



Il Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano

 POLITECNICO DI MILANO



La trigenerazione nel contesto dell'Ateneo

Ennio Macchi

Professore emerito nel Politecnico di Milano



DEFINIZIONE DI CO/TRI/GENERAZIONE

Un impianto può essere definito «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 per generare energia frigorifera 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 economici, energetici e ambientali sono nettamente inferiori alla cogenerazione**)



IL CONTESTO DELLA COGENERAZIONE

- La cogenerazione (produzione combinata di energia elettrica e calore) è una pratica termodinamica che consente, se bene applicata, grandi risparmi di energia primaria
- Di fatto, è **la più efficace** fra le tecnologie di efficienza energetica
- In Italia si produce **più energia elettrica in impianti cogenerativi** che in centrali termoelettriche convenzionali
- Gran parte della cogenerazione è diffusa in **contesti industriali**, dove la domanda di calore è legata a processi che lo richiedono tutto l'anno
- **Meno diffusa** nel settore residenziale e terziario, ove la richiesta termica ha andamento stagionale

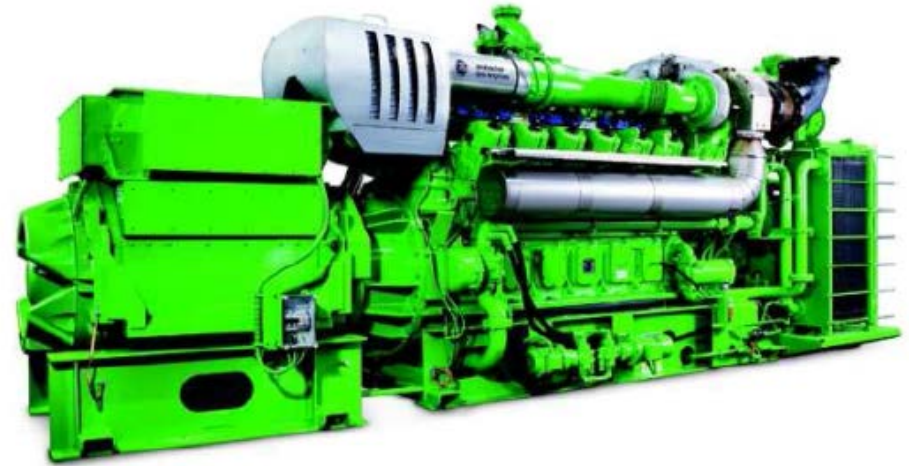


La proposta presentata al S.A. (il 28 aprile 2014): un sistema di **trigenerazione** per il Campus Leonardo

- Tra le azioni da intraprendere, risulta prioritario l'intervento sul **Campus Leonardo** (il Campus più energivoro)
- 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

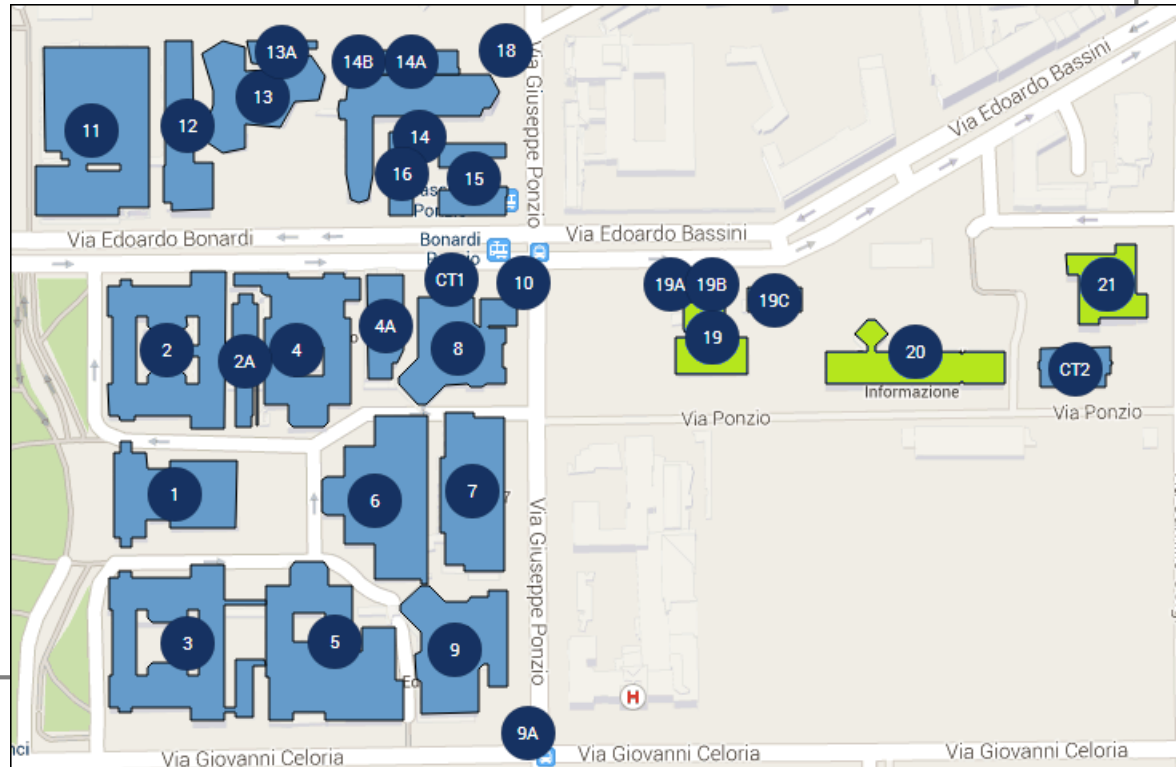
JMS612F02		100%	75%	50%
P.Introdotta	kW	4.604	3.549	2.494
Consumo Gas	Smc/h	485	374	263
P.E_Lorda	kWe	2.000	1.498	990
P.T_Totale	kWt	1.788	1.431	1.035
COP_ABS	Kwf/Kwt	0,70	0,70	0,70
P.T_Frigorifera	Kwf/Kwt	1.252	1.002	725
eff_el_CHP	%	43,4%	42,2%	39,7%
eff_th_CHP	%	38,8%	40,3%	41,5%
eff_CHP	%	82,3%	82,5%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



Installato in via Golgi, 39, nell'edificio che ospitava la **Centrale Termica (CT2)**

