

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

SOCI:

HIRPINIA - ORSARA AV



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

IMPIANTI INDUSTRIALI

IM25 - PPT 14 PK 48+932

IMPIANTO HVAC

Relazione tecnico funzionale dell'impianto

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. E. Ferro

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

IF3A 02 E ZZ RO IT2503 001 B -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	N. Di Stefano	08/02/2022	C. Piccardo	08/02/2022	V. Moro	08/02/2022	Ing. S. Eandi
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	N. Di Stefano	08/06/2022	C. Piccardo	08/06/2022	V. Moro	08/06/2022	
								08/06/2022

File: IF3A02EZZROIT2503001B.docx

n. Elab.: -

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 2 di 24

Indice

1	GENERALITÀ	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	OGGETTO DELL'INTERVENTO	3
1.3	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	3
1.4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
1.4.1	NORME TECNICHE APPLICABILI	3
1.4.2	REGOLE TECNICHE APPLICABILI	4
2	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI	5
2.1	ESTENSIONE DELL'IMPIANTO	5
2.2	INTERFACCIAMENTO CON ALTRI SISTEMI	5
3	CARATTERISTICHE E CONSISTENZA DELL'IMPIANTO	6
3.1	IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO	6
3.2	IMPIANTI DI VENTILAZIONE FORZATA	8
4	CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO	10
4.1	DATI TECNICI DI PROGETTO	10
4.2	CALCOLO CARICO TERMICO	11
4.2.1	CARICHI ESTIVI E INVERNALI LOCALE BT	11
4.2.2	CARICHI ESTIVI E INVERNALI LOCALE TLC+IS	14
4.2.3	CARICHI ESTIVI E INVERNALI LOCALE MT	17
5	IMPIANTO DI PROGETTO	20
5.1	IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE	20
5.2	IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALI MT	21
5.3	IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA ZONE DI CALMA	21
5.4	IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA COMUNICAZIONE TRA ZONE DI CALMA	22
5.5	IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALI BT	22
5.6	IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALE IS+TLC	23
5.7	CALCOLO PREVALENZA DEI VENTILATORI	23

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 3 di 24

1 GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la descrizione degli impianti HVAC a servizio dei fabbricati tecnologici del bypass tecnologico tipo cabina PPT in galleria della tratta Hirpinia – Orsara.

Parte integrante di questo documento sono lo schema e la planimetria con la rappresentazione delle reti principali di distribuzione e la disposizione delle apparecchiature ed il disciplinare tecnico dei componenti dell'impianto.

L'elaborato è rappresentativo del solo impianto HVAC, per gli altri impianti e per gli aspetti architettonici e strutturali si rimanda ai relativi specifici elaborati.

1.2 OGGETTO DELL'INTERVENTO

Le opere oggetto del seguente intervento comprendono la realizzazione degli impianti meccanici costituiti sostanzialmente da:

- impianto HVAC esteso a tutti i locali tecnici del fabbricato.

1.3 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Le soluzioni proposte, nel rispetto della normativa e legislazione vigente, sono caratterizzate dall'affidabilità e dalla economicità di gestione.

Nelle scelte progettuali sono stati considerati i seguenti fattori:

- semplicità di funzionamento per ottenere una notevole affidabilità del sistema e dei suoi componenti;
- massima standardizzazione dei componenti per avere la garanzia di una futura facile reperibilità sia in caso di modifiche che di sostituzione in fase manutentiva o per invecchiamento;
- frazionabilità di ogni sezione del sistema per ottenere una gestione flessibile, economica e di facile controllo;
- adattabilità degli impianti alle strutture del complesso, soprattutto nell'ottica di garantire una facile accessibilità durante le operazioni di manutenzione e controllo;
- sicurezza degli impianti nei confronti degli utenti e delle condizioni di utilizzo.

1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si elencano i principali riferimenti normativi per i vari impianti.

1.4.1 Norme tecniche applicabili

- UNI EN ISO 10077-1 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica"
- UNI 8199 "Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione";
- UNI 10339 "Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura";
- UNI EN 12831 "Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto";
- UNI TS 11300-1 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale";

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. FOGLIO B 4 di 24

- CEI EN IEC 62485-2 "Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni";

1.4.2 Regole tecniche applicabili

Nell'installazione degli impianti si terrà conto anche delle seguenti leggi:

- Legge 9 gennaio 1991 n° 10: "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- DPR 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."
- DPR 29 ottobre 1993 n° 412, intitolato "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 legge 9 gennaio 1991, n. 10".
- DPR 21 dicembre 1999 n° 551, intitolato "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia".
- DPR 2 aprile 2009 n° 59, intitolato "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia".
- DLGS 9 aprile 2008 n° 81, intitolato "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e smi.
- DL 19 agosto 2005 n° 192, intitolato "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".
- DL 29 dicembre 2006 n° 311, intitolato "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".
- DL 30 maggio 2008 n° 115, intitolato "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE".
- DL 27 gennaio 2010 n° 17, intitolato "Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori".
- D.Lgs 7 febbraio 2012, n° 25, "Disposizioni tecniche concernenti apparecchiature finalizzate al trattamento dell'acqua destinata al consumo umano".
- Decreto 4 aprile 2014, Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto.
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008: "Regolamento e disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici".
- Regolamento CPR (UE) 305/2011: Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE);
- Direttiva 2006/42/CE (nuova direttiva macchine) del parlamento europeo e del consiglio del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (direttiva macchine).
- Direttiva 2014/35/UE del parlamento europeo e del consiglio del 24 febbraio 2014 concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato a essere adoperato entro taluni limiti di tensione Testo rilevante ai fini del SEE.
- Disposizioni particolari che possano essere impartite eventualmente da altri Enti ed Autorità (VV.F., USL, ISPEL etc.) che, per legge, possono comunque avere ingerenze nei lavori.
- Istruzione dei costruttori per l'installazione delle apparecchiature impiegate.
- altre leggi, decreti, circolari, disposizioni e norme eventualmente non citate, ma comunque, vigenti al momento in cui si effettuerà l'intervento.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 5 di 24

2 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

2.1 ESTENSIONE DELL'IMPIANTO

Le opere comprese nel presente intervento sono costituite, essenzialmente, dai seguenti impianti:

- Condizionamento mediante unità interne monoblocco ad espansione diretta di tipo OVER nei seguenti locali:
 - Locale BT
- Condizionamento mediante unità interne autonome split ad espansione nei seguenti locali:
 - Locale IS+TLC
- Ventilazione forzata dei seguenti locali:
 - Locale MT
 - Locale BT (per evacuazione idrogeno)
 - Locale IS+TLC (per incremento di ossigeno)

2.2 INTERFACCIAMENTO CON ALTRI SISTEMI

L'unità di controllo della temperatura, sarà dotata di sonde di temperatura e microprocessore interni che permettono un'attivazione automatica delle apparecchiature in funzione di logiche di funzionamento impostabili.

