



PROMOSSO  
DA



POLITECNICO  
MILANO 1863



5 GIUGNO 2017

Festival dello Sviluppo Sostenibile

Politecnico di Milano | Piazza Leonardo da Vinci, 32 | Edificio 3 | Aula De Donato

Convegno

# Città e Comunità Sostenibili. Le emissioni di CO<sub>2</sub> e le misure di mitigazione

*La trigenerazione nel contesto dell'Ateneo  
Vantaggi energetici e ambientali, risultati raggiunti e sviluppi futuri*

*Ennio Macchi*

*Politecnico di Milano*

PARTNER



MAIN MEDIA PARTNER



MEDIA PARTNER



CON LA COLLABORAZIONE DI



CON IL CONTRIBUTO DEL



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

## DEFINIZIONE DI CO/TRIGENERAZIONE

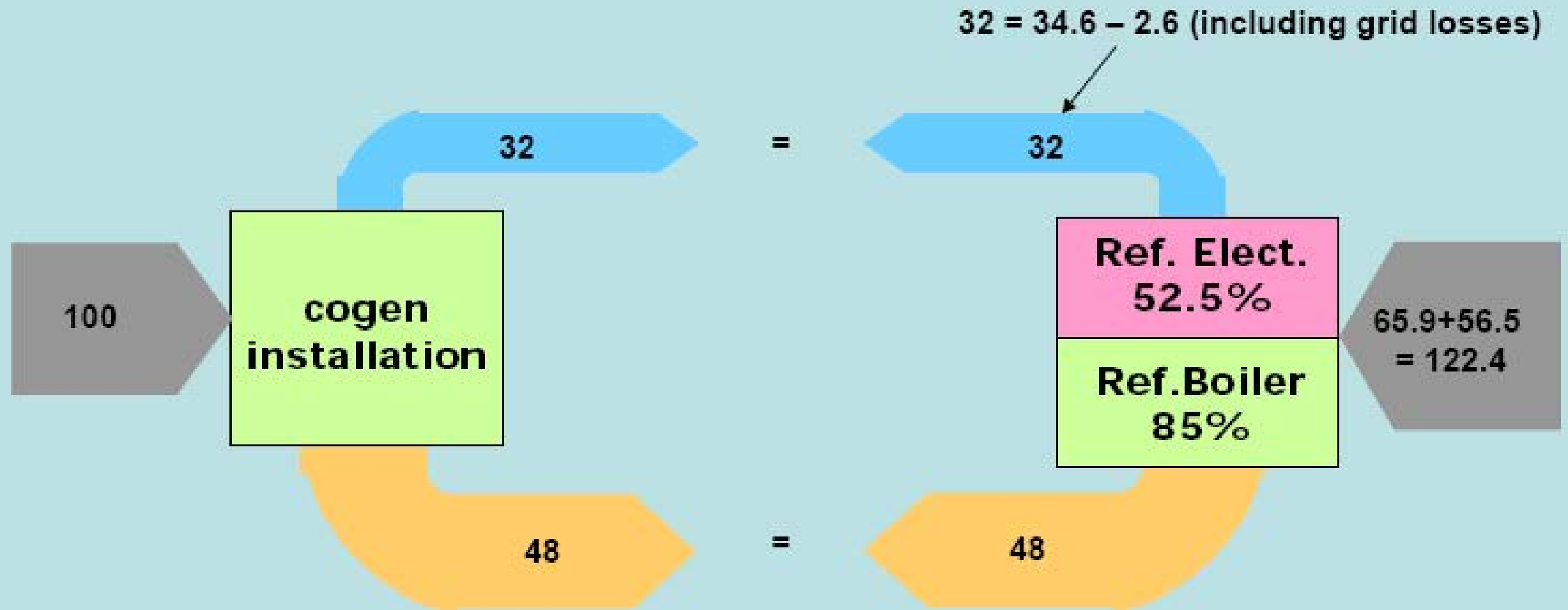
Si può definire un impianto «di **COGENERAZIONE**» quando soddisfa alcuni presupposti:

- realizza un **RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA** rispetto alle soluzioni alternative (acquisto di energia elettrica dalla rete + caldaia)
- utilizza il processo termodinamico più razionale per convertire l'energia potenziale di un combustibile, grazie alla generazione **SIMULTANEA E IN CASCATA** di energia meccanica/elettrica e termica = **COGENERAZIONE**

