

PROGETTO ESECUTIVO

committente: **COMUNE DI PADOVA**
Via del Municipio, 1 - 35122 - Padova (PD)

progetto: **Manutenzione straordinaria degli impianti meccanici a servizio dei Musei agli Eremitani e della sede di via Porciglia n°10**

IMPIANTI MECCANICI

RELAZIONE CALCOLO - IMPIANTI MECCANICI

revisione n.

data:

oggetto:

disegnato da:

J.R.

controllato da:

D.Z.

approvato da:

D.Z.

nome file: APPR_20_Relazione_Calcolo_Impianti Meccanici

data: 04/12/2019

scala:



APPR_20

Sommario

| | |
|---|----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 1.1. Normativa di riferimento..... | 2 |
| 2. DATI DI PROGETTO..... | 5 |
| 2.1. Dimensionamento Impianto di riscaldamento e condizionamento..... | 6 |
| 2.2. Configurazione della nuova centrale termica a servizio dell'Edificio dei Musei Civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni..... | 15 |
| 2.3. Configurazione della nuova centrale termica a servizio dell'edificio denominato "Direzione Settori Cultura e Musei Civici" sito in Via Porciglia n°10..... | 16 |
| 2.4. La riqualificazione delle sotto-centrali termiche..... | 18 |
| 2.5. Il dimensionamento dei nuovi vasi di espansione a servizio del circuito di acqua calda e fredda della Cappella degli Scrovegni installati nella sotto-centrale Nord..... | 19 |
| 2.6. Calcolo vasi di espansione tubazioni acqua calda del tratto Sotto-centrale nord -> Cappella Scrovegni..... | 20 |
| 2.7. Calcolo vasi di espansione tubazioni acqua fredda tratto Sotto-centrale nord -> Cappella Scrovegni..... | 21 |
| 2.8. La riqualificazione dell'Unità Trattamento aria della Sala Conferenze..... | 22 |
| 2.9. Il nuovo sistema di termo-regolazione..... | 25 |
| 2.10. La verifica degli impianti di distribuzione del gas Metano..... | 26 |

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha lo scopo di illustrare e descrivere le scelte progettuali messe in campo per la riqualificazione energetica delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche a servizio dell'edificio dei Musei civici agli Eremitani, della Cappella degli Scrovegni e dell'edificio direzionale denominato "Direzione Settori Cultura e Musei Civici" sito in via Porciglia, n.10 facenti parte del territorio comunale di Padova.

1.1. Normativa di riferimento

Gli impianti dovranno essere progettati per rispettare tutte le disposizioni legislative e normative ad essi applicabili (dove esse appaiono carenti si farà eventualmente riferimento alle normative vigenti negli stati membri della Comunità Europea).

Qualora per particolari esigenze, non potessero essere integralmente rispettate le prescrizioni normative in vigore, dovrà essere prodotta adeguata documentazione che dimostri che comunque gli impianti sono realizzati a perfetta regola d'arte, in ottemperanza alla Legge n. 186 del 01.03.1968.

Durante il periodo di costruzione e di gestione dell'opera eventuali nuove prescrizioni di Legge e/o Norma verranno tempestivamente monitorate e segnalate affinché, dopo la loro discussione, approvazione ed accettazione, possano eventualmente essere recepite nei progetti e realizzate.

Gli impianti, nel loro complesso e nei singoli componenti, dovranno risultare conformi alla legislazione ed alla normativa vigente al momento dell'esecuzione dei lavori stessi, in particolare:

- Normative, Leggi, Decreti Ministeriali dello Stato cogenti;
- Normative, Leggi e Circolari dell'Unione Europea;
- Normative e Regolamenti regionali o comunali cogenti;
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dell'Interno;
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici;
- Disposizioni dei Vigili del Fuoco, prescrizioni e raccomandazioni del locale comando competente per territorio;
- Leggi, regolamenti e circolari tecniche emanati in corso d'opera;
- Prescrizioni e raccomandazioni della A.S.L. competente per territorio;
- Normative I.N.A.I.L. (ex I.S.P.E.S.L.), UNI, UNI-EN, UNI-CIG, C.E.I.;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante combustibile;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante energia elettrica;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante servizio Telefonico;
- In particolare gli impianti sono stati progettati rispondenti alla seguente normativa cogente e testi correlati:
- Legge 13 Luglio 1966 n. 615, provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico e successivi regolamenti di esecuzione;
- D.M. 22 Gennaio 2008, n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 Dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (GU n. 61 del 12-3-2008)
- D.M. 6-04-2004, n. 174 - Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano;
- Con Decreto 7 gennaio 1999 "Codificazione del colore per l'identificazione delle bombole per gas trasportabili";
- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81: Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela

della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;

- Legge 1 marzo 1968 n. 186, del Decreto del Presidente della Repubblica n. 547 del 27 aprile 1955. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro e successivi aggiornamenti;
- D.M. 1 dicembre 1975, norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione e successivi aggiornamenti;
- Leggi 9 gennaio 1991 n. 9 e n. 10, norme per l'attuazione del piano energetico nazionale;
- D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192, attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311, disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 recante attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258 "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale";
- Decreto 24 maggio 1988 n. 236, attuazione della Direttiva CEE n.80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della Legge 16 aprile 1987 n. 183;
- D.P.C.M. 1 marzo 1991, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- D.M. 12 aprile 1996, Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi;
- Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n. 81: Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Regione del Veneto Delibera n. 1887 del 27 maggio 1997 OGGETTO: Revisione circolare regionale n. 38/87: "Criteri generali di valutazione dei nuovi insediamenti produttivi e del terziario";
- Circolare del Ministero dell'Interno n° 24 MI.SA. del 26/1/1993. Impianti di protezione attiva antincendio;
- Legge n. 46 del 5/3/1990 Norme per la sicurezza degli impianti
- D.P.R. n. 447 - Regolamento di attuazione della Legge n° 46 del 5/3/1990 in materia di sicurezza degli impianti.
- Norma UNI 10339 del giugno 1995: Impianti aeraulici a fini di benessere; Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- UNI 10351:2015 Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto;
- Norma UNI 9182 Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua calda e fredda;
- Norma UNI 12056- 01 Edilizia - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici;
- UNI EN ISO 52016-1:2018 Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1;

- Norma UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici;
- Norma UNI 10351 Materiale da costruzione – Valori della conduttività termica e permeabilità al vapore;
- UNI EN ISO 15758: Prestazioni igrotermiche degli impianti degli edifici e delle installazioni industriali - Calcolo della diffusione del vapore acqueo - Sistemi di isolamento per le tubazioni fredde;
- Norma UNI TS 11300 "Prestazioni energetiche degli edifici;
- Norma UNI EN 15316 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto;
- Norma UNI 10779 Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio;
- UNI EN 10255:2007: Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato filettabili secondo UNI-ISO 7.1;
- Norma UNI EN 12201:2012 Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura - Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 14384:2006: Apparecchiature per estinzione incendi
- UNI EN 14339:2006: Idranti antincendio sottosuolo
- Norma UNI 9487: Apparecchiature per estinzione incendi
- Norma UNI EN 671: Sistemi fissi di estinzione incendi
- D.M. 07/01/1999: Codificazione del colore per l'identificazione delle bombole per gas trasportabili;
- UNI-EN 1089-3: Bombole trasportabili per gas - Identificazione della bombola - Codificazione del colore"
- UNI 7129-1:2015: Impianti a gas per uso domestico e similare alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e messa in servizio.
- Ashrae 62.1 e 62.2 per The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality e Ashrae 90.1 per certificazione LEED

E alla seguente normativa internazionale (qualora la norma italiana sia assente):

- D.I.N. (Deutsche Industrie Normen) – Germany;
- I.S.O. (International Standards Organization) – England;
- B.S.I. (British Standards Institution) – England;
- A.S.H.R.A.E. (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.) - U.S.A.;
- A.S.A. (Acoustical Society of America) - U.S.A.;
- A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) - U.S.A.;
- E.N. (European Norm).

Nella realizzazione delle opere dovranno essere altresì considerate le opere normative, le circolari e le emanazioni vigenti all'atto della esecuzione delle stesse.

2. DATI DI PROGETTO

Caratteristiche geografiche

| | | | |
|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Località | <i>Padova</i> | | |
| Provincia | <i>Padova</i> | | |
| Altitudine s.l.m. | | | 12 m |
| Latitudine nord | 45° 24' | Longitudine est | 11° 52' |
| Gradi giorno DPR 412/93 | | | 2383 |
| Zona climatica | | | E |

Località di riferimento

| | |
|--------------------|---------------|
| per dati invernali | <i>Padova</i> |
| per dati estivi | <i>Padova</i> |

Stazioni di rilevazione

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| per la temperatura | <i>Campagna Lupia - Valle Averso</i> |
| per l'irradiazione | <i>Campagna Lupia - Valle Averso</i> |
| per il vento | <i>Campagna Lupia - Valle Averso</i> |

Caratteristiche del vento

| | |
|----------------------------|-------------------|
| Regione di vento: | A |
| Direzione prevalente | Nord-Est |
| Distanza dal mare | < 40 km |
| Velocità media del vento | 3,9 m/s |
| Velocità massima del vento | 7,8 m/s |

Dati invernali

| | |
|---|---|
| Temperatura esterna di progetto | -5,0 °C |
| Stagione di riscaldamento convenzionale | dal 15 ottobre al 15 aprile |

Dati estivi

| | |
|------------------------------------|----------------|
| Temperatura esterna bulbo asciutto | 32,5 °C |
| Temperatura esterna bulbo umido | 24,0 °C |
| Umidità relativa | 50,0 % |
| Escursione termica giornaliera | 13 °C |

Temperature esterne medie mensili

| Descrizione | u.m. | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|-------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Temperatura | °C | 3,0 | 3,6 | 8,6 | 12,8 | 18,9 | 22,3 | 23,7 | 23,7 | 18,6 | 13,9 | 8,3 | 4,8 |