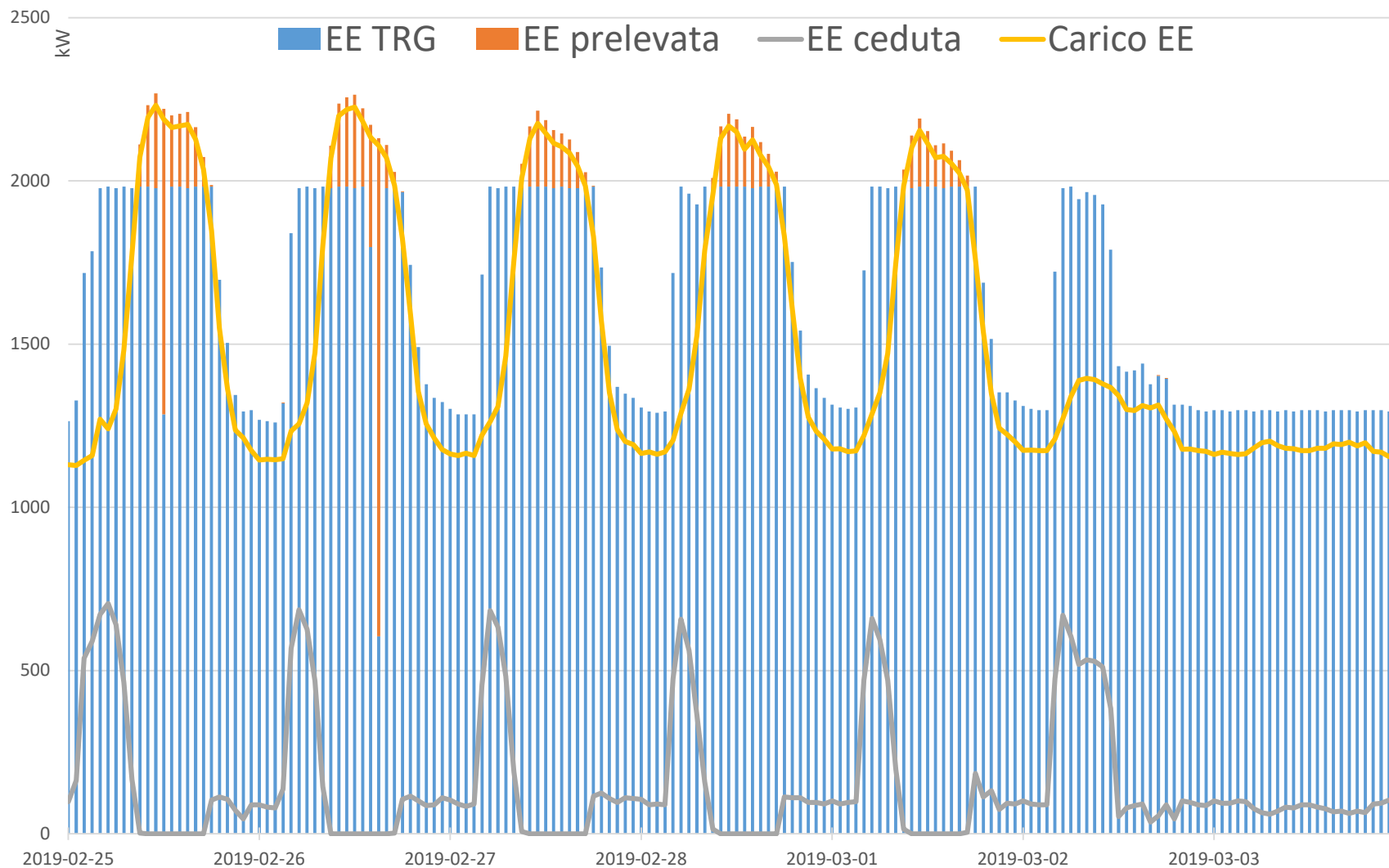
Riscaldamento e energia elettrica per tutti gli edifici

Condizionamento per gli edifici 19, 20, 21 (e altri di nuova realizzazione)



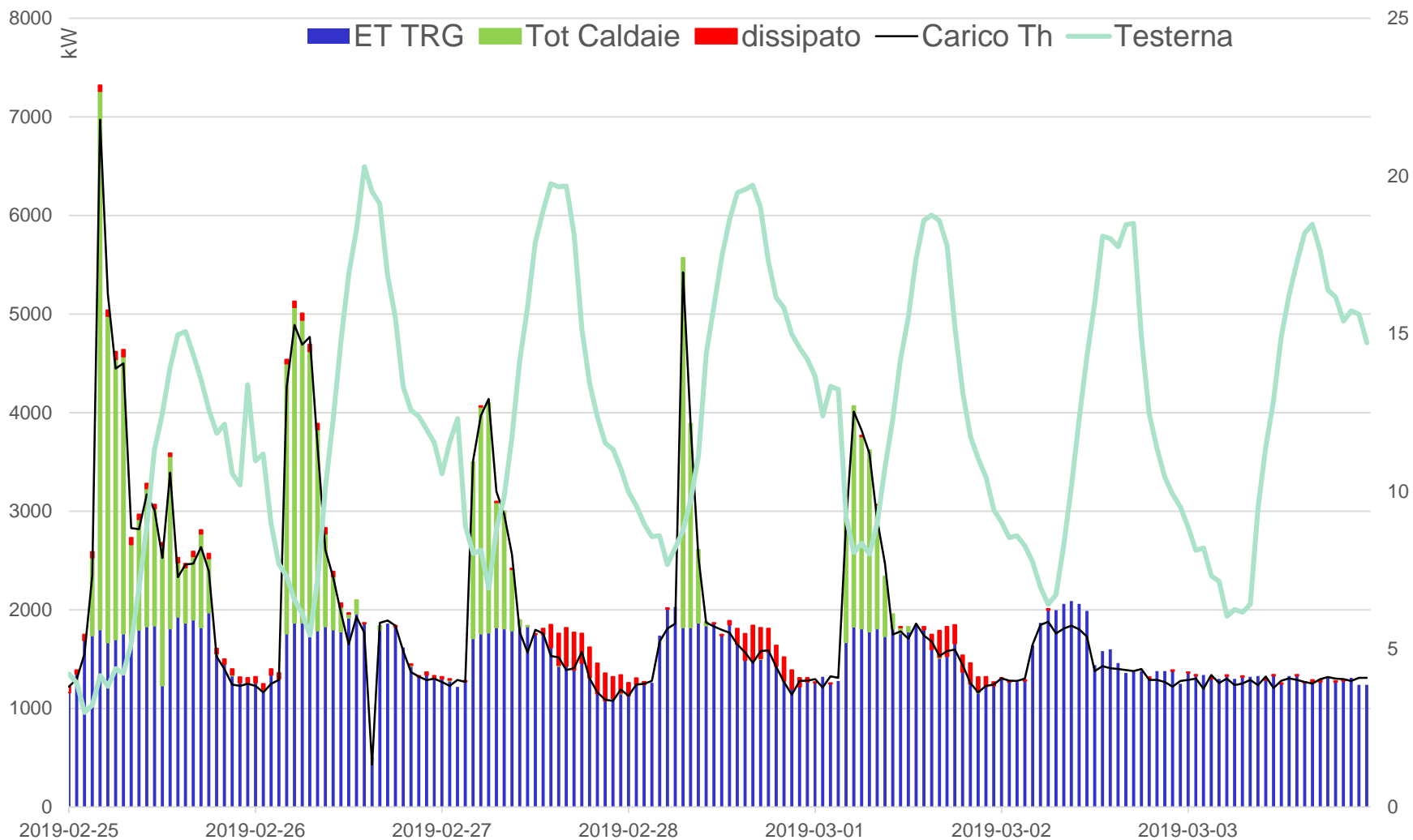


Un esempio di settimana invernale: la potenza elettrica generata è sempre maggiore della richiesta, tranne poche ore feriali