L'unità, inoltre, sarà dotata di apposita scheda di conversione MODBUS RTU Ethernet, permetterà l'interfacciamento con il sistema di supervisione e renderà disponibili i seguenti segnali/comandi:

- comando marcia/arresto
- il segnale di stato
- allarme generale macchina

Occorrerà rendere disponibile, i seguenti stati/allarmi:

- stato on/off della macchina
- segnalazione filtri intasati
- segnalazione ventilatore on/off
- segnalazione compressore on/off
- comando per distacco antincendio

Le sonde di temperatura installate all'interno delle unità di condizionamento, inoltre, invieranno di continuo al sistema di supervisione una indicazione della temperatura all'interno del locale.

Gli impianti di ventilazione forzata dei locali MT, TLC+IS, invece, saranno comandati automaticamente attraverso l'intervento di un termostato ambiente, posizionato all'interno del locale stesso, a parete, il quale causerà la chiusura di un contattore (da predisporre sul quadro elettrico di comando del ventilatore) che a sua volta comanderà l'attivazione del ventilatore. Quindi l'impianto sarà gestito dal quadro locale, predisposto per essere controllato anche da postazione remota. Per il locale TLC+IS ci sarà un ulteriore input proveniente dal rivelatore di ossigeno che farà attivare l'impianto di ventilazione meccanica al raggiungimento della soglia minima di ossigeno accettabile prevista per l'ambiente.

L'impianto di ventilazione del locale BT, al contrario, sarà comandato dalla centralina di rivelazione incendi, la quale, in seguito a segnalazioni provenienti dai rivelatori di idrogeno, tramite opportuno modulo di comando interfacciato con il quadro elettrico di comando dei ventilatori, disporrà l'attivazione del ventilatore stesso. Verrà installato anche un termostato ambiente solo per intervenire nel caso di malfunzionamento del sistema principale.

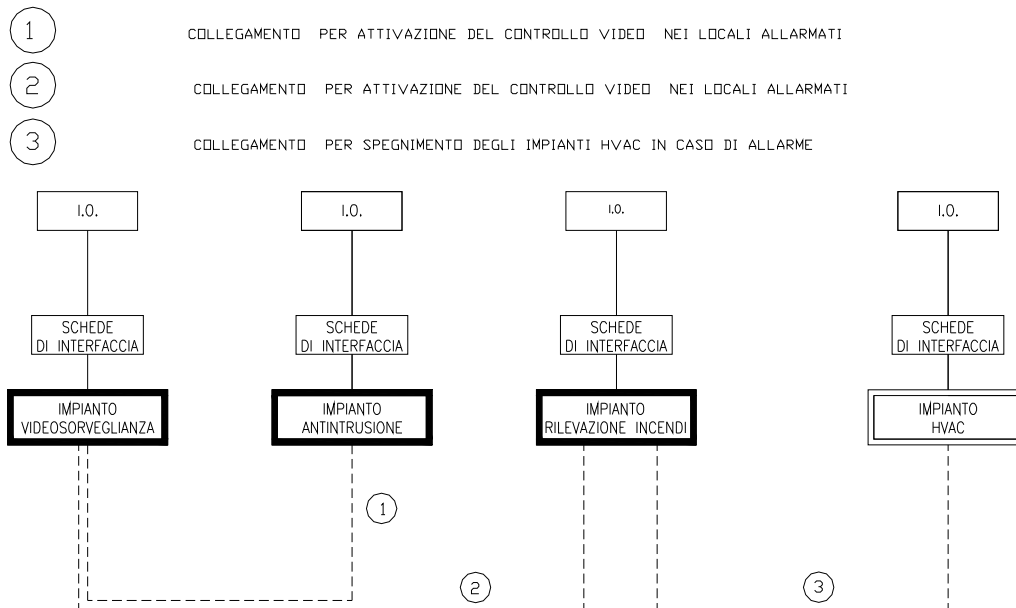
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 6 di 24

Le informazioni in merito al funzionamento dei citati impianti saranno riportate al sistema di supervisione remoto, il quale potrà anche azionare l'impianto stesso. Le informazioni relative agli stati/allarmi/comandi dei ventilatori saranno trasferite tramite l'utilizzo di contatti privi di tensione resi disponibili sul quadro delle macchine stesse.

Occorrerà rendere disponibili i seguenti stati/allarmi:

- segnale proveniente da un pressostato differenziale montato a bordo macchina
- aumento della temperatura nel locale, oltre una soglia impostata, realizzata con un termostato di soglia montato nel locale.

Uno schema riassuntivo di quanto sopra è di seguito riportato :



3 CARATTERISTICHE E CONSISTENZA DELL'IMPIANTO

3.1 IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO

Per il locale IS+TLC sono previsti impianti di condizionamento configurati con un condizionatore autonomo ad armadio da ambiente, monoblocco, del tipo OVER, specificamente progettato per il controllo della temperatura in locali tecnologici. E' previsto in ogni locale un ulteriore condizionatore dello stesso tipo con funzione di riserva.

Per il locale BT è previsto un impianto di condizionamento configurato con un condizionatore autonomo ad armadio da ambiente, splittato, specificamente progettato per il controllo della temperatura in locali tecnologici. E' previsto in ogni locale un ulteriore condizionatore dello stesso tipo con funzione di riserva.

I condizionatori avranno la possibilità di operare in free-cooling (solo modello monoblocco) quando la temperatura dell'aria esterna è sufficientemente fredda e saranno completi di plenum posteriore da collegare con l'ambiente esterno mediante condotte circolari metalliche. La presa e l'espulsione dell'aria saranno realizzate mediante griglie. Sarà previsto un ritorno a molla in modo che in caso di assenza di alimentazione elettrica oppure in caso di arresto, le serrande del free – cooling vadano nella loro posizione di chiusura.

