

Concorso internazionale di progettazione

# Cavallerizza Reale di Torino.

3.2. Linee guida per le strategie energetiche e ambientali (LGS)



Fondazione  
Compagnia  
di San Paolo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TORINO



CITTA' DI TORINO

cdp''

## Linee guida per le strategie energetiche e ambientali (LGS)

Rev. 01 del 06/06/2022

### COMPAGNIA DI SAN PAOLO

#### Cavallerizza Reale di Torino

Via G. Verdi, 9 – Torino

**Direttore Tecnico e responsabile di commessa**

Ing. Giuseppe Bonfante

**Consulente scientifico**

Prof. Ing. Marco Perino

**Tecnici specialisti**

Ing. Giuseppe Bonfante

D.ssa Chiara Bonvicini

**Collaboratori:**

Ing. Lorenzo Balsamelli

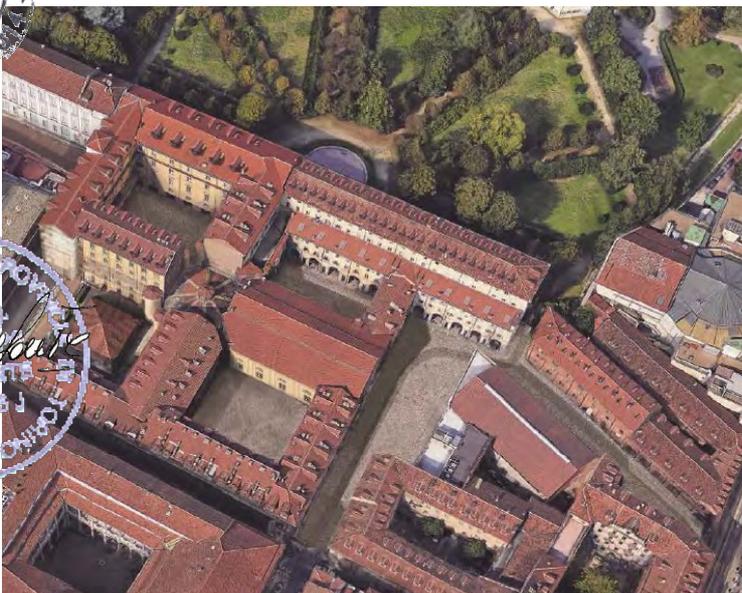
Ing. Maurizio Fresia

Arch. Mario Giompapa

Arch. Federica Cafforio

Per. Ind. Franco Pautasso

Dott. Geol. Antonio Accotto



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>IL PROGETTO UNITARIO DEL 2020 DI RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO DELLA CAVALLERIZZA</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DEL CONTESTO</b>	<b>7</b>
3.1	Descrizione del progetto	7
3.2	Unità minime e caratteristiche geometriche	8
3.3	Proprietà, utilizzatori e destinazioni d'uso	9
3.4	Sottoservizi e vettori energetici disponibili	9
<b>4</b>	<b>FILOSOFIA PROGETTUALE</b>	<b>11</b>
4.1	Principi generali	11
4.2	Il concept impiantistico	12
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE ENERGETICA</b>	<b>16</b>
5.1	Descrizione del modello e software di calcolo	16
5.2	Condizioni termo-igrometriche ambientali	17
5.3	Dati di calcolo	20
5.3.1	<i>Caratteristiche dell'involucro edilizio</i>	20
5.3.2	<i>Profili di occupazione e di utilizzo</i>	23
5.4	Strategie gestionali per il contenimento dei consumi	24
5.4.1	<i>Modifica delle prestazioni di comfort termo-igrometrico</i>	24
5.4.2	<i>Contrazione dei picchi di domanda</i>	27
5.5	Fabbisogni termici ed elettrici	28
5.5.1	<i>Profili di carico ambientale</i>	29
5.5.2	<i>Fabbisogni energetici per usi finali</i>	31
5.6	Confronto di efficienza tra produzione ad acqua e produzione ad aria	34
5.7	Fabbisogni di potenza termici ed elettrici	36

5.7.1	Fabbisogni di potenza termica e frigorifera degli edifici .....	36
5.7.2	Stima delle potenze elettriche per usi finali.....	37
<b>6</b>	<b>SISTEMI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA .....</b>	<b>38</b>
6.1	Elementi chiave del sistema di produzione.....	38
6.2	Descrizione del sistema di produzione dell'energia termica .....	40
6.2.1	Il sistema di emungimento dell'acqua di falda .....	41
6.2.2	La centrale di comprensorio .....	42
6.2.3	La rete di distribuzione .....	43
6.2.4	Le centrali di edificio/UMI.....	43
6.2.5	Terminali d'impianto e BMS per ottimizzare l'efficienza del sistema di produzione energetica.....	47
6.3	Approvvigionamento e distribuzione dell'energia elettrica .....	48
<b>7</b>	<b>STRATEGIE PER LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE.....</b>	<b>49</b>
7.1	GBC Quartieri.....	50
7.2	Certificazione a livello di singolo edificio.....	54
<b>8</b>	<b>ORGANIZZAZIONE E SUPERVISIONE DEL PROCESSO DI RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO DELLA CAVALLERIZZA .....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>56</b>
<b>10</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>58</b>
10.1	Elaborati grafici.....	58
10.2	Analisi, calcoli e tabelle.....	58
10.2.1	Dettaglio dati UMI e fabbricati.....	59
10.2.2	Dettaglio delle condizioni termo-igrometriche ambientali e dati di input del modello energetico ..	62
10.2.3	Risultati delle simulazioni energetiche al variare delle condizioni di comfort .....	69
10.2.4	Relazione geologica preliminare.....	76
10.2.5	Schede tecniche PCM .....	87
10.2.6	Calcoli di dimensionamento degli accumuli .....	89
10.2.7	Consumi giornalieri en. termica/frigorifera/elettrica delle singole UMI .....	110

## 1 PREMESSA

Il presente documento (di seguito LGS) individua le strategie che si intende porre alla base dello sviluppo delle successive fasi di progettazione e riqualificazione del complesso della Cavallerizza Reale dal punto di vista dei sistemi di produzione e distribuzione energetica e della sostenibilità ambientale.

Il documento rende altresì espliciti i requisiti e le aspettative, rispetto agli argomenti oggetto della trattazione, ai quali il complesso degli edifici in progetto e costruzione deve rispondere al fine di assolvere le funzioni cui è destinato nel pieno rispetto delle esigenze della Committenza e degli utenti finali.

Occorre evidenziare che il complesso si compone di diverse unità afferenti a proprietà differenti. Nel rispetto della possibilità per ciascuna di esse di sviluppare in modo autonomo la riqualificazione del/dei rispettivi edifici, è comunque intenzione di tutti i soggetti quella di individuare delle strategie energetiche e ambientali comuni alle quali l'intero complesso dovrà attenersi al fine di renderlo, su scala di "quartiere", un caso esemplare di riqualificazione urbana sostenibile.

Lo studio è stato elaborato considerando gli obiettivi posti dalla Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale dell'ONU il 25 settembre 2015 n. 70/1. Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile e con particolare riferimento ai seguenti ambiti:

- Obiettivo 3. Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età;
- Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni;
- Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico,

nonché alle pubblicazioni e studi di settore elaborati in argomento.



## 2 IL PROGETTO UNITARIO DEL 2020 DI RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO DELLA CAVALLERIZZA

Nel dicembre del 2020 è stato prodotto il progetto unitario di riqualificazione del complesso della Cavallerizza (Deliberazione della Giunta Comunale di Torino del 20/11/2020) che fornisce un quadro completo dello stato di fatto, della suddivisione in unità minime di intervento (UMI) e traccia le linee guida generali del progetto di riqualificazione. In riferimento ai contenuti del presente documento, si riportano qui di seguito alcuni stralci significativi di detto progetto unitario.

Dalle linee guida generali (fascicolo 05., paragrafo 05.01 Linee Guida del progetto di recupero).

### *Linee guida per strategie impiantistiche a basso impatto*

Si raccomanda una progettazione impiantistica che risulti, al contempo, a basso impatto ambientale e a basso impatto rispetto la pre-esistenza ad elevata valenza storico-artistica.

La progettazione degli interventi impiantistici, all'interno di un immobile con tali caratteristiche, dovrà essere rispettosa della consistenza dell'edificio e, pertanto, caratterizzata da soluzioni non invasive nella realizzazione, semplici nella gestione e facilmente rimovibili a fine vita. I progetti di recupero e riuso delle UMI dovranno approfondire le seguenti tematiche:

- compatibilità con la pre-esistenza, che comporterà l'utilizzo di passaggi esistenti, con la ricerca delle vecchie canne fumarie, di cavedi e condotti nascosti o murati per il passaggio delle nuove canalizzazioni; l'identificazione dei passaggi di distribuzione, cercando di utilizzare quelli esistenti, prevedendo limitate porzioni di controsoffitti e contropareti, per evitare il più possibile nuove tracce murarie.
- utilizzo di materiali maggiormente adatti ad un contesto antico, che prevederà il rifiuto della consueta esecuzione di interventi distruttivi e la preferenza per impianti in strutture reversibili a vista, progettate secondo criteri formali non prevaricanti rispetto alle caratteristiche dell'edificio, e che consentano l'ispezione e la manutenzione degli stessi oltre all'implementazione nel tempo.
- ricerca del minimo intervento cioè di soluzioni "minimaliste" e poco invasive;
- contenimento dei consumi energetici, con la scelta di nuove tecnologie attive capaci di garantire elevate prestazioni, elevato comfort ambientale e facilità di gestione e conduzione;
- riqualificazione energetica dei singoli immobili, con tecnologie compatibili con l'esistente, che consentano il recupero per parti successive, anche in tempi differenti;
- controllo e limitazione della rumorosità delle macchine e dei terminali degli impianti sia all'interno che all'esterno dell'edificio.

### *Linee guida per la sostenibilità ambientale*

si raccomanda una riqualificazione energetica e ambientale globale, che consenta di coniugare diversi obiettivi:

- la riduzione del fabbisogno energetico di ciascuna parte del complesso, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, attraverso l'adozione delle strategie e delle tecnologie passive maggiormente compatibili con le peculiarità storiche degli edifici (quali l'isolamento interno dell'involucro opaco e la sostituzione dei serramenti attraverso un approccio che rispetti i vicoli storici di ciascuna parte dei diversi edifici);
- il raggiungimento dei più alti livelli di comfort ambientale, termico, acustico e visivo, degli utenti delle diverse attività che verranno svolte all'interno degli spazi;
- l'impiego di materiali che abbiano un basso contenuto energetico, preferendo quelli provenienti da una filiera di riciclo, e a loro volta facilmente reimpiegabili;
- l'impiego di materiali a bassa emissione di componenti volatili, per assicurare la migliore qualità dell'aria interna.

Dai volumi tecnici (fascicolo 04., paragrafo 04.04 Norme tecniche).

## *Art. 6 - Norme generali*

1. Non è consentita la realizzazione di parcheggi e il transito di automezzi all'interno delle corti delle UMI 1, 2, 5, 7, 9, 10, nella piazzetta Vasco e nel passaggio Chiabrese, salvo che per necessità di servizi di pubblica sicurezza, di VV.FF., mezzi per disabili e mezzi di soccorso, con deroga per la sosta temporanea dei mezzi di rifornimento, allestimento e servizi (carico/scarico delle merci).

2. I servizi a rete (condutture idriche ed elettriche, collettori/allacci fognari, condutture del gas e telefoniche, ecc.) dovranno essere prioritariamente canalizzati in condotti interrati. La realizzazione di volumi tecnici (cabine elettriche di trasformazione, impianti di sollevamento dell'acqua, scale di sicurezza esterne ai corpi di fabbrica e qualsiasi altro elemento riguardante reti e sottoservizi) dovrà essere progettata unitamente alle sistemazioni delle aree esterne. È sempre ammessa la realizzazione di vani e volumi tecnici in interrato sotto i cortili, con obbligo di ricostituzione della pavimentazione preesistente. I volumi tecnici relativi agli edifici dovranno essere oggetto di un progetto integrato con quello del titolo edilizio della relativa UMI.

3. Previo parere favorevole preventivo della Soprintendenza Archeologia, belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Torino, è ammesso il passaggio in interrato della Linea Metropolitana e la realizzazione di limitate opere tecniche, anche in superficie, ove indispensabili per la realizzazione della Linea stessa e per la relativa funzionalità, qualora venga dimostrata l'impossibilità di altra localizzazione. A tal fine, sugli spazi aperti non costruiti, in relazione alle previsioni progettuali, i relativi proprietari dovranno cedere gratuitamente le aree necessarie o costituire apposite servitù gratuite, fatta comunque salva la messa a disposizione gratuita delle aree necessarie al cantiere.

4. Gli oneri di urbanizzazione per i mutamenti di destinazione d'uso saranno calcolati in sede di richiesta dei titoli edilizi in modo differenziale tra la destinazione d'uso attuale e la destinazione d'uso in progetto, come indicate nell'elaborato 04.06.

5. Si dà atto che è in corso di approvazione una variante del PRG finalizzata ad eliminare la prescrizione della realizzazione del parcheggio nel sottosuolo di Piazzetta Rossaro. Qualora l'approvazione di tale variante avvenga prima dell'ottenimento del Permesso di Costruire relativo alle UMI 1 e/o 2, il comma 2 parte dell'art. 2, il comma 5 dell'art. 4, i commi 2 e 3 dell'art. 5 sono automaticamente abrogati.

Nel merito di quanto sopra riportato, si evidenziano le seguenti considerazioni:

- l'indicazione di garantire il raggiungimento dei più alti livelli di comfort ambientale all'intero degli ambienti climatizzati, confligge con la contestuale richiesta della riduzione del fabbisogno energetico e nel contempo con il rispetto dell'integrità storica dei fabbricati. Da questo punto di vista, nei successivi capitoli sono state fatte delle considerazioni e delle scelte, rispetto all'individuazione delle condizioni ambientali che non devono, ad avviso della scrivente, ricercare in senso assoluto i più alti livelli di comfort, ma devono essere frutto di una attenta valutazione che parta dalle reali esigenze degli occupanti e del contenuto evitando così, lì dove non necessarie, sovrastrutture impiantistiche che potrebbero impattare in modo significativo sia sui costi di realizzazione che poi di gestione (conduzione e manutenzione);
- la possibilità di poter realizzare volumi tecnici interrati, anche sotto i cortili, rappresenta una opportunità importante sia per quanto attiene le vere e proprie centrali di produzione/consegna che la rete di distribuzione dei sottoservizi per i vari fabbricati. Tale opportunità è stata quindi acquisita dal presente studio demandando però ad una fase successiva di approfondimento progettuale la collocazione e le modalità di realizzazione di tali volumi nel rispetto dei vincoli architettonici del complesso nonché dell'interferenza con sottoservizi esistenti o futuri (es. reti FM, luce, acqua, fognatura, gas e passaggio linea Metro 2).

## 3 ANALISI DEL CONTESTO

### 3.1 Descrizione del progetto

Di seguito sono riportate alcune informazioni relative al complesso, limitatamente agli elementi utili agli obiettivi specifici del presente elaborato, e tratte dal documento “Riqualificazione della Cavallerizza Reale” di Cassa Depositi e Prestiti del 25 ottobre 2021.

*CDP Immobiliare Sgr, Compagnia di San Paolo, Università di Torino, Conservatorio e Accademia Albertina hanno elaborato una proposta di riqualificazione della Cavallerizza Reale che prevede l’insediamento di nuove funzioni culturali, formative, ricettive, sociali e direzionali. La Proposta prevede la realizzazione:*

- di una **struttura ricettiva** integrata con servizi nell’Accademia Militare e con alcune residenze temporanee negli edifici di via Verdi;
- del **Polo delle Arti** nei corpi di fabbrica di via Verdi e nella ex sala della scherma ubicata al piano terra dell’Accademia Militare;
- di **strutture di servizio dell’Università di Torino** nei corpi di fabbrica della Corte delle Guardie;
- della **sede della Compagnia di San Paolo** nella Manica del Mosca;
- di **attività culturali e di sviluppo e sostegno sociale promosse direttamente dalla Compagnia di San Paolo** e in collaborazione con altri soggetti a essa collegati nella Pagliere.

*La proposta integra le funzioni pubbliche previste nella Cavallerizza Alfieriana e dell’Aula Magna dell’Università nel Maneggio Chiabrese.*

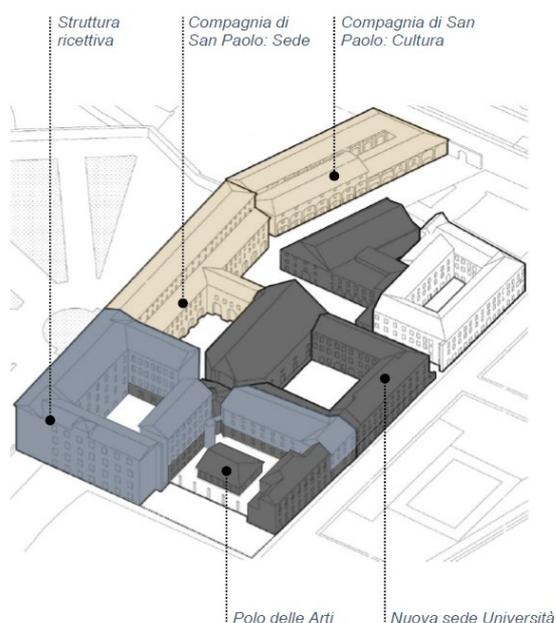


Figura 1 – La proposta

Con l'insediamento di funzioni culturali, ricettive, terziarie e per l'alta formazione e la riapertura al pubblico degli spazi al piano terra, il progetto reintegrerà il complesso della Cavallerizza nella vita cittadina, arricchendone il sistema degli spazi e dei percorsi e contribuendo a rivitalizzare una porzione del centro storico rimasta marginale.

L'operazione si basa su una partnership pubblico privata, che assicurerà il reperimento delle risorse necessarie al recupero del complesso, assicurando la fruizione pubblica delle porzioni monumentali e valorizzandone la vocazione culturale.

In particolare, il progetto genererà sostanziali ricadute positive per il territorio:

- il restauro del complesso (investimento di 100 milioni di euro);
- la restituzione a funzioni urbane pubbliche e private e alla fruizione pubblica di un'importante area storica e verde della città;
- la creazione di un nuovo spazio cittadino dedicato alla formazione, all'arte, alla musica e alle varie espressioni della cultura contemporanea;
- la valorizzazione di un'area monumentale, riconosciuta patrimonio Unesco, come nuova meta di attrazione turistica e di erogazione di servizi.

### 3.2 Unità minime e caratteristiche geometriche

Il progetto unitario di cui al Capitolo 2, suddivide il complesso in Unità Minime d'Intervento (UMI) e, ciascuna UMI, in fabbricati. Nella tabella che segue sono riportate le UMI oggetto del presente studio, i rispettivi fabbricati ad essa annessi e i principali dati geometrici.

Tabella 1 – Suddivisione UMI e fabbricati

UMI	FABBRICATI	sup. lorda [mq]	vol. lordo [mc]	sup. netta [mq]	vol. netto [mc]
UMI 1	B, D, F, O, U	13.853	64.439	11.262	44.536
UMI 2	A, C, M	5.688	23.154	4.624	16.552
UMI 3	N	411	4.619	334	3.601
UMI 5	G, U	8.435	39.576	6.857	27.245
UMI 6	H	1.133	22.313	921	11.837
UMI 7	I, L, V	3.889	16.906	3.162	11.511
UMI 10	S, T	4.271	17.184	3.472	10.909
		<b>37.680</b>	<b>188.192</b>	<b>30.633</b>	<b>126.191</b>

Nella figura che segue sono indicate le UMI e i vari fabbricati.

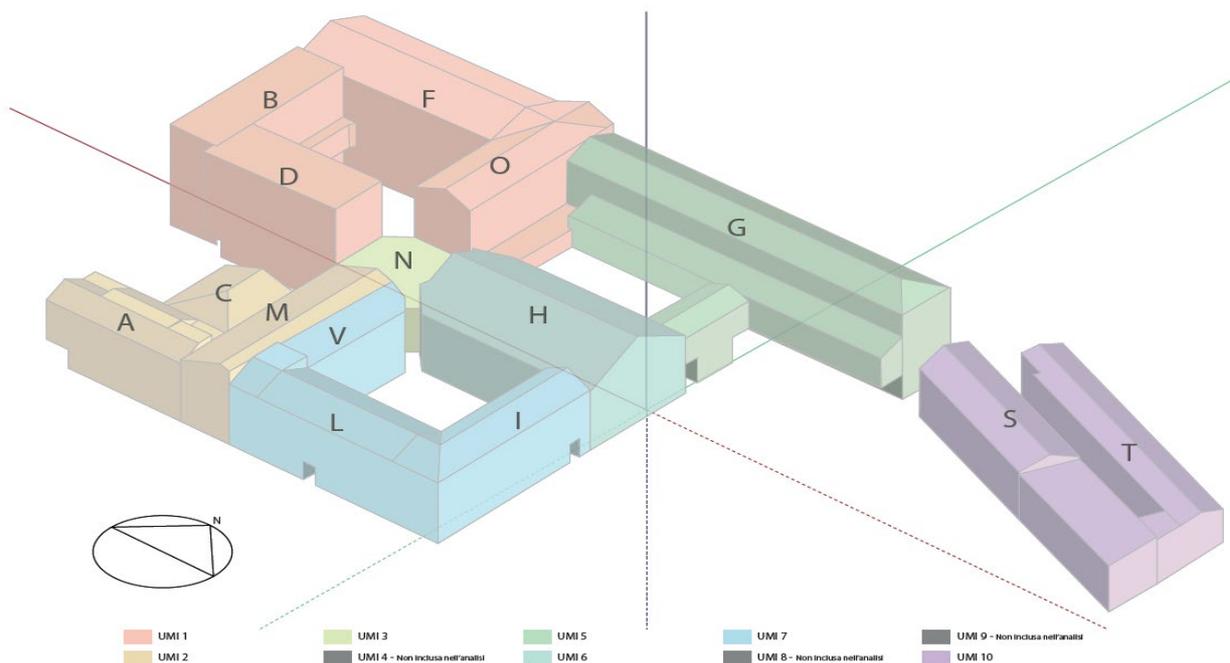


Figura 2 – UMI e fabbricati

### 3.3 Proprietà, utilizzatori e destinazioni d'uso

Ai fini di una chiara esemplificazione delle condizioni d'uso futuro del complesso, sono state individuate in modo tabellare, per ogni zona di edificio con destinazione d'uso uniforme, proprietà e utilizzatori. Il dettaglio è riportato nell'allegato 10.2.1. All'interno della tabella sono riportate anche altre informazioni utilizzate poi per la costruzione del modello energetico (cfr. capitoli successivi).

### 3.4 Sottoservizi e vettori energetici disponibili

In allegato al presente documento sono riportate le mappe dei sottoservizi cittadini aggiornate a maggio 2022.

Dall'analisi della documentazione emerge che:

- sono presenti allacciamenti e percorsi di reti pubbliche all'interno del complesso per energia elettrica, illuminazione pubblica, acqua e gas;
- l'ingresso di detti sottoservizi avviene prevalentemente dal passo carraio posto sulla via Verdi al civico 9;
- non sono segnalati allacciamenti e/o percorsi di reti pubbliche fognarie all'interno del complesso anche se nei cortili interni sono comunque presenti dei pozzetti e gli stabili sono dotati di servizi igienici.

# onleco

In relazione a quanto sopra, prima dell'avvio di interventi di scavo e sistemazione delle aree esterne, occorrerà effettuare un rilievo attento degli impianti e reti presenti nel complesso.



## 4 FILOSOFIA PROGETTUALE

### 4.1 Principi generali

Il Complesso della Cavallerizza è inserito nel centro storico della città di Torino e presenta una serie di peculiarità architettoniche e di integrazione urbana che comportano caratteristiche specifiche e vincoli in relazione alla progettazione dei sistemi energetici.

Infatti, le 7 Unità Minime di Intervento (UMI) sono caratterizzate da corpi di fabbrica storici, tutelati dal punto di vista architettonico ed inseriti in un'area aulica del tessuto cittadino.

Non è dunque possibile ipotizzare interventi di carattere edile ed impiantistico, mirati alla sostenibilità energetico-ambientale, che alterino significativamente lo spirito originale dei manufatti ed il loro aspetto.

È inoltre necessario considerare che il complesso si trova nel centro cittadino, in un ambito ad alta densità abitativa ed in una città che per morfologia del territorio circostante presenta significative criticità legate all'accumulo degli inquinanti aeriformi in atmosfera.

In relazione a queste considerazioni, e degli inevitabili compromessi che occorre realizzare fra esigenze architettoniche/urbanistiche e di sostenibilità ambientale, si sono individuati tre capisaldi che hanno guidato lo sviluppo dei concetti base dei sistemi edificio-impianto:

- a) **limitare gli interventi che stravolgano lo spirito degli edifici;**
- b) **limitare la produzione concentrata e localizzata di inquinanti;**
- c) **massimizzare l'efficienza energetica dei sistemi di conversione.**

Questi tre fattori guida hanno determinato una serie di pre-decisioni chiave circa l'architettura dei sistemi energetici, a monte della fase di analisi.

Volendo limitare l'impatto delle tecnologie per l'efficienza energetica sugli edifici (punto a) non appare realisticamente ipotizzabile una produzione *on site* significativa di energia elettrica (mediante sistemi fotovoltaici e/o micro eolici) e termica (solare termico).

Analogamente, anche l'impiego di soluzioni innovative ad alta prestazione per l'isolamento termico dell'involucro edilizio risulta difficilmente realizzabile. La riduzione della domanda energetica (carichi termici degli edifici) potrà quindi essere perseguita solo in modo limitato e per migliorare la sostenibilità energetico-ambientale del complesso occorrerà operare adottando strategie diverse dall'isolamento termico (ad esempio gestionali).

Il secondo punto (b), suggerisce poi di limitare, o evitare, l'adozione di schemi impiantistici che prevedano la conversione in loco di combustibili fossili. Dunque, l'opzione di utilizzare gas naturale come vettore energetico (adottando, ad esempio, caldaie a condensazione per la produzione di acqua calda sanitaria e per coprire il carico termico di riscaldamento o di immaginare sistemi di cogenerazione a servizio del

complesso) è stata considerata come non ottimale e non ulteriormente approfondita nell'analisi del ventaglio delle possibili architetture del sistema energetico.

Stante questo quadro, la linea di sviluppo che appare più promettente per ottimizzare la sostenibilità energetico ambientale del complesso e massimizzare l'efficienza energetica dei sistemi di conversione (punto c) è quella di mirare ad una **elettrificazione diffusa degli usi finali di energia**. Tale strategia, oltre che essere coerente con i concetti ed i vincoli sopra illustrati, è anche una fra le linee di indirizzo raccomandate dalle politiche di transizione energetica nazionale ed Europea (l'elettrificazione spinta degli usi finali sarà, ad esempio, uno dei topics dello Spoke 8 *"Final Use Optimization, Sustainability & Resilience In Energy Supply Chain"* del Partenariato Esteso 2 *"Scenari energetici del futuro"* - PNRR).

Tuttavia, al fine di poter sfruttare appieno ed in modo sostenibile questa misura occorre realizzare delle soluzioni che, da un lato massimizzino lo sfruttamento dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili e, dall'altro, consentano una integrazione ottimale del sistema energetico degli edifici con le *"Smart Grid"* (ciò sia per migliorare la sostenibilità ambientale che la "sostenibilità economica", aprendo la via allo sfruttamento efficace di un futuro mercato in tempo reale dell'energia elettrica).

Una possibile soluzione per perseguire tali obiettivi è quella della *"Energy Flexibility"*, approccio che viene, per altro, raccomandato anche dalle politiche per la transizione energetica.

È soprattutto attorno ai paradigmi dell'elettrificazione degli usi finali e della Energy Flexibility che si è ispirata e sviluppata la proposta progettuale del sistema energetico – impiantistico per il complesso della Cavallerizza.

## 4.2 Il concept impiantistico

L'incremento della domanda energetica globale, accoppiata alla necessità di ridurre l'emissione dei gas serra, porta ad una richiesta sempre più pressante ed urgente per ridurre l'utilizzo di fonti fossili ed aumentare la penetrazione di energia prodotta da fonti rinnovabili (Renewable Energy Sources, RES).

Tuttavia, le RES, quali il solare e l'eolico, sono caratterizzate da una produzione intrinsecamente variabile e stocastica, difficilmente prevedibile e non controllabile. Inoltre, quando l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili viene a coprire una quota elevata dell'energia globalmente generata, nascono serie problematiche di gestione e stabilità della rete di distribuzione.

Occorre quindi accompagnare la crescita della penetrazione delle RES con una transizione che consenta di passare dai sistemi attuali, dove si opera con una *"generazione a domanda"*, a sistemi innovativi che operino secondo uno schema di *"consumo a domanda"* al fine di meglio sincronizzare gli usi finali (che

seguono) con la generazione istantanea di energia (che guida). In pratica questo si ottiene solo se i consumi energetici diventano flessibili e se la domanda diviene “*responsiva*”.

In questo quadro l’“*Energy Flexibility*” degli edifici è spesso considerata come uno dei provvedimenti che possono contribuire in modo efficace a mitigare alcune delle criticità appena esposte e ad affrontare le sfide poste dai cosiddetti “*future demand-respond energy systems (electrical, district heating and gas grids)*” (rif. “*IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings Energy and Buildings*”, Volume 155, 15 November 2017, Pages 25-34).

La stessa proposta di “*Smart Readiness Indicator (SRI)*”, introdotta nella revisione del 2018 della direttiva “*European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*”, sancisce e definisce l’importanza che un edificio abbia la capacità di adattare le sue funzionalità ed operazioni in modo da soddisfare le richieste di comfort degli occupanti, ottimizzando nel contempo l’efficienza energetica e le prestazioni ambientali globali, rispondendo in modo dinamico e corretto ai segnali ed alla richieste provenienti dalle reti energetiche.

La “flessibilità energetica” di un edificio è commisurata alla quantità di domanda energetica istantanea che lo stesso può shiftare nel tempo – senza compromettere il comfort degli occupanti e soddisfacendo i vincoli tecnologici imposti dagli impianti – a seguito degli effetti di fattori di penalizzazione esterni, quali:

- la minimizzazione del consumo energetico;
- la minimizzazione dei costi operativi;
- la minimizzazione della produzione di CO<sub>2</sub>;
- una combinazione dei tre fattori precedenti.

Nelle politiche energetiche dell’EU, l’“*Energy Flexibility*” è uno dei tre pilastri che governano la “*smartness*” degli edifici. La Commissione Europea nei suoi studi, infatti, definisce “*smart building*” un edificio che si gestisce interagendo con gli utenti ed attuando una filosofia di tipo “*demand response*”.

Gli edifici possono offrire opportunità e gradi “*di flessibilità*” secondo vari schemi, ad esempio (rif. Agenzia Internazionale dell’Energia – IEA gruppo di lavoro “*EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings*”):

- 1) sfruttando la cosiddetta “*massa termica*” (stoccando energia termica nelle strutture e nell’involucro edilizio, tramite il cosiddetto “*accumulo passivo*”),
- 2) attuando lo “*shift*” e “*reshaping*” dei carichi termici per la climatizzazione (utilizzando, ad esempio degli accumuli di energia realizzati ad hoc, tramite il cosiddetto “*accumulo attivo*”),
- 3) implementando la ricarica dei veicoli elettrici,
- 4) attuando lo shift dei carichi elettrici interni (plug loads).

Nell maggior parte dei paesi sviluppati l’uso finale di energia negli edifici rappresenta circa il 30-40% del consumo complessivo. Questa domanda copre, fra le altre, le necessità di: riscaldamento, climatizzazione, acqua calda sanitaria, ventilazione, circolazione dei fluidi (pompe e ventilatori). Una larga parte di questi

consumi energetici può essere ridistribuita nel tempo (specie nell'arco delle 24 ore), contribuendo in tal modo a migliorare significativamente la flessibilità della domanda energetica dei sistemi impiantistici. In particolare si possono avere opportunità favorevoli nella redistribuzione di una quota dell'energia termica dovuta al riscaldamento, climatizzazione, acqua calda sanitaria e ventilazione (quest'ultima incide sia sulla domanda termica che su quella elettrica).

Gli strumenti attraverso cui attuare la redistribuzione nel tempo della domanda termica fanno riferimento alle strategie evidenziate ai punti 1 e 2.

Ad esempio, sfruttando la massa termica esposta dell'edificio (e.g. la sua inerzia termica effettiva) è possibile surriscaldare/sottoraffreddare l'edificio, di una entità tale da restare all'interno del campo dei limiti ammessi per il comfort termo-igrometrico degli occupanti, nelle ore in cui il costo dell'energia elettrica è basso oppure se essa è disponibile da produzione rinnovabile. L'energia termica in eccesso che viene stoccata può poi essere riestratta dalle strutture e sfruttata per posporre l'accensione o anticipare lo spegnimento dei sistemi impiantistici quando l'energia è disponibile a costi elevati o prodotta in condizioni di bassa sostenibilità ambientale. Questa procedura è spesso indicata come "accumulo passivo". L'accumulo passivo lo si attua con una combinazione fra soluzioni progettuali dei sistemi edificio-impianto (e.g. aumentando la massa termica esposta ed ottimizzando la scelta delle tipologie impiantistiche più idonee in relazione alla tecnologia costruttiva degli edifici) e strategie di controllo durante la fase operativa degli impianti.

Una secondo strumento, più direttamente connesso alla strategia del punto 2, è rappresentato dalla realizzazione di sistemi ad hoc per l'accumulo termico (per esempio accumuli di acqua calda sanitaria, accumuli ad acqua a ghiaccio o a PCM – Phase Change Materials). Si tratta di componenti impiantistici appositamente progettati e realizzati con lo scopo di stoccare energia termica e/o frigorifera. L'accumulo può essere realizzato sotto forma di energia sensibile (come nel caso dei serbatoi d'acqua calda/refrigerata) o di energia latente (come nel caso dei sistemi con ghiaccio o a PCM).

Uno studio Danese (rif. K. Hedegaard et al. "*Wind power integration using individual heat pumps – Analysis of different heat storage options*", Energy 47 pp 284-293, 2012. Elsevier) relativo all'implementazione su larga scala di pompe di calore per edifici monofamiliari (non servite da rete di teleriscaldamento) ha mostrato un incremento significativo nell'uso dell'eccesso di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed una diminuzione di consumo di fonti fossili durante le ore di bassa produzione da RES, mediante l'accumulo di energia termica. Quest'ultima è stata stoccata sia con accumuli (attivi) ad acqua calda che nelle strutture degli edifici stessi (attuando un accettabile surriscaldamento degli stessi nelle ore in cui la produzione elettrica da RES era ridondante rispetto alle necessità istantanee). Tali provvedimenti hanno portato ad una riduzione del 20% dell'eccesso di produzione da RES (eccesso che, in caso contrario avrebbe dovuto essere dissipato o, nel caso in un mercato energetico in tempo reale, sarebbe stato venduto

ad un prezzo negativo). La medesima fonte suggerisce, inoltre, che approcci simili possono essere anche adottati nel caso di comunità energetiche o in “*community heating (common heating system for a limited number of buildings)*”.

Di particolare interesse è quest'ultimo punto. Infatti, è possibile estendere il concetto introdotto da Hedergaard et al., allargandolo ad una “comunità di climatizzazione”, ovvero ad un gruppo di edifici che condividono gli stessi sistemi impiantistici per il riscaldamento, la ventilazione e la climatizzazione estiva. In questa accezione allargata rientra a pieno titolo il caso delle UMI che costituiscono il complesso della Cavallerizza. Ed è su questa base che si è sviluppata la proposta progettuale.

## 5 MODELLAZIONE ENERGETICA

Per permettere l'individuazione della strategia energetica più efficiente per la climatizzazione invernale ed estiva, risulta fondamentale partire dall'analisi dei fabbisogni termici ed elettrici degli edifici facendo riferimento alla futura fase di esercizio e quindi alle loro destinazioni d'uso e ed utilizzi effettivi.

Per tale ragione, è stata elaborata una simulazione energetica in regime dinamico, la quale ha permesso di ottenere i seguenti risultati:

- I fabbisogni di energia termica ed elettrica delle singole zone termiche per i diversi usi finali (riscaldamento, raffrescamento, produzione acqua calda per usi igienico sanitari, illuminazione artificiale e forza motrice per gli utilizzi previsti);
- una stima delle potenze termiche dei convertitori energetici (generatori termici e frigoriferi) e delle caratteristiche tecniche di alcuni componenti peculiari (accumuli termici, gruppi di pompaggio, etc.).

In merito al secondo punto, si specifica che i risultati di calcolo descritti nel presente elaborato sono stati elaborati a partire dalle indicazioni preliminari di intervento (destinazioni d'uso dei singoli ambienti e attività di efficientamento dell'involucro edilizio) e non rappresentano un dimensionamento di dettaglio delle potenze termiche ed elettriche richieste dalla normativa tecnica in vigore (a titolo di esempio si pensi al dimensionamento in condizioni di progetto del generatore di calore per il riscaldamento invernale secondo norma UNI 12831:2018). Questi ultimi richiedono infatti un livello progettuale più approfondito e dovranno essere sviluppati durante le fasi di progettazione di dettaglio che seguiranno.

Si segnala infine come tra i consumi analizzati previsti dalle stime effettuate, si è scelto di non includere in questa fase anche quelli legati al trasporto di persone e materiali, in quanto la collocazione e la tipologia degli ascensori e dei montacarichi che potranno essere installati dipenderanno dalle scelte effettuate in fase di progettazione avanzata. Si segnala comunque come tali apparecchiature saranno verosimilmente responsabili di consumi energetici e carichi di picco ritenuti trascurabili rispetto agli altri usi finali approfonditi nel presente elaborato.

### 5.1 Descrizione del modello e software di calcolo

Il software utilizzato per la modellazione energetica è Design Builder V.6.1.7.007 interfaccia grafica del motore di calcolo EnergyPlus™, software opensource per la simulazione energetica in regime dinamico validato e riconosciuto a livello internazionale.

La scelta di effettuare l'analisi in regime dinamico ha permesso di considerare sia l'andamento e la variabilità annuale delle condizioni climatiche esterne, che la variabilità dei carichi termici interni legati ai profili di utilizzo delle diverse UMI.

La costruzione geometrica del modello è partita dalla definizione delle zone termiche. Trattandosi di una analisi propedeutica allo sviluppo dei progetti delle diverse UMI, è stato necessario operare delle semplificazioni ed individuare dei dati di input del modello coerenti con le future destinazioni d'uso previste per ogni edificio, ma che potranno, presumibilmente, essere oggetto di aggiornamento futuro.

In particolare si identificano n° 69 zone termiche, individuate a livello di piano per singolo corpo di fabbrica (lettere da A a U) e per singola UMI (numeri da 1 a 10). il dettaglio delle singole zone termiche è riportato all'interno dell'Allegato 10.2.1.

Nella tabella allegata per ogni zona termica è riportato:

- il codice identificativo (riportante l'indicazione dell'UMI, del corpo di fabbrica e del livello dell'edificio);
- la proprietà;
- le principali destinazioni d'uso e l'utilizzo orario previsto;
- le aree lorde e nette;
- i volumi lordi e netti.

Per quanto riguarda i dati dimensionali si specifica che le dimensioni lorde per la modellazione sono state ricavate dai rilievi preliminari resi disponibili all'atto del presente studio. Le aree e i volumi netti sono invece stati stimati in via preliminare mediante l'analisi degli spessori delle pareti e delle altezze nette interne. Si presume che le dimensioni nette potranno subire variazioni nelle successive fasi di progettazione in quanto il dettaglio delle sistemazioni interne sarà disponibile solamente nelle fasi più avanzate di progettazione.

Si specifica inoltre che, per esigenza di semplificazione del modello energetico, sono state individuate sei macro-tipologie di destinazioni d'uso che sono state assegnate alle diverse zone termiche e alle quali sono stati associati i parametri termici, di comfort e i profili di utilizzo della zona e degli impianti HVAC dedicati. Tali parametri sono illustrati in modo più approfondito nell'allegato 10.2.2.

Le macro-tipologie di destinazione d'uso individuate corrispondono alle seguenti:

- attività ricettive;
- ristorazione;
- spazi espositivi;
- spazi per la didattica;
- uffici;
- depositi e locali tecnici.

## 5.2 Condizioni termo-igrometriche ambientali

Come accennato in precedenza, è stata condotta una valutazione molto approfondita per individuare le condizioni termo-igrometriche da garantire all'interno degli ambienti climatizzati.

La definizione delle condizioni termo-igrometriche ambientali è infatti un aspetto fondamentale da tenere in considerazione per la progettazione di un intervento di riqualificazione in quanto il comfort termico è in grado di influenzare la salute degli occupanti, ma anche la loro produttività e la capacità di apprendimento. D'altre parte livelli diversi di qualità del comfort interno determinano consumi diversi per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e controllo dell'umidità relativa all'interno degli edifici.

La definizione del livello accettabile di comfort per ogni zona termica risulta quindi indispensabile per la definizione dei dati di input della modellazione energetica. In particolare sono proposti e analizzati in questo studio 3 diversi livelli di comfort.

L'obiettivo di questa analisi è quello quindi di illustrare scenari differenti e offrire uno strumento per Committenza e progettisti utile all'individuazione del miglior compromesso possibile fra esigenze di comfort e riduzione dei fabbisogni energetici degli edifici.

Per la definizione delle classi di comfort e qualità dell'aria interna si è fatto riferimento alla normativa tecnica di settore (UNI EN ISO 7730: 2006 e UNI EN 16798 -1: 2019) che prevede per gli ambienti controllati meccanicamente la valutazione del comfort termico degli ambienti termici "moderati", mediante gli indici PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted percentage of dissatisfied).

Per maggior chiarezza si specifica che il PMV è un indice che predice il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone su una scala di sensazione termica a 7 punti (+ 3 molto caldo; + 2 caldo; + 1 leggermente caldo; 0 neutro; - 1 leggermente freddo; - 2 freddo; - 3 molto freddo). Tale indice è basato sulla rielaborazione dell'equazione di bilancio termico del corpo umano, quando sono stimati e/o misurati i seguenti parametri:

- l'attività (energia metabolica - MET);
- l'abbigliamento (resistenza termica - CLO);
- la temperatura dell'aria;
- la temperatura media radiante;
- la velocità relativa dell'aria;
- la pressione parziale del vapore d'acqua.

L'indice PPD fornisce, invece, informazioni sul disagio termico, o sul malessere termico, prevedendo la percentuale di persone che sentirebbe troppo caldo o troppo freddo in un certo ambiente e può essere ricavato sulla base del PMV.

Gli indici, e di conseguenza i valori di temperatura operativa, possono variare entro determinati intervalli di tolleranza sulla base delle categorie di comfort, definite in relazione alle aspettative degli occupanti e alla tipologia di edificio e destinazione d'uso.

Tabella 2 – Categorie di comfort – UNI EN 16798-1:2019

Category	Level of expectation
I	High
II	Medium
III	Moderate
IV	Low
<i>The categories are related to the level of expectations the occupants may have. A normal level would be "Medium". A higher level may be selected for occupants with special needs (children, elderly, persons with disabilities, etc.). A lower level will not provide any health risk but may decrease comfort.</i>	

Tabella 3 – Intervalli di tolleranza degli indici PMV e PPD per le differenti categorie. UNI EN 16798-1:2019

Category	Thermal state of the body as a whole	
	PPD %	PMV
I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
II	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7
IV	< 25	-1,0 < PMV < +1,0

Per gli interventi di riqualificazione, considerando le destinazioni d'uso in progetto, la categoria di comfort verso cui la normativa suggerisce di orientarsi è la Categoria II (o Classe B per la norma UNI EN ISO 7730) corrispondente ad un normale livello di aspettativa per un edificio riqualificato, con percentuale prevista di insoddisfatti inferiore al 10%. Si ritiene accettabile per il caso in esame anche la categoria III (o Classe C per la norma UNI EN ISO 7730) che corrisponde ad un livello di comfort accettabile per gli edifici esistenti con percentuale prevista di insoddisfatti inferiore al 15%,

Per il presente studio le modellazioni hanno riguardato i tre seguenti scenari:

- **Livello di comfort elevato:** zone termiche servite da impianto di riscaldamento (set-point: 21°C), impianto di raffrescamento (set-point: 25,5°C) e impianto di ventilazione meccanica in grado di mantenere l'umidità relativa dell'aria nell'intervallo 30-50% di UR.  
Ipotizzando di mantenere la temperatura operativa vicina al valore di temperatura dell'aria e impostando i valori di MET e CLO suggeriti dalla norma, la categoria di comfort ottenuta può variare nel corso dell'anno fra la **Categoria I e la Categoria II** (variazione legata alla temperatura media radiante). L'indice PPD non è mai superiore al 10%.
- **Livello di comfort medio:** zone termiche servite da impianto di riscaldamento (set-point: 20°C), impianto di raffrescamento (set-point: 26°C) e impianto di ventilazione meccanica con deumidificazione estiva (<60% UR).

Ipotizzando di mantenere la temperatura operativa vicina al valore di temperatura dell'aria e impostando i valori di MET e CLO suggeriti dalla norma, la categoria di comfort ottenuta può variare nel corso dell'anno fra la **Categoria II e la Categoria III**. L'indice PPD non è mai superiore al 15%.

- **Livello di comfort standard:** zone termiche servite da impianto di riscaldamento (set-point: 20°C), impianto di raffrescamento (set-point: 27°C) e ventilazione naturale.

Ipotizzando di mantenere la temperatura operativa vicina al valore di temperatura dell'aria e impostando i valori di MET e CLO suggeriti dalla norma, la categoria di comfort ottenuta può variare nel corso dell'anno fra la **Categoria II e la Categoria III**, per il periodo invernale, e fra la **Categoria III e la Categoria IV** nel periodo estivo. Si sottolinea che la categoria IV si ritiene accettabile solamente per periodi di tempo limitati e dovrebbero quindi essere attuate delle scelte tali da mitigare il rischio di discomfort (sistemi radianti, movimentazione dell'aria, strategie per il comfort adattativo degli utenti, etc.). Per questo livello, nel periodo estivo, l'indice PPD potrebbe risultare superiore al 15%. Al di là degli aspetti termo-igrometrici si sottolinea come i ricambi d'aria caratterizzanti il livello di comfort standard (ventilazione naturale) risultano inferiori rispetto a quanto previsto all'interno dei livelli elevato e medio e potrebbero comportare una peggiore qualità dell'aria interna legata ad una rimozione meno efficace degli inquinanti interni.

Ai tre livelli sopra descritti si aggiunge un quarto livello (**comfort basso**) accettabile solo per i locali tecnici e i depositi non occupati in modo continuativo. Per le zone termiche interessate da questo livello di comfort si ipotizza la presenza del solo impianto di riscaldamento per il periodo invernale (set-point: 14°C).

Il dettaglio delle varie assunzioni per ogni scenario è riportato nell'allegato 10.2.2.

Nel successivo paragrafo 5.4.1 sono descritti i risultati che la modellazione energetica ha restituito per i vari scenari.

## 5.3 Dati di calcolo

All'interno del presente paragrafo sono dettagliate le caratteristiche prestazionali dei componenti d'involucro e i dati di input utilizzati nella creazione del modello energetico dinamico richiamato all'interno dei paragrafi 5.1 e 5.2.

### 5.3.1 Caratteristiche dell'involucro edilizio

In merito agli aspetti edilizi ed architettonici, si sono identificate preliminarmente, di concerto con la Committenza, le strutture edilizie che saranno mantenute inalterate anche in seguito all'intervento di riqualificazione previsto e quelle che invece potranno essere oggetto di intervento con relativo efficientamento.

A partire da tali valutazioni generali, si è definito quanto segue:

- *Pareti perimetrali esterne*: tali componenti edilizi sono attualmente costituiti prevalentemente da muratura in laterizio pieno con spessori variabili e privi di strati con funzione coibente<sup>1</sup>. Non sono state previste, nell'ambito della modellazione energetica, variazioni al loro comportamento termoisolante. Questo perché eventuali opere di isolamento termico dall'esterno o dall'interno potrebbero comprometterne i caratteri storici e di pregio. Inoltre cappotti interni non permetterebbero lo sfruttamento della massa termica dell'edificio (aspetto trattato più avanti).



Figura 3 – Rilievo fotografico di una porzione di muratura perimetrale

- *Chiusure tecniche trasparenti e opache*: elementi d'involucro costituiti prevalentemente da telai in legno e da vetri singoli, solo in minima parte oggetto di sostituzioni con nuovi componenti nel corso degli anni. Nell'ambito della costruzione del modello energetico dinamico è stata ipotizzata la sostituzione globale di tali elementi con l'installazione di nuovi con livelli prestazionali in linea con gli attuali standard legislativi, mantenendone inalterata la geometria e senza impattare sulle caratteristiche architettoniche del fabbricato;

---

<sup>1</sup> Le uniche porzioni identificate in fase di sopralluogo che presentano una coibentazione dall'interno sono localizzate al piano terreno del fabbricato G. Tali coibentazioni risultano fortemente deteriorate e saranno probabilmente rimosse durante la riqualificazione.



Figura 4 – Esempio di serramento dotato di telaio in legno e vetro singolo

- *Falde di copertura:* questi elementi d'involucro sono oggi costituiti prevalentemente da tegole in cotto poggianti su travatura lignea, dotati in alcuni casi di rivestimenti interni (cannicciati e tavolati rivestiti in gesso o intonaco). Tali strutture risultano allo stato di fatto fortemente deteriorate e in alcuni casi assenti (si veda ad esempio la copertura dei fabbricati S e T, andata distrutta durante gli incendi che si sono susseguiti negli anni passati). Nella configurazione post-riqualificazione, si è ipotizzata la sostituzione completa delle coperture, con nuove caratterizzate da livelli prestazionali, in termini di isolamento termico, in linea con quanto previsto dalla normativa nazionale vigente;

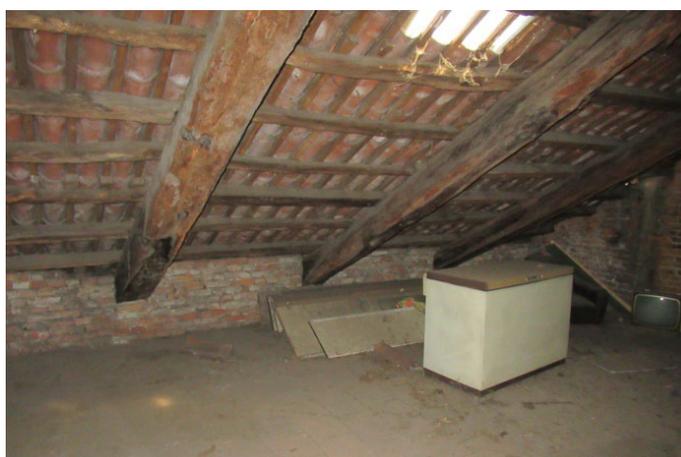


Figura 5 – Falde di copertura (vista dall'interno della struttura)

- *Solai disperdenti su esterno (copertura dei porticati): solai a volta in laterizio con assenza di elementi coibenti.* Analogamente a quanto riportato per le pareti perimetrali, anche in questo caso è stato ritenuto di non agire con interventi di coibentazione esterna e pertanto, nell'ambito della modellazione energetica, sono stati considerati come allo stato attuale;
- *Solai controterra:* strutture poggianti direttamente su terreno, prive di strati di coibentazione o elementi disaccoppianti. Nella configurazione post-intervento, si è ipotizzata la realizzazione di solai controterra caratterizzati dalla presenza di un vespaio aerato e di coibentazioni in linea con quanto previsto dalla normativa nazionale vigente. Tali interventi, oltre a ridurre le dispersioni termiche della struttura, conterranno eventuali fenomeni di risalita capillare dell'umidità del terreno.

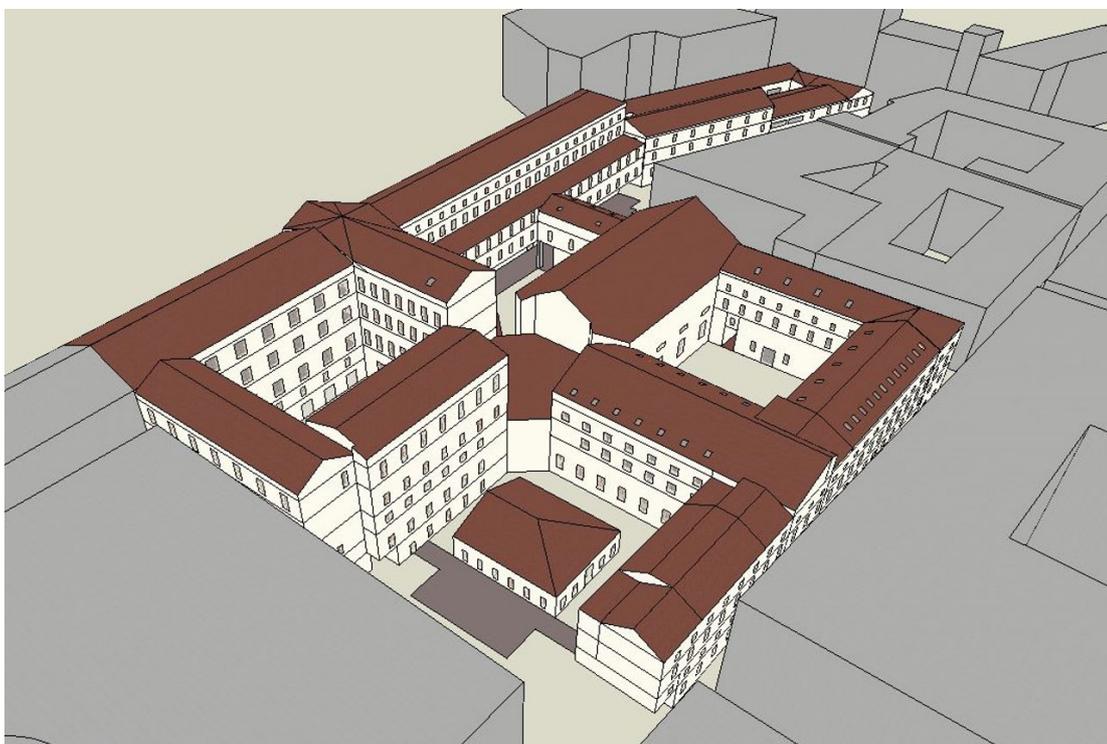


Figura 6 – Vista del modello energetico (software: Design Builder)

### 5.3.2 Profili di occupazione e di utilizzo

Per quanto concerne i profili di occupazione adottati, questi sono stati ricavati dal confronto tra le necessità espresse dalla Committenza (si veda Allegato 10.2.1) e i profili definiti all'interno del *User's Manual for ASHRAE Standard 90.1*.

