

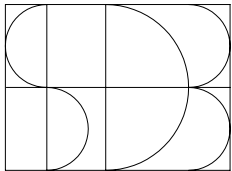


REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
Ass.to Difesa Ambiente



Consorzio per la Zona Industriale di Macomer

**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30MWt
PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO
E RELATIVA GESTIONE SEMESTRALE
PERIZIA DI VARIANTE**



STUDIO
DELL'ACQUA
BELLAVITIS

STUDIO DI INGEGNERIA
E ARCHITETTURA
DELL'ACQUA BELLAVITIS
20146 MILANO - VIA VERGANI MARELLI, 12
TEL. 0236582000 - FAX. 0236582005
www.sdb-engineering.it



3					
2					
1					
0	15.12.2017	FDB	RDB	FDB	EMISSIONE
REVISIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

OGGETTO	ALLEGATO
Relazione tecnica generale	P1-R-01

NUMERO DOCUMENTO	SCALA PLOTTAGGIO	SCALA
ZIT-WTE-P1-R-G001-00		

Consorzio per la Zona Industriale di Macomer

Realizzazione di una nuova linea di termovalorizzazione da 30 MWt presso il sistema di trattamento rifiuti di Macomer/Tossilo e relativa gestione semestrale

PERIZIA DI VARIANTE

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1 PREMESSA

Con contratto n. 9414 di Rep. in data 30-12-2015 fu affidato all'ATI Area Impianti S.p.A. di Albignasego (PD) (capogruppo mandataria) – Monsud S.p.A. di Avellino (mandante) l'appalto avente ad oggetto la progettazione esecutiva con relativa realizzazione dei lavori e gestione dell'impianto per 6 mesi, di una nuova linea di termovalorizzazione da 30 MWt presso il sistema di trattamento rifiuti di Macomer/Tossilo.

I lavori in argomento hanno avuto inizio il 20 giugno 2016.

Nel corso dei lavori si è rilevata la necessità di prevedere alcuni interventi in variante al progetto esecutivo, descritti nei successivi paragrafi.

Corre sin d'ora l'obbligo di precisare che tali interventi, a sensi dell'art. 29-nonies del D.Lgs. 152/06 s.m.i., rappresentano una modifica non sostanziale in quanto, ai sensi dell'art. 5, comma 1, lettera l-bis), risulta che dette modifiche:

- non comportano variazioni alle caratteristiche dell'impianto e al suo funzionamento
- non determinano un potenziamento dell'impianto
- non producono effetti negativi e significativi sull'ambiente

e questo con particolare riferimento all'obbligo del Gestore di comunicare all'Autorità competente, ai fini della vigente Autorizzazione Integrata Ambientale, le modifiche progettate dell'impianto come definite all'art. 5, comma 1, lettera l) del medesimo Decreto Legislativo.

2 OPERE DI PERIZIA – INTERVENTI MIGLIORATIVI

Il progetto esecutivo prevede l'installazione di un piano di griglia mobile di combustione raffreddato interamente con aria. I dati sul materiale di ingresso, negli stessi elaborati progettuali, individuavano, sulla scorta dei valori indicati nei documenti di gara, un quantitativo di materiale in

ingresso pari a 61 120 t/anno (corrispondenti ad 7.64 t/h nell'ipotesi standard di funzionamento dell'impianto per 8000 ore l'anno) con un PCI (Potere Calorifico Inferiore) di 13 180 kJ/kg (3150 kcal/kg). Ne consegue che il carico termico corrispondente è di 27 972 MW.

Tali valori possono considerarsi sostanzialmente confermati sino al 2016, anno in cui si registra un valor medio del PCI del materiale in ingresso di circa 13 000 kJ/kg.

Nel 2017 si è invece registrato un valor medio di 15 017 (3587 kcal/kg), ovvero un aumento di circa il 14% rispetto al valore stimato. Quest'ultimo valore, nel caso del solo materiale di sovrvallo, cresce ulteriormente fino a 15 770 kJ/kg (3770 kcal/kg), pari ad un aumento del 20%. Questo risultato è una conseguenza del forte aumento del tasso di raccolta differenziata nel bacino d'utenza ma anche di una evidente mutazione delle frazioni merceologiche presenti nel rifiuto indifferenziato oggi prodotto. Ne consegue che il punto di funzionamento normale per l'impianto viene spostato verso la parte alta del diagramma (si veda il nuovo diagramma in allegato, con le due nuove linee in arancio tratteggiate), con conseguente aumento del carico termico istantaneo sulla griglia e, conseguentemente, un maggiore stress per i singoli elementi.

Inoltre, la determinazione n. 1289 del 29/07/2015 della Provincia di Nuoro, che rilascia l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per la nuova linea in oggetto, prescrive (all. 1, pag. 57, punti 2 e 3 del par. 6.7.1) che in caso di incenerimento di *“rifiuti pericolosi contenenti oltre l'1% di sostanze organiche alogenate, espresse in cloro”* e della tipologia di rifiuti CER 180103* *“dovrà essere garantita nella camera di combustione la temperatura di 1100°C. Pertanto dall'avvio e per tutta la durata dell'alimentazione dei rifiuti ospedalieri dovrà essere dimostrata la correlazione con la temperatura in camera di combustione.”*

Tale prescrizione dell'AIA, intervenuta successivamente all'aggiudicazione dell'appalto, impone quindi, per l'incenerimento di *“rifiuti pericolosi contenenti oltre l'1% di sostanze organiche alogenate, espresse in cloro”* e della tipologia di rifiuti CER 18.01.03*, di gestire la camera di combustione con una T_{2s} pari ad almeno 1.100°C. Di conseguenza, in questa condizione la griglia è sottoposta a maggiori sollecitazioni termiche rispetto alle normali condizioni operative. Questa prescrizione costituisce un caso unico nel panorama dell'incenerimento dei rifiuti ospedalieri in Italia, poiché in nessun altro impianto dove si esegue il trattamento termico dei rifiuti ospedalieri in co-incenerimento con altre tipologie di rifiuti solidi urbani e assimilabili è stata prescritta questa condizione.

Inoltre l'AIA fornisce alcune ulteriori prescrizioni in tal senso, stabilendo un flusso massimo di 400 kg/h per 2 ore non consecutive (ovvero 80 scatole/h per 2 ore non consecutive) e un flusso minimo di 200 kg/h per 4 ore non consecutive (ovvero 40 scatole/h per 2 ore non consecutive). Questa condizione potrebbe tradursi in un funzionamento prolungato a 1100°C, per almeno 3 ore/giorno,

considerando che si tratti di solo 2 ore al giorno non consecutive, oppure in una variazione frequente di temperatura, in ogni caso con notevole dispendio in termini di consumo di gasolio, necessario al mantenimento della temperatura di 1100°C. Infatti, affinché tutti i gas di combustione raggiungano la temperatura di 1100°C in camera di postcombustione è indispensabile sfruttare il calore della combustione del gasolio dei bruciatori di supporto. Il rifiuto alimentato alla griglia in questa situazione operativa dovrà essere ridotto, per compensare il calore immesso con il gasolio in modo da evitare pericolosi sovraccarichi termici al combustore e alla caldaia. L'effetto di questa situazione operativa sulla griglia comporta un appesantimento del bilancio termico. Infatti le fiamme dei 2 bruciatori di supporto (installati all'imbocco della postcombustione) irradiano la camera di combustione e parte della griglia, accelerando la combustione del materiale presente e aumentando la probabilità di riverbero diretto sulla superficie dei barrotti, maggiormente scoperta a causa del ridotto carico ponderale alimentato e della rapidità della combustione. Nel contempo, per contenere il consumo di gasolio, l'eccesso d'aria dovrà essere ridotto, limitando la portata di aria primaria sotto griglia. Gli effetti di questa condizione di esercizio sono:

- riduzione della capacità di smaltimento rifiuti durante il mantenimento della temperatura di post combustione a 1100°C;
- aumento del consumo di gasolio per tonnellata di rifiuto smaltita, con conseguente peggioramento della prestazione di efficienza energetica dell'impianto;
- aumento dello stress termico a cui sono sottoposti tutti i componenti esposti all'irraggiamento, in particolare refrattari e barrotti della griglia, con conseguente riduzione della loro durata.

Ora, se pur il progetto di contratto preveda la realizzazione di una griglia raffreddata ad aria con le garanzie di funzionamento necessarie anche in questa ultima condizione, si ritiene che l'aumento dello stress termico sui barrotti raffreddati ad aria su di una griglia già sollecitata a causa dell'aumento del PCI del rifiuto anche nelle situazioni normali, sia tale da ridurre l'efficienza di funzionamento della griglia, che, in situazione di maggior usura dei barrotti richiederebbe interventi di manutenzione (con relativo spegnimento e riaccensione dell'impianto ogni volta) più frequenti. Si propone allora l'adozione di una griglia raffreddata parzialmente ad acqua.

Nella griglia raffreddata ad aria, riscontri analitici e sperimentali mostrano che le temperature dei barrotti di griglia, nelle sopracitate condizioni di esercizio, passano da un valor medio di 375°C ad uno di 440 °C. In queste condizioni di stress termico dei barrotti l'effetto principale è la riduzione di durezza nella misura del 5% - 10%, con l'ulteriore effetto di aumentarne l'usura e diminuirne la durata. Naturalmente i predetti effetti negativi aumentano all'aumentare della temperatura.

Il raggiungimento di temperature oltre i 700°C, comporterebbe infatti:

- crollo della durezza e della resistenza a rottura e snervamento;
- ingresso nel campo della rottura per creep;
- ingresso nel campo di corrosione globale per acciai al Ni-Cr.

L'Impresa, in sede di progettazione di dettaglio darà atto delle migliorie in fatto di aumento della vita dei barrotti in termini di durata in esercizio normale aumento della resistenza per rottura a trazione, aumento della tensione di snervamento, aumento della durezza, uscita dal campo della corrosione, vita media attesa del barrotto.

Per tale motivo, in variazione al progetto esecutivo, si propone il raffreddamento ad acqua delle zone della griglia più sollecitate termicamente. Limitando il raffreddamento ad acqua a queste zone, il sistema proposto risulterà misto, in parte raffreddato ad acqua ed in parte raffreddato ad aria.

In questa situazione, un sistema di raffreddamento ad acqua dei barrotti delle zone della griglia più sollecitate dalla combustione può farne aumentare la durata e quindi ridurre la frequenza delle fermate per controlli e degli interventi di sostituzione degli stessi per usura.

Questo intervento ricade nella casistica compresa nell'**art. 132 comma 3 secondo periodo del D.Lgs. 163/2006 s.m.i.**: si tratta di interventi derivanti da specifiche richieste dell'Amministrazione appaltante derivanti da circostanze e necessità emerse nel corso dei lavori e non prevedibili all'atto della stipula del contratto, interventi tutti finalizzati al miglioramento dell'opera e della sua funzionalità, da realizzarsi nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione appaltante stessa.

L'importo di tale lavorazione, che costituisce l'unica variazione di carattere economico presente nella perizia, ammonta a complessivi € 521 000.00 compresi oneri di sicurezza e IVA, di cui € 362 711.00 per sovrapprezzo relativo ai barrotti raffreddati ad acqua ed € 158 289.00 per impianto di raffreddamento ad acqua dei barrotti. Tale importo è pari al 1,52% dell'importo contrattuale (al netto degli oneri di progettazione), a fronte di un limite in aumento del 5% fissato dalla legge rispetto all'importo di contratto. Tale importo trova altresì copertura nella somma stanziata per l'esecuzione dell'opera al netto del 50% del ribasso d'asta conseguito (pari ad € 5 372 978.00 / 2 = € 2 686 489.00).

2.1 Descrizione della soluzione prevista nel progetto esecutivo

La soluzione riportata nel progetto definitivo ed esecutivo prevede una griglia interamente raffreddata ad aria avente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|--------------------|------------------------|
| • Superficie utile | 40 m ² |
| • Lunghezza | 10,5 m |
| • Larghezza | 3,8 m |
| • Carico termico | ~737 kW/m ² |

- Griglia tipo STEP AD ARIA griglia mobile a comando idraulico
- N° barrotti 660 barrotti raffreddati ad aria

La griglia di combustione è composta da:

- tramoggia di carico e spintore
- griglia di combustione composta da due moduli
- sistema oleodinamico di azionamento
- sistema di controllo automatico della combustione in quadro di automazione della griglia

La griglia di combustione proposta nel progetto definitivo ed esecutivo è costituita interamente da barrotti ottenuti da fusione in acciaio GX40CrNiSi2512, idoneo per l'impiego in questo tipo di applicazioni. La particolare forma costruttiva dei gradini costituenti le griglie costringe l'aria primaria di combustione a raffreddare i gradini stessi, prima di uscire dalle apposite fenditure.

I barrotti mobili e fissi sono alternati sul piano di griglia ed i barrotti mobili sono collegati ad un telaio che scorre su ruote poggiate su vie di corsa, azionato da pistoni oleodinamici. I settori in cui è divisa la griglia, corrispondenti ad altrettanti telai mobili azionati indipendentemente uno dall'altro, sono due.

Le fasi della combustione del rifiuto sono le seguenti:

- essiccamento e precombustione;
- accensione e combustione;
- esaurimento della combustione e spegnimento.

Le fasi che sollecitano maggiormente dal punto di vista termico i barrotti sono l'accensione e la combustione, che avvengono nella zona centrale della griglia, prevalentemente nel primo settore di griglia, anche se, in funzione del potere calorifico del rifiuto e del suo grado di umidità, possono arretrare verso lo spintore di carico della griglia quando il potere calorifico inferiore è elevato, oppure avanzare verso la metà della lunghezza della griglia quando il potere calorifico inferiore del rifiuto è basso.

Il raffreddamento ad aria della griglia è dato dalla distribuzione di aria primaria, che viene soffiata sotto la griglia, suddivisa in quattro settori, ciascuno determinato dalla tramoggia sottostante, aventi regolazione indipendente della portata. L'aria viene insufflata, tramite il ventilatore dell'aria primaria, sotto la griglia, già preriscaldata, in funzione delle condizioni operative ovvero del potere calorifico inferiore del rifiuto, e questo preriscaldamento è ottenuto attraverso lo scambiatore di calore che impiega vapore spillato dalla turbina.

Oltre alle condizioni operative della combustione, la portata per ciascun settore è correlata anche alla necessità di mantenere un flusso minimo di aria con la funzione di raffreddamento dei barrotti stessi.

2.2 Scopo della variante

Lo scopo della variante è fornire un sistema che permetta di aumentare la durata attesa dei barrotti e quindi ridurre la frequenza delle fermate per controlli e degli interventi di sostituzione degli stessi, a fronte dell'incremento del PCI del rifiuto (registrato nel corso del 2017) valutato congiuntamente alla prescrizione di AIA di $T_{2s}=1100^{\circ}\text{C}$ in caso di combustione di rifiuti pericolosi contenenti oltre l'1% di sostanze organiche alogenate, espresse in cloro e della tipologia di rifiuti CER 18.01.03*.

2.3 Descrizione della variante

La variante consiste nell'adozione di un sistema di raffreddamento con acqua delle file di barrotti, sia fisse che mobili, più sollecitate termicamente dalla combustione. La griglia di combustione risulta, quindi, composta da due tipi di barrotti:

- barrotti raffreddati ad acqua;
- barrotti raffreddati ad aria.