Irradiazione solare media mensile

| Esposizione | u.m. | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Nord | MJ/m² | 1,5 | 2,3 | 3,6 | 5,3 | 8,2 | 10,2 | 9,5 | 6,9 | 4,5 | 2,6 | 1,6 | 1,3 |
| Nord-Est | MJ/m² | 1,7 | 3,0 | 5,1 | 8,1 | 11,3 | 13,5 | 13,0 | 10,5 | 7,4 | 3,3 | 1,8 | 1,4 |
| Est | MJ/m² | 4,1 | 6,2 | 8,2 | 11,4 | 14,1 | 16,0 | 15,8 | 14,0 | 11,5 | 5,4 | 3,7 | 3,9 |
| Sud-Est | MJ/m² | 7,5 | 9,5 | 10,1 | 12,1 | 13,1 | 13,8 | 14,0 | 13,9 | 13,5 | 7,2 | 6,1 | 7,7 |
| Sud | MJ/m² | 9,8 | 11,5 | 10,7 | 10,9 | 10,7 | 10,7 | 11,0 | 11,8 | 13,1 | 8,2 | 7,6 | 10,2 |
| Sud-Ovest | MJ/m² | 7,5 | 9,5 | 10,1 | 12,1 | 13,1 | 13,8 | 14,0 | 13,9 | 13,5 | 7,2 | 6,1 | 7,7 |
| Ovest | MJ/m² | 4,1 | 6,2 | 8,2 | 11,4 | 14,1 | 16,0 | 15,8 | 14,0 | 11,5 | 5,4 | 3,7 | 3,9 |
| Nord-Ovest | MJ/m² | 1,7 | 3,0 | 5,1 | 8,1 | 11,3 | 13,5 | 13,0 | 10,5 | 7,4 | 3,3 | 1,8 | 1,4 |
| Orizz. Diffusa | MJ/m² | 2,0 | 3,0 | 4,9 | 6,3 | 8,3 | 8,7 | 8,4 | 7,3 | 5,7 | 3,7 | 2,2 | 1,7 |
| Orizz. Diretta | MJ/m² | 2,8 | 4,8 | 6,3 | 10,2 | 13,0 | 15,9 | 15,7 | 13,3 | 10,3 | 3,6 | 2,4 | 2,7 |

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: **285** W/m²

2.1. Dimensionamento Impianto di riscaldamento e condizionamento

Il metodo di calcolo adottato si è basato sul bilancio energetico giornaliero in regime stazionario. Il procedimento adottato è sinteticamente composto dalle seguenti fasi:

a) individuazione dei parametri che costituiscono i dati di input:

- parametri climatici della località sede dell'intervento
- suddivisione dell'edificio in zone a diversa immissione d'aria di progetto
- determinazione delle caratteristiche termodinamiche delle strutture che costituiscono l'involucro dell'edificio (coefficienti di trasmissione delle strutture opache e trasparenti).
- individuazione delle caratteristiche geometriche delle singole zone dell'edificio.

b) calcolo dei valori mensili dell'energia scambiata per trasmissione e ventilazione

c) calcolo dei valori mensili dell'energia dovuta agli apporti interni

d) calcolo dei valori mensili dell'energia dovuta agli apporti solari Il calcolo e le successive verifiche sono state realizzate con l'ausilio di software specifico.

Per la scelta dell'impianto, oltre ai dati ricavabili dallo studio dell'involucro edilizio in rapporto alle condizioni esterne, un ruolo importante ha avuto la necessità di assicurare, durante i periodi di normale utilizzo dell'edificio, di condizioni di benessere nella forma più generale, legate non esclusivamente alla sola temperatura bensì ad altri fattori che riguardano le caratteristiche proprie dell'aria circolante all'interno dell'edificio. Per un'analisi di dettaglio delle strutture edilizie previste si rimanda all'allegato "relazione tecnica redatta ai sensi dell'art. 28 della Legge 9 gennaio 1991 n. 10".

RIASSUNTO DISPERSIONI INVERNALI DEI LOCALI MUSEI CIVICI E CAPPELLA SCROVEGNI

Opzioni di calcolo:

Metodologia di calcolo

Vicini presenti

Coefficiente di sicurezza adottato

1,15 -

Zona 1 - MUSEO fabbisogno di potenza dei locali

| Loc | Descrizione | θ_i [°C] | n [1/h] | Φ_{tr} [W] | Φ_{ve} [W] | Φ_{rh} [W] | Φ_{hl} [W] | $\Phi_{hl\ sic}$ [W] |
|-----|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 | Sala multimediale | 18,0 | 2,40 | 5727 | 13469 | 0 | 19196 | 22075 |
| 6 | DEPOSITO OPERE | 16,0 | 2,00 | 7659 | 8102 | 0 | 15760 | 18124 |
| 7 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,51 | 18029 | 12110 | 0 | 30139 | 34660 |
| 8 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,40 | 14094 | 9433 | 0 | 23527 | 27057 |
| 9 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 3,76 | 19946 | 36058 | 0 | 56003 | 64404 |
| 10 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,44 | 10121 | 3840 | 0 | 13961 | 16055 |
| 11 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,40 | 7244 | 4139 | 0 | 11383 | 13090 |
| 12 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 2445 | 2495 | 0 | 4940 | 5681 |
| 13 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 2546 | 2355 | 0 | 4901 | 5637 |
| 14 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 2081 | 1871 | 0 | 3952 | 4544 |
| 15 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 1288 | 1895 | 0 | 3184 | 3661 |
| 16 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 1291 | 1884 | 0 | 3175 | 3651 |
| 17 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,26 | 3171 | 2128 | 0 | 5299 | 6094 |
| 18 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 1211 | 1079 | 0 | 2290 | 2633 |
| 19 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,85 | 1661 | 845 | 0 | 2506 | 2882 |
| 20 | MAGAZZINO | 20,0 | 1,54 | 10994 | 6799 | 0 | 17793 | 20462 |
| 21 | MAGAZZINO | 20,0 | 1,54 | 14129 | 10666 | 0 | 24795 | 28514 |
| 22 | BAGNO | 20,0 | 3,00 | 2839 | 4100 | 0 | 6939 | 7980 |
| 23 | BAGNO | 20,0 | 3,00 | 703 | 1333 | 0 | 2036 | 2342 |
| 24 | BAGNO | 20,0 | 3,03 | 244 | 458 | 0 | 703 | 808 |
| 25 | CAFFETTERIA | 20,0 | 7,54 | 3435 | 9116 | 0 | 12551 | 14433 |
| 26 | DISIMPEGNO | 20,0 | 8,00 | 599 | 2297 | 0 | 2895 | 3330 |
| 27 | RIPOSTIGLIO | 20,0 | 0,50 | 244 | 77 | 0 | 321 | 369 |
| 28 | DISIMPEGNO | 20,0 | 0,50 | 1280 | 79 | 0 | 1359 | 1563 |
| 29 | RIPOSTIGLIO | 20,0 | 0,50 | 931 | 135 | 0 | 1066 | 1226 |
| 30 | COLLEGAMENTO | 20,0 | 0,50 | 1571 | 510 | 0 | 2081 | 2393 |
| 31 | COLLEGAMENTO | 20,0 | 0,50 | 2720 | 571 | 0 | 3291 | 3785 |
| 33 | INGRESSO | 20,0 | 1,51 | 15228 | 12851 | 0 | 28079 | 32291 |
| 34 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 4,06 | 15684 | 34718 | 0 | 50402 | 57963 |
| 35 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,78 | 27688 | 14483 | 0 | 42170 | 48496 |
| 36 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 3,84 | 20127 | 51847 | 0 | 71974 | 82770 |
| 37 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,82 | 47403 | 21021 | 0 | 68423 | 78687 |
| 38 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 3,87 | 14272 | 34294 | 0 | 48565 | 55850 |
| 39 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,47 | 9505 | 9447 | 0 | 18952 | 21794 |
| 40 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 3,90 | 9062 | 24474 | 0 | 33536 | 38566 |
| 41 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,30 | 1917 | 2491 | 0 | 4408 | 5069 |
| 42 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,47 | 2284 | 2095 | 0 | 4379 | 5036 |
| 43 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,47 | 3710 | 3813 | 0 | 7523 | 8652 |
| 44 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,47 | 1903 | 1858 | 0 | 3761 | 4325 |
| 45 | BAGNO | 24,0 | 8,00 | 515 | 1176 | 0 | 1691 | 1945 |
| 46 | BAGNO | 24,0 | 8,00 | 1621 | 1458 | 0 | 3079 | 3541 |
| 47 | BAGNO | 24,0 | 8,00 | 1250 | 4732 | 0 | 5982 | 6879 |
| 48 | UFFICIO | 20,0 | 0,62 | 459 | 212 | 0 | 671 | 772 |

| | | | | | | | | |
|----|------------------|------|------|------|-------|---|-------|-------|
| 49 | UFFICIO | 20,0 | 0,58 | 1051 | 487 | 0 | 1538 | 1768 |
| 50 | RIPOSTIGLIO | 18,0 | 1,18 | 1161 | 1023 | 0 | 2184 | 2512 |
| 51 | ARCHIVIO | 18,0 | 1,34 | 5487 | 3179 | 0 | 8666 | 9966 |
| 52 | DISIMPEGNO | 20,0 | 8,00 | 2833 | 7401 | 0 | 10235 | 11770 |
| 54 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,45 | 2282 | 1866 | 0 | 4148 | 4771 |
| 55 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,81 | 3151 | 2176 | 0 | 5327 | 6126 |
| 56 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,46 | 3681 | 3122 | 0 | 6803 | 7823 |
| 57 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,67 | 5024 | 3293 | 0 | 8318 | 9565 |
| 58 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,51 | 3528 | 2879 | 0 | 6407 | 7368 |
| 59 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,50 | 2654 | 2170 | 0 | 4825 | 5548 |
| 60 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,23 | 1375 | 1680 | 0 | 3055 | 3514 |
| 61 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,83 | 2151 | 2576 | 0 | 4727 | 5436 |
| 62 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,46 | 4215 | 4299 | 0 | 8515 | 9792 |
| 63 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,78 | 9953 | 5658 | 0 | 15612 | 17953 |
| 64 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,78 | 6095 | 5081 | 0 | 11177 | 12853 |
| 65 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,50 | 2099 | 1916 | 0 | 4015 | 4617 |
| 66 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,41 | 1450 | 1863 | 0 | 3313 | 3810 |
| 67 | SALA ESPOSIZIONE | 20,0 | 1,81 | 3455 | 1716 | 0 | 5171 | 5946 |
| 68 | CORRIDOIO | 20,0 | 0,32 | 1526 | 417 | 0 | 1943 | 2235 |
| 69 | CORRIDOIO | 20,0 | 0,30 | 1543 | 425 | 0 | 1968 | 2263 |
| 70 | BAGNO | 20,0 | 3,00 | 140 | 1142 | 0 | 1281 | 1474 |
| 71 | ATRIO | 20,0 | 8,00 | 3177 | 9641 | 0 | 12818 | 14741 |
| 72 | CORRIDOIO | 20,0 | 8,00 | 2999 | 16914 | 0 | 19913 | 22900 |
| 73 | BAGNO | 20,0 | 3,03 | 137 | 700 | 0 | 837 | 962 |
| 74 | BAGNO | 20,0 | 3,00 | 37 | 733 | 0 | 771 | 886 |
| 75 | SCALA | 20,0 | 8,00 | 1819 | 4734 | 0 | 6554 | 7537 |
| 76 | SALA LABORATORIO | 20,0 | 8,49 | 4457 | 27591 | 0 | 32048 | 36856 |
| 77 | SALA LABORATORIO | 20,0 | 1,85 | 3627 | 6631 | 0 | 10257 | 11796 |
| 78 | UFFICIO | 20,0 | 0,70 | 1458 | 504 | 0 | 1961 | 2255 |
| 79 | LABORATORIO | 20,0 | 1,78 | 3755 | 5881 | 0 | 9637 | 11082 |
| 80 | UFFICIO | 20,0 | 0,69 | 1310 | 543 | 0 | 1853 | 2131 |
| 81 | SCALA | 20,0 | 8,00 | 1994 | 4369 | 0 | 6363 | 7318 |
| 82 | DEPOSITO | 20,0 | 1,45 | 342 | 707 | 0 | 1049 | 1207 |
| 83 | LABORATORIO | 20,0 | 1,74 | 286 | 795 | 0 | 1082 | 1244 |
| 84 | LABORATORIO | 20,0 | 1,75 | 3264 | 3296 | 0 | 6560 | 7543 |
| 85 | CORRIDOIO | 20,0 | 8,00 | 2066 | 16658 | 0 | 18724 | 21532 |
| 86 | SPOGLIATOIO | 24,0 | 8,00 | 710 | 3057 | 0 | 3767 | 4332 |
| 87 | BAGNO | 24,0 | 8,00 | 265 | 1517 | 0 | 1782 | 2049 |
| 88 | BAGNO | 24,0 | 8,00 | 92 | 1560 | 0 | 1652 | 1900 |
| 89 | MAGAZZINO | 20,0 | 1,93 | 103 | 414 | 0 | 517 | 595 |
| 90 | ATRIO | 20,0 | 8,00 | 3667 | 9156 | 0 | 12823 | 14747 |