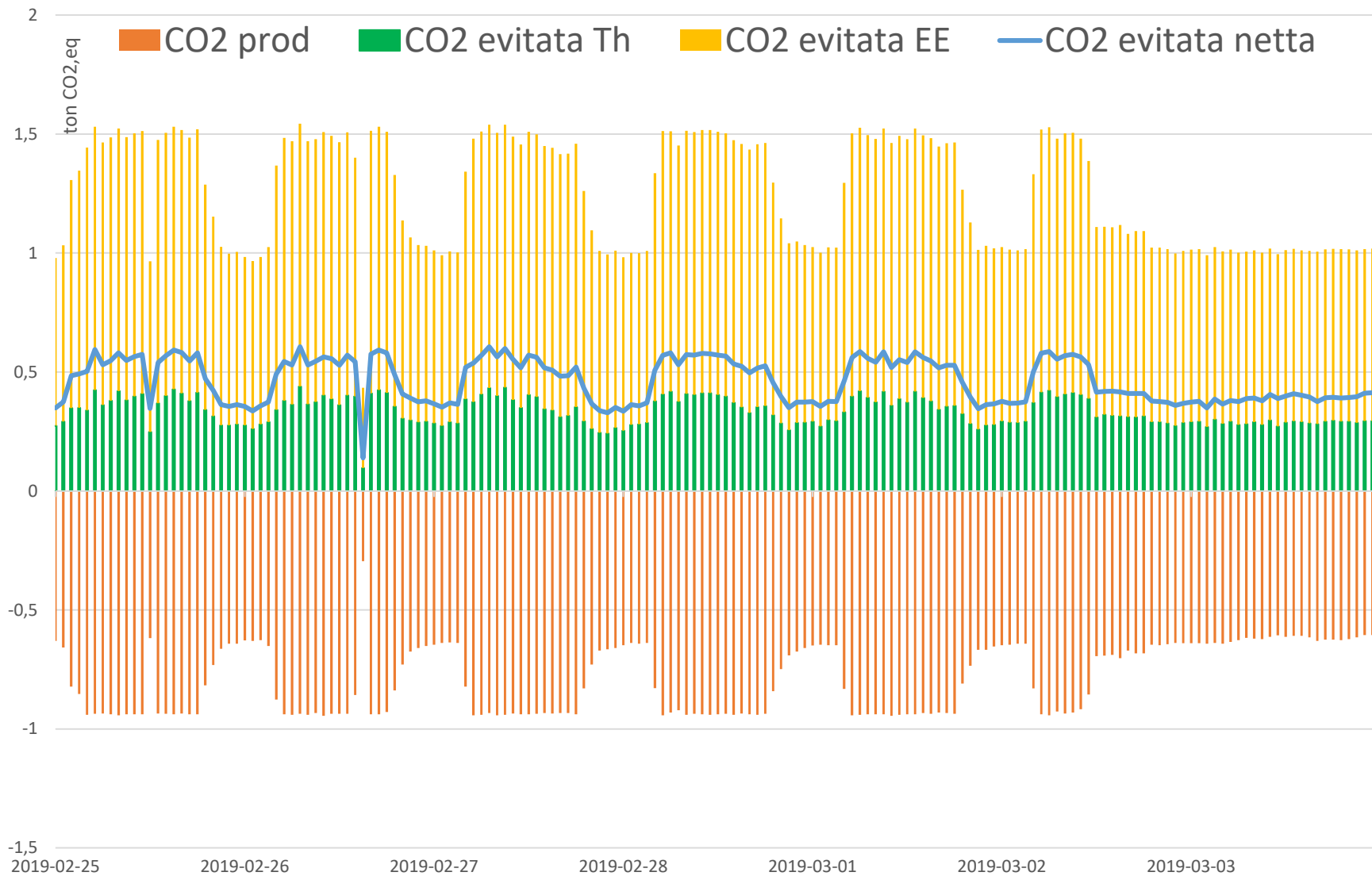


Un esempio di settimana invernale: la potenza termica generata segue la richiesta, il calore dissipato è marginale



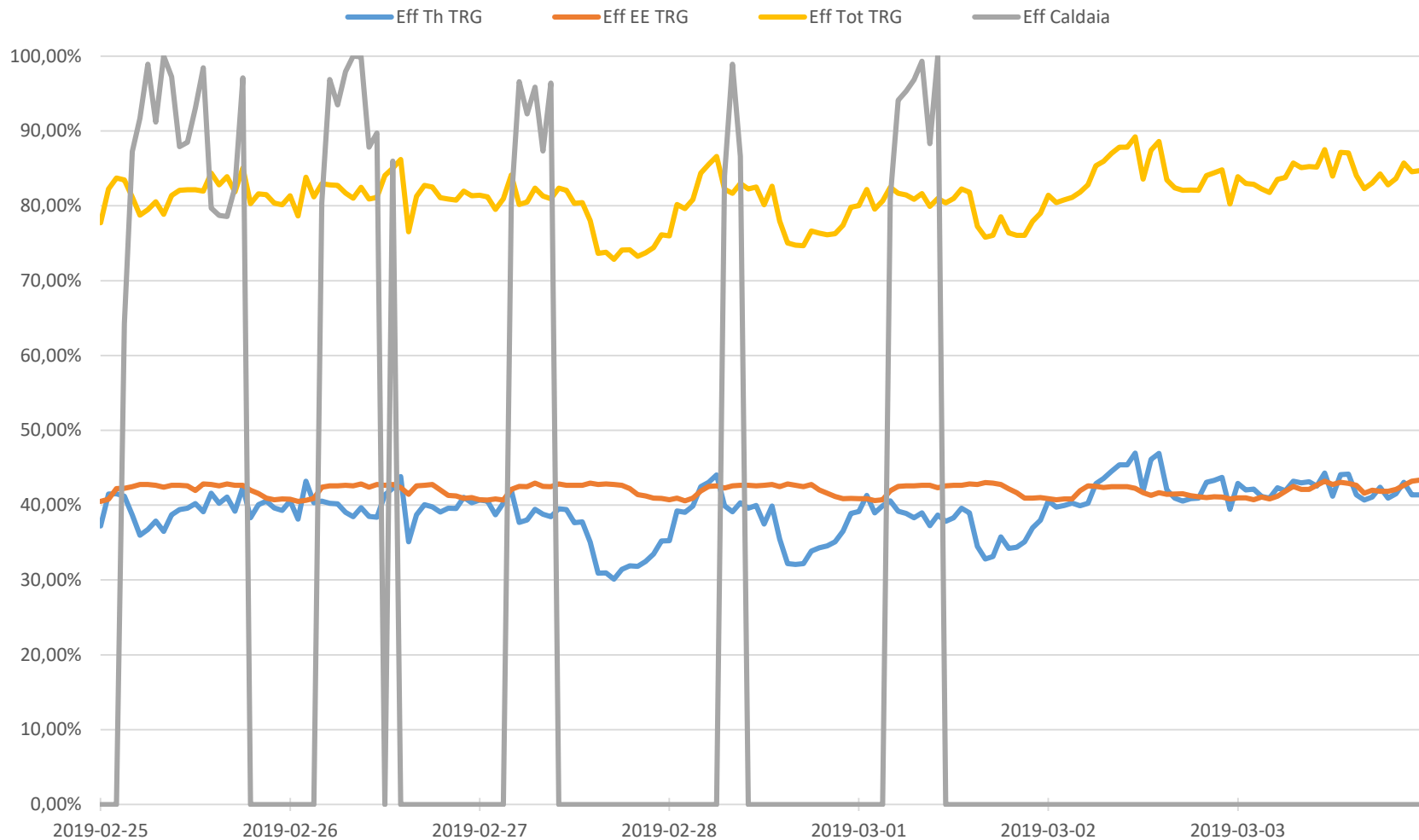


Il risultato in termini di CO₂ : si evitano circa 0,6 t/h quando opera a pieno carico, 0,4 t/h a carico parziale



