

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Progettazione dei sistemi di
generazione di un campus
universitario »***

Tutor universitario: Prof. Alberto Benato

Laureando: *Leonardo Lanaro 1219988*

Padova, 16/09/2022

Per sistemi di generazione si intendono tutte le apparecchiature necessarie per la produzione dei fluidi termofrigoriferi utilizzati per la climatizzazione di tutti gli ambienti. Verranno analizzati questi sistemi in differenti fasi progettuali.



Nuovo campus dell'università statale di Milano. Verrà realizzato nell'area MIND (ex zona expo) ed andrà ad ospitare 25000 persone.

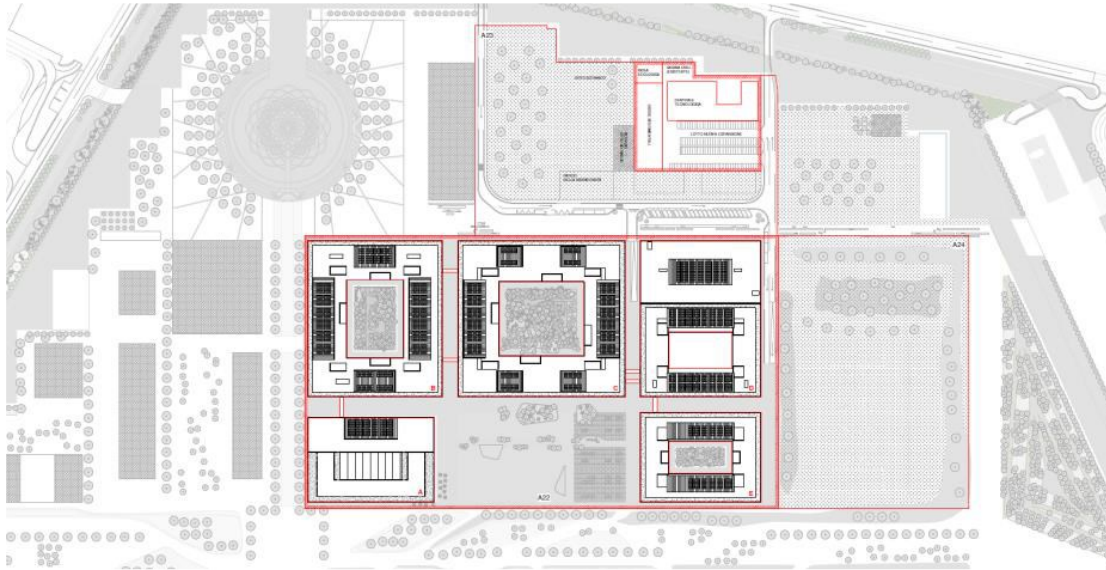
Gli obiettivi della progettazione sono quelli che garantire un comfort climatico in tutti gli ambienti. Tuttavia ci sono dei vincoli imposti dall'università:

Struttura «Carbon Free»



Approvvigionamento di energia solo da fonti rinnovabili.