Lo scarico della condensa delle batterie dei condensatori sarà realizzato con tubazioni in polietilene, condotte fino al più vicino scarico ammissibile.

Il sistema di controllo del condizionatore sarà costituito da una scheda alloggiata sul quadro elettrico e da un terminale che costituisce l'interfaccia utente. Nella scheda di controllo a microprocessore saranno residenti tutti gli

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 7 di 24

algoritmi di controllo e memorizzati tutti i parametri di funzionamento. Una volta programmata, la scheda potrà funzionare anche senza la presenza del terminale, permettendo il controllo dell'unità da un terminale remoto che potrà essere posto fino a 200 metri di distanza dalla macchina. Un terminale utente potrà essere condiviso da più macchine.

Le unità di condizionamento all'interno dello stesso locale saranno dotate di un loop locale di collegamento attraverso il quale potranno essere gestite le funzionalità principali, quali stand-by (partenza automatica della seconda unità nel caso in cui la prima si guasti od il carico termico superi la capacità della singola unità), rotazione automatica giornaliera, cascata (suddivisione del carico su più unità attraverso divisione della banda proporzionale).

La scheda di controllo svolgerà le seguenti funzioni:

- controllo della temperatura ambiente;
- gestione degli allarmi;
- gestione dello stand-by nel caso di collegamento elettrico di due unità;
- sistema di allarmi completo con indicazione visiva e sonora;
- contatti di segnalazione allarmi distinti per tipologia;
- contatto di allarme generale programmabile per la segnalazione di allarmi specifici selezionabili;
- ripartenza automatica al ripristino della tensione programmabile;
- ritardo programmabile alla ripartenza (installazioni multiple);
- controllo degli spunti dei compressori;
- controllo del limite minimo della temperatura dell'aria di mandata;
- password su due livelli di programmazione (taratura, configurazione hardware e software);
- conteggio delle ore di funzionamento dei componenti più significativi;
- programmazione della manutenzione con segnalazione esplicita delle operazioni da compiere;
- memorizzazione degli ultimi 30 allarmi;
- visualizzazione del tipo di funzionamento e dei componenti attivi con scritte per esteso (con terminale utente opzionale);
- funzione override con possibilità di comandare manualmente il funzionamento dei componenti principali senza l'esclusione dell'eventuale controllo remoto;
- algoritmo di controllo ottimizzato che misura costantemente la temperatura ambiente, esterna e di mandata per gestire nel modo migliore il funzionamento in espansione diretta ed in free-cooling. L'algoritmo estende il funzionamento con raffreddamento gratuito alla temperatura esterna più elevata in relazione alle condizioni di carico che in quel momento sono presenti nel locale da condizionare;
- immunità ai disturbi di natura elettromagnetica od elettrostatica conformemente a quanto prescritto nella direttiva CEE 89/336.

Per il riporto a distanza degli stati di allarme saranno disponibili nella scheda di controllo a microprocessore i seguenti contatti puliti liberi da potenziale:

- cumulativo indirizzabile; si potrà scegliere da tastiera quali allarmi possono essere esclusi;
- compressore;
- ventilatore;
- filtri sporchi

I condizionatori saranno dotati di interfacce seriali con linguaggio di comunicazione basato su protocolli non proprietari (modbus RTU-Ethernet) attraverso le quali saranno riportati al sistema di supervisione (per ogni unità CDZ) i seguenti stati/comandi/allarmi :

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 8 di 24

- comando marcia/arresto
- segnale di stato
- allarme generale macchina
- segnale locale/remoto
- stato on/off della macchina
- segnalazione filtri intasati
- segnalazione ventilatore on/off
- segnalazione compressore on/off
- comando per distacco antincendio

Al fine di poter intervenire per tempo nel preservare la funzionalità delle apparecchiature elettriche ed elettroniche, è prevista la remotizzazione del segnale di temperatura del locale da parte del condizionatore così che dal sistema di supervisione potrà essere impostato un valore di temperatura pericolosa per l'integrità delle apparecchiature nella quale far scattare un segnale di allarme.

La regolazione della temperatura in ambiente sarà demandata ai sistemi di bordo delle unità. Le unità, ove necessario secondo quanto indicato nel seguito della presente relazione, saranno dotate di riscaldatori elettrici il cui intervento è previsto solo in emergenza.

Durante il ciclo di raffreddamento in free-cooling (solo modello monoblocco) verrà introdotta in ambiente aria esterna sufficientemente fredda per smaltire il carico termico del locale. Il condizionatore sarà provvisto di una serranda a farfalla e di due prese d'aria in aspirazione per l'aria di ricircolo e per l'aria esterna; durante il funzionamento normale la serranda sarà posizionata per aspirare solo aria dall'interno del locale, la presa d'aria esterna sarà chiusa e l'aria aspirata verrà fatta circolare dal ventilatore attraverso la batteria di raffreddamento e quindi verrà immessa nel locale.

Il raffreddamento avverrà per mezzo del ciclo frigorifero su comando del termostato.

Quando l'aria esterna raggiungerà una temperatura sufficientemente bassa per poter mantenere la temperatura ambiente al valore voluto, la serranda commuterà la propria posizione aspirando ed inviando nel locale aria esterna anziché ricircolata. L'espulsione dell'aria (con portata uguale a quella introdotta) verrà effettuata dal ventilatore del condensatore.

Durante il funzionamento in free-cooling il compressore sarà spento.

Quando la temperatura atmosferica si abbassa ulteriormente, l'introduzione del 100% di aria esterna porterebbe ad un abbassamento eccessivo della temperatura di mandata dell'aria. Il sistema di controllo modulerà con aria ricircolata al fine di mantenere la temperatura interna al valore desiderato. In ogni caso, la temperatura di immissione dell'aria verrà mantenuta sopra un valore minimo prestabilito.

Sarà possibile prefissare una posizione di minima apertura della serranda per permettere l'aspirazione di una porzione di aria esterna in qualsiasi modalità di funzionamento.

Sarà previsto un ritorno a molla in modo che in caso di assenza di alimentazione elettrica oppure e in caso di arresto, le serrande del free – cooling vadano nella loro posizione di chiusura.