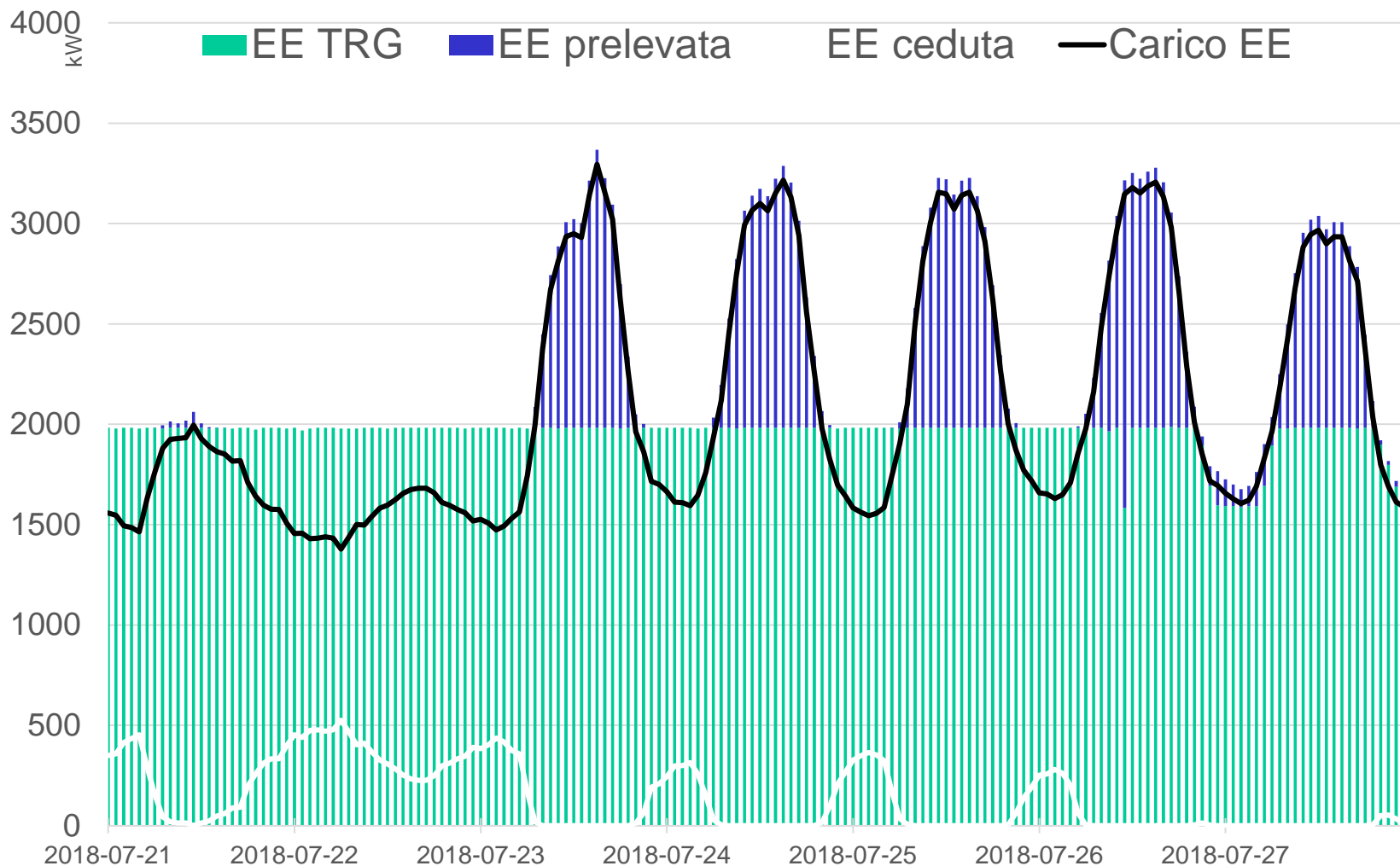


L'andamento dei rendimenti



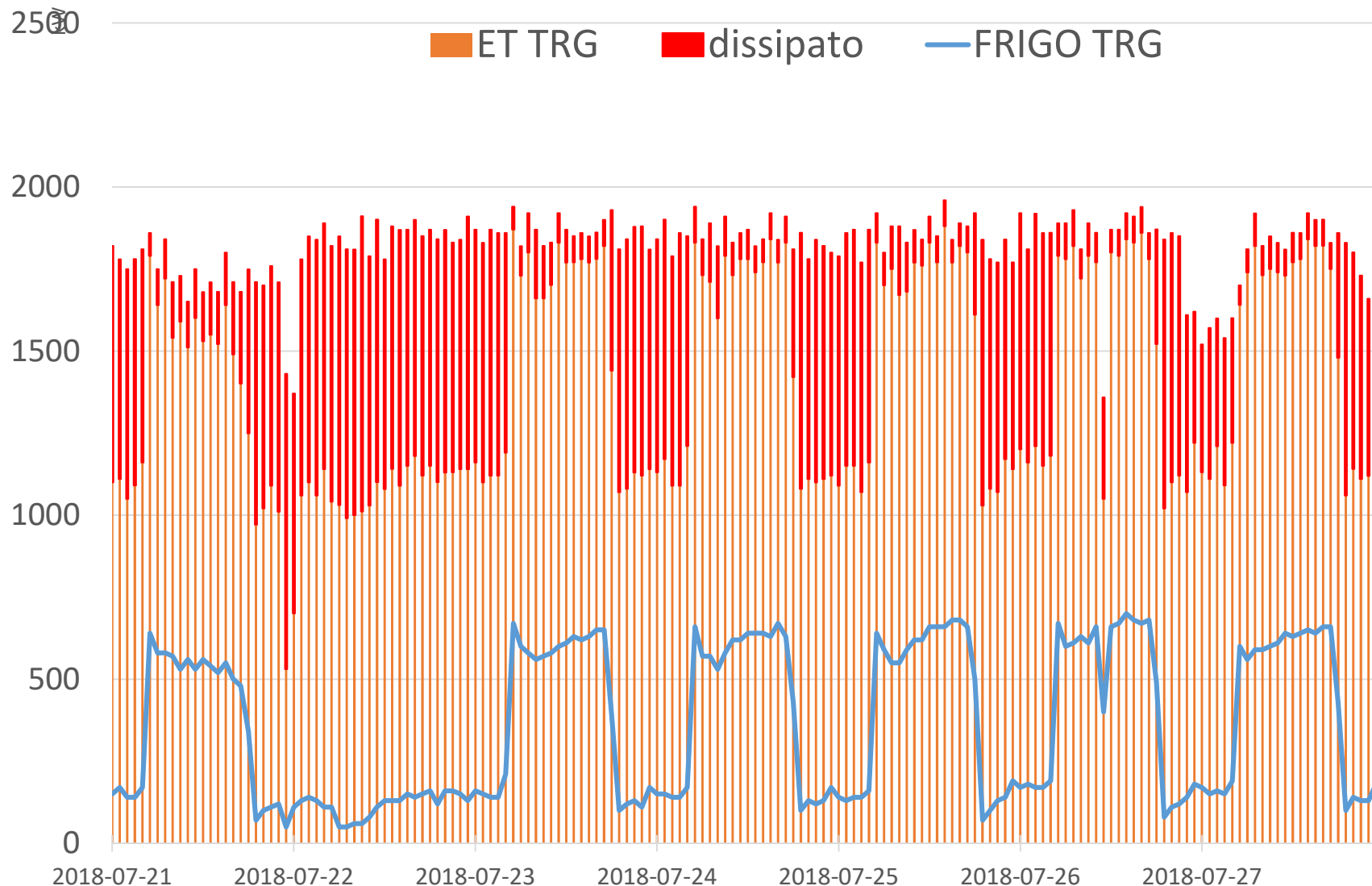


Un esempio di settimana estiva: si hanno grandi picchi di richiesta elettrica, il trigeneratore va sempre al massimo



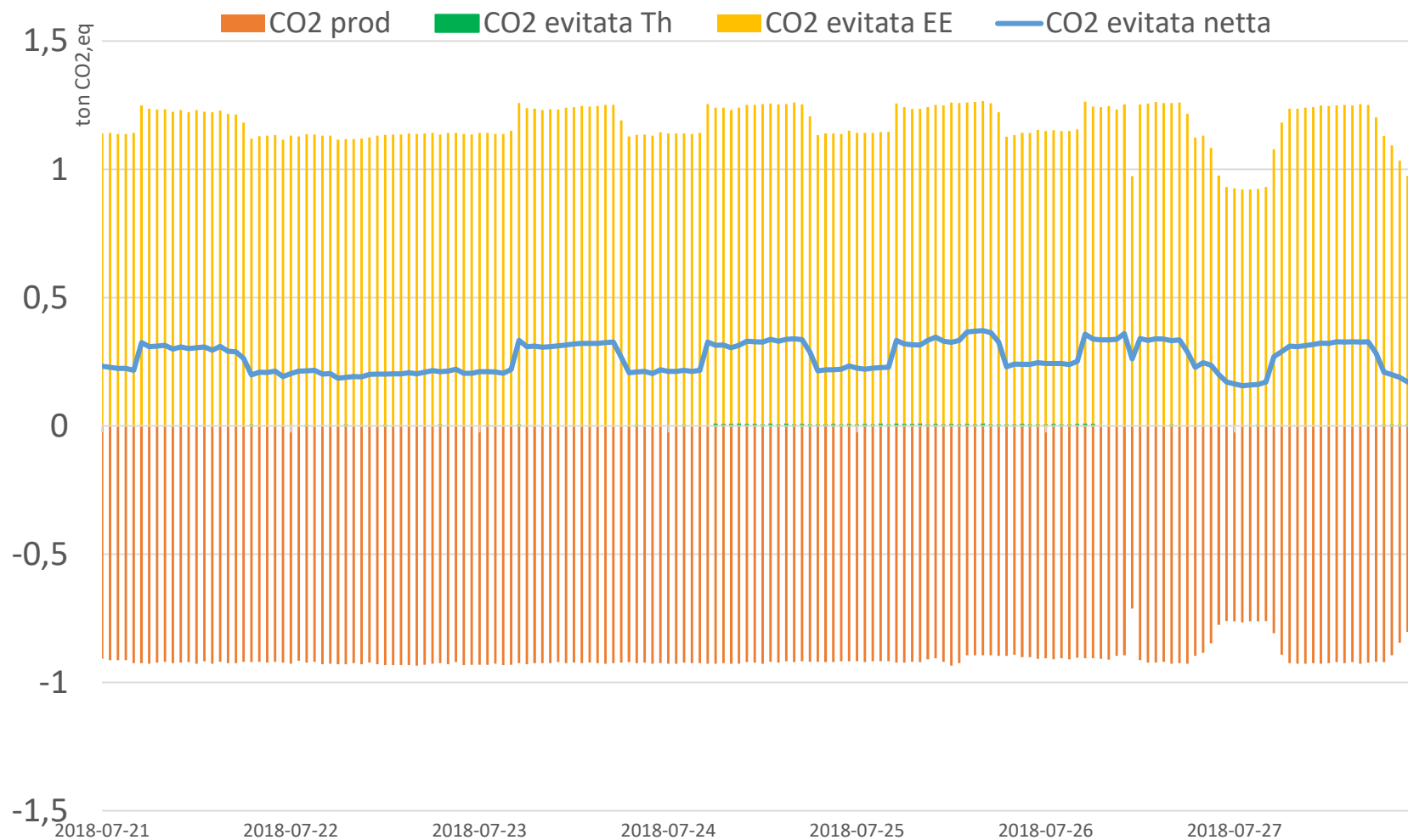


Il trigeneratore soddisfa tutto il carico frigorifero, anche se opera con COP molto più bassi dei valori attesi





Anche in estate, si ha un abbattimento di CO2





	2017	2018	variazione %
<u>Bilancio elettrico (kWh)</u>			
energia elettrica prodotta dal cogeneratore	10.063.296	12.193.586	21,2%
energia elettrica ceduta	999.425	1.072.277	7,3%
energia elettrica acquistata	5.719.783	3.286.504	-42,5%
energia elettrica consumata	14.783.654	14.407.813	-2,5%
<u>Bilancio termico (kWh)</u>			
energia termica utile dal cogeneratore	3.627.960	4.842.126	33,5%
energia termica dalle caldaie	7.292.244	6.555.701	-10,1%
energia termica totale al TLR	10.920.204	11.397.826	4,4%
gradi giorno	2.155	2.126	-1,4%
energia termica "normalizzata" totale al TLR	10.920.204	11.555.163	5,8%
<u>Consumi gas naturale (Smc)</u>			
al trigeneratore	2.484.927	2.990.205	20,3%
alle caldaie	819.189	737.979	-9,9%
totale	3.304.117	3.728.184	12,8%
<u>CO₂ evitate (tonnellate)</u>	1.780	2.240	25,9%
<u>Rendimenti medi annui dei componenti (%)</u>			
rendimento medio annuo caldaie	92,9%	92,7%	-0,2%
rendimento medio elettrico cogeneratore	42,2%	42,5%	0,7%