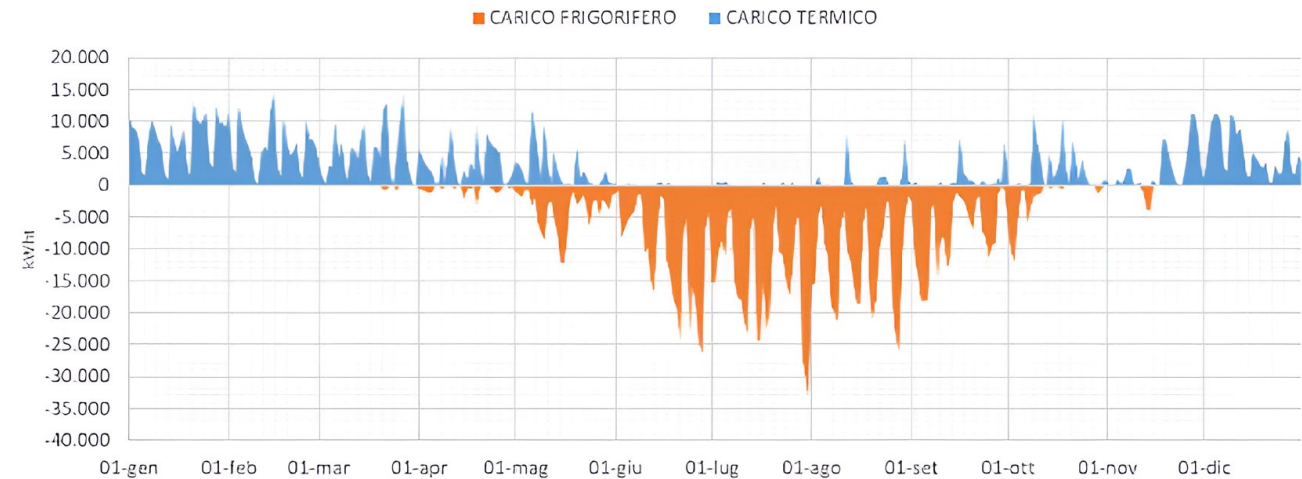




Polo tecnologico centralizzato:

- Maggiore efficienza degli impianti;
- Minori spazi;
- Ottimizzazione del dimensionamento;
- Minore manutenzione;
- Rapida risposta ai fabbisogni degli edifici;
- Minor costo di investimento iniziale.

Risultati delle simulazioni energetiche eseguite per tutti gli edifici, in figura il fabbisogno di energia dell'edificio C



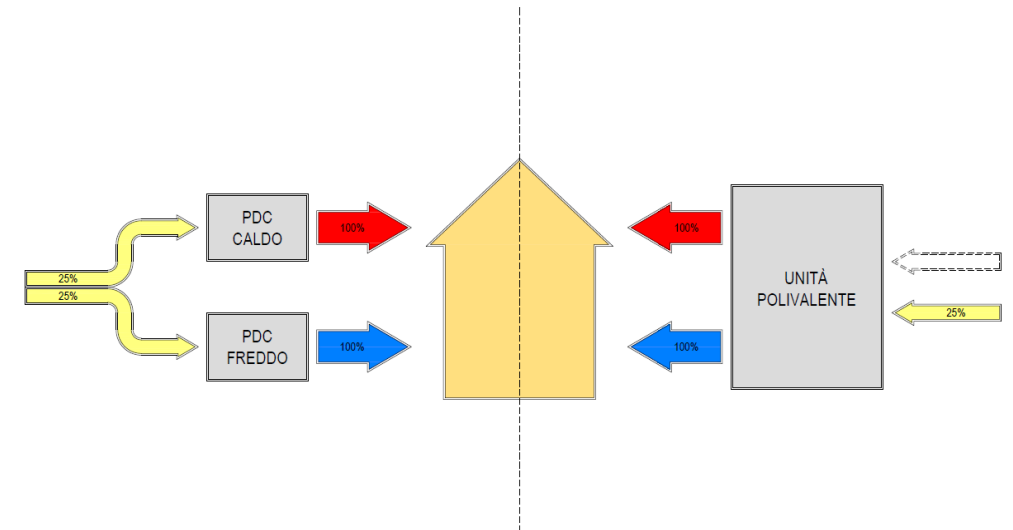
Edificio	Valore di picco di	Valore di picco di
	potenza termica [kW]	potenza frigorifera [kW]
Edificio A	1000	1800
Edificio B	1800	2500
Edificio C	2500	4000
Edificio D	2500	4000
Edificio E	1300	2200

Dalla somma delle potenze richieste, corrette con un coefficiente di contemporaneità risulta:

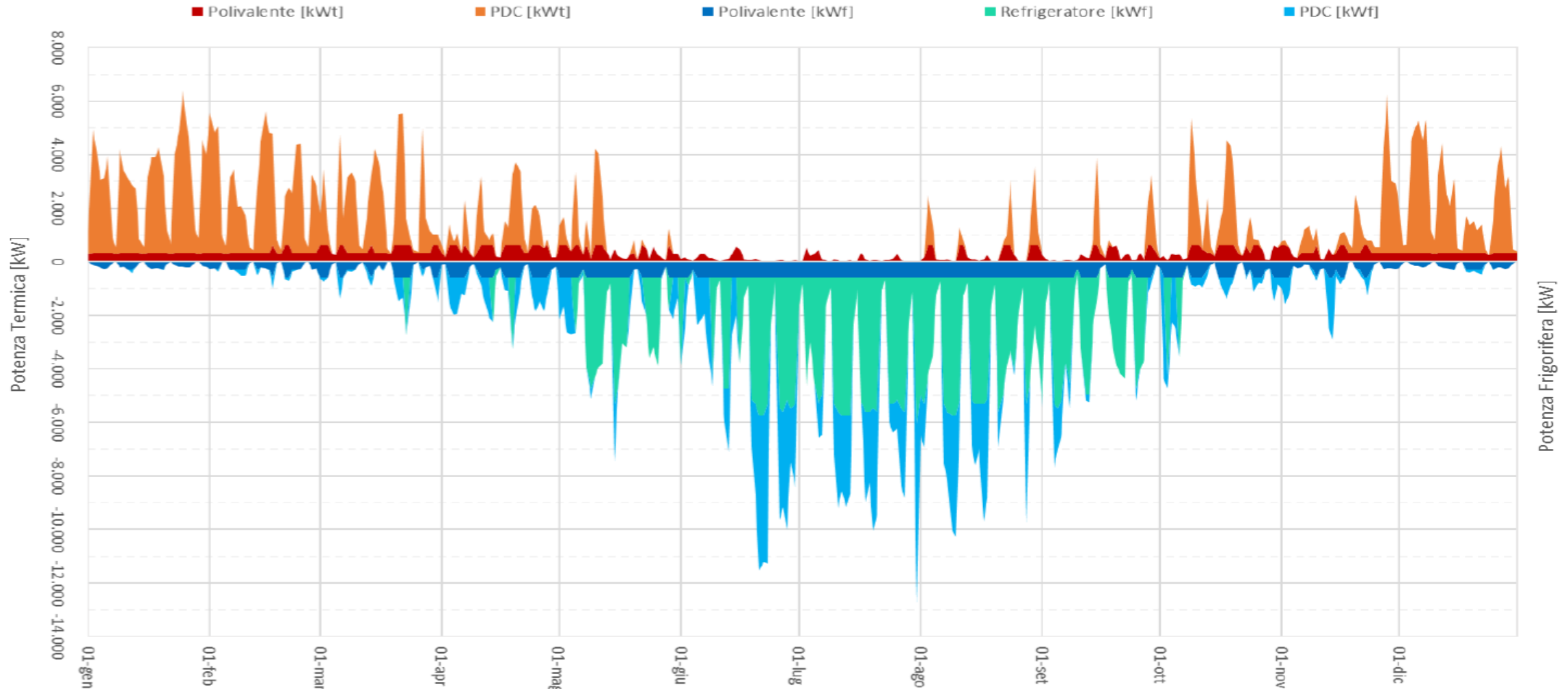
- 6,6 MW in regime invernale;
- 12,8 MW in regime estivo.

La soluzione progettuale individuata:

- due pompe di calore polivalenti per un totale di 1MW_t e di $0,8\text{MW}_f$;
- tre gruppi refrigeratori per un totale di 5MW_f ;
- nove pompe di calore reversibili per un totale di 6MW_t e di $8,4\text{MW}_f$.



Potenza termica richiesta e differente prioritizzazione delle macchine.