La presa e la successiva espulsione dell'aria di condensazione sarà effettuata per mezzo di griglie poste sulla parete esterna del fabbricato, collegate all'unità mediante raccordi in lamiera zincata.

La regolazione della temperatura in ambiente sarà demandata ai sistemi di bordo delle unità. Le unità saranno dotate di riscaldatori elettrici il cui intervento è previsto solo in emergenza.

3.2 IMPIANTI DI VENTILAZIONE FORZATA

Al fine di evitare la presenza di apparecchiature, quali ad esempio i condensatori esterni, direttamente in galleria, evitando pertanto sia la loro esposizione diretta alle sovrappressioni indotte dal continuo passaggio di treni ad alta velocità sia, soprattutto, il pericolo che possano essere trasportate sui binari, sono state previste delle zone di calma in corrispondenza dell'affaccio del bypass in galleria. La funzione di tali zone sarà quella di consentire un

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 9 di 24

corretto funzionamento degli impianti HVAC anche in condizioni degradate di incendio in galleria secondo quanto nel seguito esplicitato.

Al fine di consentire un corretto smaltimento di calore dai vari locali tecnici è stato previsto, per ciascuna zona di calma, un sistema di ventilazione che consenta di prelevare aria dalla stessa zona di calma ed espellerla poi in galleria, richiamando contemporaneamente area fresca dalla galleria. Il funzionamento del sistema sarà regolato da termostati ambiente installati nelle stesse zone di calma.

In condizioni normali gli impianti di ciascuna zona di calma funzioneranno in modo indipendente l'uno dall'altro: non appena all'interno della zona verrà rilevata dal termostato ambiente una temperatura maggiore di quella di taratura verrà comandato l'avvio del ventilatore e l'apertura delle serrande tagliafuoco.

In condizioni di incendio, invece, tutte le serrande della zona di calma lato canna incidentata commuteranno nella posizione di chiusura ed il relativo ventilatore si arresterà mentre il sistema a servizio della zona di calma lato canna sana continuerà nel suo funzionamento normale.

Al fine, tuttavia, di consentire, in caso di incendio, una corretta funzionalità anche delle apparecchiature che effettuano uno scambio termico/ricambio aria verso la zona di calma lato canna incidentata è previsto un sistema di ventilazione tale da mettere in comunicazione le 2 zone di calma. Tale sistema è caratterizzato da 2 ventilatori con relative canalizzazioni: un ventilatore preleverà aria dalla zona di calma 1 e la immetterà nella zona di calma 2, l'altro ventilatore effettuerà una funzione esattamente opposta. Il funzionamento dei 2 ventilatori sarà comandato, in modo simultaneo (è previsto il funzionamento di tutti e 2 i ventilatori), dal sistema di supervisione in caso di incendio in galleria; in normali condizioni di esercizio tali ventilatori saranno spenti.

Tale sistema consente anche una ridondanza degli estrattori delle zone di calma : in caso di malfunzionamento del ventilatore di una zona di calma potrà essere attivato il sistema di comunicazione tra le 2 zone di calma così che l'estrazione di calore potrà essere effettuata dal ventilatore dell'altra zona di calma.

Per il controllo della temperatura dei locali MT è previsto un impianto di ventilazione forzata (caratterizzato da 2 ventilatore, di cui uno con funzione di riserva) il cui scopo sarà quello di contenere la temperatura massima all'interno del locale; per tale motivo l'impianto sarà comandato automaticamente tramite termostato ambiente installato nello stesso locale. L'ingresso di aria è previsto mediante delle griglie che affacciano a parete; al fine di garantire, inoltre, una migliore distribuzione di aria fresca all'interno del locale, verranno previste delle canalizzazioni così da realizzare delle aspirazioni, mediante griglie. L'espulsione ed aspirazione aria avverrà a partire dalla zona di calma 1.

Nel locale BT, caratterizzato dalla presenza di batterie, invece, in aggiunta all' impianto di condizionamento, è previsto anche un impianto di ventilazione meccanica allo scopo di mantenere la concentrazione dell'idrogeno al di sotto del 1%vol (soglia del Limite Inferiore di Esplosione (LEL)), in modo conforme alla Norma CEI EN IEC 62485-2.

L'impianto di ventilazione forzata sarà pertanto comandato dalla centralina di rivelazione incendi, la quale, in seguito a segnalazioni provenienti dai rivelatori di idrogeno, tramite opportuno modulo di comando interfacciato con il quadro elettrico di comando dei ventilatori, disporrà l'attivazione dei ventilatori stessi.

L'impianto sarà configurato con un ventilare assiale canalizzato mentre per l'ingresso d'aria è prevista una canalizzazione; l'espulsione e l'aspirazione d'aria avverrà a partire dalla zona di calma 2.

L'impianto sarà configurato con un ventilatore assiale installato direttamente a parete mentre l'ingresso d'aria avverrà per mezzo di una serranda a gravità anch'essa installata a parete; al fine di evitare sprechi energetici il ventilatore sarà accoppiato con una serranda di sovrappressione. L'espulsione e l'aspirazione d'aria avverrà a partire dalla zona di calma 2.

I ventilatori saranno azionati da motori a due polarità selezionabili in modo da ottenere due diverse velocità di sincronismo. Alle due velocità di sincronismo corrisponderanno i valori del 100% e del 50% della portata.

Le attivazioni dei ventilatori saranno regolate da termostati ambiente o da centralina di rivelazione incendi secondo in precedenza descritto.

Gli impianti di ventilazione saranno controllati dall'unità periferica del sistema di ed UP, che comanderà l'arresto o la marcia ad alta/bassa velocità di rotazione sulla base del segnale di una sonda di temperatura installata in ambiente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 10 di 24

All'unità periferica saranno riportati anche:

- lo stato;
- l'allarme termico;
- il segnale locale/remoto.

