

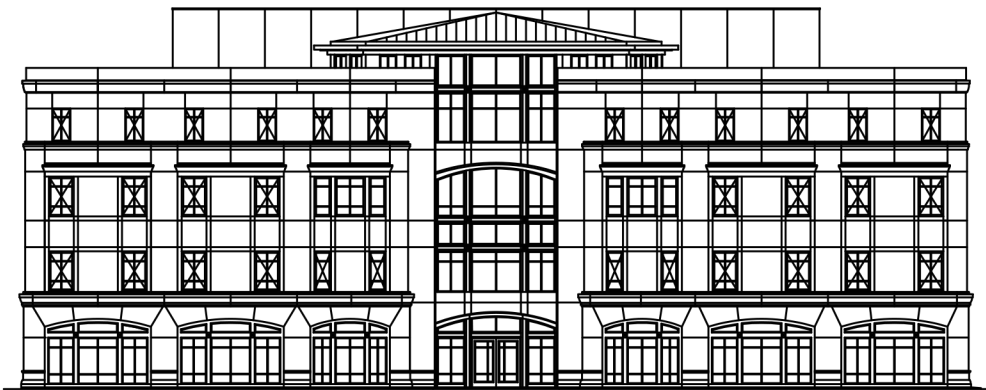
# REGIONE SICILIANA

ISTITUTO MEDITERRANEO PER I TRAPIANTI E  
TERAPIE AD ALTA SPECIALIZZAZIONE

*IS.ME.T.T. s.r.l*

SEDE CLINICA: Via E. Tricomi n° 5 - 90127 PALERMO

SEDE LEGALE: Via Discesa dei Giudici n° 4 - 90134 PALERMO



TAVOLA

*DT-02*

FORNITURA "CHIAVI IN MANO" DI UN IMPIANTO DI  
TRIGENERAZIONE PRESSO LA SEDE CLINICA

Progetto di Fornitura

SCALA -

Documenti tecnici - Relazione tecnica

IL PROGETTISTA  
(ing. Sisto Bosco)



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
(ing. Vincenzo Sferruzza)

Handwritten signature of the responsible official, Vincenzo Sferruzza.

Rev. n°	Data	Oggetto	Redatto	Verificato	Approvato
0	09/12/2013	EMMISSIONE			
1	19/12/2016	REVISIONE ED AGGIORNAMENTO			

**FORNITURA IN OPERA “CHIAVI IN MANO” DI UN IMPIANTO  
DI TRIGENERAZIONE  
SEDE CLINICA DI ISMETT - VIA TRICOMI N. 5 - PALERMO**

**RELAZIONE TECNICA**

---

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI DEGLI SCENARI</b>	<b>3</b>
2.1	Assetto trigenerazione	7
2.2	Assetto cogenerativo master elettrico e master termico	9
2.3	Conclusioni:	10
<b>3</b>	<b>CALCOLO DEL VALORE DEI CERTIFICATI BIANCHI PER L'ASSETTO DI COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO (CAR)</b>	<b>11</b>
3.1	Generalità	11
3.2	Determinazione dei parametri CAR	11
<b>4</b>	<b>PROGETTO</b>	<b>13</b>

## 1 PREMESSA

La relazione ha per oggetto il dimensionamento dell'impianto di cogenerazione/trigenerazione a servizio dell'ospedale ISMETT, Istituto Mediterraneo per i Trapianti e le Terapie ad Alta Specializzazione, di Palermo, nella sede clinica di Via Tricomi attraverso la valutazione degli scenari possibili, ovvero di un impianto ad inseguimento elettrico, ad inseguimento termico, con produzione di freddo.

Lo studio è stato fatto in funzione dei dati disponibili relativi ai consumi energetici elettrici e termici, desunti dalle fatturazioni e da misurazioni sui contatori installati nei punti di connessione con le reti pubbliche di alimentazione elettrica e gas metano.

## 2 ANALISI DEGLI SCENARI

Sono stati analizzati i consumi energetici e conseguentemente ipotizzati tre diversi impianti/logiche di funzionamento simulandone l'effetto di efficientamento energetico ed economico.

- macchina in assetto trigenerativo,
- macchina in assetto cogenerativo, master elettrico,
- macchina in assetto cogenerativo, master termico.

Data l'impossibilità di determinare i fabbisogni energetici distinti secondo produzione di acqua calda, acqua fredda e vapore, l'analisi dei consumi è stata effettuata in base ai dati desunti da contratti di fornitura di gas ed elettricità e relative bollette riferite agli anni 2010 al 2015.

Il consumo di energia elettrica comprende quello dovuto alla centrale di condizionamento (gruppi frigo, elettropompe, CTA, etc..) e quello dei restanti utilizzatori elettrici (illuminazione, prese, apparecchiature medicali, etc.).

Lo studio ha preso in considerazione sia i dati dei consumi effettuati tra il mese di gennaio 2010 ed il mese di dicembre del 2015, sia i risultati di una campagna di misurazione della potenza elettrica assorbita, in tre momenti diversi della giornata, effettuata nel mese di gennaio ed in quello di maggio del 2012, suddivisa per differenti tipi di utilizzazione.

Dall'analisi di questi dati si è concluso che:

- l'energia elettrica assorbita nei sei anni ha una tendenza in aumento con un valore medio annuale di circa 10.500.000 kWh consumati, con scarti inferiori al 3-5%;
- il consumo di gas metano si è attestato ad un valore medio di circa 690.000 smc/anno;

- l'assorbimento elettrico massimo si ha nei mesi estivi a causa della rilevante incidenza dei gruppi frigoriferi;
- la media della potenza elettrica impegnata è pari a circa 1.000-1.200 kW.