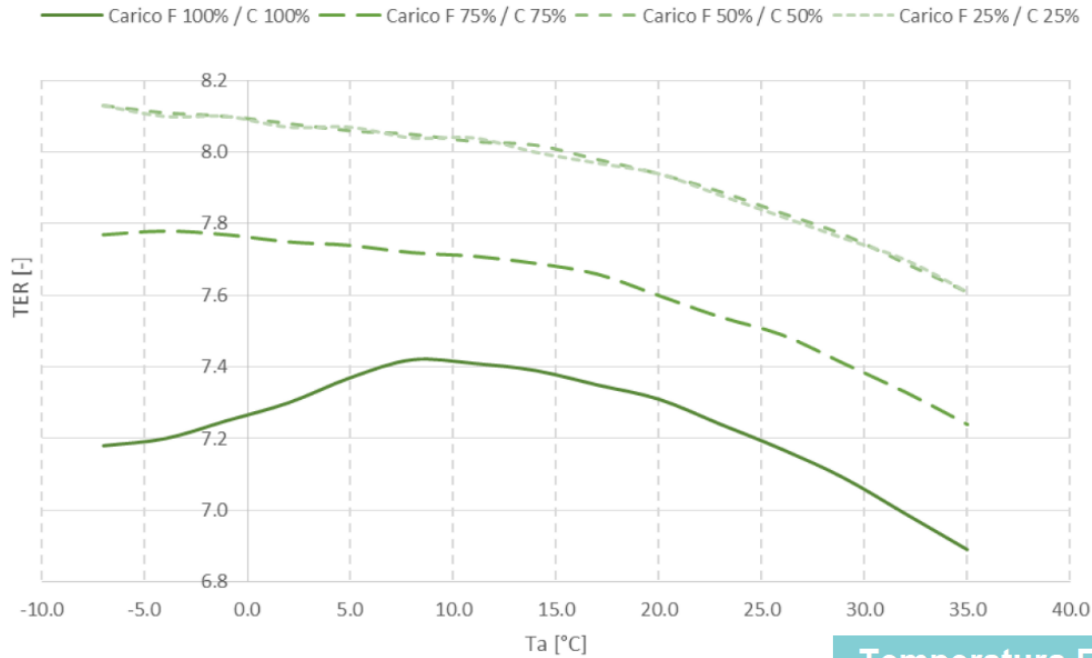


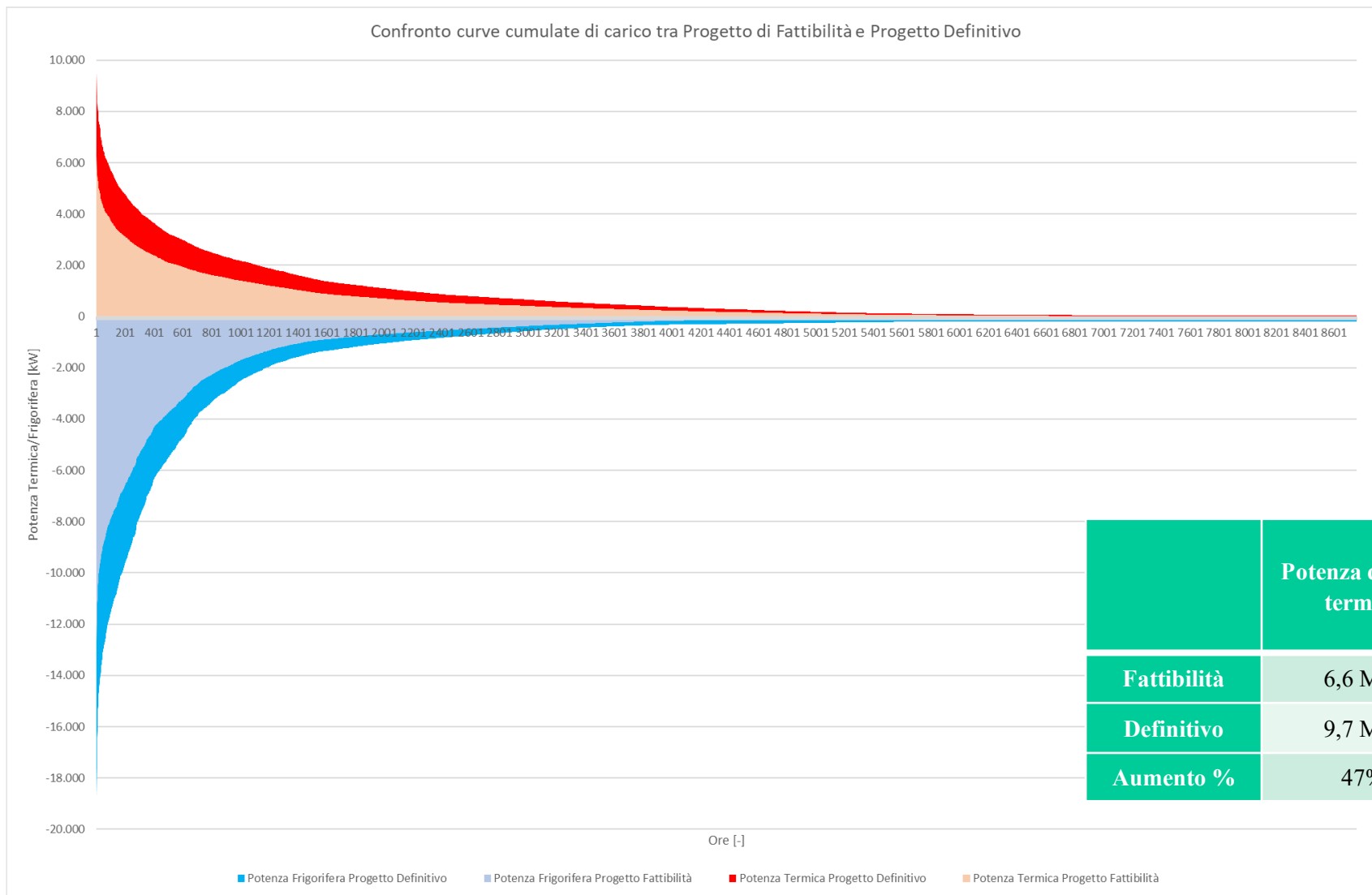
Grafico di una unità polivalente che ci mostra la differenza del TER in funzione della temperatura e del fattore di carico.

