

APPENDICE

A - DATI NOMINALI DI RIFERIMENTO PER IL GVS

Potenza termica in ingresso:	70 MW
Dispersioni termiche GVS:	1 %
Potenza termica utile:	69,3 MW
Disponibilità acqua alimento:	213,3 °C - 122,67 bar
Acqua alimento ingresso GVS:	213,3 °C - 112,7 bar
Portata acqua alimento:	27,34 Kg/s (13,67 + 13,67)
Acqua alimento ingresso ECO:	238 °C - 112,7 bar - 35,03 Kg/s
Ricircolo ECO (per temp. ingr. 238 °C):	7,69 Kg/s
Produzione vapore SH:	535 °C - 112,3 bar - 27,34 Kg/s
Vapore SH al miscelamento con SH del GVR:	535 °C - 111,18 bar - 27,34 Kg/s
Potenza elettrica netta solare:	30,26 MW (15,13 + 15,13)
Rendimento netto sali/en.eletr.:	0,432
Temperature Sali fusi:	da 550 °C a 290 °C
Portata Sali fusi:	177,6 Kg/s
Pressione Sali fusi:	da 7,1 bar a 4,36 bar
Coef. scambio globale ECO:	2368 W/m2K
Coef. scambio globale EVA:	1168 W/m2K
Coef. scambio globale SH:	1004 W/m2K
Superficie e potenza di scambio ECO:	161,2 m2 - 14,1 MW
Superficie e potenza di scambio EVA:	454,6 m2 - 34,7 MW
Superficie e potenza di scambio SH:	348,9 m2 - 20,5 MW

B - DATI NOMINALI DI RIFERIMENTO DEL TURBOGAS Siemens V94 3/A

Compressore

Portata nominale aria in ingresso	634,98 Kg/s
Temperatura aria ingresso	15 °C (60 % UR)
Pressione aria ingresso	1,013 bar
Flow correction factor	0,1
Max rendimento isoentropico	0,90
Efficiency correction factor	0,39
Perdite di pressione aspirazione	0,007 bar
IGV Flow coefficient	0,01
Rapporto di compressione	16,84
Temperatura aria uscita compr.	425,83 °C

Combustore

Portata metano	15,18 Kg/s
PCI metano	44900 KJ/Kg
Temperatura metano	21,1 °C
Pressione metano	27,58 bar
Temperatura uscita combustore	1403 °C
Perdita di pressione combustore	0,03 bar
Rendimento di combustione	0,99

Turbina

Temperatura ingresso	1401 °C
Temperatura uscita	588,1 °C
Frazione aria raffreddamento	0,19
Rendimento isoentropico max	0,9354
Potenza all'albero	261,21 MW
Rendimento alternatore	0,982
Potenza netta in rete	256 MW
Rendimento netto totale TG	0,3756



Turbogas Siemens V94 3/A (Gruppo2 Priolo G.)