Di seguito si riportano i valori dei consumi e relativi costi che conducono alla determinazione della taglia dell'impianto di trigenerazione.

**ISTITUTO MEDITERRANEO PER I TRAPIANTI E TERAPIE AD ALTA SPECIALIZZAZIONE  
ISMETT**

**SEDE CLINICA: VIA TRICOMI, 5 - 90127 PALERMO SEDE AMMINISTRATIVA: DISCESA DEI GIUDICI, 4 - 90133 PALERMO**

**QUADRO RIEPILOGATIVO CONSUMI SEDE CLINICA RELATIVO AGLI ANNI 2010/2015**

consumi anno 2010					ENEL ENERGIA ELETTRICA consumi anno 2011					consumi anno 2012				
	€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre		€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre		€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre
gennaio	€ 100.751,44	714.946	€ 197.813,28	1.393.409	I	gennaio	€ 122.929,55	715.681	€ 234.755,94	1.364.323	I	gennaio	€ 150.334,03	756.924
febbraio	€ 97.061,84	678.463			febbraio	€ 111.826,39	648.642	febbraio			€ 141.700,82	697.566	€ 292.034,85	1.454.490
marzo	€ 108.427,00	758.739	€ 227.590,72	1.522.887	II	marzo	€ 129.594,96	748.614	€ 279.824,12	1.513.639	II	marzo	€ 157.154,75	789.051
aprile	€ 119.163,72	764.148			aprile	€ 150.229,16	765.025	aprile			€ 162.119,60	794.542	€ 319.274,35	1.583.593
maggio	€ 133.700,14	868.382	€ 281.158,14	1.818.245	III	maggio	€ 167.665,57	851.908	€ 354.016,82	1.791.259	III	maggio	€ 182.130,11	862.355
giugno	€ 147.458,00	949.863			giugno	€ 186.351,25	939.351	giugno			€ 209.921,27	992.315	€ 392.051,38	1.854.670
luglio	€ 186.069,77	1.091.146	€ 364.613,39	2.154.504	IV	luglio	€ 217.595,18	1.083.738	€ 440.358,01	2.185.098	IV	luglio	€ 252.401,84	1.163.461
agosto	€ 178.543,62	1.063.358			agosto	€ 222.762,83	1.101.360	agosto			€ 247.513,10	1.150.705	€ 499.914,94	2.314.166
settembre	€ 157.789,42	931.093	€ 298.112,11	1.784.563	V	settembre	€ 209.204,89	1.023.727	€ 371.277,07	1.915.154	V	settembre	€ 221.321,27	1.039.528
ottobre	€ 140.322,69	853.470			ottobre	€ 162.072,18	891.427	ottobre			€ 209.992,31	1.004.830	€ 431.313,58	2.044.358
novembre	€ 122.042,63	741.574	€ 242.075,65	1.471.130	VI	novembre	€ 150.383,87	813.660	€ 295.522,49	1.597.709	VI	novembre	€ 181.920,52	859.543
dicembre	€ 120.033,02	729.556			dicembre	€ 145.138,62	784.049	dicembre			€ 164.240,14	775.570	€ 346.160,66	1.635.113
<b>TOTALI</b>	<b>€ 1.611.363,29</b>	<b>10.144.738</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 1.975.754,45</b>	<b>10.367.182</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 2.280.749,76</b>	<b>10.886.390</b>		

consumi anno 2013					ENEL ENERGIA ELETTRICA consumi anno 2014					consumi anno 2015				
	€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre		€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre		€	kWh	€ bimestre	kWh bimestre
gennaio	€ 155.668,65	746.017	€ 285.236,21	1.404.252	I	gennaio	€ 144.953,21	759.545	€ 272.550,62	1.463.748	I	gennaio	€ 146.825,01	765.878
febbraio	€ 129.567,56	658.235			febbraio	€ 127.597,41	704.203	febbraio			€ 132.621,06	685.300	€ 279.446,07	1.451.178
marzo	€ 150.474,68	767.104	€ 314.750,39	1.558.843	II	marzo	€ 142.582,61	750.265	€ 296.256,35	1.526.056	II	marzo	€ 153.480,70	796.891
aprile	€ 164.275,71	791.739			aprile	€ 153.673,74	775.791	aprile			€ 152.036,31	795.142	€ 305.517,01	1.592.033
maggio	€ 179.676,49	870.390	€ 369.688,09	1.799.477	III	maggio	€ 174.224,76	854.728	€ 363.024,51	1.792.154	III	maggio	€ 171.891,51	890.457
giugno	€ 190.011,60	929.087			giugno	€ 188.799,75	937.426	giugno			€ 188.802,03	980.246	€ 360.693,54	1.870.703
luglio	€ 231.317,18	1.138.216	€ 456.866,88	2.254.560	IV	luglio	€ 207.785,80	1.032.097	€ 421.937,68	2.121.145	IV	luglio	€ 216.586,66	1.119.825
agosto	€ 225.549,70	1.116.344			agosto	€ 214.151,88	1.089.048	agosto			€ 220.499,49	1.148.091	€ 437.086,15	2.267.916
settembre	€ 200.446,01	985.510	€ 391.468,62	1.938.166	V	settembre	€ 197.327,08	997.377	€ 384.905,20	1.942.285	V	settembre	€ 198.115,01	1.020.932
ottobre	€ 191.022,61	952.656			ottobre	€ 187.578,12	944.908	ottobre			€ 185.399,80	942.982	€ 383.514,81	1.963.914
novembre	€ 155.797,48	778.292	€ 302.820,19	1.522.414	VI	novembre	€ 164.783,12	833.121	€ 316.573,46	1.604.281	VI	novembre	€ 154.107,22	795.722
dicembre	€ 147.022,71	744.122			dicembre	€ 151.790,34	771.160	dicembre			€ 144.856,15	747.758	€ 298.963,37	1.543.480
<b>TOTALI</b>	<b>€ 2.120.830,38</b>	<b>10.477.712</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 2.055.247,82</b>	<b>10.449.669</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 2.065.220,95</b>	<b>10.689.224</b>		