Di seguito vengono riepilogate le principali caratteristiche tecnico-dimensionali:

- Superficie utile 41,6 m²
- Lunghezza 9,9 m
- Larghezza 4,2 m
- Carico termico ~709 kW/m²
- Griglia tipo STEP MISTI ACQUA/ARIA griglia mobile a comando idraulico
- N° barrotti 420 barrotti raffreddati ad acqua
240 barrotti raffreddati ad aria

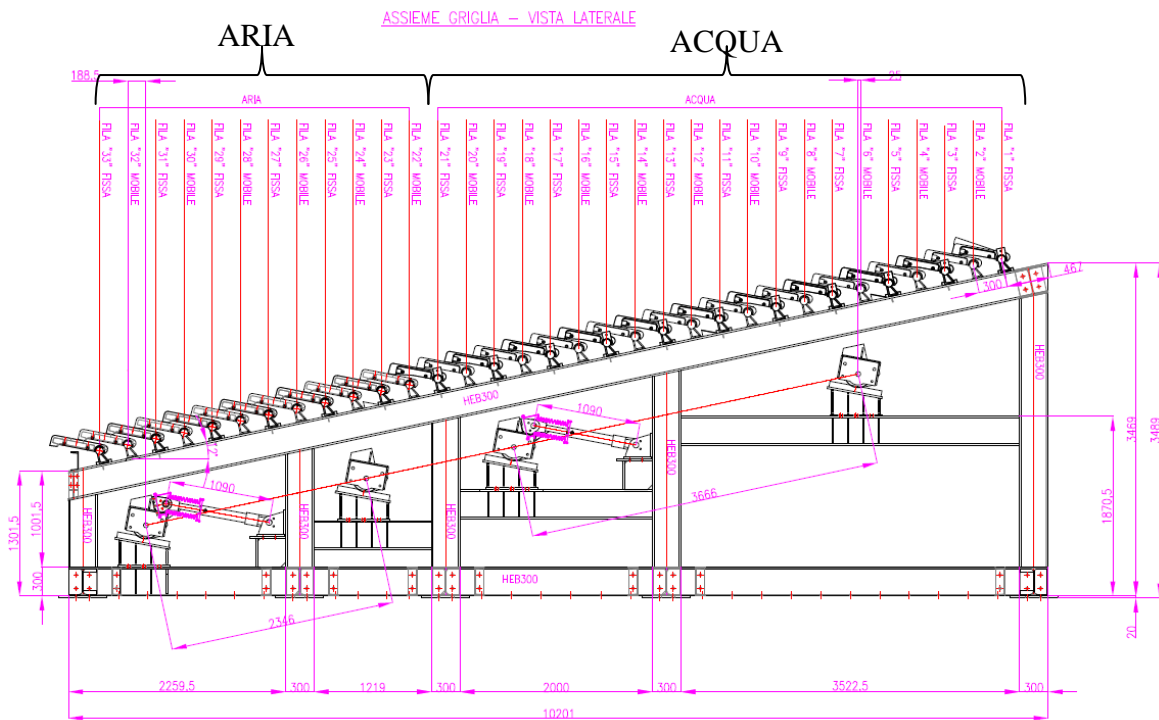
Sia i barrotti raffreddati ad acqua che quelli raffreddati ad aria hanno le stesse dimensioni di ingombro, pari a

- Lunghezza del barrotto : 600 mm
- Larghezza del barrotto : 210 mm
- Altezza della testa del barrotto : 115 mm

I barrotti di ciascuna fila della griglia sono collegati per mezzo di connessioni imbullonate, costituendo una superficie continua nella quale sono ricavate le fessure per il passaggio dell'aria

comburente. Il passaggio delle ceneri attraverso la griglia è ridotto grazie alla superficie compatta della griglia ed al corretto dimensionamento delle fessure.

Il materiale con cui sono realizzati i barrotti raffreddati ad acqua è un acciaio refrattario 28 Cr 5 Ni, identificato secondo DIN come 1.4823, che è lo stesso dei barrotti raffreddati ad aria; in caso di mancanza dell'acqua di raffreddamento, la griglia può essere esercita per qualche ora per essere portata a spegnimento in sicurezza senza causare danni.



Barrotti raffreddati ad acqua

I barrotti raffreddati ad acqua avranno il canale di passaggio dell'acqua ricavato in una intercapedine all'interno del corpo del barrotto stesso, grazie alla tecnologia adottata nella fusione. Al di sotto del barrotto saranno presenti le connessioni di circolazione dell'acqua di raffreddamento, che saranno interconnesse tra loro (entro la medesima fila) tramite tubi di collegamento; le file di barrotti sono alimentate con tubi flessibili con calza di acciaio. Le file di barrotti, sia fissi che mobili, raffreddati ad acqua saranno collegati da un sistema di acqua di raffreddamento comune. In ciascuna delle file di barrotti raffreddate ad acqua è presente una connessione di ingresso ed una connessione di uscita dell'acqua di raffreddamento, le quali si trovano rispettivamente sul lato destro e sinistro della griglia, osservata dal lato dello spintore verso il pozzo di caduta scorie.

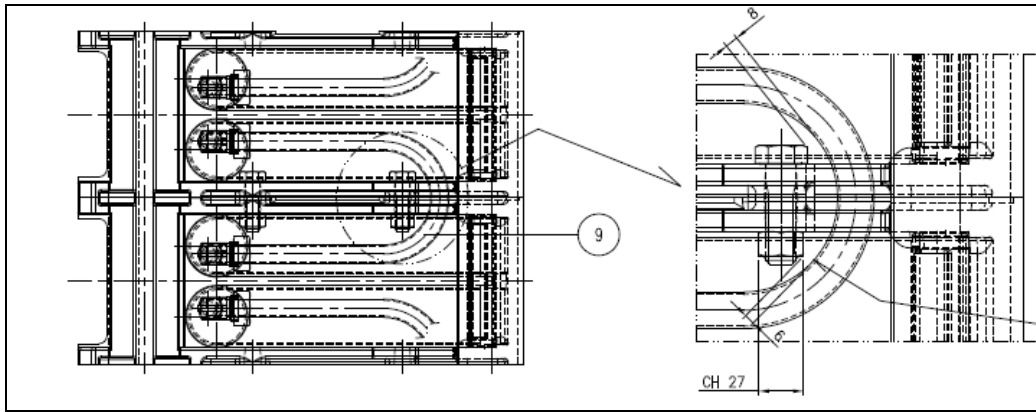
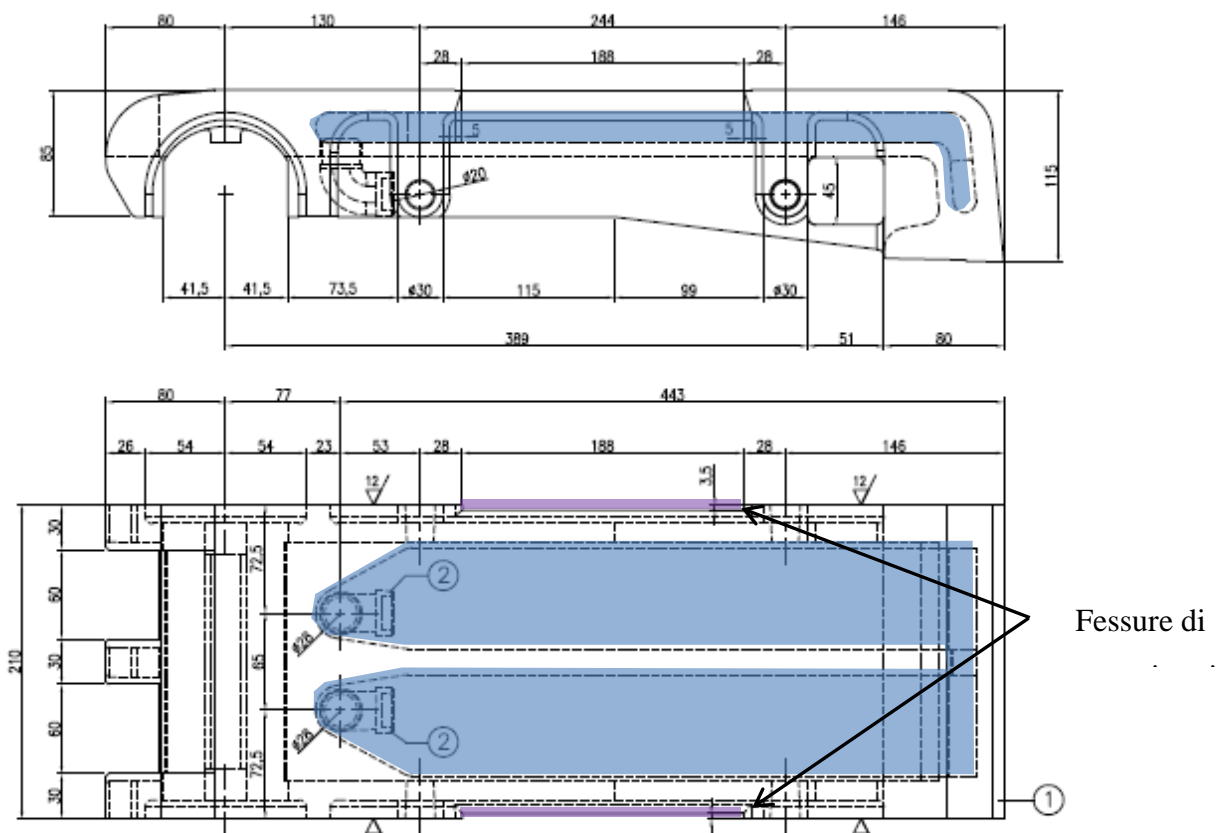


Immagine tipica del circuito di raffreddamento tra due barrotti adiacenti

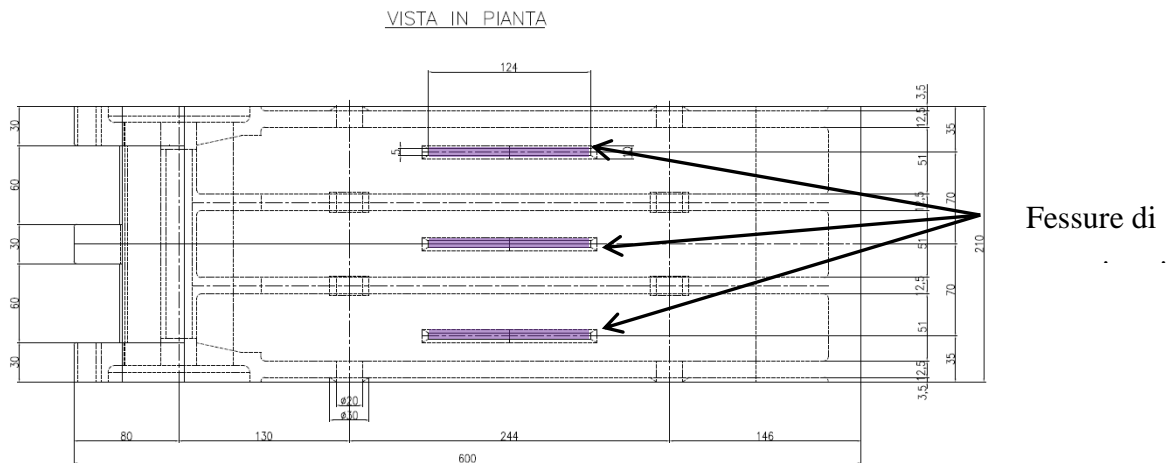


Barrotto raffreddato ad acqua

Nelle figure soprastanti, la cavità di passaggio dell'acqua di raffreddamento è evidenziata in blu e le fessure di passaggio dell'aria comburente sotto griglia (in viola) sono ricavate sui fianchi del barrotto raffreddato ad acqua, pertanto esse sono poste tra barrotto e barrotto.

Barrotti raffreddati ad aria

I barrotti raffreddati ad aria hanno, invece, tre fessure ricavate all'interno del barrotto, in modo da favorire il passaggio dell'aria distribuito su tutta la superficie inferiore del barrotto e quindi il suo raffreddamento tramite l'aria (in viola nella figura sottostante).



Barrotto raffreddato ad aria

Piastre laterali

Le piastre laterali che contengono la griglia per tutta la sua lunghezza, ovvero sia le file raffreddate ad acqua che quelle raffreddate ad aria, sono interamente di tipo raffreddato ad acqua, collegate anche esse al medesimo circuito di raffreddamento dei barrotti. Gli ingressi e le uscite dell'acqua di raffreddamento delle piastre laterali sono entrambi sullo stesso lato delle piastre stesse.

Circuito di raffreddamento

Il circuito di raffreddamento è semplice e robusto, la pressurizzazione del circuito, ottenuta tramite vaso di espansione, è la minima necessaria a garantire la prevenzione di formazione di vapore all'interno del circuito stesso, le apparecchiature importanti (pompe di circolazione) sono ridondate e opportunamente dimensionate. Il sistema di raffreddamento della griglia si integra con il sistema di raffreddamento delle piastre laterali.

Il circuito di raffreddamento è di tipo chiuso, per evitare consumi di acqua. È dotato di un vaso di espansione, che mantiene la pressurizzazione del circuito, e due pompe di circolazione (una di riserva all'altra); il calore sottratto alla griglia può essere recuperato e ceduto all'aria comburente con uno scambiatore aria/acqua oppure dissipato con un aerotermo.

Il monitoraggio della temperatura e della pressione è continuo e genera i segnali per il controllo di tali parametri. Il fluido di raffreddamento è costituito da acqua demineralizzata condizionata. La pompa in servizio fa circolare l'acqua nei componenti da raffreddare (barrotti e piastre laterali) in circuito chiuso, assorbendone pertanto il calore.

Al fine di ottimizzare il recupero termico è inserito nella linea di preriscaldamento aria primaria lo scambiatore aria di combustione/acqua calda del circuito di raffreddamento griglia. Questo

scambiatore è ubicato a monte dello scambiatore finale acqua/aria e permette comunque un preriscaldamento più o meno intenso, in funzione dal potere calorifico del combustibile utilizzato.

La temperatura dell'acqua di raffreddamento in ingresso alla griglia è mantenuta costante per mezzo di una valvola di controllo ubicata nella zona della griglia. Qualora il raffreddamento dell'acqua dato del preriscaldatore dell'aria primaria non fosse sufficiente, l'acqua verrà inviata all'aerotermostato dissipativo. La quantità d'aria che passa attraverso l'aerotermostato viene controllata scegliendo il numero di ventilatori di raffreddamento in funzione, in modo di poter smaltire il calore residuo. L'acqua raffreddata viene quindi fatta circolare dalla pompa in servizio, che la convogliata agli elementi da raffreddare, chiudendo così il circuito.

Consistenza della fornitura

Il sistema di raffreddamento è costituito principalmente da:

- Parti relative alla griglia
 - N.420 barrotti raffreddati ad acqua (che si sommano a 240 barrotti raffreddati ad aria)
 - N.100 piastre laterali raffreddate ad acqua
 - controllo dell'acqua di raffreddamento dei barrotti (asometro e termometro)
 - distributore con alimentatori in uscita per ogni elemento raffreddato
 - valvole di intercettazione, una per ogni alimentatore in uscita
 - manichette per gli elementi mobili
 - tubazioni per ogni elemento fino al collettore
 - valvole di intercettazione, una dietro ad ogni combinazione di elementi
 - collettore principale
 - valvole di spurgo
- Circuito di raffreddamento
 - 2x100% pompe di circolazione, ognuna dotata di un filtro e di una valvola di ritegno e di due valvole di intercettazione
 - 1 pompa di reintegro del circuito di raffreddamento, attraverso il vaso di espansione;
 - scambiatore di calore aria primaria/acqua per preriscaldamento aria e primo raffreddamento acqua, intercettabile e by-passabile, completo di strumentazione di linea;
 - aerotermostato per il raffreddamento finale, con valvola di regolazione lato acqua, by-pass e strumentazione, dotato di ventilatori con regolazione di tipo "a step"

- vaso di espansione, completo di strumentazione e valvola di sicurezza contro la sovrappressione, dotato di connessione per il caricamento e il reintegro e connessione per la pressurizzazione tramite aria compressa
- skid di dosaggio anticorrosivo
- piping di interconnessione delle apparecchiature sopra citate e degli elementi della griglia da raffreddare, completo di drenaggi, valvole di intercettazione e supporti

2.4 Comparazione della soluzione a progetto e della variante

La soluzione proposta in variante presenta i vantaggi riportati al seguente paragrafo.

L'inserimento di nuove apparecchiature e relative utenze comporta un aumento di:

- potenze installate e quindi dei consumi elettrici;
- consumi di aria compressa, che sono ricompresi nell'aumento di consumi di energia elettrica;
- consumo di acqua demineralizzata.

DATASHEET N°3

Rev.

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI CONSUMI ELETTRICI							1	5
DESCRIZIONE	Q.tà per linea	Q.ta tot	SERVIZIO ATTESO (%)	POTENZA UNITARIA INSTALLATA kW	POTENZA TOTALE INSTALLATA kW	POTENZA UNITARIA ASSORBITA kW	CTN	D2
							POTENZA MEDIA ASSORBITA kW	POTENZA MEDIA ASSORBITA kW
FORNO-CALDAIA								
SISTEMA RAFFREDDAMENTO GRIGLIA								
Pompe circolazione acqua	2	2	100%	15,00	30,0	13,2	13,20	13,20
Aerotermo	1	1	55%	30,00	30,0	25,5	14,03	14,03
Skid dosaggio anticorrosivo	1	1	10%	0,55	0,6	0,4	0,04	0,04
Pompa reintegro	1	1	10%	0,55	0,6	0,4	0,04	0,04
Consumo di aria compressa del sistema	1	1	100%	0,55	0,6	0,6	0,55	0,55
Piccole apparecchiature	1	1	100%	1,00	1,0	1,0	1,00	1,00
TOTALE SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO		7			63		28,9	28,9

Il consumo massimo di acqua demineralizzata per il solo reintegro del circuito di raffreddamento è 1,4 m³/giorno.