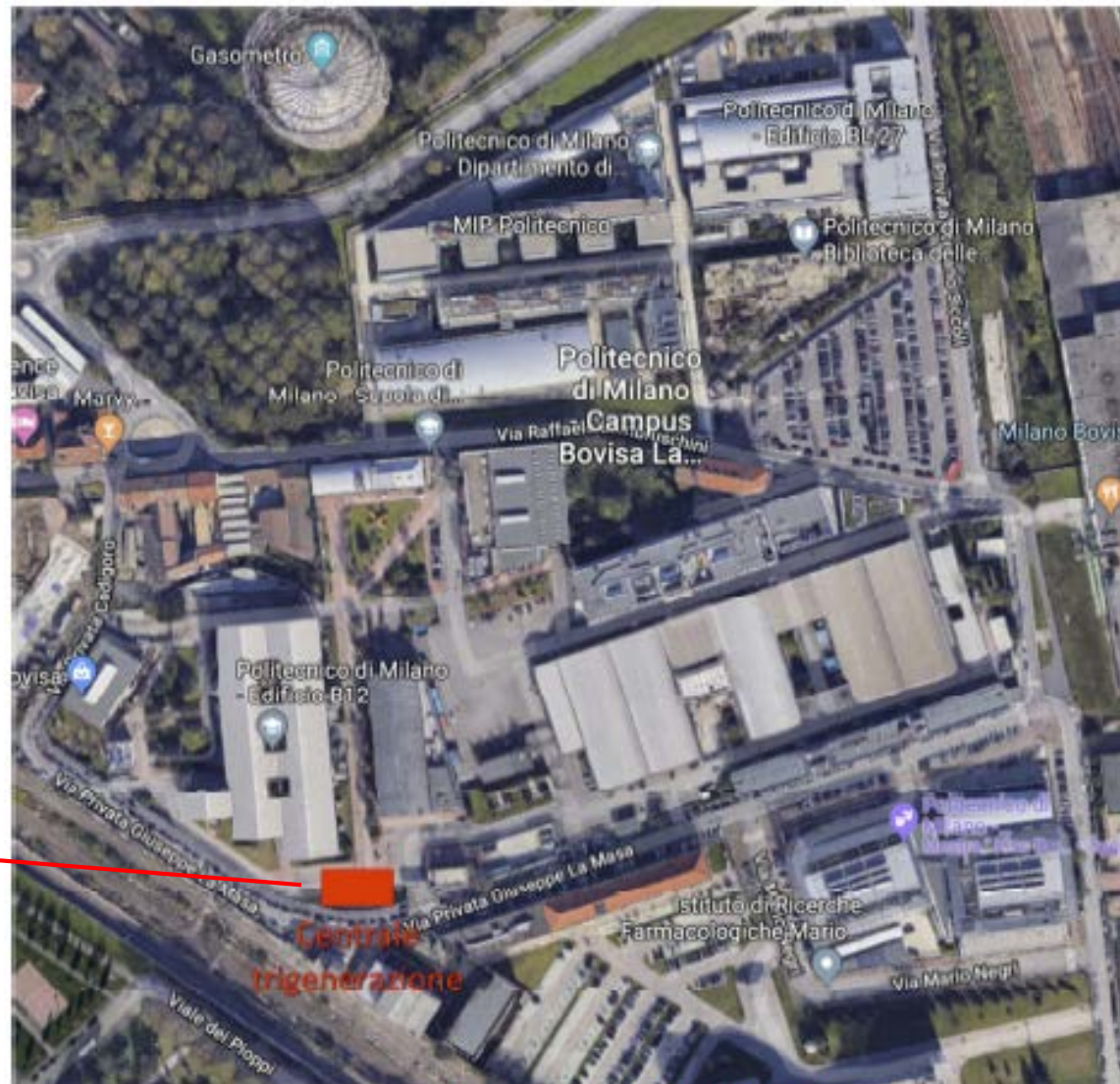


Qualche numero economico (**abbiamo mantenuto le promesse!**)

	2017	2018	variazione %
<u>Bilancio economico</u>			
spesa energia elettrica (€)	1.130.424	803.052	-29,0%
prezzo medio energia elettrica (€/kWh)	0,1833	0,2276	24,2%
spesa gas naturale (€)	1.263.961	1.550.675	22,7%
prezzo medio gas naturale (€/smc)	0,3796	0,4159	9,5%
risparmio annuo	804.460	1.054.413	31,1%
<u>Certificati bianchi</u>	605	887	46,6%
valore unitario (€)	255	360	41,2%
totale (€)	154.275	319.320	107,0%



L'area di Bovisa interessata dalla nuova centrale (inizio esercizio ottobre 2020)