## ISMETT

SEDE CLINICA: VIA TRICOMI, 5 - 90127 PALERMO SEDE AMMINISTRATIVA: DISCESA DEI GIUDICI, 4 - 90133 PALERMO

## QUADRO RIEPILOGATIVO CONSUMI SEDE CLINICA RELATIVO AGLI ANNI 2010/2015

consumi anno 2010					GAS					consumi anno 2011					consumi anno 2012						
	€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		
gennaio	€ 39.595,00	70.894			I	gennaio	€ 67.642,77	110.535			gennaio	€ 56.015,00	68.499			gennaio	€ 56.015,00	68.499			
febbraio	€ 43.490,50	63.953	€ 83.085,50	134.847		febbraio	€ 31.461,44	48.197	€ 99.104,21	158.732	I	febbraio	€ 59.132,00	61.792	€ 115.147,00	130.291	€ 115.147,00	130.291	€ 115.147,00	130.291	
marzo	€ 47.876,50	33.263	€ 87.058,00	102.505	II	marzo	€ 22.437,44	35.000	€ 85.266,68	83.304	II	marzo	€ 55.644,50	32.139	€ 101.913,50	99.042	€ 101.913,50	99.042	€ 101.913,50	99.042	
aprile	€ 39.181,50	69.242				aprile	€ 62.829,24	48.304			II	aprile	€ 46.269,00	66.903			aprile	€ 46.269,00	66.903		
maggio	€ 38.334,00	72.031	€ 76.125,00	129.869	III	maggio	€ 41.232,49	46.846	€ 71.732,73	81.053	III	maggio	€ 40.247,50	69.597	€ 75.676,50	125.481	€ 75.676,50	125.481	€ 75.676,50	125.481	
giugno	€ 37.791,00	57.838				giugno	€ 30.500,24	34.207			III	giugno	€ 35.429,00	55.884			giugno	€ 35.429,00	55.884		
luglio	€ 39.886,00	60.345	€ 79.758,00	123.113	IV	luglio	€ 30.628,50	32.292	€ 70.431,79	74.281	IV	luglio	€ 30.990,00	58.306	€ 63.569,00	118.953	€ 63.569,00	118.953	€ 63.569,00	118.953	
agosto	€ 39.872,00	62.768				agosto	€ 39.803,29	41.989			IV	agosto	€ 32.579,00	60.647			agosto	€ 32.579,00	60.647		
settembre	€ 33.485,50	35.801	€ 75.427,50	96.874	V	settembre	€ 30.991,86	34.592	€ 78.225,11	82.746	V	settembre	€ 35.383,00	34.591	€ 74.721,00	93.601	€ 74.721,00	93.601	€ 74.721,00	93.601	
ottobre	€ 41.942,00	61.073				ottobre	€ 47.233,25	48.154			V	ottobre	€ 39.338,00	59.010			ottobre	€ 39.338,00	59.010		
novembre	€ 45.488,00	66.539	€ 95.127,00	109.909	VI	novembre	€ 35.373,70	48.604	€ 62.425,32	85.004	VI	novembre	€ 42.145,50	64.291	€ 97.637,00	106.196	€ 97.637,00	106.196	€ 97.637,00	106.196	
dicembre	€ 49.639,00	43.370				dicembre	€ 27.051,62	36.400			VI	dicembre	€ 55.491,50	41.905			dicembre	€ 55.491,50	41.905		
<b>TOTALI</b>	<b>€ 496.581,00</b>	<b>697.117</b>				<b>TOTALI</b>	<b>€ 467.185,84</b>	<b>565.120</b>				<b>TOTALI</b>	<b>€ 528.664,00</b>	<b>673.564</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 528.664,00</b>	<b>673.564</b>		