Nella tabella riportata nel seguito, si mostra come, in virtù della frequenza di sostituzione, nettamente inferiore, il tempo di ritorno dell'investimento è inferiore ai 5 anni e soprattutto i costi di esercizio sono ridotti.

CALCOLO DEL RISPARMIO E DEL TEMPO DI RITORNO		BASE	VARIANTE	RISPARMIO
		Aria	Acqua	
Barrotti oggetto di variante	n°	420	420	
Prezzo unitario barrotti	Euro	1.195	1.908	
Prezzo totale barrotti	Euro	501.900	801.360	
Frequenza di sostituzione	ore	16.000	56.000	
Ore di funzionamento annue	ore/anno	8.000	8.000	
Tempo considerato	anni	20	20	
Sostituzioni nel tempo considerato	n.	10	3	
Prezzo totale barrotti nel tempo considerato	Euro	5.019.000	2.289.600	2.729.400
Prezzo totale barrotti medio nel tempo considerato	Euro/anno	250.950	114.480	
Costo unitario manodopera	Euro/h	30	30	
Tempo manodopera stimato annuo	h uomo	64	160	
Costo manodopera per sostituzione	Euro	1.920	4.800	
Costo manodopera nel tempo considerato	Euro	19.200	13.714	
Costo manodopera medio nel tempo considerato	Euro/anno	960	686	
Costo manutenzione medio annuo della sola variante	Euro/anno	0	1.000	
Consumo elettrico medio della sola variante	kWh/h	0	28,9	
Consumo elettrico della sola variante	kWh/anno	0	231.200	
Valore medio energia elettrica	Euro/kWh	0,075	0,075	
Costo medio annuo	Euro/anno	0	17.340	
COSTO TOTALE MEDIO ANNUO NEL TEMPO	Euro/anno	251.910	133.506	118.404
INVESTIMENTO	Euro			521.000
				4,40

2.5 Vantaggi

I vantaggi della soluzione proposta in variante sono elencati di seguito.

- Il vantaggio principale è limitare al massimo la sollecitazione alla griglia e quindi la rapidità di usura dei barrotti, riducendo la frequenza degli interventi di sostituzione;

Altri vantaggi:

- il motivo per cui il raffreddamento ad acqua è preferibile a quello ad aria nelle sezioni più sollecitate termicamente consiste nella possibilità di regolazione dell'aria solo ai fini della combustione e non anche per il raffreddamento della griglia. La combustione di rifiuto ad elevato PCI può quindi procedere più gradualmente, riducendo la disponibilità di comburente e può completarsi ad opera dell'aria secondaria, nella camera di postcombustione. In questo modo può essere controllata la produzione di calore con riduzione delle sollecitazioni alla griglia (barrotti) e al rivestimento refrattario del combustore; può essere controllata la temperatura la produzione di fumi evitando di sbilanciare il funzionamento della sezione di depurazione;
- l'impiego di una griglia che abbia un sistema di raffreddamento tale da permettere variazioni della portata di aria primaria, per il principale obiettivo di controllare la combustione, piuttosto che per il raffreddamento della griglia, è annoverato tra le Best Available Technologies (ovvero le Migliori Tecnologie Disponibili) del settore dell'incenerimento dei rifiuti;
- in virtù della possibilità di regolazione dell'aria sotto griglia svincolata dal raffreddamento, è possibile fare una ottimizzazione del controllo delle condizioni di combustione con la

combinazione del controllo dell'aria di combustione, della distribuzione delle temperature, del tempo di permanenza dei gas, della turbolenza, del design delle apparecchiature;

- dal primo e principale vantaggio, ovvero la limitazione dell'usura dei barrotti, discende una maggiore costanza nel tempo del comportamento operativo del sistema di combustione. Infatti, la progressiva usura dei barrotti produce un cambiamento della griglia durante la campagna di funzionamento che si traduce in un diverso comportamento operativo. Quando l'impianto parte dopo la manutenzione programmata, con la griglia in ordine, i giochi tra i barrotti e tra i barrotti e le piastre laterali sono minimi e le fessure per il passaggio dell'aria sono di dimensione nota. Con il passare delle ore di esercizio, i giochi tra le fusioni e le sezioni di passaggio dell'aria aumentano progressivamente; inoltre l'usura non è omogenea su tutta la griglia ma è massima nelle zone più interessate dalla combustione e molto ridotta nelle zone più scariche. Infine la velocità di usura non è costante, ma aumenta nel tempo: più le fusioni sono usurate, più velocemente si usurano. Può quindi accadere che in periodi in cui si trattano rifiuti con PCI particolarmente elevato o in momenti in cui è più difficile ottenere una buona miscelazione della carica del combustore, la griglia possa subire sollecitazioni tali da rendere necessaria una fermata per manutenzione. Per quanto riguarda le condizioni di combustione, il sistema di controllo potrebbe avere una certa difficoltà a seguire il cambiamento delle caratteristiche della griglia nel tempo, dovute alle usure precoci. Infine è evidente che con barrotti usurati il passaggio dei fini sottogriglia è amplificato, con ripercussioni sul contenuto di incombusti nelle scorie.
- è più agevole ottenere un incombusto residuo nelle ceneri inferiore al 3% e mediamente atteso tra 1% e 2%;
- tutte le apparecchiature sono mantenute in buono stato operativo ed è possibile eseguire le necessarie ispezioni e la manutenzione preventiva, riducendo il ricorso alla manutenzione straordinaria;
- in alcune recenti realizzazioni di griglie raffreddate ad acqua i barrotti hanno superato le 60.000 ore di esercizio. Rispetto alle prestazioni medie di barrotti raffreddati ad aria, per la griglia di Macomer, si può stimare un risparmio nell'acquisto di fusioni di ricambio, senza contare i tempi di fermata e le eventuali fermate non programmate necessarie in caso di più frequenti interventi di sostituzione dei barrotti.

3 OPERE DI PERIZIA – INTERVENTI MINORI

In corso d'opera, ai fini di massimizzare l'ottimizzazione dell'intero processo dal punto di vista funzionale e gestionale, è emersa la necessità di eseguire alcuni interventi di dettaglio e minore

importanza, consistenti principalmente in piccole modifiche dimensionali di adattamento. Si tratta delle seguenti lavorazioni:

- Modifiche al rivestimento esterno del camino
- Modifiche alla struttura portante dell'edificio avanfossa
- Modifiche alla struttura portante e agli ingombri esterni dell'edificio forno-caldaia
- Modifiche alla struttura del condensatore ad aria
- Modifiche alla turbina.

Tale gruppo di opere non comporta variazioni in aumento o in diminuzione rispetto agli originari importi di progetto.

Di seguito si descrivono nel dettaglio i singoli interventi di perizia rientranti in questa categoria di lavori.

3.1 Camino

La variante comporta un rivestimento esterno di diametro pari 3650 mm in luogo di quello previsto nel progetto esecutivo di 4000 mm. La differenza di diametro viene compensata con rinforzi strutturali migliorando la resistenza del manufatto.

Restano invariati il diametro della canna interna, gli spazi di accesso (passerelle), l'accessibilità alle strumentazioni e la coibentazione.

La soluzione permette di evitare la divisione della canna esterna in settori circolari flangiati che richiederebbero periodici controlli dei serraggi, sia a livello orizzontale che in verticale lasciando invece un effetto di insieme unitario.

3.2 Struttura portante dell'edificio avanfossa

La struttura prevista a livello di progetto esecutivo prevedeva la realizzazione di travi tralicciate realizzate mediante tubolari in acciaio. La nuova proposta prevede l'impiego di profilati a I opportunamente sagomati. Tale nuova sistemazione permette un aumento della luce netta disponibile internamente per la movimentazione dei mezzi.

3.3 Modifiche alla struttura portante e agli ingombri esterni dell'edificio forno-caldaia

In sede di redazione del progetto costruttivo l'Impresa, di concerto con il fornitore del generatore di vapore, ha ottimizzato la struttura in funzione delle apparecchiature da montare, con variazioni decimetriche degli ingombri complessivi. Se ne dà atto per completezza.

3.4 Modifiche alla struttura del condensatore ad aria

Analogo discorso come al punto precedente. Si sono verificati gli ingombri in campo e si è verificato che l'allargamento verso la parte retrostante di circa 8 cm oltre il limite previsto è sufficientemente in quota da non inficiare il transito dei mezzi nell'area retrostante.

3.5 Modifiche alla turbina.

Analogo discorso come ai punti precedenti. Si dà atto in aggiunta che si tratta di variazioni di opeer interne, le dimensioni del fabbricato rimangono invariate.

Si allega la specifica del turbogeneratore scelto.

4 ATTIVITÀ PREVISTE NELLA FORNITURA

La realizzazione dell'opera prevede lo svolgimento di una serie di attività di seguito riassunte.

4.1 Attività di ingegneria

- Attività di ingegneria generale e di dettaglio.
- Calcoli di verifica di dettaglio termodinamici.
- Calcoli di verifica delle tubazioni e dell'efficienza del sistema di raffreddamento.
- Disegni costruttivi ed isometrici.
- Piano di controlli e collaudi per tutte le attività costruttive, ed armonizzazione con la documentazione esistente per la caldaia.
- Documentazione necessaria ai fini dell'ottenimento delle certificazioni necessarie, ivi comprese: analisi di vita residua e analisi dei rischi del nuovo insieme.
- Manuale d'istruzioni.
- P&I dell'insieme.

4.2 Materiali

- Collettori e piping.
- Barrotti.
- Aerotermo dispersore di calore.
- Coibentazioni.
- Curve, Te, Fittings e pezzi speciali.
- Supporti tubazioni.
- Modifiche alla meccanica di supporto griglia.
- Quant'altro necessario per dare l'opera finita e funzionante.

4.3 Opera finita

- Montaggi.
- Redazione elaborati in versione as-built.
- Fornitura della documentazione relativa all'esercizio ed alla manutenzione.
- Avviamento e messa a regime.
- Collaudo finale e collaudi vari.
- Garanzie funzionali.

5 CONCLUSIONI

La presente perizia viene redatta avuto riguardo dell'art. 132 terzo comma secondo periodo del D.Lgs. 163/2006 s.m.i.

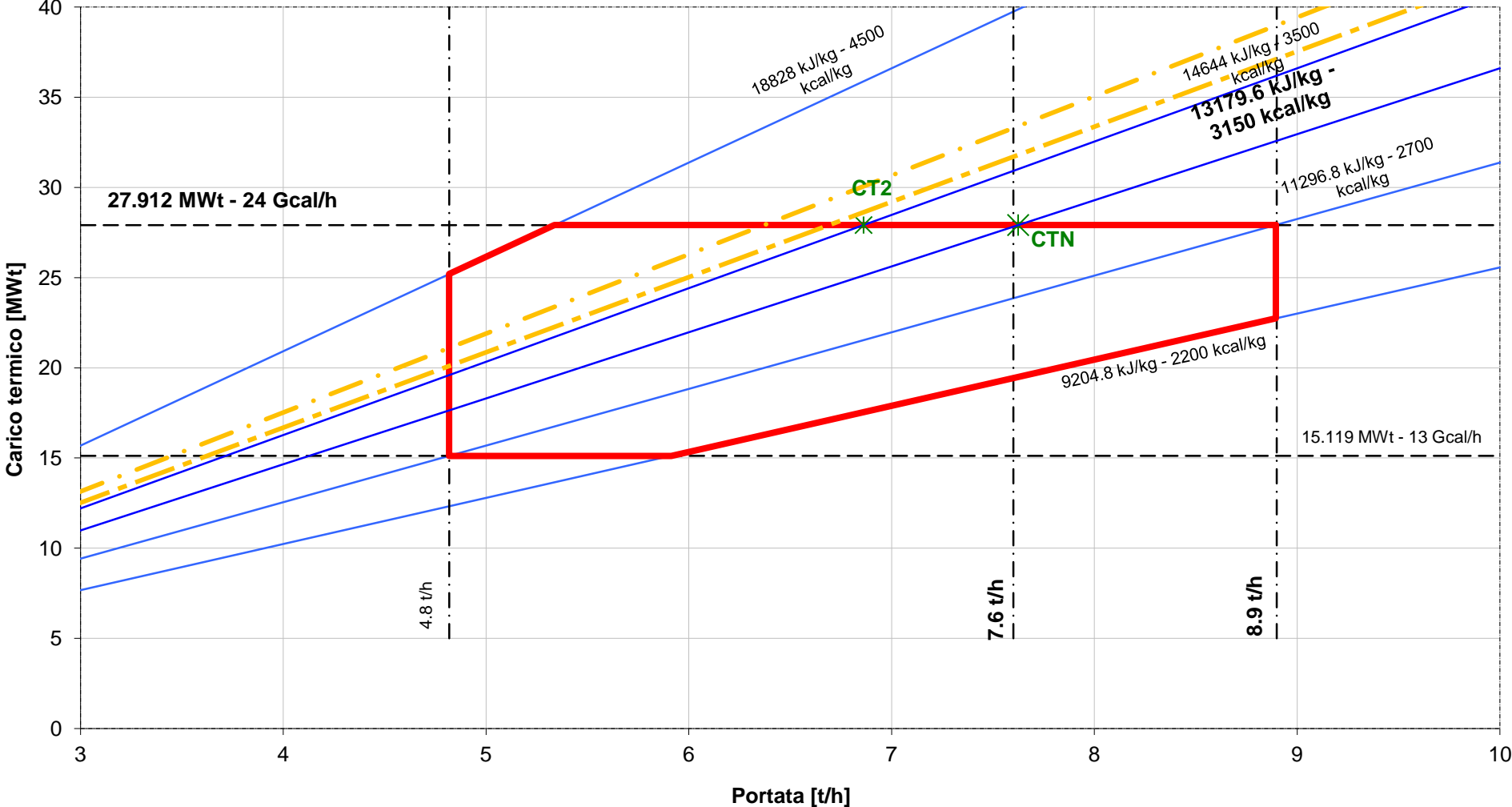
Per effetto delle opere migliorative di perizia sopra descritte si ha un importo complessivo dei lavori, novato in € 34 716 207.00 inclusi oneri della sicurezza, IVA esclusa.

Non sono previsti incrementi agli oneri della sicurezza in quanto le lavorazioni di cantiere relative alle opere oggetto delle modifiche previste in perizia (barrotti, rivestimento esterno del camino, struttura portante dell'edificio avanfossa, struttura portante dell'edificio forno-caldaia, struttura del condensatore ad aria e turbina) non mutano nella sostanza e pertanto sono tutte ininfluenti ai fini di possibili variazioni ai costi della sicurezza.

L'incremento complessivo dell'importo contrattuale è pertanto pari ad € 521 000.00. Tale importo complessivo dei lavori costituisce un incremento dell'1.52% rispetto all'importo contrattuale originario riferito ai lavori, ovvero dell'1,50% ove si consideri l'importo contrattuale inteso nella sua globalità, inclusi anche gli oneri di progettazione.

ALLEGATO 1 – DIAGRAMMA DI COMBUSTIONE

DIAGRAMMA DI CARICO



ALLEGATO 2 – SPECIFICA TECNICA TURBOGRUPPO

Monsud

Macomer

Descrizione Tecnica Turbina a vapore

No. 2017-037

Legnano, Ottobre 2017



1	ESTENSIONE DI FORNITURA TURBINA.....	3
1.1	DATI VAPORE CICLO TERMODINAMICO.....	3
1.2	TURBOGRUPPO.....	3
1.2.1	Connessioni.....	4
1.2.2	Ingresso vapore principale.....	4
1.2.3	Estrazione del vapore a pressione non controllata.....	4
1.2.4	Derivazione del vapore a pressione controllata.....	4
1.2.5	Riduttore.....	4
1.2.6	Viratore elettrico.....	4
1.2.7	Sistema di tenute vapore.....	4
1.2.8	Sistema di condensazione del vapore di fuga.....	5
1.2.9	Sistema drenaggio.....	5
1.2.10	Isolamento termico.....	5
1.2.11	Isolamento acustico del turbogruppo.....	5
1.2.12	Sistema olio di lubrificazione e regolazione.....	5
1.2.13	Ausiliari e controlli quadri elettrici.....	6
1.2.14	Strumentazione in campo.....	6
1.2.15	Sistema di monitoraggio.....	6
1.2.16	Quadro di controllo turbina.....	6
1.2.17	Protezioni.....	6
1.2.18	Sistema idraulico di regolazione e scatto.....	7
1.2.19	Attrezzi speciali di montaggio.....	7
1.2.20	Documentazione tecnica.....	7
1.2.21	Gland Steam Condenser (GSC).....	7
2	DATI DI PERFORMANCE.....	8
3	DESCRIZIONE TECNICA.....	9
3.1	TURBINA A VAPORE.....	9
3.1.1	Cassa turbina.....	9
3.1.2	Valvola di presa (o di emergenza) di AP.....	10
3.1.3	Valvola di regolazione di AP.....	13
3.1.4	Palettatura.....	16
3.1.5	Rotore.....	18
3.1.6	Riduttore di velocità.....	21
3.1.7	Sistema di lubrificazione e regolazione.....	23
3.1.8	Sistema tenute a vapore.....	26
3.1.9	Isolamento termico della turbina.....	30
3.1.10	Controllo della purezza del vapore.....	31

1 ESTENSIONE DI FORNITURA TURBINA

1.1 DATI VAPORE CICLO TERMODINAMICO

Di seguito si riportano i dati termodinamici relativi alle correnti di vapore per i punti di funzionamento previsti nel progetto esecutivo.