4 CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO

4.1 DATI TECNICI DI PROGETTO

Il dimensionamento degli impianti è stato effettuato in modo da garantire le prestazioni richieste, nelle condizioni di funzionamento di seguito elencate:

Condizioni termoigrometriche esterne (rif. UNI 10339 – 10349 – UNI/TS 11300-1):

Inverno

Temperatura minima	-2	°C*
Umidità relativa corrispondente	73	%
Temperatura locali climatizzati con presenza di persone	20	°C
Temperatura locali apparecchiature riscaldati e con riscaldamento di soccorso	20	°C
Temperatura locali ventilati (Quadri, etc.)	Non controllata	

Estate

Temperatura massima	32	°C*
Umidità relativa corrispondente	50	%
Temperatura locali climatizzati con presenza di persone	24	°C
Temperatura locali apparecchiature raffrescati e con riscaldamento di soccorso	24	°C
Temperatura locali ventilati (Quadri, etc.)	40	°C

Tolleranze:

Temperatura	± 1°C
Umidità relativa	± 10%

* : la temperatura in galleria, al di là delle zone in prossimità dell'imbocco, risente in modo limitato della temperatura esterna e pertanto le oscillazioni annue sono relativamente contenute. Come margine di sicurezza è stata considerata una temperatura di dimensionamento pari a quella ambiente esterna

Coefficienti di trasmittanza termica:

Chiusure trasparenti comprensive degli infissi

$$2,6 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Strutture verticali opache

$$0,43 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 11 di 24

Strutture verticali opache orizzontali o inclinate di copertura	$0,34 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Strutture verticali opache orizzontali di pavimento	$0,70 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Chiusure verticali verso ambienti interni	$2,00 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Irradianza solare:

In accordo alla UNI 10349

Funzionamento degli impianti:

- Impianti di riscaldamento: secondo D.P.R. 412/93
- Impianti di climatizzazione e raffrescamento: 24h/24 secondo necessità

Livelli di rumorosità:

All'esterno:

- secondo disposizioni della legge 447/95 e relativi regolamenti alternativi, in particolare il D.P.R. del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

All'interno (uffici):

- secondo UNI 8199 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento, canalizzazione e ventilazione".

4.2 CALCOLO CARICO TERMICO

E' stato considerato che il carico termico totale da abbattere è dato dalla somma del calore sensibile più quello latente, dati a loro volta da :

1. Calore sensibile :
 - a. Radiazione solare
 - b. Trasmissione
 - c. Infiltrazione aria esterna
 - d. Carichi interni
2. Calore latente :
 - a. Vapore dovuto a persone (trascurabile)
 - b. Infiltrazione aria esterna
 - c. Vapore da processi/apparecchiature (trascurabile)

4.2.1 Carichi estivi e invernali locale BT

Titolo: **CALCOLO IMPIANTI MECCANICI ORDINARI E SPECIALI
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE LOCALI TECNICI**

Dati iniziali

Località Orsara di
 Puglia

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. FOGLIO B 12 di 24

Altitudine (m slm) **635**
 Posizione (Nord/Sud/Centro Italia) **Sud**

Dati climatici esterni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	-2.0	32
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	3.0	71.1

Dati climatici interni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	20.0	24
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	25.1	62.9

Dati geometrici

Superficie locale (mq) **58.00**
 Altezza locale (m) **3.60**
 Volume (mc) 208.80

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annulate se potenze negative)

Apporti per irraggiamento	S (mq)	Orientamento	Radiazione (W/mq)	Trasm solare	Tenda ggi	Pses (W)
Strutture vetrate	0.0	N	110	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NE	167	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	E	208	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SE	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	S	113	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SO	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	O	205	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NO	167	1.00	1.00	0.0
Massimo da considerare						0.0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Dte (°C)	Pses (W)
Vetri esterni	0.0	2.60	24.0	32.0		0.0
Pareti esterne - Soffitto	108.4	0.43	24.0	32.0		372.9
Pavimento su terra	58.0	0.70	24.0	32.0		324.8
Tramezza interna	30.6	2.00	24.0	35.0		673.2
Incidenza ponti termici (%)	10.0					137.1

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Pses (W)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 13 di 24

208.80 **0.5** 9.713 0.000 281.7

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

	Ps (W)
Carico interno	4'000
Illuminazione e ausiliari	58
Valori noti	

	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Curva di carico temporale						0	0	0	
Escursione termica giornaliera	8.0								
Temperatura esterna (°C)	32	25.4	24.3	24.2	26.3	30.2	32.0	30.3	27.4
Tint-Test (°C)	24	1.4	0.3	0.2	2.3	6.2	8.0	6.3	3.4
Fattore carico edificio (%)		18%	4%	2%	29%	77%	100%	79%	42%
Pses ed. (W)	1'790	322	72	36	519	1'37	1'79	1'41	752
Fattore carico apparecchiature (%)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pses app (W)	4'058	4'058	4'058	4'058	4'058	4'05	4'05	4'05	4'058
Pses tot (W)	5'848	4'380	4'130	4'094	4'577	5'43	5'84	5'47	4'810
Totale									
Coefficiente di maggiorazione (%)									
Pses mag (W)	5'848								

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

	S	Orientamento	Coeff espos.	U	ti	te	Pinv (W)
	(mq)			(W/mq*K)	(°C)	(°C)	
Vetri esterni	0.0	N	1.20	2.60	20.0	-2.0	0.0
Pareti esterne - Soffitto	108.4	N	1.20	0.43	20.0	-2.0	1'230.6
Pavimento su terra	58.0	N	1.20	0.70	20.0	-2.0	1'071.8
Tramezza interna	30.6	N	1.20	2.00	20.0	5.00	1'101.6
Incidenza ponti termici (%)	10.0						230.2
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)				Pinv (W)
	208.80	0.5	26.871				779.3

Potenza termica dovuta alle

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 14 di 24

apparecchiature

Totale (W)

-
4'058

Totale

	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	Pinv
Curva di carico temporale						0	0	0		
Temperatura esterna (°C)	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
D Temperatura (°C)	20.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Fattore carico edificio (%)		100%	100%	100%	100%	100	100	100		100%
Pses ed. (W)	4'413	4'413	4'413	4'413	4'413	4'41	4'41	4'41		4'413
Fattore carico apparecchiature (%)		80%	80%	80%	80%	80	80	80		80%
						3'24	3'24	3'24		
Pses app (W)	-4'058	-3'246	-3'246	-3'246	-3'246	6	6	6		-3'246
						1'16	1'16	1'16		
Pses tot (W)	1'167	1'167	1'167	1'167	1'167	7	7	7		1'167
Totale										
Coefficiente di maggiorazione (%)										
Pses mag (W)	1'167									

Raffreddamento o climatizzazione con condizionatore

Percentuale garantita da ogni condizionatore	100
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	5'848
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	1'167
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	6'000
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	