Tabella che mostra la diminuzione del EER in funzione del carico e della temperatura.

Temperatura Esterna [°C]	EER a 100% del carico	EERa 75% del carico	Δ COP [%]
29,0	3,4	3,6	5,5%
30,0	3,3	3,5	5,6%
31,0	3,3	3,5	6,1%
32,0	3,2	3,4	6,2%
33,0	3,1	3,3	6,7%
34,0	3,0	3,2	6,9%
35,0	2,9	3,1	6,7%

Aumento dei profili energetici in seguito a nuovi sviluppi del progetto e a nuove richieste da parte di UNIMI.

Confronto curve cumulate di carico tra Progetto di Fattibilità e Progetto Definitivo



	Potenza di picco termico	Potenza di picco frigorifera	Fabbisogno termico annuo	Fabbisogno frigorifero annuo
Fattibilità	6,6 MW	12,8 MW	4,5GWH _t	6,4GWH _f
Definitivo	9,7 MW	18,8 MW	7,1GWH _t	10,3GWH _f
Aumento %	47%	47%	58%	61%

Durante lo studio del progetto definitivo è emersa la possibilità di impiegare acqua di pozzo, con portata media emungibile pari a 60 L/s e portata massima pari a 120 L/s.

Regime invernale



- Potenza massima emungibile dai pozzi: $120 \cdot 4,186 \cdot 8 = 4,018 \text{ MW}$
- COP: 4,7 (dato di targa di apparecchiature commerciali)
- Potenza Termica complessiva: $4,018 \text{ MW} \cdot (4,7 + 1)/4,7 \approx 4,8 \text{ MW}$