SCENARI	U.M	SC1 (CTN)	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	Overload
Portata vapore IN turbina	t/h	32,11	32,68	27,42	17,221	34,11	34,766	35,89
Pressione vapore IN turbina	bar ass.	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5
Temperatura vapore IN turbina	°C	405	405	405	405	405	405	405
Portata max. vapore 1° spill. ¹	t/h	~5	~5	~5	~5	~5	~5	~5
Pressione 1° spillamento	bar ass.	>12	>12	>12	>12	>12	>12	>12
Portata vapore tenute (stima)	t/h	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Portata vapore 2° spill. (stima conservativa)	t/h	3,95	4,14	3,23	2,94	4,11	4,20	4,15
Pressione 2° spillamento	bar ass.	6	6	6	6	6	6	6

Tolleranze sui dati del vapore in ingresso alla turbina:

- la temperatura del vapore può variare di $\pm 10^{\circ}\text{C}$ rispetto al valore di progetto (405°C);
- la pressione all'uscita del corpo cilindrico è di circa 50bar a., quindi circa 48.5bar a. ad ingresso turbina. Eventuali oscillazioni vanno gestite dal sistema di regolazione della turbina;
- la portata in ingresso potrebbe variare in base al potere calorifico del rifiuto bruciato.

1.2 TURBOGRUPPO

Servizio: Trasformare l'energia termica del vapore surriscaldato in energia meccanica

Il presente progetto prevede l'installazione di una turbina a condensazione con scarico verso l'alto.

La turbina a vapore sarà interamente montata in stabilimento su placca di base comune per turbina e riduttore di giri². La turbina sarà fornita completa di valvole di entrata del vapore principale, tubazioni interne, strumentazione e collegamenti alle morsettiere locali.

Il senso di rotazione della turbina sarà orario visto dal lato comando.

La turbina sarà progettata per installazione al coperto e la protezione fono-assorbente del turboalternatore, ovvero del solo riduttore, ovvero della sola pompa trascinata, sarà fornita solo se strettamente necessaria per il rispetto del limite di $85\text{dBa} \pm 2\text{dBa}$ come riportato al §1.2.11.

¹ Si precisa che i valori di performance da garantire e gli altri dati in tabella sono riferiti ad una portata di vapore primo spillamento pari a 0 t/h.

² Il basamento metallico della turbina non include l'alternatore, che poggerà direttamente su basamento in cemento.

1.2.1 Conessioni

Le connessioni della turbina sono le seguenti:

Connessione	Dimensione	ANSI
Ammissione	6"	600 lb
Spillamento	4"	300 lb
Estrazione	4"	150 lb
Scarico	780 x 1800 Sezione rettangolare con scarico verso l'alto	

1.2.2 Ingresso vapore principale

Il sistema di ingresso vapore principale sarà costituito da:

- N. 1 valvola di emergenza del vapore principale con azionamento di tipo elettroidraulico;
- N. 1 o più valvole di regolazione con azionamento di tipo elettroidraulico;
- Filtro permanente montato nel corpo della valvola di emergenza;
- Filtro provvisorio da usare durante il primo periodo di funzionamento.

1.2.3 Estrazione del vapore a pressione non controllata

La turbina sarà dotata di un'estrazione del vapore a pressione non controllata provvista di:

- N. 1 valvola di non ritorno ad azionamento pneumatico fornita sciolta per il montaggio sulla linea di estrazione.

1.2.4 Derivazione del vapore a pressione controllata

La turbina sarà dotata di una derivazione del vapore a pressione controllata provvista di:

- Sistema con valvola di regolazione del vapore derivato compatibile con il sistema di gestione, tale da garantire una pressione allo spillamento pari a 6 bar a in tutte le condizioni operative previste;
- N. 1 valvola di non ritorno ad azionamento pneumatico fornita sciolta per il montaggio sulla linea di estrazione.

1.2.5 Riduttore

Riduttore completamente montato e completo di strumentazione e collegamenti alle morsettiere. Il senso di rotazione del pignone sarà orario dal lato turbina e la posizione della ruota lenta è a destra vista dal lato turbina. Il riduttore con Fattore di Servizio AGMA (421.06) 1.3 minimo. I giunti sono completi di copertura di protezione.

1.2.6 Viratore elettrico

Viratore comandato da motore elettrico trifase a c.a. con dispositivo automatico per inserimento e disinserimento, montato sul riduttore ad una estremità del pignone, dotato di dispositivo per azionamento manuale.

1.2.7 Sistema di tenute vapore

Sistema di mandata vapore alle tenute

- N. 1 sistema di mandata vapore alle tenute completo di:
 - Filtro mandata vapore
 - Valvola di regolazione della pressione alle tenute con attuatore pneumatico
 - Valvole di blocco e by-pass manuale
 - Valvola di regolazione dell'acqua di desurriscaldamento con attuatore pneumatico

Valvola di sicurezza

- Tubazioni di collegamento tra il sistema di mandata vapore e i manicotti: ESCLUSE

1.2.8 Sistema di condensazione del vapore di fuga

- No. 1 sistema di condensazione del vapore di fuga:
Condensatore del tipo a superficie

Materiali del condensatore:

- Involucro A106 Gr. B
- Tubi di scambio ASTM A179
- Piastre tubiere A 516 Gr. 60
- N. 2 estrattori con motore in c.a.
- Tubazioni di collegamento tra i manicotti ed il condensatore: ESCLUSE

1.2.9 Sistema drenaggio

Valvole di drenaggio a servocomando pneumatico fornite sciolte.

1.2.10 Isolamento termico

Isolamento termico della turbina per ottenere una temperatura superficiale non superiore a 60°C e comunque entro i limiti di legge.

1.2.11 Isolamento acustico del turbogruppo

Il livello di pressione sonora del turbogruppo non eccederà 85 dBA con tolleranza 2 dBA, misurato secondo ISO 3746 ad 1 m di distanza del macchinario ed 1,5 m di altezza.

1.2.12 Sistema olio di lubrificazione e regolazione

No. 1 Sistema olio lubrificazione e regolazione, fornito completamente montato su skid, refrigeranti, pompe, accessori, strumentazione e collegamenti a morsettiere.

Esso comprenderà:

- Cassa olio esterna su skid con centralina olio;
- Pompa principale montata sul riduttore;
- Pompa ausiliaria alimentata da motore elettrico in corrente alternata, corredata di avviamento automatico in caso di bassa pressione dell'olio;
- Pompa di emergenza alimentata da motore elettrico in corrente continua, corredata di avviamento automatico in caso di bassissima pressione dell'olio;
- N.2 pompe olio di regolazione (principale ed emergenza)
- Doppio filtro per l'olio;
- N°2 scambiatori ad acqua;
- Accumulatore dell'olio per il controllo dello stesso;
- Due valvole a solenoide per la fermata di emergenza del turbogruppo;
- Tubazioni sul basamento in acciaio inossidabile;
- Riscaldatore elettrico dell'olio;
- Estrattore elettrico di vapori dell'olio completo con separatore nebbie oleose; 2° estrattore in OPZIONE
- Olio di lavaggio e 1° riempimento.
- Tubazioni di collegamento tra il sistema olio e i cuscinetti della turbina, riduttore, alternatore: ESCLUSE

1.2.13 Ausiliari e controlli quadri elettrici

Tutti gli ausiliari e i controlli dei quadri elettrici dovranno essere a 110 V cc.

1.2.14 Strumentazione in campo

La strumentazione montata sui singoli assiemi preassiemati in stabilimento è fornita già cablata dagli elementi di misura alle morsettiere locali.

Le morsettiere locali, trasmettitori etc. sono posizionati sugli stessi singoli assiemi.

Saranno fornite le tubazioni strumenti con relative valvole di radice tra i punti di misura e gli strumenti che saranno montati localmente o su gauge panels.

1.2.15 Sistema di monitoraggio

Il sistema di supervisione è utilizzato monitorare / proteggere i parametri meccanici del turbogruppo. La configurazione standard del sistema prevede normalmente:

- Sovravelocità (No. 3 pick-up)
- Vibrazioni relative (No. 2 pick-up su ogni cuscinetto turbina e generatore)
- Vibrazioni relative (No. 2 pick-up su un cuscinetto portante di ciascun albero riduttore)
- Posizione assiale albero della turbina (No. 2 pick-up)
- Posizione assiale albero riduttore (No. 2 pick-up)
- Key-phasor per turbina (No. 1 pick-up)
- Key-phasor per riduttore (No. 1 pick-up)

Temperatura turbina, generatore e riduttore saranno acquisiti ed elaborati da STCS.

Il rack del sistema di supervisione sarà installato all'interno del STCS.

Connessioni elettriche, cavi e vie cavi da JB turbogruppo a STCS e da STCS a DCS, sono ESCLUSE.

1.2.16 Quadro di controllo turbina

Il sistema di controllo sarà montato in cabinet industriali standard (RITTAL o equivalenti) con grado di protezione IP42 e installato in una sala controllo condizionata.

Il sistema sarà composto da 1 partizione con 1 CPU (fault tollerant) per un max di 400 segnali cablati, comprensivi di spare.

Il sistema incorpora le seguenti funzioni:

- Regolazione di velocità.
- Regolazione di pressione ingresso turbina.
- Regolazione di pressione estrazione turbina.
- Limitazione di carico.
- Logiche di automazione per ausiliari turbine.
- Sequenza automatica di avviamento / fermata turbogruppo.
- Monitoraggio e supervisione turbogruppo.
- Protezione turbogruppo.
- Interfaccia con altri sistemi.
- No. 1 Stazione operatore tipo touch screen, con licenza operatore installata internamento al quadro STCS. Eventuali stazioni di ingegneria ESCLUSE.
- Moduli SIL e SOE non previsti.

Link di comunicazione ridondante RS485 con MODBUS per interfaccia con DCS di impianto.

1.2.17 Protezioni

La seguente lista indica la filosofia di protezioni standard utilizzata per le turbina Franco Tosi:

- Sovravelocità turbina da Sistema di Supervisione 110% (2 / 3)

- Sovravelocità turbina da Regolatore 112% (2 / 3)
- Altissime vibrazioni relative cuscinetti turbina, riduttore & generatore (1 / 1)
- Altissima temperatura metallo cuscinetto portante turbine / generatore / riduttore (1 / 1)
- Altissima temperatura metallo cuscinetto di spinta turbina / riduttore per ogni lato (1 / 1)
- Altissimo spostamento assiale turbina e riduttore (2 / 2)
- Bassissima pressione olio lubrificazione turbina (1 / 2)
- Bassissima pressione olio regolazione turbina (1 / 2)
- Bassissimo livello serbatoio olio lubrificazione (1 / 2)
- Altissima pressione vapore scarico turbina (1 / 2)
- Anomalia STCS (1 / 1)
- Blocco manuale (1 / 1)
- Blocco turbina da quadro protezioni elettriche (1/1)
- Blocco turbina da DCS (1/1)

1.2.18 Sistema idraulico di regolazione e scatto

- Servomotore per valvola di emergenza vapore ammesso di AP
- Servomotore per valvole di regolazione vapore ammesso di AP
- Convertitore EH per servomotori valvole regolazione
- Servomotore per valvola di regolazione vapore derivato
- Servomotore pneumatico, fornito sciolto con la valvola di ritegno del sistema di estrazione vapore.
- Elettrovalvole scatto a distanza
- Tubazioni di collegamento tra il sistema olio ed i servomotori di comando: ESCLUSE

1.2.19 Attrezzi speciali di montaggio

- N. 1 serie di funi per sollevamento cilindro turbina
- N. 1 serie di funi, maglie, per sollevamento rotore turbina
- N. 1 serie di perni di guida e viti di smontaggio per cilindro turbina
- Attrezzi speciali per serraggio bulloni

1.2.20 Documentazione tecnica

- Piano di controllo qualità
- Manuali di istruzione

1.2.21 Gland Steam Condenser (GSC)

Di seguito si riportano i dati di dimensionamento del GSC:

- 1) Portata max: circa 10 kg/s (i valori per i vari scenari sono ricavabili dalla tabella al §1.1);
- 2) Temperatura: circa 45°C;
- 3) Pressione: circa 11.5 bar ass.

2 DATI DI PERFORMANCE

Viene riportata di seguito la tabella con lo scenario di Performance da garantire.

Dati Performance da garantir	U.M.	SC1 (CTN)
Portata vapore IN turbina	t/h	32,11
Pressione vapore IN turbina	bar ass.	48.5
Temperatura vapore IN turbina	°C	405
Portata vapore tenute (stima)	t/h	0,2
Portata vapore 2° spill. Regolato (stima conservativa)	t/h	3,95
Pressione 2° spillamento Regolato	bar ass.	6
Portata Scarico turbina	t/h	28,16
Pressione Scarico turbina (Valore riferito ad una Temp. Ambiente di 20 °C, estratto Progetto Esecutivo pag. 17/209 Rel. A.1 tabella Potenza e Rendimenti e progetto Definitvo pag. 23/272 Rel. B.1 Tabella Potenza e Rendimenti)	bar ass.	0,100
Temperatura Scarico turbina	°C	45,8
Potenza Elettrica Resa ai morsetti del Generatore	kW	7090

3 DESCRIZIONE TECNICA

3.1 TURBINA A VAPORE

La turbina è a cassa singola multistadio con palettatura a flusso assiale del tipo a reazione, con scarico diretto verso l'alto.

3.1.1 Cassa turbina

Il cilindro è diviso, lungo il piano di mezzeria orizzontale, in due metà (base e cappello) unite tra loro mediante flangiatura e relativa bulloneria.

Base e cappello sono a loro volta costituiti da due parti; cilindro d'entrata o di alta pressione (AP), e cilindro di scarico o di bassa pressione (BP).

Durante l'assemblaggio, le due parti sono imbullonate in modo definitivo presso le nostre officine con una flangiatura verticale e perpendicolare all'asse della turbina; base e cappello sono quindi da considerare come pezzi singoli

Il cilindro di AP è ottenuto da una fusione di acciaio a cui è flangiato il corpo valvole di AP (regolazione e presa).

Nella base è realizzata la connessione del vapore derivato.

All'interno del cilindro di AP sono sistemate le tenute vapore lato entrata e gli anelli del compensatore di spinta.

Il cilindro di BP è costruito in lamiera saldata e convoglia il vapore al condensatore. All'interno del cilindro di BP sono sistemate le tenute vapore lato scarico, il secondo cuscinetto turbina e un anello tenuta olio.

Il sistema di supporto della turbina è progettato nel seguente modo:

- La base del cilindro di AP è sostenuta da due bracci integrali con il cilindro e realizzati in corrispondenza al piano di unione; i punti di appoggio sono quindi il più possibile vicini alla mezzeria orizzontale. Questi sostegni appoggiano sul piede o supporto anteriore e permettono libere dilatazioni, sia in senso assiale che trasversale, grazie ai bulloni di unione montati con ampio gioco. L'unione tra cilindro e piede anteriore è definita da una trave di collegamento. Il piede anteriore è infine montato su due supporti flessibili posti sulla piastra di fondazione. La flessibilità di questi supporti assorbe la dilatazione assiale delle parti fisse.
- La posizione del cilindro di scarico è determinata da 3 chiavette, una disposta sul piano di mezzeria longitudinale e due laterali collocate su un piano trasversale. Le due chiavette laterali permettono dilatazioni trasversali del cilindro di scarico ma definiscono la posizione assiale o punto fisso rispetto alla fondazione. Da questo punto hanno origine le dilatazioni assiali che si sviluppano verso il supporto anteriore.