Totale: **411251** **528586** **0** **939837** **1080813**

Zona 2 - SCROVEGNI fabbisogno di potenza dei locali

| Loc | Descrizione | θ_i [°C] | n [1/h] | Φ_{tr} [W] | Φ_{ve} [W] | Φ_{rh} [W] | Φ_{hl} [W] | $\Phi_{hl\ sic}$ [W] |
|-----|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 2 | Cappella degli Scrovegni | 15,0 | 1,93 | 25241 | 23170 | 0 | 48411 | 55673 |
| 3 | Locale | 20,0 | 2,00 | 4087 | 3128 | 0 | 7215 | 8297 |
| 4 | CT deumidificazione | 20,0 | 8,00 | 1065 | 15336 | 0 | 16401 | 18861 |

Totale: **30393** **41634** **0** **72027** **82831**

Totale Edificio: 441644 570220 0 1011864 1163644

Legenda simboli

| | |
|------------------|--|
| θ_i | Temperatura interna del locale |
| n | Ricambio d'aria del locale |
| Φ_{tr} | Potenza dispersa per trasmissione |
| Φ_{ve} | Potenza dispersa per ventilazione |
| Φ_{rh} | Potenza dispersa per intermittenza |
| Φ_{hl} | Potenza totale dispersa |
| $\Phi_{hl\ sic}$ | Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza |

**RIASSUNTO DISPERSIONI INVERNALI DELL'EDIFICIO DENOMINATO
"DIREZIONE SETTORI CULTURA E MUSEI CIVICI" – VIA PORCIGLIA N°10**

Opzioni di calcolo:

Metodologia di calcolo

Vicini presenti

Coefficiente di sicurezza adottato

1,00 -

Zona 1 - Zona climatizzata fabbisogno di potenza dei locali

| Loc | Descrizione | θ_i [°C] | n [1/h] | Φ_{tr} [W] | Φ_{ve} [W] | Φ_{rh} [W] | Φ_{hl} [W] | $\Phi_{hl\ sic}$ [W] |
|-------------------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 | Ufficio | 20,0 | 0,12 | 1868 | 40 | 0 | 1908 | 1908 |
| 2 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 2434 | 68 | 0 | 2502 | 2502 |
| 3 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 1397 | 53 | 0 | 1450 | 1450 |
| 4 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 2456 | 73 | 0 | 2529 | 2529 |
| 5 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 1034 | 41 | 0 | 1076 | 1076 |
| 6 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 1685 | 68 | 0 | 1753 | 1753 |
| 7 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 1218 | 50 | 0 | 1268 | 1268 |
| 8 | Ufficio | 20,0 | 0,11 | 1694 | 68 | 0 | 1762 | 1762 |
| 9 | Segreteria | 20,0 | 0,11 | 3901 | 124 | 0 | 4025 | 4025 |
| 10 | Ufficio capo | 20,0 | 0,11 | 4476 | 121 | 0 | 4597 | 4597 |
| 11 | Corridoio | 20,0 | 0,07 | 9936 | 247 | 0 | 10183 | 10183 |
| 12 | Bagno | 24,0 | 0,64 | 1223 | 280 | 0 | 1503 | 1503 |
| 13 | Corridoio | 20,0 | 0,09 | 3459 | 202 | 0 | 3661 | 3661 |
| 14 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 4904 | 348 | 0 | 5253 | 5253 |
| 15 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 256 | 39 | 0 | 295 | 295 |
| 16 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 1238 | 63 | 0 | 1301 | 1301 |
| 17 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 797 | 80 | 0 | 876 | 876 |
| 18 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 700 | 66 | 0 | 765 | 765 |
| 19 | Ufficio | 20,0 | 0,87 | 665 | 366 | 0 | 1032 | 1032 |
| 20 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 991 | 39 | 0 | 1030 | 1030 |
| 21 | Ufficio segreteria | 20,0 | 0,14 | 1806 | 117 | 0 | 1924 | 1924 |
| 22 | Ufficio | 20,0 | 0,14 | 1041 | 63 | 0 | 1105 | 1105 |
| 23 | Ufficio capo | 20,0 | 0,14 | 954 | 95 | 0 | 1049 | 1049 |
| 24 | Bagno | 24,0 | 0,66 | 289 | 145 | 0 | 434 | 434 |
| 25 | Bagno | 24,0 | 0,65 | 537 | 213 | 0 | 749 | 749 |
| 26 | Deposito | 16,0 | 0,09 | 3553 | 94 | 0 | 3647 | 3647 |
| 27 | Deposito | 16,0 | 0,09 | 1681 | 62 | 0 | 1742 | 1742 |
| 28 | Disimpegno | 20,0 | 0,09 | 1528 | 56 | 0 | 1584 | 1584 |
| 29 | Disimpegno | 20,0 | 0,09 | 345 | 10 | 0 | 354 | 354 |
| 30 | Bagno | 24,0 | 0,63 | 583 | 145 | 0 | 728 | 728 |
| Totale: | | | | 58649 | 3438 | 0 | 62087 | 62087 |
| Totale Edificio: | | | | 58649 | 3438 | 0 | 62087 | 62087 |

Legenda simboli

| | |
|------------------|--|
| θ_i | Temperatura interna del locale |
| n | Ricambio d'aria del locale |
| Φ_{tr} | Potenza dispersa per trasmissione |
| Φ_{ve} | Potenza dispersa per ventilazione |
| Φ_{rh} | Potenza dispersa per intermittenza |
| Φ_{hl} | Potenza totale dispersa |
| $\Phi_{hl\ sic}$ | Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza |

**SOMMARIO CARICHI TERMICI ESTIVI DEI LOCALI MUSEI CIVICI E CAPPELLA
SCROVEGNI**
nell'ora di massimo carico della zona

ZONA: 1 MUSEO

Mese: Luglio

Ora di massimo carico della zona: **16**

Carichi termici nell'ora di massimo carico della zona:

| N. | Descrizione | Q _{Irr} [W] | Q _{Tr} [W] | Q _v [W] | Q _c [W] | Q _{gl,sen} [W] | Q _{gl,lat} [W] | Q _{gl} [W] |
|----|-------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | Sala multimediale | 0 | 1092 | 10916 | 11861 | 15319 | 8550 | 23869 |
| 6 | DEPOSITO OPERE | 0 | 1455 | 3452 | 7234 | 8697 | 3443 | 12140 |
| 7 | SALA ESPOSIZIONE | 2142 | 2379 | 143805 | 5719 | 61427 | 92616 | 154044 |
| 8 | SALA ESPOSIZIONE | 545 | 1412 | 12028 | 4471 | 10350 | 8107 | 18456 |
| 9 | SALA ESPOSIZIONE | 1332 | 1602 | 17177 | 6385 | 14920 | 11577 | 26497 |
| 10 | SALA ESPOSIZIONE | 883 | 1202 | 4772 | 1813 | 5450 | 3220 | 8670 |
| 11 | SALA ESPOSIZIONE | 788 | 854 | 5277 | 1962 | 5325 | 3557 | 8881 |
| 12 | SALA ESPOSIZIONE | 220 | 275 | 2411 | 1178 | 2434 | 1651 | 4085 |
| 13 | SALA ESPOSIZIONE | 494 | 334 | 2276 | 1112 | 2658 | 1558 | 4217 |
| 14 | SALA ESPOSIZIONE | 494 | 291 | 1809 | 884 | 2240 | 1238 | 3477 |
| 15 | SALA ESPOSIZIONE | 392 | 125 | 1832 | 895 | 1990 | 1254 | 3244 |
| 16 | SALA ESPOSIZIONE | 392 | 125 | 1821 | 889 | 1981 | 1246 | 3227 |
| 17 | SALA ESPOSIZIONE | 666 | 451 | 3015 | 1356 | 3327 | 2162 | 5489 |
| 18 | SALA ESPOSIZIONE | 48 | 202 | 417 | 674 | 959 | 382 | 1341 |
| 19 | SALA ESPOSIZIONE | 108 | 250 | 327 | 528 | 913 | 299 | 1212 |
| 20 | MAGAZZINO | 568 | 1038 | 3154 | 3853 | 6246 | 2368 | 8613 |
| 21 | MAGAZZINO | 837 | 1142 | 4948 | 6044 | 9257 | 3714 | 12971 |
| 22 | BAGNO | 442 | 325 | 1327 | 1579 | 2489 | 1184 | 3673 |
| 23 | BAGNO | 0 | 139 | 432 | 360 | 572 | 359 | 931 |
| 24 | BAGNO | 0 | 52 | 147 | 175 | 243 | 131 | 374 |
| 25 | CAFFETTERIA | 334 | 461 | 865 | 1165 | 2073 | 753 | 2825 |
| 26 | DISIMPEGNO | 0 | 0 | 206 | 264 | 293 | 177 | 470 |
| 27 | RIPOSTIGLIO | 0 | 7 | 111 | 179 | 195 | 101 | 297 |
| 28 | DISIMPEGNO | 274 | 121 | 113 | 183 | 588 | 104 | 692 |
| 29 | RIPOSTIGLIO | 274 | 136 | 194 | 313 | 740 | 177 | 917 |
| 30 | COLLEGAMENTO | 470 | 193 | 731 | 1181 | 1906 | 669 | 2575 |
| 31 | COLLEGAMENTO | 549 | 407 | 818 | 1006 | 2084 | 695 | 2779 |
| 33 | INGRESSO | 846 | 1355 | 6104 | 8032 | 11058 | 5278 | 16336 |
| 34 | SALA ESPOSIZIONE | 606 | 5642 | 15308 | 6148 | 17346 | 10359 | 27705 |
| 35 | SALA ESPOSIZIONE | 5764 | 9609 | 14549 | 6839 | 26826 | 9935 | 36761 |
| 36 | SALA ESPOSIZIONE | 241 | 8864 | 9655 | 9181 | 20930 | 7012 | 27941 |
| 37 | SALA ESPOSIZIONE | 7331 | 14813 | 20695 | 9926 | 38615 | 14150 | 52765 |
| 38 | SALA ESPOSIZIONE | 179 | 5419 | 15851 | 6073 | 16822 | 10700 | 27521 |
| 39 | SALA ESPOSIZIONE | 418 | 4596 | 11471 | 5904 | 14037 | 8352 | 22389 |
| 40 | SALA ESPOSIZIONE | 335 | 4424 | 11222 | 5736 | 13552 | 8165 | 21717 |
| 41 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 1094 | 3438 | 1582 | 3642 | 2471 | 6113 |
| 42 | SALA ESPOSIZIONE | 84 | 1111 | 2550 | 1310 | 3198 | 1856 | 5054 |
| 43 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 1850 | 4647 | 2383 | 5497 | 3382 | 8879 |
| 44 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 950 | 2267 | 1161 | 2728 | 1650 | 4378 |
| 45 | BAGNO | 0 | 167 | 907 | 149 | 617 | 606 | 1223 |
| 46 | BAGNO | 24 | 309 | 1124 | 202 | 904 | 754 | 1659 |

| | | | | | | | | |
|--------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 47 | BAGNO | 0 | 422 | 3650 | 512 | 2159 | 2425 | 4584 |
| 48 | UFFICIO | 0 | 289 | 244 | 361 | 676 | 217 | 894 |
| 49 | UFFICIO | 0 | 561 | 598 | 830 | 1464 | 524 | 1989 |
| 50 | RIPOSTIGLIO | 0 | 677 | 677 | 834 | 1613 | 576 | 2189 |
| 51 | ARCHIVIO | 240 | 2360 | 1847 | 2591 | 5414 | 1624 | 7038 |
| 52 | DISIMPEGNO | 36 | 739 | 662 | 1030 | 1868 | 600 | 2468 |
| 54 | SALA ESPOSIZIONE | 36 | 884 | 2300 | 1166 | 2715 | 1672 | 4387 |
| 55 | SALA ESPOSIZIONE | 60 | 1077 | 2155 | 1360 | 3040 | 1612 | 4652 |
| 56 | SALA ESPOSIZIONE | 71 | 1395 | 3815 | 1951 | 4457 | 2775 | 7232 |
| 57 | SALA ESPOSIZIONE | 96 | 1641 | 3529 | 2058 | 4713 | 2611 | 7324 |
| 58 | SALA ESPOSIZIONE | 48 | 1420 | 3406 | 1799 | 4185 | 2488 | 6673 |
| 59 | SALA ESPOSIZIONE | 48 | 1079 | 2597 | 1356 | 3187 | 1895 | 5081 |
| 60 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 748 | 2449 | 1076 | 2521 | 1752 | 4273 |
| 61 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 1039 | 2522 | 1610 | 3282 | 1890 | 5171 |
| 62 | SALA ESPOSIZIONE | 167 | 2102 | 5270 | 2687 | 6393 | 3833 | 10227 |
| 63 | SALA ESPOSIZIONE | 286 | 2667 | 5678 | 3536 | 7928 | 4239 | 12167 |
| 64 | SALA ESPOSIZIONE | 96 | 2632 | 5112 | 3176 | 7201 | 3815 | 11016 |
| 65 | SALA ESPOSIZIONE | 24 | 928 | 2293 | 1198 | 2770 | 1673 | 4443 |
| 66 | SALA ESPOSIZIONE | 0 | 861 | 2364 | 1168 | 2680 | 1713 | 4393 |
| 67 | SALA ESPOSIZIONE | 132 | 1166 | 1701 | 1073 | 2799 | 1272 | 4071 |
| 68 | CORRIDOIO | 0 | 770 | 937 | 1176 | 2083 | 800 | 2883 |
| 69 | CORRIDOIO | 0 | 992 | 1011 | 1291 | 2426 | 868 | 3294 |
| 70 | BAGNO | 0 | 32 | 370 | 440 | 512 | 330 | 842 |
| 71 | ATRIO | 424 | 558 | 863 | 1054 | 2251 | 648 | 2899 |
| 72 | CORRIDOIO | 1021 | 477 | 1513 | 1848 | 3724 | 1136 | 4860 |
| 73 | BAGNO | 0 | 30 | 225 | 267 | 322 | 200 | 522 |
| 74 | BAGNO | 0 | 2 | 238 | 283 | 311 | 212 | 523 |
| 75 | SCALA | 486 | 398 | 424 | 685 | 1604 | 388 | 1992 |
| 76 | SALA LABORATORIO | 3277 | 824 | 2327 | 2843 | 7524 | 1747 | 9271 |
| 77 | SALA LABORATORIO | 197 | 558 | 2564 | 3131 | 4525 | 1924 | 6450 |
| 78 | UFFICIO | 129 | 402 | 518 | 859 | 1430 | 478 | 1908 |
| 79 | LABORATORIO | 2342 | 1347 | 2364 | 2777 | 7066 | 1765 | 8831 |
| 80 | UFFICIO | 302 | 494 | 561 | 925 | 1766 | 517 | 2283 |
| 81 | SCALA | 486 | 593 | 391 | 653 | 1761 | 362 | 2123 |
| 82 | DEPOSITO | 0 | 158 | 349 | 530 | 724 | 314 | 1037 |
| 83 | LABORATORIO | 0 | 136 | 327 | 497 | 666 | 294 | 960 |
| 84 | LABORATORIO | 320 | 990 | 1350 | 1556 | 3211 | 1005 | 4216 |
| 85 | CORRIDOIO | 132 | 825 | 1491 | 2084 | 3389 | 1143 | 4532 |
| 86 | SPOGLIATOIO | 183 | 222 | 2358 | 476 | 1649 | 1591 | 3240 |
| 87 | BAGNO | 0 | 95 | 1170 | 236 | 712 | 790 | 1502 |
| 88 | BAGNO | 0 | 53 | 1203 | 243 | 688 | 812 | 1499 |
| 89 | MAGAZZINO | 0 | 69 | 154 | 311 | 382 | 151 | 533 |
| 90 | ATRIO | 1037 | 995 | 819 | 1655 | 3700 | 807 | 4507 |
| Totali | | 39757 | 111981 | 420562 | 185086 | 463939 | 293447 | 757386 |

ZONA: 2 SCROVEGNI

Mese: Luglio

Ora di massimo carico della zona: **16**

Carichi termici nell'ora di massimo carico della zona:

| N. | Descrizione | Q_{Irr} [W] | Q_{Tr} [W] | Q_v [W] | Q_c [W] | $Q_{gl, sen}$ [W] | $Q_{gl, lat}$ [W] | Q_{gl} [W] |
|--------|--------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 2 | Cappella degli Scrovegni | 8294 | 8685 | 7318 | 7140 | 25931 | 5505 | 31436 |
| 3 | Locale | 0 | 1209 | 1519 | 950 | 2506 | 1172 | 3678 |
| 4 | CT deumidificazione | 0 | 276 | 18649 | 2867 | 8564 | 13228 | 21792 |
| Totali | | 8294 | 10169 | 27485 | 10958 | 37001 | 19905 | 56906 |

Legenda simboli

| | |
|---------------|---------------------------------|
| Q_{Irr} | Carico dovuto all'irraggiamento |
| Q_{Tr} | Carico dovuto alla trasmissione |
| Q_v | Carico dovuto alla ventilazione |
| Q_c | Carichi interni |
| $Q_{gl, sen}$ | Carico sensibile globale |
| $Q_{gl, lat}$ | Carico latente globale |
| Q_{gl} | Carico globale |

**SOMMARIO CARICHI TERMICI ESTIVI DELL'EDIFICIO DENOMINATO "DIREZIONE
SETTORI CULTURA E MUSEI CIVICI" – VIA PORCIGLIA N°10
nell'ora di massimo carico della zona**