Regime estivo

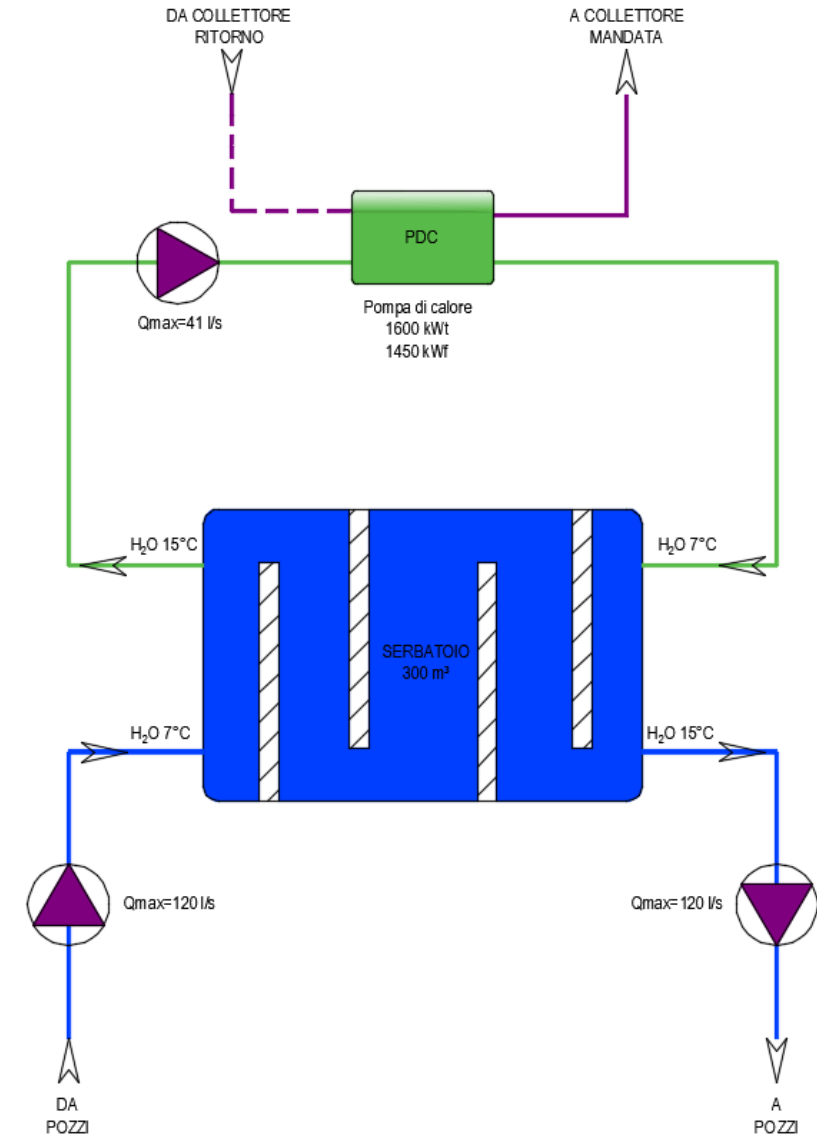
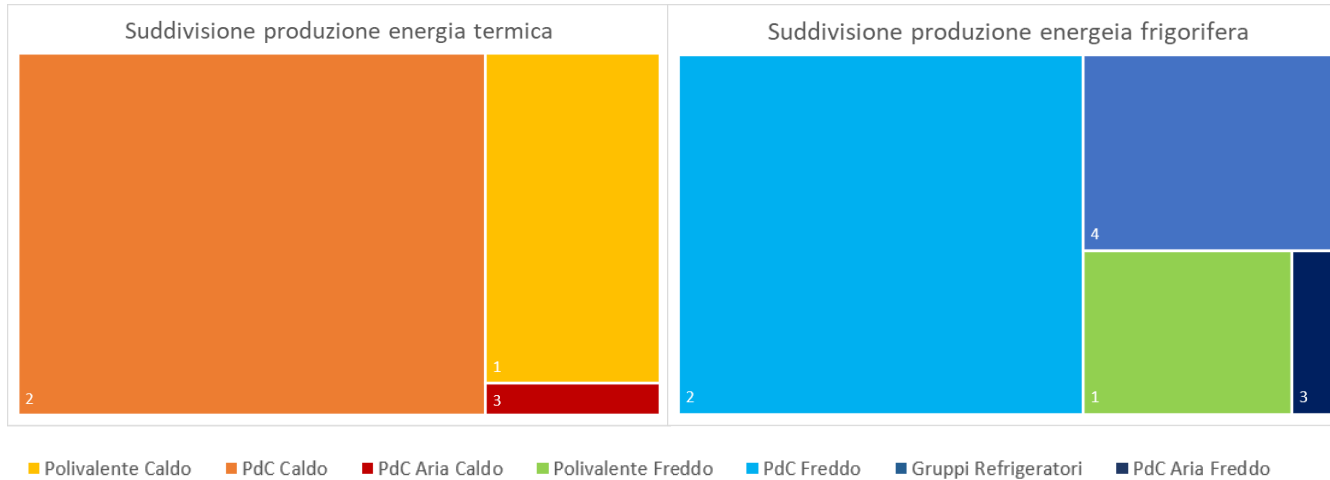
- Potenza massima emungibile dai pozzi: $120 \cdot 4,186 \cdot 10 = 5,023 \text{ MW}$
- EER: 7,3 (dato di targa di apparecchiature commerciali)
- Potenza frigorifera complessiva: $5,023 \text{ MW} \cdot (7,3 - 1)/7,3 \approx 4,4 \text{ MW}$

L'utilizzo di questa possibilità applicata su 3 macchinari abbinati alle 2 unità polivalenti non sono sufficienti a coprire le nuove richieste di carichi, nonostante sia corrette e risultino di $8,1 \text{ MW}_t$ e $15,5 \text{ MW}_f$ risultano da integrare $2,3 \text{ MW}_t$ e $10,3 \text{ MW}_f$. Per ottenere queste potenze è prevista l'installazione di:

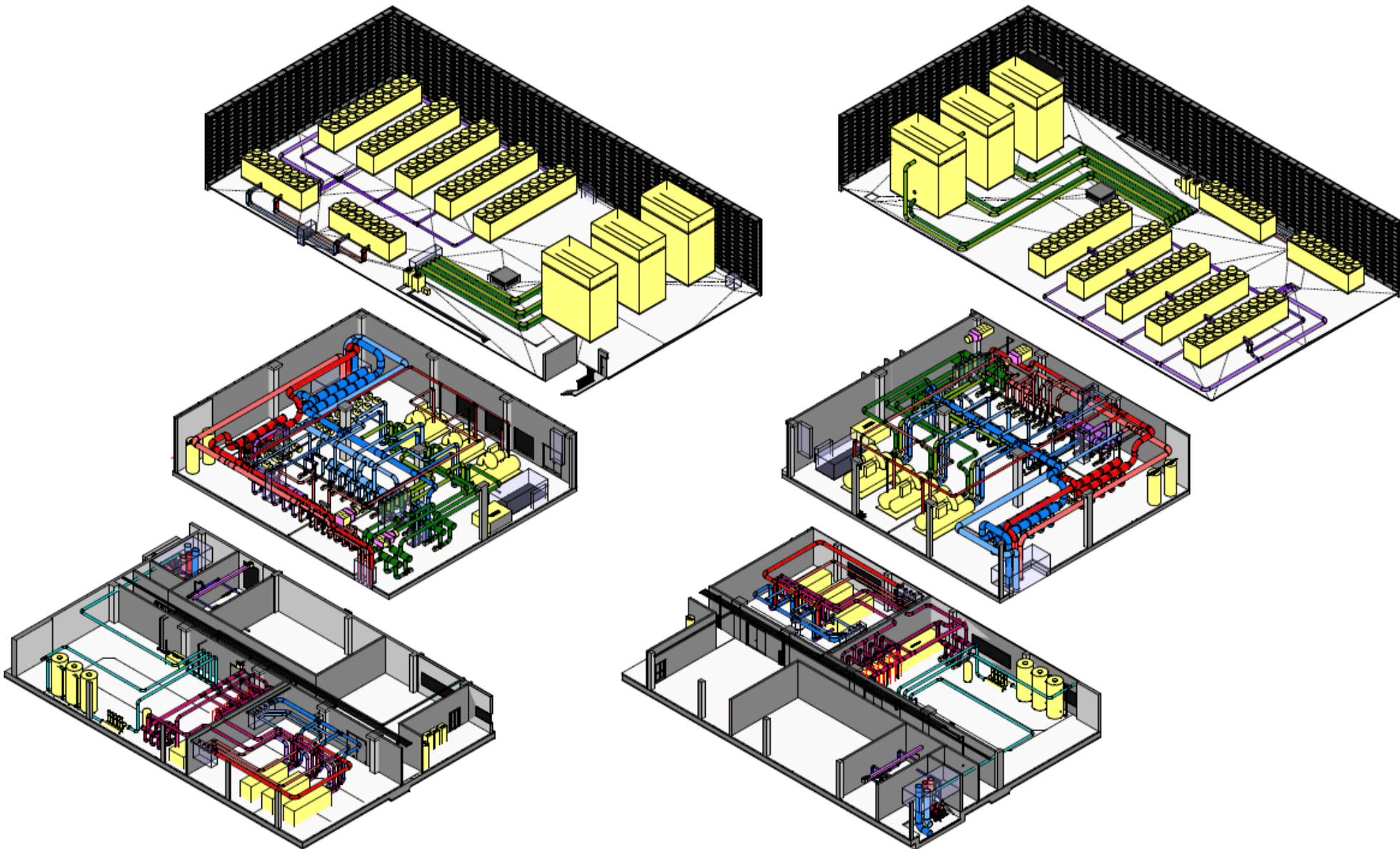
- 5 pompe di calore reversibili ad aria, con potenza cadauna pari a $0,7 \text{ MW}_t / 1,1 \text{ MW}_f$;
- 3 gruppi refrigeratori condensati ad acqua di torre, potenza cadauno pari a $3,0 \text{ MW}_f$,