C - IL GVR

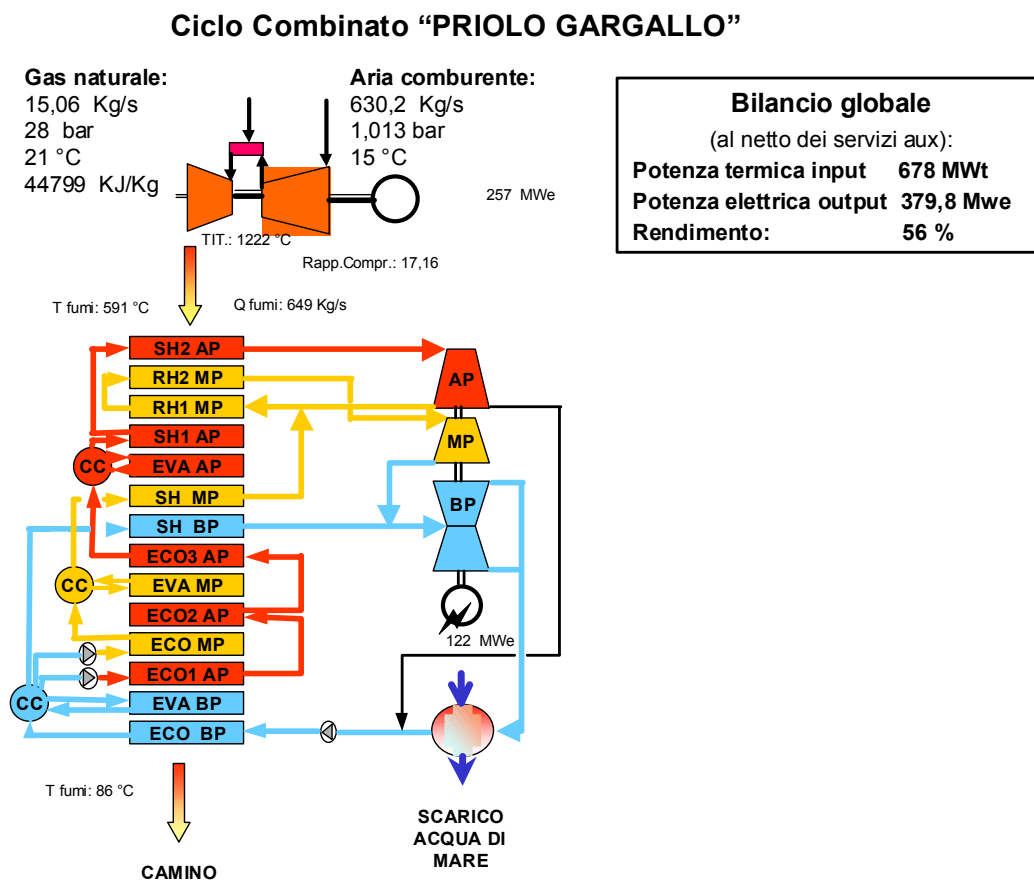
Il Generatore di vapore a recupero (GVR) ha lo scopo di trasferire il calore dei gas di scarico del turbogas ad un ciclo termico al fine di ottenere vapore saturo e successivamente vapore surriscaldato e risurriscaldato atto ad alimentare una turbina a vapore (TV) accoppiata al relativo alternatore. I generatori di Vapore a Recupero (GVR) installati nella centrale di Priolo Gargallo sono in serie di tipo orizzontale rispetto al flusso dei gas provenienti dalla turbina a gas TG. Sono composti da sezioni di scambio termico che producono vapore a tre livelli di pressione con banchi evaporanti a circolazione naturale a tubi verticali e privi di qualunque sistema di post-combustione. Il GVR è previsto per il funzionamento a solo recupero con i seguenti livelli:

AP (Alta pressione) costituito da tre economizzatori ECO1AP ECO2AP ECO3AP, un evaporatore EVAAP, e due surriscaldatori SH1AP SH2AP

MP (Media pressione) costituito da un economizzatore ECOMP, un evaporatore EVAMP, un surriscaldatore SHMP e due risurriscaldatori RSH1MP RSH2MP.

BP (Bassa pressione) costituito da un evaporatore EVABP e un surriscaldatore SHBP.

Il percorso relativo tra fumi caldi ed acqua-vapore è ben schematizzato in figura.



I dati di progetto del GVR, riferiti al CNC (Carico Nominale Continuo) sono sotto riportati per ciascun livello di pressione:

Riferimenti

Temperatura ambiente	15 °C
Pressione ambiente	1013,25 mbar
Umidità relativa	60 %

Ingresso fumi da Turbogas

Portata fumi	650,4 Kg/s
Temperatura	591,5 °C
Temperatura di progetto max	620 °C
O ₂ nei fumi	14,19 % peso
H ₂ O nei fumi	5,19 % peso