4.2.2 Carichi estivi e invernali locale TLC+IS

Titolo: **CALCOLO IMPIANTI MECCANICI ORDINARI E SPECIALI
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE LOCALI TECNICI**

Dati iniziali

Località	Orsara di Puglia
Altitudine (m slm)	635

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. FOGLIO B 15 di 24

Posizione (Nord/Sud/Centro Italia)

Sud

Dati climatici esterni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	-2.0	32
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	3.0	71.1

Dati climatici interni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	20.0	24
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	25.1	62.9

Dati geometrici

Superficie locale (mq)	58.00
Altezza locale (m)	3.60
Volume (mc)	208.80

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)

Apporti per irraggiamento	S (mq)	Orientamento	Radiazione (W/mq)	Trasm solare	Tenda ggi	Pses (W)
Strutture vetrate	0.0	N	110	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NE	167	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	E	208	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SE	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	S	113	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SO	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	O	205	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NO	167	1.00	1.00	0.0
Massimo da considerare						0.0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Dte (°C)	Pses (W)
Vetri esterni	0.0	2.60	24.0	32.0		0.0
Pareti esterne - Soffitto	108.4	0.43	24.0	32.0		372.9
Pavimento su terra	58.0	0.70	24.0	32.0		324.8
Tramezza interna	30.6	2.00	24.0	32.0		489.6
Incidenza ponti termici (%)	10.0					118.7

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Pses (W)
	208.80	0.5	9.713	0.000	281.7

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 16 di 24

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

	Ps (W)
Carico interno	10'300
Illuminazione e ausiliari	290
Valori noti	

	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Curva di carico temporale						0	0	0	
Escursione termica giornaliera	8.0								
Temperatura esterna (°C)	32	25.4	24.3	24.2	26.3	30.2	32.0	30.3	27.4
Tint-Test (°C)	24	1.4	0.3	0.2	2.3	6.2	8.0	6.3	3.4
Fattore carico edificio (%)		18%	4%	2%	29%	77%	%	79%	42%
Pses ed. (W)	1'588	286	64	32	460	1'22	1'58	1'25	667
Fattore carico apparecchiature (%)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pses app (W)	10'590	10'590	10'590	10'590	0	10'59	10'5	10'5	10'5
Pses tot (W)	12'178	10'876	10'654	10'622	0	11'05	11'8	12'1	11'8
Totale						0	13	78	44
Coefficiente di maggiorazione (%)	5								
Pses mag (W)	12'787								

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

Apporti per trasmissione	S (mq)	Orientamento	Coeff. espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0.0	N	1.20	2.60	20.0	-2.0	0.0
Pareti esterne - Soffitto	108.4	N	1.20	0.43	20.0	-2.0	1'230.6
Pavimento su terra	58.0	N	1.20	0.70	20.0	-2.0	1'071.8
Tramezza interna	30.6	N	1.20	2.00	20.0	5.00	1'101.6
Incidenza ponti termici (%)	10.0						230.2
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)				Pinv (W)
	208.80	0.5	26.871				779.3

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA				RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 17 di 24

Totale (W)

-
10'590

Totale

	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	Pinv
Curva di carico temporale						0	0	0	21:00
Temperatura esterna (°C)	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
D Temperatura (°C)	20.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Fattore carico edificio (%)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pses ed. (W)	4'413	4'413	4'413	4'413	4'413	4'41	4'41	4'41	4'413
Fattore carico apparecchiature (%)		80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Pses app (W)	-10'590	-8'472	-8'472	-8'472	-8'472	8'47	8'47	8'47	-8'472
Pses tot (W)	-4'059	-4'059	-4'059	-4'059	-4'059	4'05	4'05	4'05	-4'059
Totale									
Coefficiente di maggiorazione (%)		5							
Pses mag (W)		-							

Raffreddamento o climatizzazione con condizionatore

Percentuale garantita da ogni condizionatore	100
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	12'787
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	0
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	13'000
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	

4.2.3 Carichi estivi e invernali locale MT

Titolo: **CALCOLO IMPIANTI MECCANICI ORDINARI E SPECIALI
IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE LOCALI TECNICI**

Dati iniziali

Località **Orsara di Puglia**

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. FOGLIO B 18 di 24

Altitudine (m slm) 635
 Posizione (Nord/Sud/Centro Italia) Sud

Dati climatici esterni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	-2.0	32
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	3.0	71.1

Dati climatici interni

	inv.	est.
Temperatura (°C)	20.0	40
Umidità assoluta (g/kg)	2.0	15.3
Entalpia (kJ/kg)	25.1	79.4

Dati geometrici

Superficie locale (mq)	110.00
Altezza locale (m)	3.60
Volume (mc)	396.00

Potenza termica da smaltire periodo estivo

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annulate se potenze negative)

Apporti per irraggiamento	S (mq)	Orientamento	Radiazione (W/mq)	Trasm solare	Tenda ggi	Pses (W)
Strutture vetrate	0.0	N	110	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NE	167	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	E	208	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SE	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	S	113	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	SO	169	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	O	205	1.00	1.00	0.0
Strutture vetrate	0.0	NO	167	1.00	1.00	0.0
Massimo da considerare						0.0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Dte (°C)	Pses (W)
Vetri esterni	0.0	2.60	40.0	32.0		0.0
Pareti esterne - Soffitto	234.2	0.43	40.0	32.0		0.0
Pavimento su terra	110.0	0.70	40.0	32.0		0.0
Tramezza interna	30.6	2.00	40.0	24.0		0.0
Incidenza ponti termici (%)	10.0					0.0

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Pses (W)
	396.00	0.0	-9.713	0.000	0.0

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 19 di 24

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

										Ps (W)
Carico interno Valori noti										24'000
Curva di carico temporale Escursione termica giornaliera	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	
Temperatura esterna (°C)	32	25.4	24.3	24.2	26.3	30.2	32.0	30.3	27.4	
Tint-Test (°C)	40	-14.6	-15.7	-15.8	-13.7	-9.8	-8.0	-9.7	-12.6	
Fattore carico edificio (%)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Pses ed. (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fattore carico apparecchiature (%)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Pses app (W)	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	
Pses tot (W)	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	24'000	
Totale										
Coefficiente di maggiorazione (%)	5									
Pses mag (W)	25'200									