ZONA: **1** **Zona climatizzata**

Mese: **Luglio**

Ora di massimo carico della zona: **16**

Carichi termici nell'ora di massimo carico della zona:

| N. | Descrizione | Q _{Irr} [W] | Q _{Tr} [W] | Q _v [W] | Q _c [W] | Q _{gl,sen} [W] | Q _{gl,lat} [W] | Q _{gl} [W] |
|--------|--------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | Ufficio | 174 | 673 | 162 | 255 | 1146 | 117 | 1263 |
| 2 | Ufficio | 885 | 929 | 290 | 437 | 2332 | 210 | 2541 |
| 3 | Ufficio | 1209 | 609 | 235 | 340 | 2224 | 169 | 2393 |
| 4 | Ufficio | 672 | 827 | 312 | 491 | 2067 | 235 | 2302 |
| 5 | Ufficio | 336 | 432 | 187 | 265 | 1085 | 134 | 1220 |
| 6 | Ufficio | 672 | 705 | 305 | 433 | 1896 | 220 | 2115 |
| 7 | Ufficio | 336 | 511 | 227 | 322 | 1232 | 163 | 1396 |
| 8 | Ufficio | 672 | 708 | 307 | 435 | 1901 | 221 | 2123 |
| 9 | Segreteria | 1174 | 1464 | 546 | 795 | 3585 | 393 | 3979 |
| 10 | Ufficio capo | 1059 | 1696 | 515 | 776 | 3675 | 372 | 4047 |
| 11 | Corridoio | 1109 | 4455 | 1690 | 2481 | 8516 | 1219 | 9734 |
| 12 | Bagno | 336 | 430 | 184 | 262 | 1080 | 133 | 1213 |
| 13 | Corridoio | 738 | 633 | 1070 | 2454 | 3935 | 959 | 4894 |
| 14 | Ufficio | 2389 | 795 | 1174 | 2227 | 5728 | 858 | 6585 |
| 15 | Ufficio | 0 | 0 | 132 | 251 | 287 | 97 | 384 |
| 16 | Ufficio | 672 | 96 | 21 | 491 | 1221 | 59 | 1280 |
| 17 | Ufficio | 672 | 96 | 27 | 615 | 1336 | 74 | 1410 |
| 18 | Ufficio | 672 | 93 | 22 | 419 | 1182 | 24 | 1207 |
| 19 | Ufficio | 54 | 138 | 206 | 472 | 685 | 184 | 869 |
| 20 | Ufficio | 120 | 200 | 132 | 251 | 607 | 97 | 704 |
| 21 | Ufficio segreteria | 885 | 254 | 395 | 750 | 1996 | 289 | 2285 |
| 22 | Ufficio | 125 | 220 | 214 | 406 | 809 | 156 | 965 |
| 23 | Ufficio capo | 1813 | 124 | 320 | 606 | 2630 | 234 | 2863 |
| 24 | Bagno | 0 | 8 | 92 | 174 | 206 | 67 | 273 |
| 25 | Bagno | 336 | 50 | 138 | 261 | 685 | 101 | 785 |
| 26 | Deposito | 2865 | 455 | 581 | 1121 | 4598 | 425 | 5023 |
| 27 | Deposito | 792 | 251 | 383 | 738 | 1884 | 280 | 2164 |
| 28 | Disimpegno | 456 | 180 | 291 | 561 | 1275 | 213 | 1488 |
| 29 | Disimpegno | 0 | 53 | 50 | 96 | 162 | 36 | 199 |
| 30 | Bagno | 336 | 49 | 193 | 186 | 626 | 137 | 763 |
| Totali | | 21561 | 17133 | 10401 | 19369 | 60589 | 7875 | 68465 |

Legenda simboli

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| Q _{Irr} | Carico dovuto all'irraggiamento |
| Q _{Tr} | Carico dovuto alla trasmissione |
| Q _v | Carico dovuto alla ventilazione |
| Q _c | Carichi interni |
| Q _{gl,sen} | Carico sensibile globale |
| Q _{gl,lat} | Carico latente globale |
| Q _{gl} | Carico globale |

2.2. Configurazione della nuova centrale termica a servizio dell'Edificio dei Musei Civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni

La riqualificazione della centrale interna installata all'interno dell'edificio dei Musei Civici agli Eremitani consiste nell'installazione di un nuovo sistema di caldaie e nell'installazione di un nuovo gruppo frigorifero. La nuova centrale termica così configurata dovrà servire l'intero edificio dei musei civici e la cappella degli Scrovegni. Dall'analisi energetica emerge un fabbisogno massimo di potenza per riscaldamento dei due complessi durante il periodo invernale di circa 1163,6 kW ed un carico termico massimo durante il periodo estivo di circa 814,2 kW.

Per far fronte al fabbisogno invernale richiesto dai complessi si installeranno N°2 caldaie a basamento e a condensazione in parallelo capaci di fornire singolarmente una Portata termica nominale e Potenza termica massima utile (80/60°C) rispettivamente di 756 kW e 742,42 kW; queste due caldaie assicureranno complessivamente **una potenza termica massima utile totale (80/60°C) di circa 1485 kW.**

| Caratteristiche Tecniche Caldaia | Caldaia n°1 | Caldaia n°2 |
|--|---------------|-------------|
| Marca | Unical | Unical |
| Modello | Modulex-EXT | Modulex-EXT |
| Tipo | 10 GTS 770 | 10 GTS 770 |
| Portata Termica Nominale [kW] | 756 | 756 |
| Potenza Termica utile massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) [kW] | 742,2 | 742,2 |
| Potenza Termica utile massima in condensazione ($\Delta t \rightarrow 30-50$ °C) [kW] | 783,2 | 783,2 |
| Pressione Massima di Esercizio [bar] | 6 | 6 |
| Contenuto acqua [l] | 108 | 108 |
| Portata Termica Nominale Totale [kW] | 1484,4 | |
| Potenza Utile Massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) Totale [kW] | 1484,4 | |

Per coprire il fabbisogno di energia termica estiva dei complessi Musei Civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni si andrà ad installare un nuovo gruppo frigo (tabella sottostante) in parallelo a quello già esistente di potenza frigorifera 421,00 kW per un totale di 819 kW in raffrescamento (tabella sottostante); i gruppi frigo, oltre ad essere utilizzati per la produzione di acqua fredda, sono predisposti per il recupero di calore.

| Caratteristiche Tecniche Refrigeratore | Gruppo n°1 | Gruppo n°2 |
|--|---------------|------------|
| Marca | Rhoss | Rhoss |
| Modello | TCAEQY | TCAEQY |
| Tipo | 4460 | 4400 |
| Resa lorda in raffreddamento [kW] | 421,00 | 398,00 |
| Potenza Lorda in Raffreddamento al 100% [kW] | 158,00 | 131,00 |
| EER | 2,66 | 2,89 |
| Pressione Massima di Esercizio [bar] | 6 | 6 |
| Temperatura Mandata e Ritorno in fase di recupero [°C] | 60-50 | 60-50 |
| Resa Lorda in Raffrescamento Totale [kW] | 819 kW | |

Durante l'estate infatti il calore prodotto in condensazione dai gruppi frigo viene in parte recuperato dal sistema attraverso scambio termico e ceduto al flusso d'acqua calda necessario al corretto funzionamento della unità trattamento aria dove previste.

2.3. Configurazione della nuova centrale termica a servizio dell'edificio denominato "Direzione Settori Cultura e Musei Civici" sito in Via Porciglia n°10

La riqualificazione della centrale termica installata all'interno dell'edificio della Direzione Settori Cultura e Musei civici consisterà nello smantellamento della vecchia centrale e l'installazione di una nuova caldaia a condensazione ed un nuovo gruppo frigorifero. La nuova centrale termica così configurata dovrà servire solo l'edificio in cui questa è installata, ovvero quello di via Porciglia n°10. Dall'analisi energetica emerge un fabbisogno massimo di potenza per riscaldamento del complesso durante il periodo invernale di circa 62,1 kW ed un carico termico massimo durante il periodo estivo di circa 68,4 kW.

Per far fronte al fabbisogno di energia termica necessaria al riscaldamento invernale si prevede quindi l'installazione di una caldaia a condensazione con Portata termica nominale e Potenza termica massima utile (80/60°C) rispettivamente di 67,5 kW e 65,7 kW.

| Caratteristiche Tecniche Caldaia | Caldaia n°1 |
|--|-------------|
| Marca | Unical |
| Modello | Alkon |
| Tipo | 70c |
| Portata Termica Nominale [kW] | 67,5 |
| Potenza Termica utile massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) [kW] | 65,7 |
| Potenza Termica utile massima in condensazione ($\Delta t \rightarrow 30-50$ °C) [kW] | 68,7 |
| Pressione Massima di Esercizio [bar] | 6 |
| Contenuto acqua [l] | 3,9 |

Per coprire il fabbisogno di energia termica per raffrescamento dell'edificio di Via Porciglia n°10 si andrà ad installare un nuovo gruppo frigo in sostituzione di quello esistente. Questo gruppo frigo sarà costituito da un refrigeratore d'acqua con condensatore remoto e compressori scroll con capacità di raffrescamento di 65,2 kW (Tab.7).

Il nuovo refrigeratore sarà installato a monte dello stesso scambiatore di calore a servizio del generatore, posizionato a valle delle pompe di distribuzione del fluido termovettore. Il funzionamento invernale o estivo della centrale di via Porciglia n°10 sarà regolato da valvole motorizzate a due vie che in base alle richieste stagionali si apriranno o chiuderanno garantendo il solo funzionamento invernale come centrale per il riscaldamento degli ambienti o il solo funzionamento estivo per raffrescamento degli stessi.

| Caratteristiche Tecniche Refrigeratore che sarà installato a servizio dell'edificio di Via Porciglia n°10 | |
|---|--------------|
| <i>Potenza Frigorifera [kW]</i> | <i>65,2</i> |
| <i>Portata Acqua [m³/h]</i> | <i>11,2</i> |
| <i>Temperatura Mandata Acqua [°C]</i> | <i>7</i> |
| <i>Temperatura Ritorno Acqua [°C]</i> | <i>12</i> |
| <i>Refrigerante</i> | <i>R410A</i> |
| <i>EER</i> | <i>3,38</i> |

2.4. La riqualificazione delle sotto-centrali termiche

L'ammodernamento delle sotto-centrali termiche consiste principalmente nell'installazione di nuove pompe di circolazione in aggiunta a quelle già esistenti in modo da poter servire tutti quei circuiti di riscaldamento e raffrescamento che prima della riqualificazione erano serviti dalla centrale sita in via Porciglia n°10.

Tutte le sotto-centrali erano già predisposte per un ipotetico ampliamento, infatti i nuovi collegamenti idraulici di tutte le pompe di circolazione erano già presenti per effettuare una tale modifica.

La modifica della *sotto-centrale sud*, sita al primo piano del museo agli eremitani, prevede l'installazione di due nuove pompe gemellari con inverter (Tabella 2.4.1): una coppia a servizio del circuito caldo della UTA della sala multimediale e l'altra coppia a servizio del circuito freddo della UTA a servizio della sala multimediale. La *sotto-centrale sud* è già collegata con la centrale principale del museo agli eremitani quindi questa non necessita di nuovi collegamenti idraulici con la centrale principale.