Si definisce un impianto «di **TRIGENERAZIONE**» quando:

- in assenza di una domanda termica adeguata, utilizza (in tutto o in parte) l'energia termica cogenerata energia frigorifera da energia termica con una macchina chiamata frigorifero ad assorbimento = **TRIGENERAZIONE**
- il principale vantaggio è la possibilità di estendere il periodo di funzionamento del cogeneratore alla stagione estiva (**i vantaggi energetici e ambientali sono nettamente inferiori alla cogenerazione**)

# Primary energy savings

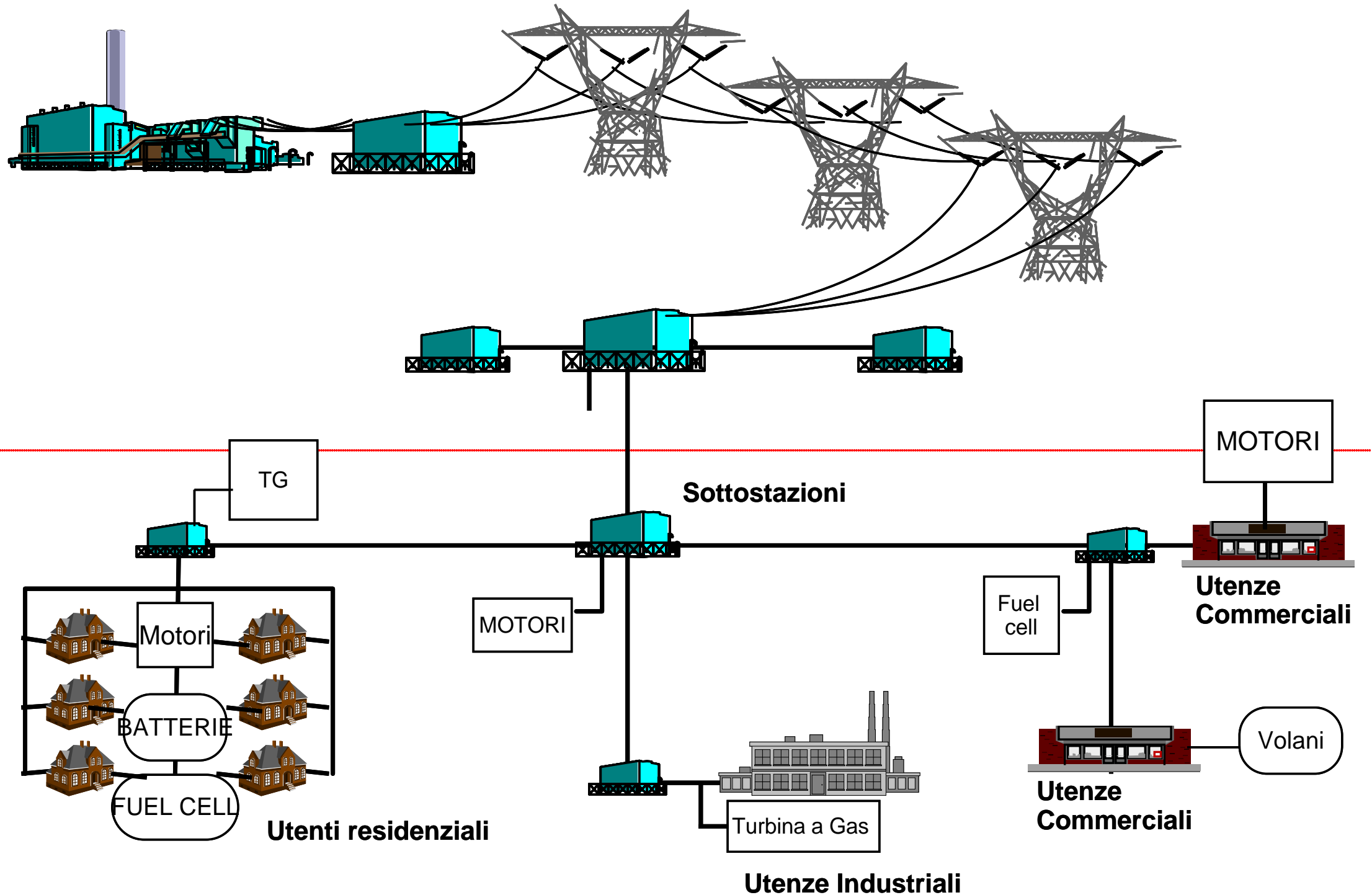


$$\text{Savings} = 122.4 - 100 = 22.4 = 18.3\%$$

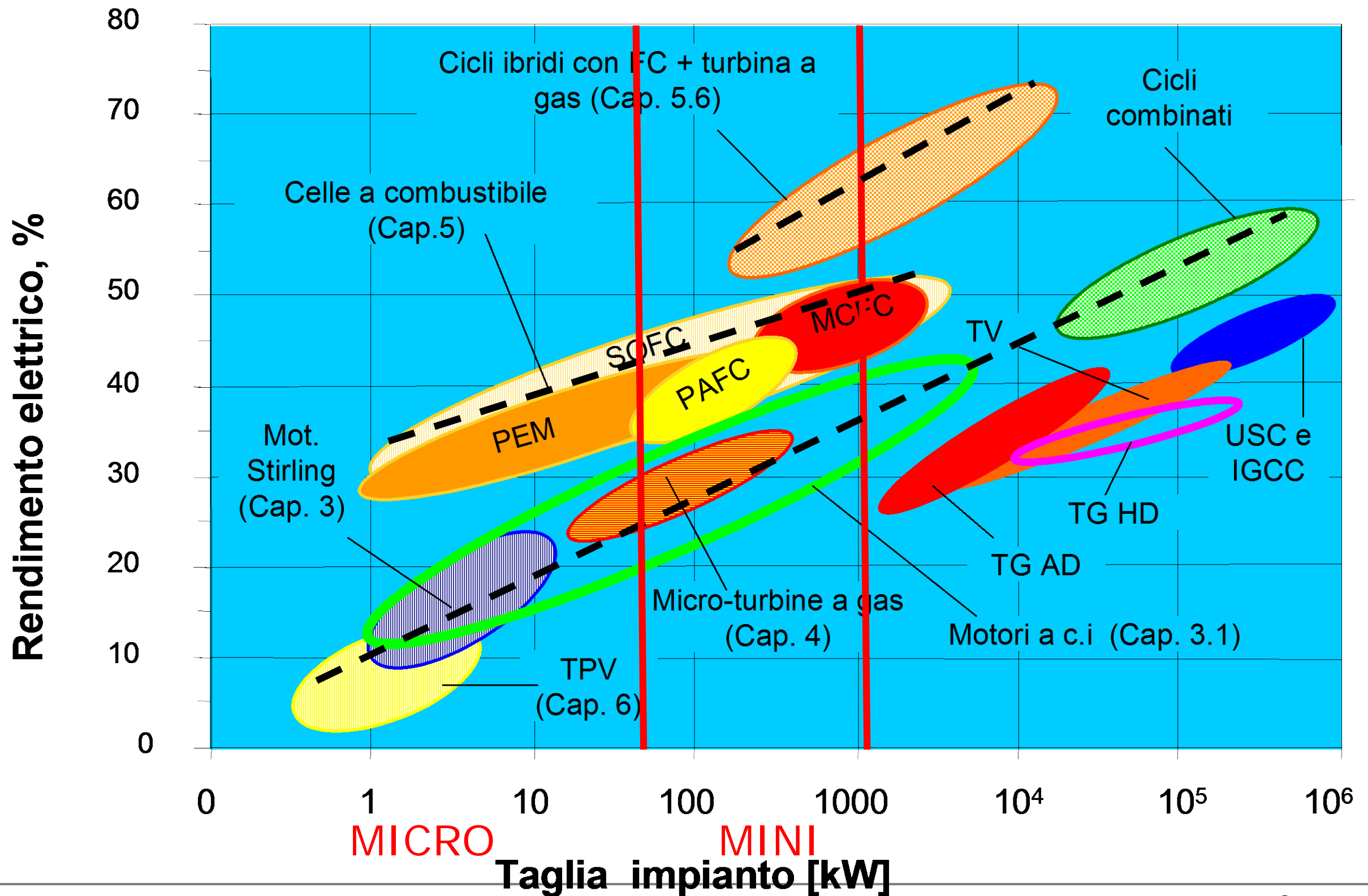
**BASTA UNA MACCHINA CON UN RENDIMENTO DEL 32% PER RISPARMIARE IL 18.3%**

**SE VOLESSI OTTENERE LO STESSO RISPARMIO CON UN CICLO COMBINATO PER SOLA GENERAZIONE ELETTRICA, DOVREI AVERE UN RENDIMENTO MEDIO ANNUO > 64%**