Perdita carico totale fumi GVR	31 mbar
Sezione di AP	
Portata vapore	72,7 Kg/s
Pressione vapore usc.GVR	101,17 bar
Temperatura vapore uscita GVR	540 °C
Pressione cc	105,5 bar
Portata desurriscaldamento SH	0
Sezione MP	
Portata vapore	16,8 Kg/s
Pressione vapore usc.GVR	15,5 bar
Temperatura vapore uscita GVR	294 °C
Pressione cc	16,5 bar
Sezione BP	
Portata vapore	8,1 Kg/s
Pressione vapore usc.GVR	3,82 bar
Temperatura vapore uscita GVR	300 °C
Pressione cc	4,5 bar
Portata ricircolo ECO	39,16 Kg/s
Temperatura ingr. ECO	60 °C
Sezione RH	
Portata vapore da turbina	65,63 Kg/s
Portata vapore uscita GVR	82,44 Kg/s
Temperatura monte misc. SHMP	292,6 °C
Pressione vapore ingr .GVR	15,47 bar
Pressione vapore usc .GVR	13,97 bar
Temperatura vapore uscita GVR	540 °C
Portata attemperamento VRF	0

D - LA TURBINA A VAPORE

La Centrale di Priolo Gargallo possiede due Turbine di costruzione Tosi (anni 1975 e 1978), di potenza nominale originaria 329 MW, relative ai suoi due gruppi termoelettrici inizialmente previsti con caldaie a vapore di tipo olio/gas. A fronte della trasformazione in ciclo combinato delle sezioni 1,2, della Centrale Termoelettrica di Priolo Gargallo, Ansaldo ha previsto un intervento concentrato sulla sezione di AP/MP della turbina .

Per le mutate condizioni di funzionamento delle macchine in assetto di ciclo combinato, rispetto a quelle tipiche del funzionamento originario, le portate di vapore che fluiscono attraverso la macchina sono molto inferiori a quelle corrispondenti alle condizioni di progetto con valvole tutte aperte, collocandosi a valori dell'ordine del 25%, 35% e 40%, rispettivamente per le portate che interessano le sezioni di AP, MP e BP.

Questa redistribuzione delle portate altera il regime delle pressioni nella macchina determinando, in particolare, l'aumento del salto isentropico elaborato dallo stadio di controllo (circa il doppio di quello di progetto) che opererebbe notevolmente parzializzato nonostante la prevista riduzione della pressione all'ammissione. In assenza di interventi ne conseguirebbe una significativa penalizzazione delle prestazioni complessive della macchina

Pertanto l'intervento di modifica ha previsto:

- L'eliminazione dello stadio di controllo (inteso sia come parte fissa che come parte mobile costituita dalle due ruote Curtis ad azione)
- La riprogettazione completa della palettatura della sezione di alta pressione, con l'aggiunta di 10 stadi a reazione, il cui numero totale viene pertanto incrementato da 11 a 21
- La modifica del diametro del compensatore di spinta di AP
- Il taglio delle connessioni precedentemente utilizzate per il primo spillamento (a metà della sezione di AP) e per il terzo spillamento (a metà della sezione di MP), non più utilizzate per il ciclo rigenerativo e la loro chiusura con fondelli opportunamente drenati
- Il reingresso in macchina del vapore prodotto a più bassa pressione dal GVR in corrispondenza dello scarico della sezione di media pressione dal bocchello precedentemente utilizzato per il quarto spillamento
- Il taglio delle connessioni precedentemente utilizzate per gli spillamenti posti sulla cassa interna di bassa pressione e la loro chiusura con fondelli opportunamente drenati.

E – PROPRIETA' FISICHE DELLA MISCELA DI SALI

Densità:

Per la fase liquida $\rho(T) = 2090 - 0.636 T$ $[\rho] = \text{kg/m}^3$, $[T] = ^\circ\text{C}$

Per la fase solida $\rho(T) = 2232$ $[\rho] = \text{kg/m}^3$.