Tabella 2.4.1 -> Elenco delle pompe di circolazione presenti nella sotto-centrale sud: quelle già presenti e quelle da installare

| Pompe già installate nella sotto-centrale sud | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|
| ID. POMPA | DESCRIZIONE | Portata [m³/h] | Prevalenza [m] | Tipo |
| P22 | Pompa circuito freddo Ingresso | 11,00 | 5,00 | Gemellari con Inverter |
| P23 | Pompa circuito Caldo Ingresso | 7,00 | 3,50 | Gemellari con Inverter |
| Nuove Pompe da installare nella sotto-centrale sud | | | | |
| P24 | Pompa circuito freddo UTA "E" sala multimediale | 11,00 | 5,00 | Gemellari con Inverter |
| P25 | Pompa circuito Caldo UTA "E" sala multimediale | 7,00 | 3,50 | Gemellari con Inverter |

L'ammodernamento della *sotto-centrale nord*, sita al piano terra del complesso museo agli eremitani, prevede l'installazione di due nuove pompe gemellari con inverter (Tabella 2.4.2): una a per la distribuzione dell'acqua calda a servizio della Cappella degli Scrovegni ed una per la distribuzione dell'acqua fredda sempre a servizio della Cappella degli Scrovegni (Tabella 2.4.2).

Tabella 2.4.2 -> Elenco delle pompe di circolazione presenti nella sotto-centrale nord: quelle già presenti e quelle da installare

| Pompe già installate nella sotto-centrale nord | | | | |
|---|--|----------------|----------------|------------------------|
| ID. | DESCRIZIONE | Portata [m³/h] | Prevalenza [m] | Tipo |
| P14 | Pompa circuito caldo a servizio "Deposito dipinti" | 13,20 | 6,50 | Gemellari con Inverter |
| P15 | Pompa circuito freddo a servizio "Deposito dipinti" | 8,50 | 4,80 | Gemellari con Inverter |
| Nuove Pompe da installare nella sotto-centrale nord | | | | |
| P26 | Pompa circuito freddo -> "Cappella Scrovegni" | 10,50 | 13,00 | Gemellari con Inverter |
| P27 | Pompa circuito caldo -> "Cappella Scrovegni" | 9,00 | 13,00 | Gemellari con Inverter |
| Nuovi Vasi d'espansione da installare nella sotto-centrale nord | | | | |
| VE05 | Vaso di espansione capacità 80 litri, precaria 1,5 bar | | | Chiuso a diaframma |
| VE06 | Vaso di espansione capacità 24 litri, precaria 1,5 bar | | | Chiuso a diaframma |

I nuovi circuiti che distribuiscono il fluido termovettore caldo e freddo per la Cappella devono prevedere anche l'installazione di n°2 vasi d'espansione (Tabella 2.4.2): n°1 vaso di espansione chiuso a diaframma di 80 litri a servizio del circuito caldo di distribuzione e circa n°1 vaso di espansione chiuso a diaframma di 24 litri a servizio del circuito freddo di distribuzione. La nuova sotto-centrale nord deve essere collegata idraulicamente alla centrale principale del museo agli eremitani sfruttando le predisposizioni già presenti nel collettore principale.

La riqualificazione della *sotto-centrale A* consiste nel collegare idraulicamente detta sotto-centrale alla centrale principale del museo agli eremitani sfruttando le predisposizioni già presenti nel collettore principale.

2.5. Il dimensionamento dei nuovi vasi di espansione a servizio del circuito di acqua calda e fredda della Cappella degli Scrovegni installati nella sotto-centrale Nord

Il dimensionamento dei vasi di espansione dei circuiti di acqua calda e fredda si è tenuto conto della seguente equazione:

$$V_i = \frac{e \cdot C}{\frac{P_{fa} - P_{ia}}{P_{fa}}}$$

Con:

$$e = \frac{n}{100}$$

$$n = 0,31 + 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot T_m^2$$

dove:

- V_i -> **Volume calcolato con in vaso di espansione [l];**
- e -> **Coefficiente di dilatazione dell'acqua**, funzione della massima differenza tra la temperatura di taratura del termostato caldaia e la temperatura dell'acqua a impianto spento;
- C -> **contenuto acqua nell'impianto [l]**, corrispondente in questo caso al contenuto d'acqua presente nel sistema di tubazioni di mandata e di ritorno sia dell'acqua calda che dell'acqua fredda a servizio della Cappella degli Scrovegni;
- P_{fa} -> **Pressione assoluta di taratura della valvola di sicurezza**, ottenuta sommando il valore di pressione di taratura relativa della valvola e il valore della pressione atmosferica;
- P_{ia} -> **Pressione assoluta di precarica del vaso di espansione** data dalla somma del valore di precarica relativa del vaso (determinata dall' impianto) e della pressione atmosferica;
- T_m -> **Temperatura massima ammissibile in gradi Celsius dell'impianto.**

2.6. Calcolo vasi di espansione tubazioni acqua calda del tratto Sotto-centrale nord -> Cappella Scrovegni

| | | | |
|----------|-------|-----------|---|
| Comm. n. | 19015 | Data: | / |
| | | Foglio n. | / |

Dimensionamento vasi chiusi con diaframma secondo "Raccolta R" edizione 2009

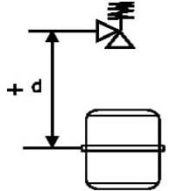
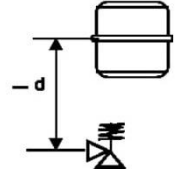
Oggetto

Descrizione circuito

| Dati da inserire | | | Formula |
|----------------------------------|-------|-------|---|
| Contenuto d'acqua "C" | litri | 550 | $V = C \times e / [1 - (P_i / P_f)]$ |
| Coefficiente di espansione "e" | | 0,042 | C = Contenuto acqua dell'impianto |
| Dislivello vaso-valvola d.s. "d" | ± m | - | V = volume del vaso in litri |
| Pressione precarica vaso | bar | 1,5 | e = Coefficiente di espansione |
| Pressione taratura valvola d.s. | bar | 3,5 | P _i = pressione assoluta iniziale in Bar |
| | | | P _f = max pressione assoluta di esercizio in Bar |

| Capacità vaso V | | | COEFF. DI ESPANSIONE "e" |
|-------------------------------------|-----|------|--------------------------|
| Tolleranza +10% | 10% | 57 | |
| P _i = pressione assoluta | bar | 2,5 | |
| P _f = pressione assoluta | bar | 4,50 | |

| Formula | | | Dt °C. |
|----------------|--|--|--------|
| coeff. "e" | $n/100$ | | 0,0421 |
| n | $0,31 + 3,9 \times 10^{-4} \times t_m^2$ | | 4,2100 |
| t _m | °C | | 100 |

| VASO SCELTO | | |
|-------------|--------------------|----|
| numero | n. | 1 |
| capacità | litri | 80 |
| totale | litri | 80 |
| verifica | OK VASO VERIFICATO | |

| LEGENDA | | |
|--|--|--|
| P_i: Pressione assoluta precarica vaso: deve essere superiore alla pressione idrostatica misurata alla mezzeria del vaso(o alla pressione di reintegro del gruppo di riempimento) | | |
| P_f: Pressione assoluta di taratura v.d.s.aumentata o diminuita del dislivello "d" | | |
| t_m: Temperatura massima ammissibile in °C riferita all'intervento dei dispositivi di sicurezza | | |

| Calcolo contenuto acqua | | |
|------------------------------|-------|---------------|
| Caldaia | litri | |
| accumuli in CT | litri | |
| Tubazioni CT | litri | |
| Tubazioni circuiti secondari | litri | |
| varie | 10% | |
| TOTALE | litri | 550,00 |

| LEGENDA | |
|--------------|---|
| D: | diametro interno della tubazione di collegamento |
| P: | potenza termica nominati del o dei generatori in kW |
| n.b.: | diametro minimo accettato 18 mm |

2.7. Calcolo vasi di espansione tubazioni acqua fredda tratto Sotto-centrale nord -> Cappella Scrovegni

| | | | |
|----------|-------|-----------|---|
| Comm. n. | 19015 | Data: | / |
| | | Foglio n. | / |

Dimensionamento vasi chiusi con diaframma secondo "Raccolta R" edizione 2009

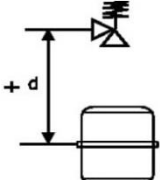
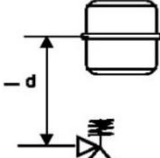
Oggetto

Descrizione circuito

| Dati da inserire | | | Formula |
|----------------------------------|-------|-------|---|
| Contenuto d'acqua "C" | litri | 836 | $V = C \times e / [1 - (P_i / P_f)]$ |
| Coefficiente di espansione "e" | | 0,007 | C = Contenuto acqua dell'impianto |
| Dislivello vaso-valvola d.s. "d" | ± m | - | V = volume del vaso in litri |
| Pressione precarica vaso | bar | 1,5 | e = Coefficiente di espansione |
| Pressione taratura valvola d.s. | bar | 3,5 | Pi = pressione assoluta iniziale in Bar |
| | | | Pf = max pressione assoluta di esercizio in Bar |

| Capacità vaso V | | |
|-------------------------|-------|------|
| | litri | 12 |
| Tolleranza +10% | 10% | 14 |
| Pi = pressione assoluta | bar | 2,5 |
| Pf = pressione assoluta | bar | 4,50 |

| COEFF. DI ESPANSIONE "e" | | |
|--------------------------|--|--------|
| | Formula | Dt °C. |
| coeff. "e" | $n/100$ | 0,0066 |
| n | $0,31 + 3,9 \times 10^{-4} \times t_m^2$ | 0,6610 |
| t _m | °C | 30 |

| VASO SCELTO | |
|-------------|--------------------|
| numero | 1 |
| capacità | 24 |
| totale | 24 |
| verifica | OK VASO VERIFICATO |

| LEGENDA | |
|-----------------------|--|
| Pi: | Pressione assoluta precarica vaso: deve essere superiore alla pressione idrostatica misurata alla mezzera del vaso (o alla pressione di reintegro del gruppo di riempimento) |
| Pf: | Pressione assoluta di taratura v.d.s. aumentata o diminuita del dislivello "d" |
| t_m: | Temperatura massima ammissibile in °C riferita all'intervento dei dispositivi di sicurezza |

| Calcolo contenuto acqua | | |
|------------------------------|-------|---------------|
| Caldaia | litri | 760 |
| accumuli in CT | litri | |
| Tubazioni CT | litri | |
| Tubazioni circuiti secondari | litri | |
| varie | 10% | 76,00 |
| TOTALE | litri | 836,00 |

| LEGENDA | |
|--------------|---|
| D: | diametro interno della tubazione di collegamento |
| P: | potenza termica nominati del o dei generatori in kW |
| n.b.: | diametro minimo accettato 18 mm |

2.8. La riqualificazione dell'Unità Trattamento aria della Sala Conferenze

Al fine di aumentare l'efficienza energetica dei sistemi di climatizzazione a servizio dei Musei civici si è deciso di apportare alcune modifiche all'unità di trattamento aria a servizio della sala conferenze.