3.1.2 Valvola di presa (o di emergenza) di AP

La valvola di presa (o di emergenza) di alta pressione (AP) ha la funzione di arrestare istantaneamente il flusso vapore che entra in turbina nel caso di intervento dei dispositivi di sicurezza collegati idraulicamente con il suo servomotore.

La valvola è costituita essenzialmente da un tappo principale (6) e da una valvola pilota (o di by-pass) ottenuta dalla conformazione dell'asta valvola (7).

In fase di apertura, durante il primo tratto di corsa dell'asta (7), si apre solo la valvola pilota equilibrando le pressioni sopra e sotto il tappo principale (6).

Continuando la corsa, il risalto dell'asta valvola scontra con la bussola (11) e trascina in apertura il tappo (6).

La tenuta vapore lungo l'asta (7) è realizzata da una bussola di guida (12) sulla quale sono previsti spurghi per le fughe vapore.

Per limitare l'usura della superficie di contatto della sede valvola presa, questa viene protetta con riporto di stellite.

La sede su cui appoggia il tappo principale (6) è imbullonata al corpo valvola presa tramite viti (14).

Un filtro vapore provvisorio (8) e uno permanente (9), montati internamente al corpo valvola, impediscono l'entrata di corpi estranei in turbina; tali filtri possono essere rimossi per la pulizia dopo aver smontato il pezzo intermedio (1).

Il filtro provvisorio (8) serve per il flussaggio e per il primo avviamento e viene rimosso dopo un certo numero di ore di funzionamento.

LEGENDA (Fig. 1 – OMiJM141-5746)

- 1 Pezzo intermedio valvola presa
- 2 Supporto servomotore
- 3 Terminale asta
- 4 Giunto servomotore valvola di presa
- 5 Bussola superiore
- 6 Tappo valvola
- 7 Asta valvola
- 8 Filtro provvisorio
- 9 Filtro permanente
- 10 Sede valvola presa
- 11 Bussola tappo
- 12 Bussola asta
- 13 Bussola pezzo intermedio
- 14 Viti M 16 rifermo sede valvola
- 15 Guarnizione
- 16 Prigioniero M 52 X 3 X 420
- 17 Prigioniero M 52 X 3 X 380
- 18 Dado a bussola M 52 X 3
- 19 Rosetta sferica maschio Ø 52
- 20 Rosetta sferica femmina Ø 52
- 21 Grano superiore M 16
- 22 Grano inferiore M 20
- 23 Spina Ø 6 lg. 100
- 24 Spina Ø 6 lg. 88
- 25 Perno Ø 40 lg. 140
- 26 Vite T.C. ISO 4762 Cl.10.9 M 20 lg. 70
- 27 Bussola
- 28 Vite T.C. ISO 4762 A193B8 M 14 lg. 30
- 29 Copiglia ISO 1234 Cl.4.8 Ø 5 lg. 70
- 30 Spina Ø 10 lg.25

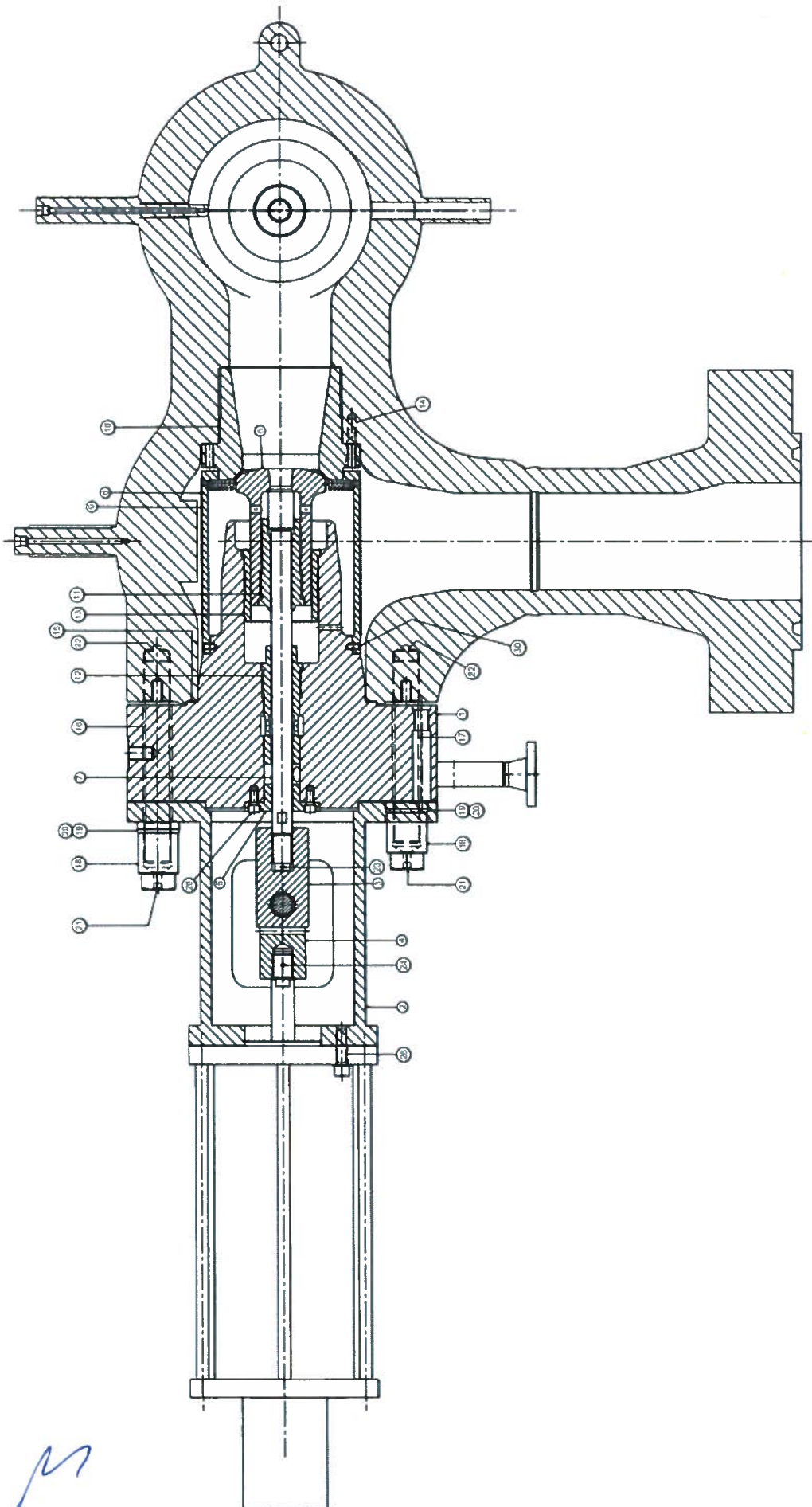


Figura 1 OMiJM141 - 5746

3.1.3 Valvola di regolazione di AP

La valvola di regolazione di alta pressione (AP) ha la funzione di regolare l'immissione in turbina del vapore avente approssimativamente temperatura e pressione come alla valvola di presa.

La valvola è costituita essenzialmente da un tappo sferico (6) posto all'estremità della propria asta (7) e da una sede valvola (8).

L'asta valvola (7) è solidale con lo stelo del servomotore azionato dal fluido proveniente dalla centralina di regolazione e controllo.

Il movimento assiale di quest'ultimo determina l'apertura o la chiusura del tappo (6) sulla propria sede (8) ottenendo così la regolazione del vapore immesso in turbina.

La tenuta vapore lungo l'asta (7) è realizzata da una bussola di guida (9) sulla quale sono previsti spurghi per le fughe vapore.

Per limitare l'usura, la superficie di contatto della sede valvola regolazione, viene protetta con riporto di stellite.

La sede (8) su cui appoggia il tappo principale (6) è imbullonata al corpo valvola regolazione tramite viti (11).

LEGENDA (Fig. 1 – OMiJM143-5746)

- 1 Pezzo intermedio valvola regolazione
- 2 Supporto servomotore
- 3 Terminale asta
- 4 Giunto servomotore valvola di regolazione
- 5 Bussola superiore
- 6 Tappo valvola
- 7 Asta valvola
- 8Sede valvola regolazione
- 9Bussola asta
- 10Bussola pezzo intermedio
- 11Viti M16 rifermo sede valvola
- 12Guarnizione
- 13Prigioniero M48 X 3 X 410
- 14Prigioniero M48 X 3 X 370
- 15Dado a bussola M48 X 3
- 16Rosetta sferica maschio Ø 48
- 17Rosetta sferica femmina Ø 48
- 18Grano superiore M16
- 19Grano inferiore M20
- 20Spina Ø 6 lg. 100
- 21Spina Ø 6 lg. 88
- 22Spina Ø 6 lg. 83
- 23Perno Ø 40 lg. 140
- 24Vite T.C. ISO 4762 Cl.10.9 M30 lg. 110
- 25Bussola
- 26Vite T.C. ISO 4762 A193B8 M14 lg. 30
- 27Copiglia ISO 1234 Cl.4.8 Ø 5 lg. 70
- 28Guarnizione
- 29Prigioniero M42 X 3 X 250
- 30Dado con collarino M42 X 3
- 31 Rosetta sferica maschio Ø42
- 32 Rosetta sferica femmina Ø42
- 33 Grano superiore M12
- 34 Grano inferiore M14
- 35 Spina Ø30 lg.115
- 36 Vite T.C. ISO4762 Cl.10.9 M30 lg.110

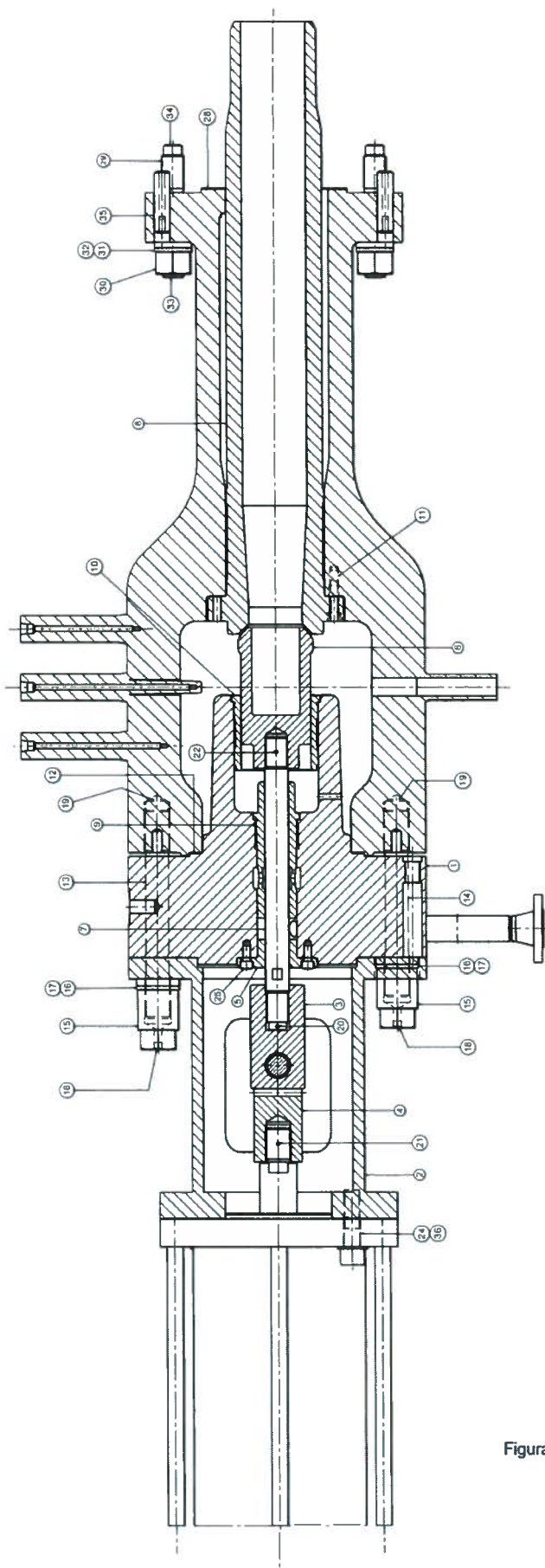


Figura 1) OMiJM143 - 5746

3.1.4 Palettatura

Sulla base delle condizioni operative gli stadi della turbina sono del tipo a reazione in modo da ottenere la migliore efficienza ai carichi richiesti, palette fisse e mobili hanno lo stesso profilo lungo la sezione.

Le ultime file sono progettate con palette rotoriche svergolate e rastremate.

Le palette mobili dell'ultimo stadio saranno stellate.

Palette fisse

Le palette fisse (ad eccezione degli ultimi stadi) sono fresate da barra con piattine integrali.

Le palette fisse di bassa pressione sono prive di radice, ma sono saldate su seminelli porta palette esterni e su semianelli anello interno di cerchiatura, in modo da formare un diaframma palettato in due metà.

Palette mobili

Le palette mobili di alta pressione sono anch'esse ricavate da barre fresate con radici e piattine integrali con le palette; il fissaggio delle palette nel rotore è con radici a T.

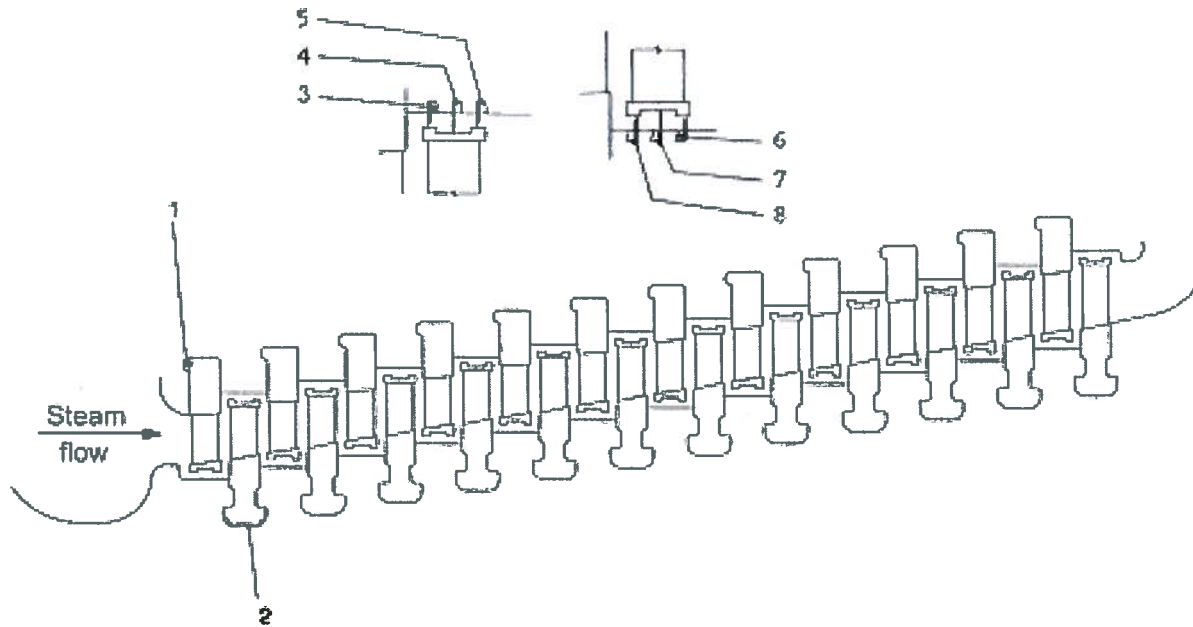
Le palette degli stadi di bassa pressione sono ricavate da pezzi forgiati; il fissaggio al rotore è con radici a doppia T o side entry per l'ultimo stadio.

Questa è la soluzione ottimale per massimizzare efficienza e affidabilità; gli sforzi nelle palette e nelle radici sono calcolati e mantenuti entro valori ammissibili prestabiliti.