## tri-cogenerazione da gas naturale + fonti rinnovabili



# Le tecnologie di oggi e di domani (combustibili fossili)



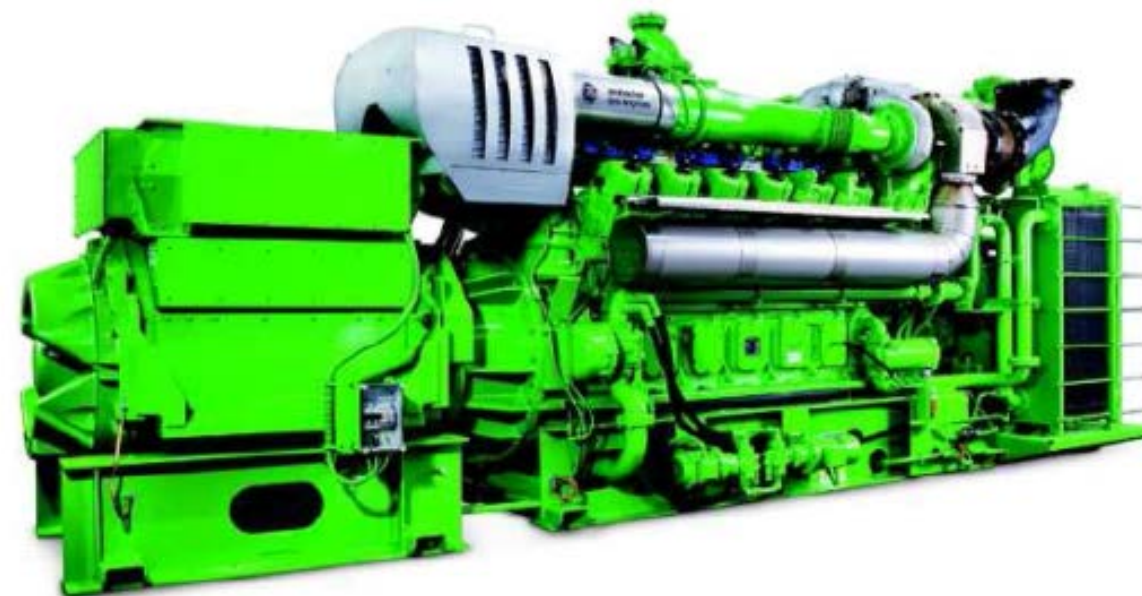
# La proposta presentata al S.A. (il 28 aprile 2014): un sistema di **trigenerazione** per il Campus Leonardo