Attualmente la sala conferenze è servita da un'unità di trattamento aria (UTA) per la climatizzazione dell'ambiente con una portata d'aria di 3000 mc/h che preleva, per il ricambio, continuamente aria dall'esterno a prescindere dal quantitativo di persone effettivamente presenti. In questo modo l'unità di trattamento lavora in modo poco efficiente prelevando e climatizzando aria dall'esterno anche quando non effettivamente necessario (quando per esempio la sala conferenza è vuota o frequentata da poche persone). Questo sistema potrebbe essere migliorato imponendo che il ricambio di aria dall'esterno dipenda dal numero di persone effettivamente presenti nella sala sempre e comunque in linea con le prescrizioni imposte dalla normativa.

Tale riqualificazione prevede:

- Modifica di parte del sistema aeraulico installato nel controsoffitto in modo tale da garantire il ricircolo di aria calda al sistema UTA quando necessario limitando i continui prelievi dall'esterno;
- Installazione di un sensore di CO₂ all'interno della sala in grado di regolare il funzionamento di un sistema di elettrovalvole capace di parzializzare/limitare il prelievo di aria esterna in base alle esigenze;
- Modifica della macchina di unità trattamento aria attraverso la sostituzione della batteria di raffreddamento da 3 a 6 ranghi.

La modifica del sistema aeraulico consiste nell'installazione di un nuovo sistema di canali rettangolari nel controsoffitto già presente che prelevano aria calda dal locale caldaia direzionandola verso la presa di aria esterna dell'UTA della sala conferenze solo quando richiesto. Questo nuovo sistema necessita di un nuovo cassoncino di estrazione aria di portata d'aria di 3000 m³/h (capace di alimentare la presa di aria dell'UTA) e da due serrande motorizzate, regolate dal sensore di CO₂, in grado di direzionare il flusso d'aria o verso l'esterno o verso la presa dell'UTA.

Il nuovo canale di ripresa sarà costituito da una condotta rettangolare di misura 800x250 mm, l'imbocco dell'aria avviene all'interno della nuova centrale termica (fig.1);

Il nuovo canale di mandata sarà costituito da una condotta rettangolare di misura 600x350 mm; prima del punto di sbocco un raccordo a TEE (fig.1) e due serrande motorizzate (fig.1) avranno la funzione parzializzare il flusso d'aria.

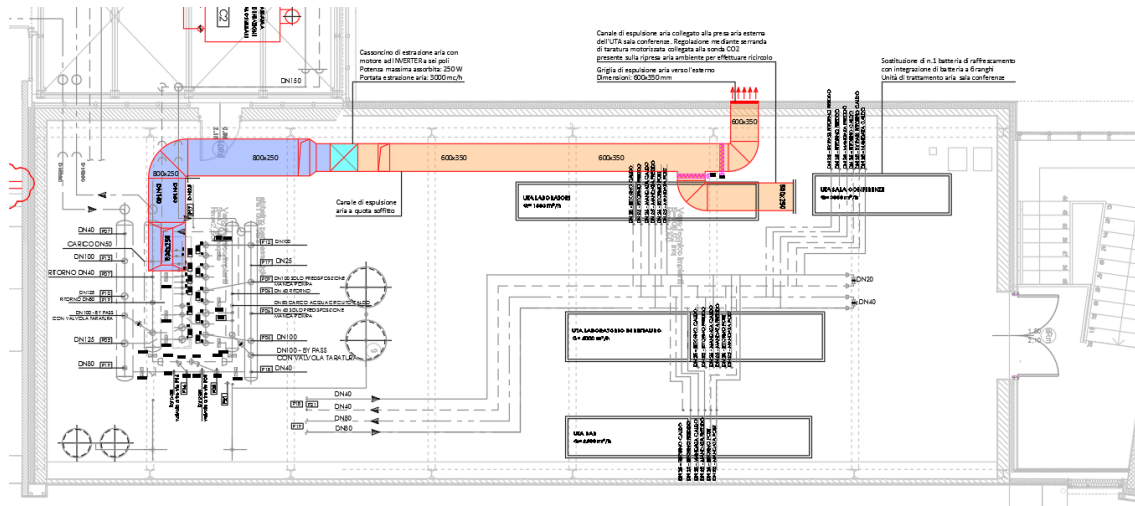


Figura 1: Planimetria del nuovo condotto di distribuzione aria a servizi dell'UTA della sala conferenze

Il dimensionamento dei canali aerulici è stato fatto considerando le seguenti formule per il calcolo delle perdite di carico lineari che si riferiscono al calcolo delle perdite di carico in canali a media rugosità con moto turbolento:

$$r = Fa \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$Fa = 0,07 \cdot Re^{-0,13} \cdot D^{-0,14}$$

$$D = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}}$$

dove:

- r -> perdita di carico continua unitaria nei tubi rettangolari, [Pa/m];
- V -> Velocità dell'aria all'interno dei canali [m/s];
- ρ -> Densità dell'aria = 1,2 [kg/m³]
- Fa -> Fattore di attrito (adimensionale) funzione della rugosità del condotto e del regime di moto;
- Re -> Numero di Reynolds del flusso aria all'interno delle condotte rettangolari;
- D -> Diametro equivalente condotte rettangolari [m];
- a -> altezza del condotto rettangolare [m];
- b -> base del condotto rettangolare [m];

Le perdite di carico localizzate invece sono state calcolate considerando la seguente formula:

$$Z = \varepsilon \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

- Z -> perdita di carico localizzata dovuta a raccordi, sbocchi, imbocchi [Pa];
- V -> Velocità dell'aria all'interno dei canali [m/s];
- ρ -> Densità dell'aria = 1,2 [kg/m³]

- ϵ -> coefficiente di perdite localizzata, adimensionale.

Le caratteristiche aerauliche del nuovo sistema di trasporto d'aria nel caso in cui l'aria viene totalmente espulsa verso all'esterno sono descritte nella seguente tabella:

| Braccio A-B-> Tratto tra il punto di Imbocco e cassoncino estrazione aria | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|----------------------------|----------|------|------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------|-------------|----------------|
| portata aria | lunghezza canale | coeff. perdite localizzate | velocità | lato | lato | diametro equivalente | perdite lineari un. | perdite lineari | perdite localizzate | somma perdite | base canale | altezza canale |
| [m³/h] | [m] | [c] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [m] | [m] |
| 3.000 | 4,00 | 1,70 | 4,15 | 0,80 | 0,25 | 0,47 | 0,44 | 1,76 | 17,57 | 19,33 | 0,80 | 0,25 |
| Braccio B-C-> Tratto compreso tra il punto dove è installato il cassoncino estrazione aria e la griglia di espulsione | | | | | | | | | | | | |
| portata aria | lunghezza canale | coeff. perdite localizzate | velocità | lato | lato | diametro equivalente | perdite lineari un. | perdite lineari | perdite localizzate | somma perdite | base canale | altezza canale |
| [m³/h] | [m] | [c] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [m] | [m] |
| 3.000 | 10,00 | 2,10 | 4,60 | 0,60 | 0,30 | 0,50 | 0,51 | 5,11 | 26,66 | 31,78 | 0,60 | 0,35 |

Le caratteristiche aerauliche del nuovo sistema di trasporto d'aria nel caso in cui l'aria viene totalmente direzionata verso la presa d'aria dell'UTA sono descritte nella seguente tabella:

| Braccio A-B -> Tratto tra il punto di Imbocco e cassoncino estrazione aria | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|----------------------------|----------|------|------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------|-------------|----------------|
| portata aria | lunghezza canale | coeff. perdite localizzate | velocità | lato | lato | diametro equivalente | perdite lineari un. | perdite lineari | perdite localizzate | somma perdite | base canale | altezza canale |
| [m³/h] | [m] | [c] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [m] | [m] |
| 3.000 | 4,00 | 1,70 | 4,15 | 0,80 | 0,25 | 0,47 | 0,44 | 1,76 | 17,57 | 19,33 | 0,80 | 0,25 |
| Braccio B-D -> Tratto compreso tra il punto dove è installato il cassoncino estrazione aria e presa d'aria della UTA sala conferenze | | | | | | | | | | | | |
| portata aria | lunghezza canale | coeff. perdite localizzate | velocità | lato | lato | diametro equivalente | perdite lineari un. | perdite lineari | perdite localizzate | somma perdite | base canale | altezza canale |
| [m³/h] | [m] | [c] | [m/s] | [m] | [m] | [m] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [Pa] | [m] | [m] |
| 3.000 | 10,00 | 0,30 | 4,60 | 0,60 | 0,30 | 0,50 | 0,51 | 5,11 | 3,81 | 8,92 | 0,60 | 0,35 |

Dall'analisi del nuovo sistema di distribuzione aria emerge che il percorso caratterizzato dalle perdite di carico maggiori è quello che assicura la totale espulsione dell'aria verso l'esterno con un totale di 51,11 Pa di perdite; quando invece il sistema di areazione funziona in modo da servire completamente l'UTA della sala conferenze si calcolano circa 28,25 Pa di perdite totali.

Il nuovo cassoncino di estrazione aria quindi dovrà garantire una portata di 3000 m³/h con una prevalenza di almeno di 51,11 Pa; si consiglia comunque l'installazione di un cassoncino di estrazione con prevalenza non minore di 150 Pa, il bilanciamento del sistema potrà poi essere fatto installando una serranda manuale nel canale principale.

Come già descritto in precedenza la riqualificazione del sistema di trattamento aria della sala conferenza prevede anche la modifica dell'UTA in modo tale da aumentarne l'efficienza di funzionamento. L'incremento di efficienza del sistema può essere perseguito attraverso la sostituzione della batteria di raffreddamento da 3 a 6 ranghi. Le

caratteristiche della nuova batteria di raffreddamento (6 ranghi) da installare all'interno della UTA sono elencate nella tabella sottostante.

| Batteria di raffreddamento | | | |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|----------|
| Dati termoigrometrici aria | | Fluido | |
| Portata aria | 3000 m³/h | Acqua | |
| Temperatura ingresso | 32 °C | Temperatura ingresso | 8 °C |
| Umidità relativa | 50 % | Temperatura uscita | 13 °C |
| Temperatura uscita | 15.1 °C | Portata | 4865 L/h |
| Umidità relativa | 100 % | Perdita di carico | 25 kPa |
| Potenzialità | 28.3 kW | Volume interno | 10.1 dm³ |
| Perdita di carico aria umida | 150 Pa | Condensa | 15.0 L/h |
| Perdita di carico aria secca | 91 Pa | | |
| Velocità di attraversamento | 2.61 m/s | | |
| Rapporto S/T | 0.61 | | |

2.9. Il nuovo sistema di termo-regolazione

Il sistema di regolazione esistente di marca TREND CONTROLS è di tipo digitale a logica programmabile. I controllori sono distribuiti all'interno del museo e tramite la struttura dati ethernet interna del museo stesso i dati letti vengono trasferiti e resi visibili al sistema di supervisione generale.