Si riporta all'interno dell'Allegato 10.2.2 il dettaglio dei profili così definiti per ciascuna delle destinazioni d'uso prevalente.

## 5.4 Strategie gestionali per il contenimento dei consumi

Le simulazioni condotte e finalizzate a definire le dinamiche di fabbisogno termico e frigorifero degli edifici del complesso hanno permesso di fare alcune riflessioni in merito alle strategie gestionali finalizzate al contenimento dei consumi. Queste possono essere suddivise in due gruppi principali: quella basata sulla modifica delle prestazioni di comfort termo-igrometrico e quella basata sulla contrazione dei picchi di richiesta di energia termica.

### 5.4.1 Modifica delle prestazioni di comfort termo-igrometrico

A partire dai livelli di comfort ambientale definiti all'interno del paragrafo 5.2., sono state elaborate tre diverse simulazioni energetiche, le quali hanno permesso di valutare l'influenza delle condizioni interne sui consumi energetici per la climatizzazione invernale ed estiva. Tali simulazioni sono le seguenti:

- **simulazione A:** tutte le zone termiche presentano condizioni di **comfort elevato** ad eccezione delle zone definite come *depositi e locali tecnici*, le quali sono state modellate con condizioni di *comfort basso*;
- **simulazione B:** tutte le zone termiche presentano condizioni di **comfort medio** ad eccezione delle zone definite come *depositi e locali tecnici*, le quali sono state modellate con condizioni di *comfort basso*;
- **simulazione C:** tutte le zone termiche presentano condizioni di **comfort standard** ad eccezione delle zone definite come *depositi e locali tecnici*, le quali sono state modellate con condizioni di *comfort basso*.

All'interno dei grafici riportati a seguire sono rappresentate le aggregazioni mensili del fabbisogno di energia termica in ambiente per il riscaldamento invernale (Figura 7) e per il raffrescamento estivo (Figura 8), secondo le tre condizioni sopracitate.

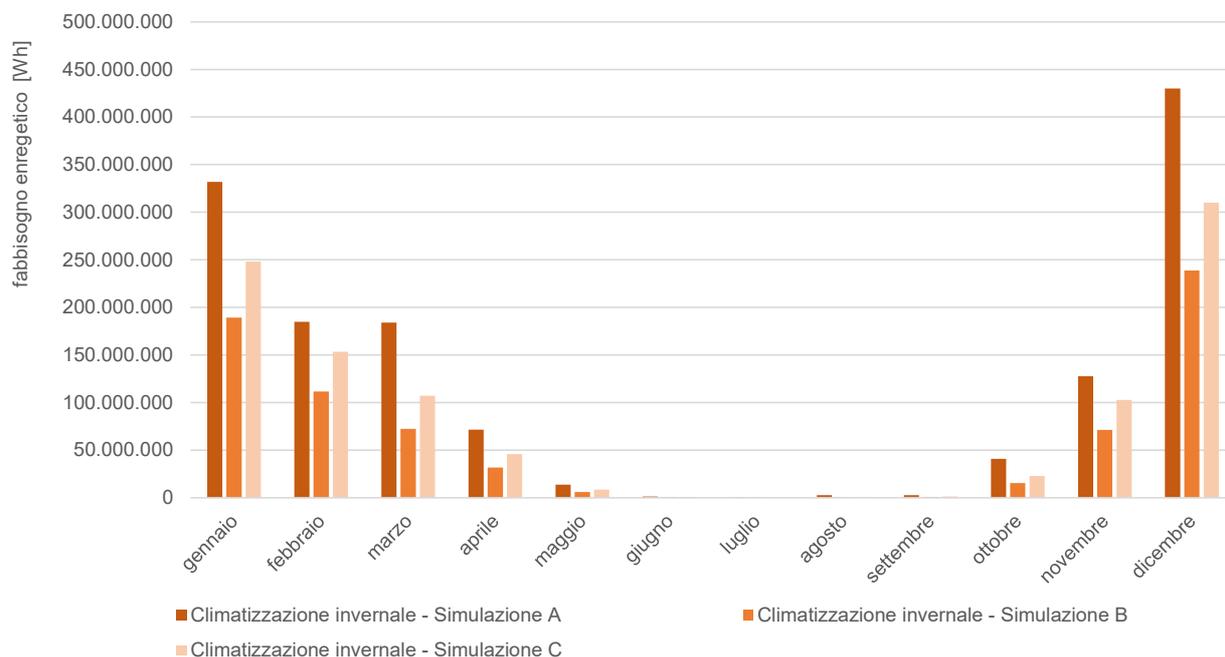


Figura 7 – Consumo termico utile previsto per la climatizzazione invernale secondo le tre condizioni di comfort interno considerate (Simulazione A, B e C)

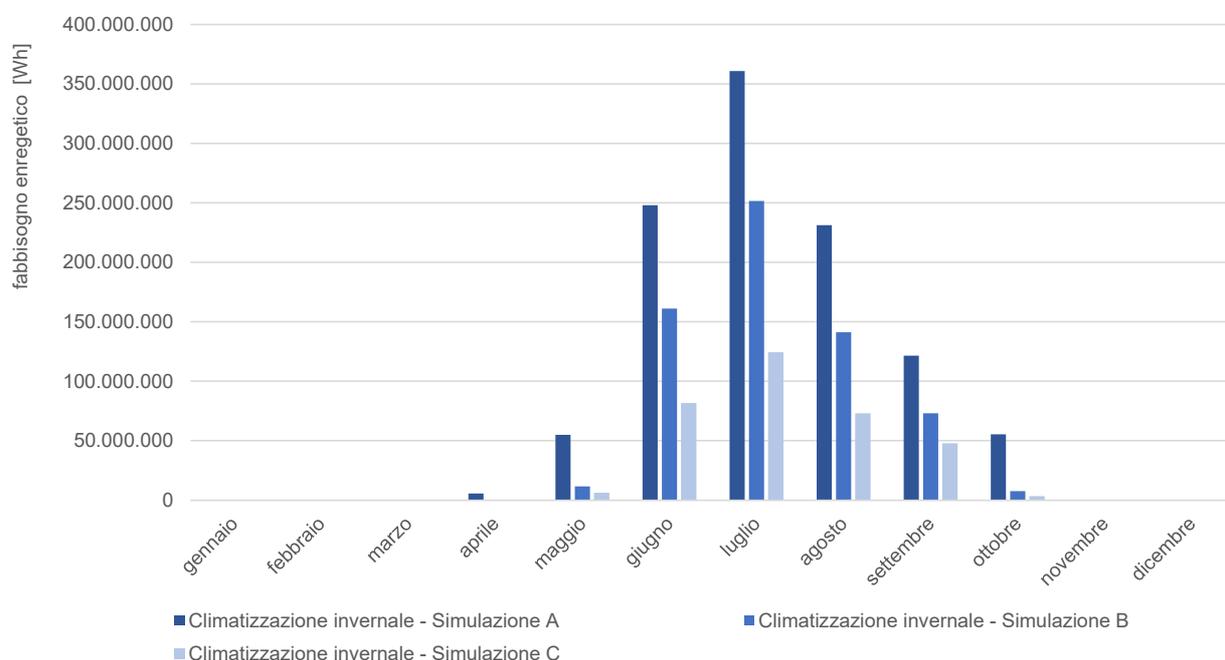


Figura 8 – Consumo frigorifero previsto per la climatizzazione estiva secondo le tre condizioni di comfort interno considerate (Simulazione A, B e C)

Dagli andamenti mensili sopra riportati, è possibile osservare come, nel passaggio tra le diverse simulazioni, si verifichi una progressiva contrazione dei fabbisogni energetici, sia per quanto riguarda la climatizzazione invernale (Figura 7) che per la climatizzazione estiva (Figura 8). In particolare si segnala quanto segue:

- la **simulazione B** presenta:
  - una riduzione del **47%** dei fabbisogni di energia termica per la climatizzazione invernale rispetto alla **simulazione A**;
  - una riduzione del **40%** dei fabbisogni di energia frigorifera per la climatizzazione estiva rispetto alla **simulazione A**;
- la **simulazione C** presenta:
  - una riduzione del **28%** dei fabbisogni di energia termica per la climatizzazione invernale rispetto alla **simulazione A**;
  - una riduzione del **69%** dei fabbisogni di energia frigorifera per la climatizzazione estiva rispetto alla **simulazione A**;

Ciò permette di concludere che, al di là degli aspetti impiantistici e degli interventi di efficientamento che possono interessare l'involucro edilizio, il comportamento dell'utente finale e la definizione dei parametri di comfort interno sono fondamentali nel determinare il consumo finale dell'edificio.

In particolare, si osserva come la **simulazione C** presenti dei valori di consumo invernale superiori rispetto alla **simulazione B**; ciò in quanto quest'ultima, utilizzando la ventilazione meccanica per il ricambio aria in ambiente, permette lo sfruttamento di recuperatori di calore sull'aria espulsa (tali sistemi permettono di utilizzare una quota dell'energia propria dell'aria espulsa per pre-riscaldare l'aria in ingresso). Ciò invece non si verifica durante il periodo estivo, nel quale la **simulazione C** presenta consumi inferiori. Ciò si verifica in quanto durante tale periodo l'utilizzo di recuperatori di calore è piuttosto limitato ed inoltre, utilizzando la **simulazione C** una ventilazione di tipo naturale, non sono presenti carichi termici per il trattamento e la deumidificazione dell'aria in ingresso. Quindi, in estrema sintesi, si presenta una convenienza durante la stagione di riscaldamento nel mantenimento delle condizioni interne corrispondenti alla *classe media* poiché porta ad una riduzione delle dispersioni termiche da compensare con l'impiego degli impianti. Mentre, durante la stagione di raffrescamento, il mantenimento delle condizioni interne corrispondenti alla *classe standard* risultano più vantaggiose in quanto la componente energetica della ventilazione è meno influenzata dalle dinamiche di recupero termico.

All'interno dell'Allegato 10.2.3 è possibile osservare i risultati delle tre diverse simulazioni riferiti alle singole UMI costituenti il complesso edilizio in esame. In merito ai dati disaggregati si evidenzia che, il fattore di forma dell'edificio (altezza del locale rispetto a superficie in pianta), diversifica l'andamento del fabbisogno della simulazione C per le diverse UMI in quanto la ventilazione naturale è stata imputata come valore costante pari a 0,5 vol/h.

Si segnala infine come, nel proseguo del presente elaborato, si è scelto di utilizzare sempre i dati interni di comfort propri della **simulazione A**. Tale scelta è stata operata in quanto ritenuta cautelativa per la determinazione delle potenze dei componenti impiantistici e dei consumi. Qualora in futuro si decidesse di adottare delle condizioni interne meno prestazionali rispetto alla **simulazione A**, ci si attende una riduzione delle potenze termiche richieste e si potrà procedere con l'utilizzo di convertitori energetici e componenti impiantistici di taglia inferiore, senza per questo compromettere la validità delle strategie qui proposte.

## 5.4.2 Contrazione dei picchi di domanda

Per quanto riguarda la strategia di ottimizzazione basata sulle contrazioni dei picchi di domanda termica, occorre precisare che tale valutazione può essere fatta con relativa attendibilità solo con riferimento a specifiche caratteristiche di generatori. Certamente, più un profilo di carico termico utile di un edificio è privo di picchi e/o ha picchi molto contenuti, maggiore potrà essere la resa del sistema energetico.

Nell'ambito dell'analisi che ha portato all'identificazione del sistema impiantistico più idoneo si è proceduto con lo studio dei profili di carico termico che si prevedono potranno verificarsi in esercizio, così da considerare le opportunità di contrazione dei picchi di domanda. Tale attività ha inoltre permesso di fornire le basi per le valutazioni dei sistemi di accumulo termico che, come vedremo nel capitolo 6, giocano un ruolo di prim'ordine nell'attuazione della filosofia progettuale descritta nel presente elaborato.

Sono state pertanto condotte simulazioni energetiche secondo due strategie di gestione degli impianti di climatizzazione così da analizzarne le variazioni di carico termico:

- | *regime di funzionamento base (non ottimizzato)*: l'accensione degli impianti termici coincide sostanzialmente con la fase di occupazione degli ambienti da parte dell'utenza finale (per maggior dettaglio si rimanda ai profili di occupazione riassunti all'interno dell'Allegato 10.2.2);
- | *regime di funzionamento ottimizzato*: l'accensione degli impianti termici è anticipata di alcune ore rispetto all'orario di effettiva occupazione, prevedendo un funzionamento attenuato volto a portare gli ambienti climatizzati in una condizione di "pre-comfort";

All'interno del grafico di seguito riportato sono rappresentati gli andamenti del carico termico istantaneo dell'impianto di climatizzazione invernale (globale del complesso) per il giorno di maggior carico (16 dicembre), valutati secondo le due ipotesi di funzionamento termico sopra citate (Figura 9).

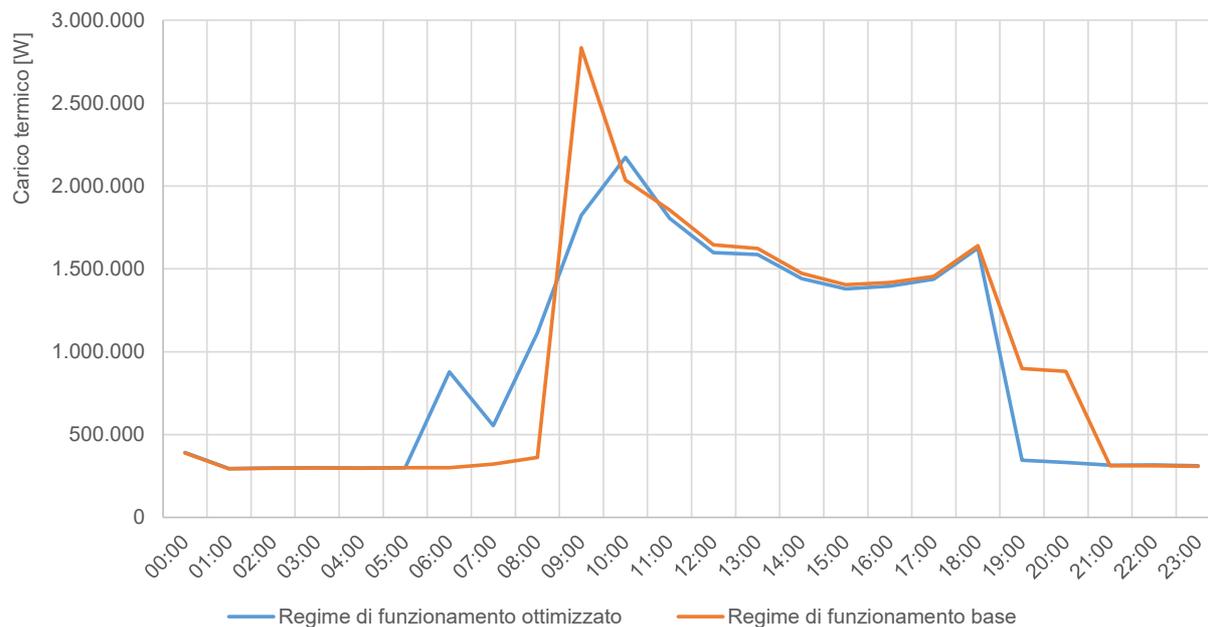


Figura 9 – Andamento del carico termico orario per la climatizzazione durante il giorno di progetto invernale

Dall'osservazione dell'andamento dei due carichi termici si evince come l'adozione del *Regime di funzionamento ottimizzato* abbia permesso di ridurre del 23% la potenza termica istantanea richiesta all'impianto per portare la zona termica in temperatura rispetto a quanto si verifica utilizzando il *Regime di funzionamento base*. Tale contrazione permetterebbe di:

- sfruttare al meglio le caratteristiche della soluzione impiantistica proposta all'interno del presente studio;
- ridurre le capacità di accumulo termico e, conseguentemente, i costi di realizzazione;
- incrementare l'efficienza energetica dei convertitori (generatori).

Le medesime simulazioni condotte invece in relazione alla climatizzazione estiva non hanno portato risultati di rilievo. Durante la stagione di raffrescamento infatti i picchi di domanda non si registrano nelle prime ore di occupazione degli impianti, pertanto tale strategia di ottimizzazione basate su anticipazioni di avvio degli impianti non fornisce risultati apprezzabili o utili dal punto di vista energetico. Durante la stagione di raffrescamento, potrà invece essere più efficace adottare tecniche di attivazione della massa termica dell'edificio come più avanti illustrato.

## 5.5 Fabbisogni termici ed elettrici

All'interno del presente paragrafo si riportano i principali risultati delle simulazioni energetiche effettuate con la finalità di individuare i fabbisogni di energia termica, intesa come carico termico utile degli edifici, ed

elettrica in ambiente, ossia per l'illuminazione e per gli usi elettrici locali più usuali (FEM), per i diversi usi finali previsti all'interno del complesso. Come riportato nei paragrafi precedenti, si ricorda che tali valori:

- sono stati calcolati a partire dai dati di input propri della **simulazione A** (livello di *comfort interno elevato* e utilizzo tutto l'anno di impianti di ventilazione meccanica dotati di recuperatori di calore e controllo dell'umidità);
- sono determinati al netto dei rendimenti impiantistici, in particolare dei generatori, e rappresentano esclusivamente il fabbisogno energetico che gli impianti dovranno fornire al complesso.

Tale analisi ha fornito le basi per definire il sistema impiantistico proposto e descritto all'interno del capitolo 6.

## 5.5.1 Profili di carico ambientale

L'analisi dei profili di carico termico utile degli edifici, nei giorni più gravosi (stagione termica e frigorifera), permette di fornire informazioni preziose per la definizione del sistema energetico ottimale, in termini di disponibilità energetica (per esempio geotermica), di taglia dei convertitori energetici e dei sistemi di accumulo.

Nei grafici che seguono sono riportati i profili di carico termico dell'intero complesso e successivamente delle singole UMI, considerando, per la stagione di riscaldamento, le ottimizzazioni finalizzate alla contrazione dei picchi descritte in precedenza.

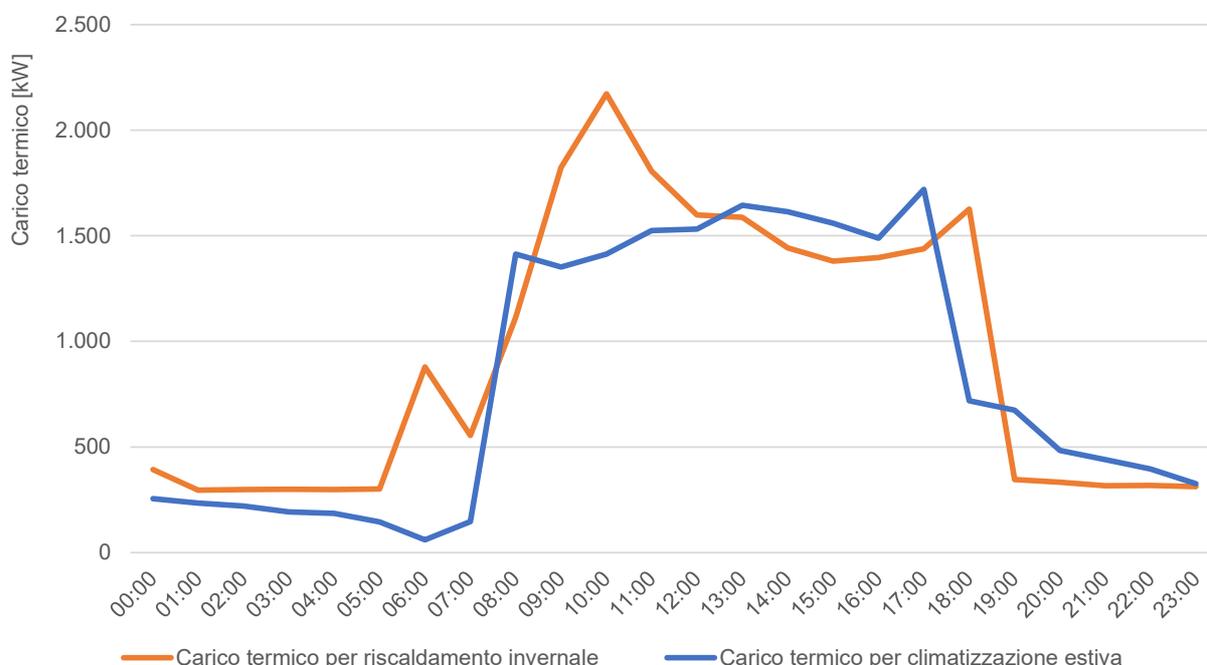


Figura 10 – Andamento del carico termico orario per la climatizzazione invernale ed estiva (simulazione effettuata nei giorni caratterizzati dalle condizioni esterne più gravose)

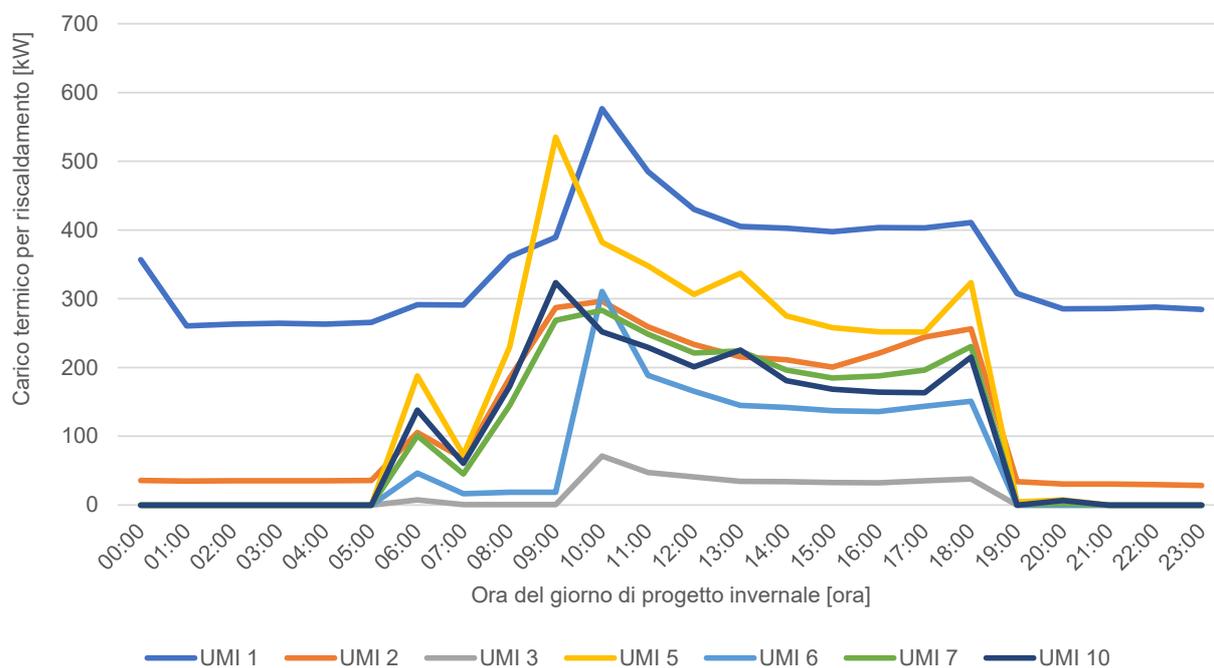


Figura 11 – profili di carico termico utile delle singole UMI – giorno più gravoso della stagione invernale (16 dicembre)

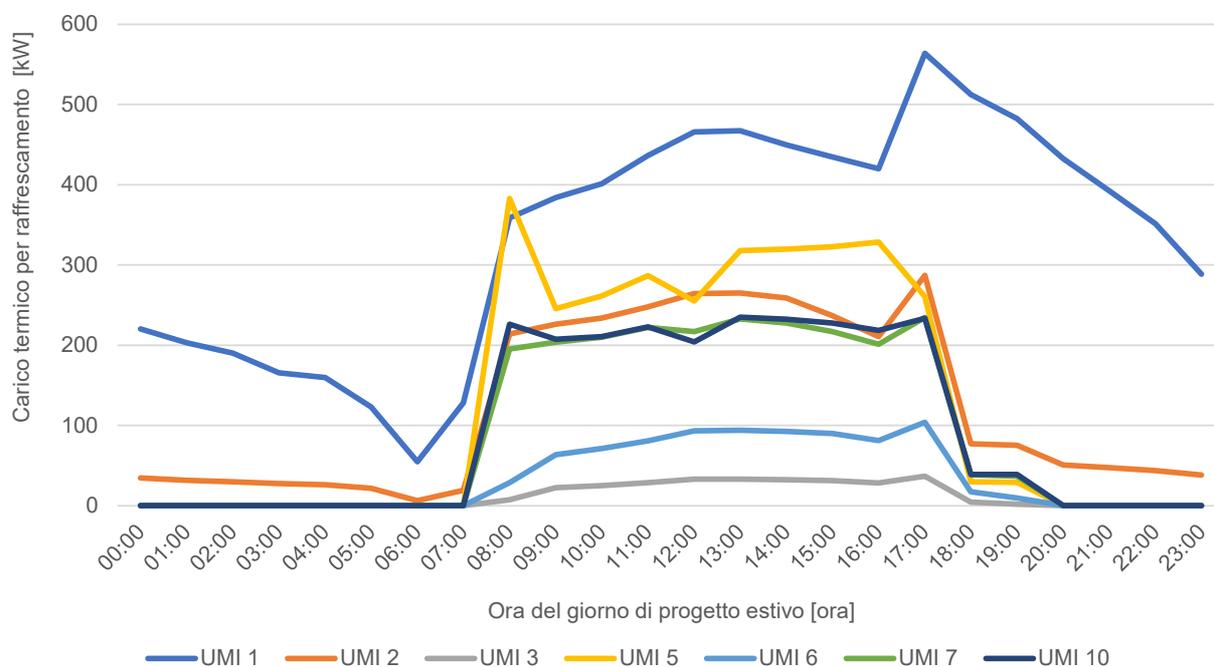


Figura 12 – profili di carico termico utile delle singole UMI – giorno più gravoso della stagione estiva (31 luglio)

## 5.5.2 Fabbisogni energetici per usi finali

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni energetiche in termini di disaggregazione per uso finale.

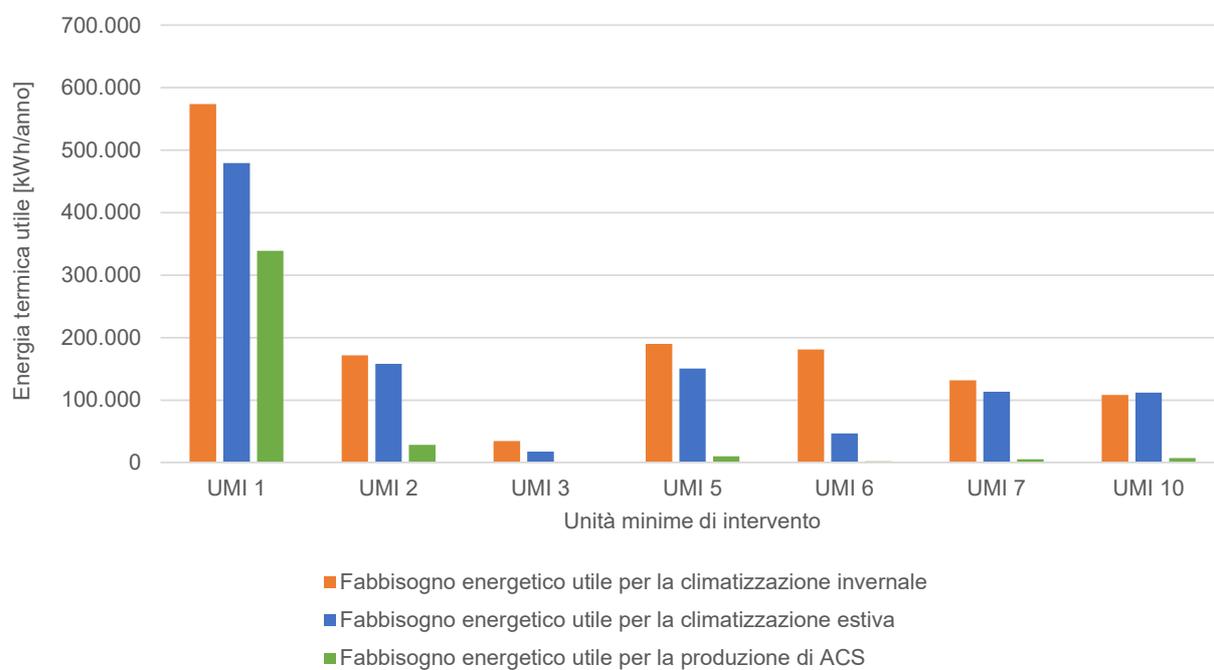


Figura 13 – Fabbisogno annuale di energia termica/frigorifera utile

Tabella 4 – Fabbisogno di energia termica/frigorifera utile

Unità minima di intervento	Fabbisogno energetico utile per la climatizzazione invernale	Fabbisogno energetico utile per la climatizzazione estiva	Fabbisogno energetico utile per la produzione di ACS
	[kWh <sub>TH</sub> /anno]	[kWh <sub>TH</sub> /anno]	[kWh <sub>TH</sub> /anno]
UMI 1	573.718	479.619	339.129
UMI 2	171.822	158.134	28.380
UMI 3	34.658	17.629	684
UMI 5	189.852	150.337	10.188
UMI 6	181.071	46.700	1.860
UMI 7	131.781	113.252	5.211
UMI 10	108.467	111.789	7.380
<b>TOTALE</b>	<b>1.391.370</b>	<b>1.077.462</b>	<b>392.833</b>

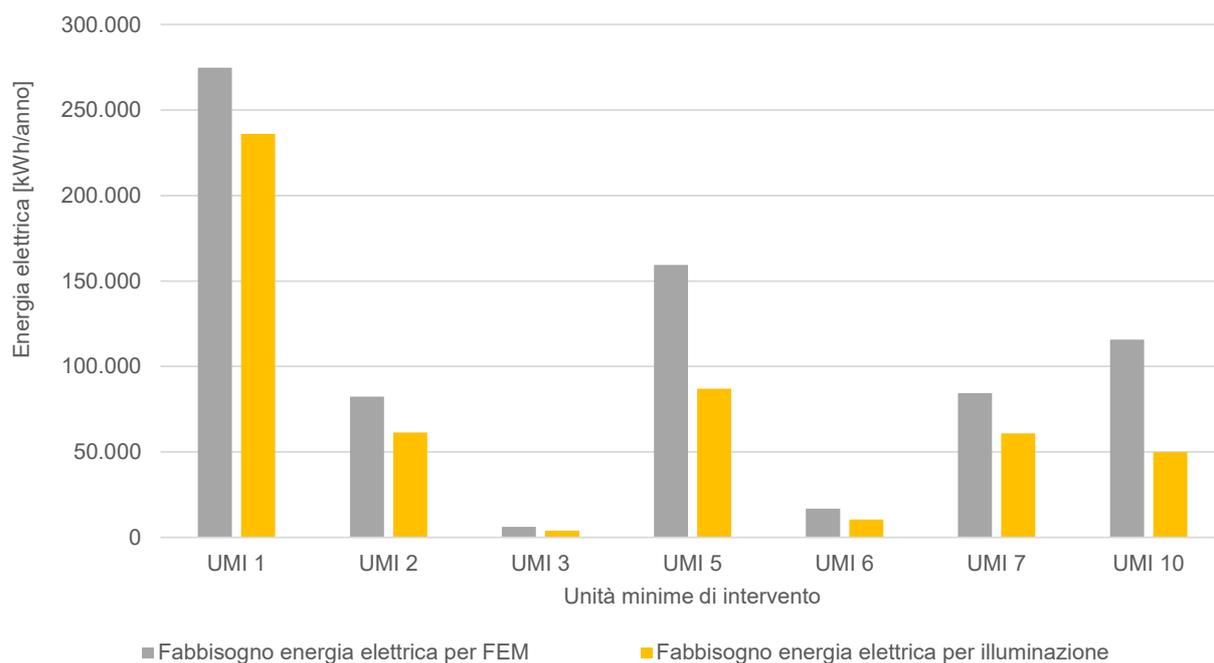


Figura 14 – Fabbisogno annuale di energia elettrica

Tabella 5 – Fabbisogno di energia elettrica per illuminazione e FEM

Unità minima di intervento	Fabbisogno energia elettrica per FEM	Fabbisogno energia elettrica per illuminazione
	[kWh <sub>EL</sub> /anno]	[kWh <sub>EL</sub> /anno]
<b>UMI 1</b>	274.700	236.130
<b>UMI 2</b>	82.328	61.430
<b>UMI 3</b>	6.192	3.870
<b>UMI 5</b>	159.454	87.038
<b>UMI 6</b>	16.840	10.525
<b>UMI 7</b>	84.352	60.837
<b>UMI 10</b>	115.633	49.829
<b>TOTALE</b>	<b>739.497</b>	<b>509.660</b>

Tabella 6 – Fabbisogno energetici per uso finale

Uso finale dell'energia	Fabbisogni annuali termici/frigoriferi utili [kWh]	Fabbisogni annuali elettrici [kWh]
Riscaldamento	1.391.370	309.193 <sup>2</sup>
Raffrescamento	1.077.462	195.902 <sup>3</sup>
Acqua calda sanitaria	392.833	87.296 <sup>4</sup>
Illuminazione	_ <sup>5</sup>	739.497
FEM	_ <sup>6</sup>	509.660

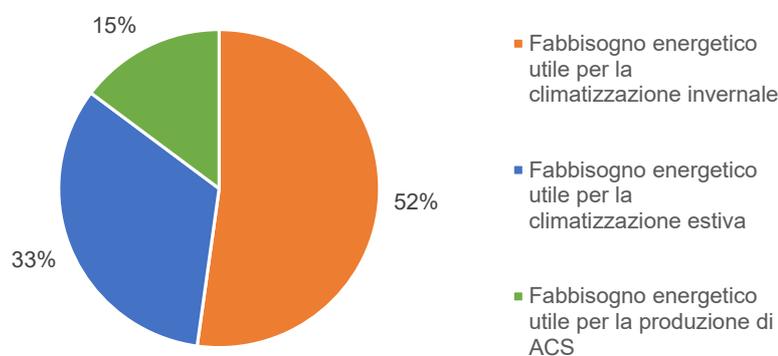


Figura 15 – disaggregazione dei fabbisogni termici/frigoriferi per riscaldamento, raffrescamento e ACS

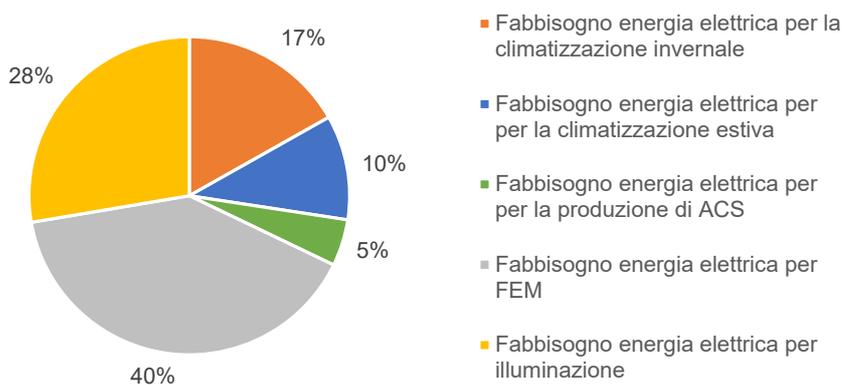


Figura 16 – disaggregazione dei fabbisogni elettrici per uso finale

<sup>2</sup> Assumendo un COP medio pari a 4,5, tipico di un PdC ad acqua

<sup>3</sup> Assumendo un EER medio pari a 5,5, tipico di un PdC ad acqua

<sup>4</sup> Assumendo un COP pari a 4,5, tipico di un PdC ad acqua

<sup>5</sup> Uso finale che non prevede fabbisogno termico

<sup>6</sup> Uso finale che non prevede fabbisogno termico

L'analisi dei risultati sopra riportati porta ad una serie di conclusioni importanti che stanno alla base delle scelte che hanno indirizzato alla definizione del sistema energetico proposto nel capitolo 6, in linea con la filosofia progettuale già espressa in precedenza:

- | degli usi finali che prevedono l'impiego di vettori termici, la produzione di acqua calda sanitaria è l'uso meno energivoro e quindi meno rilevante nell'ambito della selezione del sistema energetico ottimale. Essa potrà essere prodotta anche attraverso sistemi autonomi, locali, di minor entità e che potranno eventualmente sfruttare energia termica di "scarto" derivante dagli usi più energivori (riscaldamento e raffrescamento);
- | gli usi finali che prevedono l'impiego di vettori termici sono quelli che in termini energetici risultano prevalenti all'interno del complesso.

## 5.6 Confronto di efficienza tra produzione ad acqua e produzione ad aria

Nel presente paragrafo è riportata un'analisi comparativa tra l'efficienza energetica di un convertitore energetico/generatore del tipo a pompa di calore alimentato ad aria con uno alimentato ad acqua.

Tipologia di generatore	COP medio annuo	EER medio annuo
PdC ad aria	3,3	6,0
PdC ad acqua	3,9 <sup>7</sup>	6,2 <sup>7</sup>

Mese	Fabbisogno elettrico PdC ad aria [kWh]	Fabbisogno elettrico PdC ad acqua [kWh]
gennaio	101.176	85.947
febbraio	50.195	46.444
marzo	46.815	45.374
aprile	17.820	18.097
maggio	10.887	11.773
giugno	43.344	40.566
luglio	61.679	58.487
agosto	37.793	37.683
settembre	20.742	20.171
ottobre	17.829	18.610
novembre	31.967	31.354
dicembre	157.761	115.004

<sup>7</sup> Valore che tiene conto dei sistemi di pompaggio dell'acqua di falda

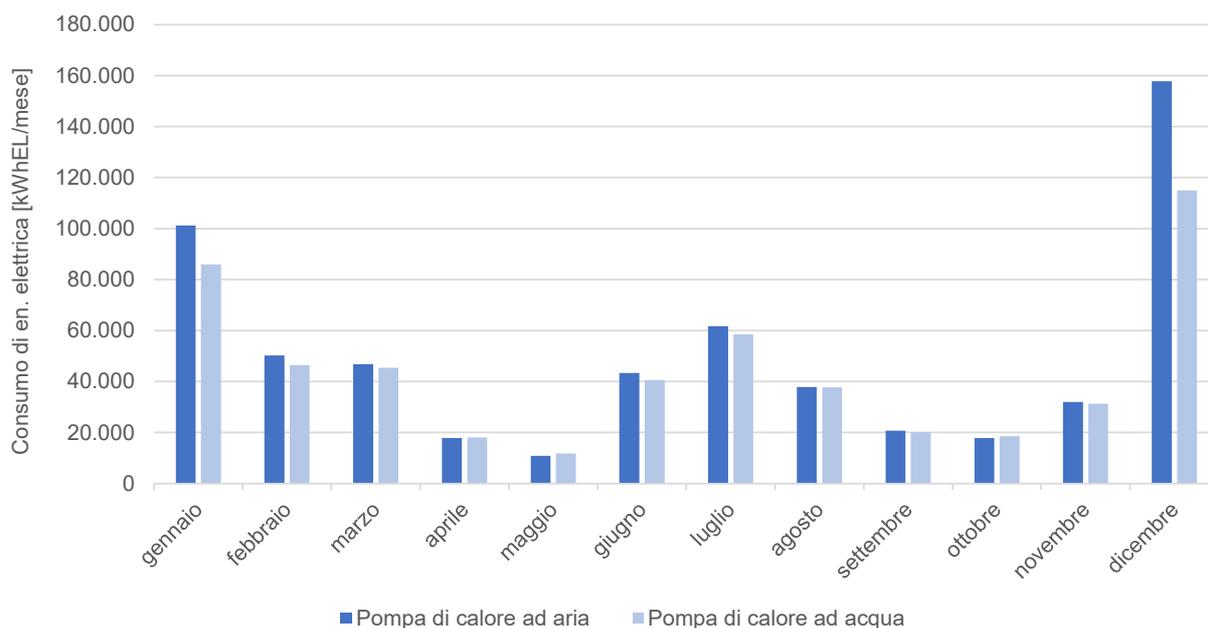


Figura 17 – confronto di fabbisogno elettrico di generatore a pompa di calore ad acqua con pompa di calore ad aria

Come si può apprezzare dal diagramma e dalla tabella sopra riportate, i sistemi con pompe di calore alimentati ad acqua presentano maggiori efficienze. Ciò detto, le differenze in termini di resa sono più marcate durante la stagione di riscaldamento (nei mesi con temperatura esterne più rigide) mentre la differenza di efficienza in termini globali è meno significativa.

Rispetto a queste valutazioni occorre però fare alcune considerazioni:

- i dati climatici disponibili per la modellazione non sono ancora allineati con i recenti cambiamenti climatici e le temperature alle quali la pompa di calore potrà trovarsi ad operare durante la stagione estiva potranno essere frequentemente più prossimi ai valori massimi corrispondenti al giorno di progetto e quindi incrementare gli assorbimenti della condensazione ad aria rispetto a quella ad acqua (che non risente del clima esterno);
- la collocazione della pompa di calore condensata ad aria in un contesto storico con edifici vincolati è complessa (o in diversi casi irrealizzabile) se non a scapito di costosi interventi o compromessi estetici;
- il trattamento dell'impatto acustico dell'impianto, per la pompa di calore ad aria, è di difficile soluzione e, frequentemente, causa di problemi e controversie, anche legali, che si ripercuotono pesantemente sulla gestione.

## 5.7 Fabbisogni di potenza termici ed elettrici

All'interno del presente paragrafo sono riportate le valutazioni in termini di potenza termica/frigorifera ed elettrica per i vari usi finali dell'energia. Tale attività ha la finalità di effettuare una prima stima delle taglie dei generatori e degli impianti in generale, in modo tale da effettuare verifiche preliminari dell'attuabilità del concept progettuale poi descritto all'interno del capitolo 6.

Come già segnalato, si ricorda come tali indicazioni sono direttamente dipendenti dalle ipotesi di intervento dettagliate all'interno del presente elaborato e potranno subire modifiche durante le fasi più avanzate della progettazione.

### 5.7.1 Fabbisogni di potenza termica e frigorifera degli edifici

Con riferimento a quanto già trattato all'interno del paragrafo 5.5.1, è bene fare una precisazione in merito alle differenze tra le potenze richieste in base ai calcoli in condizioni di progetto rispetto alle medesime derivanti da simulazioni energetiche valutate nei giorni più gravosi dell'anno. Nel primo caso, ove si ricavano dati di potenza maggiore, sono valutate condizioni al contorno definite da norma e che molto raramente si presenteranno nel corso della vita del sistema edificio-impianto. Nel secondo caso invece le potenze derivano da valutazioni effettuate con condizioni al contorno che più facilmente si potranno presentare durante l'uso degli edifici.

Per quanto concerne il carico termico invernale, la valutazione in condizioni di progetto (temperatura esterna pari a  $-8^{\circ}\text{C}$  e assenza di apporti termici gratuiti), ha restituito, per le singole zone termiche, i valori indicanti nel grafico sottostante.

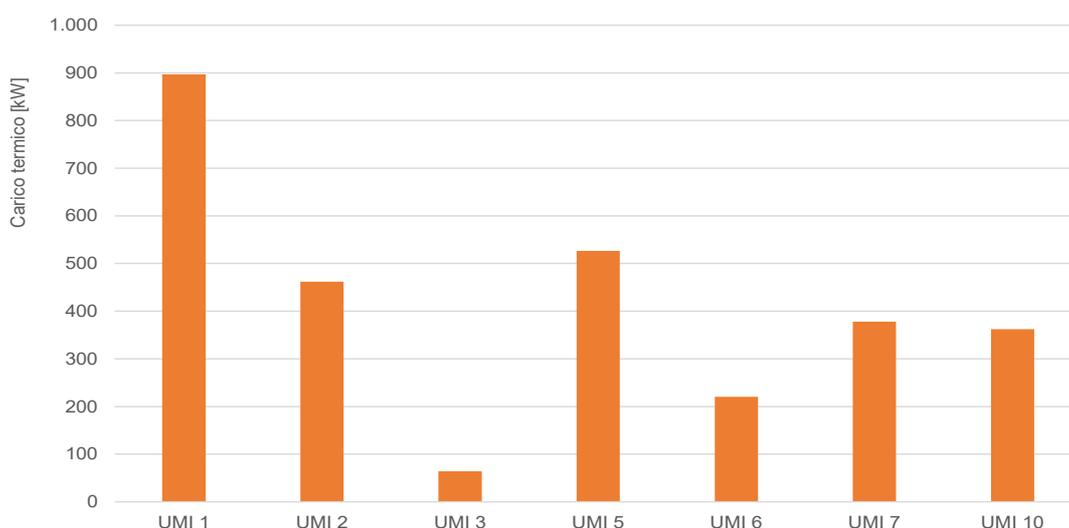


Figura 18 – Carico termico invernale in condizioni di progetto delle singole UMI

Il valore globale che ne risulta è pari a 2,9 MW, contro i 2,2 MW valutati nel giorno più gravoso della stagione di riscaldamento. La differenza tra il valore restituito dalla modellazione per il giorno più gravoso e il valore di progetto, può essere giustificato in termini di applicazione di un coefficiente di sicurezza.

Applicando il medesimo coefficiente all'analogo risultato della modellazione per il periodo estivo (1,7 MW), si ottiene un fabbisogno di progetto pari a 2,3 MW.

## 5.7.2 Stima delle potenze elettriche per usi finali

Le potenze elettriche specifiche per destinazione d'uso sono reperite a partire da quanto contenuto all'interno del *User's Manual for ASHRAE Standard 90.1* e forniscono un'indicazione su quelle che potrebbero essere le potenze massime presenti in ambiente nelle condizioni post-riqualificazione (a meno delle potenze elettriche necessarie per gli impianti di climatizzazione).

UMI	Destinazione d'uso	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potenza elettrica specifica per illuminazione [W/m <sup>2</sup> ]	Potenza elettrica specifica per altri usi FEM [W/m <sup>2</sup> ]	Potenza elettrica totale [kW]	
1	deposito	956	5	-	4,8	120,5
	ricettivo	7.520	5	6	82,7	
	ufficio	532	5	12	9,0	
	ambienti didattici	485	5	8	6,3	
	ricreativo (ristorante)	1.351	5	4	12,2	
	espositivo (museo)	419	5	8	5,4	
2	deposito	250	5	-	1,3	55,5
	ambienti didattici	2.658	5	8	34,6	
	espositivo (museo)	428	5	8	5,6	
	ricettivo	1.288	5	6	14,2	
3	espositivo (museo)	334	5	8	4,3	4,3
5	deposito	1.678	5	-	8,4	96,4
	ufficio	5.179	5	12	88,0	
6	espositivo (museo)	921	5	8	12,0	12,0
7	espositivo (museo)	332	5	8	4,3	49,4
	ufficio	2.065	5	12	35,1	
	ambienti didattici	764	5	8	9,9	
10	depositi	199	5	-	1,0	66,0
	ufficio	3.826	5	12	65,0	
<b>TOTALE</b>					<b>404,1</b>	

## 6 SISTEMI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA

### 6.1 Elementi chiave del sistema di produzione

Premettendo che il teleriscaldamento, per la zona in oggetto, non solo non è attualmente disponibile, ma non lo sarà neanche in futuro dato che il centro cittadino è ad oggi escluso dai piani di ampliamento della rete cittadina da parte di Iren, alla luce del quadro evidenziato nel capitolo precedente relativo alla filosofia progettuale, le scelte di base su cui si è sviluppato il concept generale del sistema impiantistico del complesso della Cavallerizza sono state:

- adozione di un sistema di climatizzazione che sfrutta pompe di calore per la produzione dell'energia termica e frigorifera in modo da garantire la completa elettrificazione degli usi finali termici (nessuna emissione localizzata di inquinanti, massimizzazione delle opportunità di sfruttare energia prelevata dalla rete e prodotta – non on site – da RES) e nel contempo permettere un recupero termico all'interno dello stesso edificio servito;
- adozione di macchine condensate ad acqua, al fine di utilizzare sistemi di conversione energetica ad alta efficienza (COP ed EER significativamente più elevati rispetto ad analoghe macchine condensate ad aria);
- adozione di accumuli a PCM e di un accumulo di acqua tecnologica per assicurare una maggiore flessibilità energetica con i seguenti vantaggi:
  - possibilità di limitare il prelievo di energia elettrica durante le ore a maggior costo e/o le ore durante le quali l'energia elettrica è prodotta in modo meno sostenibile;
  - miglioramento del “*source energy savings*”;
  - possibilità di limitare le portate di acqua di falda emunte;
- realizzazione di una “comunità di climatizzazione”. L'insieme delle UMI è servito da un unico anello di distribuzione dell'acqua di condensazione, con ritorno inverso. Ciascuna UMI è dotata di una propria sotto centrale termofrigorifera (si veda schema concettuale di figura 1) connessa all'anello di acqua di condensazione. Nel corso delle mezze stagioni, quando può accadere che alcuni corpi di fabbrica o alcune UMI richiedano del riscaldamento ed altre necessitino, invece, di un raffrescamento, l'anello di acqua consente di realizzare degli scambi “interni” di energia fra le UMI e porta ad un recupero energetico;
- sfruttamento della massa termica degli edifici per realizzare un accumulo passivo. Grazie al fatto che il complesso è costituito prevalentemente da edifici storici che presentano componenti edilizi massivi è possibile in fase di gestione dei sistemi impiantistici attuare una strategia di accumulo passivo a ulteriore supporto degli accumuli attivi a PCM.

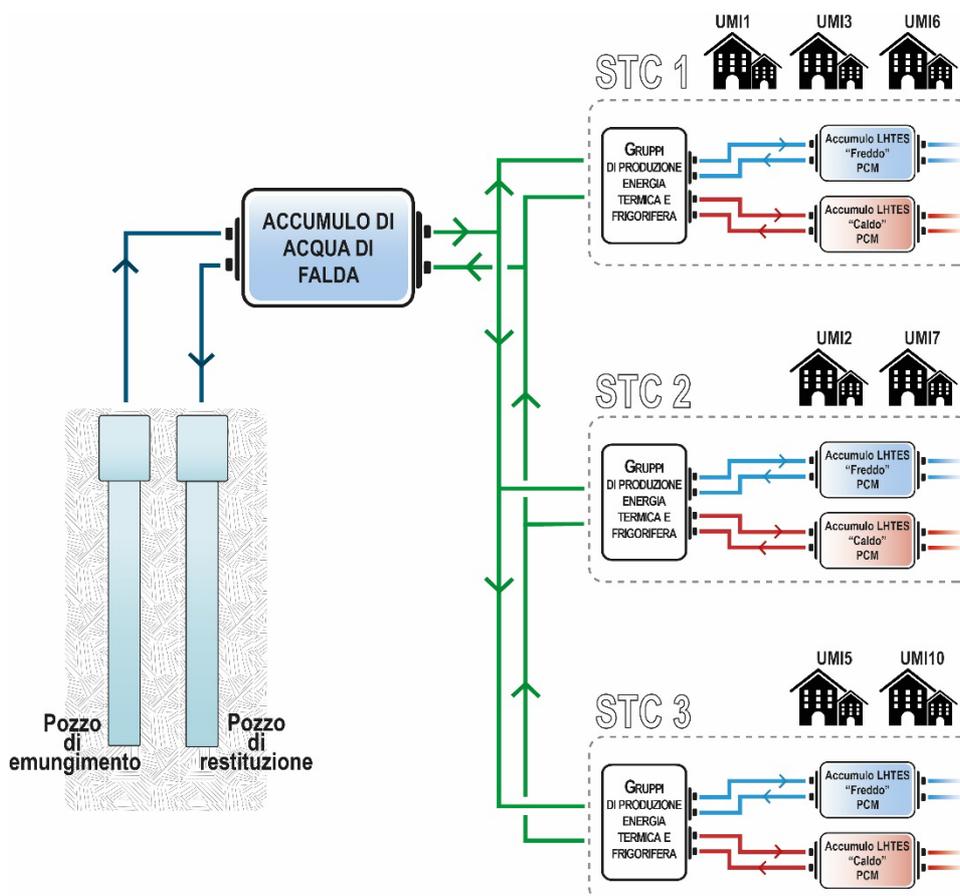


Figura 19 – Schema concettuale dell’architettura del sistema impiantistico

L’architettura del sistema, strutturata sulla base di considerazioni di carattere energetico, presenta anche il vantaggio di una flessibilità in termini realizzativi. Infatti, a fronte di una infrastruttura comune a tutto il complesso della Cavallerizza costituita: dai pozzi di emungimento e re-immissione, dall’accumulo e dall’anello di distribuzione dell’acqua di condensazione, le singole sotto centrali termo-frigorifere (con relativi gruppi di produzione ed accumuli a PCM) risultano completamente indipendenti e possono essere realizzate ed allacciate all’anello anche in tempi diversi.