Potenza termica da garantire periodo invernale

Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne

Apporti per trasmissione	S	Orientamento	Coeff. espos.	U	ti	te	Pinv
	(mq)			(W/mq*K)	(°C)	(°C)	(W)
Vetri esterni	0.0	N	1.20	2.60	20.0	-2.0	0.0
Pareti esterne - Soffitto	234.2	N	1.20	0.43	20.0	-2.0	2'658.6
Pavimento su terra	110.0	N	1.20	0.70	20.0	-2.0	2'032.8
Tramezza interna	30.6	N	1.20	2.00	20.0	5.00	1'101.6
Incidenza ponti termici (%)	10.0						469.1
Apporti per ricambi naturali	Volume	Ricambi	Carico s				Pinv
	(mc)	(Vol/h)	(kJ/mc)				(W)
	396.00	0.5	26.871				1'477.9

Potenza termica dovuta alle apparecchiature

Totale (W)	24'000
------------	--------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 20 di 24

Totale										Pinv
Curva di carico temporale	Massimo	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00		21:00
Temperatura esterna (°C)	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
D Temperatura (°C)	20.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Fattore carico edificio (%)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pses ed. (W)	7'740	7'740	7'740	7'740	7'740	7'740	0	0	0	7'740
Fattore carico apparecchiature (%)		80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Pses app (W)	-24'000	-19'200	-19'200	-19'200	19'200	19'200	00	00	00	-19'200
Pses tot (W)	-11'460	-11'460	-11'460	-11'460	11'460	11'460	60	60	60	-11'460
Totale										
Coefficiente di maggiorazione (%)		5								
Pses mag (W)		-								

Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna

Calcolo portata d'aria di ventilazione

Temperatura media (°C)	36
Densità dell'aria (kg/mc)	1.06
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1.03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	2.88
Volume locale (mc)	396.00
Numero ricambi (vol/h)	26

Ventilazione forzata

Numero di ventilatori in funzione	1
Portata minima aria ventilatore (mc/h)	10'350

5 IMPIANTO DI PROGETTO

5.1 IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE

Sulla base dei carichi termici calcolati andranno previste le seguenti apparecchiature:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. FOGLIO B 21 di 24

<i>Apparecchiature</i>		
Locale	Tipo	Caratteristiche
Locale MT	Ventilatore	2x11000 m ³ /h
Locale BT	SPLIT	Potenza frigorifera: 2x6 kW
Locale TLC+IS	OVER	Potenza frigorifera: 2x13 kW
Comunicazione tra zone di calma	Ventilatore	2x8000 m ³ /h
Zona calma 1	Ventilatore	24000 m ³ /h
Zona calma 2	Ventilatore	24000 m ³ /h

5.2 IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALI MT

L'impianto di ventilazione, in accordo con le regole tecniche applicabili, sarà in grado di smaltire il calore prodotto così da evitare il surriscaldamento dell'ambiente con un conseguente malfunzionamento dei macchinari e da garantire i ricambi dell'aria adeguati nei locali indicati.

Per evitare aperture di ventilazione eccessive è conveniente utilizzare una ventilazione forzata mediante attivazione automatica da un termostato che rileva la temperatura ambiente ed interviene quando la temperatura interna del locale supera un livello di guardia (40-45°C).

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione è stato eseguito per l'abbattimento di un carico termico totale di 24 kW, data dalle apparecchiature in esso presenti, dal momento che si considera pressochè nullo il contributo delle rientrate esterne in quanto è tollerata una temperatura massima interna al locale di 40°C che si presume sia in ogni caso maggiore di quella ambiente esterna.

La portata d'aria del ventilatore/estrattore Q_v (m³/h) necessaria per smaltire la potenza termica dissipata è stata ricavata dalla formula seguente

$$Q_v = P_{pt} / (C_p \text{ aria } \Delta T)$$

dove,

- ΔT = salto termico minimo aria estratta pari a 8 °C
- C_p aria = calore specifico dell'aria a 20 °C (0,35 Wh/°C*mc)
- P_{pt} = Potenza termica totale da dissipare in W

A fronte di detti carichi è stato previsto un ventilatore in grado di elaborare una portata pari a 11000 m³/h di aria, più uno con funzione di riserva.

5.3 IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA ZONE DI CALMA

L'impianto di ventilazione, in accordo con le regole tecniche applicabili, sarà in grado di smaltire il calore prodotto e garantire adeguati ricambi d'aria per tutti i locali del bypass.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 22 di 24

Per evitare aperture di ventilazione eccessive è conveniente utilizzare una ventilazione forzata mediante attivazione automatica da un termostato che rileva la temperatura ambiente ed interviene quando la temperatura interna della zona calma supera un livello che non consenta un corretto scambio termico con i locali tecnici del bypass; tale livello è stato posto uguale alla temperatura esterna di dimensionamento (32°C).

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione è stato eseguito alla luce della situazione più gravosa, data dalla presenza di un evento incidentale in galleria, in cui da una sola zona di calma deve essere smaltito tutto il calore di condensazione e ventilazione di tutti i locali tecnici del bypass.

In tale condizione il carico termico da abbattere sarà paria ad un totale di 40 kW.

La portata d'aria del ventilatore/estrattore Q_v (m³/h) necessaria per smaltire la potenza termica dissipata è stata ricavata dalla formula seguente

$$Q_v = P_{pt} / (C_p \text{ aria } \Delta T)$$

dove,

- ΔT = salto termico minimo aria estratta pari a 8 °C
- C_p aria = calore specifico dell'aria a 20 °C (0,35 Wh/°C*mc)
- P_{pt} = Potenza termica totale da dissipare in W

A fronte di detti carichi è stato previsto un ventilatore in grado di elaborare una portata pari a 24000 m³/h di aria, più uno con funzione di riserva.

5.4 IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA COMUNICAZIONE TRA ZONE DI CALMA

L'impianto di ventilazione avrà la funzione di mettere in comune le 2 zone di calma in caso di evento incidentale in galleria così da creare un ambiente comune che consenta un corretto funzionamento degli impianti anche in tali degradate condizioni, indipendentemente da quale sia la canna ferroviaria interessata dall'incendio.

L'impianto è stato dimensionato al fine di garantire un ricambio d'aria pari ad almeno 1 vol/min così da far sì che le due zone di calma si trovino quanto più possibile alla stessa temperatura.