consumi anno 2013					GAS					consumi anno 2014					consumi anno 2015						
	€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		€	mc	€ bimestre	mc bimestre		
gennaio	€ 82.536,65	96.234	€ 112.586,15	246.521	I	gennaio	€ 41.631,56	49.744	€ 98.156,40	121.310	I	gennaio	€ 61.452,03	81.482	€ 144.312,62	194.114	€ 144.312,62	194.114	€ 144.312,62	194.114	
febbraio	€ 30.049,50	150.287	€ 97.199,00	128.643	II	febbraio	€ 56.524,84	71.566	€ 88.239,91	122.679	II	febbraio	€ 82.860,59	112.632	€ 100.118,79	152.753	€ 100.118,79	152.753	€ 100.118,79	152.753	
marzo	€ 61.500,50	73.736	€ 83.494,50	110.881	III	marzo	€ 52.514,42	71.062	€ 71.043,09	74.235	III	marzo	€ 53.772,98	80.454	€ 79.828,39	122.735	€ 79.828,39	122.735	€ 79.828,39	122.735	
aprile	€ 35.698,50	54.907				aprile	€ 35.725,49	51.617			II	aprile	€ 46.345,81	72.299			aprile	€ 46.345,81	72.299		
maggio	€ 42.479,00	55.912	€ 60.923,50	93.435	IV	maggio	€ 35.468,90	39.482	€ 58.633,32	69.919	IV	maggio	€ 45.236,12	68.398	€ 59.658,32	93.164	€ 59.658,32	93.164	€ 59.658,32	93.164	
giugno	€ 41.015,50	54.969				giugno	€ 35.574,19	34.753			IV	giugno	€ 34.592,27	54.337			giugno	€ 34.592,27	54.337		
luglio	€ 35.394,00	58.801	€ 87.572,50	143.286	V	luglio	€ 36.661,25	38.130	€ 79.632,13	81.781	V	luglio	€ 31.953,62	50.060	€ 79.259,99	123.686	€ 79.259,99	123.686	€ 79.259,99	123.686	
agosto	€ 25.529,50	34.634				agosto	€ 21.972,07	31.789			V	agosto	€ 27.704,70	43.104			agosto	€ 27.704,70	43.104		
settembre	€ 44.755,00	91.008	€ 103.396,50	121.443	VI	settembre	€ 27.562,58	34.623	€ 77.255,18	94.655	VI	settembre	€ 39.266,27	61.847	€ 81.541,13	126.098	€ 81.541,13	126.098	€ 81.541,13	126.098	
ottobre	€ 42.817,50	52.278				ottobre	€ 52.069,55	47.158			V	ottobre	€ 39.993,72	61.839			ottobre	€ 39.993,72	61.839		
novembre	€ 46.795,00	66.670				novembre	€ 28.265,20	40.814			VI	novembre	€ 27.654,94	42.241			novembre	€ 27.654,94	42.241		
dicembre	€ 56.601,50	54.773				dicembre	€ 48.989,98	53.841			VI	dicembre	€ 53.886,19	83.857			dicembre	€ 53.886,19	83.857		
<b>TOTALI</b>	<b>€ 545.172,15</b>	<b>844.209</b>				<b>TOTALI</b>	<b>€ 472.960,03</b>	<b>564.579</b>				<b>TOTALI</b>	<b>€ 544.719,24</b>	<b>812.550</b>			<b>TOTALI</b>	<b>€ 544.719,24</b>	<b>812.550</b>		

Da una valutazione preliminare effettuata, si è selezionata una macchina capace di fornire una potenza ai morsetti pari a 750 kVa con un fattore di potenza pari a 0,8.

Tale macchina dovrebbe quindi essere caratterizzata dalle seguenti grandezze:

- potenza termica totale recuperata: ~700 kW, T acqua 93°C,
- potenza introdotta: ~1500 kW,
- consumo gas metano: ~155 Sm<sup>3</sup>/h
- Rendimento elettrico: 40.5 %
- Rendimento termico: 47.0%
- Rendimento totale: 87,5 %

Ulteriori dati di ingresso ed ipotesi sono:

- ore di funzionamento annuo 7.800
- costo energia elettrica escluso costi fissi (2015) 0,1861 €/kWh
- costo gas naturale (2015) 0,6704 €/Smc
- aliquota gas defiscalizzato 0,22 Smc/kWe prodotto
- costo gas defiscalizzato (2015) 0,5734 €/Smc
- costo medio acqua di reintegro 1,83 €/mc
- consumi relativi all'anno 2015

## 2.1 Assetto trigenerazione

In questa configurazione le apparecchiature previste, oltre al gruppo generatore precedentemente individuato, sono:

- assorbitore a bromuro di litio
  - potenza frigorifera: 505 kW
  - temperature mandata/ritorno: 7°C/12°C
  - campo di regolazione: 5%/115%
  - C.O.P.: 0,727
- torre evaporativa
  - potenza dissipata: 1200 kW
  - temperature mandata/ritorno: 29°C/34°C
  - temperatura aria di bulbo umido: 25°C
  - quantità totale d'acqua evaporata: circa 2.8 mc/h

In questo caso la richiesta di potenza frigorifera è sempre superiore al valore nominale del gruppo ad assorbimento e la richiesta elettrica è superiore al dato di targa del generatore,



pertanto l'impianto lavora al massimo della sua potenzialità ed oltre all'energia elettrica autoprodotta si ottiene una diminuzione del prelievo da rete pari al valore di energia necessaria al funzionamento di uno dei gruppi frigoriferi esistenti.

mese	giorni	pot.frigorifera prodotta	en.elettrica risparmiata	en.elettrica autoprodotta	en.elettrica richiesta	en.elettrica prelevata da rete
		kWhf	kWhe	kWhe	kWhe	kWhe
Gennaio	31	331.700	118.464	409.200	765.878	238.214
Febbraio	28	299.600	107.000	369.600	685.300	208.700
Marzo	31	331.700	118.464	409.200	796.891	269.227
Aprile	30	321.000	114.643	396.000	795.142	284.499
Maggio	31	331.700	118.464	409.200	890.457	362.793
Giugno	30	321.000	114.643	396.000	980.246	469.603
Luglio	31	331.700	118.464	409.200	1.119.825	592.161
Agosto	31	331.700	118.464	409.200	1.148.091	620.427
Settembre	30	321.000	114.643	396.000	1.020.932	510.289
Ottobre	31	331.700	118.464	409.200	942.982	415.318
Novembre	30	321.000	114.643	396.000	795.722	285.079
Dicembre	31	331.700	118.464	409.200	747.758	220.094
TOTALI			1.394.821	4.818.000	10.689.224	4.476.403

L'impianto garantisce un abbattimento del fabbisogno elettrico da acquistare del 60% circa.