La decisione di adottare accumuli di tipo LHTES (Latent Heat Thermal Energy Storages) a PCM (schema Figura 20) trova giustificazione nella volontà di contenere gli ingombri degli accumuli che dovranno essere realizzati a coppie (uno “caldo” ed uno “freddo”) nelle varie sotto centrali a servizio delle singole UMI.

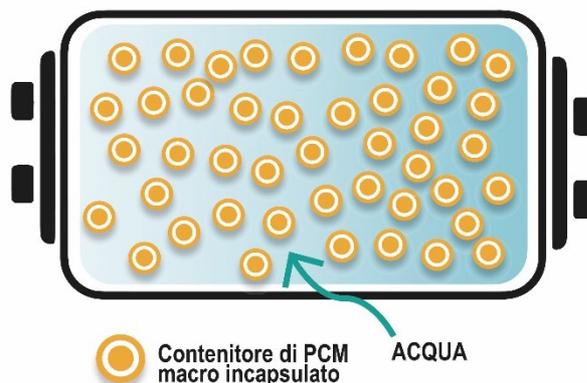


Figura 20 – Schema di concetto dell'accumulo termico di tipo LHTES a PCM

## 6.2 Descrizione del sistema di produzione dell'energia termica

Il pre-dimensionamento del sistema di produzione dell'energia termica si basa sugli esiti della modellazione energetica descritta nel precedente omonimo capitolo.

Come già indicato, in questa fase e in relazione al livello di approfondimento e ai dati disponibili, i valori di dimensionamento indicati nel presente studio sono da considerarsi delle stime preliminari che dovranno certamente essere oggetto di approfondimento nelle successive fasi progettuali sia per quanto attiene la scala di edificio (UMI) sia per quanto attiene la scala di quartiere per la centrale e la rete distributiva di complesso.

Come premesso nel paragrafo precedente, l'architettura dell'impianto prevede i seguenti sistemi impiantistici:

- pozzi di emungimento acqua di falda;
- pozzi di restituzione acqua di falda;
- centrale di compressorio dotata di sistemi per lo scambio di calore tra acqua di falda e l'accumulo di acqua tecnologica;
- accumulo acqua tecnologica;
- rete di compressorio per la distribuzione dell'acqua tecnologica;
- sottocentrali di edificio/UMI per la collocazione dei gruppi condensati ad acqua di pozzo e degli accumuli a PCM.

In allegato al presente documento sono riportati gli schemi grafici esemplificativi delle soluzioni descritte nel presente capitolo.

## 6.2.1 Il sistema di emungimento dell'acqua di falda

Il prelievo e la successiva restituzione dell'acqua di falda ha lo scopo di permettere uno scambio termico tra il sottosuolo e l'accumulo di acqua tecnologica che sarà utilizzata come sorgente termica per le macchine poste nelle sottocentrali dei vari edifici/UMI.

Ai fini del pre-dimensionamento della quantità di acqua di falda necessaria, sono stati utilizzati i seguenti dati:

- fabbisogno di potenza termica invernale:	2.900 kW
- fabbisogno di potenza termica estiva:	2.300 kW
- temperatura acqua di falda:	15 °C
- massima temperatura restituzione acqua di falda:	22 °C
- minima temperatura restituzione acqua di falda:	8 °C

Nell'ipotesi di poter dissipare l'intero carico di potenza sopra indicato, si è valutato di realizzare n. 4 pozzi di emungimento e altrettanti di restituzione tutti aventi una portata nominale di 30 l/s per complessivi 120 l/s. Come si vedrà più avanti nello studio, il prelievo istantaneo di tale portata, grazie alla presenza sia dell'accumulo di acqua tecnologica che agli accumuli di PCM a livello di UMI, potrebbe essere significativamente ridotto. Tuttavia, in relazione all'opportunità di avere un parco pozzi per il quale possano essere alternati i funzionamenti in modo da garantirne sia la durata nel tempo che la manutenzione e anche in relazione alla flessibilità data a ciascun appalto di edificio/UMI di individuare la migliore soluzione di produzione e accumulo energetico, si ritiene comunque consigliabile realizzare un campo pozzi in grado di soddisfare il fabbisogno complessivo. Inoltre, il sistema di emungimento così concepito, potrà adattarsi anche a futuri nuovi allacciamenti di fabbricati al momento esclusi dalla presente valutazione.

Nell'allegato 10.2.4 della presente relazione è riportata l'analisi geologica preliminare riferita a tale soluzione. Nel rimandare a tale relazione per l'acquisizione delle informazioni tecniche di dettaglio alla base dello studio di fattibilità dell'impianto geotermico, si evidenziano qui sinteticamente gli elementi di rilievo:

- allo stato attuale i pozzi ipotizzati sono compatibili con il quadro geologico generale e gli impianti analoghi presenti nelle vicinanze;
- il processo autorizzativo, trattandosi di prelievi superiori ai 100 l/s, dovrà essere sottoposto a VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) ai sensi del combinato disposto del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e della l.r. 40/1998 e s.m.i.;
- stante l'attuale impossibilità di realizzare pozzi su suolo pubblico, dovrà essere concordata con la Città di Torino la possibilità di conferimento, al termine del processo di riqualificazione, delle aree esterne alla stessa Città con presenza di servitù private (pozzi, centrale di comprensorio e cavidotto tecnologico distributivo).

## 6.2.2 La centrale di comprensorio

La centrale di comprensorio non ha lo scopo di produrre acqua calda e refrigerata per gli usi finali di climatizzazione degli edifici. Tale soluzione, che richiederebbe poi la realizzazione di un teleriscaldamento e teleraffrescamento di quartiere, avrebbe, infatti, i seguenti svantaggi:

- forti investimenti iniziali per la sua realizzazione non coordinati e commisurati con la volontà di permettere uno sviluppo flessibile e per fasi successive della riqualificazione dei singoli edifici/UMI;
- realizzazione di una doppia rete di distribuzione, una per l'acqua calda e una per l'acqua refrigerata, quindi con elevati costi di realizzazione e comunque soggetta a perdite energetiche significative;
- dotazione di comprensorio di un sistema tecnologico complesso e quindi con elevati costi di gestione e manutenzione.

Si è quindi optato per una centrale che, per contro, perseguisse i seguenti obiettivi:

- minimizzazione dei costi di realizzazione;
- semplicità di conduzione e manutenzione;
- livelli di temperatura dell'acqua tecnologica bassi in modo da ridurre/eliminare le perdite di distribuzione.

La centrale di comprensorio si compone quindi dei seguenti componenti principali:

- n. 4 sistemi di scambio di calore (uno per ogni pozzo) in grado di permettere lo scambio di calore tra l'acqua di falda e l'acqua tecnologica;
- sistemi di pompaggio per il prelievo e la restituzione dell'acqua di falda;
- sistemi di pompaggio per la circolazione tra i sistemi di scambio e l'accumulo (questo permetterà il mantenimento dell'acqua dell'accumulo ad una temperatura la più vicina possibile a quella dell'acqua di falda);
- sistemi di pompaggio per la circolazione dell'acqua nell'anello di comprensorio al quale si allacceranno le varie sotto-centrali (questo permetterà il controllo della temperatura dell'acqua dell'anello ad un valore il più possibile costante nel corso di tutto l'anno e prossimo alla temperatura del suolo – quindi con perdite energetiche limitate).

La centrale, da un punto di vista tecnologico, è quindi molto semplice e richiede anche spazi decisamente più limitati rispetto a quelli che sarebbero necessari per una centrale termo-frigorifera di comprensorio a servizio della medesima utenza.

Per la sua collocazione si è ipotizzato di realizzare dei nuovi volumi interrati nel cortile dell'UMI 7: alla quota del piano primo interrato la centrale e al secondo interrato l'accumulo di acqua tecnologica.

Nel merito della dimensione dell'accumulo si rimanda al successivo paragrafo relativo alle centrali di edificio/UMI.

## 6.2.3 La rete di distribuzione

Dalla centrale di comprensorio è previsto lo sviluppo della rete di distribuzione dell'acqua tecnologica che, attraverso uno scavo realizzato nei cortili, dovrà raggiungere le sottocentrali di edificio/UMI.

La rete sarà del tipo a due tubi, preferibilmente a ritorno inverso, e dimensionata a bassa velocità e portata variabile in funzione del prelievo delle varie sottocentrali. Questo al fine di avere un circuito perfettamente bilanciato e ridurre il più possibile le perdite di carico in modo da minimizzare i consumi elettrici delle elettropompe.

Poiché la rete veicherà un fluido a temperatura nell'intorno dei 15-20 °C (in relazione alla stagione termica), le sue perdite saranno molto limitate. Inoltre, servendo le sottocentrali che potranno, in relazione alle diverse esigenze, produrre acqua calda o refrigerata, permetterà anche un recupero energetico indiretto tra una sotto-centrale e l'altra.

Lo scavo per l'alloggiamento della rete potrà utilmente essere realizzato in modo da costituire un vero e proprio cavedio tecnico, a disposizione per la collocazione anche di altri impianti di comprensorio (energia elettrica, trasmissione dati, illuminazione, etc.) e accessibile per manutenzioni o future altre esigenze.

## 6.2.4 Le centrali di edificio/UMI

Per la produzione di acqua calda e refrigerata a servizio delle varie utenze, è prevista la realizzazione di sotto-centrali di edificio/UMI. Dette sottocentrali saranno equipaggiate nel seguente modo:

- allacciamento all'anello di acqua tecnologica di comprensorio con interposto sistema di contabilizzazione dell'energia prelevata;
- gruppo condensato ad acqua per la produzione di acqua calda e/o refrigerata;
- accumulo caldo a PCM;
- accumulo freddo a PCM;
- sistema di distribuzione acqua calda e refrigerata a servizio delle utenze dell'edificio/UMI.

L'elemento strategico per il dimensionamento dei gruppi di produzione acqua calda e refrigerata di ogni sotto-centrale e conseguentemente dell'accumulo di acqua tecnologica di comprensorio, è costituito dal dimensionamento degli accumuli a PCM. Nella tabella che segue sono riportate le caratteristiche dei PCM utilizzate per tutte e tre le simulazioni mentre, nell'allegato 10.2.5 alla presente relazione, sono riportate le schede tecniche dei materiali.

Tabella 7 – Caratteristiche PCM

Dati PCM Rubitherm						
Tipo	Melting range	Heat Storage [kJ/kg]	Heat Storage [Wh/kg]	Massa Vol. [kg/m <sup>3</sup> ]		Vol. Heat storage [kWh/m <sup>3</sup> ]
RT 5 HC	5-6 °C	250	70	760	Organico	53.2
RT 54 HC	54 °C	200	56	800	Organico	44.8

Di seguito sono riportati gli esiti della simulazione riferiti, per ciascuna UMI, a tre scenari differenti. In tutti e tre la logica seguita per dimensionare gli accumuli di PCM in relazione al giorno di progetto estivo ed invernale è stata quella di caricare il prima possibile l'accumulo dopo che questo è stato utilizzato.

Nella gestione operativa pratica del sistema - a parità di taglia delle macchine installate - si potrà poi decidere, mediante opportune logiche di controllo, come distribuire la ricarica dell'accumulo nel tempo. In tal modo si potranno sfruttare in modo più opportuno le ore in cui la potenza installata supera la domanda di carico termico, regolando l'assetto operativo delle macchine sulla base di criteri di convenienza economica e/o energetica (e.g. il costo o l'impatto ambientale dell'energia elettrica prelevata dalla rete risulta favorevole).

Inoltre, al di fuori dei giorni di progetto, il profilo temporale dei carichi istantanei richiesti (sia in riscaldamento che in raffrescamento) risulterà meno gravoso di quelli utilizzati per il presente dimensionamento, per cui si amplieranno le possibilità di giocare sul frazionamento della potenza erogata dai gruppi nel corso delle ore meno favorevoli, consentendo una maggiore ampiezza di «*energy flexibility*» dell'edificio.

Nell'allegato 10.2.6 della presente relazione sono riportati i grafici degli andamenti dei profili di fabbisogno e dei profili di potenza dei gruppi di produzione per ciascuno dei casi di seguito trattati nonché i calcoli di dimensionamento dell'accumulo di acqua tecnologica (volume e andamento temperature) e i conseguenti valori della portata emunta dai pozzi.

## Caso 1

Si è fissato (e mantenuto costante per tutte le UMI) la frazione di riduzione del carico termico di picco (pari rispettivamente a 0,75 per il cooling e 0,70 per l'heating) e dimensionando di conseguenza l'accumulo a PCM. Nel calcolo degli ingombri volumetrici degli accumuli si è considerato un fattore di sicurezza pari a 0,7 (rapporto tra volume complessivo e volume del PCM), per tener conto del non perfetto riempimento dell'accumulo con il materiale a cambiamento di fase. Nella tabella che segue sono riportati i risultati della simulazione.

Tabella 8 – Quadro riassuntivo risultati dimensionamento accumulo: caso 1

Identificativo	$V_i$	potenza installata teorica		Accumulo PCM		Accumulo PCM	
	[m <sup>3</sup> ]	Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]
UMI 1	44.536	422,8	403,6	11,8	6267,1	9,2	5169,9
UMI 2	16.552	215,2	207,7	8,0	4247,5	11,3	6351,8
UMI 3	3.601	27,6	50,0	0,8	434,2	0,7	382,8
UMI 5	27.245	287,2	374,3	6,3	3368,1	5,4	3000,2
UMI 6	11.837	77,8	217,3	2,4	1291,0	3,0	1663,0
UMI 7	11.511	176,0	198,3	10,8	5739,4	9,1	5119,1
UMI 10	10.909	176,1	226,4	12,3	6526,8	4,0	2238,5
Totale	126191	1382,7	1677,6				

## Caso 2

Si è variata la frazione di riduzione del carico termico di picco per le varie UMI, per meglio sfruttare la forma del profilo temporale dei carichi termici, fissando come criterio un ingombro massimo dell'accumulo non superiore ai 10 m<sup>3</sup> e realizzando accumuli caldi/freddi di dimensioni confrontabili.

Nel calcolo degli ingombri volumetrici degli accumuli si è considerato un fattore di sicurezza pari a 0,7 (rapporto tra volume complessivo e volume del PCM), per tener conto del non perfetto riempimento dell'accumulo con il materiale a cambiamento di fase. Nella tabella che segue sono riportati i risultati della simulazione.

Tabella 9 – Risultati simulazione caso 2

Identificativo	V <sub>i</sub>	potenza installata teorica	potenza installata teorica	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM
	[m <sup>3</sup> ]	Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]
UMI 1	44.536	451,0	432,4	6,3	3371,5	6,3	3509,0
UMI 2	16.552	215,2	222,5	8,0	4247,5	7,7	4322,7
UMI 3	3.601	18,4	35,7	2,8	1507,4	1,7	978,9
UMI 5	27.245	287,2	374,3	6,3	3368,1	5,4	3000,2
UMI 6	11.837	62,3	155,2	5,6	2992,5	6,3	3551,5
UMI 7	11.511	187,7	212,5	7,6	4063,4	6,4	3601,3
UMI 10	10.909	187,8	194,0	9,1	4850,0	9,0	5030,6
Totale	126191	1409,6	1626,7				

## Caso 3

Si è variata la frazione di riduzione del carico termico di picco per le varie UMI, per meglio sfruttare la forma del profilo temporale dei carichi termici, cercando di minimizzare il volume dell'accumulo di acqua di falda.

Nel calcolo degli ingombri volumetrici degli accumuli si è considerato un fattore di sicurezza pari a 0,7 (rapporto tra volume complessivo e volume del PCM), per tener conto del non perfetto riempimento dell'accumulo con il materiale a cambiamento di fase. Nella tabella che segue sono riportati i risultati della simulazione.

Tabella 10 – Risultati simulazione caso 3

Identificativo	V <sub>i</sub>	potenza installata teorica	potenza installata teorica	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM
	[m <sup>3</sup> ]	Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]
UMI 1	44.536	411,6	403,6	14,7	7837,8	9,2	5169,9
UMI 2	16.552	206,5	222,5	10,1	5394,0	7,7	4322,7
UMI 3	3.601	18,4	35,7	2,8	1507,4	1,7	978,9
UMI 5	27.245	260,4	374,3	10,7	5677,6	5,4	3000,2
UMI 6	11.837	62,3	155,2	5,6	2992,5	6,3	3551,5
UMI 7	11.511	176,0	212,5	10,8	5739,4	6,4	3601,3
UMI 10	10.909	187,8	210,2	9,1	4850,0	6,2	3464,4
Totale	126.191	1323,0	1614,0				

Dal confronto dei tre casi emerge che la soluzione verso la quale si ritiene opportuno orientare la scelta progettuale, possa collocarsi tra il Caso 2 e il Caso 3 in quanto costituisce un compromesso tra dimensione

degli accumuli a PCM e dimensione dell'accumulo di acqua tecnologica. Nel caso 2 vengono minimizzati gli accumuli a PCM e nel caso 3 l'accumulo di acqua tecnologica, e, in ogni caso, mantenendo la temperatura dello stesso a valori di poco superiori ai 18 °C. La scelta definitiva potrà essere fatta nelle successive fasi di progettazione in funzione degli spazi realmente a disposizione dei locali tecnologici e dei costi dell'impianto.

A questo punto, date le caratteristiche geometriche e morfologiche degli edifici, si è ritenuto opportuno valutare la possibilità che non vengano realizzate tante sottocentrali quante sono le UMI. Sulla base dei primi sopralluoghi effettuati, infatti, gli interrati delle UMI 1, 3 e 7 paiono quelli più adatti per la realizzazione di locali tecnici destinati ad ospitare le sottocentrali. Al loro interno saranno derivate, con circuiti differenti e tutti contabilizzati, le alimentazioni per le varie zone in relazione ai differenti conduttori. Le sottocentrali potranno quindi essere collegate tra di loro mediante la rete generale di cui al precedente paragrafo. Nella tabella che segue è riportata l'aggregazione delle UMI per sottocentrale e le rispettive dimensioni degli accumuli di PCM per il riscaldamento e il raffrescamento.

Tabella 11 – Aggregazione UMI per sotto-centrale

<i>sotto-centrale</i>	<i>UMI</i>	<i>vol. accumulo freddo [m<sup>3</sup>]</i>	<i>vol. accumulo caldo [m<sup>3</sup>]</i>
1	1, 3 e 6	23,2	17,3
2	2 e 7	20,9	14,1
3	5 e 10	19,8	11,5

Nell'ipotesi di un fabbisogno importante di produzione di acqua calda ad uso sanitario, potrà essere valutata anche l'opportunità di utilizzare gruppi polivalenti che, in relazione alla temperatura di dimensionamento dell'accumulo caldo (54 °C), potrà essere in grado di soddisfare anche questo fabbisogno. In caso contrario potranno essere adottate delle pompe di calore da localizzarsi nelle zone servizi.

Nella figura che segue è rappresentata la collocazione della centrale e delle sottocentrali.

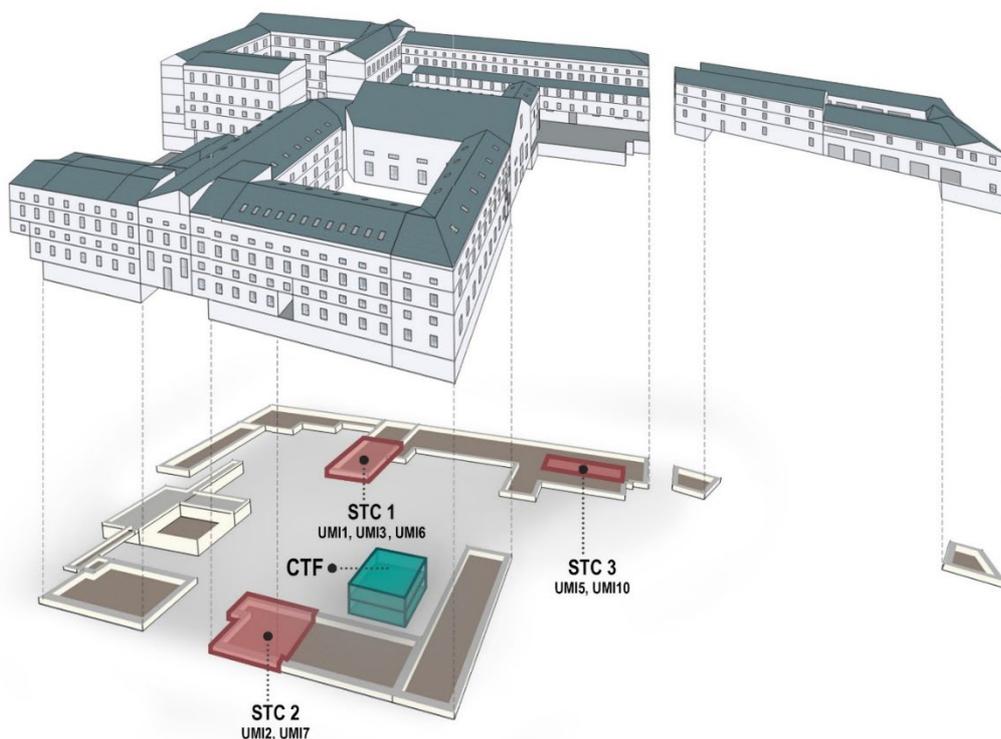


Figura 21 – Collocazione della centrale di compresorio e delle sottocentrali

## 6.2.5 Terminali d'impianto e BMS per ottimizzare l'efficienza del sistema di produzione energetica

In relazione alle tecnologie suggerite nei paragrafi precedenti, al fine di ottimizzare l'efficienza del sistema di produzione energetica, è importante che i terminali d'impianto dei singoli edifici/UMI siano del tipo a bassa temperatura, con sistemi di regolazione adattativi e in grado di sfruttare l'effetto della massa termica dell'edificio che, nel caso in questione, costituisce un importante valore aggiunto.

La rete di acqua tecnologica che mette a disposizione la capacità termica del sottosuolo, oltre a poter essere collegata ai gruppi di produzione dell'energia termica delle sottocentrali/UMI, se utilizzata direttamente come sistema di attivazione della massa dell'edificio, permetterebbe una climatizzazione con una efficienza di gran lunga superiore a qualunque altro sistema di produzione. Nella figura che segue, tratta dalla pubblicazione "*Renewable and Storage-integrated Systems to Supply Comfort in Buildings*"<sup>8</sup>, viene esemplificato quanto sopra.

<sup>8</sup> ISBN: 9789076714592

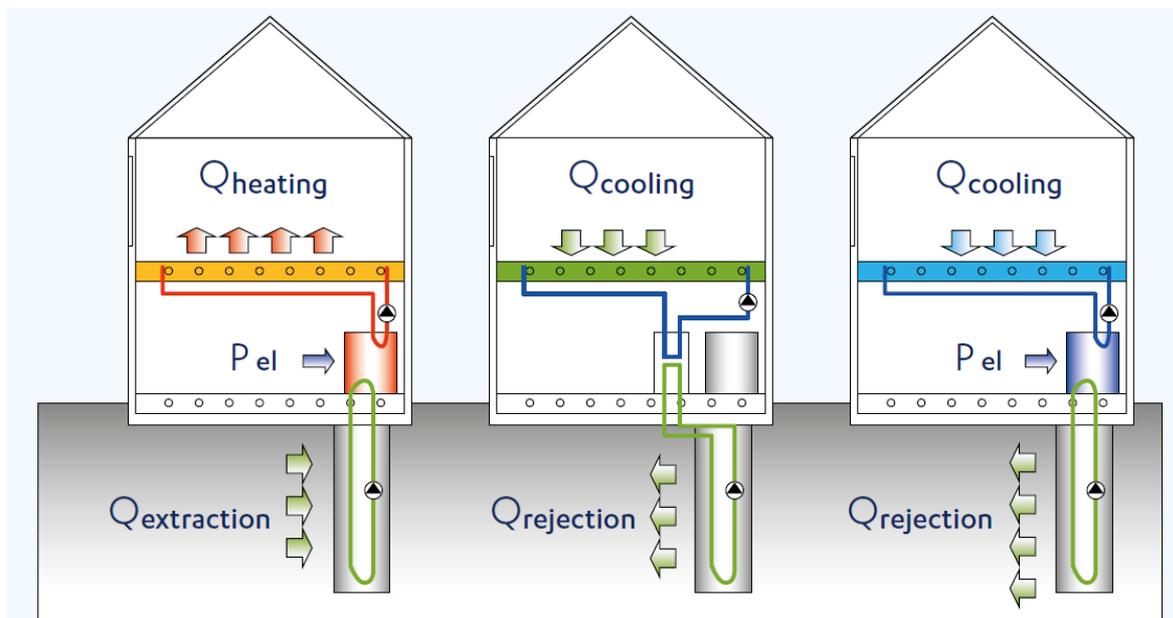


Figura 22 – Sfruttamento della massa termica dell'edificio

Da questo punto di vista, sistemi radianti integrati nelle strutture dell'edificio, sono certamente da tenere in considerazione così come la possibilità, a livello di concept impiantistico delle sotto-centrali, di inviare agli stessi acqua prelevata direttamente dall'anello di acqua tecnologica senza transitare dal gruppo di produzione.

Quanto sopra dovrà essere supportato da un sistema di regolazione in grado di sfruttare la massa termica dell'edificio attraverso dei sistemi di tipo predittivo che riescano a stimare, in relazione all'andamento climatico, al comportamento dell'utenza e alle caratteristiche dell'involucro, quali strategie adottare per il funzionamento e regolazione degli impianti e per l'approvvigionamento energetico.

### 6.3 Approvvigionamento e distribuzione dell'energia elettrica

L'approvvigionamento dell'energia elettrica potrà essere derivato dalla rete pubblica cittadina attraverso la realizzazione di allacciamenti in media o bassa tensione in relazione alle necessità.

Attraverso il cavedio tecnologico a servizio della distribuzione dell'acqua di condensazione, potrà essere ricavato il passaggio per connettere la pubblica via con le varie UMI man mano che tali connessioni si renderanno necessarie, evitando così cantierizzazioni delle aree esterne pertinenti il complesso.

## 7 STRATEGIE PER LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

La Committenza intende affrontare la riqualificazione del complesso della Cavallerizza Reale con l'obiettivo di raggiungere elevati standard in termini di sostenibilità ambientale. Per tale motivo, la Committenza desidera che le scelte progettuali future siano valutate mediante le linee guida fornite dai principali protocolli diffusi a livello italiano e internazionale per la certificazione volontaria della sostenibilità ambientale del costruito. Tali strumenti promuovono la salubrità, la durabilità, l'economicità e le migliori pratiche ambientali nella progettazione e costruzione degli edifici.

I metodi di certificazione della sostenibilità del costruito sono stati sviluppati negli ultimi venticinque anni con l'obiettivo di sensibilizzare rispetto al tema dell'architettura sostenibile e proporre metodologie e requisiti di riferimento per la valutazione oggettiva, qualitativa e quantitativa, del livello di sostenibilità raggiunto dal progetto.

Si intende quindi definire una strategia complessiva, sviluppata a partire dalle linee guida offerte da tali sistemi, volta al soddisfacimento delle esigenze della committenza e degli utenti finali, con particolare attenzione alla sostenibilità ambientale, economica e sociale, a partire dalla progettazione dell'edificio, fino alla cantierizzazione e alla gestione quotidiana del complesso.

In particolare, è intenzione della Committenza certificare il complesso della Cavallerizza Reale con il protocollo GBC Quartieri, sviluppato dal Green Building Council Italia, in modo che l'intervento si inquadri fin dalle prime fasi di progettazione come una riqualificazione urbana sostenibile a scala di quartiere. A tale scopo procederà alla registrazione del progetto presso GBC Italia per quindi accedere alla procedura di certificazione.

Il protocollo GBC Quartieri si applica ad aree oggetto di riqualificazione, per le quali si intende promuovere le prestazioni di sostenibilità ambientale del territorio, delle infrastrutture e degli edifici sostenibili.

Le proprietà dei singoli fabbricati si riservano la facoltà di certificare la sostenibilità del singolo intervento di riqualificazione. Prioritariamente si intende perseguire la doppia certificazione secondo i protocolli GBC Historic Building del Green Building Council Italia e LEED® V4 BD+C – Building Design and Construction. I protocolli GBC HB e LEED BD+C V4 si applicano ad interventi di riqualificazione o recupero, che coinvolgono interventi sugli impianti di climatizzazione e che valutano possibili soluzioni di miglioramento prestazione dell'involucro edilizio, compatibilmente con le esigenze di salvaguardia degli edifici storici.

Le proprietà si riservano inoltre la facoltà di certificare la sostenibilità dei singoli edifici in termini di salubrità e comfort indoor e benessere in degli occupanti, con l'obiettivo di mantenere tali requisiti prestazionali non solo in fase iniziale ma anche in fase di esercizio. A questo proposito si identifica come strumento per l'ottenimento di tale obiettivo il protocollo WELL® sviluppato dall'International WELL Building Institute (IWBI). Si ritiene quindi importante l'integrazione dei requisiti WELL nella progettazione degli edifici.

Si richiede dunque che la progettazione delle singole UMI sia orientata al raggiungimento degli obiettivi di certificazione individuati dalla Committenza, sia a livello di singolo edificio che a livello dell'intero complesso.

## 7.1 GBC Quartieri

Il protocollo individuato per la stesura delle linee guida di sviluppo del “quartiere sostenibile” si applica a interventi di riqualificazione urbana aventi almeno le seguenti caratteristiche:

- la dimensione minima ragionevole del progetto sia almeno di 2 edifici;
- la dimensione massima del progetto sia tale da poter essere governata in un unico processo;
- l’area da certificare sia dotata di, o inserita in, un conteso multifunzionale.

Per la certificazione è richiesta la conformità al seguente Requisito Minimo di Programma:

*“Conformità alla legislazione vigente in materia, alla regola d’arte, a tutti i riferimenti cogenti applicabili: il progetto e gli edifici interessati alla certificazione comunque denominata, tutte le altre strutture interessate all’interno dell’area del progetto GBC Quartieri e tutte le attività di realizzazione devono essere conformi alle disposizioni dei riferimenti legislativi, normativi, regolamentari vigenti e applicabili. Questa condizione deve essere improrogabilmente soddisfatta a partire dalla data di prima registrazione del progetto GBC Quartieri e durante tutto il percorso di certificazione, sino alla certificazione finale.”*

Come per gli altri protocolli della famiglia LEED e GBC Italia, il punteggio massimo raggiungibile è pari a 110 e sono previsti quattro livelli di certificazione a seconda del numero di punti totali conseguiti con i Crediti:

- Certified, punti totali nell’ intervallo 40-49
- Silver, punti totali nell’ intervallo 50-59
- Gold, punti totali nell’ intervallo 60-79
- Platinum, punti totali superiori a 80.

Qualsiasi livello di certificazione è comunque subordinato al soddisfacimento di particolari Prerequisiti, indispensabile per il raggiungimento di uno qualsiasi dei livelli di certificazione.

I Crediti sono distinti in Crediti di Progettazione e in Crediti di Costruzione: i primi sono conseguibili se il progetto è conforme ai relativi requisiti e vengono sottoposti alla revisione al termine della fase progettuale.

I Crediti di Costruzione sono conseguibili se il processo di costruzione mette in atto buone pratiche e/o procedure e utilizzo di materiali sostenibili e sono sottoposti alla revisione alla fine del processo costruttivo.

I prerequisiti e crediti sono suddivisi in aree tematiche:

- Localizzazione e Collegamenti del Sito (LCS);
- Organizzazione e Programmazione del Quartiere (OPQ);
- Infrastrutture ed Edifici Sostenibili (IES);
- Innovazione nella Progettazione (IP);
- Priorità Regionale (PR).



Non è in questo momento individuato un obiettivo di certificazione finale preciso in quanto, indipendentemente dal livello di certificazione, si intende utilizzare questo strumento come supporto alla progettazione su scala di quartiere in modo da incrementare il livello di sostenibilità dell'intervento.

L'analisi preliminare condotta ha però permesso di accertare la fattibilità del percorso di certificazione mediante verifica dei Prerequisiti obbligatori di ogni area tematica.

In particolare l'area risponde ai prerequisiti di localizzazione del sito in quanto area precedentemente urbanizzata, servita da infrastrutture esistenti, ricompresa negli ambiti storici della città di Torino, caratterizzata da una bassa probabilità di alluvione, non identificata come habitat per le specie minacciate o in pericolo di estinzione e non tutelata per la conservazione dell'agricoltura.

Anche per quanto riguarda l'Organizzazione e Programmazione del Quartiere, si ritiene l'area di progetto compatibile con gli obiettivi dei prerequisiti in quanto il sito risulta ben collegato mediante trasporti pubblici e presenta le caratteristiche di connessione con la comunità a scala urbana e territoriale idonee per l'incentivazione della mobilità sostenibile.

I prerequisiti dell'area tematica "Infrastrutture ed edifici sostenibili" richiedono che almeno uno degli edifici all'interno del quartiere sia recuperato e certificato secondo uno dei protocolli LEED o GBC o sistema equivalente rilasciato da ente terzo, indipendente e imparziale che dimostri di possedere i requisiti della norma ISO/IEC 17021. Tale richiesta è in linea con il desiderio della Committenza di certificare i singoli interventi di riqualificazione, come descritto nel paragrafo precedente.

Tutti gli edifici sottoposti a ristrutturazione dovranno inoltre dimostrare un miglioramento della prestazione energetica rispetto al caso di riferimento pari almeno al 5%. La prestazione energetica degli edifici potrà essere valutata mediante procedura di calcolo semplificata o simulazione energetica in regime dinamico secondo lo standard ASHRAE 90.1-2010.

Inoltre per ogni edificio in progetto dovrà essere ridotto il consumo idrico rispetto ad un edificio di riferimento di una quota pari almeno al 20%. Il consumo idrico per l'edificio di riferimento è stimato a partire dal numero di occupanti e include le seguenti apparecchiature: WC, orinatoi, rubinetti lavabo, docce, bidet.

Il protocollo fornisce i valori di riferimento di consumo idrico per ogni apparecchiatura.

Tabella 12 – Apparecchiature della parte non residenziale

Apparecchiature installate nella parte commerciale	Valori di riferimento
WC commerciali	6,0 litri per flusso*
Orinatoi commerciali	4,0 litri per flusso
Rubinetti di lavabi commerciali (escluso lavello cucina)	1,9 litri al minuto a 3 bar**
Docce	10 litri al minuto a 3 bar***
<p>* Valore coerente con le norme europee EN 997 e adattato a partire dai valori EPAct 1992 standard per i servizi igienici, si applica ad entrambi i modelli commerciali e residenziali</p> <p>** Valore di portata valutato pari a 3 bar per coerenza con le norme Europee di prodotto. La American Society of Mechanical Engineers stabilisce come valore standard [adattato] per i rubinetti di lavabi pubblici in 2 l/min a 4 bar (ASME A112.18.1-2005). Questo criterio è stato incluso nel National Plumbing Code e nell'International Plumbing Code.</p> <p>*** In analogia al funzionamento della doccia residenziale (box), in unità abitativa: il totale ammissibile di portata di tutti i seguenti sistemi di doccia per unità di tempo, inclusi i sistemi a pioggia, cascate di acqua, bodysprays, bodyspas and jets, deve essere limitato alla portata doccia ammissibile come specificato sopra per doccia (10 l/min), dove la superficie del pavimento della doccia è inferiore a 1,6 m<sup>2</sup>. Per ogni incremento di 1,6 m<sup>2</sup> di superficie, o parte di esso, è consentita una ulteriore doccia con una portata totale ammissibile di tutti i dispositivi uguale o inferiore al livello di flusso ammissibile come specificato sopra. Eccezione: docce che utilizzano acqua non potabile di ricircolo proveniente dall'interno della doccia, durante l'uso è consentito superare il limite massimo fino a quando il flusso totale di acqua potabile non supera la portata consentita, come specificato sopra.</p>	

Tabella 13 – Apparecchiature della parte residenziale (hotel, residence, ospedali, appartamenti, etc.)

Apparecchiature installate nella parte residenziale e privata	Valori di riferimento
WC residenziali	6,0 litri per flusso*
Rubinetti di lavabi residenziali	9 litri al minuto a 3 bar
Lavelli cucina residenziali	
Rubinetti per bidet	
Docce residenziali	10 litri al minuto a 3 bar***
<p>* Valore coerente con le norme europee EN 997 e adattato a partire dai valori EPAct 1992 standard per i servizi igienici, si applica ad entrambi i modelli commerciali e residenziali.</p> <p>** Valore di portata valutato pari a 3 bar per coerenza con le norme Europee di prodotto. La American Society of Mechanical Engineers stabilisce come valore standard [adattato] per i rubinetti di lavabi pubblici in 2 l/min a 4 bar (ASME A112.18.1-2005). Questo criterio è stato incluso nel National Plumbing Code e nell'International Plumbing Code.</p> <p>*** Funzionamento della doccia residenziale (box), in unità abitativa: il totale ammissibile di portata di tutti i seguenti sistemi di doccia per unità di tempo, inclusi i sistemi a pioggia, cascate di acqua, bodysprays, bodyspas and jets, deve essere limitato alla portata doccia ammissibile come specificato sopra per doccia (10 l/min), dove la superficie del pavimento della doccia è inferiore a 1,6 m<sup>2</sup>. Per ogni incremento di 1,6 m<sup>2</sup> di superficie, o parte di esso, è consentita una ulteriore doccia con una portata totale ammissibile di tutti i dispositivi uguale o inferiore al livello di flusso ammissibile come specificato sopra. Eccezione: docce che utilizzano acqua non potabile di ricircolo proveniente dall'interno della doccia, durante l'uso è consentito superare il limite massimo fino a quando il flusso totale di acqua potabile non supera la portata consentita, come specificato sopra.</p>	

L'ultimo prerequisito dell'area IES riguarda la prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere. Sarà sviluppato e implementato un Piano per il Controllo dell'Erosione e della Sedimentazione per tutte le attività costruttive. Ogni intervento sui singoli fabbricati dovrà attenersi a tale piano che ha l'obiettivo di:

- evitare la perdita di terreno causata dal deflusso superficiale delle acque meteoriche e dall'erosione dovuta al vento durante le attività di cantiere;
- prevenire la sedimentazione nel sistema fognario di raccolta delle acque meteoriche o nei corpi idrici;
- evitare l'inquinamento dell'aria con polveri o particolato.

La strategia che si vuole adottare prevede dunque che i progetti per ogni singola UMI tengano in considerazione il rispetto dei prerequisiti sopra descritti e consentano di raggiungere l'obiettivo della certificazione secondo le strategie che saranno delineate dalla Committenza per le aree esterne e per l'intero complesso.

In particolare la progettazione dovrà prendere in considerazione e sviluppare secondo i requisiti suggeriti dal protocollo, tematiche quali, a titolo di esempio:

- trasporti pubblici e mobilità sostenibile;
- collegamento dell'area ai servizi di base;
- efficienza delle infrastrutture;
- sistemazione delle aree esterne;
- illuminazione delle aree esterne;
- progettazione e gestione delle aree verdi;
- gestione delle acque meteoriche e risparmio idrico;
- efficienza energetica del complesso;
- selezione, utilizzo e smaltimento dei materiali;
- impatto acustico dell'intervento.

L'applicazione di questo protocollo al caso della Cavallerizza Reale di Torino appare particolarmente interessante perché l'intervento si pone come caso pilota, di rilevanza nazionale ed internazionale, relativo all'applicazione del protocollo ad un "quartiere storico" caratterizzato da una importantissima valenza culturale e quindi con esigenze elevate di tutela della materia storica

## 7.2 Certificazione a livello di singolo edificio

Per quanto riguarda i singoli interventi la strategia prevede la certificazione a livello di edificio con protocolli riconosciuti a livello nazionale ed internazionale.

In via preferenziale si suggerisce di orientarsi sulla doppia certificazione LEED e GBC HB. Si propone il protocollo Historic Building in virtù dell'importanza valenza storica del complesso.

Affinché ogni edificio risulti certificabile in modo indipendente dagli altri è necessario che ogni fabbricato sia dotato di propri sistemi di distribuzione dell'aria e abbia sistemi dedicati per la contabilizzazione dei consumi idrici ed energetici. Ogni progetto dovrà quindi soddisfare i prerequisiti previsti dai protocolli di certificazione adottati. Le diverse proprietà si riservano la facoltà di poter richiedere per ogni edificio un livello minimo di certificazione. Fin dalle prime fasi progettuali sulle singole UMI, inoltre, i vari soggetti coinvolti nella progettazione, sono tenuti a prendere in considerazione i requisiti propri della certificazione WELL, gestito dall'International WELL Building Institute (IWBI), che promuove e pone al centro dell'attenzione il benessere e le condizioni di salute dei futuri occupanti degli edifici, in modo da consentire alla Committenza di poter certificare i singoli edifici anche mediante questo standard di certificazione.

## 8 ORGANIZZAZIONE E SUPERVISIONE DEL PROCESSO DI RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO DELLA CAVALLERIZZA

Come già indicato in premessa è intenzione dell'insieme delle proprietà della Cavallerizza (di seguito "Committenza Generale") perseguire le strategie energetiche e ambientali descritte nel presente elaborato e alle quali l'intero complesso dovrà attenersi al fine di renderlo, su scala di "quartiere", un caso esemplare di riqualificazione urbana sostenibile. A tale scopo verrà costituito un team per il coordinamento generale che si occupi:

- del processo di certificazione della sostenibilità su scala di quartiere e di edificio;
- del processo di Commissioning degli impianti (Commissioning Authority – CxA);
- della verifica e validazione dei progetti dal punto di vista dell'energia e della sostenibilità;
- della comunicazione e dell'educazione sul tema della sostenibilità ambientale riferite al progetto.

I vari soggetti (professionisti e imprese) dovranno quindi strutturarsi in modo da garantire, per il rispettivo ambito di competenza, un interfacciamento qualificato e collaborativo con il team del Committente Generale.

## 9 CONCLUSIONI

Il complesso della Cavallerizza sarà interessato, attraverso una operazione basata su una partnership pubblico-privata, da un intervento di riqualificazione che lo colloca, su scala urbana, come un progetto di grande importanza per la valorizzazione di una porzione del centro storico della Città di Torino.

È obiettivo delle proprietà del complesso individuare delle strategie energetiche e ambientali comuni alle quali l'intervento dovrà attenersi al fine di renderlo, su scala di "quartiere", un caso esemplare di riqualificazione urbana sostenibile.

Il presente studio è stato condotto per individuare tali strategie e gli indirizzi forniti devono essere acquisiti dalle successive fasi progettuali dei vari edifici/UMI in modo che i vari progetti possano concorrere unitariamente a realizzare gli obiettivi prefissati.

Per la produzione energetica, stante l'impossibilità di produrre localmente da fonte rinnovabile ed esclusa l'opportunità della conversione in loco di combustibili fossili al fine di evitare l'emissione di inquinanti nel centro cittadino, si è optato per una elettrificazione diffusa degli usi finali di energia. Tale strategia, oltre che essere coerente con i vincoli specifici del sito, è anche una fra le linee di indirizzo raccomandate dalle politiche di transizione energetica nazionale ed Europea (l'elettrificazione spinta degli usi finali sarà, ad esempio, uno dei topics dello Spoke 8 "*Final Use Optimization, Sustainability & Resilience In Energy Supply Chain*" del Partenariato Esteso 2 "*Scenari energetici del futuro*" - PNRR).

Il concept impiantistico si è quindi posto l'obiettivo di trovare una soluzione in grado di accompagnare la crescita della penetrazione delle RES (Renewable Energy Sources) con una transizione che consenta di passare dai sistemi attuali, dove si opera con una "*generazione a domanda*", a sistemi innovativi che operino secondo uno schema di "*consumo a domanda*" al fine di meglio sincronizzare gli usi finali (che seguono) con la generazione istantanea di energia (che guida). In pratica questo si ottiene solo se i consumi energetici diventano flessibili e se la domanda diviene "*responsiva*".

In questo quadro l'"*Energy Flexibility*" degli edifici è considerata come uno dei provvedimenti che possono contribuire in modo efficace ad affrontare le sfide poste dai cosiddetti "*future demand-respond energy systems (electrical, district heating and gas grids)*" (rif. "*IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings Energy and Buildings*", Volume 155, 15 November 2017, Pages 25-34).

Si ritiene che il sistema di produzione individuato nel presente studio, tramite la combinazione dello sfruttamento dell'acqua di falda associato alla realizzazione di accumuli sia centralizzati che locali, soddisfi tali obiettivi in quanto:

- permette di spostare il carico termico eliminando le punte e favorendo l'acquisto dell'energia elettrica quando è più conveniente e prodotta in modo più sostenibile;
- permette di creare una comunità energetica in grado di favorire la produzione delle RES ed effettuare un recupero energetico tra i vari edifici/UMI.

La soluzione proposta ha inoltre il vantaggio di consentire una riqualificazione dei vari edifici/UMI anche in tempi diversi e ottimizzare l'integrazione dei sistemi di produzione locale minimizzando l'impatto architettonico ed acustico in fase realizzativa.

Le indicazioni progettuali fornite sono inoltre flessibili e adattabili ad eventuali futuri ampliamenti della comunità di utenze e quindi potenzialmente in grado di amplificare ulteriormente l'impatto positivo dell'intervento su scala di quartiere.

Per quanto attiene il tema della sostenibilità ambientale, la Committenza desidera che le scelte progettuali future siano valutate mediante le linee guida fornite dai principali protocolli diffusi a livello italiano e internazionale per la certificazione volontaria della sostenibilità ambientale del costruito. Tali strumenti promuovono la salubrità, la durabilità, l'economicità e le migliori pratiche ambientali nella progettazione e costruzione degli edifici.

A tale scopo lo studio individua una strategia complessiva, sviluppata a partire dalle linee guida offerte da tali sistemi, volta al soddisfacimento delle esigenze della committenza e degli utenti finali, con particolare attenzione alla sostenibilità ambientale, economica e sociale, a partire dalla progettazione dell'edificio, fino alla cantierizzazione e alla gestione quotidiana del complesso.

In particolare, è intenzione della Committenza certificare il complesso della Cavallerizza Reale con il protocollo GBC Quartieri, sviluppato dal Green Building Council Italia, in modo che l'intervento si inquadri fin dalle prime fasi di progettazione come una riqualificazione urbana sostenibile a scala di quartiere.

Per quanto riguarda i singoli interventi la strategia prevede la doppia certificazione LEED e GBC HB. Si propone il protocollo Historic Building in virtù dell'importanza valenza storica del complesso. Fin dalle prime fasi progettuali sulle singole UMI, inoltre, i vari soggetti coinvolti nella progettazione, sono tenuti a prendere in considerazione i requisiti propri della certificazione WELL, gestito dall'International WELL Building Institute (IWBI), che promuove e pone al centro dell'attenzione il benessere e le condizioni di salute dei futuri occupanti degli edifici, in modo da consentire alla Committenza di poter certificare i singoli edifici anche mediante questo standard di certificazione.

## 10 ALLEGATI

### 10.1 Elaborati grafici

Nella tabella che segue sono elencati gli elaborati grafici allegati al fondo del presente documento.

<b>rif.</b>	<b>descrizione</b>
A01	SOTTOSERVIZI – RETE ACQUEDOTTO
A02	SOTTOSERVIZI – RETE FOGNATURA NERA E BIANCA
A03	SOTTOSERVIZI – RETE GAS
A04	SOTTOSERVIZI – RETE ENERGIA ELETTRICA E FIBRA OTTICA
A05	SOTTOSERVIZI – RETE ILLUMINAZIONE PUBBLICA
A06	SCHEMA FUNZIONALE GENERALE SISTEMA DI PRODUZIONE ENERGIA TERMICA
A07	IPOTESI DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE DI COMPENSORIO, DELLE SOTTOCENTRALI E DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE
A08	IPOTESI PIANTA E SEZIONE CENTRALE DI COMPENSORIO
A09	SCHEMA DI PRINCIPIO CENTRALE TERMOFRIGORIFERA DI EDIFICIO/UMI

### 10.2 Analisi, calcoli e tabelle

Nei paragrafi che seguono sono riportati gli allegati riferiti ad analisi, calcoli e tabelle di riepilogo citati all'interno del documento.

## 10.2.1 Dettaglio dati UMI e fabbricati

La tabella che segue riporta in modo dettagliato:

- UMI;
- fabbricati per UMI;
- livelli dei fabbricati;
- codice zona termica (ai fini della modellazione energetica);
- proprietà;
- conduttore;
- principali utilizzi del fabbricato/livello;
- utilizzo orario;
- aree lorde;
- volumi lordi;
- aree nette;
- volumi netti.

Con riferimento ai dati geometrici, si specifica che i valori indicati sono stati ricavati dal materiale grafico disponibile all'atto della redazione dello studio. Successivi livelli di rilievo di dettaglio potranno quindi evidenziare delle differenze.