I controllori sono raggruppati nei seguenti quadri elettrici di regolazione:

- Sottocentrale NORD piano terra
- Sottocentrale SUD primi piano
- Sottocentrale A (sottotetto) che serve una piccola sottocentrale termofrigorifera e delle UTA a servizio del museo.
- UTA zona HALL museo
- Centrale termofrigorifera A
- Regolatori per unità terminali a servizio dei ventilconvettori distribuiti nell'edificio

L'esistenza di un sistema di controllo BACnet IP permette potenziali ampliamenti di gestione e/o l'ampliamento/modifica della centrale di produzione del caldo e del freddo.

Tutto ciò che verrà integrato nel sistema potrà essere meglio monitorato e reso efficiente. La supervisione è possibile o localmente, tramite la licenza di supervisione TREND 963, o da remoto con una connessione TeamViewer.

Il sistema di termoregolazione della Cappella degli Scrovegni è attualmente gestito da un sistema Siemens composto da quadri di regolazione, sonde, regolatori di temperatura e umidità in campo.

La regolazione esistente verrà mantenuta mentre le logiche caricate nei controllori digitali saranno riviste per migliorare i processi di controllo più indicati per la tipologia di utilizzo degli ambienti.

Alcune parti della regolazione esistente saranno implementate con altri moduli di espansione I/O al fine di adattare la regolazione alle implementazioni meccaniche che saranno effettuate.

Il risultato che si otterrà sarà quello di riprendere il governo dell'impianto secondo un processo di controllo più fruibile anche grazie al nuovo sistema di supervisore IQ VISION che verrà installato in sostituzione del sistema 963 esistente. Le caratteristiche del nuovo sistema di supervisione sono molteplici (dalla semplicità di registrazione delle variabili controllate alla integrazione dei processi) la possibilità di governare i processi da qualsiasi postazione essa si trovi, dentro e fuori dalla rete del museo da computer o tablet.

Tutto questo permetterà non solo di affinare le regolazioni che saranno riviste anche in virtù degli ampliamenti/modifiche previsti ma migliorare la gestione energetica della struttura.

2.10. La verifica degli impianti di distribuzione del gas Metano

La riqualificazione delle centrali termiche deve prevedere anche la verifica del sistema di distribuzione di gas metano a servizio delle centrali stesse ove questo necessita di modifiche.

La centrale presente all'interno del Museo agli eremitani è già predisposta per l'installazione di più generatori di calore, quindi il sistema di distribuzione di gas metano non subirà variazioni.

La centrale di Via Porciglia n°10, invece, sarà completamente demolita; i due generatori di calore di potenza complessiva di circa 1000 kW saranno sostituiti da una caldaia con portata al focolare di circa 67,5 kW. Questa sostituzione necessita una notevole riduzione del diametro interno del tubo di distribuzione del gas metano passando da un diametro interno di circa 2" ½ ad un diametro interno di circa 1" ¼.

Il punto di consegna del gas metano a servizio dell'edificio denominato "Direzione Settore Cultura e Musei Civici", si trova all'esterno del fabbricato e alimenta un contatore installato sempre all'esterno dello stesso, protetto di un box in calcestruzzo, in posizione accessibile e facilmente raggiungibile. Da questo, parte la tubazione principale dell'alimentazione della caldaia dell'impianto di riscaldamento centralizzato a servizio dell'intero edificio pubblico.

- Tutte le tubazioni di distribuzione dal contatore alle utilizzazioni sono in acciaio.
- Il percorso delle tubazioni in acciaio è in parte interrato ed in parte 'a vista' in prossimità della centrale termica e della valvola di intercettazione.
- La linea di distribuzione è adatta per la fornitura di gas a n.1 caldaia a condensazione a posta in apposito locale centrale termica al piano interrato con una potenza termica nominale massima (60/80 °C) di 65,7 kW e portata termica di 67,5 kW.

Le tubazioni in acciaio a vista hanno giunti a saldare e raccordi filettati, hanno andamento verticale od orizzontale, sono opportunamente ancorate e sono protette da fenomeni di corrosione mediante apposita verniciatura, come prescritto nella norma UNI 11528 e D.M. 12/04/1996.

Le tubazioni in acciaio sono conformi alla norma UNI EN 10255.

La rete è composta da materiali ed è posata secondo le disposizioni della norma UNI 11528, del D.M. 12.04.1996 e della Legge 6 dicembre 1971, n. 1083.

All'esterno del fabbricato in prossimità del contatore in posizione accessibile e facilmente raggiungibile è installata un'apposita valvola di intercettazione generale come previsto al punto 5.4.2. del D.M. 12/04/1996.

A monte dell'utilizzazione verrà installato un rubinetto di utenza.

La verifica delle tubazioni di distribuzione del gas in acciaio è stato eseguito sulla base della quantità massima di gas metano da erogare ovvero della massima portata di gas metano richiesta dalla caldaia.

Dati Generali considerati per la verifica:

Pressione di alimentazione rete nel punto di consegna: 25 - 40 mbar.

Pressione di rete: 25 - 40 mbar.

Pressione minima di utilizzo delle utenze: 20 mbar.

Caduta di pressione massima di progetto: 1 mbar.

Combustibile: Gas Metano di Rete (alimentazione a gas con densità MINORE di 0.8);

Impianto asservito a: edificio ad uso pubblico.

Classificazione dell'impianto: il gas metano sarà fornito alle varie utenze alla pressione inferiore o uguale a 0,04 bar, quindi in base al punto 4 della Norma UNI 9860, le condotte sono classificate di 7° specie.

Apparecchiature installate:

Caldaia a condensazione:

Portata termica P1: 67,5 kW.

Portata gas metano necessaria:

La caldaia a condensazione necessita di una portata di gas metano pari a:

Portata gas metano: $(P1/P.c.s.) = (67,5/10.600) = 6,36 \text{ Stm}^3/\text{h}$

Dove:

P.c.s. = potere calorifico superiore del gas metano, pari a: 10,61 kWh/Stm³

Dimensionamento rete di distribuzione principale:

- Il dimensionamento della nuova rete gas metano è stato eseguito in base a quanto riportato nella norma UNI 11528:2014 Appendice A considerando la formula A.3 descritta nell'appendice A.1.2 per il calcolo delle perdite distribuite:

$$P_A - P_B = 2,275 \cdot 10^6 \cdot d \cdot Q^{1,82} \cdot D_i^{-4,82} \cdot L \quad [\text{Pa}] \quad (\text{A.3})$$

Dove:

$P_A - P_B$ = pressione relativa nelle sezioni a monte e a valle del tratto considerato [Pa];

L = Lunghezza tratto condotta [m];

Q = Portata di Gas [m³/h];

D_i = Diametro interno condotta [mm];

d = densità relativa del gas naturale rispetto l'aria pari a 0.6.

- Le perdite di carico concentrate degli elementi che causano perdite localizzate sono state calcolate considerando la formula A.6 (UNI 11528:2014-Appendice A):

$$\Delta P_i = K \cdot V^2 \cdot \frac{\gamma}{2} \quad [\text{Pa}]. \quad (\text{A.6})$$

Dove:

K = coefficiente tabellare allegato alla norma che dipenda dal tipo di elemento;

V = Velocità interna condotta in acciaio [m/s];

γ = Massa Specifica gas metano [kg/m³ a 15 °C e pressione atmosferica];

Le variazioni di pressione dovute al dislivello tra il punto di fornitura e il punto di fornitura e il punto di attacco del metano sulla caldaia che dovranno essere sommate alle perdite di carico totali sono calcolate con la formula A.8 (UNI 11528:2014-Appendice A):

$$\Delta P_h = (\gamma_{gas} - \gamma_{aria}) \cdot h \cdot g \quad [\text{Pa}]. \quad (\text{A.8})$$

Dove:

γ_{gas} = Massa Specifica gas metano [kg/m³ a 15 °C e pressione atmosferica];

γ_{aria} = Massa Specifica aria [kg/m³ a 15 °C e pressione atmosferica];

h = dislivello tra il punto di fornitura e il punto di fornitura e il punto di attacco del metano sulla caldaia [m];

g = accelerazione di gravità [m/s²].

Le caratteristiche del flusso di gas metano in questo tratto e le relative perdite di carico sono descritte nella seguente tabella n°1:

| Caratteristiche flusso gas metano nel TRATTO A - B e calcolo perdite di carico | | |
|--|------------|-------------|
| | Valore | Unità |
| Diametro Interno Tubazione | 36,6 | mm |
| Sezione Interna Tubazione | 0,0011 | m² |
| Portata Tratto | 6,34 | m³/h |
| Velocità gas metano | 1,68 | m/s |
| Lunghezza geometrica | 20 | m |
| Dislivello punto fornitura - attacco gas caldaia | 1 | m |
| Viscosità dinamica Metano | 0,000016 | mPa/s |
| Massa Volumica gas (15 °C, 1 atm) | 0,65 | kg/m³ |
| Massa Volumica aria (15 °C, 1 atm) | 1,22 | kg/m³ |
| Gomito | 10 | n° |
| Rubinetto | 4 | n° |
| Riduzione (2" 1/2 -> 1" 1/4) | 1 | n° |
| Perdite di carico distribuite | 21,21 | Pa |
| Perdite di carico localizzate | 14,4 | Pa |
| Variazione di pressione dovuto ai dislivelli | -5,59 | Pa |
| Perdite di Carico Totali | 0,3 | mbar |

La condotta del gas metano è caratterizzato da tubazioni in acciaio di diametro di 1"1/4 che si sostituirà quella di 2 1/2, si prevede che lungo la condotta saranno installati n°10 gomiti filettati con \varnothing 1"1/4, n° 4 rubinetti \varnothing 1"1/4 ed un restringimento \varnothing 2"1/2 x \varnothing 1"1/4;

Il sistema di tubazioni in acciaio sopra descritte assicura una massima perdita di carico del gas metano di circa **0,3 mbar** ad una velocità di 1,68 m/s.