**Prospetto costi di esercizio:**

CONSUMI E COSTI		STATO ATTUALE (2015)	IMP. DI TRIGENERAZIONE
<b>A-energia elettrica - costi (€/a)</b>		<b>1.989.621</b>	<b>890.410</b>
fabbisogno (kWh/a)		10.689.224	10.689.224
consumi torre e pompe freddo (kWh/a)		-	307.320
autoprodotta e risparmiata (kWh/a)		-	6.212.821
prelevata dalla rete (kWh/a)		10.689.224	4.783.723
<b>B-gas metano - costi (€/a)</b>			
	<i>1+2+3</i>	<b>544.719</b>	<b>1.267.833</b>
consumo generatori di calore (Smc/a)		812.550	812.550
costo gas metano per generatori di calore (€/a)	<i>1</i>	<b>544.719</b>	<b>544.719</b>
consumo cogeneratore (Smc/a)		-	1.232.000
consumo gas non defiscalizzato (Smc/a)		-	172.040
consumo gas defiscalizzato (Smc/a)		-	1.059.960
costo annuo gas non defisc.(€/a)	<i>2</i>	-	<b>115.333</b>
costo annuo gas defisc.(€/a)	<i>3</i>	-	<b>607.781</b>
<b>C-acqua di reintegro - costi (€/a)</b>			
consumo torre evaporativa(mc/a)		-	24.000
<b>D-Service - costi (€/a)</b>			
			<b>95.160</b>
<b>TOTALE A+B+C+D</b>			
<b>€ (IVA inclusa)</b>		<b>2.534.340</b>	<b>2.297.323</b>
<b>RISPARMIO IVA inclusa (€/anno)</b>		<b>237.017</b>	

**2.2 Assetto cogenerativo master elettrico e master termico**

Con questa configurazione la richiesta di potenza termica non è sempre superiore alla capacità di recupero del calore del sistema e la richiesta elettrica è sempre superiore al dato di targa del cogeneratore.

La logica “master elettrico” prevede che la macchina operi sempre al 100% del carico, accettando momenti in cui l’energia termica viene dissipata dagli scambiatori dedicati opportunamente controllati dal sistema di regolazione.

In questo modo però, nei momenti in cui il calore recuperato dal motore endotermico non trova più alcuna utilizzazione, l’energia elettrica risulta non più prodotta in regime di cogenerazione, *energia lorda prodotta non CHP*, influenzando negativamente il calcolo del risparmio di energia primaria ed il conseguente ottenimento dei certificati bianchi.

La logica “master termico” prevede invece che la macchina inseguia il carico termico delle utenze modulando la produzione di energia elettrica, con un conseguente minor grado di copertura della richiesta elettrica e del risparmio conseguito.

Lo studio di questi assetti ha però tenuto conto di un ulteriore progetto di efficientamento energetico che il Committente ha previsto di realizzare nell’immediato futuro, ovvero mettere in funzione il sistema di recupero calore dal chiller esistente con un abbattimento del fabbisogno termico di circa il 24%.

Le simulazioni effettuate secondo questi assetti, e con l’ipotesi del circuito di “*heat recovery*”, porterebbero, con i dati di ingresso disponibili sui consumi, a valori di risparmio superiori a quello calcolato per il caso della trigenerazione, ma, come detto, il numero dei certificati bianchi ottenibili si ridurrebbe.

L’aspetto che però rende incerto il conto economico nei due ultimi assetti è che parte del consumo di gas metano attuale è dovuto alla produzione di vapore a servizio delle sezioni di umidificazione delle CTA; tale aliquota non è al momento misurabile e pertanto non è calcolabile l’effettiva copertura del fabbisogno termico.

Il cogeneratore ipotizzato non potrebbe infatti garantire il livello termico necessario alla produzione di vapore e quindi incerta sarebbe la parte di calore dissipata, nel caso di master elettrico, e la riduzione della produzione elettrica, nel caso di mater termico.

### **2.3 Conclusioni:**

L’assetto cogenerativo, sia in configurazione master elettrico sia in configurazione master termico, presenta apparentemente un vantaggio economico rispetto all’assetto trigenerativo. Tuttavia, è necessario considerare che, in vista del futuro intervento di efficientamento energetico in corso di definizione presso la struttura, il prospettato vantaggio economico che risulterebbe dall’assetto cogenerativo verrebbe fortemente ridimensionato.

Inoltre l’assetto trigenerativo non solo presenta un significativo vantaggio tecnico rispetto al cogenerativo, la possibilità di contribuire al raffrescamento “diretto” e di risultare maggiormente adattabile alle variazioni della richiesta energetica delle utenze, ma anche si presta meglio a rispondere alle necessità future dell’Istituto che, nel breve periodo, amplierà la sua struttura.

### **3 CALCOLO DEL VALORE DEI CERTIFICATI BIANCHI PER L'ASSETTO DI COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO (CAR)**

#### **3.1 Generalità**

Con il termine CAR si intende la produzione combinata di energia elettrica/meccanica e di energia termica (calore) ottenute in appositi impianti utilizzando la stessa energia primaria.