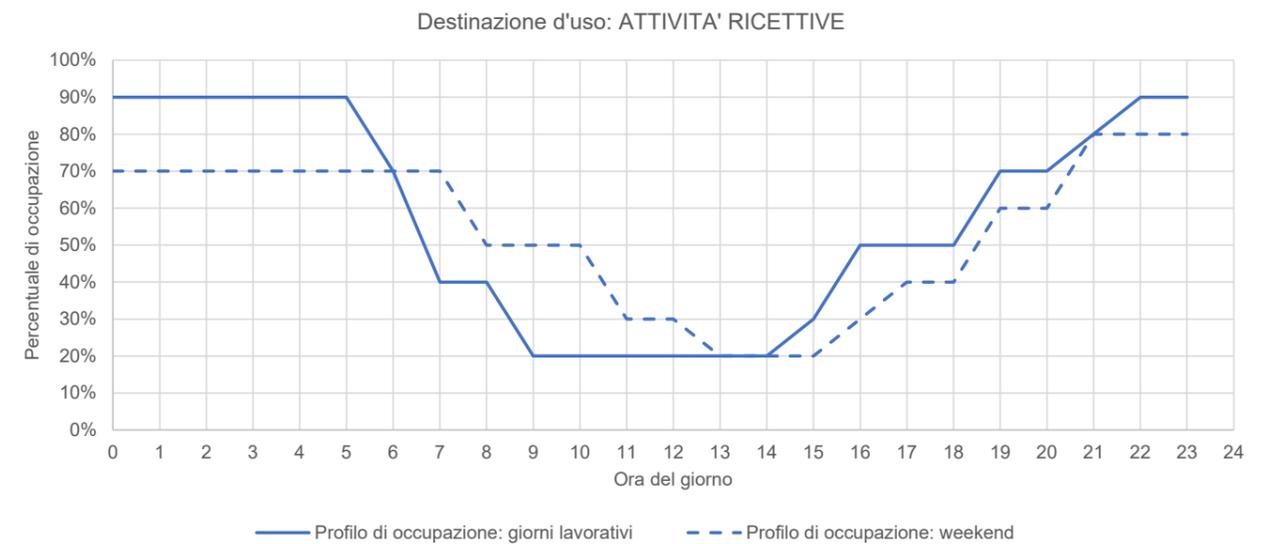
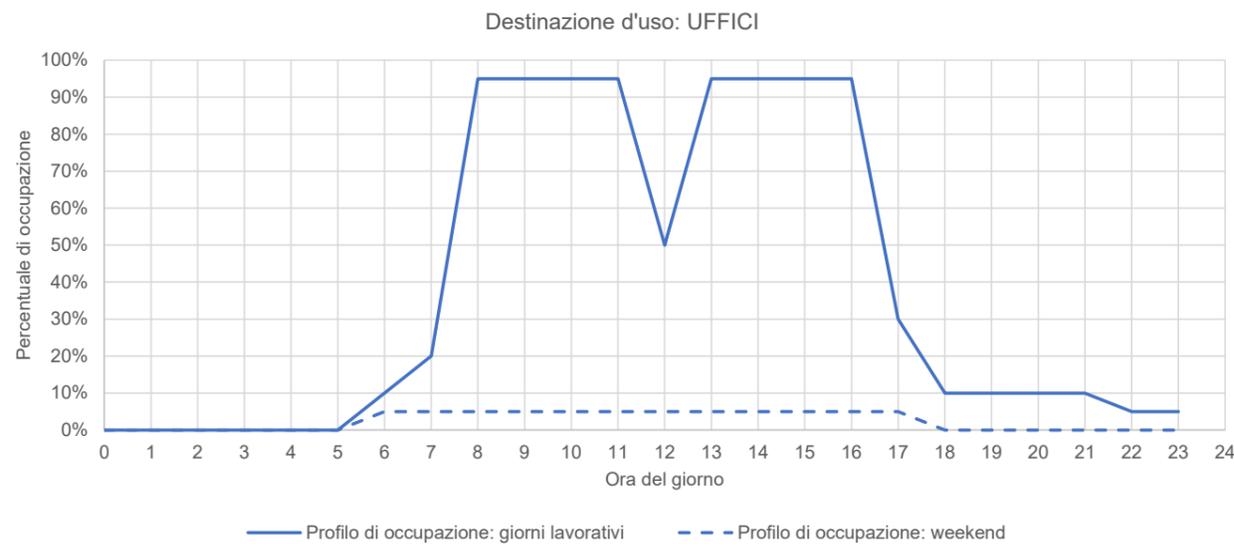
UMI	FABBRICATI	LIVELLI	CODICE ZONA TERMICA	PROPRIETA'	CONDUTTORE	UTILIZZI PRINCIPALI DEI FABBRICATI/LIVELLI	FUNZIONE	UTILIZZO ORARIO	AREE LORDE	VOLUME LORDO	AREA NETTA	VOLUME NETTO	
									[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	
UMI 1	B	Piano Interrato	UM1_B_PI	CDP	hotel	Attività ricettive (stanze, uffici di gestione, ristorazione)	depositi e spogliatoi	24h	582	2.741	473	2.063	
		Piano Terra	UM1_B_PT				foyer, uffici di gestione e spazi comuni	24h	575	2.559	467	1.409	
		Piano Ammezzato	UM1_B_PA				uffici di gestione	24h	654	2.054	532	1.483	
		Piano Primo	UM1_B_P1				stanze	24h	698	4.363	567	3.331	
		Piano Secondo	UM1_B_P2				stanze	24h	568	3.101	462	2.285	
		Piano Terzo	UM1_B_P3				stanze	24h	572	2.431	465	1.739	
	D	Piano Quarto (Sottotetto)	UM1_B_P4	stanze	24h	572	1.471	465	1.072				
		Piano Interrato	UM1_D_PI	Polo delle Arti	Polo delle Arti	Distribuzione (corridoio e scala)	distribuzione (corridoio e scala)	08.00-20.00	80	240	65	228	
	D	Piano Terra	UM1_D_PT	Polo delle Arti	Polo delle Arti	Aule e strutture per seminari e uffici	aule didattiche e sala conferenze	08:00 - 20:00 sporadicamente 24.00	364	2.002	296	1.036	
		Piano Ammezzato	UM1_D_PA	Polo delle Arti	Polo delle Arti	Aule e strutture per seminari e uffici	aule didattiche e sala conferenze	08:00 - 20:00 sporadicamente 24.00	233	816	189	985	
		Piano Primo	UM1_D_P1	CDP	hotel	Attività ricettive (stanze, uffici di gestione, ristorazione)	stanze	24h	384	1.440	312	1.074	
		Piano Secondo	UM1_D_P2		hotel		stanze	24h	398	2.171	323	1.283	
		Piano Terzo	UM1_D_P3		hotel		stanze	24h	389	1.652	316	1.242	
		Piano Quarto (Sottotetto)	UM1_D_P4		hotel		stanze	24h	389	1.224	316	943	
	F	Piano Interrato	UM1_F_PI	CDP	hotel	Attività ricettive (stanze, uffici di gestione, ristorazione)	depositi e cucine	24h	437	2.050	355	1.489	
		Piano Terra	UM1_F_PT				ristorante e spazi comuni	24h	637	2.833	518	1.859	
		Piano Ammezzato	UM1_F_PA				ristorante e spazi comuni	24h	588	1.846	478	1.070	
		Piano Primo	UM1_F_P1				stanze	24h	607	3.793	493	2.402	
		Piano Secondo	UM1_F_P2				stanze	24h	635	3.469	517	2.008	
		Piano Terzo	UM1_F_P3				stanze	24h	652	2.772	530	2.074	
	O	Piano Quarto (Sottotetto)	UM1_F_P4	stanze	24h	652	2.326	530	1.724				
		Piano Interrato	UM1_O_PI	CDP	hotel	depositi	depositi	24h	514	2.411	418	1.751	
		Piano Terra + Piano ammezzato	UM1_O_PT	Città di Torino	gestore culturale	Spazi espositivi	spazi espositivi	10.00-20.00 sporadicamente 24.00	515	3.909	419	2.868	
		Piano Primo	UM1_O_P1	CDP	hotel	Attività ricettive (stanze, uffici di gestione, ristorazione)	stanze	24h	486	3.038	395	1.987	
Piano Secondo		UM1_O_P2	stanze				24h	515	2.812	419	1.779		
Piano Terzo		UM1_O_P3	stanze				24h	499	2.622	406	1.616		
Piano Quarto (Sottotetto)	UM1_O_P4	stanze	24h				499	1.521	406	1.173			
U	Piano Primo	UM1_U_P1	CDP	hotel	Attività ricettive	stanze	24h	159	776	129	563		
UMI 2	A	Piano Interrato	UMI2_A_PI	Polo delle Arti	gestore residenze temporanee	Residenze temporanee	depositi	24h	308	899	250	482	
		Piano Terra	UMI2_A_PT		Polo delle Arti	Spazi per la didattica, laboratori e amministrazione del Polo delle arti	aule didattiche e amministrazione	08.00-20.00	365	1.836	297	1.133	
		Piano Ammezzato	UMI2_A_PA				aule didattiche	08.00-20.00	431	1.379	350	980	
		Piano Primo	UMI2_A_P1				aule didattiche	08.00-20.00	383	1.536	311	1.215	
		Piano Secondo	UMI2_A_P2				aule didattiche	08.00-20.00	362	1.385	294	855	
		Piano Terzo (Sottotetto)	UMI2_A_P3				aule didattiche	08.00-20.00	350	561	285	399	
	C	Piano Interrato	UMI2_C_PI	Polo delle Arti	Polo delle Arti	Spazi per la didattica, laboratori e amministrazione del Polo delle arti	teatro di posa e depositi	08.00-20.00	1.022	3.577	831	2.908	
		Piano Terra	UMI2_C_PT				sala scenografia	08.00-20.00	296	1.184	241	963	
		Piano Ammezzato	UMI2_C_PA				sala scenografia	08.00-20.00	60	180	49	146	
	M	Piano Terra	UMI2_M_PT	Città di Torino	gestore culturale	Spazi espositivi	spazi espositivi	10.00-20.00 sporadicamente 24.00	527	4.337	428	2.967	
		Piano Primo	UMI2_M_P1	Polo delle Arti	gestore residenze temporanee	Residenze temporanee	stanze	24h	519	2.081	422	1.342	
		Piano Secondo	UMI2_M_P2				stanze	24h	536	2.053	436	1.416	
Piano Terzo (Sottotetto)	UMI2_M_P3	stanze	24h				530	2.147	430	1.746			
UMI 3	N	Piano Terra	UMI3_N_PT	Città di Torino	gestore culturale	Spazi espositivi	spazi espositivi	10.00-20.00 sporadicamente 24.00	411	4.619	334	3.601	
UMI 5	G	Piano Interrato	UMI5_G_PI	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	spazi di servizio, magazzini, locali tecnici	locali di tecnici e di servizio	08:00 - 20:00	1.928	8.212	1.567	4.742	
		Piano Terra + Piano ammezzato+ Piano Primo	UMI5_G_PT	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	Attività di servizio	sala conferenza, sala polivalente, caffetteria, spazi per il wellbeing psico-fisico, baby parking	08.00 - 20:00	1.021	11.813	830	8.001	
		Piano Primo	UMI5_G_P1				sala conferenza, sala polivalente, caffetteria, spazi per il wellbeing psico-fisico, baby parking	08.00 - 20:00	708	3.540	576	2.590	
		Piano Secondo	UMI5_G_P2				Uffici	aree di lavoro, sale riunioni	08:00 - 20:00	1.637	6.368	1.331	4.738
		Piano Terzo	UMI5_G_P3							1.001	3.842	813	2.823
		Piano Quarto	UMI5_G_P4							1.002	2.986	815	2.183
	Piano Quinto (Sottotetto)	UMI5_G_P5	1.002	2.234	815	1.832							
U	Piano Interrato	UMI5_U_PI	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	spazi di servizio, magazzini, locali tecnici	locali di tecnici e di servizio	08:00 - 20:00	136	581	111	336		

UMI	FABBRICATI	LIVELLI	CODICE ZONA TERMICA	PROPRIETA'	CONDUTTORE	UTILIZZI PRINCIPALI DEI FABBRICATI/LIVELLI	FUNZIONE	UTILIZZO ORARIO	AREE LORDE	VOLUME LORDO	AREA NETTA	VOLUME NETTO		
									[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]		
UMI 6	H	Piano Terra	UMI6_H_PT	Città di Torino	gestore culturale	Teatro e/o spazi espositivi	teatro e/o spazi espositivi	10.00-20.00 sporadicamente 24.00	1.133	22.313	921	11.837		
UMI 7	I	Piano Terra + Piano ammezzato	UMI7_I_PT	Università di Torino	Università di Torino	polo delle arti		08:00 24:00	409	3.364	332	2.242		
		Piano Primo	UMI7_I_P1					Aule e strutture per seminari e uffici	uffici/sale riunioni	08:00 20:00	456	1.829	371	1.290
		Piano Secondo	UMI7_I_P2					Aule e strutture per seminari e uffici	uffici/sale riunioni	08:00 20:00	456	1.745	370	1.226
	L	Piano Terra	UMI7_L_PT	Università di Torino	Università di Torino	PORTINERIA UNITO + spazio a servizio del teatro	PORTINERIA UNITO + spazio a servizio del teatro	08:00 24:00	223	1.123	182	627		
		Piano Ammezzato	UMI7_L_PA	Università di Torino	Università di Torino	Aule e strutture per seminari e uffici		laboratori teatro e musica/uffici/sale riunioni	08:00 20:00	535	1.712	435	1.257	
		Piano Primo	UMI7_L_P1					uffici/sale riunioni	08:00 20:00	522	2.093	424	1.481	
		Piano Secondo	UMI7_L_P2					uffici/sale riunioni	08:00 20:00	528	2.021	429	1.381	
		V	Piano Terra	UMI7_V_PT	Università di Torino	Università di Torino	Aule e strutture per seminari e uffici		spazio a servizio del teatro	08:00 24:00	180	905	146	483
			Piano Ammezzato	UMI7_V_PA					laboratori teatro e musica/uffici/sale riunioni	08:00 20:00	224	718	182	602
	Piano Primo		UMI7_V_P1	uffici/sale riunioni					08:00 20:00	181	726	147	486	
Piano Secondo	UMI7_V_P2		uffici/sale riunioni	08:00 20:00					175	671	142	436		
UMI 10	S	Piano Interrato	UMI10_S_P1	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	spazi di servizio, magazzini, locali tecnici	locali di tecnici e di servizio	08:00 - 20:00	244	1.041	199	596		
		Piano Terra	UMI10_S_PT	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	Attività istituzionali (culturale)	uffici, laboratori, sale polivalenti	08:00 - 20:00	905	5.240	736	2.264		
		Piano Ammezzato	UMI10_S_PA						905	3.158	736	2.229		
		Piano Primo	UMI10_S_P1						630	2.179	512	1.618		
	Piano Secondo (Sottoletto)	UMI10_S_P2	908	1.635	738	1.177								
	T	Piano Terra	UMI10_T_PT	Compagnia di San Paolo	Compagnia di San Paolo	Attività istituzionali (culturale)	uffici, laboratori, sale polivalenti	08:00 - 20:00	679	3.931	552	3.025		
		Piano Primo (Sottoletto)	UMI10_T_P1						679	3.312,8	552,0	2.586		

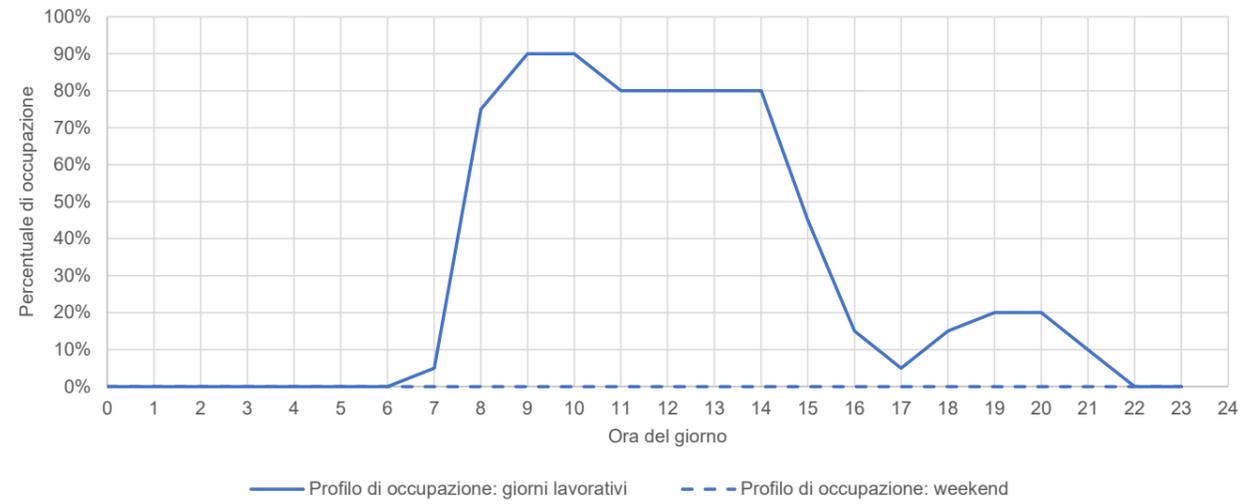
## 10.2.2 Dettaglio delle condizioni termo-igrometriche ambientali e dati di input del modello energetico

Livello di comfort	<b>Livello di comfort elevato</b>					<b>Livello di comfort medio</b>					<b>Livello di comfort standard</b>					<b>Livello di comfort basso</b>				
Tipologia di impianto	<i>Impianto meccanico per climatizzazione invernale ed estiva. Ventilazione meccanica con recuperatori di calore e controllo dell'umidità invernale ed estiva</i>					<i>Impianto meccanico per climatizzazione invernale ed estiva. Ventilazione meccanica con recuperatori di calore, controllo dell'umidità estiva</i>					<i>Impianto meccanico per climatizzazione invernale ed estiva. Ventilazione naturale (deumidificazione estiva a bordo dei terminali d'emissione)</i>					<i>Impianto meccanico per climatizzazione invernale. Ventilazione naturale.</i>				
Destinazione d'uso	Temperatura di progetto invernale	Temperatura di progetto estiva	Portata aria di rinnovo	Umidità relativa (min.)	Umidità relativa (max)	Temperatura di progetto invernale	Temperatura di progetto estiva	Portata aria di rinnovo	Umidità relativa (min.)	Umidità relativa (max)	Temperatura di progetto invernale	Temperatura di progetto estiva	Portata aria di rinnovo	Umidità relativa (min.)	Umidità relativa (max)	Temperatura di progetto invernale	Temperatura di progetto estiva	Portata aria di rinnovo	Umidità relativa (min.)	Umidità relativa (max)
	[°C]	[°C]	[l/s al m <sup>2</sup> ]	[%]	[%]	[°C]	[°C]	[l/s al m <sup>2</sup> ]	[%]	[%]	[°C]	[°C]	[vol/h]	[%]	[%]	[°C]	[°C]	[vol/h]	[%]	[%]
<b>uffici</b>	21,0	25,5	2,0	30%	50%	20,0	26	1,4	-	60%	20,0	27	0,5	-	70%	19,0	-	0,3	-	-
<b>attività ricettive</b>	21,0	25,5	1,5	30%	50%	20,0	26	1,1	-	60%	20,0	27	0,5	-	70%	18,0	-	0,3	-	-
<b>spazi per la didattica</b>	21,0	25,5	2,9	30%	50%	20,0	26	2,0	-	60%	20,0	27	0,5	-	70%	19,0	-	0,3	-	-
<b>ristorazione</b>	21,0	25,5	2,6	30%	50%	20,0	26	1,8	-	60%	20,0	27	0,5	-	70%	19,0	-	0,3	-	-
<b>spazi espositivi</b>	21,0	25,5	4,0	30%	50%	20,0	26	2,8	-	60%	20,0	27	0,5	-	70%	19,0	-	0,3	-	-
<b>depositi e locali tecnici</b>	18,0	-	-	-	-	16,0	-	-	-	-	16,0	-	-	-	-	14,0	-	-	-	-

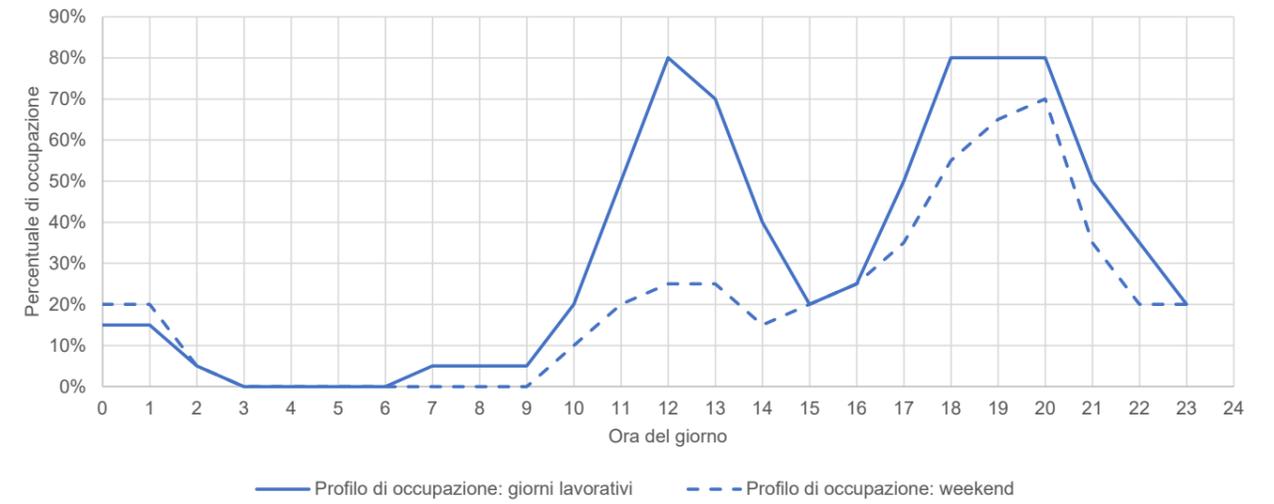
### PROFILI DI OCCUPAZIONE PER DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE



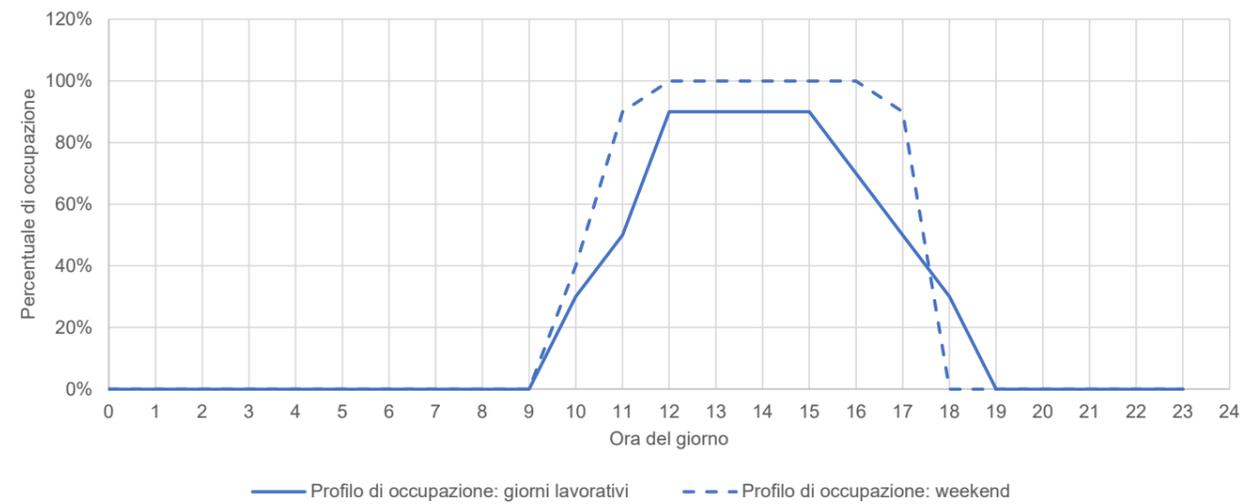
Destinazione d'uso: SPAZIE PER LA DIDATTICA



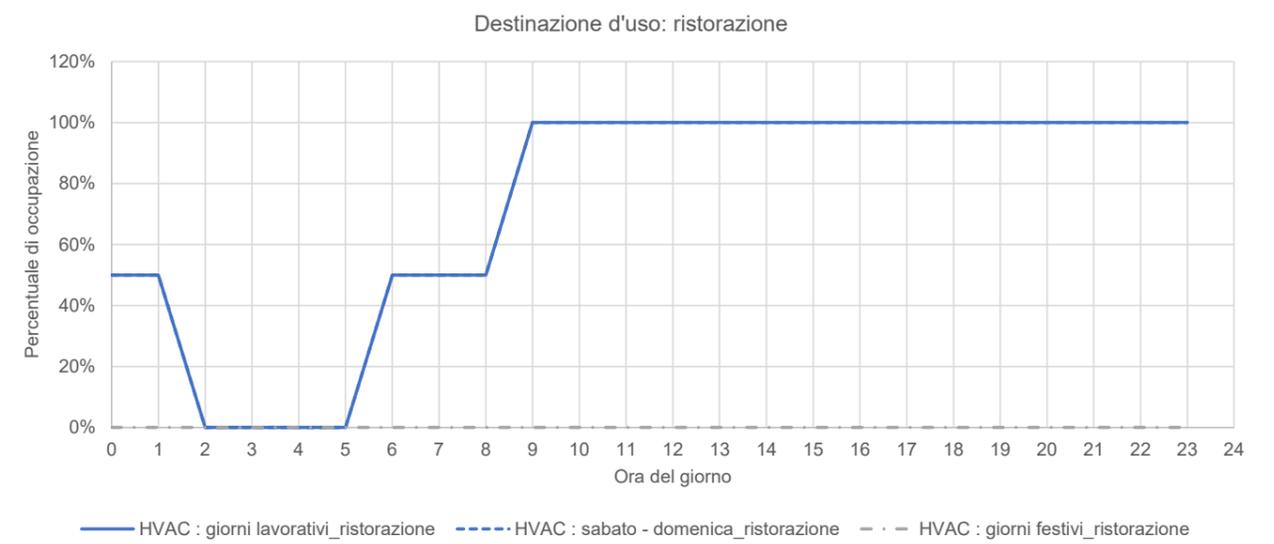
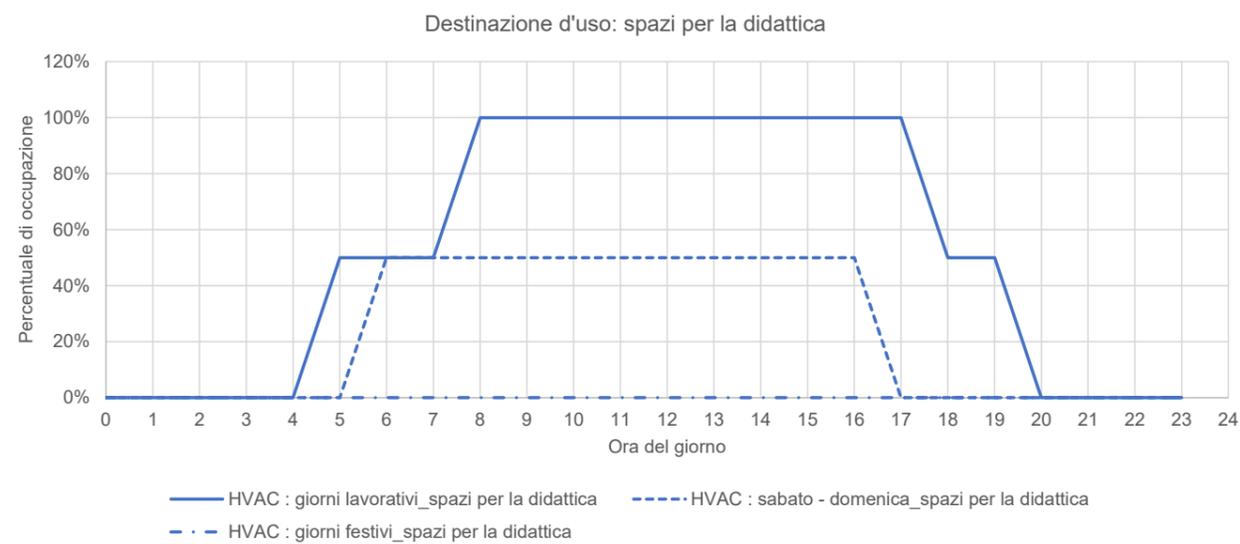
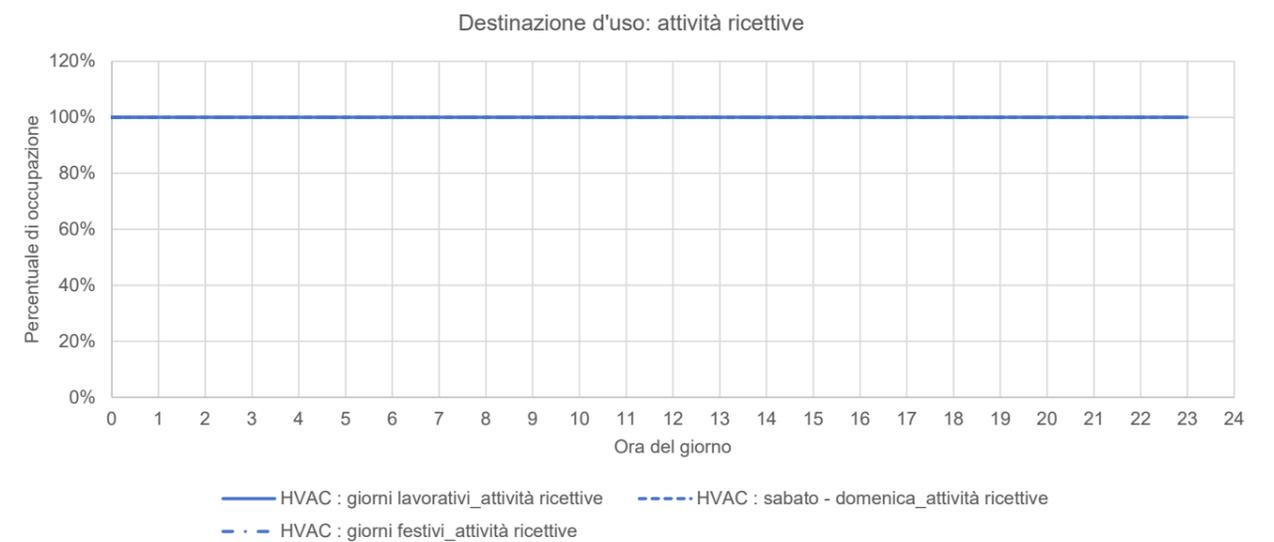
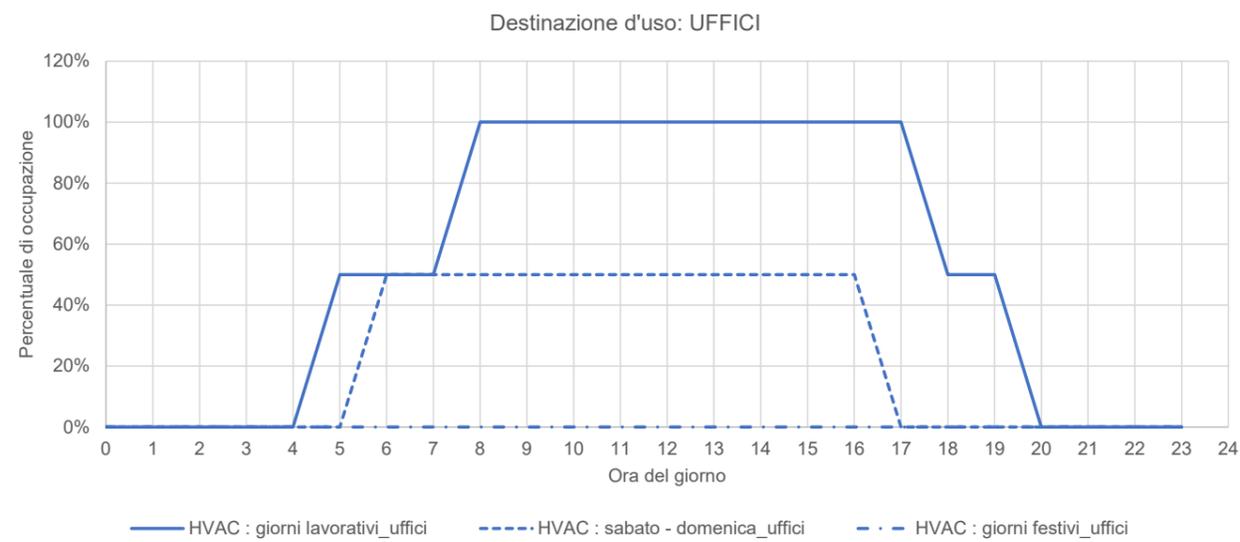
Destinazione d'uso: RISTORAZIONE

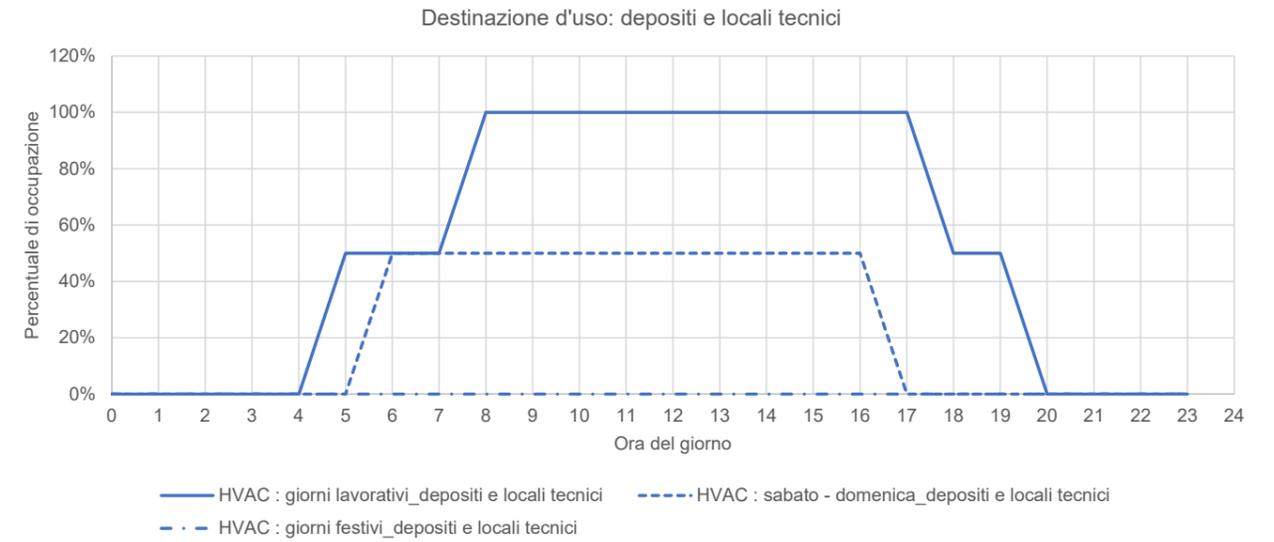
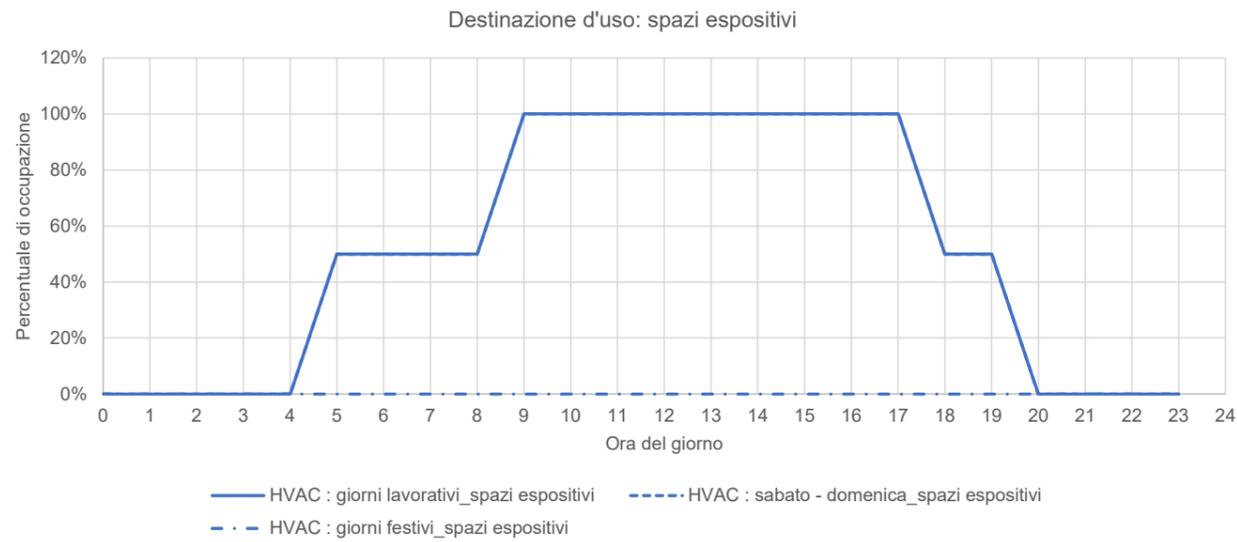


Destinazione d'uso: SPAZI ESPOSITIVI

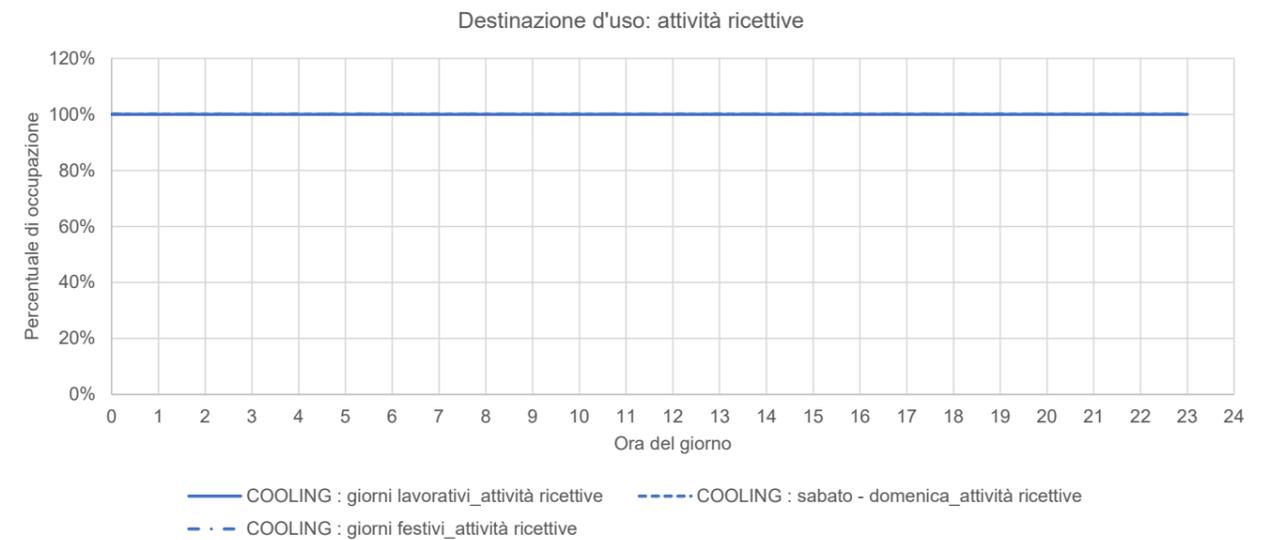
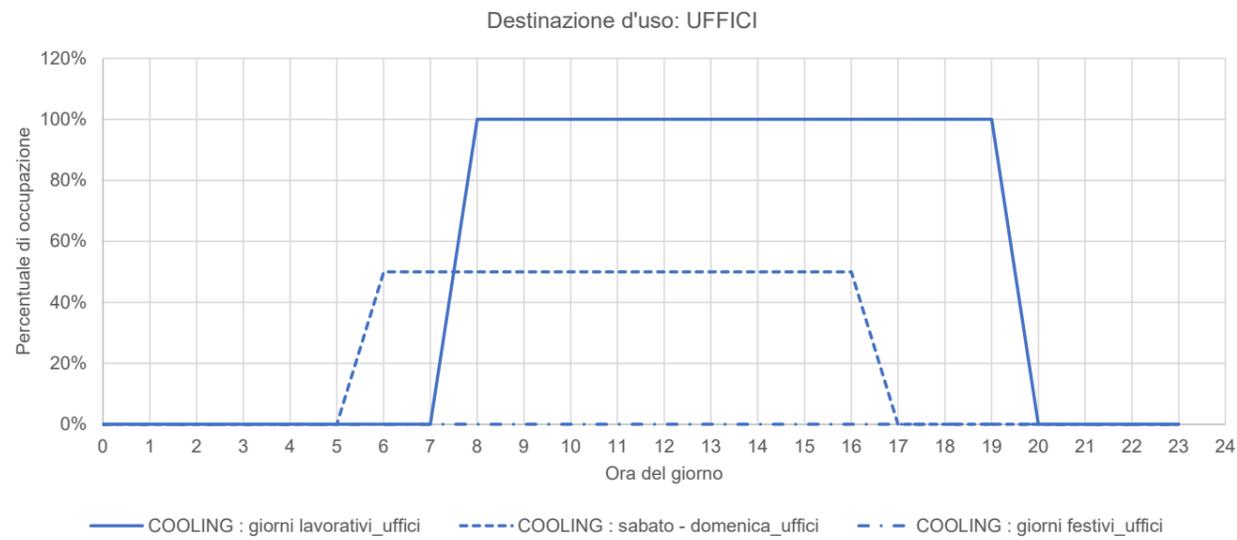


## PROFILI DI UTILIZZO DEGLI IMPIANTI MECCANICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE PER DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE FUNZIONAMENTO OTTIMIZZATO (PRE-ACCENSIONE IMPIANTI)

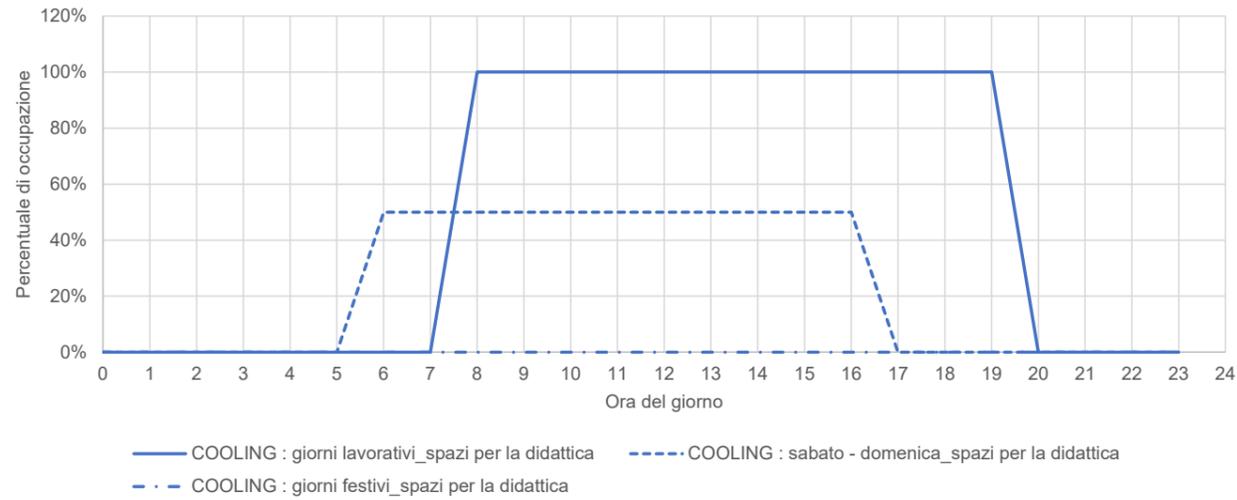




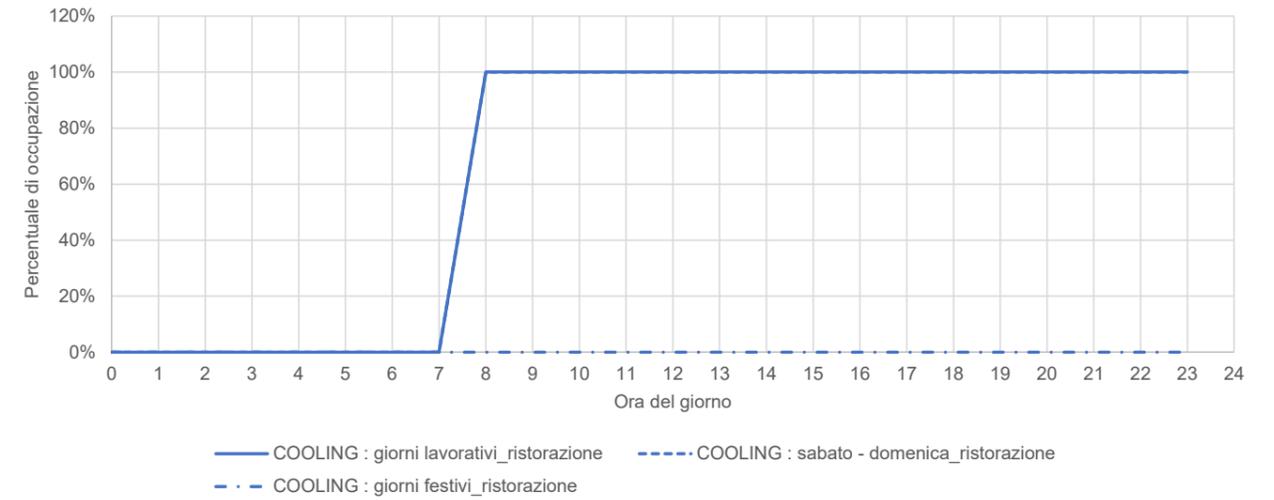
## PROFILI DI UTILIZZO DEGLI IMPIANTI MECCANICI PER CLIMATIZZAZIONE ESTIVA PER DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE



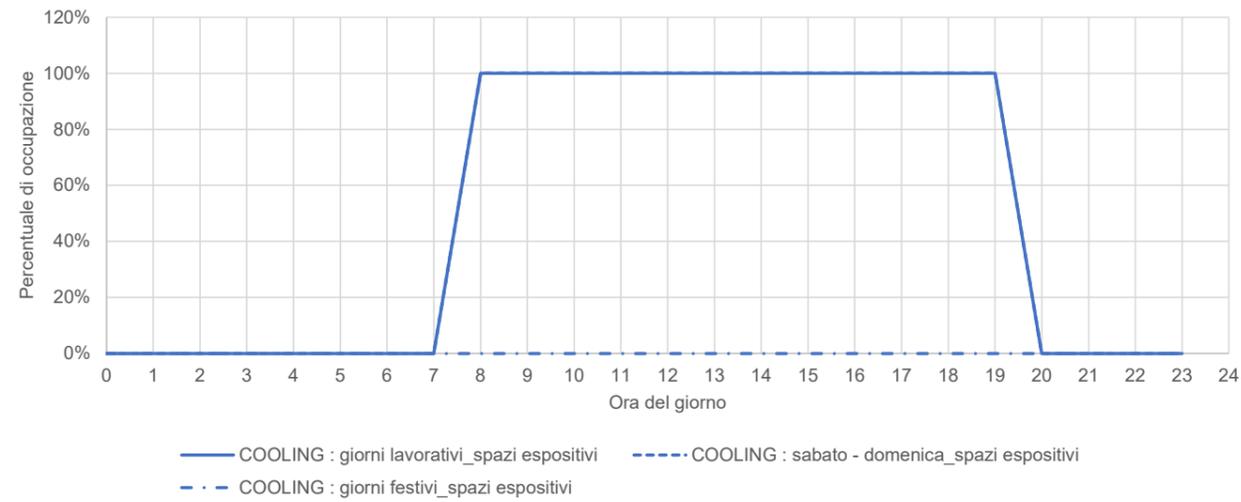
Destinazione d'uso: spazi per la didattica



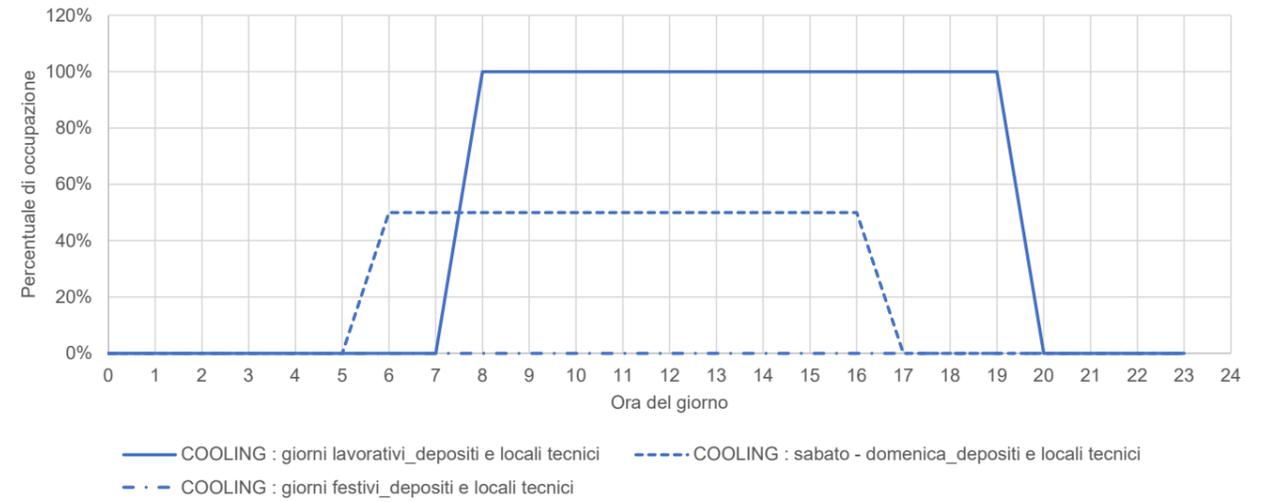
Destinazione d'uso: ristorazione



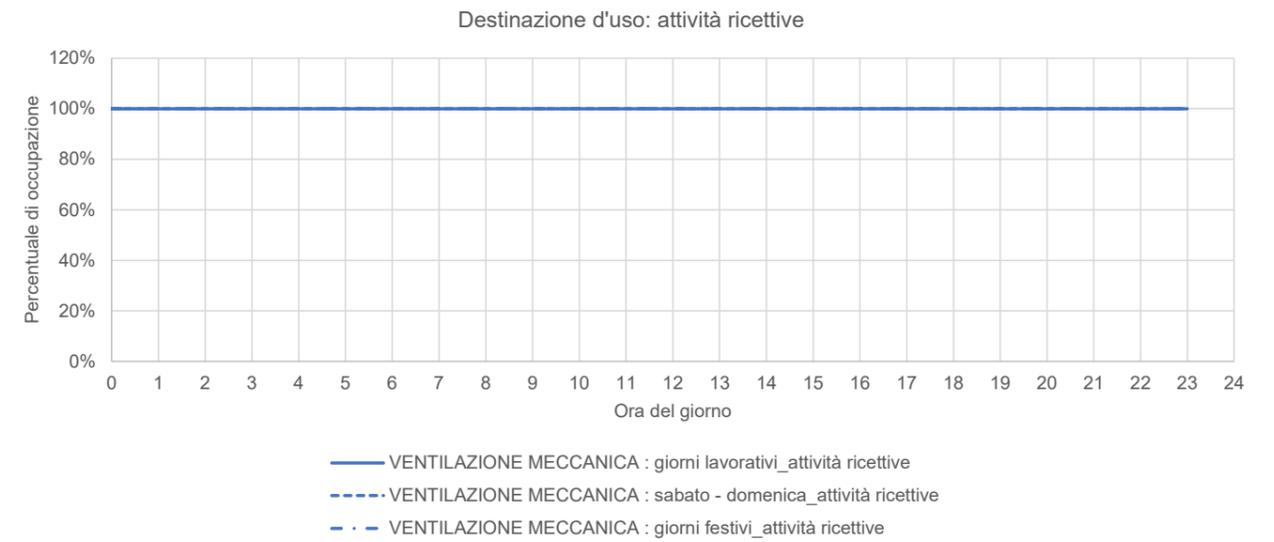
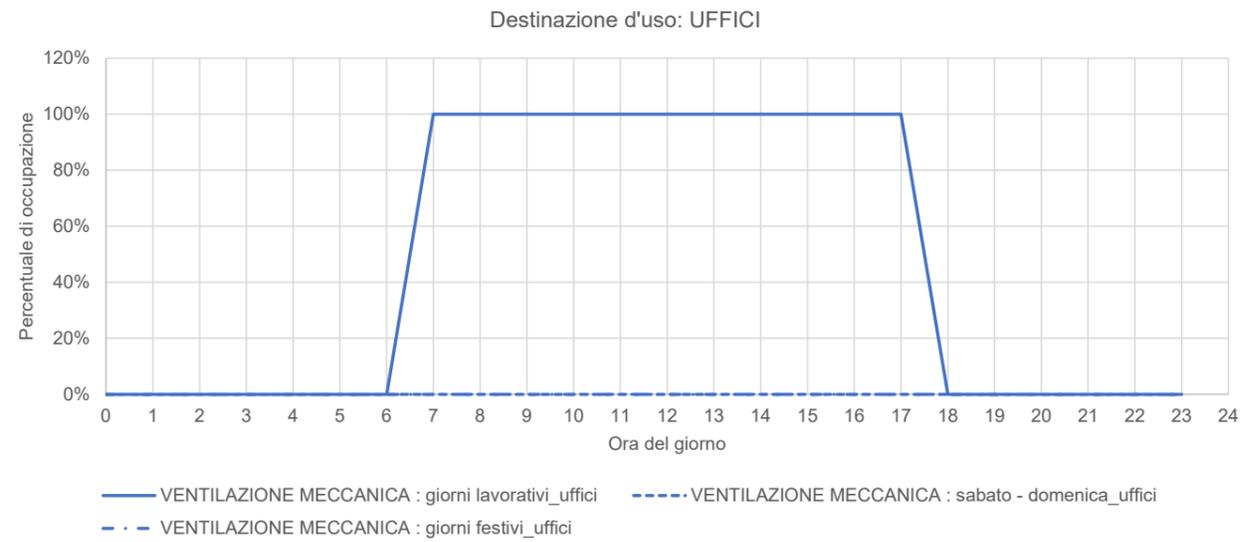
Destinazione d'uso: spazi espositivi



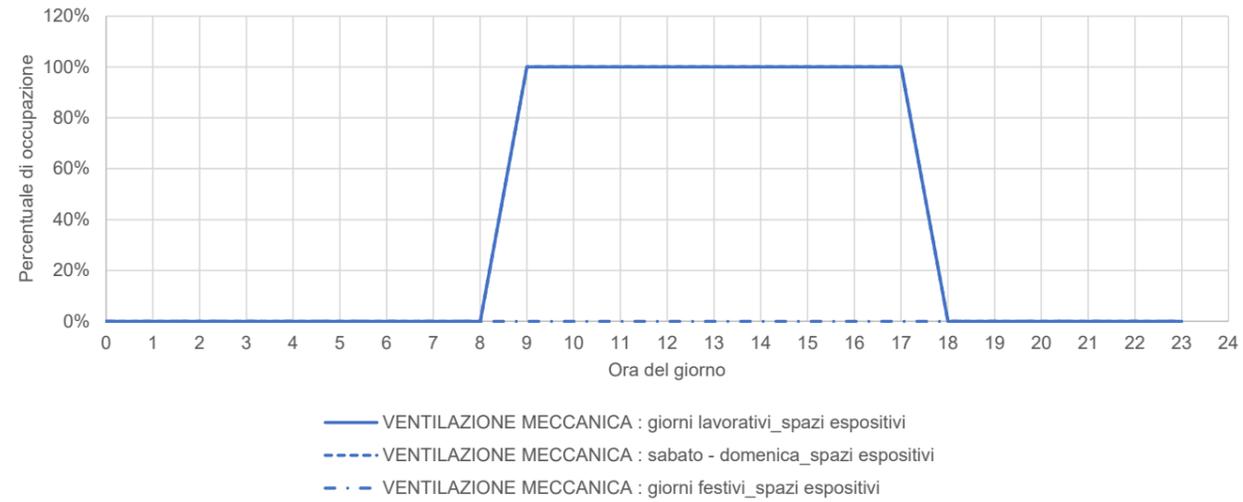
Destinazione d'uso: depositi e locali tecnici



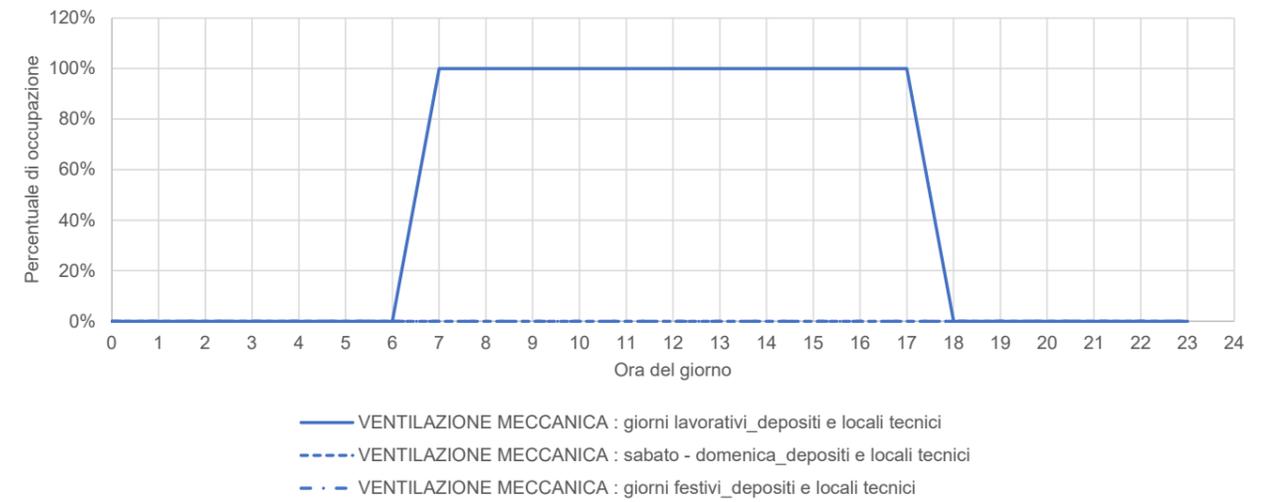
## PROFILI DI UTILIZZO DEGLI IMPIANTI MECCANICI PER LA VENTILAZIONE MECCANICA PER DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE



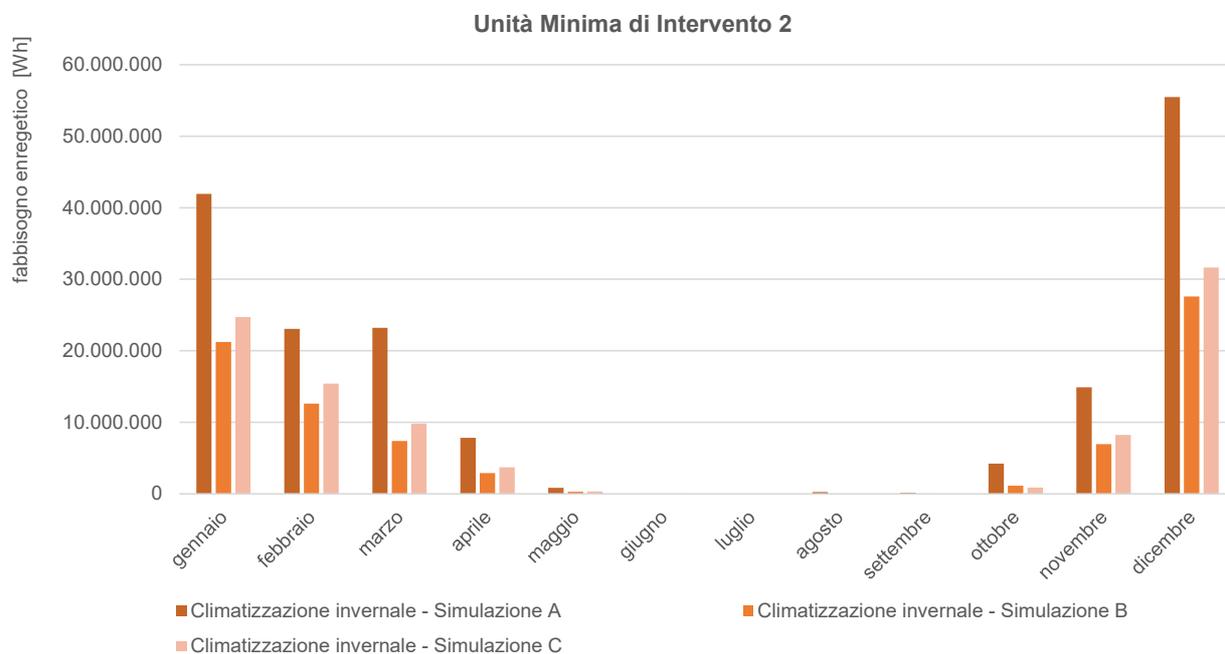
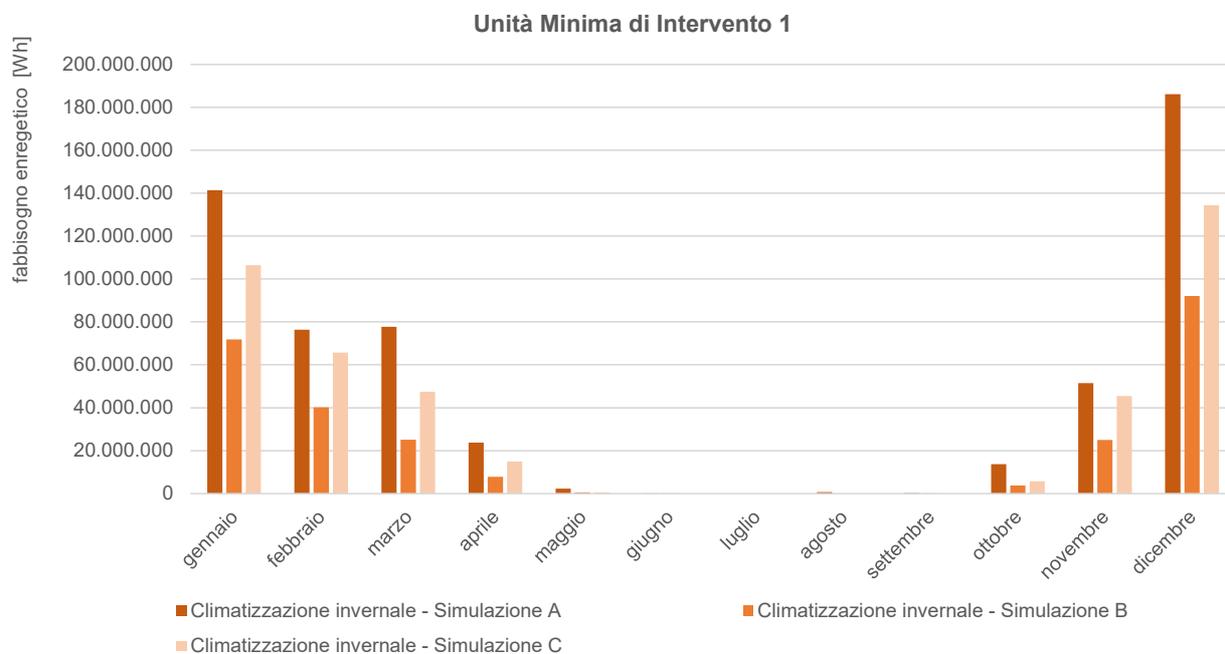
Destinazione d'uso: spazi espositivi



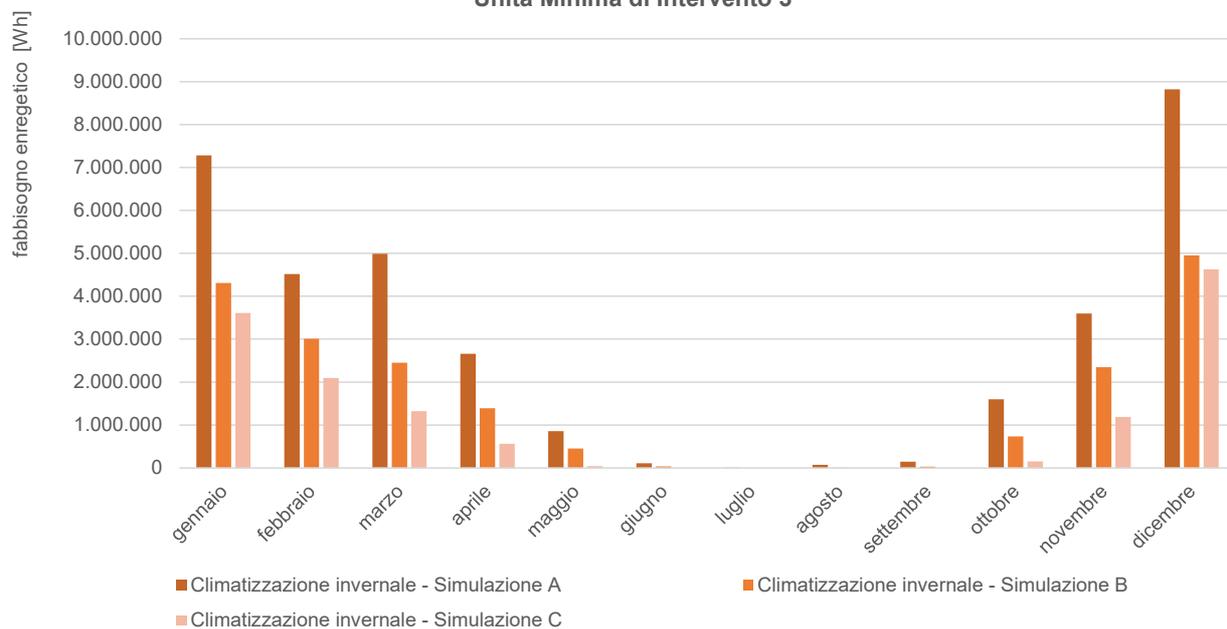
Destinazione d'uso: depositi e locali tecnici



## 10.2.3 Risultati delle simulazioni energetiche al variare delle condizioni di comfort



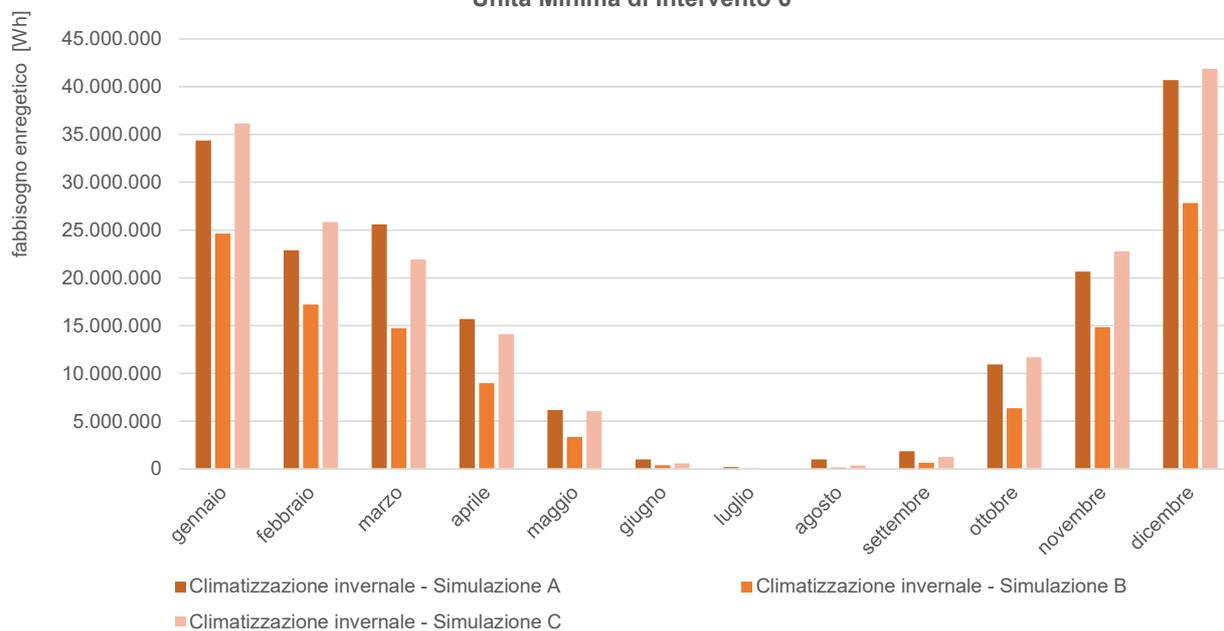
## Unità Minima di Intervento 3



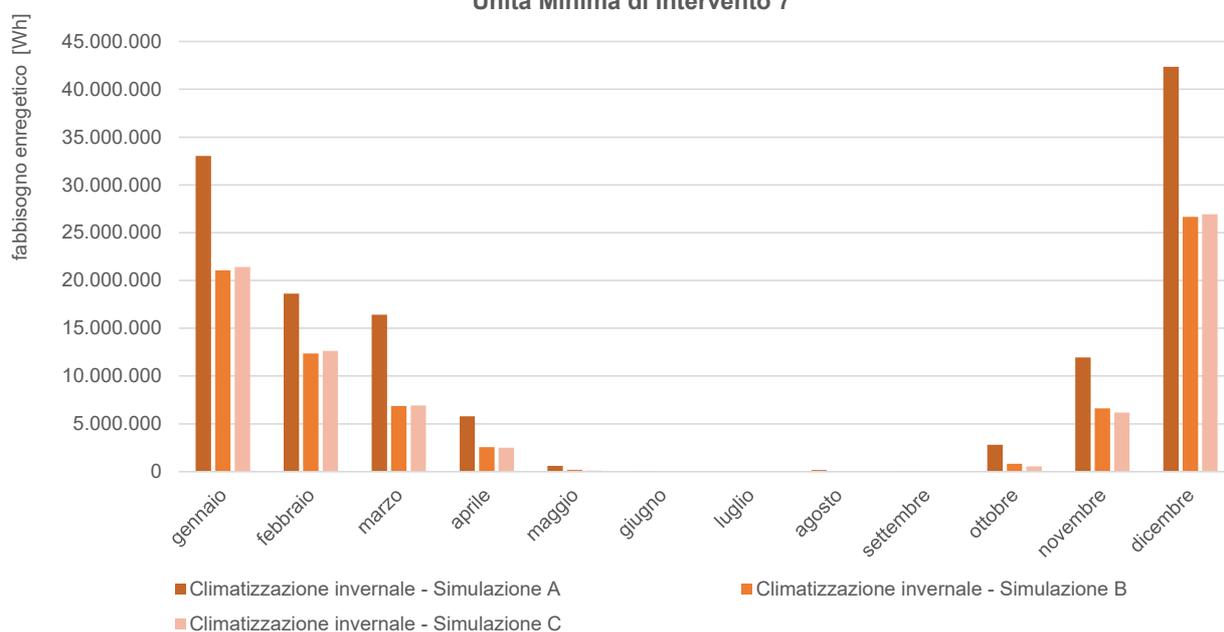
## Unità Minima di Intervento 5



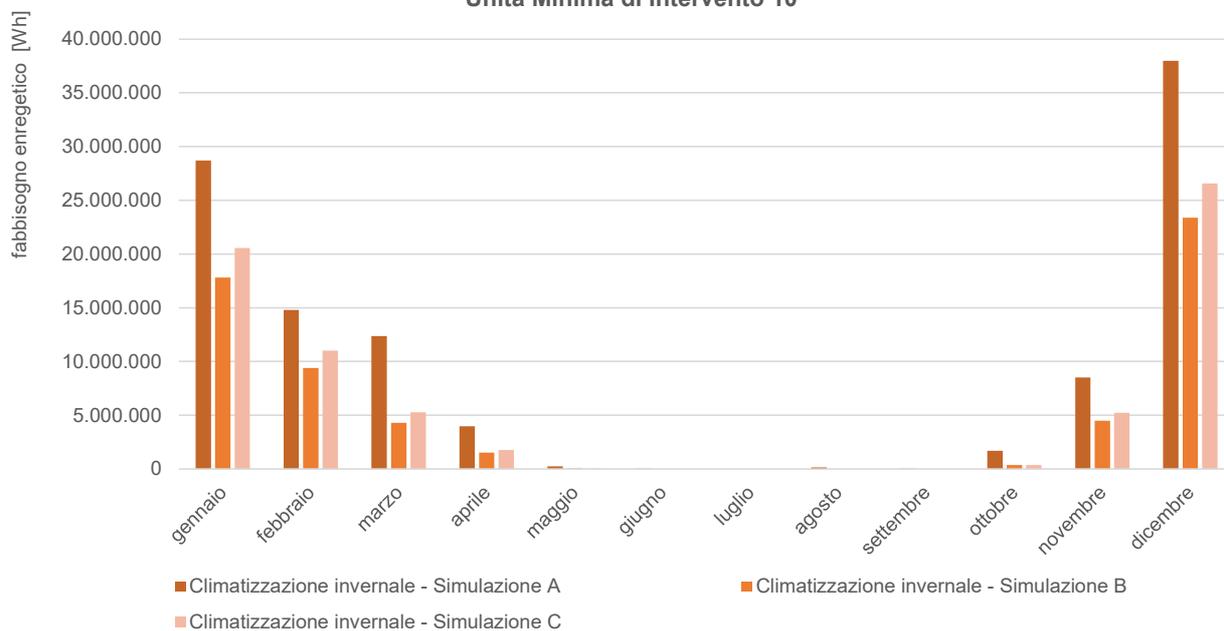
## Unità Minima di Intervento 6



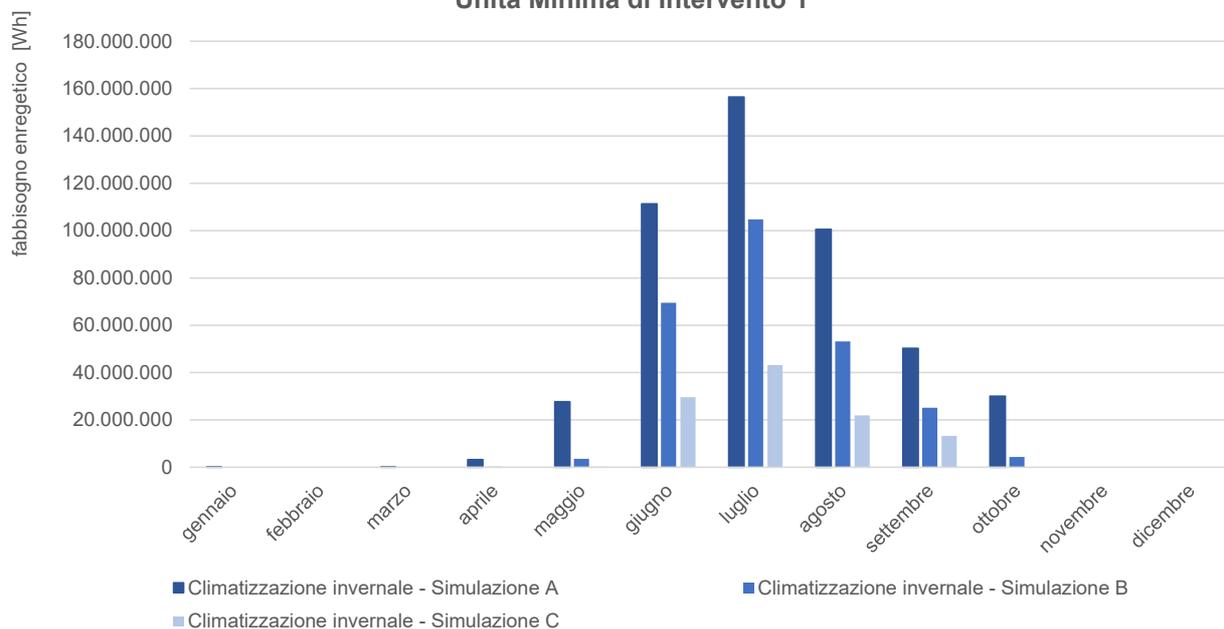
## Unità Minima di Intervento 7



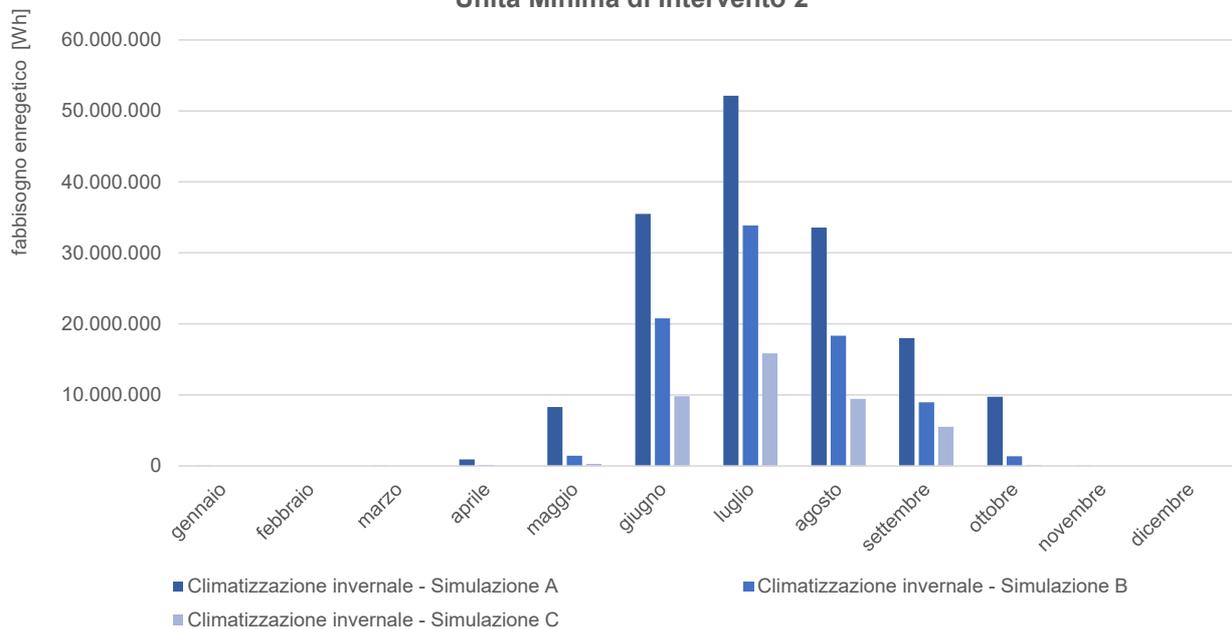
## Unità Minima di Intervento 10



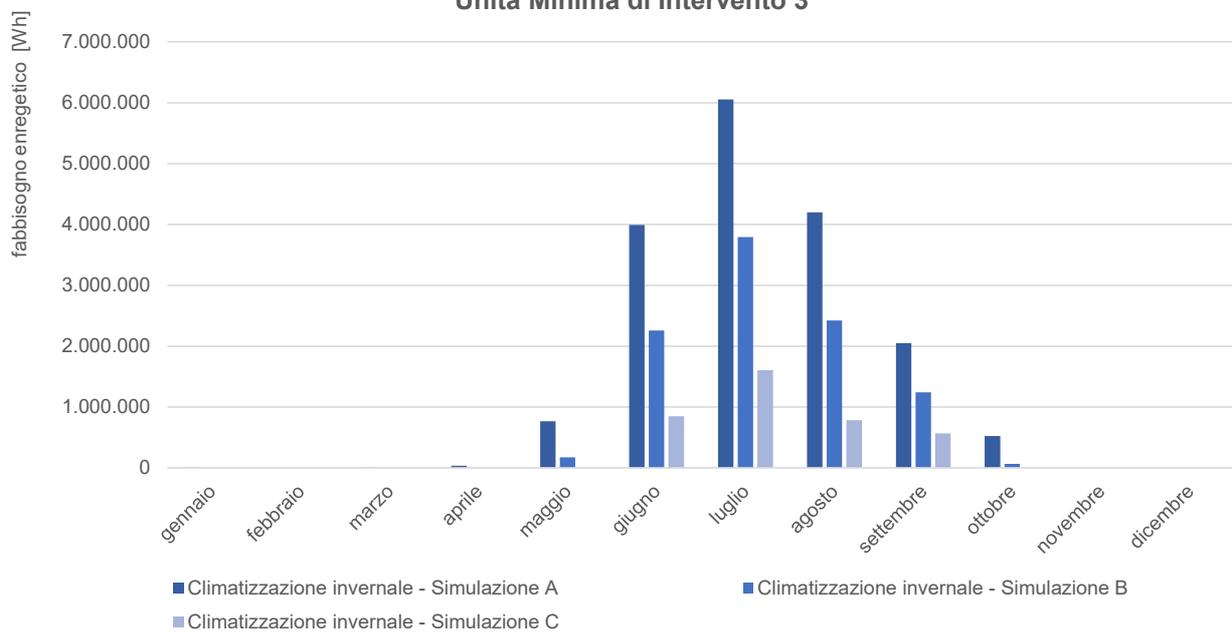
## Unità Minima di Intervento 1



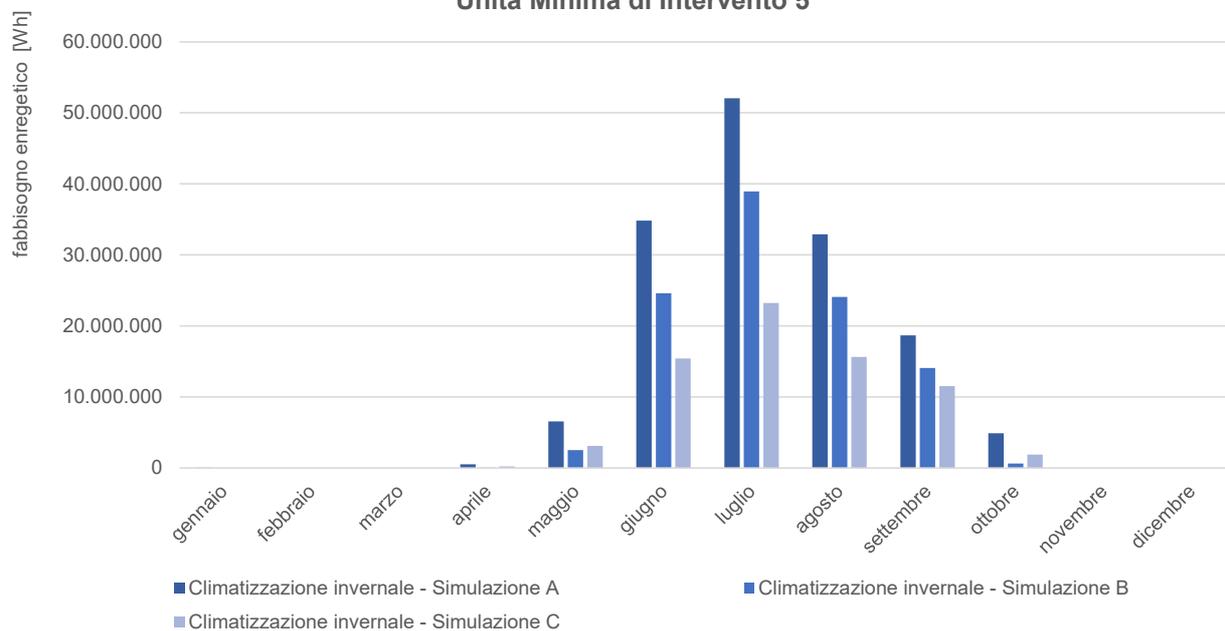
## Unità Minima di Intervento 2



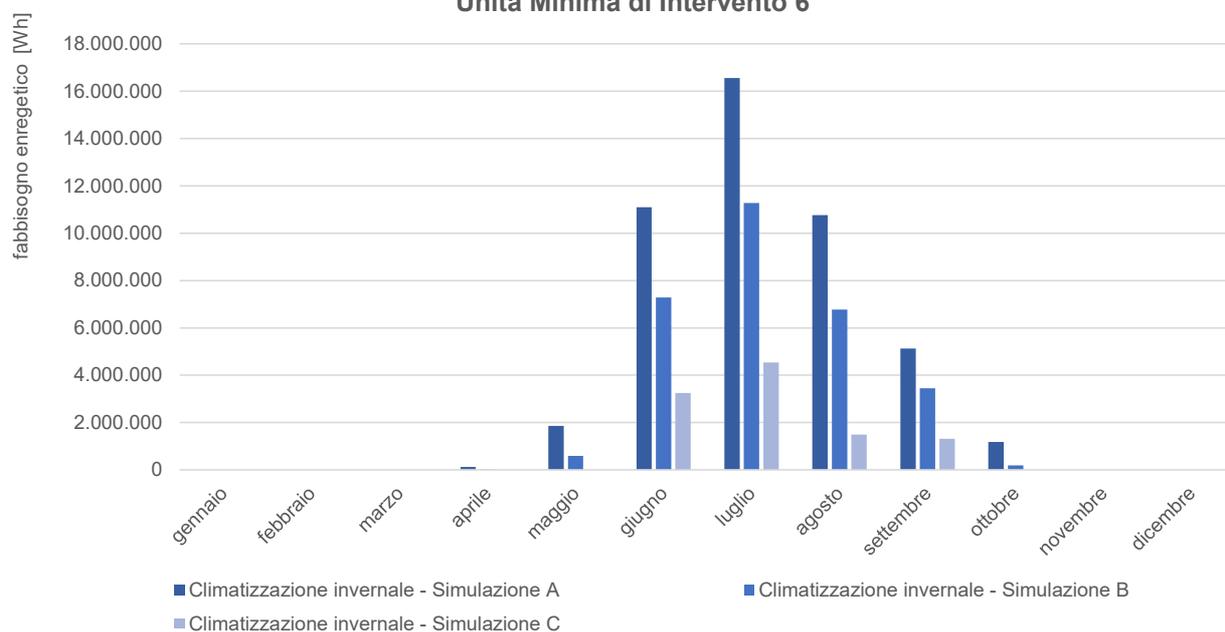
## Unità Minima di Intervento 3



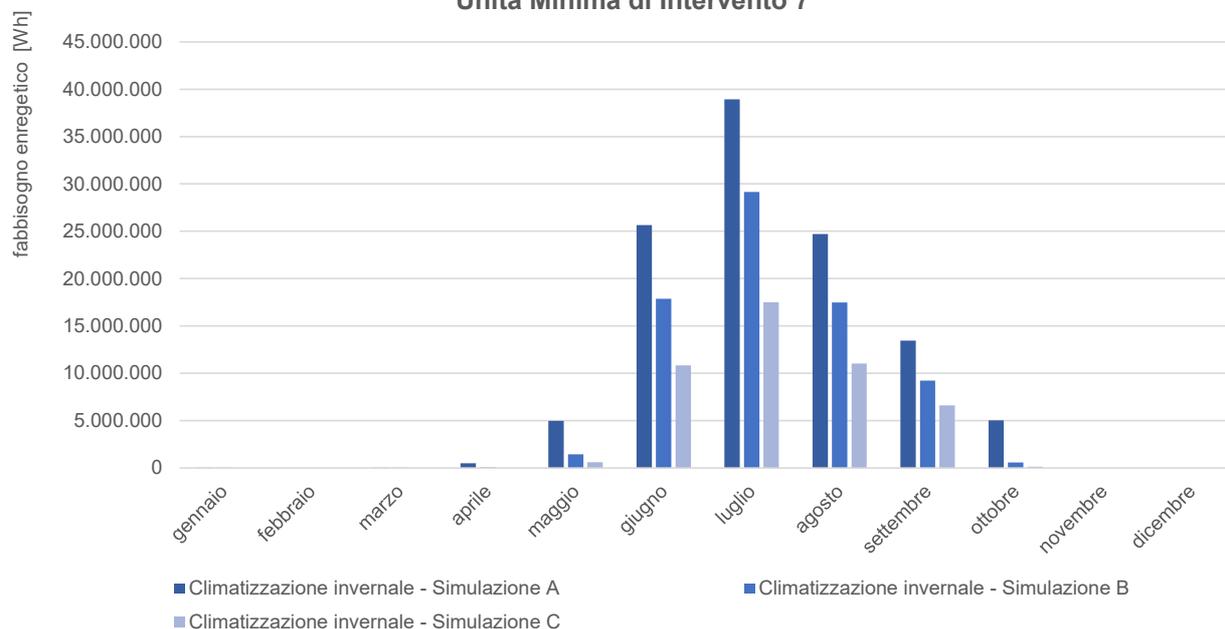
## Unità Minima di Intervento 5



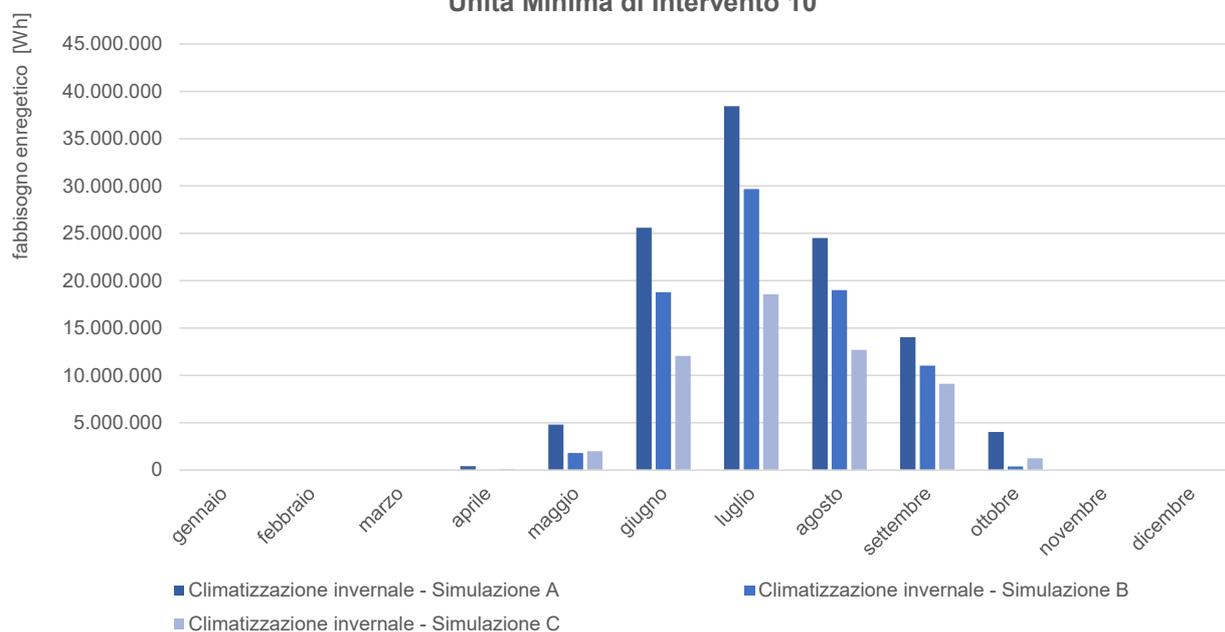
## Unità Minima di Intervento 6



## Unità Minima di Intervento 7



## Unità Minima di Intervento 10



REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

## CITTA' DI TORINO

### CAVALLERIZZA

## STUDIO DI FATTIBILITA' PER IMPIANTO GEOTERMICO A BASSA ENTALPIA "OPEN LOOP"

### Premessa

In relazione alla necessità di realizzare un impianto geotermico a bassa entalpia per la climatizzazione di alcuni edifici del complesso della Cavallerizza nel Comune di Torino, è stato condotto uno studio preliminare per verificare la fattibilità sia tecnica che normativa dei pozzi necessari.

### Il quadro geologico generale

L'area indagata è situata nei settori pianeggianti della città, che si estendono, in prima approssimazione, tra il corso della Dora Riparia (verso Nord) e quello del Fiume Po, la cui asta fluviale delimita verso Est, al piede della collina, le zone più intensamente urbanizzate della Città di Torino; dal punto di vista geologico essa si sviluppa in corrispondenza del contatto tra le "alluvioni antiche" della Dora e i "depositi fluvioglaciali rissiani" terrazzati.

Il quadro geologico-geomorfologico nel quale si localizzano gli areali indagati, e sui quali è sviluppata gran parte della Torino urbanizzata, risulta piuttosto conosciuto e tipico di tutta l'alta Pianura Padana inserita tra i rilievi montuosi dell'Arco Alpino ad occidente e le più dolci colline del Monferrato ad oriente.

La successione stratigrafica tipica di questi settori di pianura è caratterizzata, nei livelli superiori, dalla presenza di depositi alluvionali, antichi e recenti, di depositi fluvioglaciali di diversa età e da depositi lacustri di ambiente continentale tra i quali, sullo stralcio allegato, sono rappresentati i seguenti termini:

**a<sub>3</sub>**: Alluvioni ghiaioso-sabbiose recenti ed attuali;

**a<sub>2</sub>**: Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (ALLUVIONI MEDIO-RECENTI);

**a<sub>1</sub>**: Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali, ricoprenti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale wurmiano (ALLUVIONI ANTICHE)

**fl<sup>M-G</sup>**: Conglomerato poligenico stratificato ad elementi minuti, fortemente cementato, sottostante al Mindel ed affiorante con ripide scarpate lungo il Sangone e la Dora Riparia (INTERGLACIALE MINDEL-GUNZ)

**fg<sup>r</sup>**: Depositi ghiaioso sabbiosi, con paleosuolo rosso-arancio, per lo più terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale della pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE E FLUVIALE RISS)

I pozzi in progetto saranno terebrati all'interno dei depositi fluvioglaciali rissiani.

## La caratterizzazione geologico-geomorfologica

L'area in esame è localizzata al di sopra del terrazzo fluvioglaciale citato e non ricade nella fascia di competenza della dinamica dei corsi d'acqua, ed in particolare del Po; pertanto questi areali debbono ritenersi generalmente sicuri da fenomeni di inondazione per portate dei corsi d'acqua con tempi di ritorno secolari, anche in considerazione della loro regimazione pressoché completa all'interno del nucleo urbano. Per tale motivo è stata inserita in

classe I (P) di pianura nella Carta di Sintesi allegata alla "Variante 100 al P.R.G. ai sensi degli artt. 15 e 17 della L.R. 56/1977 e s.m.i. – Adeguamento alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I." per il Comune di Torino. Per questa classe non sono riconosciute condizioni di pericolosità geomorfologica e non sussistono quindi particolari limitazioni alle scelte urbanistiche-edilizie.

I depositi fluvioglaciali affioranti sono costituiti da alternanze ghiaioso sabbiose all'interno delle quali è possibile la presenza di lenti e/o livelli di materiali a granulometria fine; costituiscono l'acquifero superficiale che, secondo quanto indicato nella "Carta della base dell'acquifero superficiale del settore di pianura della provincia di Torino" (cfr. dgr 3 giugno 2009, n. 34-11524 aggiornata con D.D. n. 229 del 6/6/2016), nel settore di indagine è caratterizzato da una potenza pari a circa 43 m (191 m slm).

Il reticolo idrografico superficiale nella zona è rappresentato dalla Dora Riparia che scorre a poco più di 500 m a Nord Est e dal Fiume Po, che dista circa 870 m in direzione SudEst rispetto al sito in esame.

## La stratigrafia di massima

L'andamento stratigrafico locale è stato ricostruito a partire da dati di perforazioni eseguite nelle immediate vicinanze, già disponibili nel catasto delle opere idrauliche della Provincia di Torino e nella banca dati geotecnica della Regione Piemonte.

La situazione stratigrafica locale è caratterizzata dalla presenza di terreni ghiaioso-ciottolosi con matrice sabbiosa, talora con livelli cementati, di origine fluvioglaciale il cui letto viene indicato, nell'area di perforazione dei pozzi, ad una profondità di circa 43 m dal p.c; ad essi si associa in genere una permeabilità da media ad elevata.

Solitamente i primi 4-5 metri sono rappresentati dagli stessi materiali ma rimaneggiati a seguito degli interventi edilizi dell'area.

Più in profondità sono presenti terreni argillosi all'interno dei quali, nei primi metri, possono rinvenirsi livelli di sabbie fini.

## **La caratterizzazione idrogeologica del territorio in relazione alla falda da captare**

Il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato da un sistema multifalde, con acquiferi separati da livelli impermeabili più o meno continui, di sicuro interesse per la trivellazione di pozzi finalizzati all'emungimento idrico.

L'acquifero superficiale è costituito, come descritto in precedenza, da sedimenti di origine alluvionale a granulometria prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con limi caratterizzati da un grado di permeabilità medio-elevato; ospita le acque della ricca falda a superficie libera (falda freatica) che risultano in rapporto diretto di interdipendenza idraulica con i corsi d'acqua principali.

I dati relativi alla soggiacenza della falda freatica indicano valori della stessa pari a circa 14 metri, con oscillazioni stagionali decimetrico-metriche; ne consegue che, mediamente, la zona satura risulta caratterizzata da una potenza pari a 29 metri circa.

La massima escursione in risalita di tale livello si registra in autunno, in corrispondenza del periodo di maggiore infiltrazione sotterranea degli apporti meteorici, mentre il massimo abbassamento si verifica durante la stagione invernale.

L'acquifero descritto, in relazione alla granulometria dei materiali che lo compongono, non possiede alcuna protezione naturale nei confronti di eventuali elementi inquinanti provenienti dalla superficie, ragion per cui debbono essere significative le attenzioni e le precauzioni per le situazioni di emungimento e di scarico.

### **I parametri idrogeologici**

I parametri idrogeologici rappresentativi dell'acquifero da captare sono stati ipotizzati analizzando i dati di letteratura ed esaminando i risultati relativi a numerose prove di pompaggio eseguite all'interno del concentrico di Torino; per questo motivo si devono considerare come dati indicativi e andranno

verificati successivamente alla realizzazione delle opere di captazione attraverso prove di pompaggio puntuali.

Sulla base di quanto esaminato per la trasmissività dell'acquifero superficiale si può considerare un valore pari a  $2.92E-02 \text{ m}^2/\text{s}$  mentre per il coefficiente di permeabilità K un valore di  $1.19E-03 \text{ m/s}$ .

La direzione di deflusso principale delle acque della falda freatica si colloca prevalentemente da NO verso SE, in direzione dell'alveo del Po; il gradiente idraulico (i) rappresentativo dell'area può assumere valori pari circa allo 0,4%.

### **La valutazione delle ipotesi di modificazione sulla geometria della superficie piezometrica**

Al fine di verificare l'effetto sulla falda freatica indotto dal funzionamento dei pozzi in progetto è possibile valutare, con formule comunemente utilizzate nella letteratura tecnica, l'ampiezza approssimativa del raggio di influenza del pozzo in progetto.

Per fare questo si è utilizzata la seguente formula approssimata:

$$R \approx 1,5 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot t}{m}}$$

in cui T è la trasmissività dell'acquifero, m è la porosità efficace, e t è il tempo trascorso dall'inizio del pompaggio.

Gli altri valori sono  $m = 0,25$  e  $T = 2.92 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Il calcolo fornisce un valore di R pari a circa:

$$R=87 \text{ m}$$

E' stata inoltre effettuata una simulazione con il programma INQUIMAP-ISOMAP della Geo&Soft Int.; partendo da una ricostruzione dell'andamento delle isopieze relative alla falda indisturbata si è potuto valutare l'effetto causato dai pozzi in esame (sia di emungimento che di restituzione) attraverso l'applicazione del principio della sovrapposizione degli effetti.

Il posizionamento dei pozzi è stato fatto in prima approssimazione e dovrà essere valutato anche sulla base di considerazioni non strettamente idrogeologiche.



Carta delle isofreatiche con l'effetto indotto dai pozzi – Scala 1:3.000

Il metodo prevede un approccio semplificato rispetto al metodo delle differenze finite. Si basa infatti sull'ipotesi che l'acquifero, nell'intorno di ogni singolo pozzo di cui viene simulata la messa in opera, sia costituito da un mezzo isotropo ed omogeneo. In un punto della falda gli abbassamenti saranno determinati dalla sovrapposizione degli effetti di tutti i pozzi il cui raggio di influenza risulti superiore alla distanza del pozzo dal punto stesso, e governati dalla seguente espressione

$$H_2 - h_2 = Q / (Kn) \ln(R/r).$$

dove

H= altezza della falda indisturbata rispetto all'impermeabile

h= altezza della falda a regime

Q= portata emunta

K= permeabilità nell'intorno del pozzo

R= raggio di influenza del pozzo

r= distanza corrispondente al punto di altezza h

In questa fase sono utilizzati i parametri idrogeologici indicati nell'apposito paragrafo.

I risultati ottenuti dimostrano che, ipotizzando un emungimento pari alla quantità di prelievo prevedibile per opere analoghe nella Città di Torino (30 l/s), il disturbo causato dai pozzi da autorizzare si esaurisce ad una distanza confrontabile con quella ricavata empiricamente e che non si verificano disturbi rispetto ai pozzi presenti posti nelle immediate vicinanze; nel complesso le portate di prelievo richieste risultano quindi compatibili con le potenzialità della falda captata.

### **L'interferenza del prelievo con lo stato ambientale di ecosistemi superficiali e/o corpi idrici superficiali.**

I pozzi verranno trivellati in una zona che risulta totalmente urbanizzata e dove quindi non sono presenti ecosistemi naturali, inoltre, come risulta dalla valutazione delle ipotesi di modificazione sulla geometria della superficie piezometrica le aree di influenza del pompaggio e della restituzione hanno un'estensione limitata e non interferiscono con corpi idrici superficiali e, nel caso specifico, con il Fiume Po e con la Dora Riparia.

La verifica condotta anche attraverso la consultazione del geoportale regionale ha permesso di verificare come l'area non faccia parte di SIR Siti di Importanza Regionale, ZSC/SIC Zone Speciali di Conservazione e Siti di Importanza Comunitaria, ZPS Zone di Protezione Speciale, Aree protette nazionali, Aree protette Regionali, Aree contigue e Zone Naturali di Salvaguardia.

Anche il PRGC vigente non individua, nell'area in esame, la presenza di ecosistemi superficiali.

## **I cedimenti della superficie topografica indotti dal prelievo e dallo scarico**

In riferimento ad eventuali problematiche di cedimento della superficie topografica indotte dal prelievo e dallo scarico in falda da parte dei pozzi ipotizzati vanno fatte alcune considerazioni:

1) i terreni all'interno dei quali verranno terebrati i pozzi in progetto sono principalmente costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli all'interno delle quali possono essere presenti orizzonti cementati.

La natura dei depositi descritti è grain supported e le acque di falda permeano gli interstizi presenti all'interno dello scheletro solido. La matrice ha natura sabbioso-limosa.

Tale tipologia di deposito non è in genere soggetta a variazioni di volume qualora si verifichi una transizione di condizioni da saturo ad insaturo (e viceversa) così che è possibile escludere la possibilità di un eventuale cedimento della superficie topografica causato dall'emungimento del pozzo richiesto, peraltro di entità modesta rispetto alle potenzialità della falda presente nella zona.

2) I pozzi verranno fatti funzionare prelevando quantità di acqua inferiori alla portata critica degli stessi definita attraverso specifiche prove a gradini di portata. In questo modo, all'intorno dei pozzi, non si raggiungerà la velocità critica che provocherebbe il passaggio da un regime laminare ad un regime turbolento. Questa cautela, che viene messa in atto per evitare l'aumento della perdita di carico quadratico e la diminuzione del rendimento delle opere, fa sì che non si crei un trasporto di particelle fini di terreno dalle zone circostanti all'interno dei pozzi stessi. L'eventuale e comunque ridotto richiamo verso i pozzi di materiale fine sarebbe comunque limitato ai primissimi metri all'intorno degli stessi.

3) le considerazioni sopra esposte sono valide anche per gli edifici circostanti l'area in esame; per questi ultimi va inoltre considerato che il sovraccarico indotto dalle strutture si esaurisce in genere ad una profondità inferiore rispetto a quella alla quale si attesta la superficie freatica (circa 14 m dal p.c.); pertanto eventuali oscillazioni della stessa non influenzano i parametri elastici e di resistenza dei terreni interessati dai sovraccarichi non producendo quindi alcun effetto in termini di cedimenti e capacità portante.

### **La valutazione della compatibilità quantitativa del prelievo di "acque sotterranee" con quanto disposto dall'allegato 2 della "Direttiva Derivazioni" dell'Autorità di Bacino del fiume Po**

Come indicato dall'Allegato 2 alla direttiva la compatibilità quantitativa del prelievo è stata valutata a partire da tre specifici indicatori di criticità: trend della piezometria, subsidenza e soggiacenza.

Per ciò che concerne il trend della piezometria si segnala come non siano disponibili dati di monitoraggio che tengano conto di un arco di tempo pluriennale relativi a punti di misura prossimi all'area in esame, sono state però valutate le misure relative ai numerosi pozzi all'interno del concentrico di Torino che riguardano lo stesso contesto geologico.

Alla luce dei dati analizzati si ritiene che il trend piezometrico possa essere considerato tendenzialmente **costante**.

In merito al parametro subsidenza si segnala come per l'area in esame non siano note problematiche riconducibili a tale fenomeno, anche alla luce di quanto descritto al capitolo precedente, pertanto è stato considerato come **accettabile/assente**.

Per ciò che riguarda la soggiacenza della falda superficiale si ribadisce quanto indicato per il trend piezometrico che trova buona correlazione con i dati consultati i quali segnalano per la stessa oscillazioni stagionali decimetrico-metriche; è quindi possibile considerare per la falda una situazione di **equilibrio** (scostamento minore di 15 metri).

Subsidenza	Soggiacenza	Trend Piezometrico	Criticità
assente / accettabile	equilibrio	costante/in aumento	BASSA
		in diminuzione	MEDIA
	deficit moderato	costante/in aumento	MEDIA
		in diminuzione	ELEVATA
	deficit elevato	costante/in aumento	ELEVATA
		in diminuzione	ELEVATA

In considerazione di quanto sopra esposto è possibile definire un **basso** grado di criticità tendenziale per il corpo idrico oggetto di derivazione; alla luce di ciò l'intervento in progetto, che prevede un prelievo massimo di 120 l/sec, si inserisce nell'ambito **E (Esclusione)**, nel quale le nuove derivazioni non sono compatibili, fatte salve quelle destinate all'uso potabile e all'uso geotermico con integrale restituzione, a cui è applicabile la procedura di deroga prevista dall'art. 4.7 della Direttiva 2000/60/CE.

CORPI IDRICI in stato <u>QUANTITATIVO BUONO</u>			
Criticità tendenziale	IMPATTO della derivazione		
	Lieve (prelievi < 50 l/s)	Moderato (50 l/s ≤ prelievi < 100 l/s)	Rilevante (prelievi ≥ 100 l/s)
Bassa	A	A	E (**)
Media	A (*)	R	E
Elevata	R	R	E

## CONSIDERAZIONI

Alla luce di quanto esposto i pozzi richiesti sono compatibili con:

- il quadro geologico generale
- la caratterizzazione geologico geomorfologica
- la stratigrafia di massima
- la caratterizzazione idrogeologica del territorio in relazione alla falda da captare
- i parametri idrogeologici

- la valutazione delle ipotesi di modificazione sulla geometria della superficie piezometrica
- l'interferenza del prelievo con lo stato ambientale di ecosistemi superficiali e/o corpi idrici superficiali.
- i cedimenti della superficie topografica indotti dal prelievo e dallo scarico
- la valutazione della compatibilità quantitativa del prelievo di "acque sotterranee" con quanto disposto dall'allegato 2 della "direttiva derivazioni" dell'autorità di bacino del fiume Po
- la presenza di impianti analoghi già autorizzati nelle vicinanze.

A livello procedurale va ricordato che, trattandosi di prelievi superiori a 100 l/s, il progetto dovrà essere sottoposto a VIA (Valutazione d'Impatto Ambientale) ai sensi del combinato disposto del D.Lgs. 152/2006 e smi e della l.r. 40/1998 e smi; con questa procedura, che si sviluppa anche attraverso l'indizione delle Conferenze dei Servizi, viene condotta una valutazione preventiva dei possibili impatti ambientali significativi dei progetti sottoposti a VIA e, qualora ritenuti compatibili, il coordinamento delle autorizzazioni, nulla-osta o pareri ambientali necessari alla realizzazione ed all'esercizio delle opere in progetto.

L'attivazione della procedura di VIA sarà contestuale alla presentazione dell'istanza di concessione per la derivazione di acque sotterranee tramite pozzi, comprensiva della richiesta di autorizzazione alla ricerca, formulata in base a quanto stabilito dal D.P.G.R. 29 luglio 2003, n.10/R e all'istanza di autorizzazione (AUA) alla restituzione in falda delle acque prelevate ai sensi del Dlgs 152/2006 e della L.R. 13/90 e s.m.i.

Si ricorda che, al momento attuale, non è possibile realizzare pozzi su suolo pubblico.

## Data sheet



### RT5HC



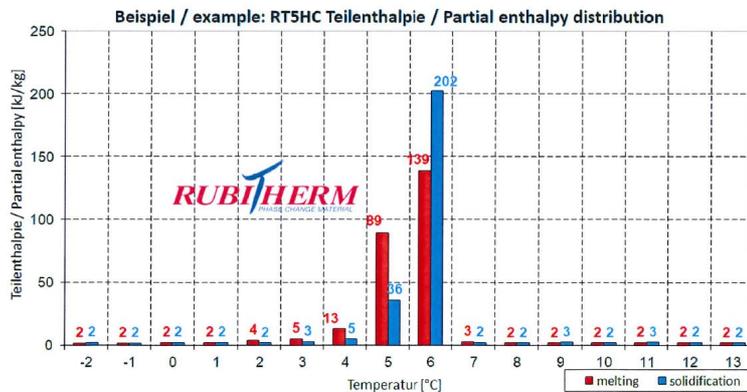
RUBITHERM® RT is a pure PCM, this heat storage material utilising the processes of phase change between solid and liquid (melting and congealing) to store and release large quantities of thermal energy at nearly constant temperature. The RUBITHERM® phase change materials (PCM's) provide a very effective means for storing heat and cold, even when limited volumes and low differences in operating temperature are applicable.

**Properties for RT-line:**

- high thermal energy storage capacity
- heat storage and release take place at relatively constant temperatures
- no supercooling effect, chemically inert
- long life product, with stable performance through the phase change cycles
- melting temperature range between -9 °C and 100 °C available

**The most important data:**

	Typical Values
<b>Melting area</b>	<b>5-6</b> [°C] main peak: 5-6
<b>Congealing area</b>	<b>5-6</b> [°C] main peak: 5-6
<b>Heat storage capacity ± 7,5%</b> Combination of latent and sensible heat in a temperatur range of -2 °C to 13 °C.	<b>250</b> [kJ/kg]*
<b>Specific heat capacity</b>	<b>70</b> [Wh/kg]*
<b>Density solid</b> at -15°C	<b>2</b> [kJ/kg·K]
<b>Density liquid</b> at 20°C	<b>0,88</b> [kg/l]
<b>Heat conductivity (both phases)</b>	<b>0,76</b> [kg/l]
<b>Volume expansion</b>	<b>0,2</b> [W/(m·K)]
<b>Flash point</b>	<b>13</b> [%]
<b>Max. operation temperature</b>	<b>115</b> [°C]
	<b>45</b> [°C]



Rubitherm Technologies GmbH  
Imhoffweg 6  
D-12307 Berlin  
phone: +49 (30) 7109622-0  
E-Mail: info@rubitherm.com  
Web: www.rubitherm.com

The product information given is a non-binding planning aid, subject to technical changes without notice.  
Version: 21.03.2022

\*Measured with 3-layer-calorimeter.



### RT54HC



A new generation of ecological heat storage materials utilising the processes of phase change between solid and liquid (melting and congealing) to store and release large quantities of thermal energy at nearly constant temperature. The RUBITHERM® phase change materials (PCM's) provide a very effective means for storing heat and cold, even when limited volumes and low operating temperature differences are applicable.