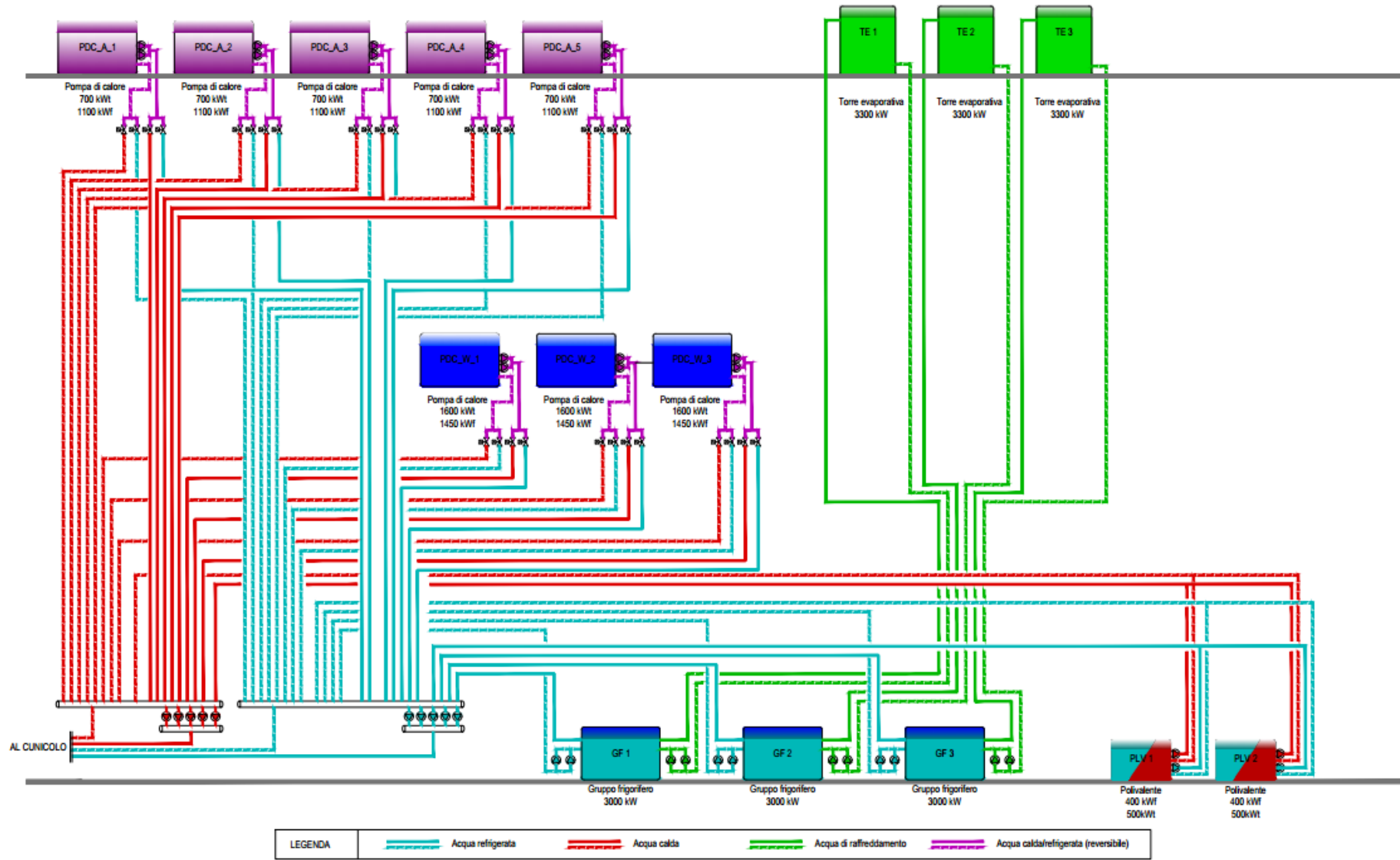
Riepilogo dei risultati ottenuti.

	Potenza Termica [kW]	Potenza Frigorifera [kW]	Energia termica [kWh]		Energia Frigorifera [kWh]	
Unità Polivalenti	960	800	1 774 266	25 %	1 478 555	14 %
PdC Acqua	4873	4373	5 252 845	73 %	6 401 087	61 %
Gruppi refrigeratori	-	6000	-	0 %	2 178 692	21 %
PdC Aria	2800	4300	151 426	2 %	333 105	3 %
TOTALE	8 600	15 500	7 148 537	100%	10 310 139	100%



Schema per un'ulteriore pompa di calore condensata ad acqua





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*«Progettazione dei sistemi di
generazione di un campus universitario»*

Tutor universitario: Prof. Alberto Benato

Laureando: *Leonardo Lanaro 1219988*