Il ruolo della Cogenerazione ad Alto Rendimento, e della cogenerazione in genere, nel panorama globale dell'efficienza energetica è stato evidenziato dalla direttiva 2004/8/CE, recepita in Italia con il decreto legislativo 20/2007, introducendo l'indice energetico PES, il Primary Energy Saving.

Successivi decreti hanno successivamente definito le grandezze e le caratteristiche da rispettare affinché la produzione simultanea di energia termica ed elettrica possa essere definita Cogenerazione ad Alto Rendimento (DM 4 agosto 2011) e stabilito un regime di incentivazione i cui benefici sono legati risparmio dell'energia primaria (DM 5 settembre 2011).

I principali benefici di cui il Committente potrà avvalersi sono le agevolazioni fiscali sull'accisa del gas metano utilizzato per la cogenerazione (Decreto Legislativo 26 ottobre 1995, n. 504 aggiornato dal Decreto Legislativo 2 febbraio 2007, n. 26), e l'acquisizione dei Certificati Bianchi, che saranno riconosciuti nei 10 anni consecutivi considerati a partire dal 1 gennaio dell'anno successivo alla data di entrata in servizio.

L'impianto previsto per l'ISMETT dovrà funzionare in assetto di CAR e sarà redatta, con il progetto finale, la documentazione relativa all'unità di cogenerazione da inviare agli organi competenti per un esame preliminare finalizzato all'accertamento preventivo della corretta configurazione di impianto e della strumentazione di corredo che permetta di qualificare la unità di cogenerazione come CAR.

#### **3.2 Determinazione dei parametri CAR**

Perché all'unità di cogenerazione sia riconosciuta la qualifica CAR si fa riferimento ai criteri indicati nell'Allegato III del DM 4 agosto 2011, ed in particolare, per le unità quale quella prevista nel presente progetto con capacità di generazione inferiore a 1 MWe (piccola cogenerazione), la capacità di conseguire un risparmio di energia primaria, sempre calcolato in conformità al medesimo Decreto, superiore a zero,  $PES > 0$ .

Per il calcolo del PES, nel caso in esame, si è seguita la procedura indicata dal DM citato che stabilisce che "la produzione di energia elettrica da unità di produzione combinata di energia

elettrica e calore con ....., motore a combustione interna, ..... è da ritenere interamente energia elettrica qualificabile come cogenerativa se dette unità presentano un rendimento di primo principio annuo almeno pari al 75%", e non richiede il calcolo del coefficiente  $\beta$ .

Una volta individuati i confini dell'unità di cogenerazione si sono potute determinare le grandezze fondamentali

- energia di alimentazione consumata dall'unità di cogenerazione durante il periodo di rendicontazione ( $F_u$ );
- energia elettrica/meccanica prodotta dall'unità di cogenerazione durante il medesimo periodo di rendicontazione ( $E_u$ );
- calore utile prodotto dall'unità di cogenerazione durante il medesimo periodo di rendicontazione ( $H_{CHP}$ )

che hanno consentito di calcolare il rendimento globale secondo la formula:

$$\eta_g = (E_u + H_{CHP}) / F_u > 0.75$$

Nell'Allegato III del DM 4 agosto 2011 è indicata la formula di calcolo del risparmio di energia primaria:

$$PES = \{1 - [1 / ((CHPH_\eta / RefH_\eta) + (CHPE_\eta / RefE_\eta))] * 100\%$$

con

- $CHPH_\eta = H_{CHP} / F_u$
- $CHPE_\eta = E_u / F_u$
- $RefH_\eta$  = valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di calore;
- $RefE_\eta$  = valore di rendimento di riferimento per la produzione separata di energia elettrica.

Nel caso in esame, come riportato nella tabella seguente, si è verificato che il  $PES > 0$ , e pertanto si è ritenuto che l'unità di cogenerazione funzioni effettivamente in regime di CAR, con la conseguente acquisizione dei benefici previsti, che sono da corrispondere in base al valore delle grandezze  $E_u$ ,  $H_{CHP}$ ,  $F_u$  ipotizzate secondo la relazione

$$RISP = E_u / \eta_{e\ rif} + H_{CHP} / \eta_{t\ rif} - F_u$$

ottenuto in termini di input (energia di alimentazione) dalla produzione combinata degli output rispetto alla loro potenziale produzione separata, realizzata mediante impianti operanti con rendimenti assunti pari a  $RefH_\eta$  (produzione separata di calore) e  $RefE_\eta$  (produzione separata di energia elettrica).

Di seguito la tabella che illustra i valori determinati secondo le modalità sopra esposte.

Combustibile primario	Tipo	Gas naturale
Gas di scarico a temperatura >250 gradi	Si/no	No
Energia E autoconsumata	%	100%
Tensione di connessione	kV	20
Potenza in ingresso	kW	1476
Potenza elettrica prodotta	kW	600
Potenza termica prodotta	kW	696
Ore di funzionamento annue	h	7800
Energia in ingresso	kWh	11.512.800
Energia elettrica prodotta	kWh	4.818.000
Energia termica prodotta	kWh	5.428.800
Rendimento elettrico E	%	41,85%
Rendimento termico H	%	47,15%
Rendimento di riferimento E base	%	52,50%
Rendimento di riferimento H base	%	90,00%
Fattore correttivo per zona geografica H	bp	-0,104
Fattore correttivo perdite di rete E	%	93%
Rendimento di riferimento E	%	48,56%
Rendimento di riferimento H	%	89,90%
PES	%	27,87%
rendimento medio convenzionale del parco di produzione termico italiano	%	90%
rendimento medio convenzionale del parco di produzione elettrica italiano	%	42%
RISP	MWh	5.990,63
Coeff. K		1,4
CB	num	721,27
Valore economico di un CB	€	108,13
Valore economico CB impianto	€	77.991,11