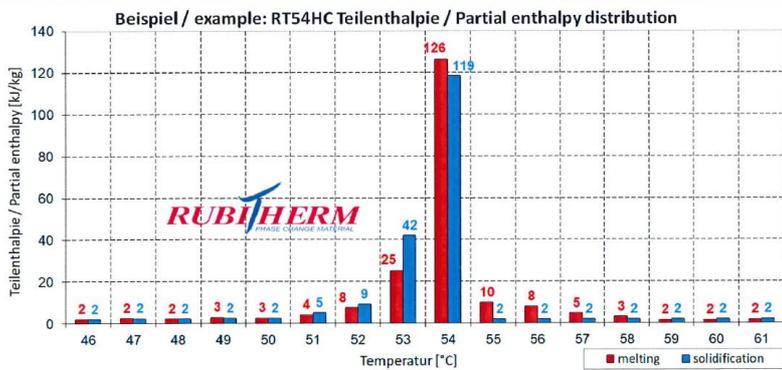
We look forward to discussing your particular questions, needs and interests with you.

**Properties RT-line:**

- stable performance throughout the phase change cycles
- high thermal storage capacity
- limited supercooling
- non toxic
- melting temperature range between -9 °C and 100 °C available

**The most important data:**

<b>Melting area</b>	<b>53-54</b> [°C] main peak: 54
<b>Congealing area</b>	<b>54-53</b> [°C] main peak: 54
<b>Heat storage capacity ± 7,5%</b> Combination of latent and sensible heat in a temperatur range of 46°C to 61°C.	<b>200</b> [kJ/kg]*
<b>Specific heat capacity</b>	<b>56</b> [Wh/kg]*
<b>Density solid</b> at 25°C	<b>2</b> [kJ/kg·K]
<b>Density liquid</b> at 60°C	<b>0,85</b> [kg/l]
<b>Heat conductivity</b>	<b>0,8</b> [kg/l]
<b>max. operation temperatur</b>	<b>0,2</b> [W/(m·K)]
<b>Corrosion</b>	<b>85</b> [°C]
	<b>slight corrosive effect on metals</b>



\*measured with 3-layer-calorimeter

Rubitherm Technologies GmbH  
 Imhoffweg 6  
 D-12307 Berlin  
 Tel: +49 (30) 7109622-0  
 E-Mail: info@rubitherm.com  
 Internet: www.rubitherm.com

The product information given is a non-binding planning aid, subject to technical changes without notice. Version: 09.10.2020

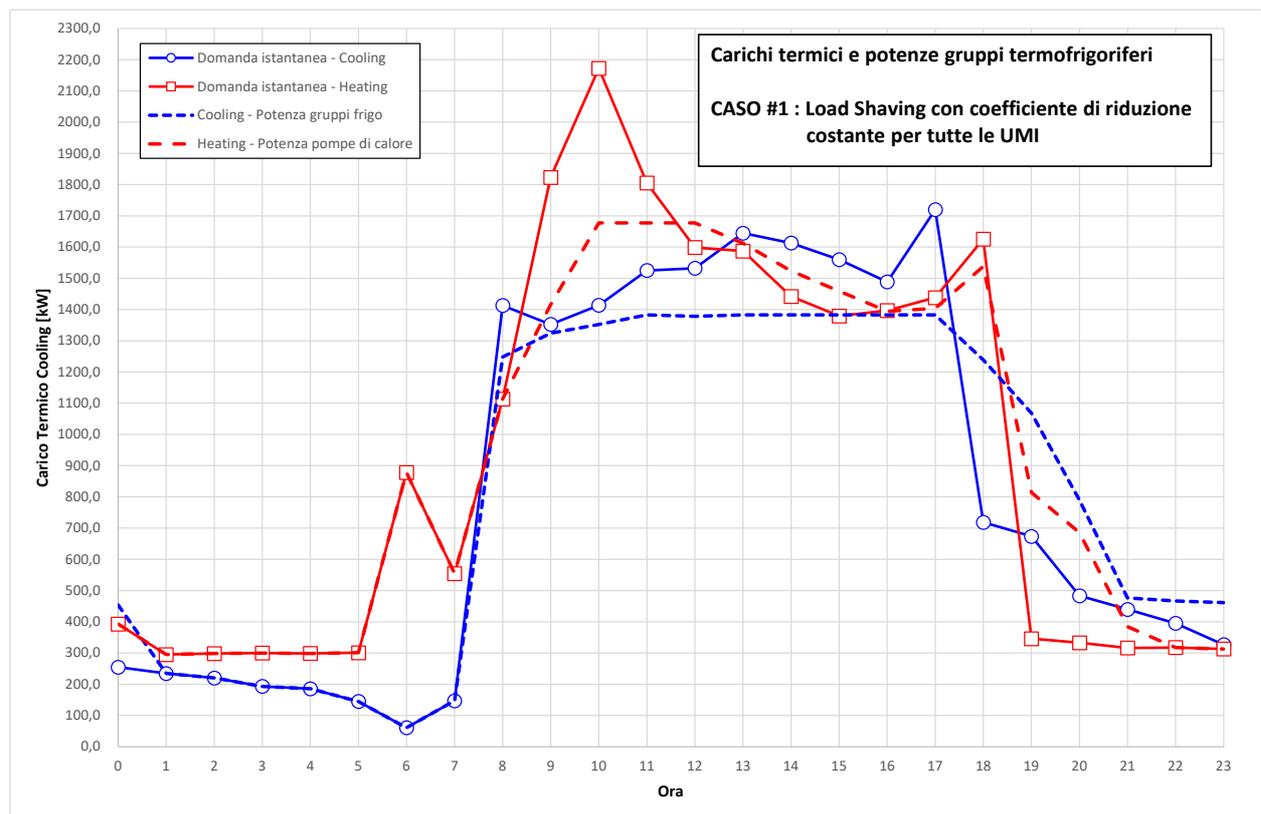


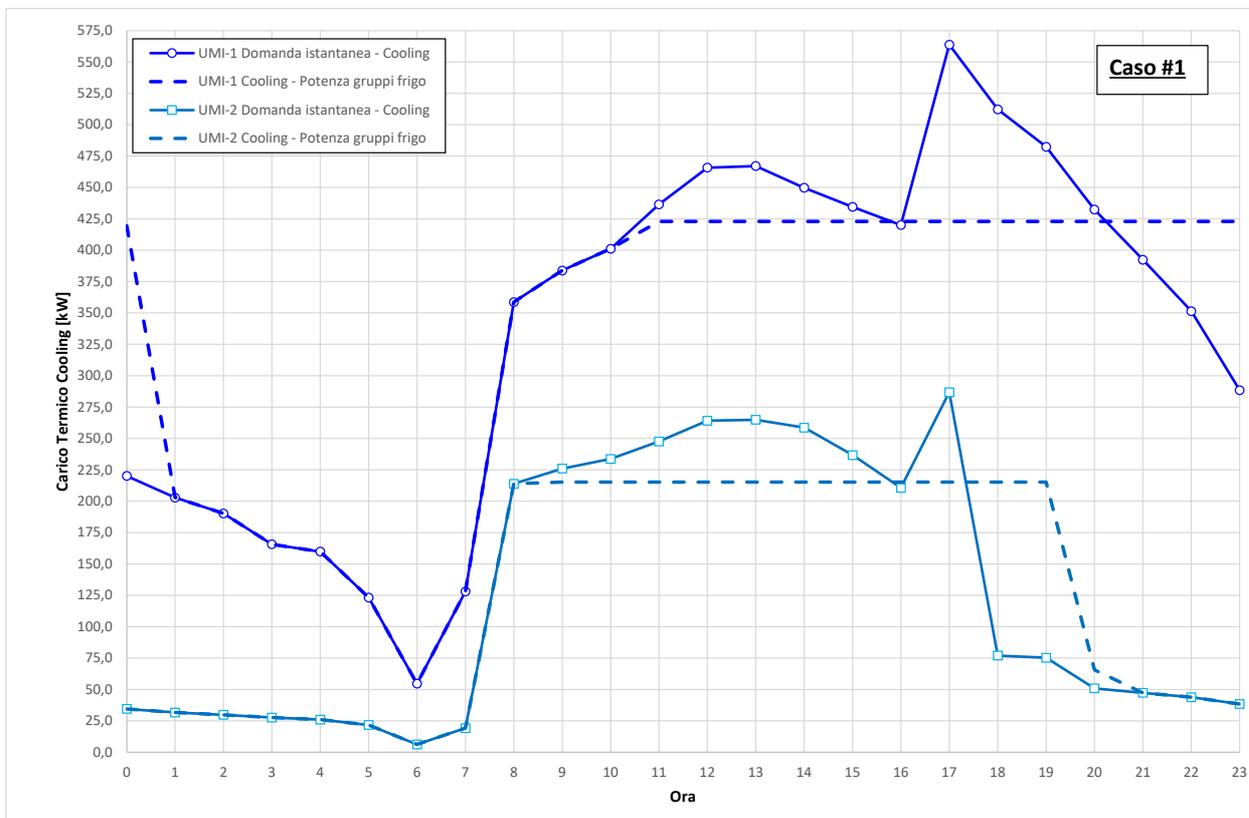
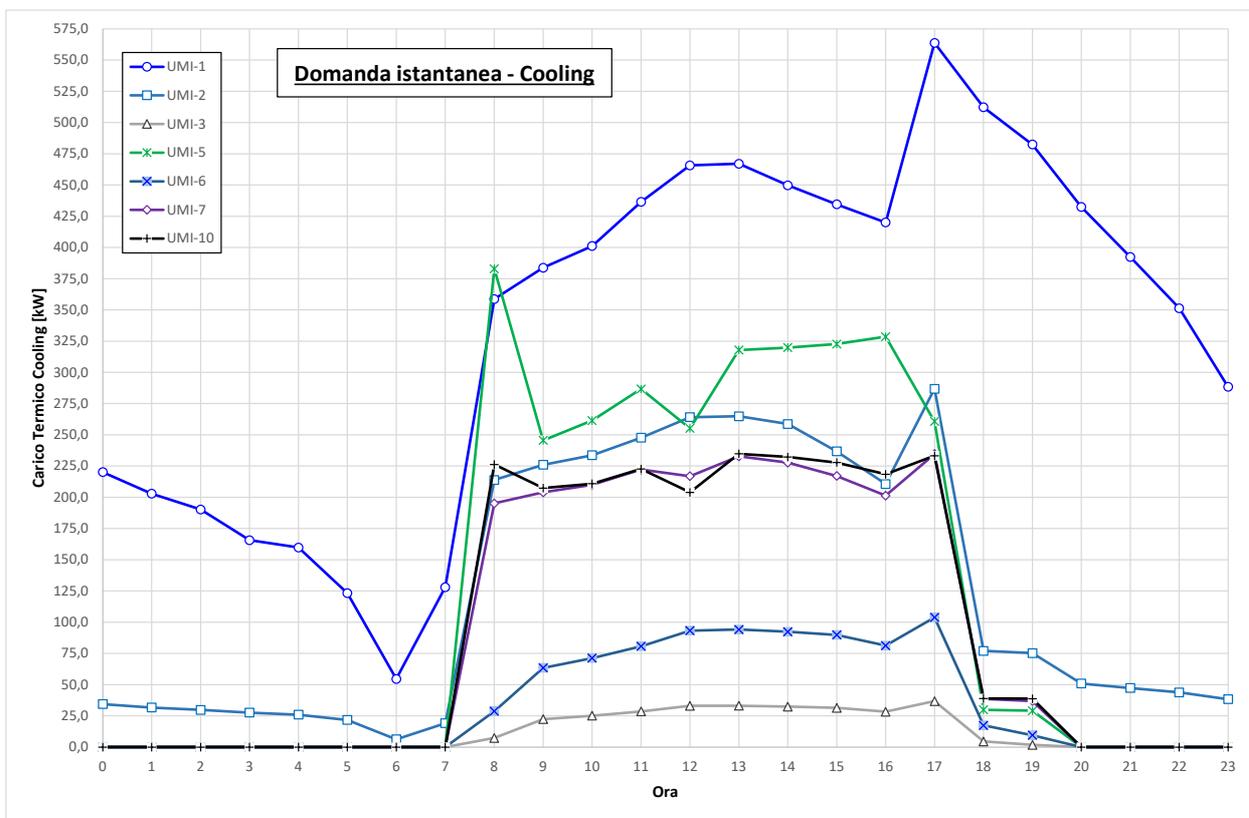
## 10.2.6 Calcoli di dimensionamento degli accumuli

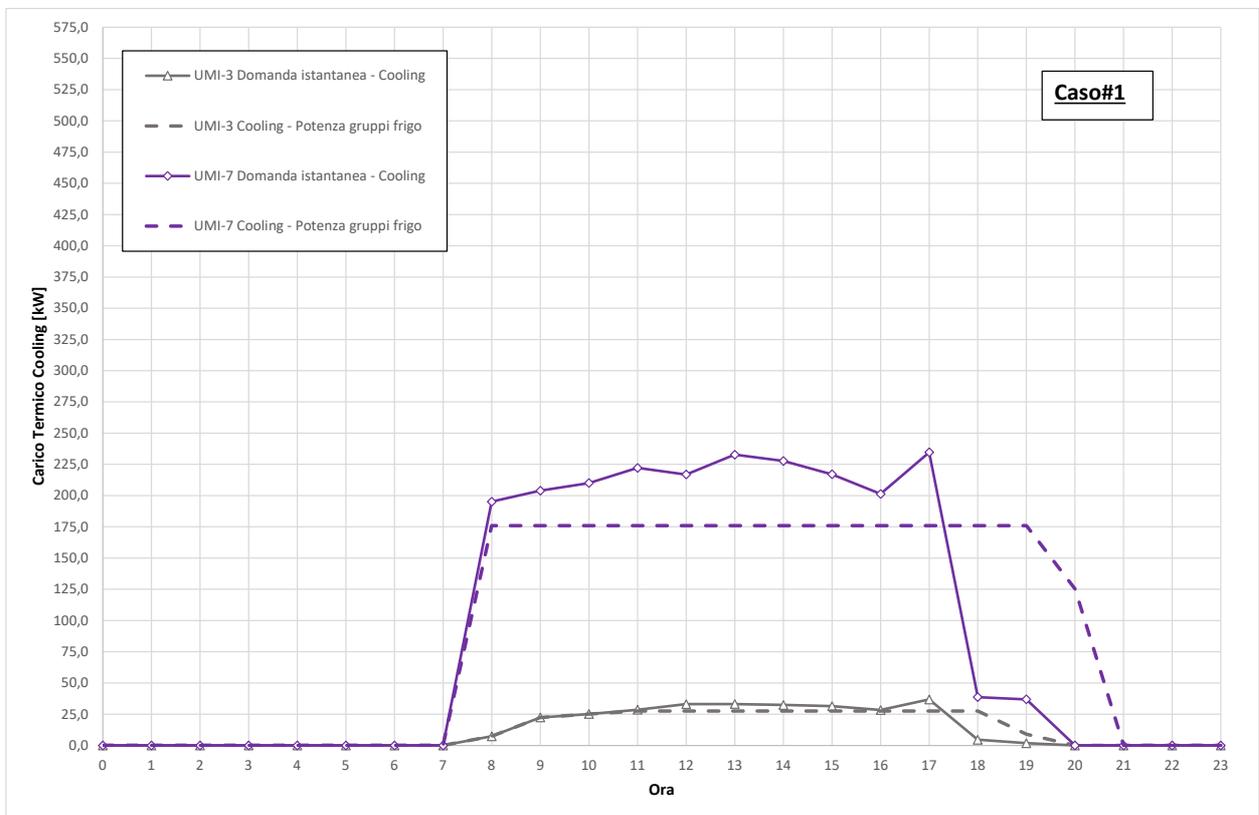
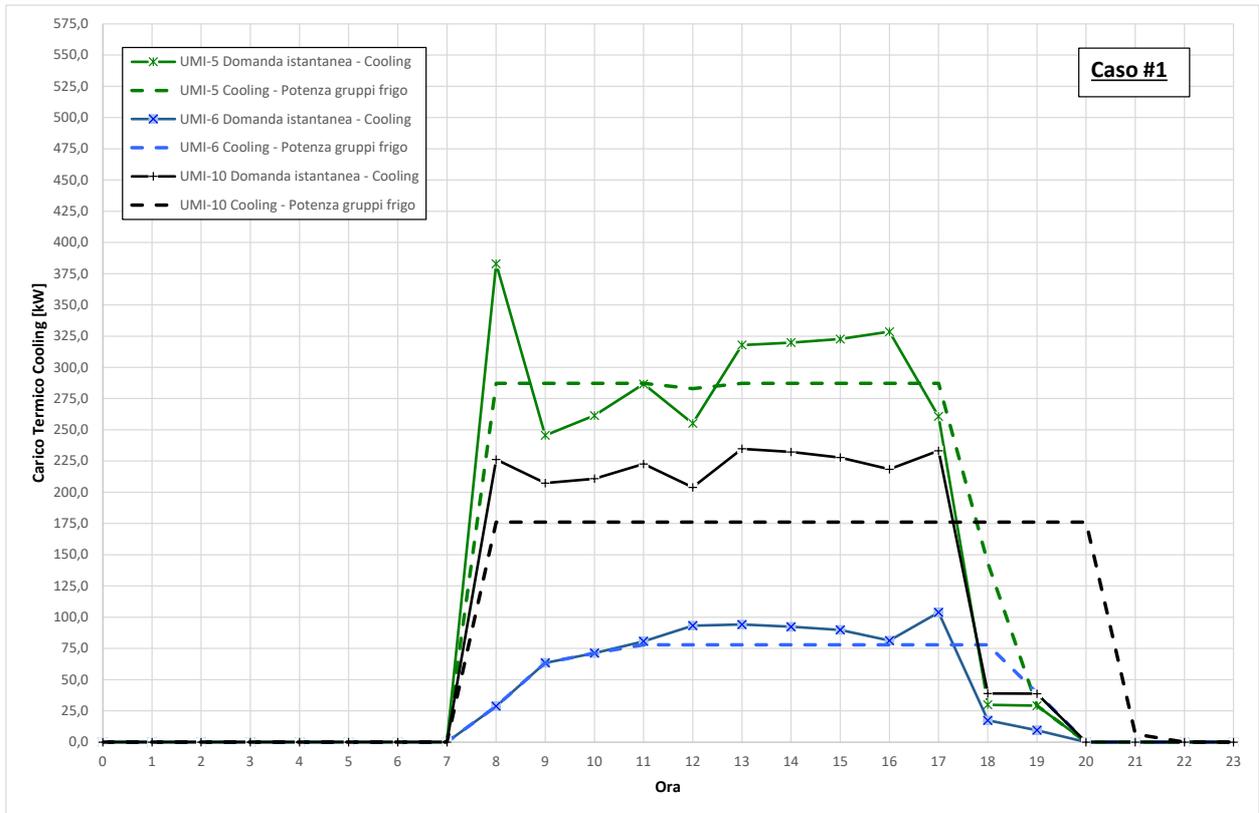
### CASO 1

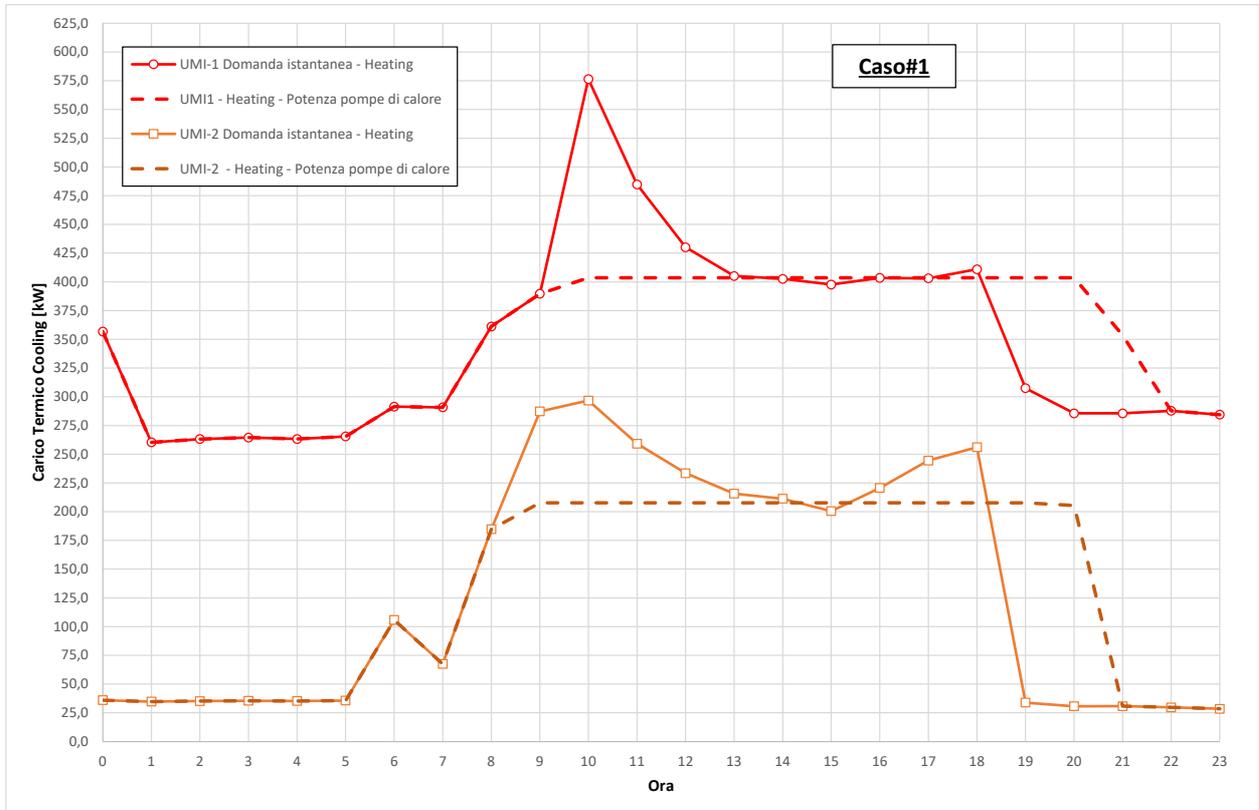
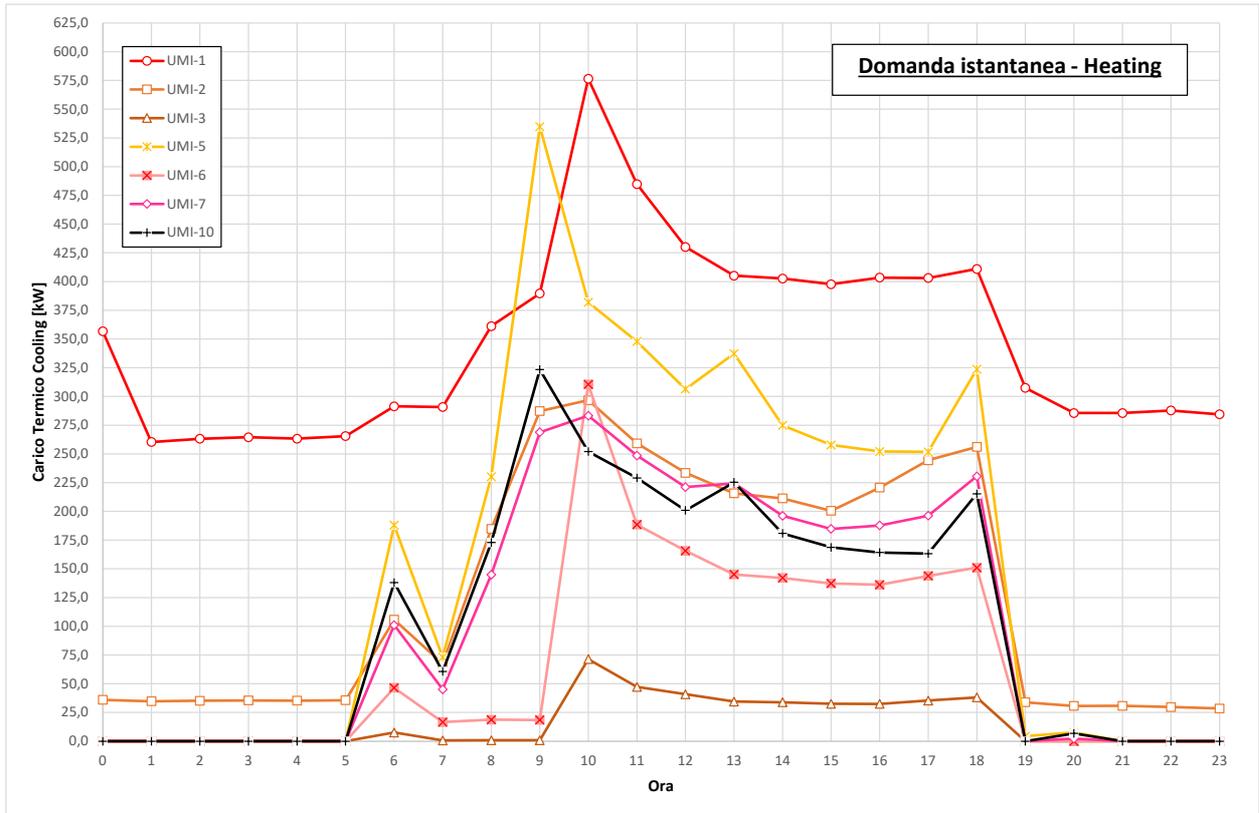
#### Quadro riassuntivo risultati dimensionamento accumulo e gruppi

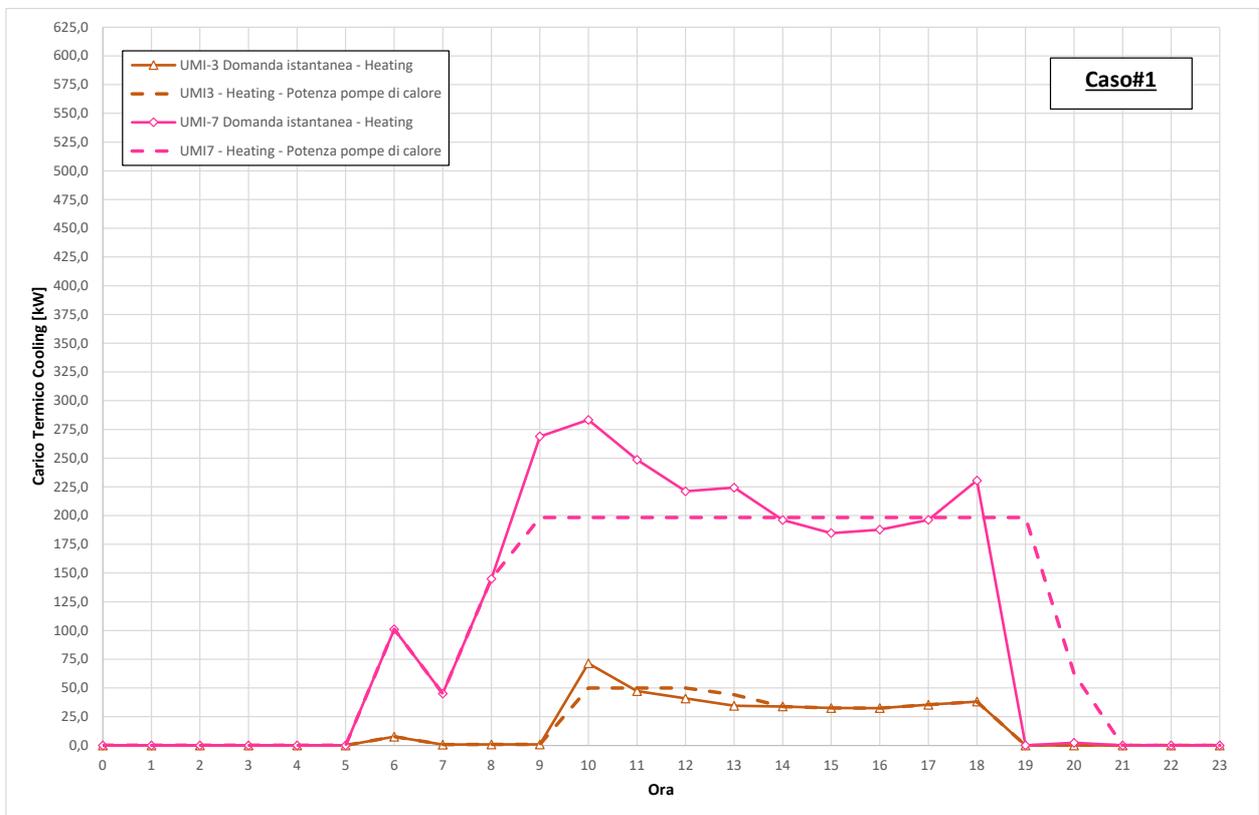
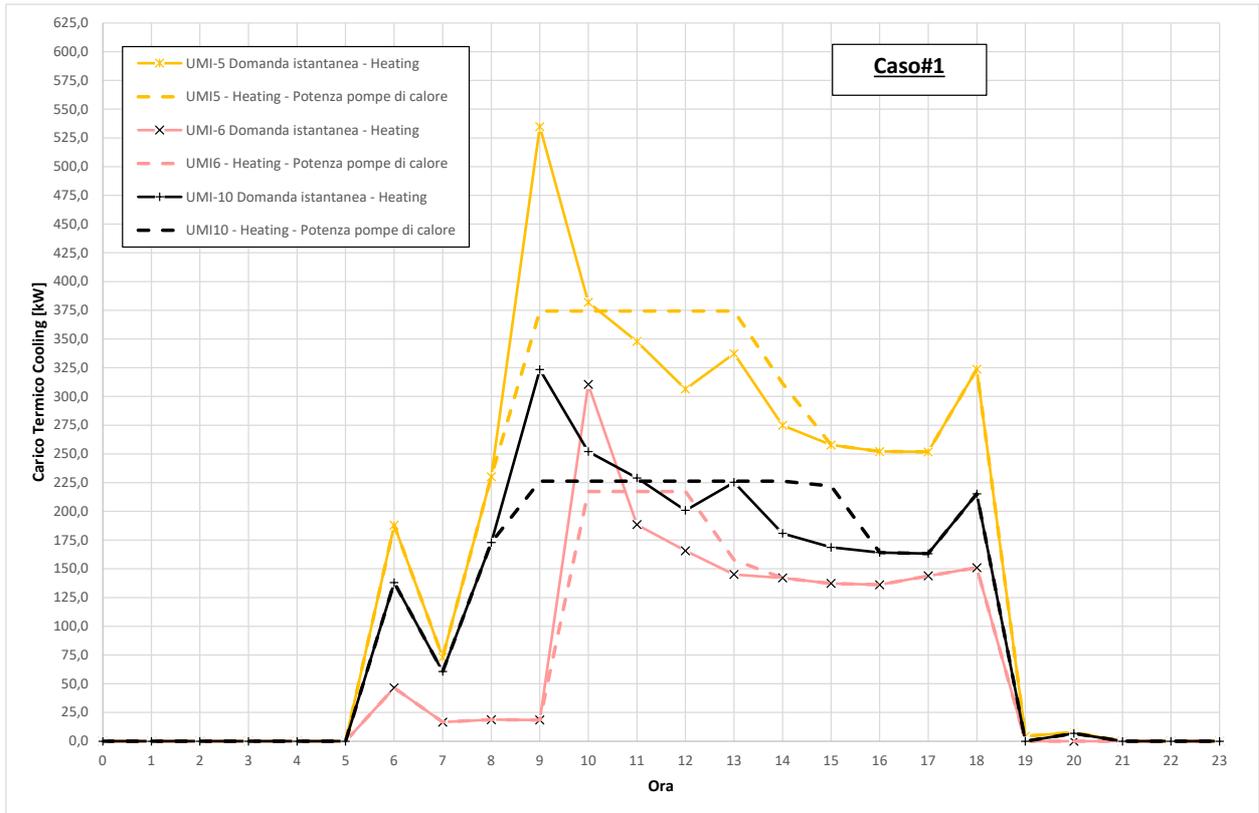
Identificativo	$V_i$	potenza installata teorica	potenza installata teorica	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM
	[m <sup>3</sup> ]	Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]
UMI 1	44.536	422,8	403,6	11,8	6267,1	9,2	5169,9
UMI 2	16.552	215,2	207,7	8,0	4247,5	11,3	6351,8
UMI 3	3.601	27,6	50,0	0,8	434,2	0,7	382,8
UMI 5	27.245	287,2	374,3	6,3	3368,1	5,4	3000,2
UMI 6	11.837	77,8	217,3	2,4	1291,0	3,0	1663,0
UMI 7	11.511	176,0	198,3	10,8	5739,4	9,1	5119,1
UMI 10	10.909	176,1	226,4	12,3	6526,8	4,0	2238,5
<b>Totale</b>	<b>126191</b>	<b>1382,7</b>	<b>1677,6</b>				







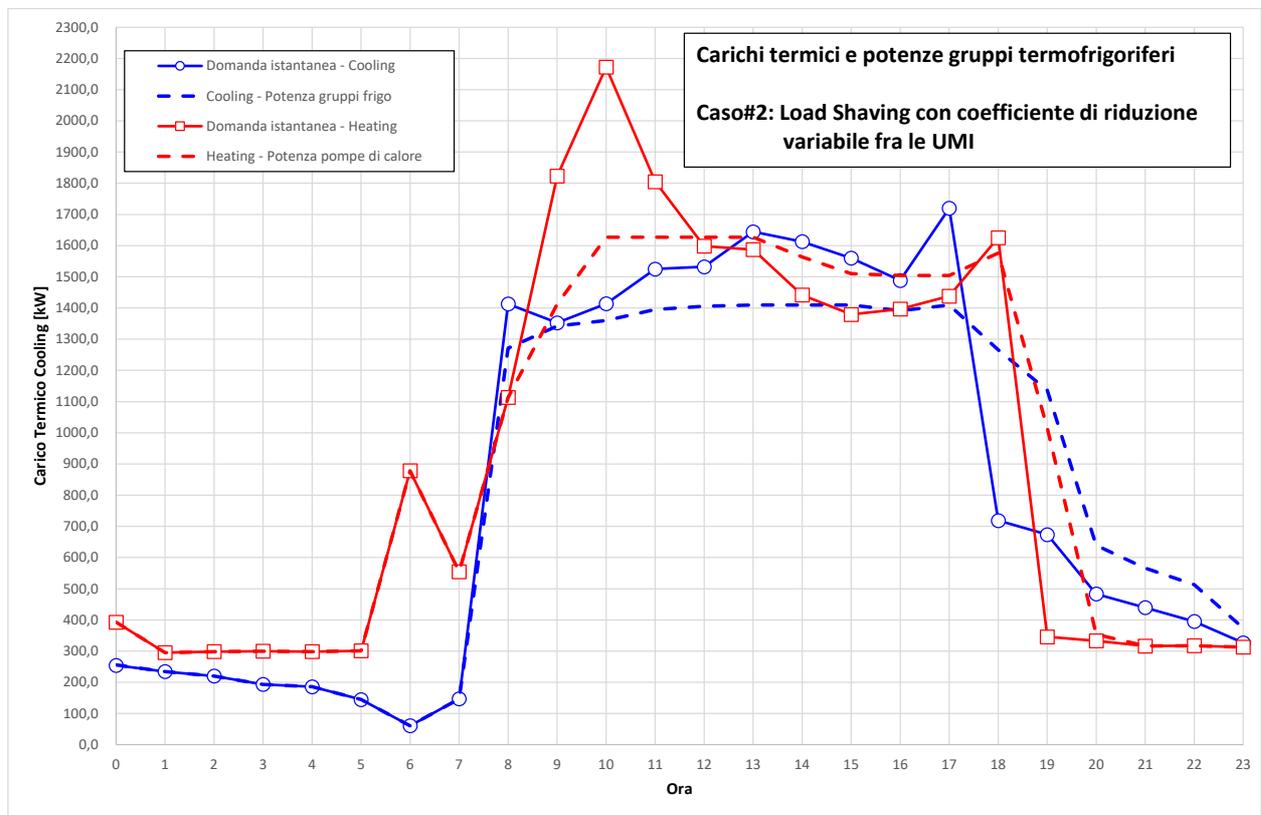


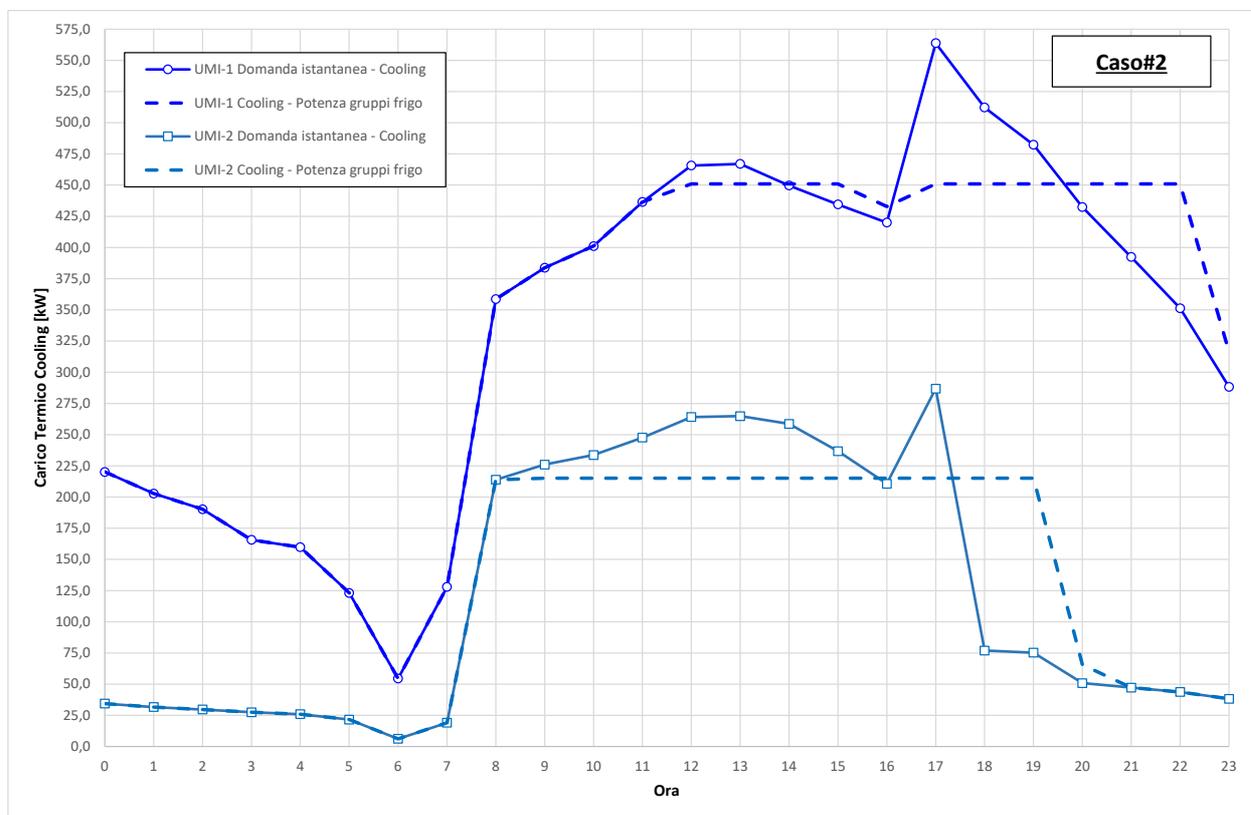
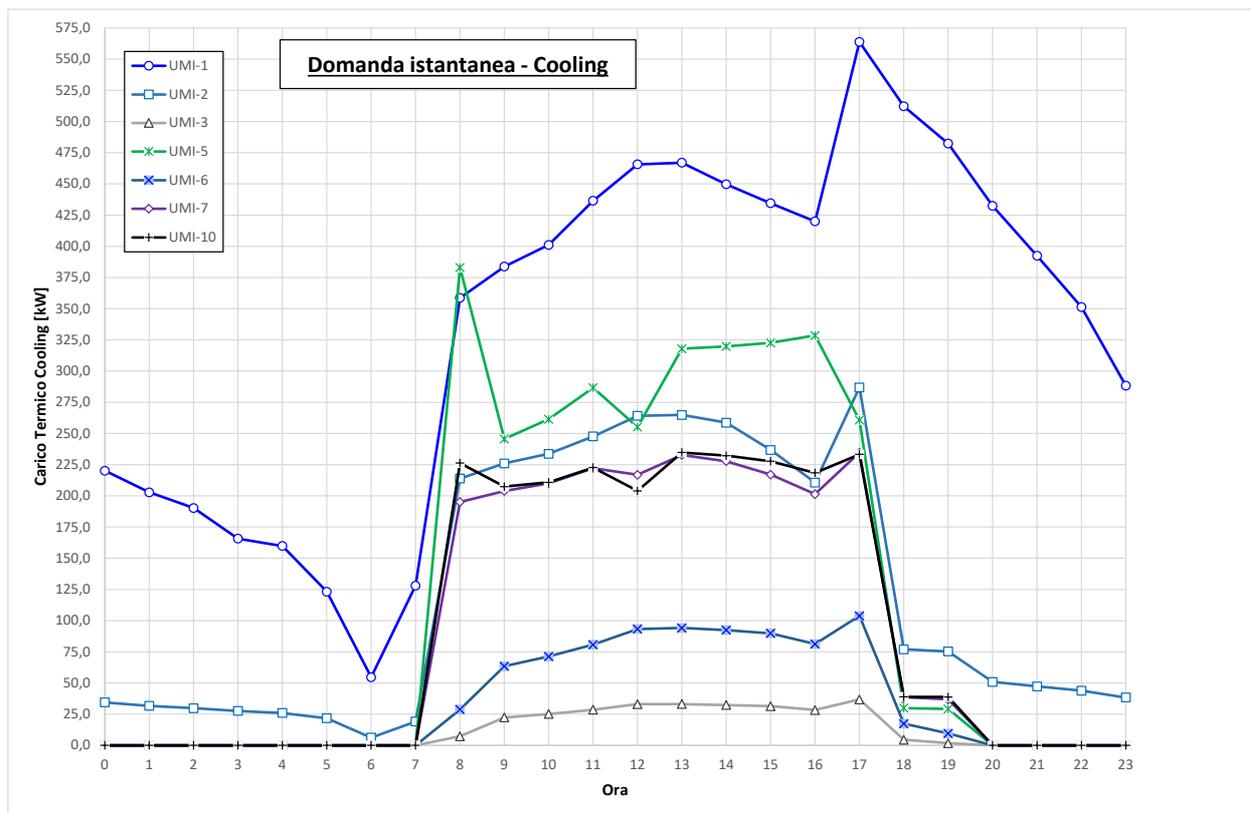


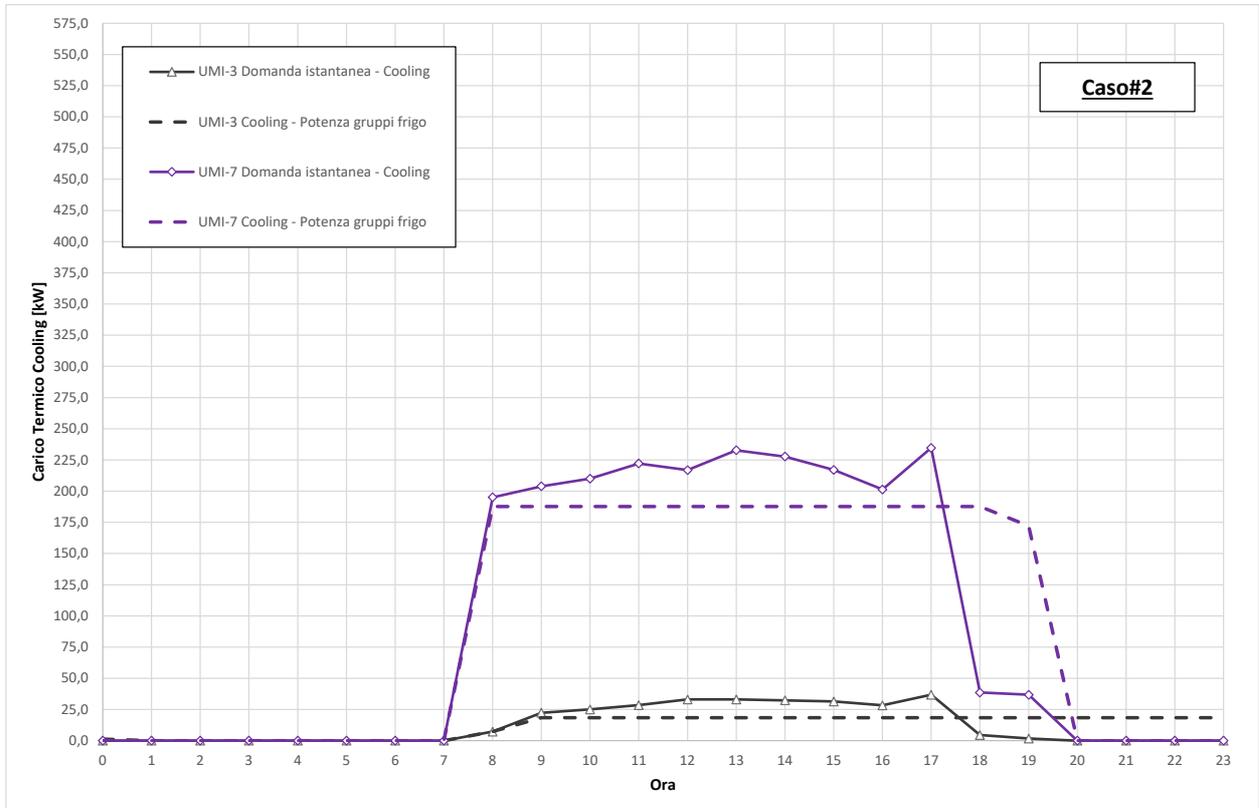
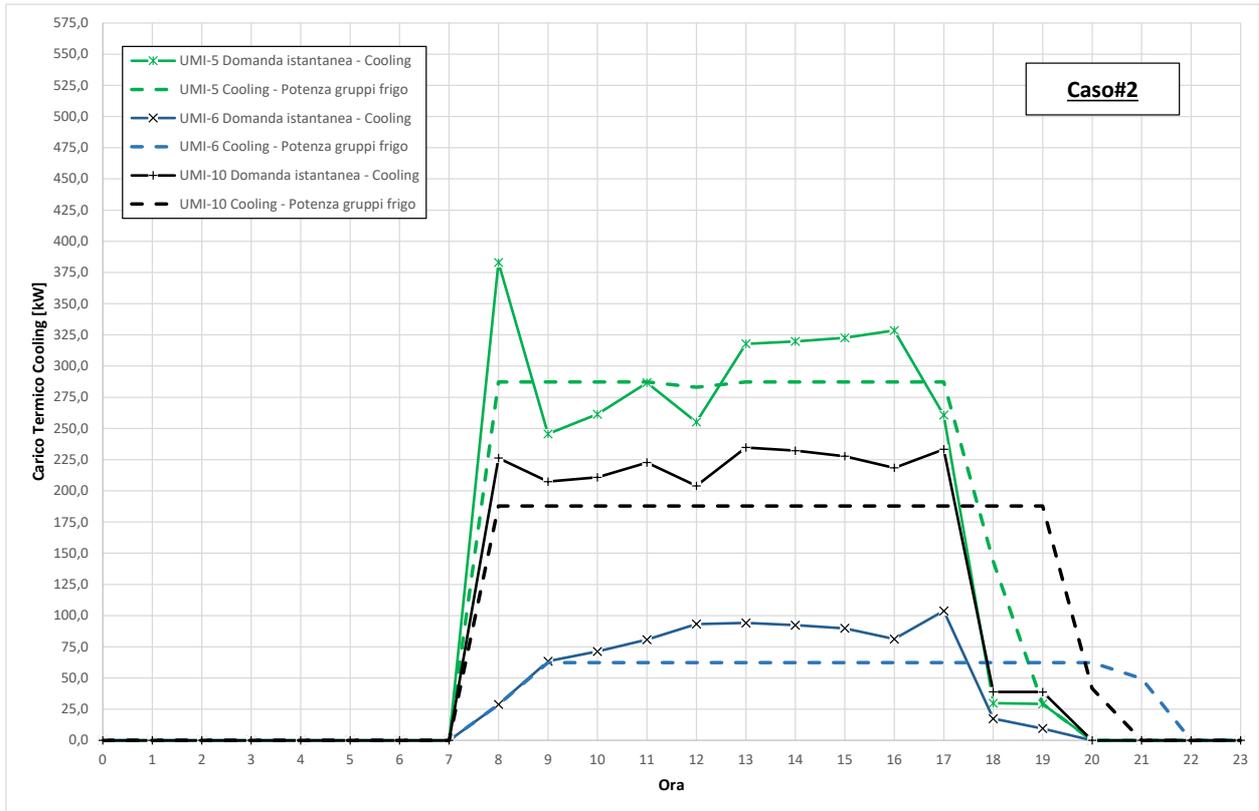
## CASO 2

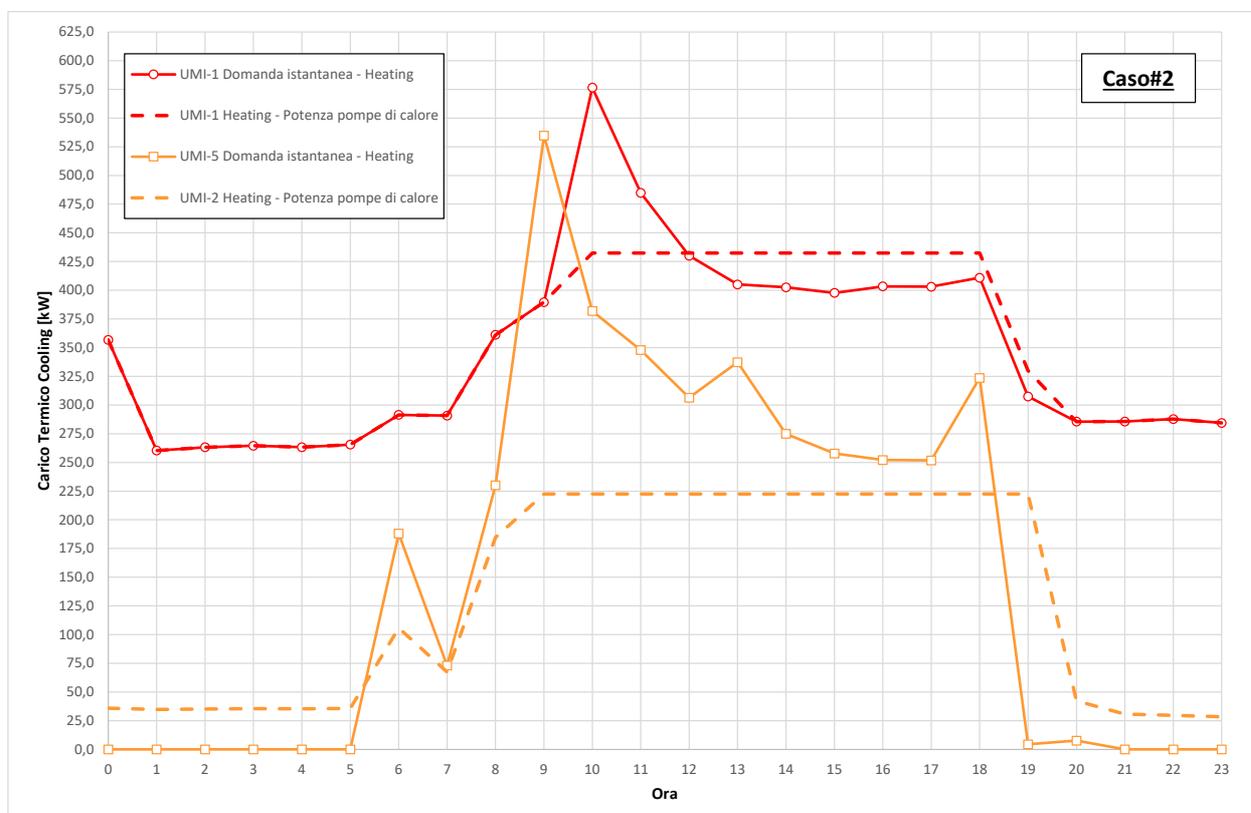
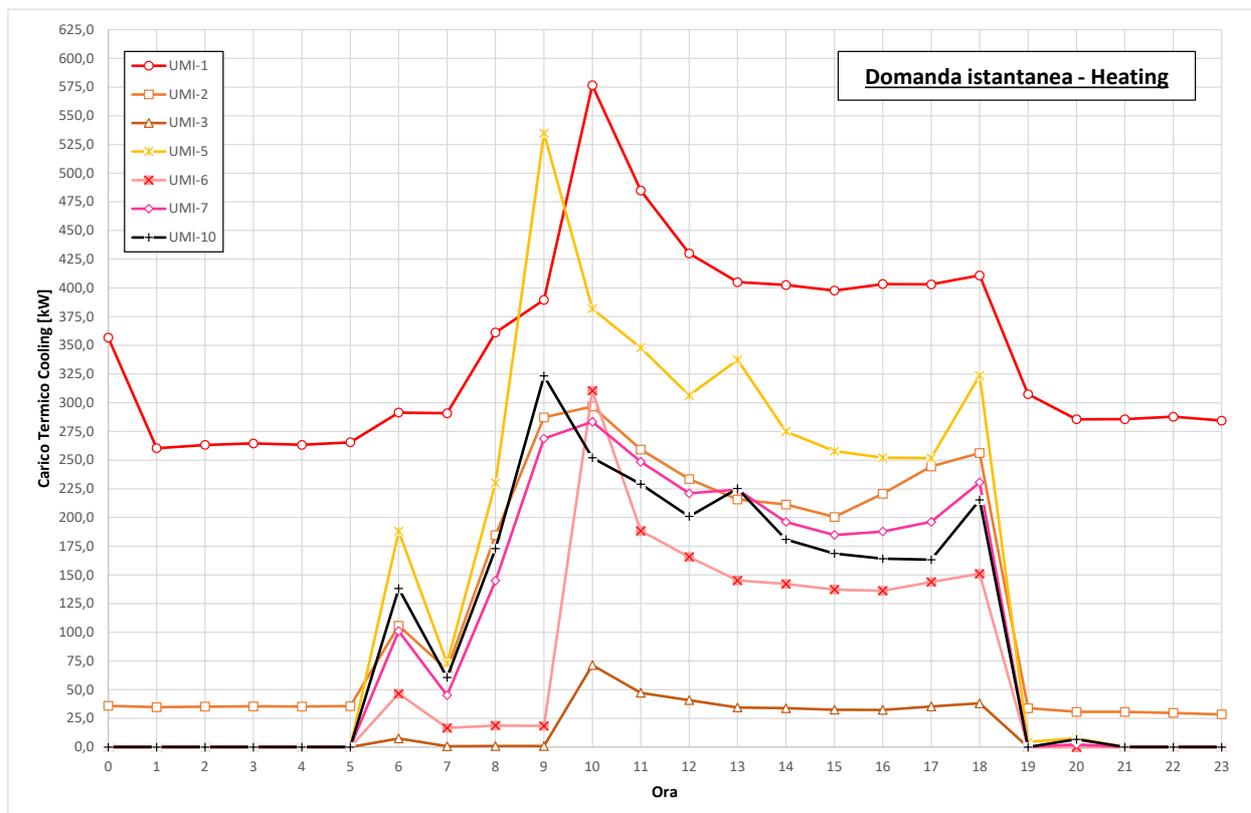
### Quadro riassuntivo risultati dimensionamento accumulo e gruppi