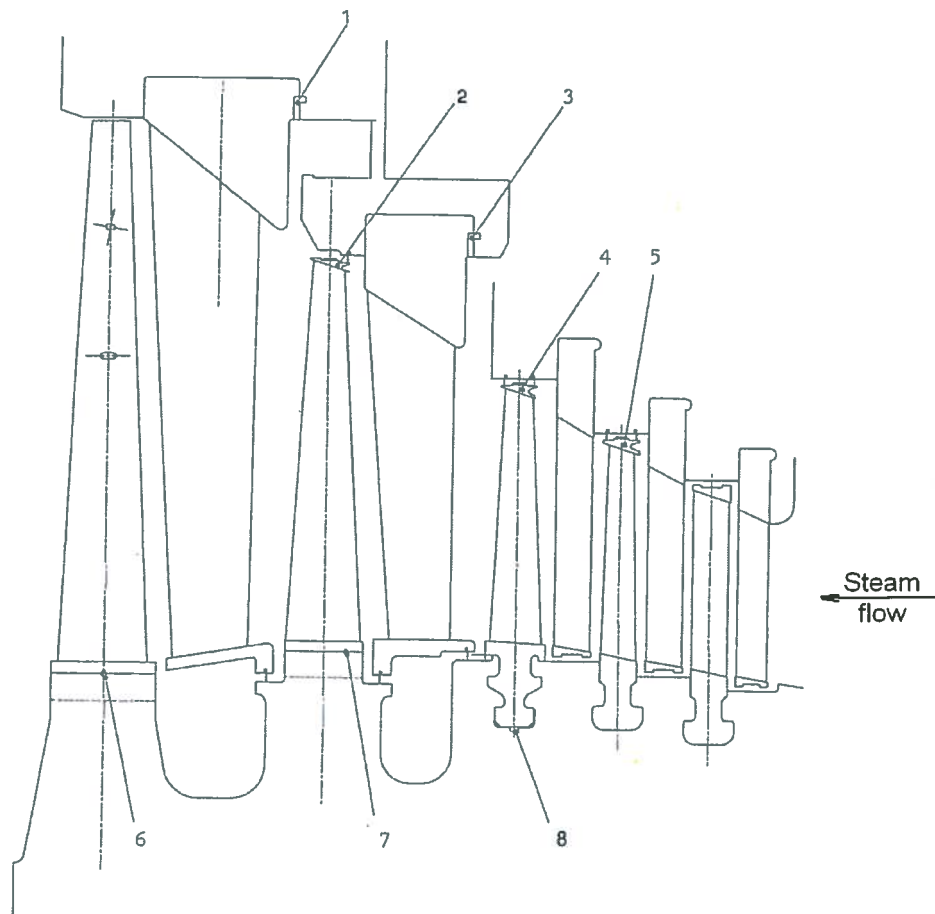
Tenute

Lungo la palettatura, le parti rotoriche e quelle statoriche sono separate da ampi spazi liberi. I giochi ridotti necessari per controllare le perdite di vapore sono ottenuti da anelli di tenuta.

Queste tenute consistono in sottili lamelle che sono fissate al rotore o all'anello porta palette attraverso anelli di calafataggio premute nelle relative scanalature. Queste lamelle di tenuta sono rimovibili e possono essere rimpiazzate nel caso in cui i giochi diventino eccessivi.



STADI A REAZIONE DI ALTA PRESSIONE – TIPICO



STADI A REAZIONE DI BASSA PRESSIONE - TIPICO

3.1.5 Rotore

Il rotore turbina è ricavato da un forgiato di acciaio legato.

Il rotore è sostenuto da due cuscinetti, il primo dei quali (cuscinetto portante e di spinta) è posizionato all'estremità di AP del rotore mentre il secondo cuscinetto portante è nel cilindro di scarico.

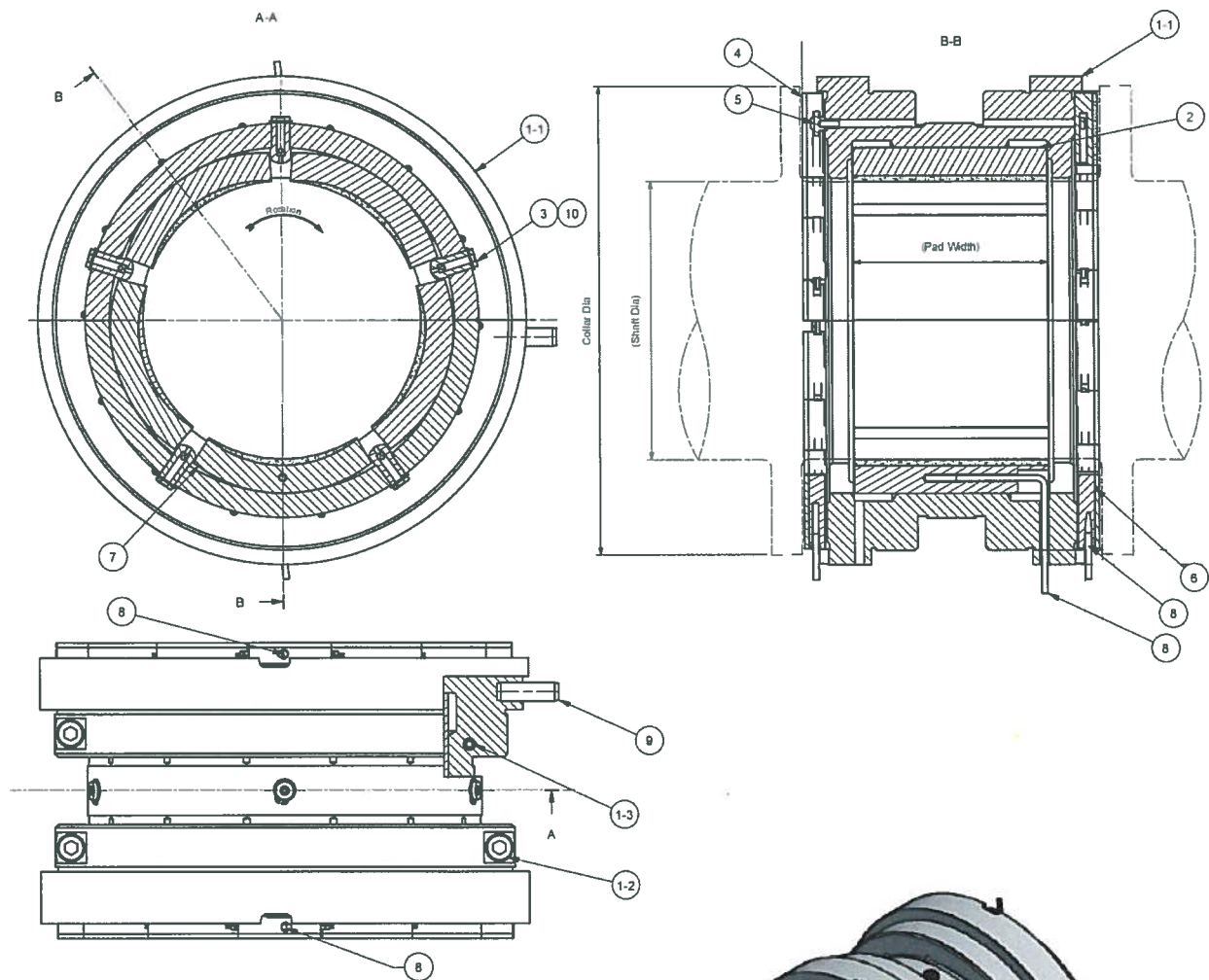
Il cuscinetto di spinta, alloggiato tra due ralle ricavate all'estremità di AP del rotore, assorbe la spinta residua e determina la posizione assiale del rotore con riferimento al cilindro turbina.

Al termine delle lavorazioni meccaniche, il rotore completamente palettato viene equilibrato e provato in sovravelocità al 120% della velocità di funzionamento per un minuto.

All'estremità del rotore sul lato di ammissione vapore è montata la ruota polare per lo scatto di sovravelocità (3 sonde) e la misura di velocità (2 sonde), le sonde per il controllo di fase, la misura di posizione assiale e rilievo della velocità 0.

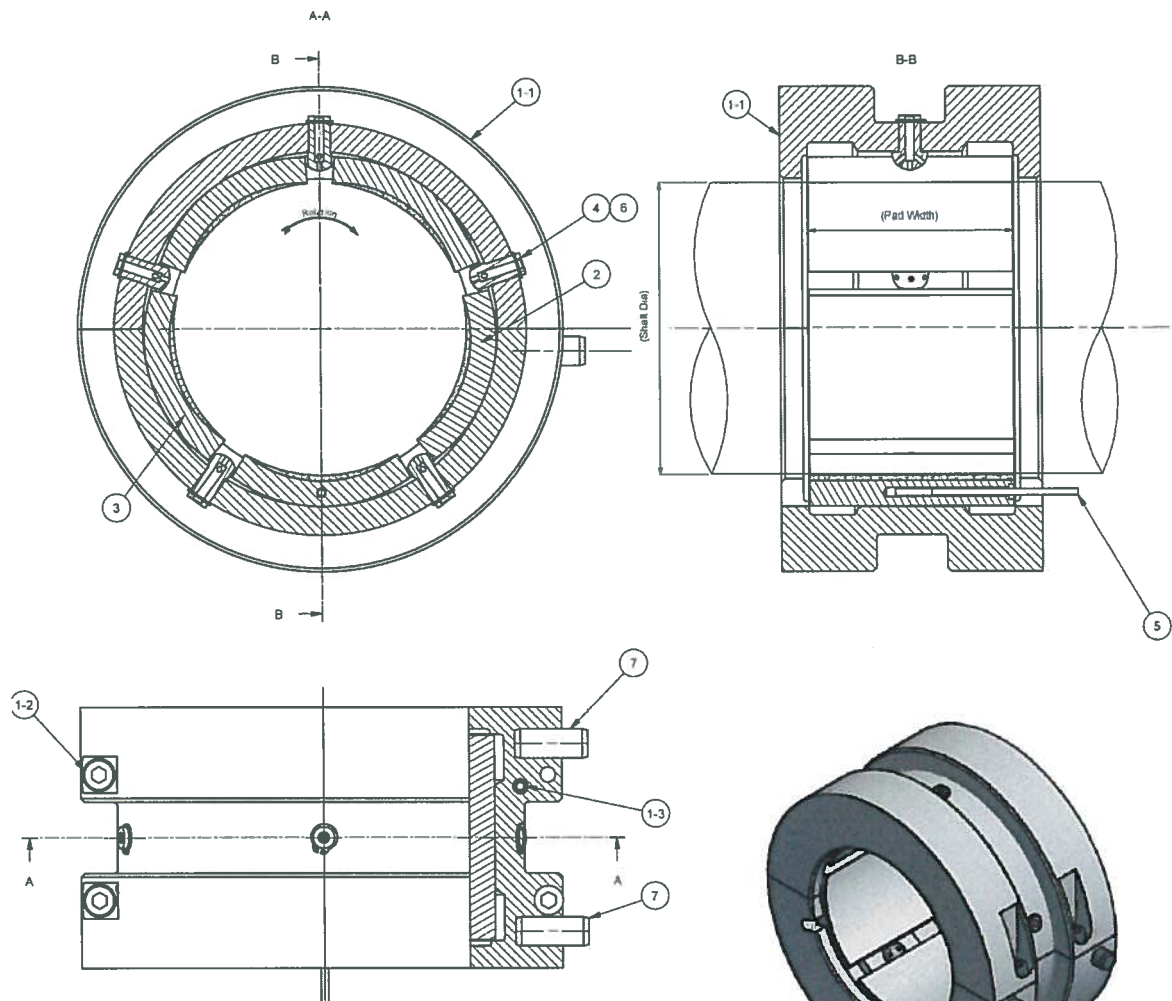
La protezione di sovravelocità è implementata in logica 2/3, cosicché il blocco non ha luogo finché almeno due unità di rilevamento non hanno risposto.

Il blocco di sovravelocità chiude automaticamente la valvola di presa e quelle di regolazione se la velocità raggiunge il 110% della velocità nominale.



Pos.	Part Name
1	Main Body DN180
1-1	Main Body DN180
1-2	Screw - ISO 4762 - M10 x 30
1-3	Dowel Pin - ISO 8733 - 8x35
2	Pad
3	Inlettore
4	Thrust Pad
5	Inlettore Thrust
6	Thrust Pad Thermal
7	Pad Thermal
8	Termosonda (RTD Double DN4)
9	Dowel Pin - ISO 8734 - 12 x 40
10	Seeger - DIN 471 - 12

**CUSCINETTO COMBINATO
PORTANTE E DI SPINTA (TIPICO)**



Pos.	Part Name
1	Main Body DN160 Assembly
1-1	Main Body DN160
1-2	Screw - ISO 4782 - M10 x 30
1-3	Dowel Pin - ISO 8733 - 8x35
2	Pad
3	Pad Thermal
4	Inietore
5	Termosonda (RTD Double DN4)
6	Seeger - DIN 471 - 12
7	Dowel Pin - ISO 8734 - 16 x 40

CUSCINETTO PORTANTE (TIPICO)

3.1.6 Riduttore di velocità

Il riduttore di velocità permette di accoppiare la turbina, la cui velocità nominale è di 9400 giri/min., all'alternatore funzionante a 1500 giri/min.

L'accoppiamento turbina/riduttore è realizzato con giunto rigido mentre un giunto flessibile è previsto fra riduttore e alternatore.

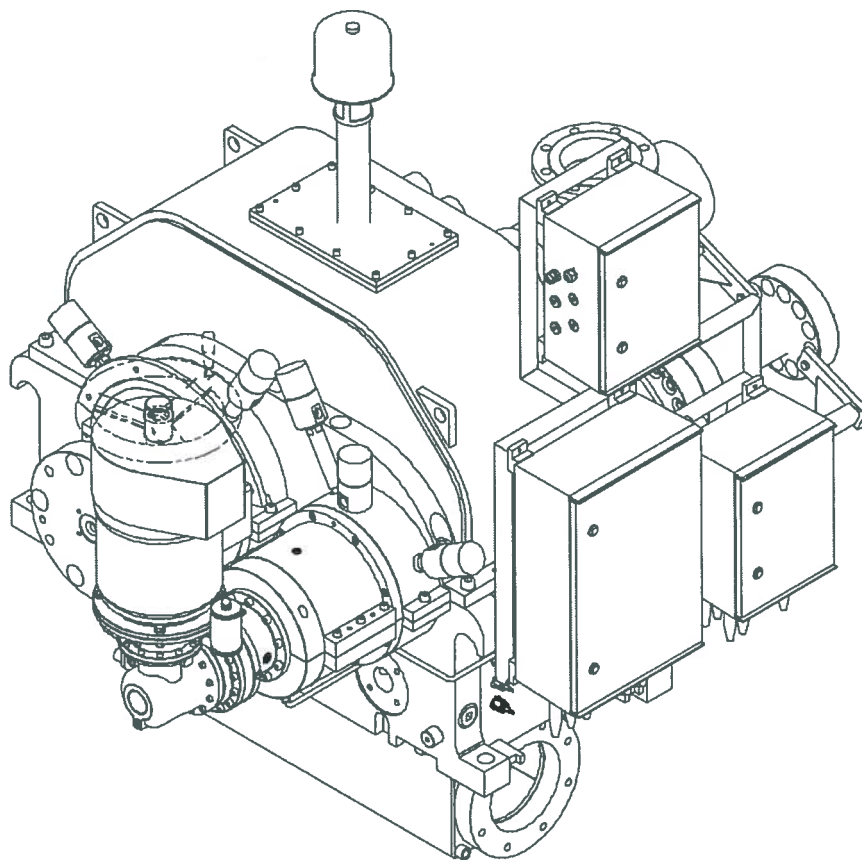
La lubrificazione dei cuscinetti e degli ingranaggi è ottenuta con olio in pressione fornito dal sistema olio della turbina.

Sul riduttore è montato il viratore, in corrispondenza dell'asse veloce, ed è azionato da un motore elettrico a corrente alternata.