A fronte di quanto sopra sono stati previsti 2 ventilatori (uno di immissione e l'altro di estrazione aria) ognuno da 8000 m³/h di aria.

5.5 IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALI BT

Data la presenza di batterie, l'impianto di ventilazione avrà il compito di mantenere la concentrazione di idrogeno al di sotto del 4%vol (soglia del Limite Inferiore di Esplosione (LEL)). L'impianto di ventilazione sarà comandato dalla centralina di rivelazione incendi, la quale, in seguito a segnalazioni provenienti dai rivelatori di idrogeno, tramite opportuno modulo di comando interfacciato con il quadro elettrico di comando dei ventilatori, disporrà l'attivazione dei ventilatori stessi.

L'impianto sarà configurato con un ventilatore di estrazione dell'aria di tipo assiale per installazione a parete del locale. L'aria di make-up perrà in ambiente mediante le grigliature previste sulle porte di accesso ai locali o per mezzo di apposita serranda a gravità da installare nella parete opposta al ventilatore (o sui telai e sistemi di sostegno su di questi predisposti). L'aria verrà espulsa per mezzo dell'estrattore assiale installato a parete.

Il sistema di ventilazione forzata sarà associato ad un rilevatore di idrogeno che, rilevata la concentrazione di idrogeno al di sopra dell'1%vol della soglia del LEL, attiverà, tramite la centrale di rivelazione incendi ed opportuno modulo di comando interfacciato con il quadro elettrico di comando del ventilatore, la ventilazione forzata. Sarà comunque possibile impostare dal quadro di gestione e controllo locale e/o dal sistema di supervisione cicli di funzionamento temporizzati.

Il ventilatore sarà azionato da motore a due polarità selezionabili in modo da ottenere due diverse velocità di sincronismo. Alle due velocità di sincronismo corrisponderanno i valori del 100% e del 50% della portata.

L'impianto di ventilazione sarà controllato dall'unità periferica del sistema di controllo UP che comanderà l'arresto o la marcia sulla base del comando proveniente dalla centrale di rivelazione incendi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 23 di 24

All'unità periferica saranno riportati anche:

- lo stato;
- l'allarme termico;
- il segnale locale/remoto.

Inoltre verrà previsto un termostato ambientale che attiverà l'impianto di ventilazione forzata al superamento della soglia limite di temperatura nel caso di guasti nel sistema principale di attivazione.

È stato previsto un ventilatore in grado di elaborare una portata pari a 1000 m³/h di aria.

5.6 IMPIANTO DI VENTILAZIONE FORZATA LOCALE IS+TLC

Nel locale viene previsto un ventilatore che avrà il compito di mantenere la concentrazione di ossigeno al di sopra della soglia limite effettuando un lavaggio del locale nel caso di perdite di gas, le quali potrebbero abbassare la percentuale di ossigeno.

Nel momento in cui gli appositi sensori di rivelazione riveleranno una percentuale d'ossigeno troppo bassa e non compatibile con la presenza di persone all'interno del locale, dovrà intervenire un impianto di ventilazione forzata che garantisca il necessario ricambio d'aria.

Nel caso di incendio, al fine di evitare che l'attivazione del ventilatore renda inefficace lo spegnimento, questa dovrà essere interdetta dall'unità di spegnimento nella fase di scarica del gas estinguente e nei minuti, appena successivi, utili all'estinzione.

L'impianto sarà configurato con un ventilatore di estrazione dell'aria di tipo assiale per installazione a parete. L'aria di make-up perverrà in ambiente mediante serrande a gravità da prevedere sulla parete opposta. L'aria verrà espulsa per mezzo di griglie a parete collegate agli estrattori mediante raccordi in lamiera zincata.

Il ventilatore sarà azionato da motore a due polarità selezionabili in modo da ottenere due diverse velocità di sincronismo. Alle due velocità di sincronismo corrisponderanno i valori del 100% e del 50% della portata.

L'impianto di ventilazione sarà controllato dall'unità periferica del sistema di controllo UP che comanderà l'arresto o la marcia ad alta/bassa velocità di rotazione sulla base del segnale di una sonda di temperatura installata in ambiente oppure del segnale di bassa percentuale di ossigeno derivante, tramite la centrale di rivelazione incendi, dai rivelatori di ossigeno installati all'interno del locale.

All'unità periferica saranno riportati anche:

- lo stato;
- l'allarme termico;
- il segnale locale/remoto.

Inoltre verrà previsto un termostato ambientale che attiverà l'impianto di ventilazione forzata al superamento della soglia limite di temperatura nel caso di guasti nel sistema principale di attivazione.

È stato previsto un ventilatore in grado di elaborare una portata pari a 1000 m³/h di aria.

5.7 CALCOLO PREVALENZA DEI VENTILATORI

Il dimensionamento delle canalizzazioni metalliche è stato eseguito in modo da mantenere le velocità all'interno del canale al di sotto della soglia di 10 m/s, per limitare la rumorosità dell'impianto in funzione. La velocità viene determinata con la formula:

$$v = G / A$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico funzionale dell'impianto	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RO	DOCUMENTO IT2503 001	REV. B	FOGLIO 24 di 24

dove: v = velocità, m/s

G = portata, m³/s

A = sezione netta del condotto, m²

Per la determinazione della prevalenza utile del ventilatore si sono sommate le perdite di carico continue e localizzate dell'impianto. Nei condotti circolari, le perdite di carico continue vengono calcolate con la formula di Darcy:

$$r = Fa \cdot \rho \cdot v / 2 \cdot De$$

dove: r = perdita di carico continua unitaria, Pa/m

Fa = fattore di attrito, adimensionale

ρ = densità, kg/m³

v = velocità, m/s

De = diametro interno equivalente = $1,30 \cdot ((a \cdot b)^{0,625} / (a + b)^{0,250})$, m

a, b = lati della sezione rettangolare, mm

Il fattore di attrito è determinato con l'equazione di Colebrook:

$$1 / Fa^{0,5} = - 2 \log_{10} \left(\left(\frac{\epsilon}{3,7 \cdot D} \right) + \left(2,51 \cdot Re \cdot Fa^{0,5} \right) \right)$$

dove i simboli e le unità di misura sono gli stessi specificati nella formula precedente, e ϵ rappresenta la rugosità in [m] del condotto.