#### 4 PROGETTO

L'impianto di trigenerazione che si intende realizzare sarà composto dalle seguenti principali apparecchiature:

- unità di produzione elettrica costituita da gruppo elettrogeno alimentato a gas metano;
- unità di recupero calore dal circuito raffreddamento camicie e dai fumi di scarico dell'unità di produzione elettrica;
- unità di produzione di acqua refrigerata (gruppo ad assorbimento) alimentata dall'acqua calda di recupero per raffreddamento motore e fumi di scarico del motore;

- torre di raffreddamento a servizio macchina ad assorbimento.

Il cogeneratore ed il gruppo ad assorbimento saranno alloggiati in appositi container insonorizzati adatti alla installazione esterna, le cui dimensioni stimate sono rispettivamente di circa (14 x 3 x 3)m e (12 x 3 x 3)m.

Nel primo, oltre al cogeneratore, saranno installati l'impiantistica di recupero termico e gestione smaltimento di emergenza, una sala quadri, con il quadro di comando e controllo e gli interruttori di potenza BT e MT, il trasformatore elevatore; sulla sua copertura, resa adeguatamente accessibile, troveranno posto lo scambiatore a fascio tubiero con relativo bypass, le marmitte di abbattimento acustico rumore di scarico e le prese di aspirazione e mandata aria ventilazione silenziate.

Il secondo accoglierà l'assorbitore a bromuro di litio e i gruppi pompe acqua refrigerata ed acqua torre.

Il cogeneratore sarà posizionato nello spazio esterno scoperto, in prossimità dei locali tecnici elettrici che ospitano i gruppi elettrogeni e la cabina di trasformazione, al livello -4.50 rispetto al livello dell'ingresso principale.

Tale ubicazione si è resa necessaria a causa del peso stimato di un container che, come detto contenga tutte le apparecchiature descritte, e che in condizioni statiche raggiunge le 25 ton.

La posizione del container è stata studiata tenendo in considerazione gli spazi ed i locali attualmente utilizzati dall'ISMETT, ovvero il deposito bombole gas medicali e tecnici, l'isola ecologica, il locale gruppi elettrogeni ed il tunnel ispezionabile attraverso cui passano le canne fumarie degli stessi generatori elettrici, i serbatoi interrati di alimentazione degli stessi gruppi. Inoltre nel posizionamento si è considerato sia l'ingombro della scala esterna sia la manovrabilità dei mezzi di servizio che eseguono operazioni di carico e scarico nel piazzale.

La posizione del cogeneratore così individuata presenta dei vantaggi in termini di vicinanza del gruppo al locale tecnologico, al cui interno sono installati i trasformatori ed i quadri generali di media e bassa tensione, ed al punto di allaccio alla rete pubblica del gas metano.

L'assorbitore sarà installato al piano copertura in una posizione originariamente occupata da un gruppo frigorifero da tempo dismesso. Si dovranno verificare, in base alle dimensioni dell'apparecchiatura acquistata la necessità di modificare o integrare gli appoggi ed i ripartitori di carico esistenti.

La torre evaporativa sarà ubicata nel piano penthouse, al livello +4.40 rispetto alla copertura, alloggiata su supporti all'interno di una vasca impermeabilizzata di contenimento totale in

caso di sversamento acqua (capacità pari al 100%); la vasca sarà messa in comunicazione con il sistema di drenaggio acqua piovana del sito.

I container saranno adatti ad installazione per esterno rivestiti all'interno con materiale fonoassorbente certificato di tipo ignifugo e non rilasciante gas tossici in caso di combustione, in grado di abbattere la rumorosità sin a valori inferiori a 75 dB(A) ad 1 metro e 62 dB(A) a 7 metri ed i cassoni di ingresso ed espulsione aria avranno emissione sonora non superiore a 62 dB(A) a 5 metri.

Il container del cogeneratore sarà suddiviso in una sezione generatore ed una sezione contenente i quadri di potenza, comando e controllo, ed il sistema di collegamento all'impianto elettrico.

Il motore endotermico avrà almeno 10 cilindri con un regime di rotazione non superiore a 1.500 rpm, ed al 100% del carico elettrico con una potenza termica introdotta compresa nell'intervallo 1.400-1.500 kW, sarà in grado di consentire il recupero di 650 – 700kWt.

I rendimenti del motore accoppiato al generatore non saranno inferiori ai seguenti valori:

	100%	75%	50%
rendimento elettrico ( $\cos\phi$ 1):	0,406	0,395	0,372
rendimento termico	0,472	0,489	0,520
rendimento complessivo	0,878	0,884	0,892

Il motore dovrà comunque funzionare con parzializzazione non superiore al 30%.

Il generatore elettrico sarà del tipo sincrono, a 4 poli, autoeccitato ed autoregolato, di potenza nominale non superiore a 750 kVA, con  $\cos\phi$  non inferiore a 0,8 ad una tensione di 400 V.