6

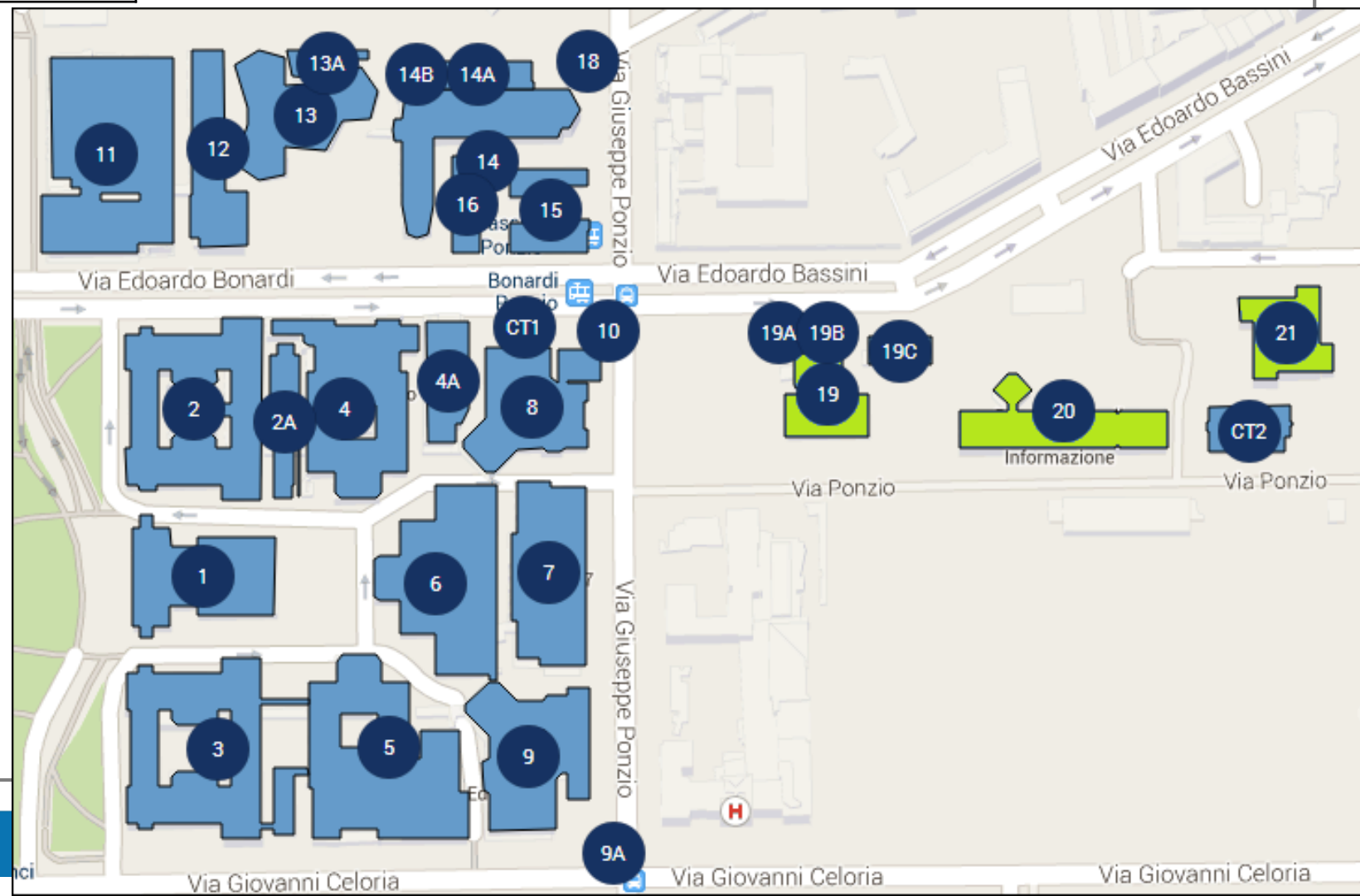
- Tra le azioni da intraprendere, risulta prioritario l'intervento sul **Campus Leonardo**
- Alla luce delle analisi condotte, grazie anche all'attuale contesto normativo regolatorio, risulta di **assoluta priorità** l'applicazione della **trigenerazione**, al fine di
  - **conseguire una maggiore efficienza energetica** nei processi di produzione di acqua calda per riscaldamento, acqua fredda per condizionamento ambiente, combinando la produzione di tali flussi energetici con la produzione di energia elettrica destinata in gran parte all'autoconsumo (**trigenerazione**)
  - **abbattere** significativamente i **costi** di approvvigionamento energetico

# Il sistema scelto per il Campus Leonardo

<b>JMS612F02</b>		<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>50%</b>
P.Introdotta	kW	4.604	3.549	2.494
Consumo Gas	Smc/h	485	374	263
<b>P.E_Lorda</b>	<b>kWe</b>	<b>2.000</b>	<b>1.498</b>	<b>990</b>
<b>P.T_Totale</b>	<b>kWt</b>	<b>1.788</b>	<b>1.431</b>	<b>1.035</b>
COP_ABS	Kwf/Kwt	0,70	0,70	0,70
<b>P.T_Frigorifera</b>	<b>Kwf/Kwt</b>	<b>1.252</b>	<b>1.002</b>	<b>725</b>
eff_el_CHP	%	43,4%	42,2%	39,7%
eff_th_CHP	%	38,8%	40,3%	41,5%
eff_CHP	%	82,3%	82,5%	81,2%



- Installato in via Golgi, 39, nell'edificio che ospitava la **Centrale Termica (CT2)**
- Riscaldamento e energia elettrica per tutti gli edifici
- Condizionamento per gli edifici 19, 20, 21 (e altri di nuova realizzazione)