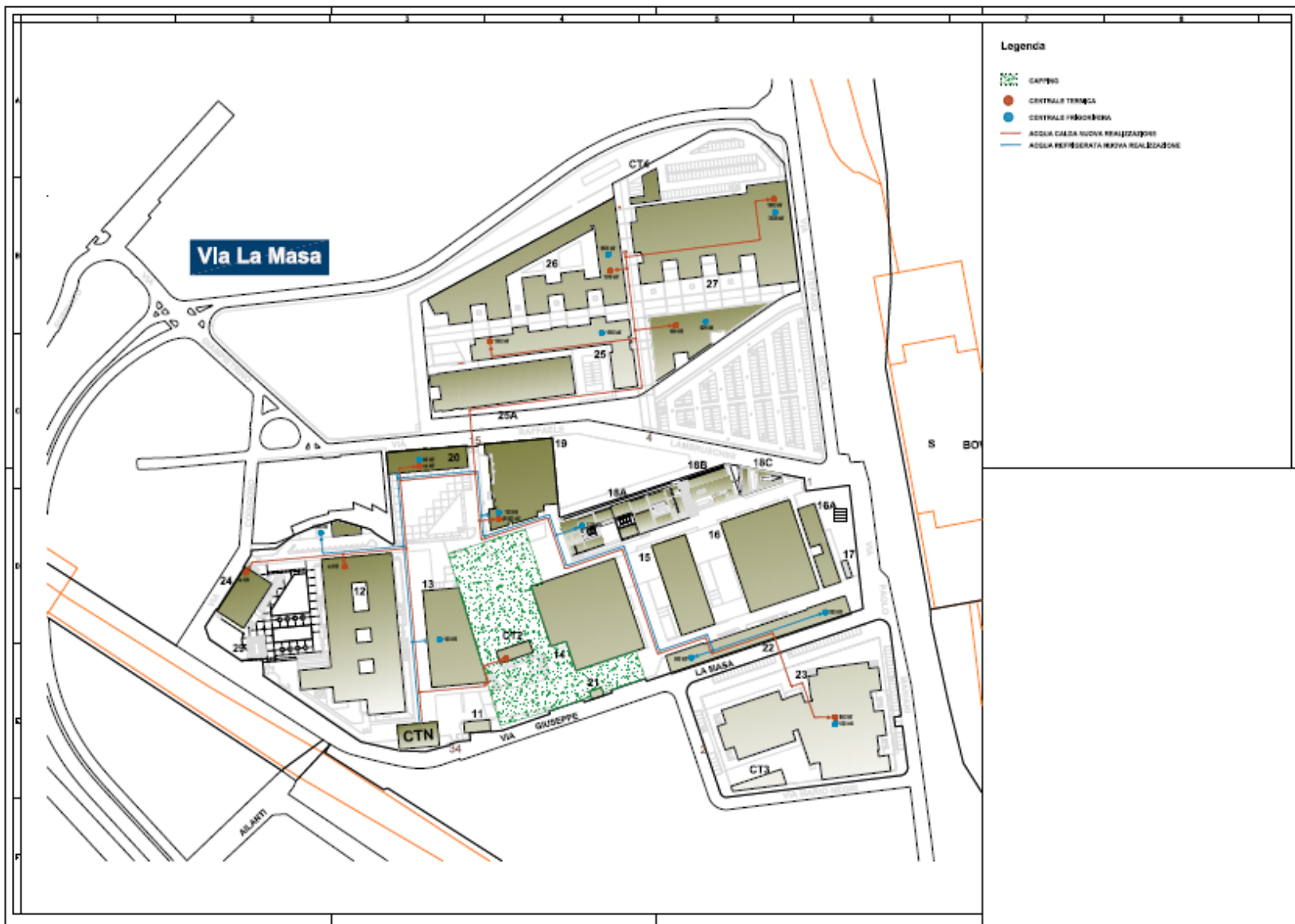


NUOVA
CENTRALE

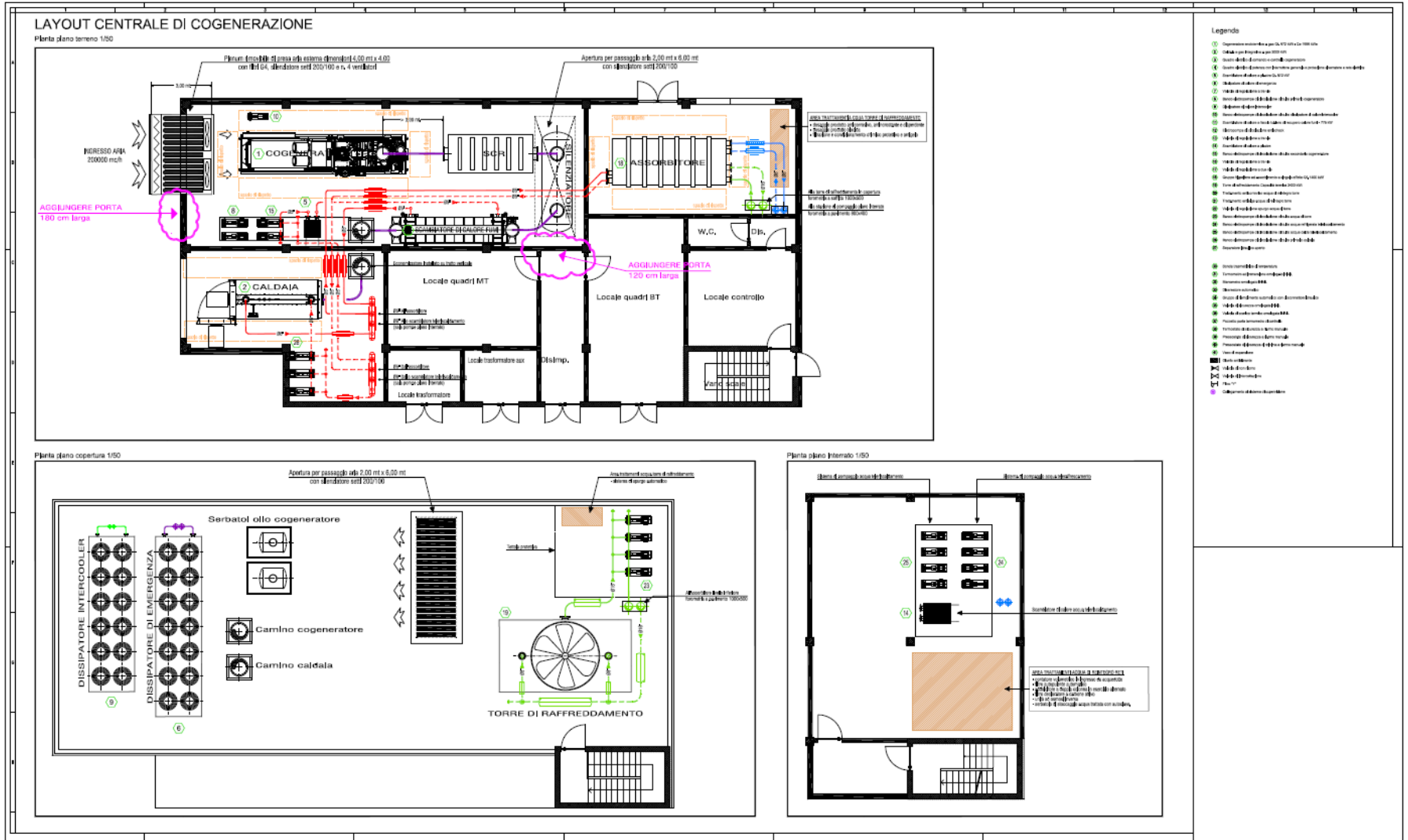
Fig. 1: Inquadramento generale dell'area



La rete di teleriscaldamento e teleraffreddamento: deve attraversare due strade (via Lambruschini e via Oriboni)



II LAYOUT DELLA CENTRALE DI BOVISA (LA MASA)



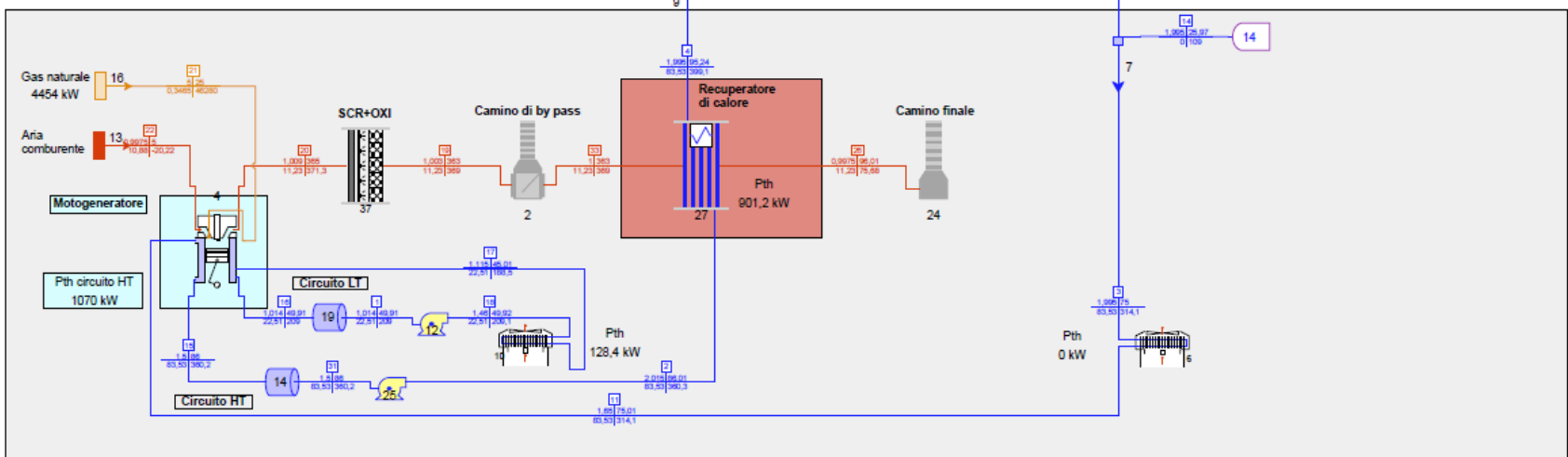
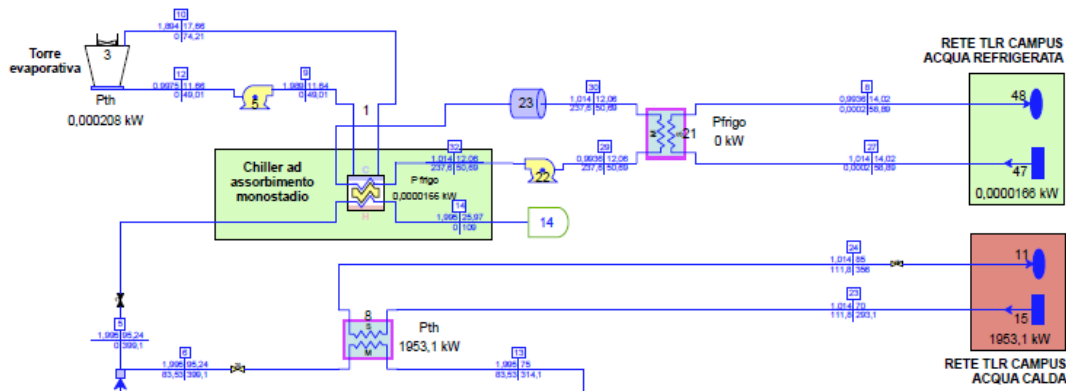