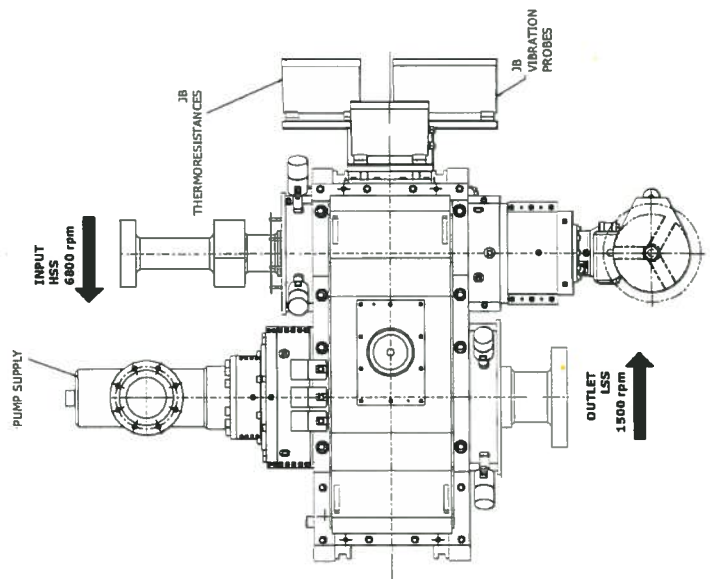
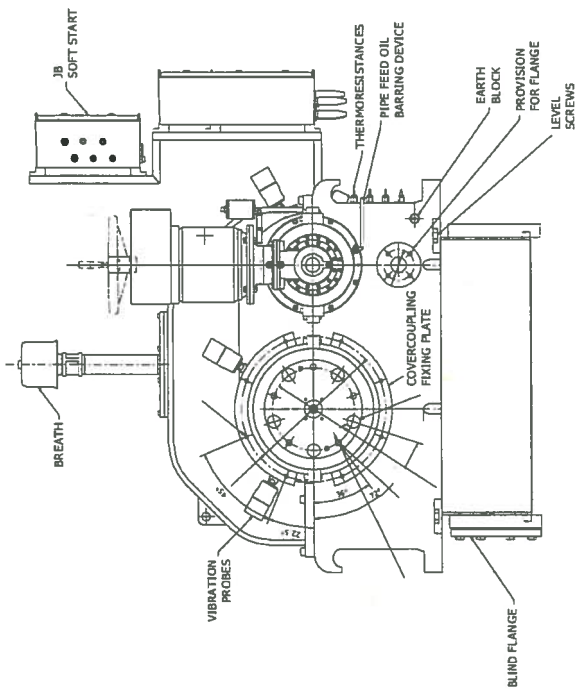
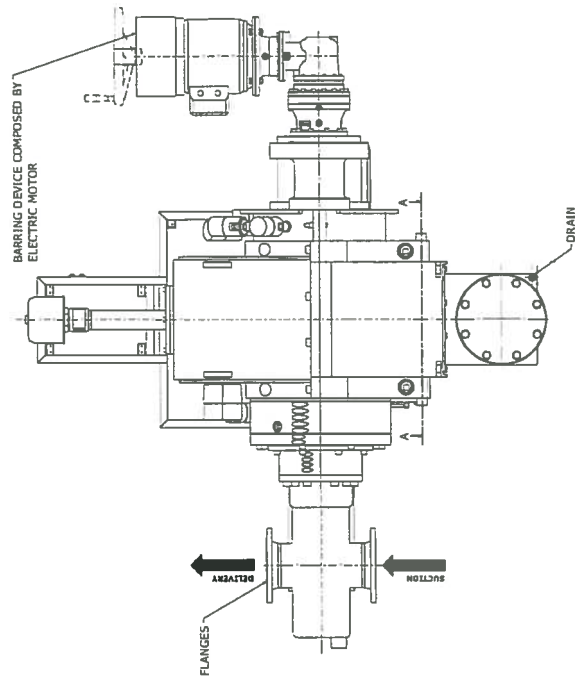
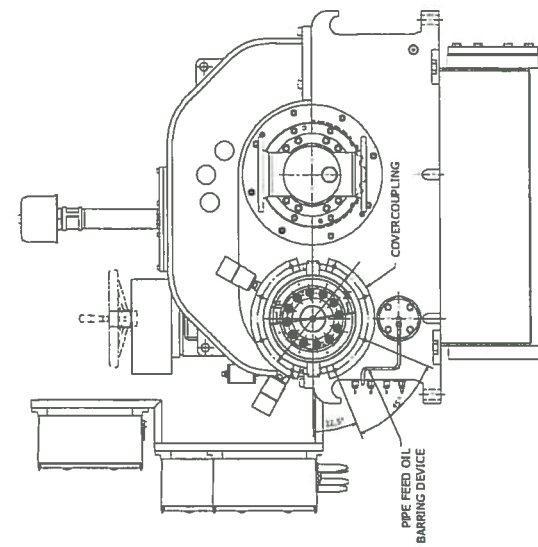
Prima dell'avviamento e in fase di fermata, inserendo il viratore si provvede alla rotazione lenta del rotore (circa 3 giri/min.) al fine di limitarne possibili curvature dovute al peso proprio e ad un disuniforme riscaldamento o raffreddamento.

Il viratore è dotato di un dispositivo d'inserimento e disinserimento automatico e di interblocchi per impedire il funzionamento in caso di insufficiente pressione dell'olio di lubrificazione.

E' anche possibile ruotare manualmente il rotore turbina con un adatto volantino montato sull'estremità del motore elettrico.



RIDUTTORE DI VELOCITA'
(TIPICO)



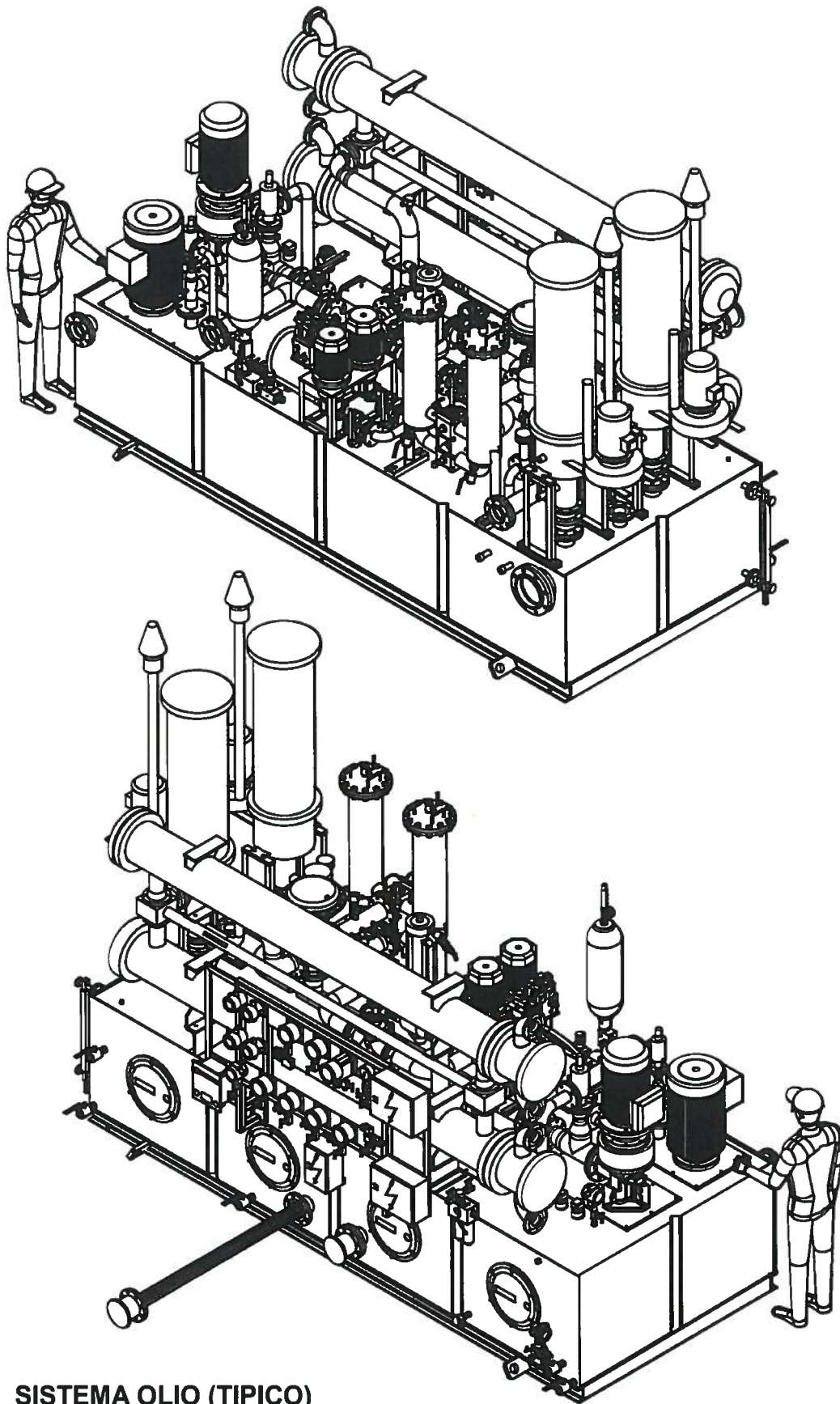
**RIDUTTORE DI VELOCITA'
(TIPICO)**

3.1.7 Sistema di lubrificazione e regolazione

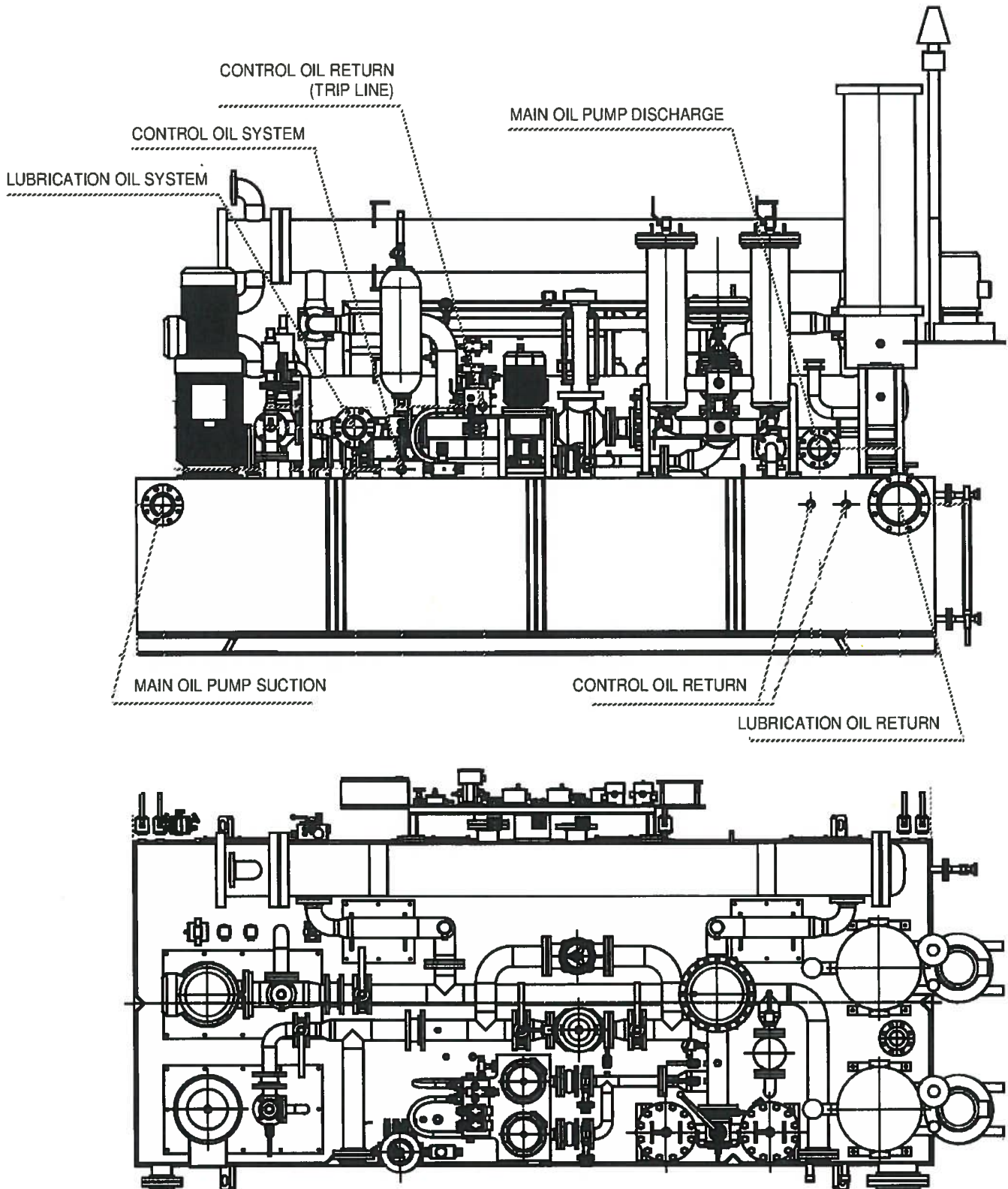
Il sistema provvede a fornire tutto l'olio necessario per la lubrificazione e la regolazione del gruppo turbina-generatore.

I componenti principali sono:

- N.1 serbatoio olio in lamiera d'acciaio al carbonio, completo di indicatore di livello e di interruttori di allarme per basso livello olio (blocco);
- N.1 pompa olio di lubrificazione principale a ingranaggi, comandata dall'albero lento del riduttore, che fornisce tutto l'olio necessario al sistema di lubrificazione e regolazione durante il normale esercizio del gruppo;
- N.1 pompa olio di lubrificazione ausiliaria, comandata da motore elettrico a CA; tale pompa si avvia automaticamente tramite un pressostato quando la pressione dell'olio scende sotto un valore prestabilito;
- N.1 pompa olio di lubrificazione di emergenza a vite, comandata da un motore elettrico a CC; serve per la lubrificazione di emergenza del gruppo in caso di fuori servizio della pompa principale ed ausiliaria e di caduta nella tensione di alimentazione;
- N.2 pompe olio di regolazione (una in funzione e una in stand-by)
- Valvole di sicurezza e di regolazione per mantenere l'olio alle caratteristiche di pressione/portata richieste;
- Riscaldatore elettrico montato sul serbatoio e usato in fase di avviamento per riscaldare l'olio se la temperatura dello stesso è $<15^{\circ}\text{C}$;
- N.1 sistema di refrigerazione per l'olio di lubrificazione, dimensionato in modo da mantenere l'olio alla temperatura desiderata. Tale sistema è costituito da due refrigeranti a piastre completi di tubazione di allacciamento, valvola di smistamento a 3 vie;
- N.2 filtri a doppio corpo, con valvole di smistamento previsti per la linea di lubrificazione (grado di filtraggio 25 micron)
- N.2 filtri a doppio corpo, con valvole di smistamento previsti per la linea di regolazione (grado di filtraggio 10 micron)
- N.1 elettroestrattore dei vapori d'olio dal serbatoio, azionato da motore elettrico a CA
- N.1 accumulatore sul circuito olio di regolazione.



SISTEMA OLIO (TIPICO)



SISTEMA OLIO (TIPICO)

3.1.8 Sistema tenute a vapore

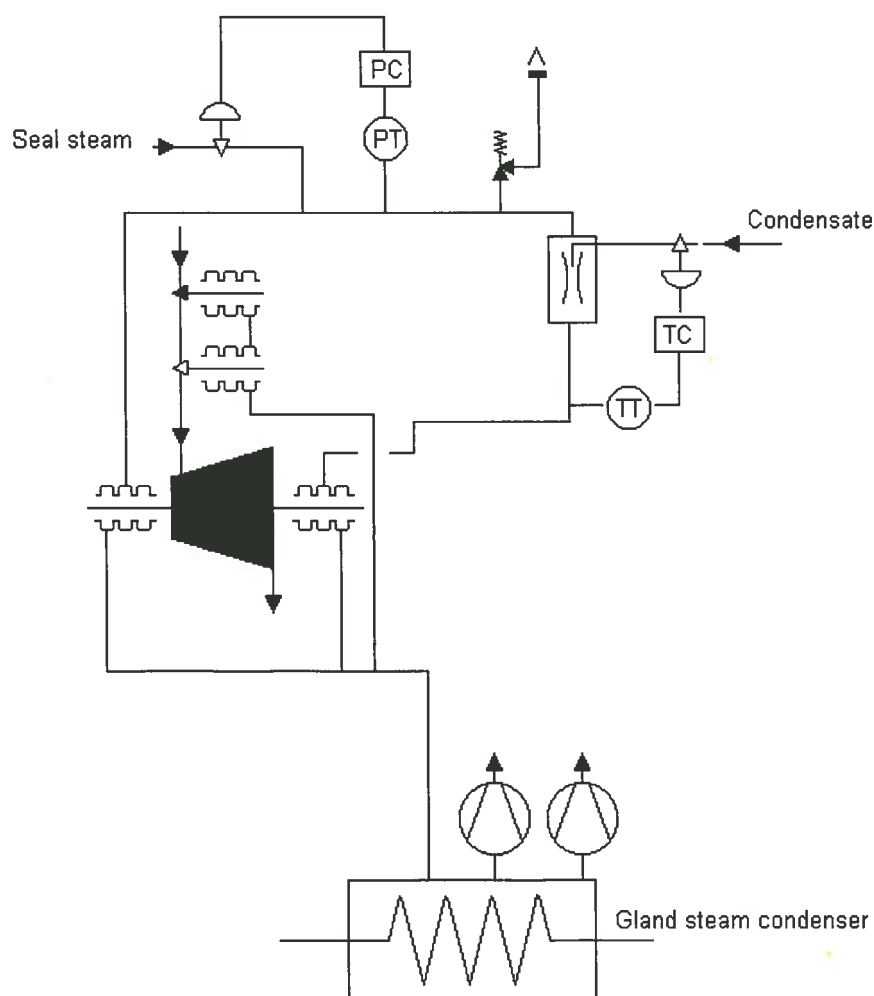
Le tenute sono del tipo a labirinto situate in corrispondenza dell'estremità del cilindro.

