viradore.

In caso di arresto di emergenza e la contemporanea mancanza di corrente alternata, la pompa dell'olio di emergenza è accesa tutto il tempo necessario per fermare la turbogas (fino a 0 rpm) e finché la capacità della batteria la supporta (circa 1 ora).

### 5.1.3. Regolazione di frequenza di rete

La regolazione di frequenza è affidata alla turbina a gas in tutte le condizioni operative. La frequenza nominale della rete è 50 Hz. In condizioni normali l'impianto funzionerà con un campo di variazione di frequenza fra 49.9 Hz e 50.1 Hz, in condizioni di emergenza la frequenza può variare da 47.5 Hz a 51.5 Hz.

La turbina è in grado di gestire senza limitazioni di tempo il range di frequenza 47.5 Hz to 51.5 Hz.

Il controller riesce a gestire un abbassamento nel range 3% ÷ 8%.

La turbogas è in grado di regolare la frequenza, dopo circa 1 ora dall'avviamento.

### 5.1.4. Carico minimo stabile

Il carico minimo, ai morsetti in alta tensione del trasformatore sotto carico, è considerato circa il 20% del carico nominale: con questo carico il GVR ed il ciclo termico sono in condizioni stabili.

### 5.1.5. Carico minimo ambientale

Il carico minimo ambientale è il carico con il quale le emissioni in atmosfera sono entro i limiti ammissibili. Il valore di questo carico per la turbina a gas è pari al 50% .

### 5.1.6. Rifiuto totale di carico

In caso di rifiuto totale del carico (apertura dell'interruttore di alta tensione), la turbina a gas viene commutata sulla regolazione di velocità, alimentando eventualmente i carichi dovuti agli ausiliari dell'impianto rimasti in esercizio.

### 5.1.7. Funzionamento in isola

La nuova turbina a gas sarà in grado di garantire anche il funzionamento in isola, alimentando i carichi elettrici dello stabilimento Solvay e gli ausiliari di impianto. In particolare il range di isola previsto varia da 15 MW a 80 MW a seconda del carico di Sodiera e quindi del numero di macchine attive nel processo produttivo Solvay nel momento di attivazione dell'isola.

## 6. ALLEGATI

### 6.1. Elenco allegati

ROS2017/560/1261376/000	GENERAL LAYOUT
ROS2017/560/1261375/001	MAJOR PIPING LAYOUT - Key Plan
ROS2017/560/1261375/002	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "A1"
ROS2017/560/1261375/003	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "A2"
ROS2017/560/1261375/004	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "A3"
ROS2017/560/1261375/005	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "B"
ROS2017/560/1261375/006	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "C"
ROS2017/560/1261375/007	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "D"
ROS2017/560/1261375/008	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "E"
ROS2017/560/1261375/009	MAJOR PIPING LAYOUT - Area "F"
ROS2017/560/1261375/010	MAJOR PIPING LAYOUT - Acqua Demi e Compr Aria
ROS2017/570/1261370/000	GENERAL SINGLE LINE DIAGRAM