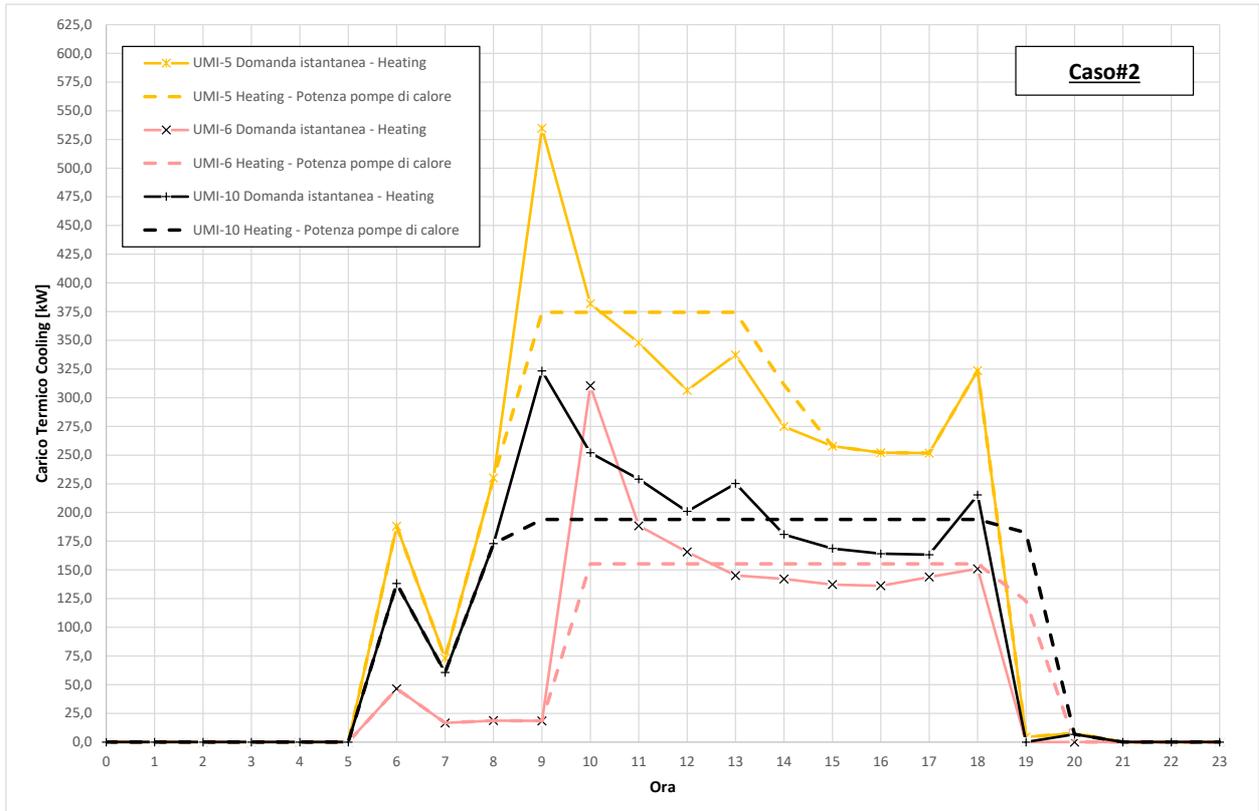
Identificativo	V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	potenza installata teorica		Accumulo PCM		Accumulo PCM		Accumulo PCM	
		Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]		
UMI 1	44.536	451,0	432,4	6,3	3371,5	6,3	3509,0		
UMI 2	16.552	215,2	222,5	8,0	4247,5	7,7	4322,7		
UMI 3	3.601	18,4	35,7	2,8	1507,4	1,7	978,9		
UMI 5	27.245	287,2	374,3	6,3	3368,1	5,4	3000,2		
UMI 6	11.837	62,3	155,2	5,6	2992,5	6,3	3551,5		
UMI 7	11.511	187,7	212,5	7,6	4063,4	6,4	3601,3		
UMI 10	10.909	187,8	194,0	9,1	4850,0	9,0	5030,6		
Totale	126191	1409,6	1626,7						







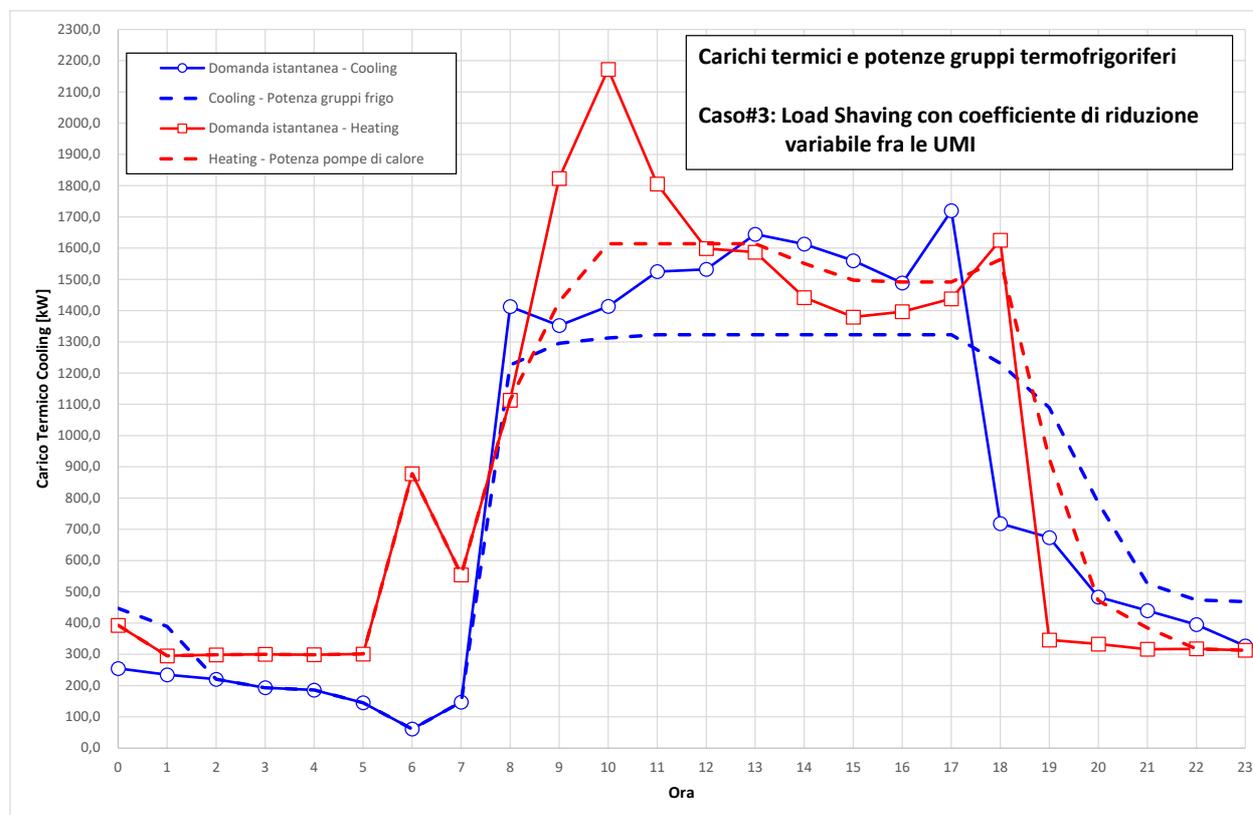


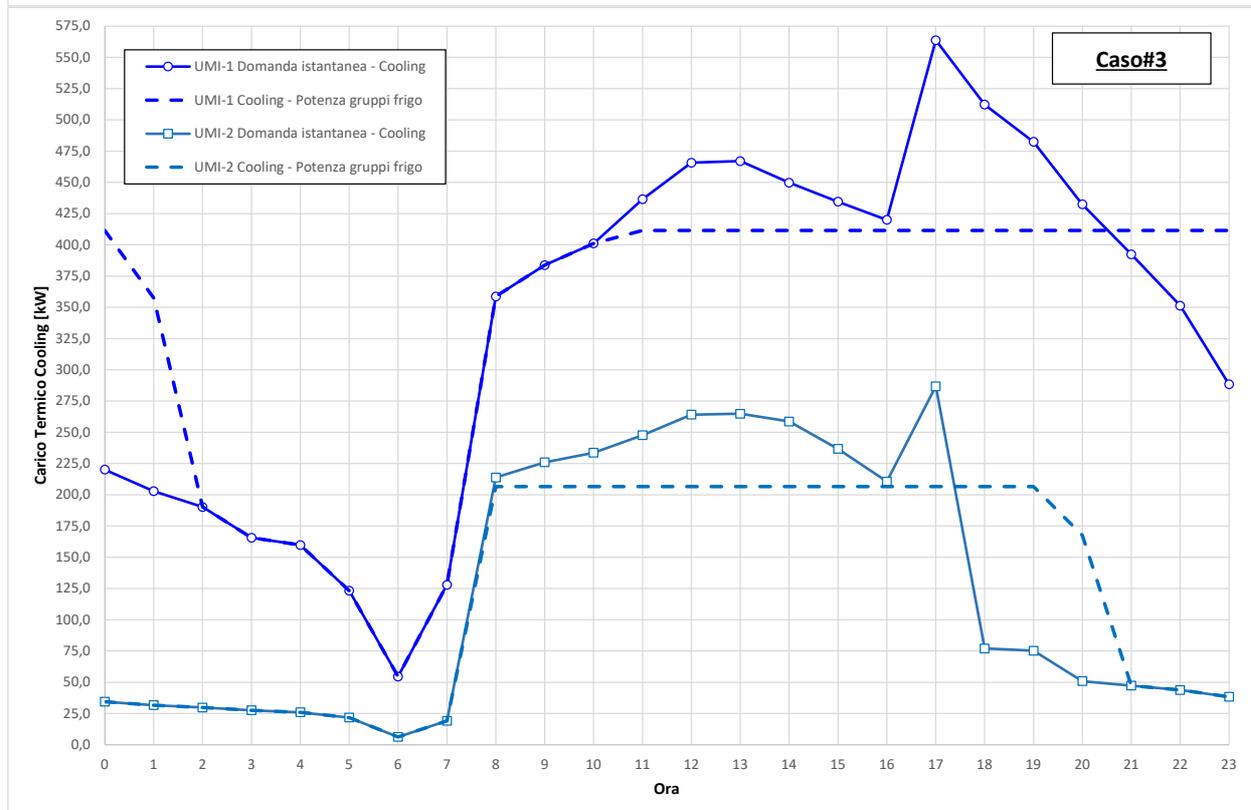
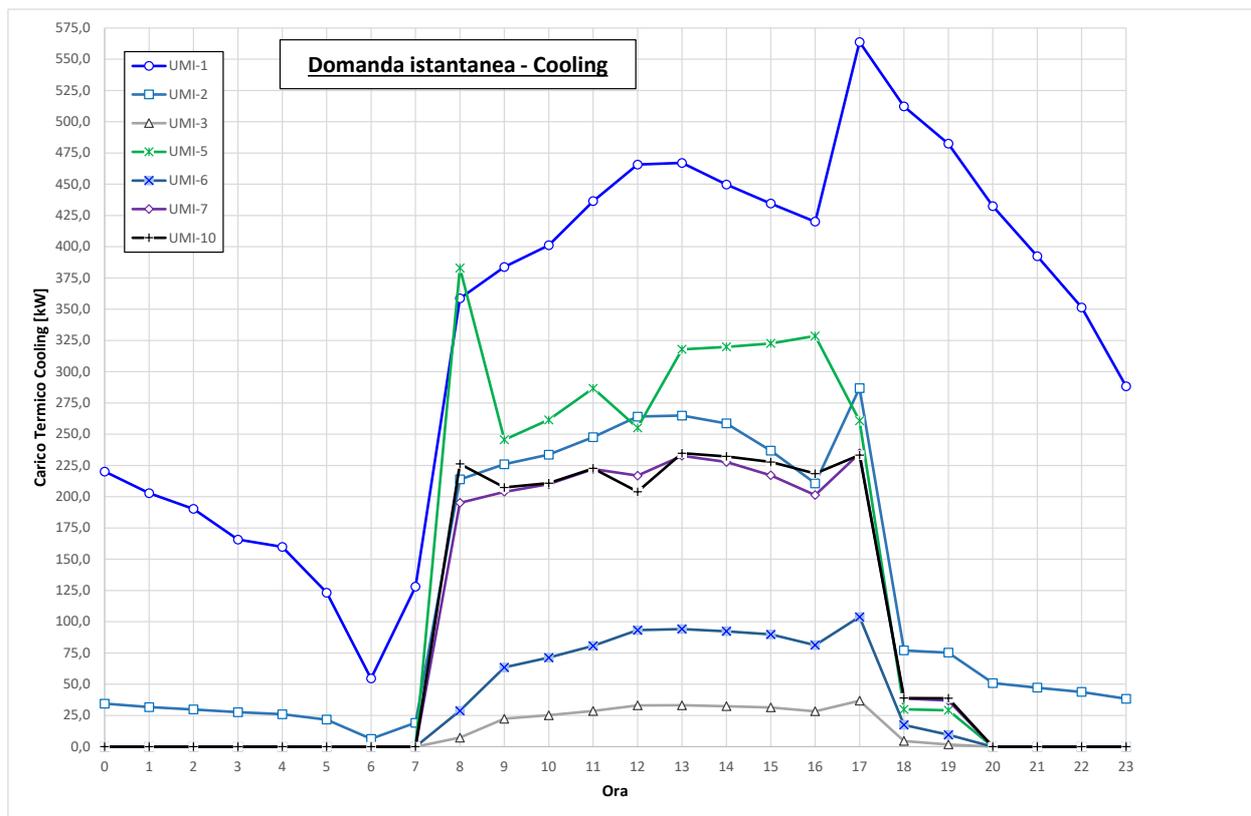


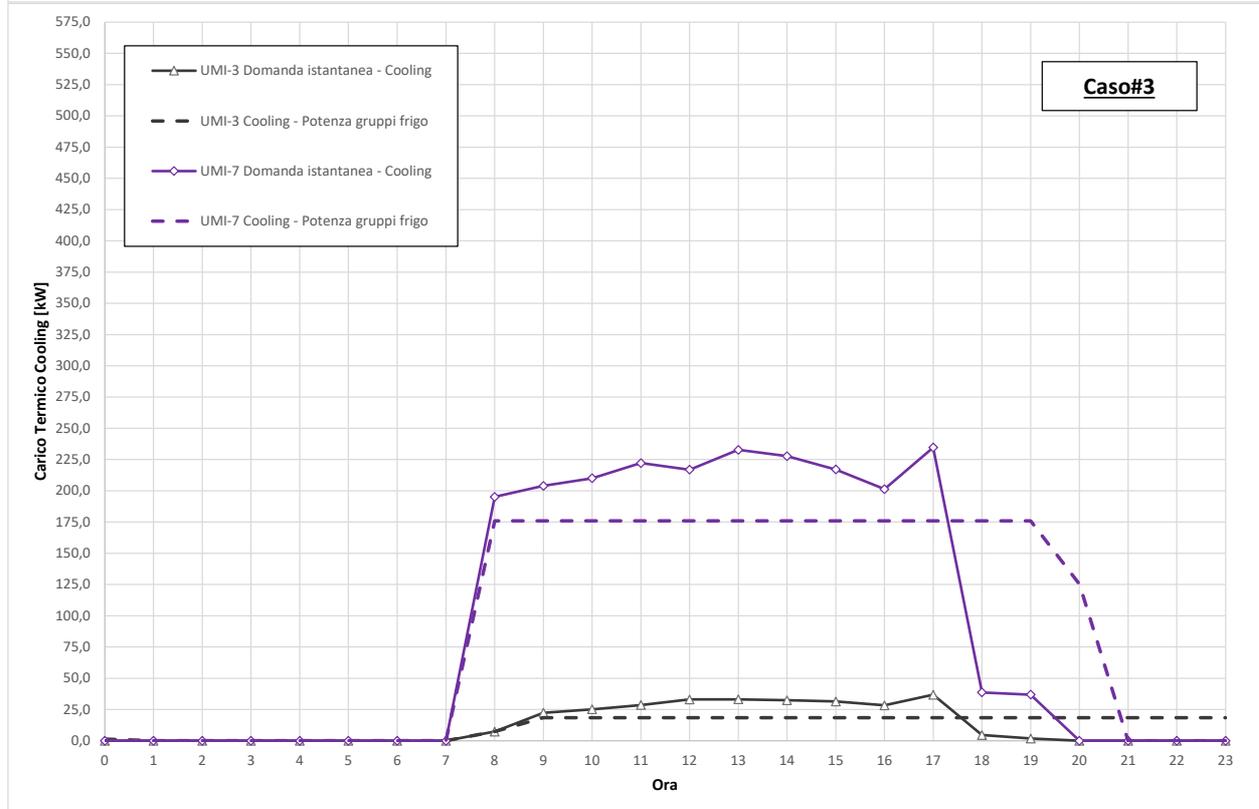
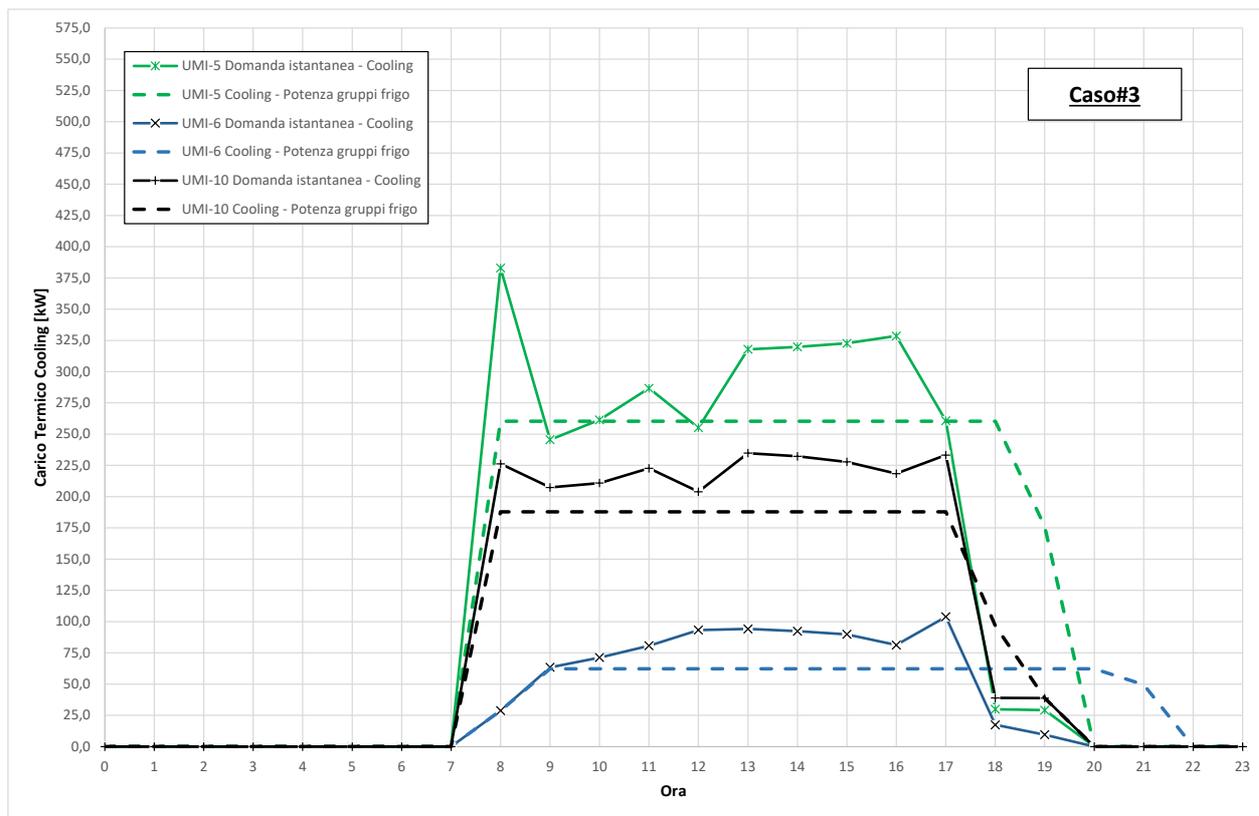
## CASO 3

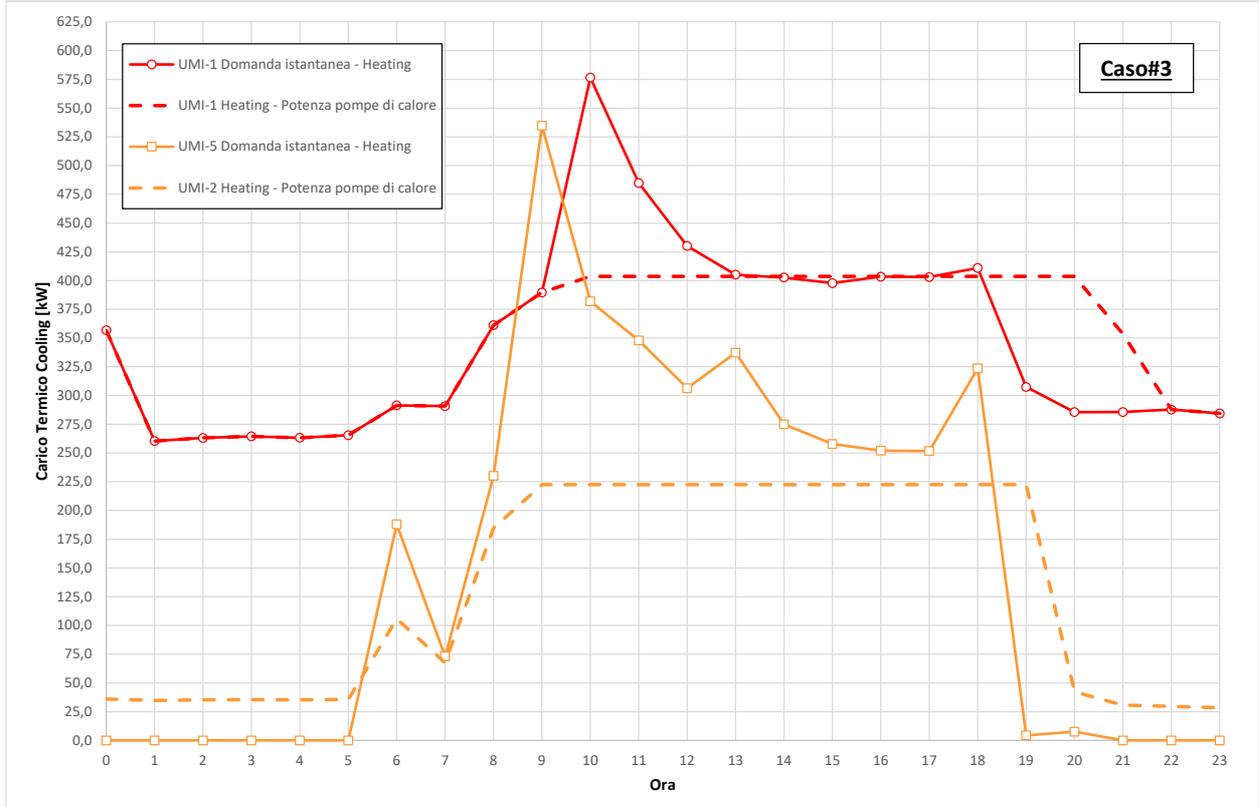
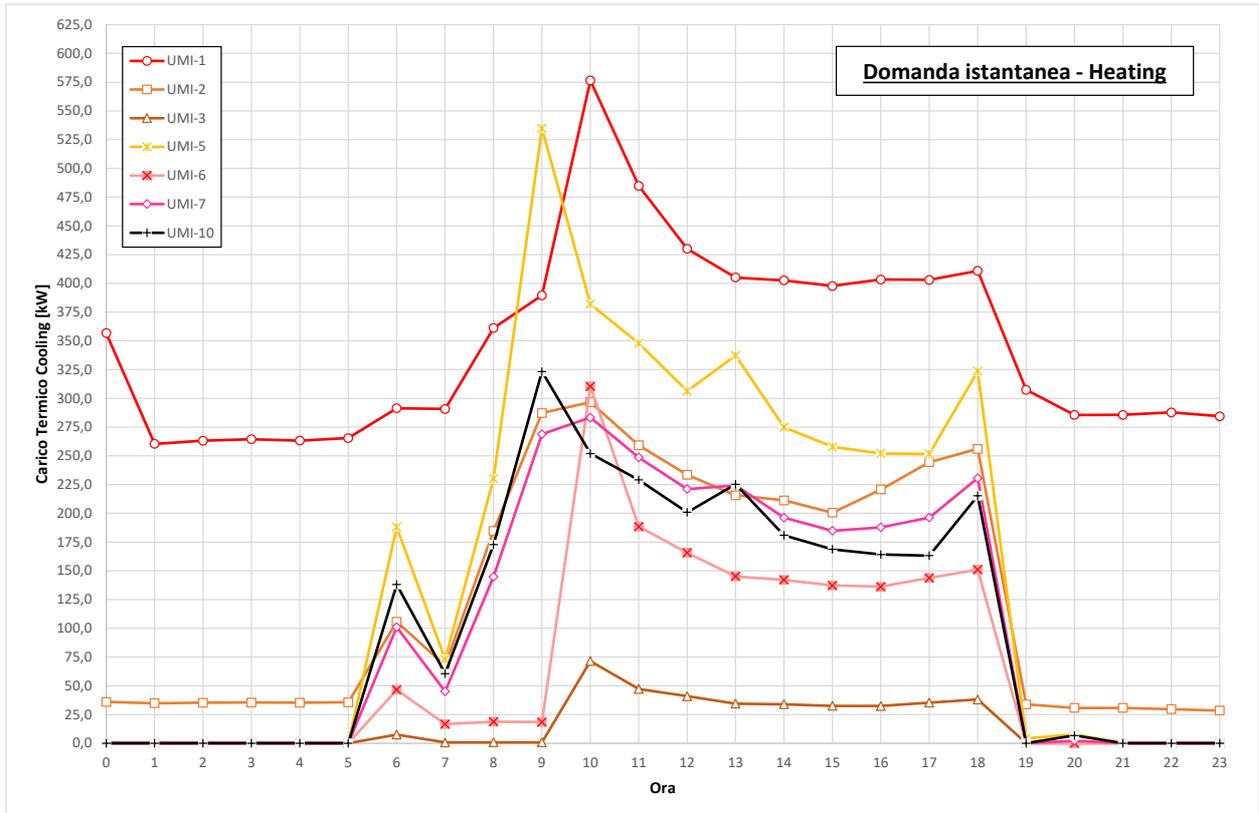
### Quadro riassuntivo risultati dimensionamento accumulo e gruppi

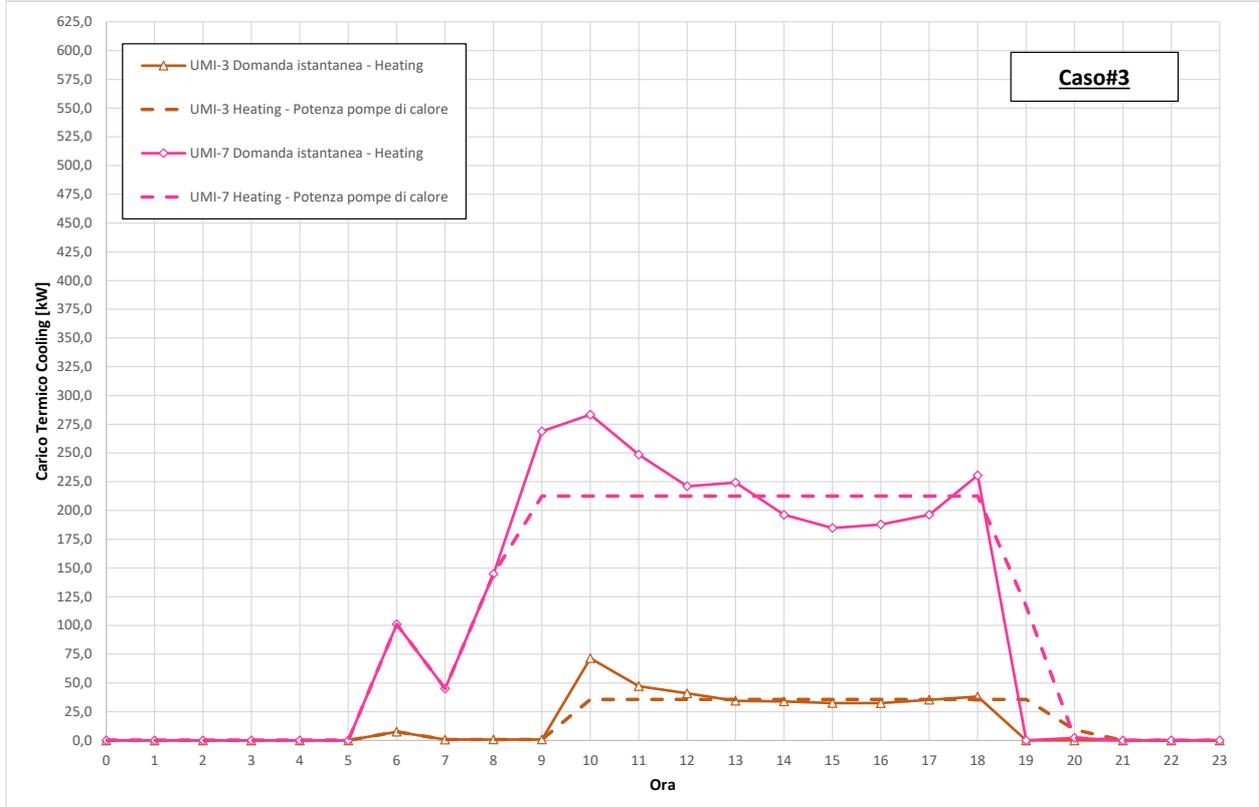
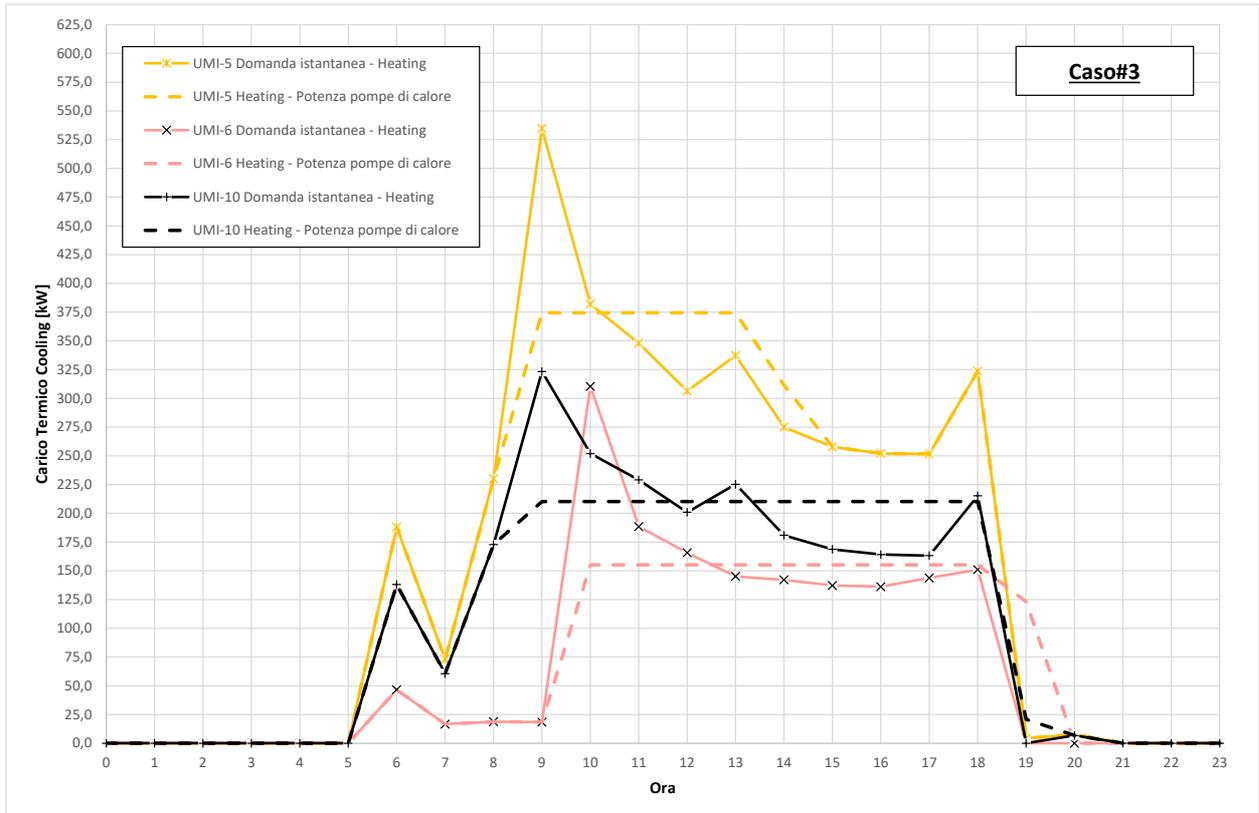
Identificativo	V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	potenza installata teorica	potenza installata teorica	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM	Accumulo PCM
		Cooling [kW]	Heating [kW]	Cooling Volume [m <sup>3</sup> ]	Cooling massa [kg]	Heating Volume [m <sup>3</sup> ]	Heating massa [kg]
UMI 1	44.536	411,6	403,6	14,7	7837,8	9,2	5169,9
UMI 2	16.552	206,5	222,5	10,1	5394,0	7,7	4322,7
UMI 3	3.601	18,4	35,7	2,8	1507,4	1,7	978,9
UMI 5	27.245	260,4	374,3	10,7	5677,6	5,4	3000,2
UMI 6	11.837	62,3	155,2	5,6	2992,5	6,3	3551,5
UMI 7	11.511	176,0	212,5	10,8	5739,4	6,4	3601,3
UMI 10	10.909	187,8	210,2	9,1	4850,0	6,2	3464,4
<b>Totale</b>	<b>126.191</b>	<b>1323,0</b>	<b>1614,0</b>				











## Accumulo centralizzato di acqua tecnica

### CASO 1

#### Falda/Accumulo/Terreno

$T_{ext, H_2O}$ Falda =	15	°C
$T_{imm\ est.}, H_2O$ Falda =	22	°C
$T_{imm\ inv.}, H_2O$ Falda =	8	°C
$\Delta T_{H_2O}$ , Falda =	7	°C
$T_{acc, est, ini}$ =	18	°C
$T_{acc, inv, ini}$ =	18	°C
$T_{terreno}$ =	15	°C
$U_{acc}$ =	0,30	W/(m <sup>2</sup> K)

$Volume_{accumulo}$ =	230,00	m <sup>3</sup>
$S_{accumulo}$ =	300,000	m <sup>2</sup>

Profili orari di potenza da dissipare in falda - Cooling - Tmax. H <sub>2</sub> O Falda 22°C							
Ora	Potenza da dissipare [kW]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^\circ C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	Taccumulo [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	T Ritorno anello [°C]
0	536,61	18,31	18,31	18,00	0,0	536,6	19,28
1	277,14	9,46	9,46	18,00	0,0	277,1	18,66
2	260,03	8,87	8,87	18,00	0,0	260,0	18,62
3	228,38	7,79	7,79	18,00	0,0	228,4	18,55
4	219,54	7,49	7,49	18,00	0,0	219,5	18,52
5	171,20	5,84	5,84	18,00	0,0	171,2	18,41
6	71,87	2,45	2,45	18,00	0,0	71,9	18,17
7	173,94	5,94	5,94	18,00	0,0	173,9	18,42
8	1474,67	50,33	50,00	18,04	9,6	1465,1	21,56
9	1564,76	53,40	50,00	18,41	99,7	1465,1	22,15
10	1597,72	54,53	50,00	18,90	132,6	1465,1	22,72
11	1634,11	55,77	50,00	19,54	169,0	1465,1	23,44
12	1629,10	55,60	50,00	20,15	164,0	1465,1	24,04
13	1634,11	55,77	50,00	20,78	169,0	1465,1	24,69
14	1634,11	55,77	50,00	21,41	169,0	1465,1	25,32
15	1634,11	55,77	50,00	22,05	169,0	1465,1	25,95
16	1634,11	55,77	50,00	22,68	169,0	1465,1	26,58
17	1634,11	55,77	50,00	23,31	169,0	1465,1	27,21
18	1464,12	49,97	49,97	23,31	0,0	1464,1	26,81
19	1261,87	43,06	50,00	22,55	-203,2	1465,1	25,56
20	933,42	31,86	50,00	20,56	-531,7	1465,1	22,79
21	563,07	19,22	45,00	18,00	-685,0	1318,6	19,35
22	551,49	18,82	20,72	18,00	0,0	607,0	19,32
23	545,04	18,60	18,60	18,00	0,0	545,0	19,30
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>1634,11</b>	<b>55,77</b>	<b>50,00</b>	<b>23,31</b>	<--- Valori Massimi		<b>27,21</b>
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>23328,62</b>						

Profili orari di potenza da dissipare in falda - Heating - Tmin. H2O Falda 8°C							
Ora	Potenza da dissipare [kW]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^{\circ}C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	Taccumulo [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	T <sub>Ritorno anello</sub> [°C]
0	-277,2	9,46	9,46	18,00	0,0	277,2	17,34
1	-208,4	7,11	7,11	18,00	0,0	208,4	17,50
2	-210,6	7,19	7,19	18,00	0,0	210,6	17,50
3	-211,7	7,23	7,23	18,00	0,0	211,7	17,49
4	-210,8	7,19	7,19	18,00	0,0	210,8	17,50
5	-212,5	7,25	7,25	18,00	0,0	212,5	17,49
6	-620,0	21,16	21,16	18,00	0,0	620,0	16,52
7	-391,4	13,36	13,36	18,00	0,0	391,4	17,06
8	-785,9	26,82	26,82	18,00	0,0	785,9	16,12
9	-999,3	34,10	34,10	18,00	0,0	999,3	15,61
10	-1184,2	40,41	40,41	18,00	0,0	1184,2	15,17
11	-1184,2	40,41	40,41	18,00	0,0	1184,2	15,17
12	-1184,2	40,41	40,41	18,00	0,0	1184,2	15,17
13	-1137,9	38,83	38,83	18,00	0,0	1137,9	15,28
14	-1075,3	36,70	36,70	18,00	0,0	1075,3	15,43
15	-1030,0	35,15	35,15	18,00	0,0	1030,0	15,54
16	-984,3	33,59	33,59	18,00	0,0	984,3	15,65
17	-990,9	33,82	33,82	18,00	0,0	990,9	15,63
18	-1085,4	37,04	37,04	18,00	0,0	1085,4	15,41
19	-574,6	19,61	19,61	18,00	0,0	574,6	16,63
20	-484,1	16,52	16,52	18,00	0,0	484,1	16,84
21	-271,3	9,26	9,26	18,00	0,0	271,3	17,35
22	-224,1	7,65	7,65	18,00	0,0	224,1	17,46
23	-220,9	7,54	7,54	18,00	0,0	220,9	17,47
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>-1184,2</b>	<b>40,41</b>	<b>40,41</b>	<b>18,00</b>	<--- Valori Massimi		<b>15,17</b>
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>-15759,0</b>			<b>18,00</b>	<--- Valori Minimi		

## Accumulo centralizzato di acqua tecnica

### CASO 2

#### Falda/Accumulo/Terreno

$T_{ext, H_2O}$ Falda =	15	°C
$T_{imm est., H_2O}$ Falda =	22	°C
$T_{imm inv., H_2O}$ Falda =	8	°C
$\Delta T_{H_2O}$ , Falda =	7	°C
$T_{acc, est, ini}$ =	18	°C
$T_{acc, inv, ini}$ =	18	°C
$T_{terreno}$ =	15	°C
$U_{acc}$ =	0,30	W/(m <sup>2</sup> k)

Volume <sub>accumulo</sub> =	260,00	m <sup>3</sup>
S <sub>accumulo</sub> =	300,000	m <sup>2</sup>

#### Profili orari di potenza da dissipare in falda - Cooling - Tmax. H<sub>2</sub>O Falda 22°C

Ora	Potenza da dissipare [kW]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^\circ C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	Taccumulo [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	T Ritorno anello [°C]
0	302,45	10,32	10,32	18,00	0,0	302,5	18,72
1	277,14	9,46	9,46	18,00	0,0	277,1	18,66
2	260,03	8,87	8,87	18,00	0,0	260,0	18,62
3	228,38	7,79	7,79	18,00	0,0	228,4	18,55
4	219,54	7,49	7,49	18,00	0,0	219,5	18,52
5	171,20	5,84	5,84	18,00	0,0	171,2	18,41
6	71,87	2,45	2,45	18,00	0,0	71,9	18,17
7	173,94	5,94	5,94	18,00	0,0	173,9	18,42
8	1502,41	51,27	50,00	18,12	37,3	1465,1	21,71
9	1586,43	54,14	50,00	18,52	121,3	1465,1	22,31
10	1606,90	54,84	50,00	18,99	141,8	1465,1	22,83
11	1648,70	56,27	50,00	19,60	183,6	1465,1	23,54
12	1660,88	56,68	50,00	20,25	195,8	1465,1	24,22
13	1665,89	56,85	50,00	20,91	200,8	1465,1	24,89
14	1665,89	56,85	50,00	21,58	200,8	1465,1	25,56
15	1665,89	56,85	50,00	22,24	200,8	1465,1	26,22
16	1644,49	56,12	50,00	22,83	179,4	1465,1	26,76
17	1665,89	56,85	50,00	23,50	200,8	1465,1	27,48
18	1495,90	51,05	50,00	23,60	30,8	1465,1	27,17
19	1342,57	45,82	50,00	23,20	-122,5	1465,1	26,40
20	755,05	25,77	50,00	20,85	-710,0	1465,1	22,65
21	669,28	22,84	50,00	18,21	-795,8	1465,1	19,81
22	606,56	20,70	26,48	18,00	-64,8	775,9	19,45
23	441,35	15,06	15,06	18,00	0,0	441,3	19,05
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>1665,89</b>	<b>56,85</b>	<b>50,00</b>	<b>23,60</b>	<--- Valori Massimi		<b>27,48</b>
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>23328,62</b>						

Profili orari di potenza da dissipare in falda - Heating - Tmin. H2O Falda 8°C							
Ora	Potenza da dissipare [kW]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^{\circ}C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	Taccumulo [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	T <sub>Ritorno anello</sub> [°C]
0	-277,2	9,46	9,46	18,00	0,0	277,2	17,34
1	-208,4	7,11	7,11	18,00	0,0	208,4	17,50
2	-210,6	7,19	7,19	18,00	0,0	210,6	17,50
3	-211,7	7,23	7,23	18,00	0,0	211,7	17,49
4	-210,8	7,19	7,19	18,00	0,0	210,8	17,50
5	-212,5	7,25	7,25	18,00	0,0	212,5	17,49
6	-620,0	21,16	21,16	18,00	0,0	620,0	16,52
7	-391,4	13,36	13,36	18,00	0,0	391,4	17,06
8	-785,9	26,82	26,82	18,00	0,0	785,9	16,12
9	-996,9	34,02	34,02	18,00	0,0	996,9	15,62
10	-1148,2	39,19	39,19	18,00	0,0	1148,2	15,26
11	-1148,2	39,19	39,19	18,00	0,0	1148,2	15,26
12	-1148,2	39,19	39,19	18,00	0,0	1148,2	15,26
13	-1148,2	39,19	39,19	18,00	0,0	1148,2	15,26
14	-1103,8	37,67	37,67	18,00	0,0	1103,8	15,36
15	-1066,0	36,38	36,38	18,00	0,0	1066,0	15,45
16	-1062,0	36,24	36,24	18,00	0,0	1062,0	15,46
17	-1061,7	36,23	36,23	18,00	0,0	1061,7	15,46
18	-1112,5	37,97	37,97	18,00	0,0	1112,5	15,34
19	-716,5	24,45	24,45	18,00	0,0	716,5	16,29
20	-249,7	8,52	8,52	18,00	0,0	249,7	17,40
21	-223,3	7,62	7,62	18,00	0,0	223,3	17,47
22	-224,1	7,65	7,65	18,00	0,0	224,1	17,46
23	-220,9	7,54	7,54	18,00	0,0	220,9	17,47
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>-1148,2</b>	<b>39,19</b>	<b>39,19</b>	<b>18,00</b>	<--- Valori Massimi		
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>-15759,0</b>			<b>18,00</b>	<--- Valori Minimi		

## Accumulo centralizzato di acqua tecnica

### CASO 3

#### Falda/Accumulo/Terreno

$T_{ext, H_2O}$ Falda =	15	°C
$T_{imm est., H_2O}$ Falda =	22	°C
$T_{imm inv., H_2O}$ Falda =	8	°C
$\Delta T_{H_2O}$ , Falda =	7	°C
$T_{acc, est, ini}$ =	18	°C
$T_{acc, inv, ini}$ =	18	°C
$T_{terreno}$ =	15	°C
$U_{acc}$ =	0,30	W/(m <sup>2</sup> k)

Volume <sub>accumulo</sub> =	130,00	m <sup>3</sup>
$S_{accumulo}$ =	300,000	m <sup>2</sup>

#### Profili orari di potenza da dissipare in falda - Cooling - Tmax. H<sub>2</sub>O Falda 22°C

Ora	Potenza da dissipare [kW]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^\circ C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	$T_{accumulo}$ [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	$T_{Ritorno}$ anello [°C]
0	528,72	18,04	18,04	18,00	0,0	528,7	19,26
1	459,85	15,69	15,69	18,00	0,0	459,8	19,10
2	260,03	8,87	8,87	18,00	0,0	260,0	18,62
3	228,38	7,79	7,79	18,00	0,0	228,4	18,55
4	219,54	7,49	7,49	18,00	0,0	219,5	18,52
5	171,20	5,84	5,84	18,00	0,0	171,2	18,41
6	71,87	2,45	2,45	18,00	0,0	71,9	18,17
7	173,94	5,94	5,94	18,00	0,0	173,9	18,42
8	1448,21	49,42	49,42	18,00	0,0	1448,2	21,46
9	1530,72	52,24	50,00	18,43	65,6	1465,1	22,09
10	1551,19	52,94	50,00	19,00	86,1	1465,1	22,71
11	1563,53	53,36	50,00	19,65	98,4	1465,1	23,39
12	1563,53	53,36	50,00	20,31	98,4	1465,1	24,04
13	1563,53	53,36	50,00	20,96	98,4	1465,1	24,69
14	1563,53	53,36	50,00	21,61	98,4	1465,1	25,34
15	1563,53	53,36	50,00	22,26	98,4	1465,1	25,99
16	1563,53	53,36	50,00	22,91	98,4	1465,1	26,65
17	1563,53	53,36	50,00	23,56	98,4	1465,1	27,30
18	1455,82	49,68	49,68	23,56	0,0	1455,8	27,04
19	1287,60	43,94	50,00	22,39	-177,5	1465,1	25,46
20	927,89	31,67	50,00	18,83	-537,2	1465,1	21,05
21	622,64	21,25	43,54	18,00	-126,0	1275,7	19,49
22	559,92	19,11	19,11	18,00	0,0	559,9	19,34
23	553,47	18,89	18,89	18,00	0,0	553,5	19,32
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>1563,53</b>	<b>53,36</b>	<b>50,00</b>	<b>23,56</b>	<--- Valori Massimi		<b>27,30</b>
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>22995,70</b>						

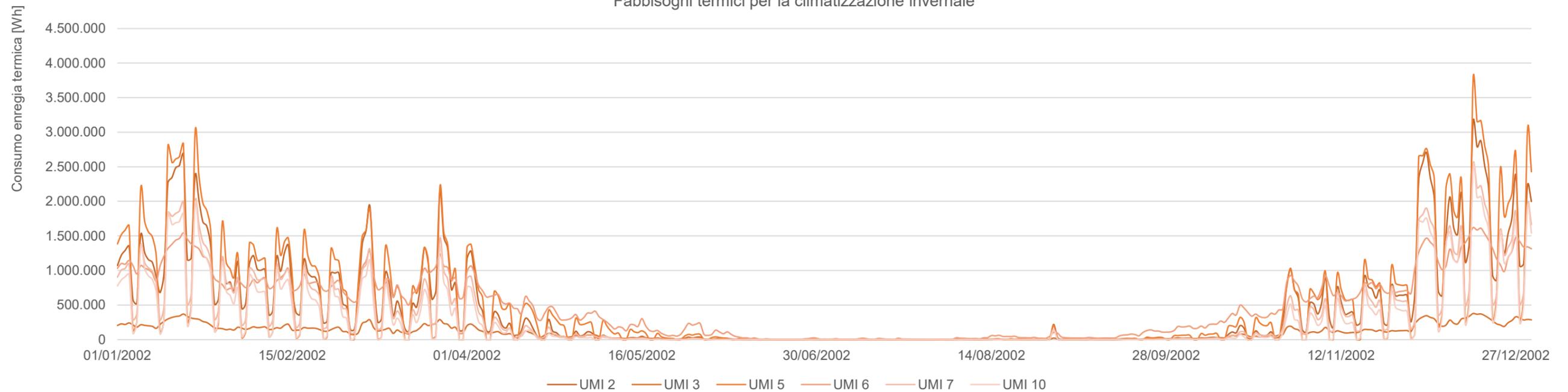
Profili orari di potenza da dissipare in falda - Heating - Tmin. H2O Falda 8°C							
Ora	Potenza da dissipare [kW ]	Portata H <sub>2</sub> O falda istantanea con $\Delta T_{max} = 7^{\circ}C$ [kg/s]	Portata emunta con accumulo [kg/s]	Taccumulo [°C]	Energia accumulata [kWh]	Energia immessa in falda [kWh]	T <sub>Ritorno anello</sub> [°C]
0	-277,2	9,46	9,46	18,00	0,0	277,2	17,34
1	-208,4	7,11	7,11	18,00	0,0	208,4	17,50
2	-210,6	7,19	7,19	18,00	0,0	210,6	17,50
3	-211,7	7,23	7,23	18,00	0,0	211,7	17,49
4	-210,8	7,19	7,19	18,00	0,0	210,8	17,50
5	-212,5	7,25	7,25	18,00	0,0	212,5	17,49
6	-620,0	21,16	21,16	18,00	0,0	620,0	16,52
7	-391,4	13,36	13,36	18,00	0,0	391,4	17,06
8	-785,9	26,82	26,82	18,00	0,0	785,9	16,12
9	-1008,3	34,41	34,41	18,00	0,0	1008,3	15,59
10	-1139,3	38,88	38,88	18,00	0,0	1139,3	15,28
11	-1139,3	38,88	38,88	18,00	0,0	1139,3	15,28
12	-1139,3	38,88	38,88	18,00	0,0	1139,3	15,28
13	-1139,3	38,88	38,88	18,00	0,0	1139,3	15,28
14	-1094,9	37,37	37,37	18,00	0,0	1094,9	15,38
15	-1057,1	36,07	36,07	18,00	0,0	1057,1	15,47
16	-1053,0	35,94	35,94	18,00	0,0	1053,0	15,48
17	-1052,8	35,93	35,93	18,00	0,0	1052,8	15,48
18	-1103,5	37,66	37,66	18,00	0,0	1103,5	15,36
19	-654,3	22,33	22,33	18,00	0,0	654,3	16,44
20	-333,0	11,36	11,36	18,00	0,0	333,0	17,20
21	-271,3	9,26	9,26	18,00	0,0	271,3	17,35
22	-224,1	7,65	7,65	18,00	0,0	224,1	17,46
23	-220,9	7,54	7,54	18,00	0,0	220,9	17,47
<b>Carichi di picco [kW]</b>	<b>-1139,3</b>	<b>38,88</b>	<b>38,88</b>	<b>18,00</b>	<--- Valori Massimi		
<b>Energia Totale [kWh]</b>	<b>-15759,0</b>			<b>18,00</b>	<--- Valori Minimi		