Esse sono provviste di molle allo scopo di minimizzare l'usura in caso di strisciamento.

L'ingresso di aria per via del vuoto è impedito tramite l'immissione di vapore di sbarramento alle tenute esterne. Il vapore è fornito attraverso una valvola automatica di regolazione della pressione. Il vapore di fuga verso l'esterno è condensato in un condensatore del tipo a fascio tubiero completo di estrattore principale e di estrattore di riserva comandati da motori elettrici, adatti a mantenere in leggera depressione il condensatore.

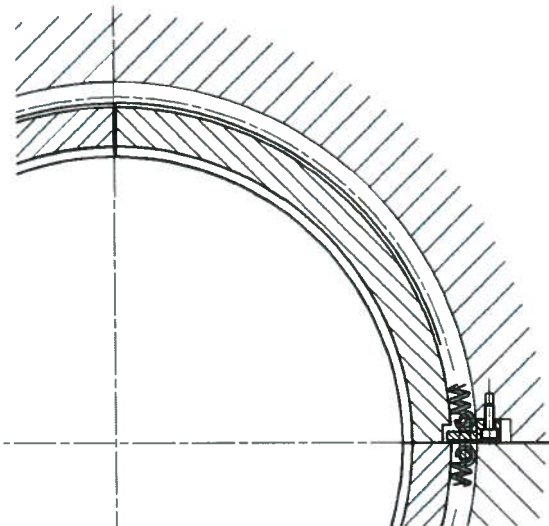
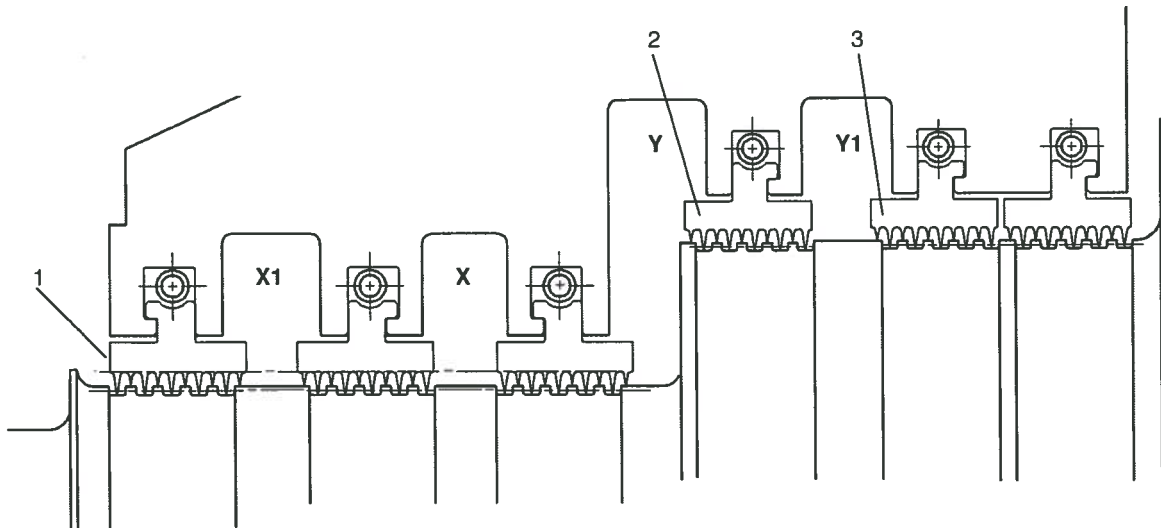
E' prevista una valvola manuale di riserva in caso di malfunzionamento del regolatore principale della pressione.

GLAND SEAL SYSTEM SISTEMA TENUTA VAPORE

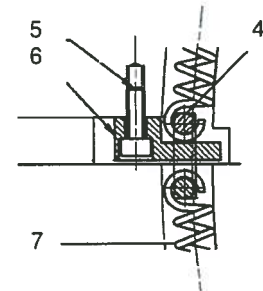


[Handwritten mark]

[Handwritten mark]



Sezione parziale anello di tenuta

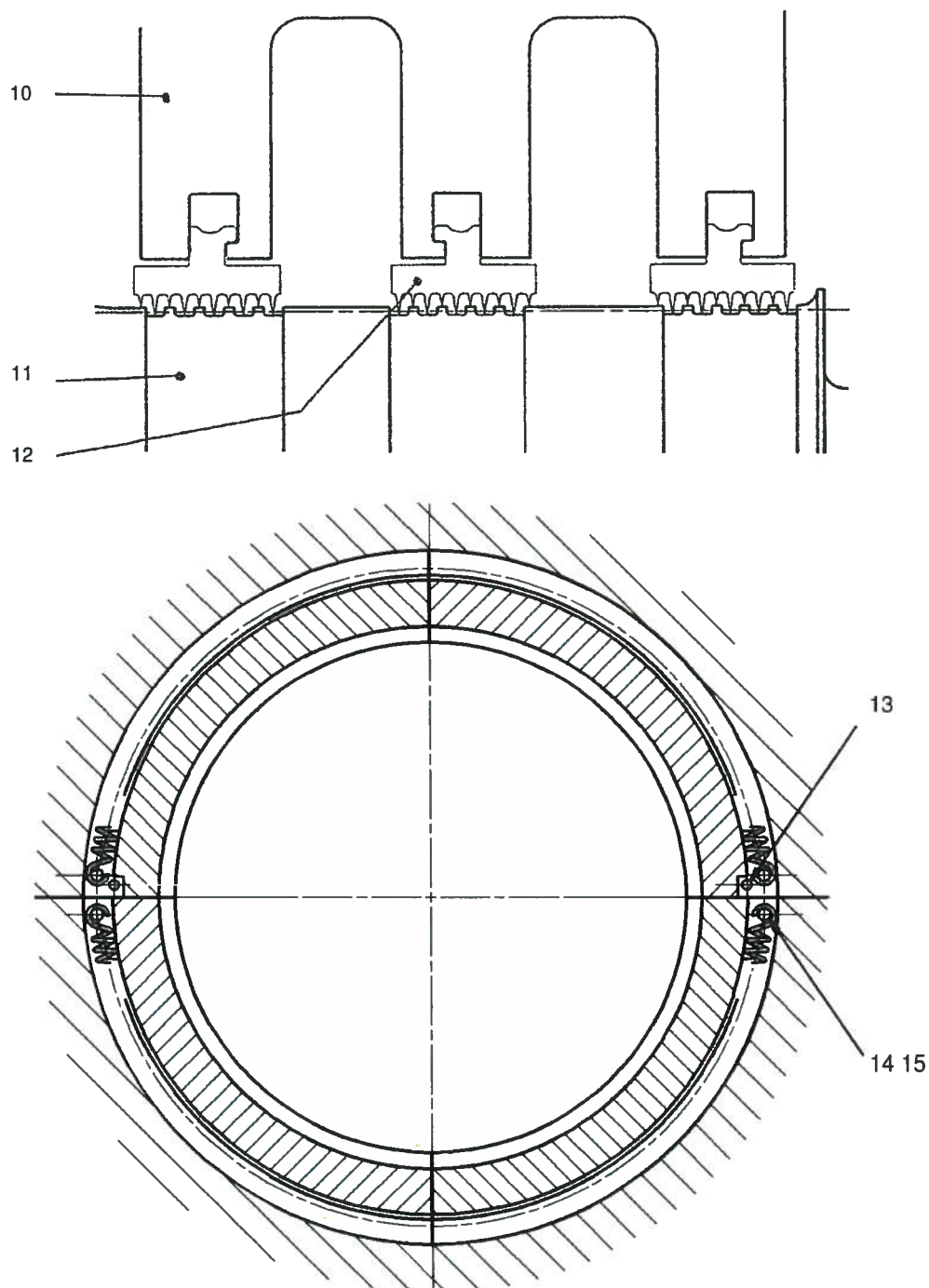


Particolare ancoraggio molle e sostegno anello

LEGENDA

- 1 Anelli di tenuta di AP
- 2 Anello di tenuta manicotto
- 3 Anelli tenuta compensatore
- 4 Spina di riferimento molla
- 5 Vite
- 6 Chiavetta di sostegno
- 7 Molla

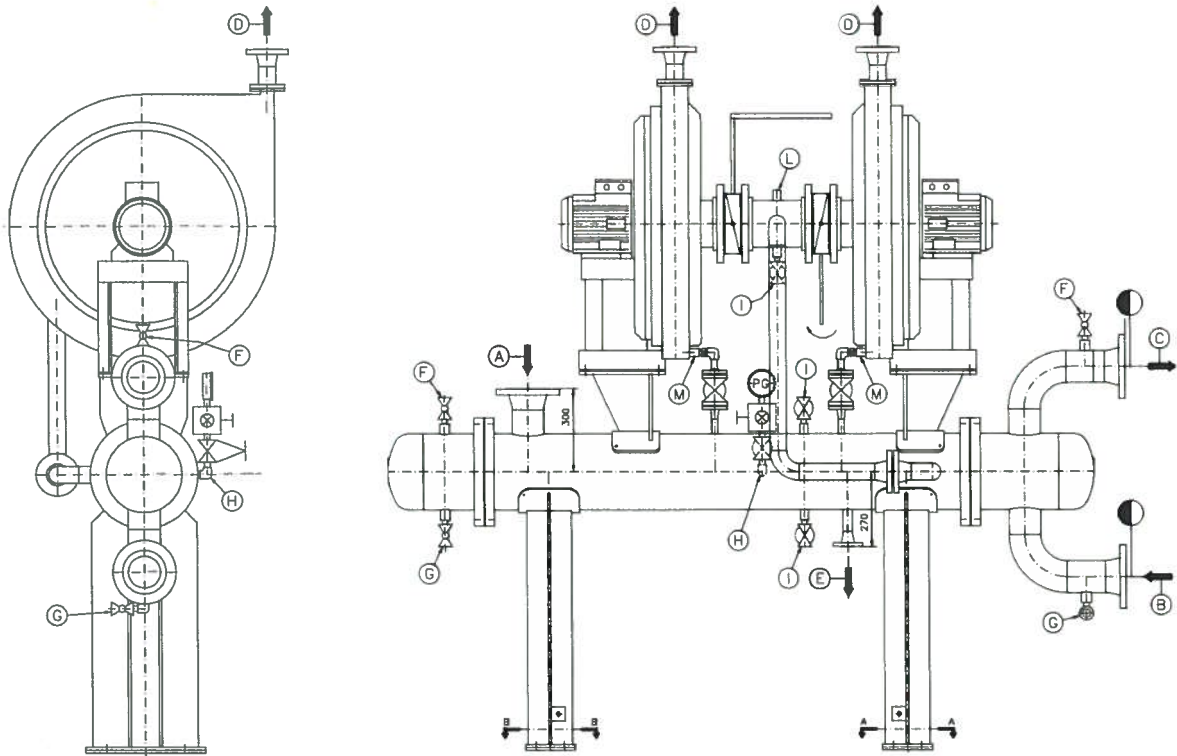
TENUTE VAPORE e COMPENSATORE DI SPINTA - LATO AP



LEGENDA

- 10 Manicotto porta tenute di BP
- 11 Rotore
- 12 Anelli di tenuta
- 13 Spina per riferimento/sostegno anello tenuta
- 14 Molla
- 15 Spina di riferimento molla

TENUTE VAPORE - LATO BP



M	DRAIN (WITH PLUG)
L	AVAILABLE CONNECTION (WITH PLUG)
I	AVAILABLE CONNECTION (WITH GATE VALVE)
H	CONNECTION FOR PG
G	DRAIN (WITH BALL VALVE)
F	VENT (WITH BALL VALVE)
E	CONDENSATE DISCHARGE
D	NONCONDENSABLES OUTLET
C	WATER OUTLET
B	WATER INLET
A	INLET
Pos.	Service Description
Pos.	Descrizione Servizio

GLAND CONDENSER (TIPICO)

3.1.9 Isolamento termico della turbina

La cassa turbina, la valvola di presa e quella di regolazione saranno rivestite con uno strato di materiale isolante.

L'isolamento è realizzato con materassini di lana di roccia minerale e con materiale pressato.

All'esterno è applicato un tessuto di fibra di vetro impregnato di gomma al silicone che ne assicura la finitura.

Un rivestimento metallico non è pertanto necessario.

La copertura può essere facilmente smontata e riasssemblata per le operazioni di manutenzione.

Caratteristiche dei materiali

LANA DI ROCCIA

Composizione chimica

Valori tipici per roccia basaltica in % di ossido:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	K ₂ O
44.8	13.6	12.3	9.8	10.5	3.4	2.6	1.0

Conducibilità termica

Sotto sono riportati i valori tipici di "K" a valori di densità di compattamento di 75, 100, 125 e 150 kg/m³

Temp. Media (°C)	75 Kg/m ³ (k)	100 Kg/m ³ (k)	125 Kg/m ³ (k)	150 Kg/m ³ (k)	(W/m°C)
50	0.039	0.039	0.038	0.037	
100	0.047	0.046	0.044	0.041	
150	0.056	0.054	0.051	0.046	
200	0.069	0.064	0.060	0.054	
250	0.083	0.078	0.073	0.064	
300	0.102	0.092	0.084	0.077	
350	0.122	0.109	0.100	0.093	
400	0.145	0.130	0.120	0.111	

(densità di compattamento normalmente usata 100 kg/m³).

FIBRA DI VETRO

Composizione chimica

Valori tipici per la fibra di vetro in % di ossido:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	B ₂ O ₃
54.2	15.2	4.7	17.3	0.6	8.0

Conducibilità termica (spessore materiale = 25mm)

Temp. (°C):	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
(k)	.045	.050	.056	.065	.073	.084	.096	.110	.124	.141

3.1.10 Controllo della purezza del vapore

La presenza di impurità nel vapore può causare, alle parti interessate della turbina, danni derivanti da corrosione, tenso-corrosione e azione combinata di corrosione e fatica.

Queste impurità, depositandosi, possono inoltre creare delle difficoltà operative, quali ad esempio:

- Diminuzione del rendimento delle palette;
- Alterazioni delle pressioni all'interno della palettatura;
- Ostruzioni in corrispondenza delle tenute e dei giochi delle valvole.

Poiché tali inconvenienti comportano danni notevoli, lunghi fuori esercizio e costose riparazioni, occorre esercitare un rigoroso controllo della purezza del vapore ammesso in turbina.

Si dovranno anche adottare opportuni accorgimenti per evitare che le impurità, rimosse con i lavaggi chimici delle tubazioni e dei macchinari, entrino in turbina.

I valori ammissibili delle impurità generalmente presenti nel vapore turbina sono elencati nella tabella seguente. Nel caso fosse possibile ottenere una maggiore purezza del vapore, ogni sforzo dovrà essere fatto per raggiungere tale scopo.

Valori per il controllo della purezza del vapore

PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	FUNZIONAMENTO NORMALE	AVVIAMENTO (2)
Conduttività cationica (1)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	< 0,2	< 1,0
Ossigeno disciolto	ppb *	< 20	< 100
Silice (SiO ₂)	ppb	< 20	< 50
Ferro (Fe)	ppb	< 20	< 100
Rame (Cu)	ppb	< 3	< 10
Sodio (Na) e potassio (K) (3)	ppb	< 10	< 20

* ppb = parti di contaminanti in peso per 10⁹ parti di acqua in peso

- (1) Conduttività del vapore vivo misurata a 25°C dopo scambio cationico, depurata dalla conduttività dovuta all'anidride carbonica (CO₂).
- (2) Durante la fase di "avviamento", i valori devono avere la tendenza a diminuire. Il valore di "funzionamento normale" deve essere rilevato dopo 2 ore, per avviamento da caldo, e dopo 8 ore, per avviamento da freddo. Funzionamento della turbina con valori oltre i limiti devono essere evitati anche per brevi periodi. Azioni correttive devono essere adottate immediatamente.
- (3) Il sodio, nelle sue forme saline, è il maggior componente delle impurità. Il cloruro e l'idrossido di sodio (NaCl e NaOH) sono i maggiori responsabili della corrosione in turbina.