# Prestazioni previste e modalità di funzionamento (simulazioni condotte dalla CE condivise con CPL)

## STAGIONE INVERNALE

Eel prodotta  
MWh 7.271,851

Eel autocons.  
MWh 5.498,757

Eel immessa rete  
MWh 1.773,094



E.T. per Riscaldamento  
MWh 6.755,609



E.T. in Dissipazione  
MWh 37,156

## STAGIONE ESTIVA

Eel prodotta  
MWh 1.829,700

Eel autocons.  
MWh 1.727,010

Eel immessa rete  
MWh 102,691



E.T. in Dissipazione  
MWh 0



E.T. per Assorbitore  
MWh/a 1.721,922



E.F. da Assorbitore  
MWhf/a 1.205,346

PES = 21,38%

CAR = 79,67%

h/anno	F1	F2	F3	Tot.
INVERNO	1.328	967	1.704	3.999
ESTATE	714	162	87	963
TOTALE	2.042	1.129	1.791	4.962



- Energia elettrica prodotta nella stagione invernale = 6443 MWh
- Rendimento elettrico medio stagionale = **43,3%**
- Energia termica utile prodotta nella stagione invernale = 5705 MWh
- Rendimento termico medio stagionale = **38,3%**
- Risparmio di energia primaria = 33,2% (**stesse ipotesi della diapositiva COGEN europe, nel caso reale italiano sono molto maggiori**)
- Emissioni di CO<sub>2</sub> evitate = **3357,7** t/stagione invernale (dettagli del calcolo nelle prossime diapositive)

## Dati del parco termoelettrico nazionale (centrali per sola produzione elettrica) fonte: TERNA 2015

	produzione elettrica	consumo specifico medio	rendimento medio	consumo annuo		emissioni specifiche riferite al combustibile	emissioni totali	emissioni specifiche riferite alla produzione elettrica
combustibile	GWh	GJ/GWh	%	GJ	migliaia tep	tCO2/tep	t CO2	kg CO2/MWh
carbone	39192,9	10462	34,41%	410.036.119,80	9793,54	4,03	39467,98	1007
gas naturale	37300,1	6995	51,47%	260.914.199,50	6231,83	2,35	14644,8	393
gas derivati petroliferi	30,2	9661	37,26%	291.762,20	6,97	2,35	16,37626	542
altri solidi gassosi	2822,6	11527	31,23%	32.536.110,20	777,11	3,27	2541,155	900
	7307,7	12196	29,52%	89.124.709,20	2128,71	4,03	8578,69	1174
	2972,7	10569	34,06%	31.418.466,30	750,42	2,35	1763,48	593
<b>TOTALE</b>	<b>89626,2</b>	<b>9197,325862</b>	<b>39,14%</b>	<b>824.321.367,20</b>	<b>19688,58</b>		<b>67012,48</b>	<b>747,69</b>

# Dettagli del calcolo relativo alle emissioni evitate dal cogeneratore nella prima stagione invernale

produzione elettrica cogen	MWh	6443,0
produzione termica cogen	MWh	5705,0
consumo combustibile cogen	MWh	14880,0
emissione specifica CO2	t/MWh com	0,202
emissioni totali CO2	t	3005,8
perdite elettriche rete (MT)		3,80%
produzione evitata centrali termoelettriche	MWh	6697,5
emissioni specifiche centrali	tCO2/MWh	0,748
emissioni evitate nelle centrali	t CO2	5007,7
rendimento convenzionale caldaie	%	85%
combustibile evitato caldaie	MWh	6711,7
emissioni specifiche GN	t/MWh	0,202
emissioni evitate caldaie	t	1355,764588
totale emissioni evitate	t	6363,4
totale emissioni evitate dal cogeneratore	t	<b>3357,7</b>

# Stagione estiva: risultati interlocutori (inferiori alle attese) dell'estate 2016

- La domanda frigorifera nell'assetto attuale della rete di tele-raffreddamento è spesso insufficiente per operare il frigorifero ad assorbimento a pieno carico
- Servono nuovi allacci alla rete di tele-raffreddamento:
  - Il nuovo edificio di Chimica
  - Estendere la rete attraversando via Golgi o via Bonardi

# PROGETTI FUTURI NEL SETTORE DELLA TRIGENERAZIONE

- Replicare il progetto nei Campus La Masa-Lambuschini (i risultati della fattibilità tecnico-economica, condotta dalla CE sono molto promettenti)
- Replicare il progetto (con taglia minore) nel Campus Candiani (contesto da approfondire)