Un trasformatore elevatore provvederà a portare la tensione sino a 20 kV e sarà posizionato in una sezione dedicata, ventilata in modo separato ed indipendente, progettata nel rispetto delle distanze di isolamento da scariche elettriche e con opportuni accorgimenti manutentivi, tra i quali l'estraibilità verso l'esterno con scorrimento su guide e l'accesso controllato alla sezione.

Nella sezione quadri troveranno anche collocazione le apparecchiature che sovrintenderanno al sistema antincendio e l'interfaccia utente.

L'assorbitore, anch'esso alloggiato in un container per esterno, sarà a bromuro di litio con un C.O.P. non inferiore a 0,70 e dunque, in funzione della potenza termica massima ricevibile, di potenza nominale pari a circa 500 kW, con acqua di mandata a 7°C.



In fase di progettazione finale potranno essere proposti differenti tipologie di apparecchiature o caratteristiche differenti sempre che sia fornita dettagliata motivazione e siano raggiunti gli obiettivi economici e di efficienza energetica stabiliti.

La tubazione di distribuzione del fluido caldo, opportunamente coibentata e protetta dagli agenti atmosferici, sarà collegata all'assorbitore ed al collettore caldo posto in centrale termica; la tubazione sarà ancorata alla nuova scala esterna e le colonne montanti saranno opportunamente mascherate con un carter metallico in lamiera stirata, e comunque in modo integrato alla nuova scala.

Da un collettore principale si deriveranno i due circuiti che, rispettivamente, alimenteranno l'assorbitore ed il collettore caldo; valvole motorizzate comandate dal sistema di regolazione regoleranno le portate nei due circuiti.

La tubazione fredda in uscita dall'assorbitore si collegherà al collettore esistente.

Dal punto di vista elettrico l'impianto funzionerà in regime di parallelo con la rete pubblica di media tensione, nel rispetto delle regole previste dalla NORMA CEI 016, collegandosi sul quadro esistente di MT.

Un interruttore motorizzato in esecuzione fissa, posizionato elettricamente immediatamente a monte dell'alternatore avrà la funzione di dispositivo di generatore e dispositivo di interfaccia e si chiuderà dopo l'avviamento automatico di motore e sincronizzazione delle tensioni ai morsetti alternatore, secondo i riferimenti di rete del Distributore.

Il processo di generazione in parallelo rete sarà sorvegliato da 2 relè multifunzione, uno con funzione di sistema protezione generatore ed uno con funzione di sistema di protezione interfaccia, come previsto dalla CEI 0-16.

L'inizio della sequenza potrà essere manuale, automatico o da remoto.

Le connessioni in bt saranno realizzate con cavi di tipo FG7R dall'alternatore sino al trasformatore elevatore (0.4/20 kV). Un interruttore da 630 A in MT intercetterà la linea proveniente dal quest'ultimo e lo proteggerà da eventuali sovraccarichi magnetici o termici.

Si provvederà ad un nuovo allaccio alla rete pubblica con contatore dedicato, e la rampa gas sarà composta da:

- valvola di intercettazione manuale;
- riduttore stabilizzatore pressione gas;
- valvola ad azione positiva a riarmo manuale e valvola ad azione negativa di messa a sfiato linea;
- filtro gas a cartuccia;

- misuratore di portata certificato MID a turbina con messa in servizio e certificazione ad uso fiscale (misura valida per rapporto con Terzi);
- manometro per indicazione pressione gas;
- elettrovalvole di intercettazione gas del tipo normalmente chiuse;
- tubo flessibile di collegamento al motore;
- regolatore pressione gas.

Il sistema di gestione e controllo che sarà realizzato dovrà monitorare regolare i seguenti parametri e funzioni:

- accensione, spegnimento del cogeneratore e valori di funzionamento;
- gestione del radiatore di emergenza e del radiatore del II° stadio intercooler;
- connessione elettrica;
- gestione dell'assorbitore e del circuito primario caldo;
- funzionamento ed alternanza delle elettropompe;
- termoregolazione dei vari circuiti.

Tutte le informazioni dovranno essere acquisite su computer locale ed in remoto su altri elaboratori.

L'acqua calda prodotta dallo scambiatore del recupero termico del cogeneratore ed inviata ad un collettore di distribuzione potrà essere poi deviata, mediante due valvole motorizzate a due vie, a seconda del carico termico richiesto, o sul circuito dell'assorbitore, in modo prioritario, o sul collettore esistente di acqua calda.

L'acqua calda di alimentazione dell'assorbitore sarà regolata mediante valvola a tre vie, in funzione della temperatura letta da una sonda ad immersione posta sul circuito di mandata acqua refrigerata da assorbitore.

Il sistema dovrà anche gestire l'inserimento di tutte le elettropompe di circolazione installate sui diversi circuiti ed avrà la necessaria funzione di contabilizzare i valori degli output energetici in termini di:

- produzione istantanea della potenza termica, frigorifera ed elettrica generata;
- media dei valori in diversi periodi temporali;
- assorbimento dell'energia termica sull'assorbitore;
- energia elettrica assorbita dalla rete;
- energia elettrica ceduta alla rete;
- gas naturale consumato;
- eventuale calore dissipato.

Tutti i contabilizzatori di energia saranno del tipo a microprocessore, ed attraverso le sonde opportunamente posizionate acquisiranno i dati di energia assorbita e ceduta dal sistema, attraverso i valori di salto termico ed i valori di portata dei fluidi.

Tali valori saranno processati da software appositamente sviluppati e forniranno tutti i dati necessari e richiesti dal regime di Cogenerazione ad Alto Rendimento.

 Progettista