In figura D1 si riporta l'andamento per la fase liquida:

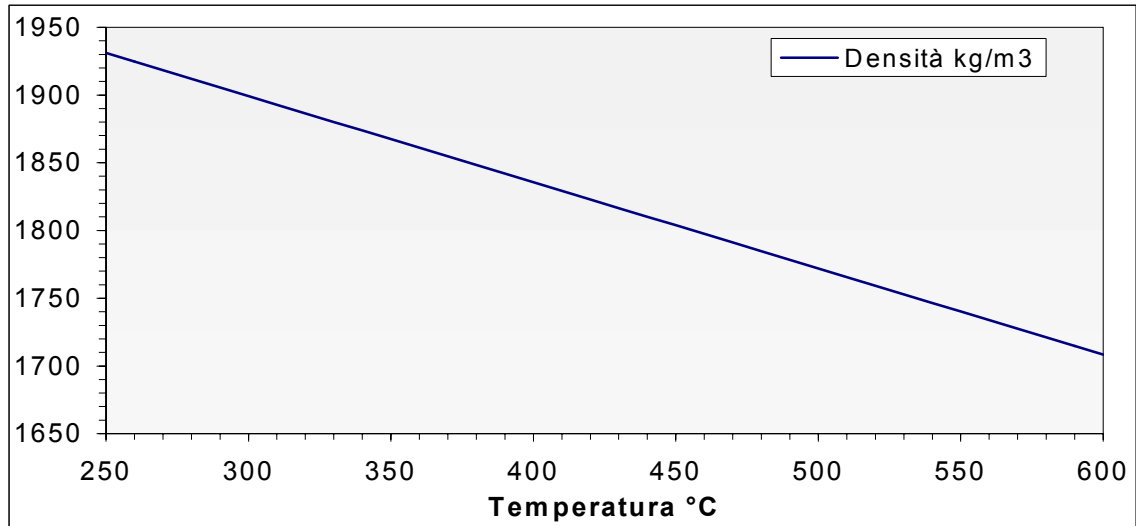


Figura D1 : densità della miscela liquida

Calore specifico:

Per la fase liquida $C_p = 1443 + 0.172 T$ $[C_p] = \text{J/kg}^\circ\text{C}$, $[T] = ^\circ\text{C}$

Per la fase solida, $T = T_f$ $C_p = 1156$ $[C_p] = \text{J/kg}^\circ\text{C}$

In figura D2 si riporta l'andamento grafico per la fase liquida:

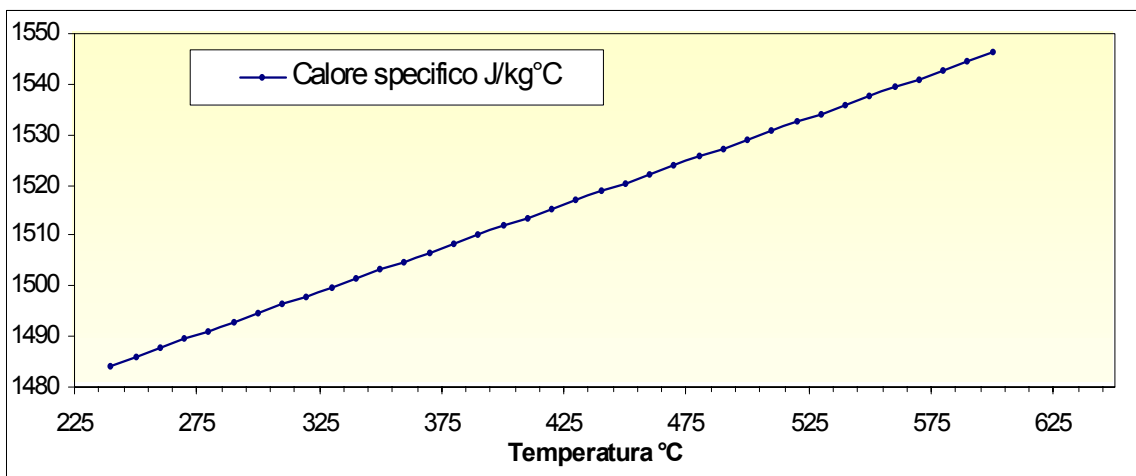


Figura D2 : calore specifico della miscela liquida

Viscosità:

Per la fase liquida $\mu = 22714 - 0.120 T + 2281 e-4 T^2 - 1.474 e-7 T^3$ $[\mu] = \text{mPa s}$, $[T] = ^\circ\text{C}$

In figura D3 si riporta l'andamento grafico:

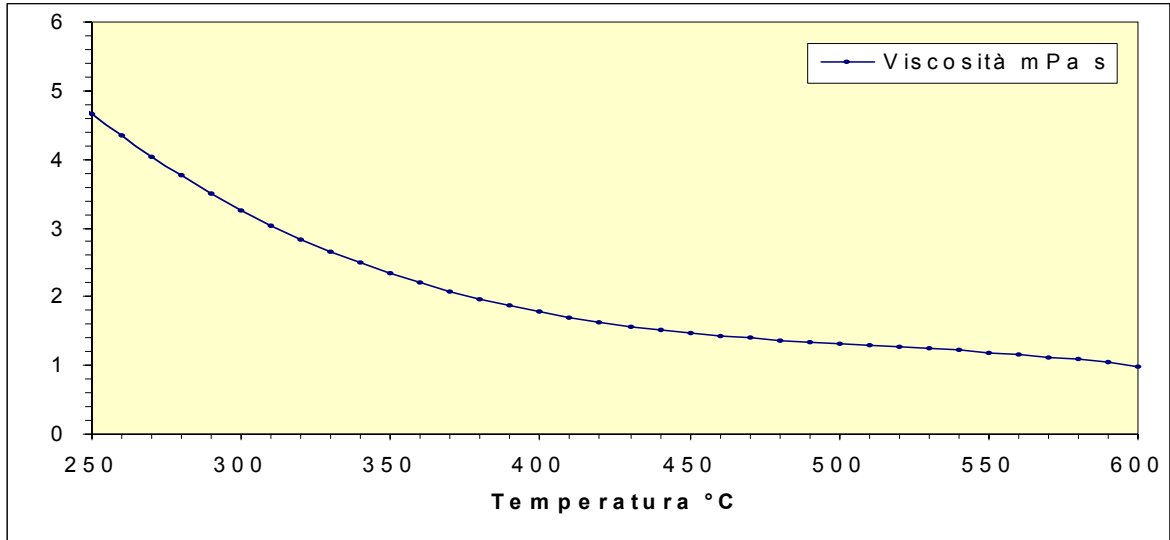


Figura D3 :viscosità della miscela liquida

Conducibilità termica:

Per la fase liquida $k = 0.443 + 1.9 e-4 T$ $[k] = \text{W/m } ^\circ\text{C}$, $[T] = ^\circ\text{C}$