## 10.2.7 Consumi giornalieri en. termica/frigorifera/elettrica delle singole UMI

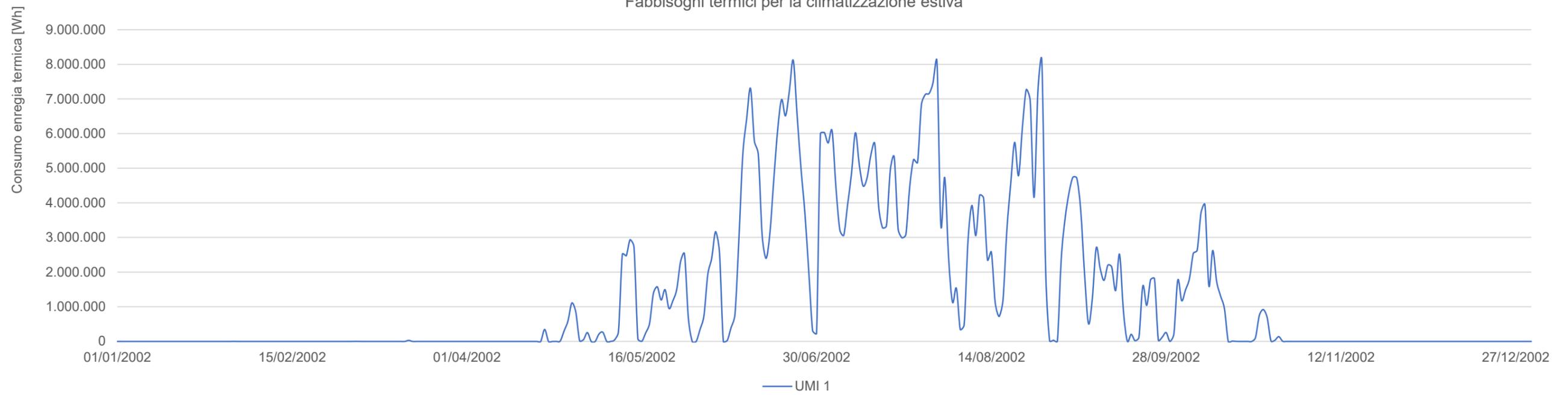
Fabbisogni termici per la climatizzazione invernale



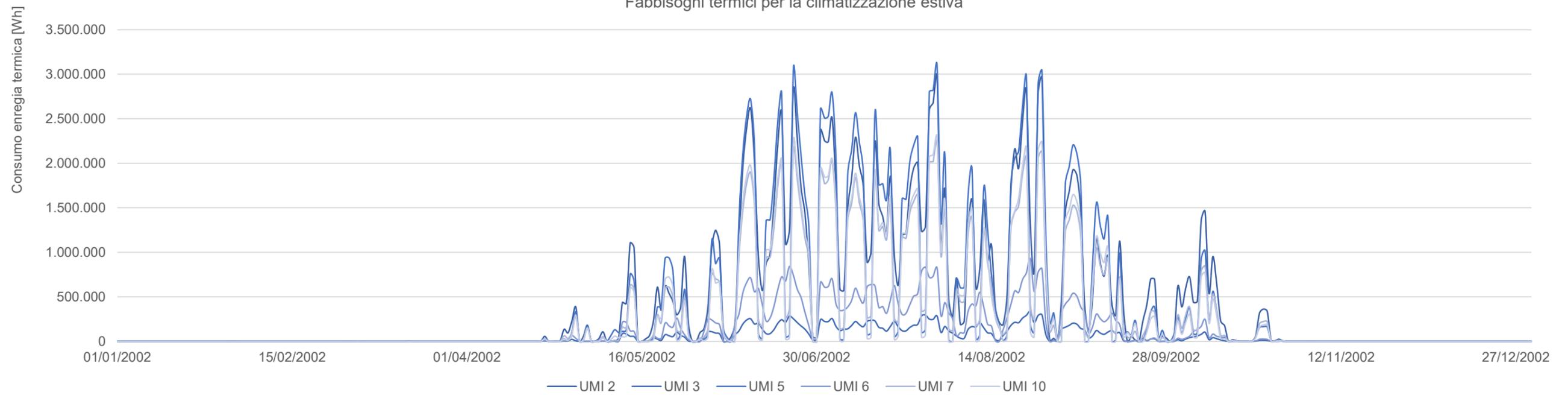
Fabbisogni termici per la climatizzazione invernale



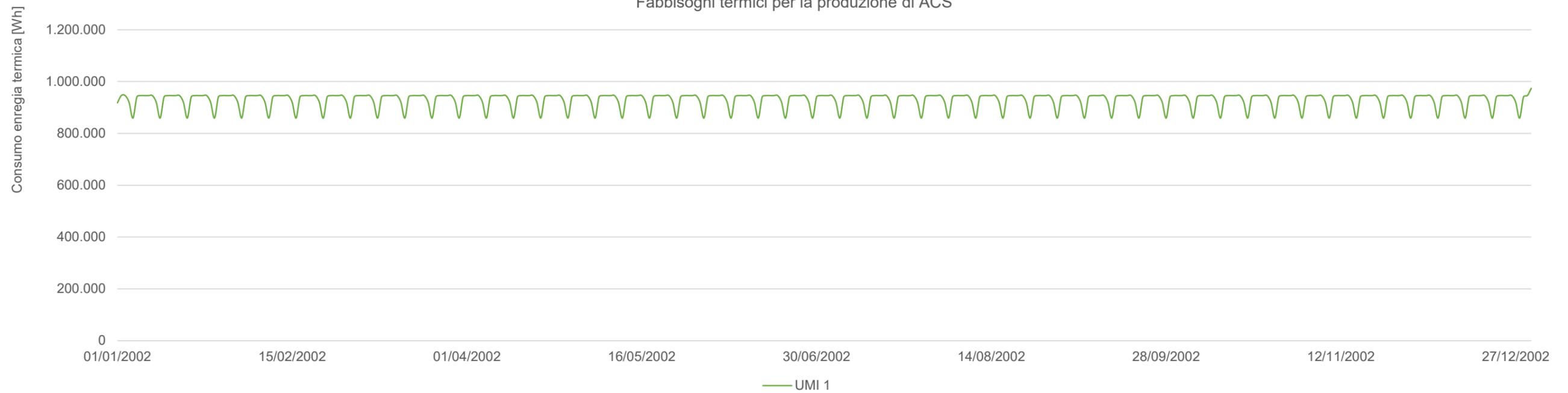
Fabbisogni termici per la climatizzazione estiva



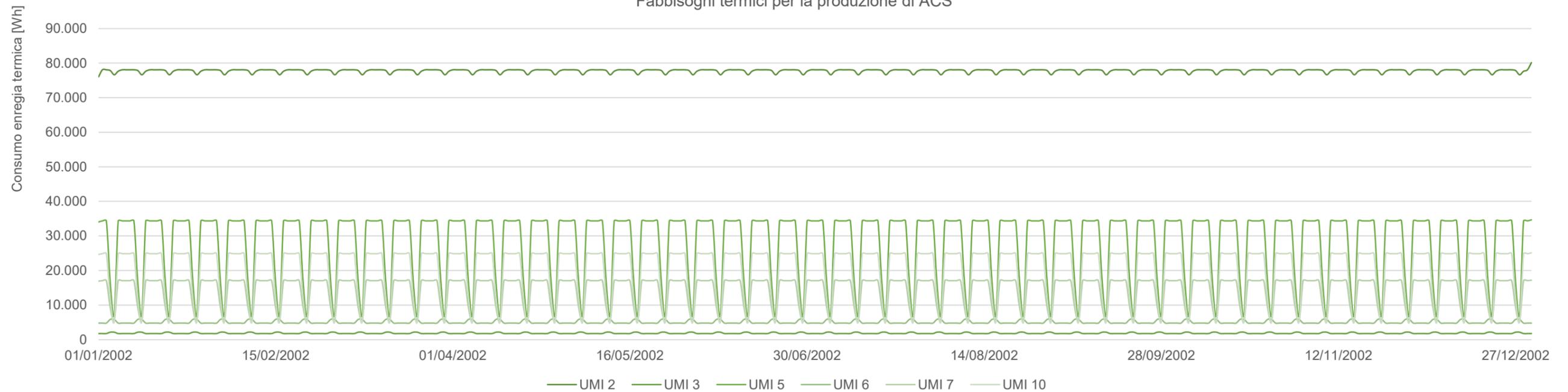
Fabbisogni termici per la climatizzazione estiva



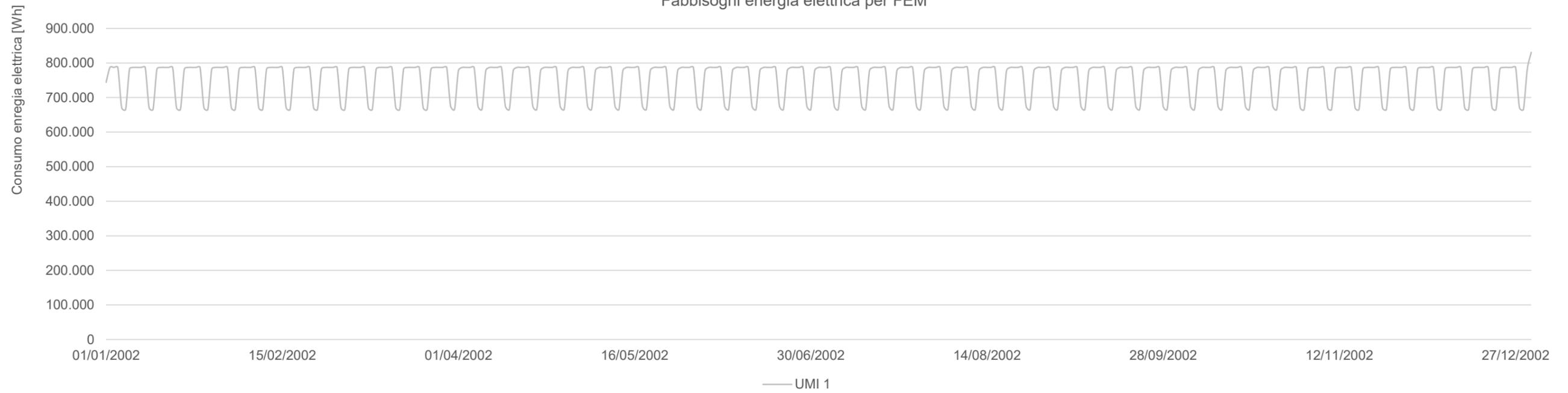
Fabbisogni termici per la produzione di ACS



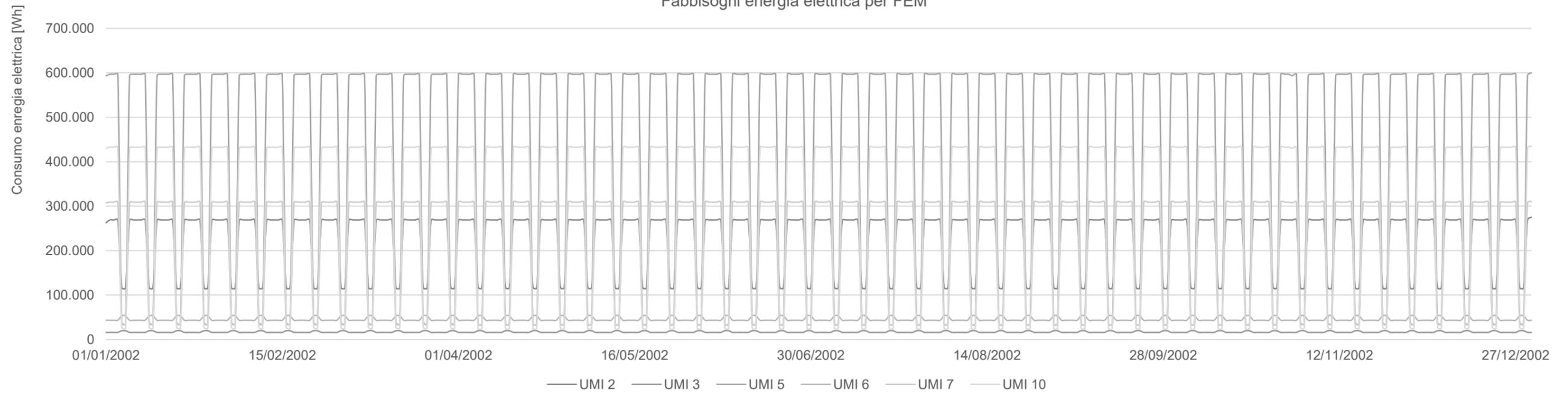
Fabbisogni termici per la produzione di ACS



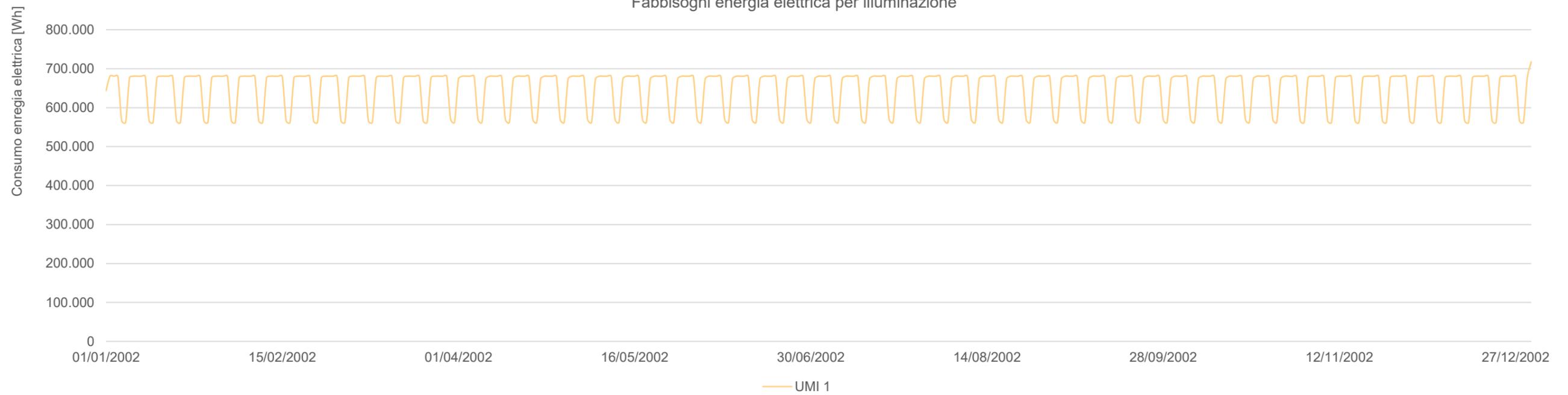
Fabbisogni energia elettrica per FEM



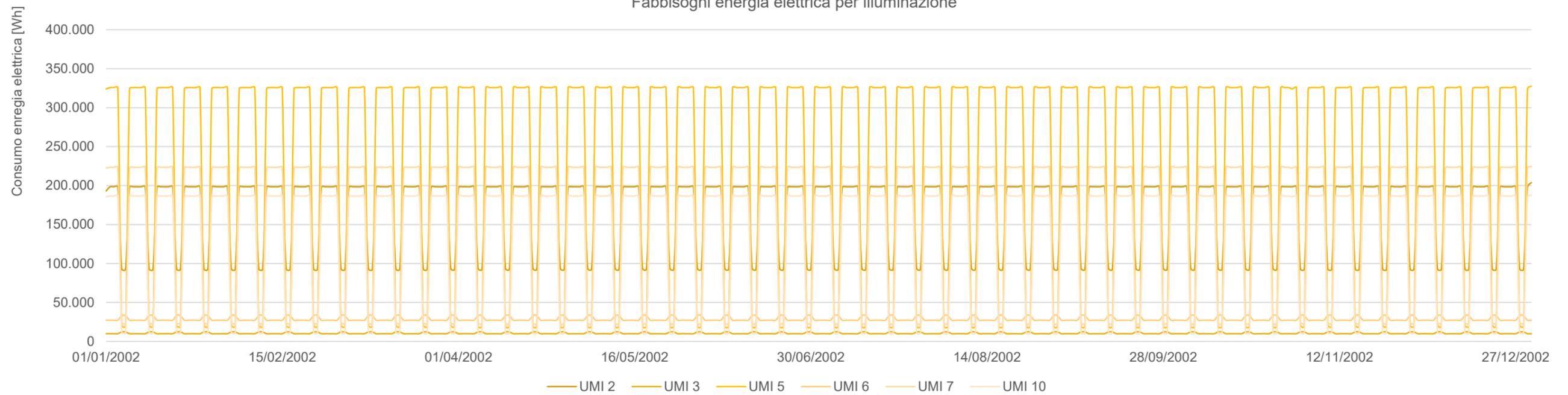
Fabbisogni energia elettrica per FEM

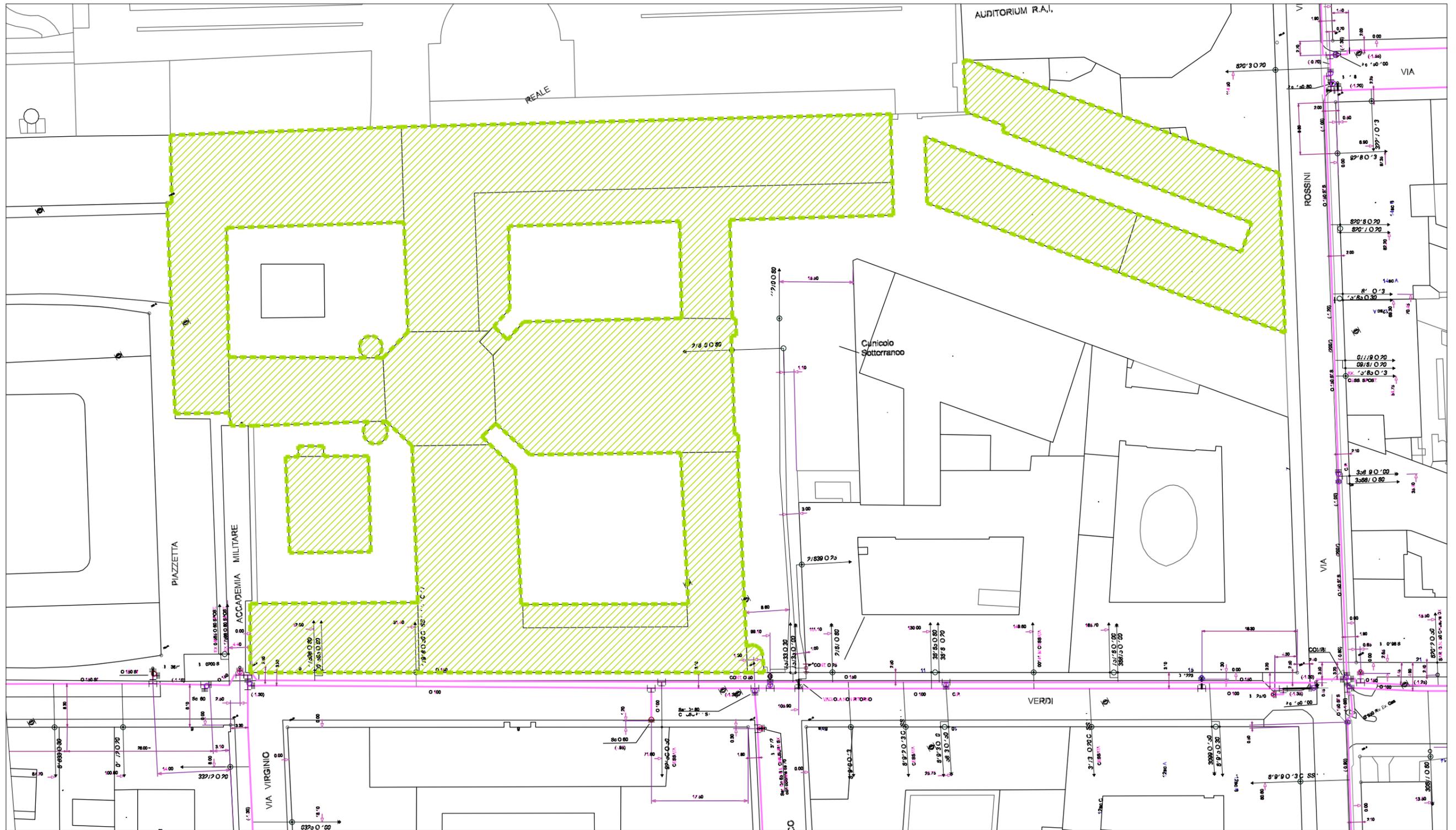


## Fabbisogni energia elettrica per illuminazione



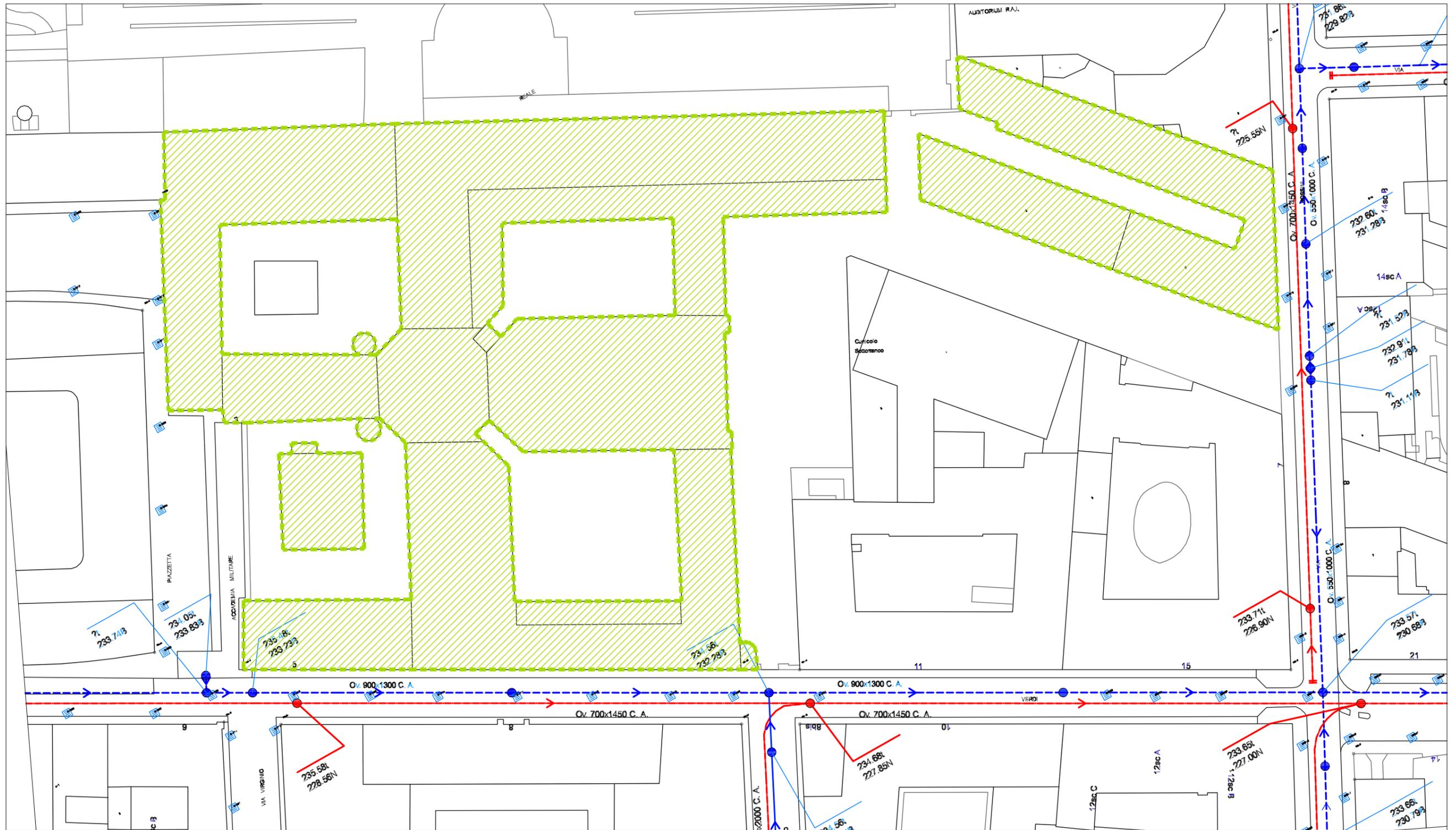
## Fabbisogni energia elettrica per illuminazione





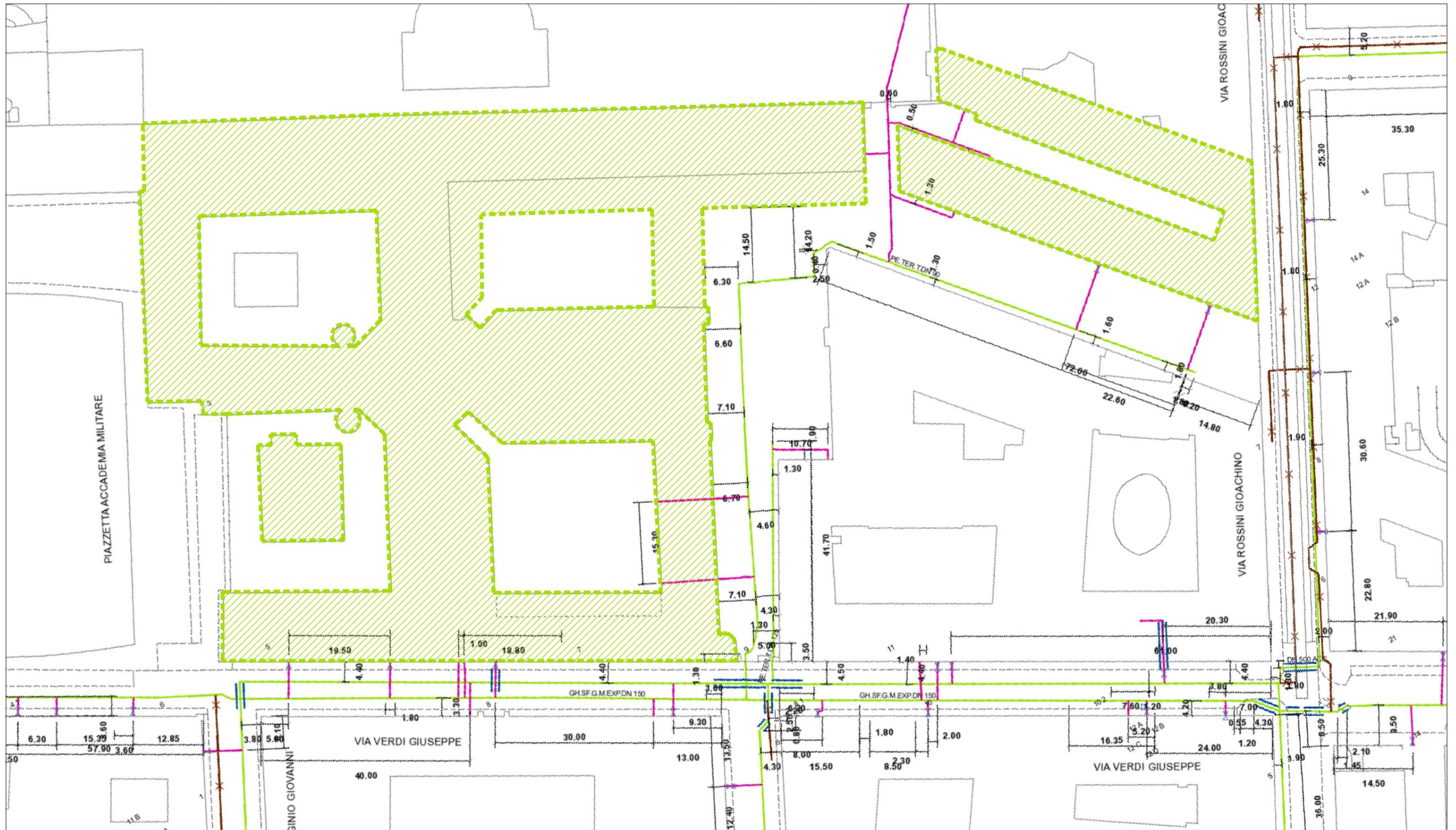
SOTTOSERVIZI - RETE ACQUEDOTTO - Scala 1:750

Allegato A01

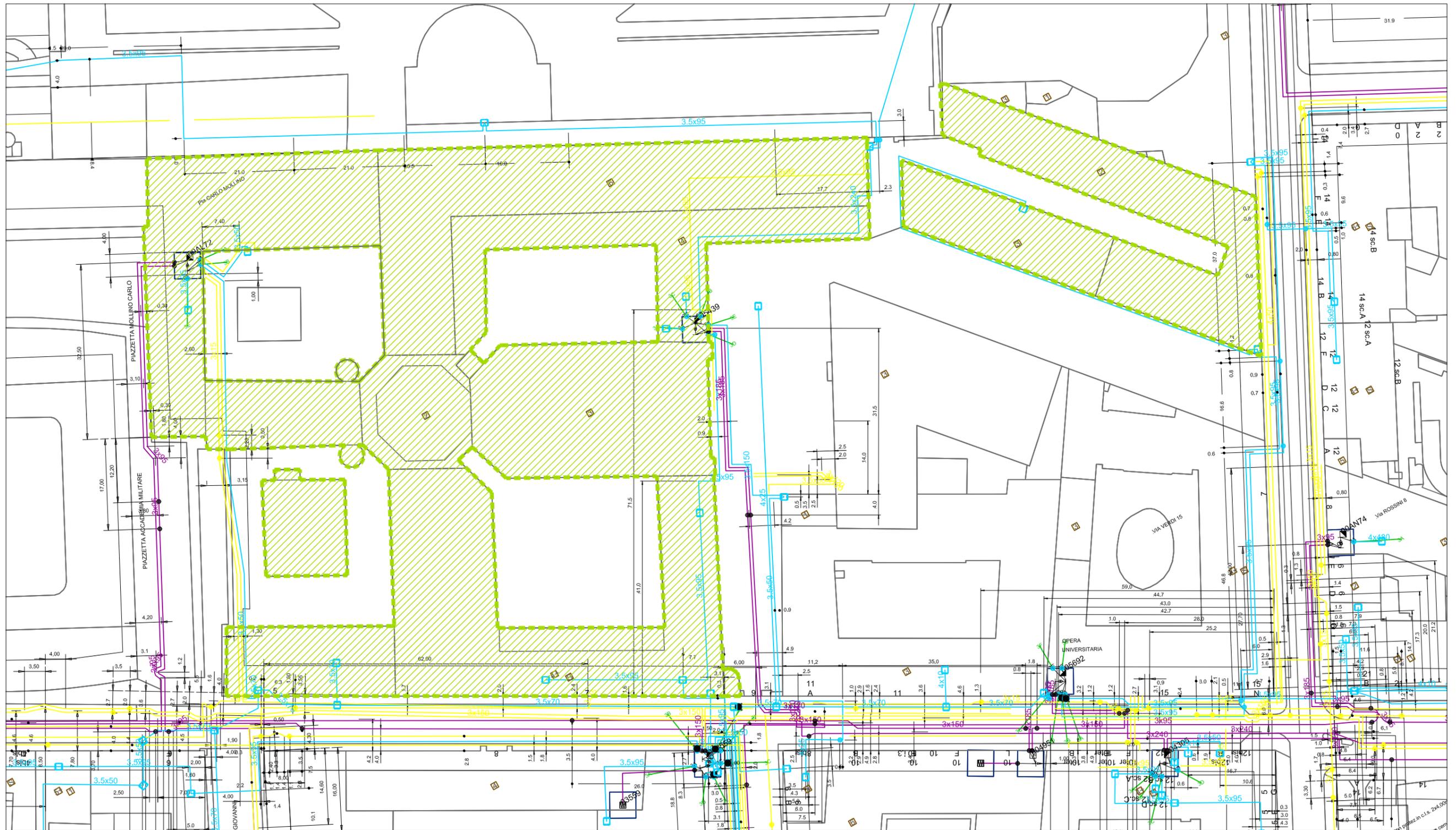


SOTTOSERVIZI - RETE FOGNATURA NERA E BIANCA - Scala 1:750

Allegato A02

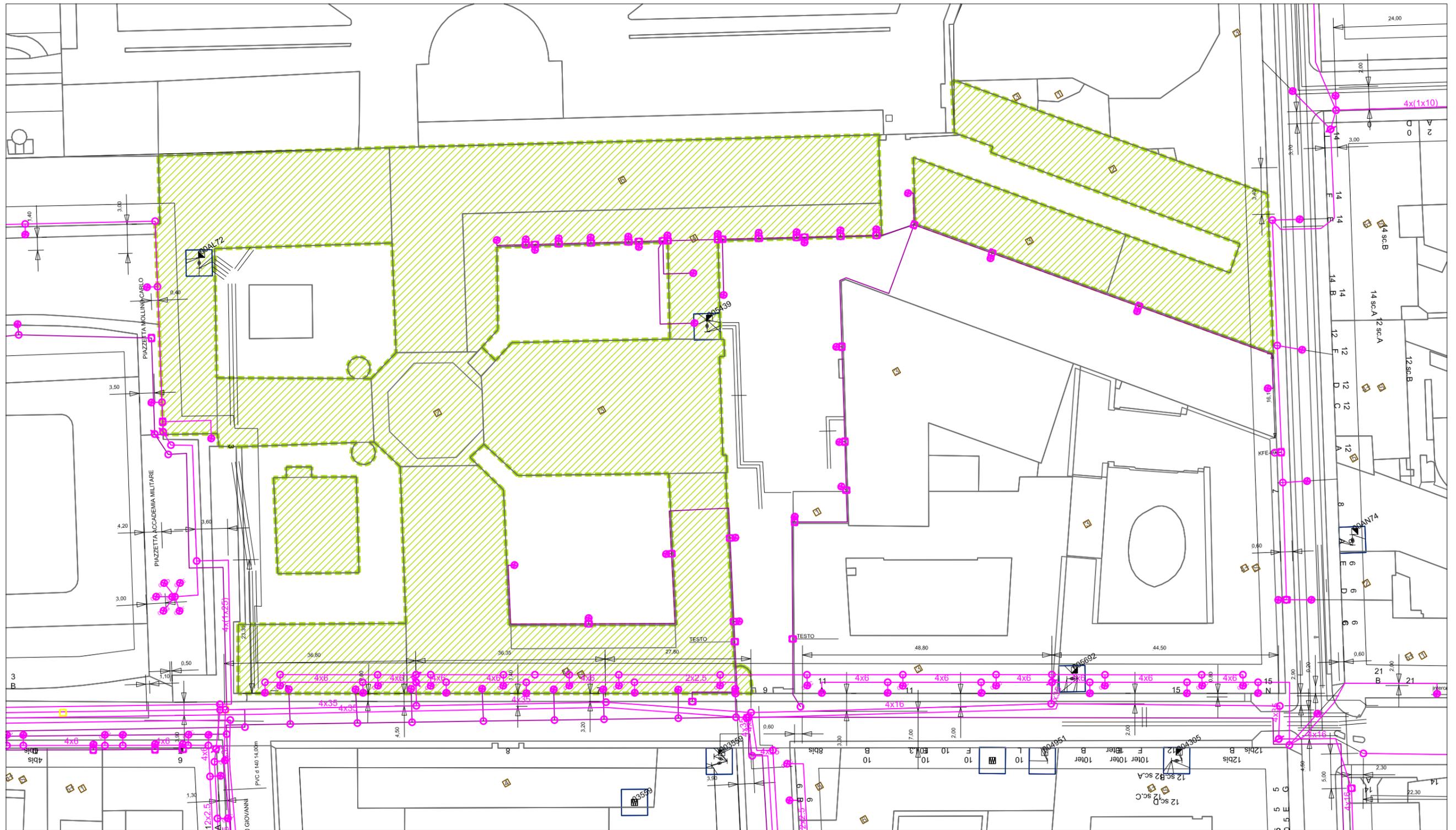


SOTTOSERVIZI - RETE GAS - Scala 1:750



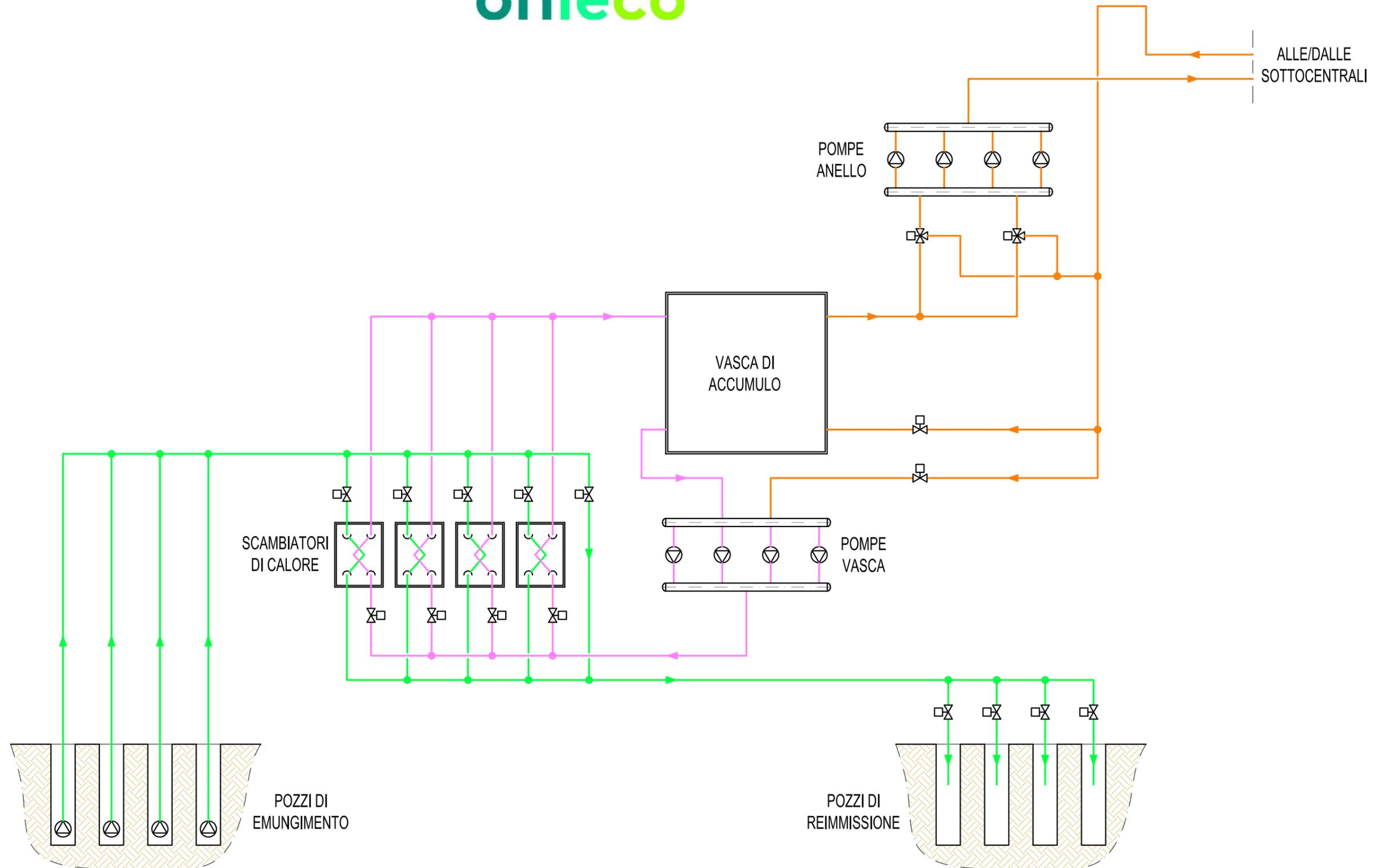
SOTTOSERVIZI - RETE ENERGIA ELETTRICA E FIBRA OTTICA - Scala 1:750

Allegato A04

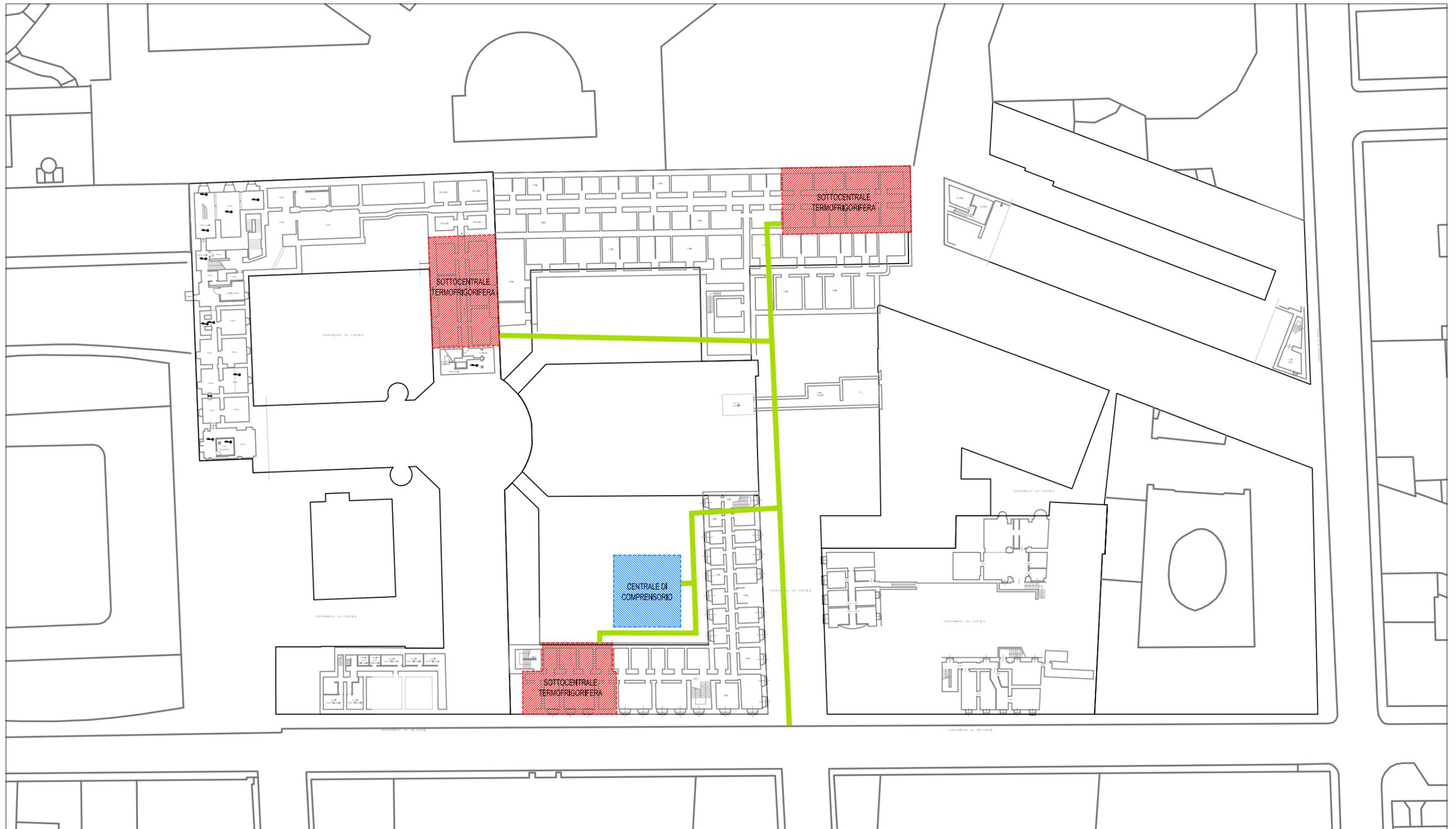


SOTTOSERVIZI - RETE ILLUMINAZIONE PUBBLICA - Scala 1:750

Allegato A05

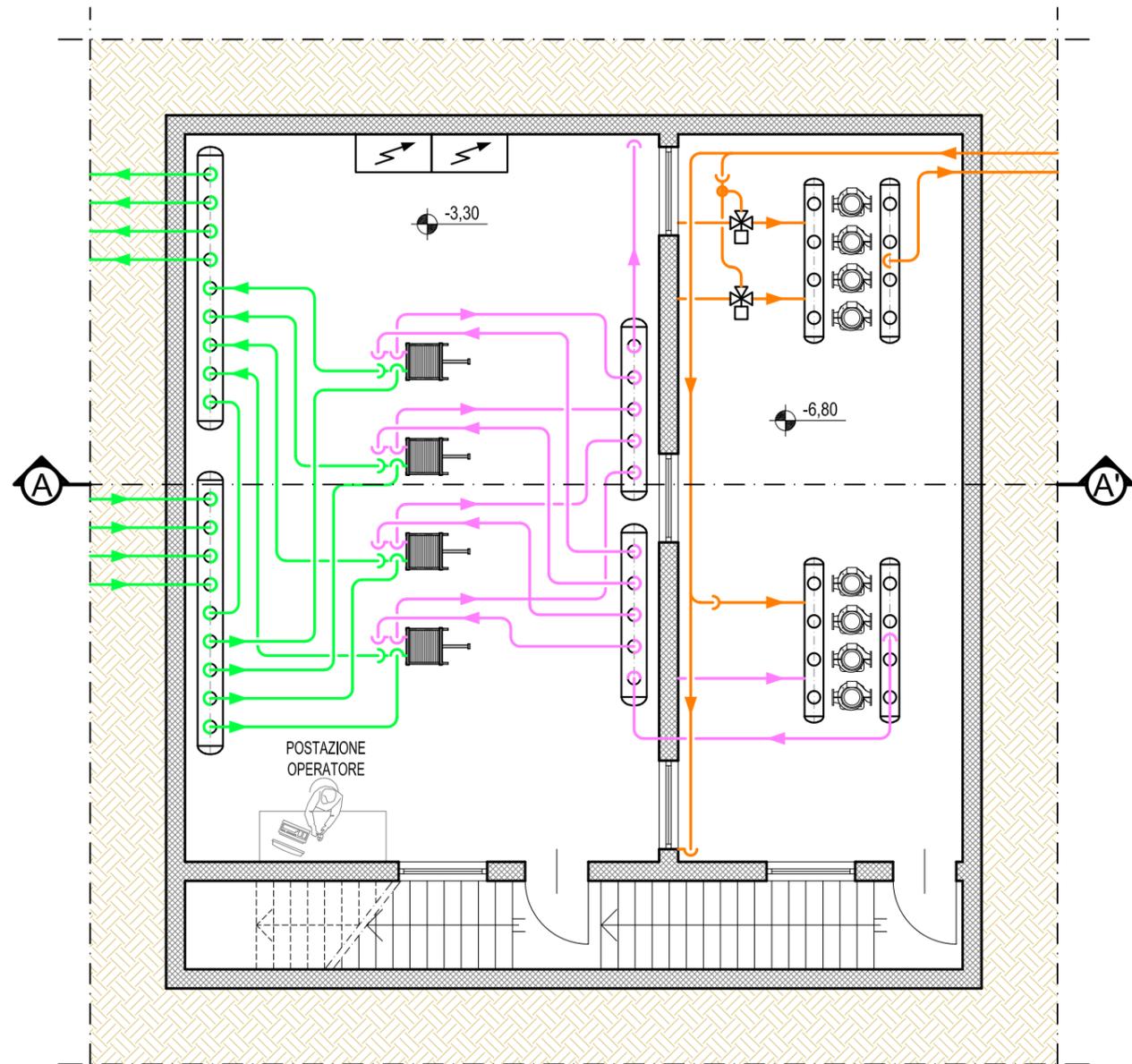


SCHEMA FUNZIONALE GENERALE SISTEMA DI PRODUZIONE ENERGIA TERMICA

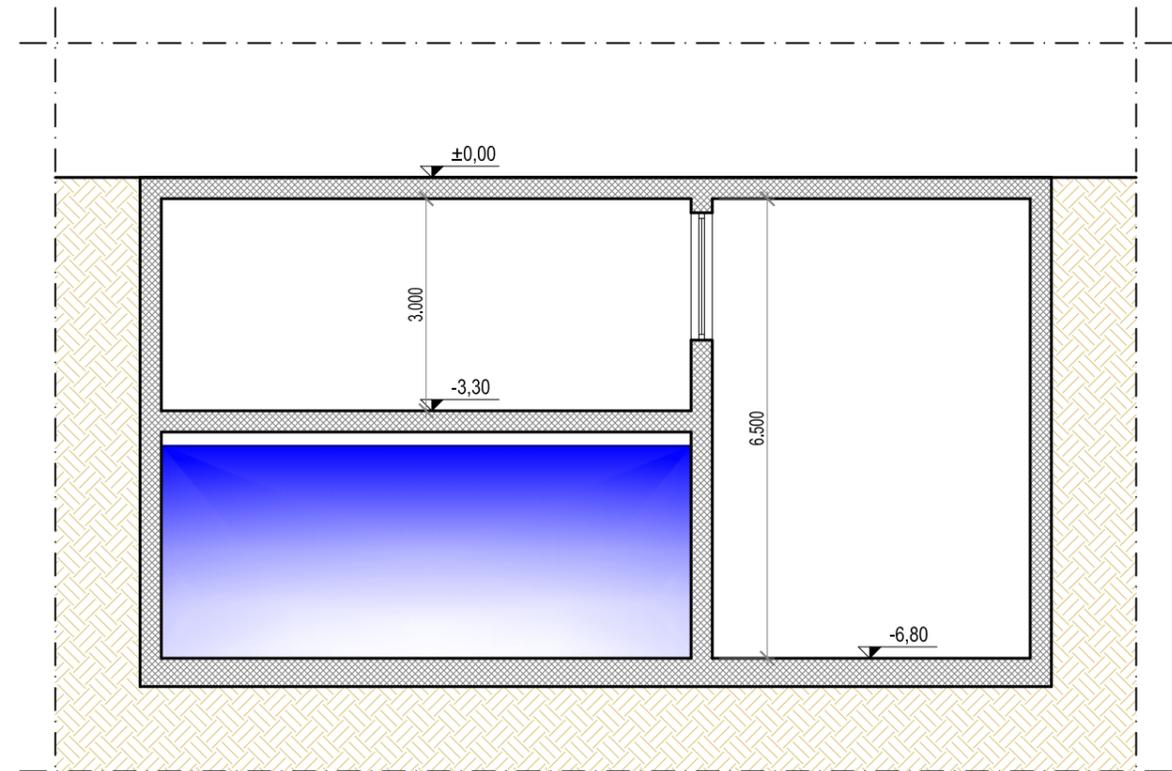


PIANTA PIANO INTERRATO: IPOTESI DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE DI COMPENSORIO, DELLE SOTTOCENTRALI E DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE - Scala 1:750

Allegato A07



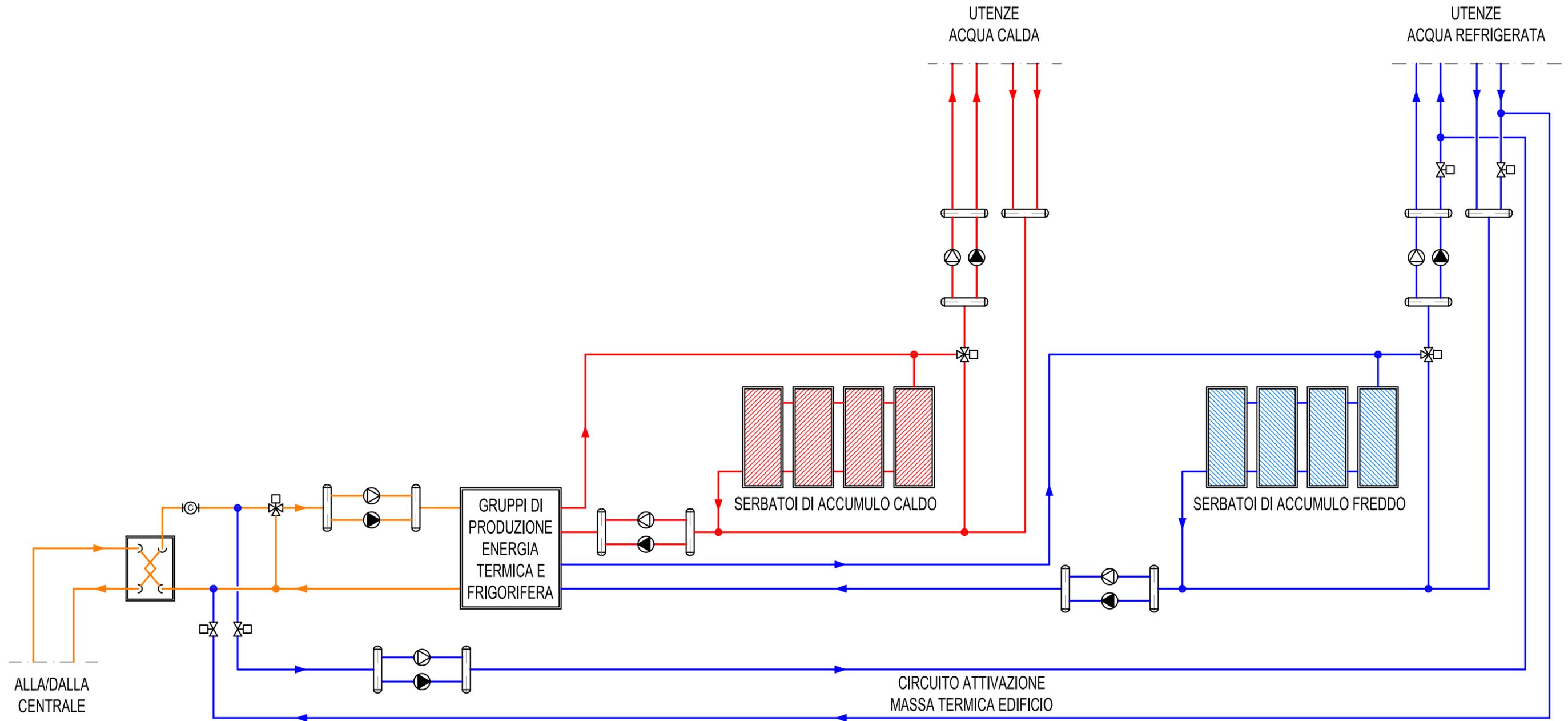
PIANTA PIANO INTERRATO - Scala 1:100



SEZIONE A-A' - Scala 1:100

IPOSTESI PIANTE E SEZIONE DELLA CENTRALE DI COMPRESSORIO

Allegato A08



SCHEMA DI PRINCIPIO CENTRALE TERMOFRIGORIFERA DI EDIFICIO/UMI