NUOVA CENTRALE: SCENARIO INVERNALE

SCENARIO INVERNALE
MOTOGENERATORE GE JENBACHER JMS 612 J01
FUNZIONAMENTO AL 100% MCR - PRODUZIONE DI SOLA ACQUA CALDA

RIEPILOGO PRESTAZIONI ATTESE

Altitudine	132 m
Temperatura ambiente	5 C
Umidità relativa	60 %
Temperatura bulbo umido	2,004 C
Potenza elettrica nominale	2004 kW
Potenza termica nominale in ingresso a motogeneratore	4454 kW
Rendimento elettrico nominale	44,99 %
Potenza termica nominale circuito HT	1070 kW
Potenza termica nominale circuito LT	128 kW
Potenza termica recuperatore sui fumi	901,2 kW
Potenza termica trasferita a rete TLR	1953,1 kW
COP chiller ad assorbimento	0,7
Potenza frigorifera trasferita a rete TLR	0,0000166 kW
Potenza termica nominale in ingresso a chiller	0,0000237 kW
Rendimento primo principio nominale	89,25 %



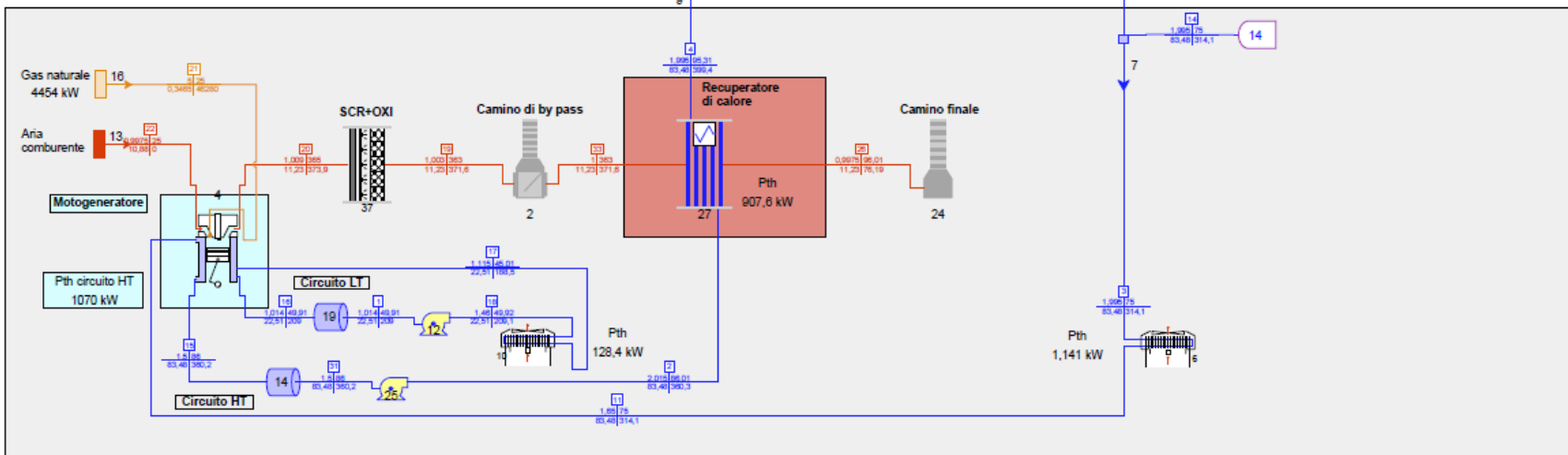
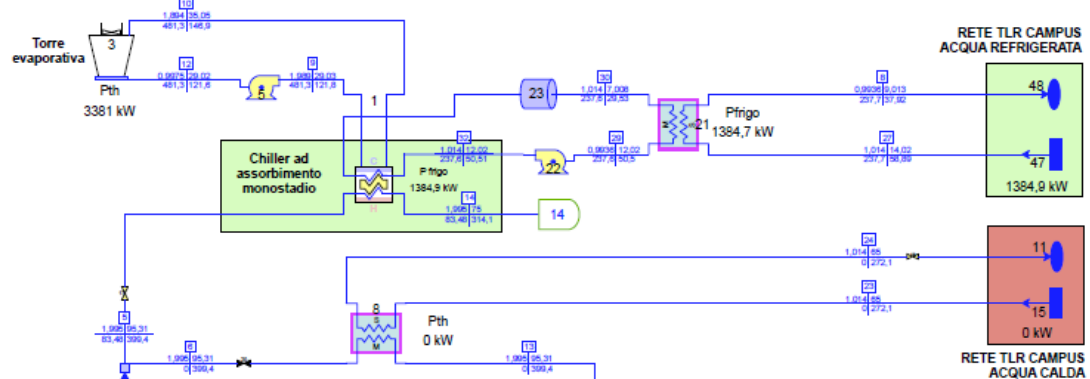


NUOVA CENTRALE: SCENARIO ESTIVO

CO-VER ENGINEERING S.r.l.
 Doc. 18021P00PB001 rev.1 - 26/09/2018 - Bilancio di massa ed energia
 NUOVA CENTRALE DI TRIGENERAZIONE CON N.1 MOTOGENERATORE A GAS NATURALE - CAMPUS "LA MASA - BOVISA" - MILANO

SCENARIO ESTIVO
 MOTOGENERATORE GE JENBACHER JMS 612 J01
 FUNZIONAMENTO AL 100% MCR - PRODUZIONE DI SOLA ACQUA REFRIGERATA

RIEPILOGO PRESTAZIONI ATTESE	
Altitudine	132 m
Temperatura ambiente	26 C
Umidità relativa	80 %
Temperatura bulbo umido	19,45 C
Potenza elettrica nominale	2004 kW
Potenza termica nominale in ingresso a motogeneratore	4454 kW
Rendimento elettrico nominale	44,99 %
Potenza termica nominale circuito HT	1070 kW
Potenza termica nominale circuito LT	128 kW
Potenza termica recuperatore sui fumi	907,6 kW
Potenza termica trasferita a rete TLR	0 kW
COP chiller ad assorbimento	0,7
Potenza frigorifera trasferita a rete TLR	1384,9 kW
Potenza termica nominale in ingresso a chiller	1978,4 kW
Rendimento primo principio nominale	89,39 %





GRAZIE DELL'ATTENZIONE