Se ne riporta di seguito l'andamento grafico

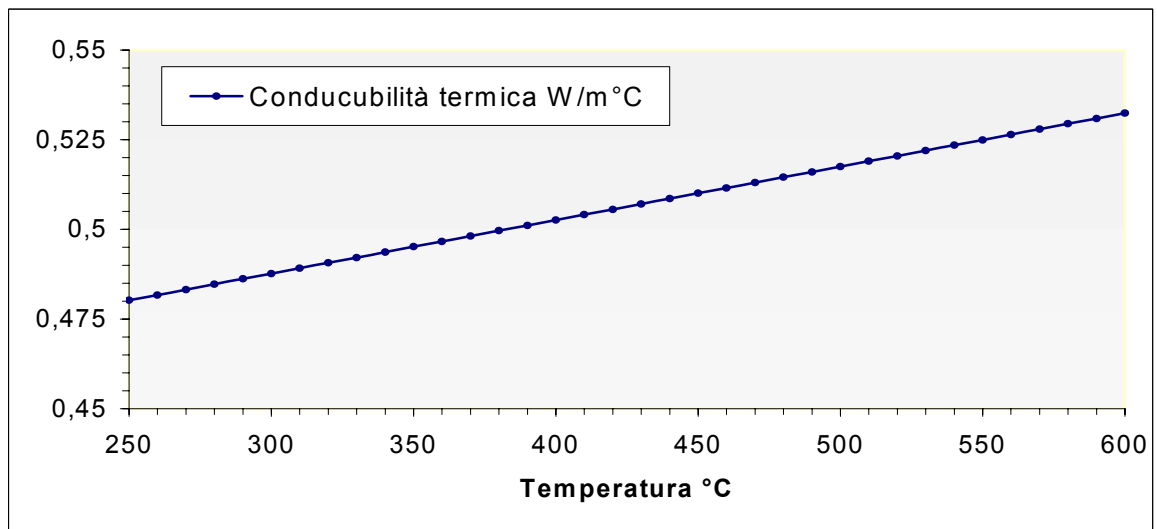


Figura D4 : conducibilità termica della miscela liquida

Conduttività elettrica:

Per la fase liquida $\gamma = -2.4156e-2 + 6.8424e-5 T - 2.5391e-8 T^2$ [γ]=S/m , [T]= °C

Se ne riporta di seguito l'andamento grafico:

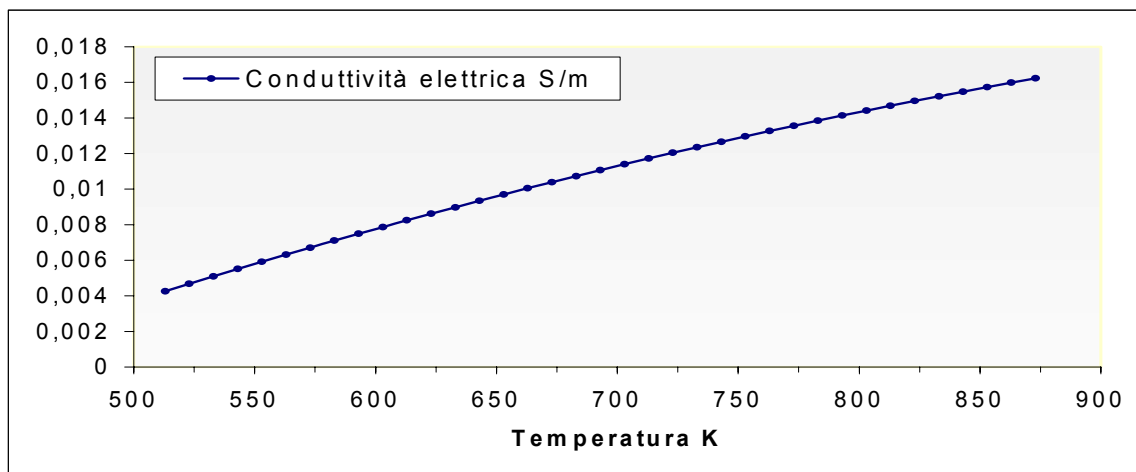


Figura D4 : conduttività elettrica della miscela liquida

In tabella D1 si riportano altre proprietà d'interesse:

Proprietà dei nitrati nel cambio di fase		
Compressibilità isotropica (NaNO ₃) al punto di fusione	m ² /N	2*10 ⁻¹⁰
Calore di fusione	kJ/kg	161
Variazione di densità dopo la fusione ($\Delta V/V_{solido}$)	%	-4.6
Proprietà dei sali componenti la miscela in fase solida		
Densità a temperatura ambiente		
NaNO	kg/m ³	2260
KNO ₃	kg/m ³	2190
Capacità termica in prossimità del punto di fusione C_p		
NaNO ₃	cal/°C mol	37.0
	J/kg °C	1820
KNO ₃	cal/°C mol	28.0
	J/kg °C	1160
Conducibilità termica		
KNO ₃	W/m °C	2.1

tabella D1